รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ผลของระยะความบริบูรณ์ และอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออก

Effect of Maturity Stages and Low Temperature Storage on Postharvest Quality of 'Mahajanaka' Mango Fruit for Export

โดย

กานดา หวังชัย

จำนงค์ อุทัยบุตร

วิลาวัลย์ คำปวน

สังกัดภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ประจำปี 2551

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนิยม

โครงการวิจัยเรื่อง ผลของระยะความบริบูรณ์ และอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออกได้สำเร็จลุล่วงไปในระยะเวลา 1 ปี ด้วยการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ประจำปี 2551 คณะวิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อำนวยความสะดวกให้ใช้สถานที่และเครื่องมือในงานวิจัย

กานดา หวังชัย
หัวหน้าโครงการวิจัย
จำนงค์ อุทัยบุตร
วิลาวัลย์ คำปวน
ผู้ร่วมโครงการวิจัย

สารบาญ

	หน้า
คำนิยม	i
สารบาญ	ii
สารบาญภาพ	iii
สารบาญตาราง	v
บทคัดย่อ	xi
Abstract	xii
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสาร	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	27
บทที่ 4 ผลการวิจัย	35
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	131
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	137
เอกสารอ้างอิง	138

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
1	ต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนก	4
2	ลักษณะผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก	4
3	ลักษณะของผลมะม่วงโดยทั่วไป	6
4	กระบวนการสังเคราะห์แป้งจากน้ำตาลกลูโคส	9
5	ขั้นตอนการอบไอน้ำร้อน (Vapor Heat Treatment, VHT) เพื่อการส่งออก โดยการนำผลมะม่วงมายังโรงอบไอน้ำโดยการดำเนินงานของบริษัทสยามเอ็กซ์ปอร์ต ณ กรมส่งเสริมการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ (A) และนำผลผลิตใส่ตระกร้าที่จัดให้ (B)	31
6	ผลมะม่วงมหาชนกที่นำมาจากจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรอการเข้าอบไอน้ำร้อน (A) และตู้อบไอน้ำร้อน (B)	32
7	ผลมะม่วงที่ได้รับการอบไอน้ำร้อนแล้วนำมาคัดบรรจุเพื่อการส่งออก	33
8	ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุ 98-133 วัน หลังดอกบาน (A-F)	38
9	ผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกันโดยคัดเลือกจากความถ่วงจำเพาะ (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) ก่อนการเก็บรักษา	39
10	การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบาน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	40
11	การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบาน เมื่อนำมาเก็บเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	41
12	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบาน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	42
13	การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	43
14	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	44
15	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างๆ เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	45
16	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	46

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
17	ค่า L*, a* และb* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	47
18	ค่า L*, a* และ b* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	48
19	ค่า C* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	49
20	ค่า L* a* และ b* ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลัดอกบาน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	50
21	ค่า L* a* และ b* ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	51
22	ค่า L* a* และ b* ของสีเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	52
23	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	53
24	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	54
25	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ST1 = ผลที่จมน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%)	55
26	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	56
27	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	57
28	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	58
29	อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	59

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
30	อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	60
31	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	61
32	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน	62
33	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	68
34	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	69
35	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	70
36	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน โดยมีความ ถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	71
37	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	72
38	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	73
39	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	74

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
40	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	75
41	อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงมหาชนกที่มีอายุหลังดอกบานต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	76
42	อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	77
43	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	80
44	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	81
45	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	82
46	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	83
47	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	84
48	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	85
49	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	86
50	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	87
51	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	88

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
52	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนก ที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	89
53	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	90
54	การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ	91
55	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	92
56	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	93
57	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	94
58	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	95
59	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	96
60	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	97
61	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	98
62	การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	99

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
63	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	100
64	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	101
65	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	102
66	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) ที่ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ	103
67	การเปรียบเทียบปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	104
68	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	105
69	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	106
70	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	107
71	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	108
72	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	109
73	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	110
74	การเปรียบเทียบปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	111

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
75	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	112
76	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	113
77	ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	114
78	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	115
79	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	116
80	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	117
81	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	118
82	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	119
83	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	120
84	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	121
85	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment , VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ	122

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
86	การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	123
87	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	124
88	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	125
89	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ	126
90	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ	127
91	อาการสะท้านหนาวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	128
92	อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ความถ่วงจำเพาะต่างกันหลังจากได้รับความร้อน (Vapor Heat treatment) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส	129
93	แสดงอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์	130

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1	ความถ่วงจำเพาะ ความจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับ endocarp	7
2	ปริมาณน้ำตาลและกรดของมะม่วงดิบและสุกบางสายพันธุ์	11
3	ผลการวิเคราะห์เนื้อมะม่วงสุกบางพันธุ์	12
4	อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลมะม่วงบางพันธุ์นับตั้งแต่วันหลังติดผล	14
5	อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลมะม่วงบางพันธุ์	23

บทคัดย่อ

จากการเก็บผลมะม่วงมหาชนกที่ระยะบริบูรณ์ต่างกันได้แก่ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบาน และความถ่วงจำเพาะต่างกันได้แก่ ผลลอยน้ำ ผลลอยน้ำเกลือ 2% และผลจมน้ำ มาเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าผลที่มีอายุ 112 วันหลังดอกบาน และระยะที่มีความถ่วงจำเพาะระยะที่ 2 (ลอยน้ำเกลือ 2%) เป็นระยะที่เหมาะสม โดยมีอัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุด และมีการเกิดโรคต่ำสุด นอกจากนี้การเปลี่ยนสีเปลือก ความแน่นเนื้อ และสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกันกับระยะอื่นๆ และเมื่อนำผลมะม่วง ที่มีระยะบริบูรณ์ต่างๆ จากการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลองตอนที่ 2 โดยนำผลมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำร้อนมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 และอุณหภูมิห้อง เพื่อศึกษาผลอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีหลังการเก็บเกี่ยวโดยเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้อบไอน้ำร้อน พบว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เพียง 1 สัปดาห์ ส่วนผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเป็นเวลา 5 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกัน โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส โดยผลมีการสุกได้ตามปกติที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้ผลที่ผ่านการอบไอน้ำร้อนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยกว่าชุดควบคุมอย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดอาการสะท้านหนาว อาการสุกที่ผิดปกติ เปลือกและเนื้อผลมีสีเหลืองน้อยกว่าปกติ

Abstract

Mahajanaka mango fruits harvested at 98, 105, 112, 126 and 133 days after full bloom (DAFB) and three stages of mango maturity were sorted by floating in water and in 2% salt solution, were placed at room temperature to ripe. It was shown that the fruit at 112 DAFB and mango that float in 2% salt solution were suitable age and resulted in higher total solution solids: titratable acidity ratio, lower in disease incidence and slightly differences in peel color firmness and weight loss than the fruits at other stages. Mahajanaka mango fruit with various maturity stages from experiment 1 were selected for second experiment. The fruits were harvested and kept at 5, 8, 13 $^{\circ}$C with and without vapor heat treatment (VHT), in order to study the effect of storage temperature on physicochemical changes of mango fruit after harvest. It was found that fruits kept at room temperature could be kept for only 1 week while fruits at 5 and 8 $^{\circ}$C could delay the storage life for 5 weeks and they were able to ripe normally when the fruits were placed at room temperature for ripening. Moreover, VHT-treated fruits significantly showed less symptom of anthracnose disease especially, when kept at 5 and 8°C However, the fruits stored at 5°C for 5 weeks showed the development of chilling injury symptom, abnormal ripening and the peel and pulp did not develop normal yellow color.

บทที่ 1
บทนำ

ประเทศไทยมีภูมิประเทศและดินฟ้าอากาศเหมาะสมสำหรับปลูกมะม่วงเป็นอย่างมาก มะม่วงจึงเป็นผลไม้ที่รู้จักกันดี และนิยมปลูกกันอย่างกว้างขวาง จัดเป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ตลาดของมะม่วงมีทั้งตลาดภายในและตลาดต่างประเทศ พันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์หนังกลางวัน แรด และพันธุ์โชคอนันต์ มะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นมะม่วงพันธุ์ใหม่ เกิดจากการผสมกันระหว่างมะม่วงพันธุซันเซท (sunset) และมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน โดยลักษณะต้นและผลคล้ายพันธุ์หนังกลางวัน แต่เมื่อสุกผิวผลจะสวยเหมือนซันเซท มีเปลือกหนา สามารถวางตลาดได้นาน สีผิวเหลืองเข้ม สุกมีกลิ่นหอม เหมาะที่จะรับประทานผลสุก เหมาะสำหรับการส่งออก

พันธุ์อื่นๆ อย่างไรก็ตามในการจัดส่งมะม่วงพันธุ์นี้เพื่อเป็นสินค้าออก ควรมีการจัดการเรื่องคุณภาพของผลหลังการเก็บเกี่ยวก่อนการส่งออกเพื่อปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มมูลค่าของผลผลิต

โดยปัญหาที่พบของมะม่วงที่ส่งออกคือคุณภาพของผลไม่ได้มาตรฐาน และอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากการเก็บเกี่ยวในระยะบริบูรณ์ไม่เหมาะสม โดยมีรายงานว่าความบริบูรณ์ของผลเมื่อเก็บเกี่ยว และอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพ ทั้งนี้โดยความแก่ที่เหมาะสมของมะม่วงแต่ละพันธุ์จะมีความแตกต่างกัน โดย จำนงค์ และคณะ (2545) รายงานว่า ผลมะม่วงมหาชนกพร้อมจะเก็บเกี่ยวได้ควรมีอายุระหว่าง 98 – 119 วันหลังดอกบาน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้ประโยชน์ และระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง โดยการส่งออกมะม่วงในปัจจุบันสามารถส่งออกทางเรือได้ ซึ่งใช้เวลาขนส่งนาน ถ้ามะม่วงมีระยะบริบูรณ์มากอาจทำให้อายุการเก็บรักษาสั้น หรือถ้าระยะบริบูรณ์น้อยอาจทำให้คุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งโดยทั่วไปวิธีที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง คือ การใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิต่ำที่ใช้มีผลชะลอการหายใจของผลไม้และชะลอการสุกได้ การเก็บรักษาผลมะม่วงโดยทั่วไปจะเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 10-13 องศาเซลเซียส แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์เนื่องจากถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปกระบวนการทางสรีรวิทยาของผลไม้เกือบทั้งหมดจะได้รับอันตรายที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ทำให้เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ซึ่งรายงานเกี่ยวกับเรื่องนี้ของมะม่วงมหาชนกยังมีน้อยมาก

ดังนั้นจึงควรศึกษาระยะความบริบูรณ์ที่เหมาะสม และอุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการเก็บรักษาเพื่อเป็นแนวทางในการเก็บรักษาผลมะม่วงมหาชนกสำหรับส่งออกไปยังตลาดที่ต้องขนส่งเป็นระยะไกลๆ โดยไม่เกิดอาการผิดปกติที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

ศึกษาผลของระยะความบริบูรณ์ที่แตกต่างกันและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของมะม่วงพันธุ์มหาชนกหลังการเก็บเกี่ยว

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาผลของระยะความบริบูรณ์ที่แตกต่างกันต่อคุณภาพอายุการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและชีวเคมีระหว่างการเก็บรักษาผล มะม่วงพันธุ์มหาชนก

2. ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีบางประการในมะม่วงพันธุ์มหาชนก ระหว่างการเก็บรักษา

3.การศึกษาผลของการได้รับความร้อนที่ระยะความบริบูรณ์ต่างกันต่อคุณภาพของผลมะม่วงมหาชนก และอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบวิธีการควบคุมคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีการปลูกกันมากในภาคเหนือของประเทศไทยให้มีศักยภาพในการส่งออกไปยังต่างประเทศ

2.ได้วิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในเชิงพาณิชย์ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกนำไปปฏิบัติ

3. สามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตมะม่วงพันธุ์มหาชนกเพื่อการส่งออกและแข่งขัน

บทที่ 2
การทบทวนเอกสาร

ลักษณะประจำพันธุ์ของมะม่วงพันธุ์มหาชนก

มะม่วงมหาชนกได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างมะม่วงพันธุ์ซันเซท (sunset) เป็นมะม่วงกลุ่มสายพันธุ์อินเดีย (Indian type) และมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน เป็นมะม่วงในกลุ่มสายพันธุ์อินโดจีน (Indochinese type) ต้นแม่พันธุ์เกิดจากการเพาะเมล็ดที่สวนทิวทองจังหวัดลำพูน ลักษณะของผลคล้ายพันธุ์หนังกลางวันแต่เมื่อสุกผิวผลจะสวยเหมือนพันธุ์ซันเซท (ธวัชชัยและศิวาพร, 2542) มะม่วงพันธุ์มหาชนกเป็นไม้ยืนต้นที่มีลำต้นแข็งแรง เจริญเติบโตเร็ว พุ่มใหญ่ กิ่งอวบใหญ่ ข้อนูน ใบขนาดยาวและใหญ่หนา ใบอ่อนมีสีแดง ปลายใบแหลม ใบแก่มีสีเขียวเข้มแต่ไม่ดำ ออกดอกตามฤดูกาล ช่อดอกใหญ่ ติดผลง่าย ดอกมีช่อสีแดง ดอกสมบูรณ์เพศสูง สามารถให้ผลหลังจากทาบกิ่งประมาณ 2 ปีหลังปลูก นับจากดอกบานถึงเก็บเกี่ยวผลใช้เวลาประมาณ 120 วัน ลักษณะผลรูปทรงกลมยาวคล้ายพันธุ์หนังกลางวัน แต่สั้นกว่าและปลายผลงอนเล็กน้อย ขนาดผลปานกลาง มีเปลือกหนา ผิวผลเนียนละเอียด เมื่อผลยังดิบมีสีเขียวอ่อนจะเปลี่ยนเป็นสีแดงได้เมื่อถูกแสงแดด เมื่อสุกจะเป็นสีทอง ส้มจัดปนแดง สีสดเนื้อละเอียด มีเส้นใยน้อย เมื่อดิบรสเปรี้ยวมาก และมีกลิ่นยาง เมื่อสุกวัดความหวานได้ 18 องศาบริกซ์ มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว และหอมฉุนเมื่อสุกงอม เมล็ดเล็กและแบนมาก ทำให้มีส่วนที่บริโภคได้สูงถึง 79% (รวีและเปรมปรี, 2542) จุดเด่นคือ ผลและเนื้อมีสีสวย เปลือกหนาทนทานต่อการขนส่ง ผลสุกมีอายุการวางจำหน่ายนาน

จากนั้นจึงได้มีการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้นมาก ปัจจุบันต้นแม่พันธุ์นี้ยังคงอนุรักษ์ไว้ ณ ที่เดิมเพื่อเป็นอนุสรณ์สำหรับ คุณแม่แย้ม ทิวทอง ซึ่งเป็นผู้ดูแลต้นไม้นี้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรก และเพื่อเป็นการเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในพระราชพิธีรัชมังคลาภิเษก และพระราชนิพนธ์หนังสือ “พระมหาชนก” จึงได้ตั้งชื่อต้นมะม่วงพันธุ์ที่ได้ใหม่นี้ว่า “มหาชนก” อันมีความหมายว่า “ต้นตระกูลอันยิ่งใหญ่” เพื่อเป็นสิริมงคลต่อไป จากลักษณะที่โดดเด่นรวมทั้งกลิ่นและรสชาติที่ดีจึงได้มีการขยายพื้นที่การปลูกเพิ่มมากขึ้นทุกๆ ปี และคาดว่าจะเป็นมะม่วงที่น่าสนใจอีกพันธุ์หนึ่งในอนาคตอันใกล้นี้

ภาพ 1 ต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ภาพ 2 ลักษณะผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตของผลมะม่วง

1) แบบแผนการเจริญเติบโตของผลมะม่วง

การเจริญเติบโตของผลเริ่มขึ้นหลังจากที่ช่อดอกบานเต็มที่แล้วดอกสมบูรณ์เพศที่ได้รับการผสมเกสรจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ ซึ่งผลขนาดนี้ในช่อหนึ่งๆ จะมีเป็นจำนวน 10 ผลขึ้นไป แต่การผสมเกิดขึ้นนั้นอาจแตกต่างกันไป ฉะนั้นผลที่ได้รับการผสมที่ไม่สมบูรณ์ก็จะมีการเจริญเติบโตช้าไม่สามารถที่จะแย่งอาหารและสารที่จำเป็นต่อการเจริญของผลไว้ได้เพียงพอ จนในที่สุดผลอาจจะร่วงหล่นจนหมด ส่วนผลใดที่ได้รับการผสมที่สมบูรณ์ก็จะมีการเจริญเติบโตต่อไป (สนั่น, 2527)

ผลมะม่วงมีการเจริญเติบโตเป็นแบบซิกมอยด์ (sigmoid shape, S-shape) ในลักษณะเดียวกับการเจริญเติบโตของเซลล์ เนื้อเยื่อ หรือสิ่งมีชีวิตทั่วไป โดยอัตราการเจริญเติบโตของผลไม่ว่าจะเป็นน้ำหนัก ปริมาณ ความยาว และความกว้างของผลจะมีการเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุของผล และจะลดลงเมื่อผลเริ่มแก่จนกระทั่งผลอยู่ในระยะเก็บเกี่ยวซึ่งจะมีอัตราการเจริญเติบโตคงที่ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นในผลมะม่วงที่กำลังพัฒนาและการพัฒนาของผลตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งผลแก่เต็มที่แบ่งการเจริญเติบโตของผลออกได้เป็น 4 ระยะคือ (วิจิตร, 2529)

1. ระยะ juvenile เป็นระยะที่เปลือกผลมีสีเขียว ใช้เวลาประมาณ 21 วันหลังจากไข่ได้รับการปฏิสนธิ การเจริญเติบโตของเซลล์ของรังไข่จะเป็นไปอย่างรวดเร็วมีอัตราการหายใจและอัตราการเจริญเติบโตสูง ปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อสูงที่สุด ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และกรดเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนต่ำ

2. ระยะ adolescent เป็นระยะที่เปลือกผลมีสีเขียวแก่ ระยะนี้นับตั้งแต่วันที่ 21-49 วันหลังการปฏิสนธิ โดยขนาดของผลจะขยายออกโตเต็มที่ มีการสร้างกลิ่นและรสธรรมชาติ มีอัตราการหายใจปานกลาง ปริมาณน้ำและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลกลูโคสลดลง ในขณะที่แรงดันออสโมติก และน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้ง กรด และไนโตรเจนยังคงมีปริมาณสูง อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

3. ระยะ climacteric ระยะนี้นับตั้งแต่วันที่ 49-77 วันหลังการปฏิสนธิ สีของเปลือกผลจะเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวแก่เป็นสีเขียวอมเหลือง ซึ่งถือว่าเป็นระยะวิกฤตในการเจริญเติบโตของผลโดยมีอัตราการหายใจต่ำที่สุด แป้งจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลด้วยอัตราคงที่ ปริมาณกรดและไนโตรเจนลดต่ำลง อัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนสูงขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์ซูโครสสูงที่สุด เมื่อถึงจุดที่เรียกว่า climacteric peak ผลจะมีคุณภาพในการรับประทานสูงสุด และต่อจากจุดนี้ไปแล้วผลจะเริ่มเข้าสู่ระยะการเสื่อมสภาพ (senescence)

4. ระยะ senescence ในระยะนี้เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างเด่นชัด เนื้อผลจะค่อยๆ อ่อนตัวลง ต่อมาเนื้อเยื่อผลเริ่มสลายตัว ใช้เวลาตั้งแต่วันที่ 77 วันหลังจากการปฏิสนธิเป็นต้นไปจะใช้เวลามากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ โดยอัตราการหายใจของผลสูงขึ้นแล้วจะลดลง การเจริญเติบโตของผลไม่เด่นชัด แรงดันออสโมติกเพิ่มขึ้นและปริมาณน้ำตาลลดลงจนถึงระยะต่ำสุด น้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้นและลดลงตามจังหวะของการหายใจ ในขณะที่ซูโครสและแป้งลดลงอย่างเห็นได้ชัด ปริมาณกรดและไนโตรเจนในผลลดลง และอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีลักษณะเช่นเดียวกับมะม่วงหลายๆ พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526), พันธุ์เขียวเสวย (เสาวลักษณ์, 2530), มะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530 และอารีย์, 2536) เป็นต้น ส่วนรูปร่างของผลมะม่วงจะมีความกว้าง ความยาว และความหนาเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น โดยจะมีการเจริญเติบโตแบบ single sigmoid curve (Pantastico, 1975) โดยสามารถดูได้จากภายนอกจะพบว่าผลมะม่วงเมื่อแก่เพิ่มขึ้นจะมีผลอูมขึ้น (Mendoza, 1984)

2) การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

2.1 การเปลี่ยนแปลงขนาด และรูปร่างของผล

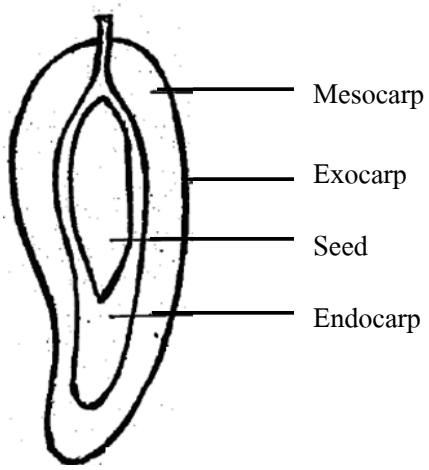
ผลมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ เนื้อผลสามารถใช้รับประทานได้ และเป็นผลเดี่ยว รวมทั้งมีชั้นที่แข็งหุ้มเมล็ดไว้ (Salunkhe and Desai, 1984)

Hulme (1971) อธิบายลักษณะของผลมะม่วงโดยแบ่งผลออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. เอ็กโซคาร์บ (exocarp) เป็นเปลือกผลชั้นนอก มีลักษณะค่อนข้างแข็งและเหนียว มีต่อมมองเห็นเป็นจุด

2. มีโซคาร์บ (mesocarp) เป็นเนื้อผล ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้รับประทาน ความหนาของเนื้อจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์

3. เอนโดคาร์บ (endocarp) มีลักษณะเป็นเสี้ยนและแข็งคล้ายไม้ ทางด้านในมีลักษณะเป็นแผ่นบางใส (ภาพ 3)



ภาพ 3 ลักษณะของผลมะม่วงโดยทั่วไป (Hulme, 1971)

2.2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก ปริมาตร และความถ่วงจำเพาะ

หลังจากการเพิ่มขนาดของผลที่เพิ่มขึ้นจะมีการลำเลียงน้ำและสารอาหารจากต้นแม่สู่ผลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะมีการสะสมของแป้งเป็นส่วนใหญ่ทำให้ผลมีน้ำหนักและปริมาตรเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความถ่วงจำเพาะของมะม่วงมากกว่า 1.00 ซึ่งในทางปฏิบัติอาจไม่ต้องคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของมะม่วงโดยตรง แต่ใช้วิธีสังเกตจากการจมและการลอยในน้ำของผลมะม่วงที่แก่บางพันธุ์นั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1 จึงสามารถลอยน้ำได้ ผลมะม่วงที่แก่จะลอยน้ำ พบว่ามีช่องว่างระหว่างเมล็ดมากและเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกที่แข็งหรือเอ็นโดคาร์บ ขณะที่ผลแก่จัด ส่วนผลมะม่วงแก่ที่จมน้ำจะมีช่องว่างระหว่างเมล็ด และเปลือกหุ้มเมล็ดชั้นนอกน้อย (สายชล, 2533 และ Pantastico, 1975) (ตาราง 1)

ตาราง 1 ความถ่วงจำเพาะ ความจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับendocarp (สายชล, 2533)

พันธุ์	ความถ่วงจำเพาะ	การจมน้ำ	ช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเอ็นคาร์คาร์บ
มะลิลา	0.98	ลอย	มาก
ทองดำ	1.01	จม	น้อย
ลิ้นงูเห่า	1.03	จม	น้อย
เขียวเสวย	0.97	ลอย	มาก
แรด	0.99	ลอย	มาก
พิมเสนมัน	1.00	ลอย	มาก
หนองแซง	0.99	ลอย	มาก
มันแห้ว	1.04	จม	มาก
น้ำดอกไม้	1.03	จม	น้อย
หนังกลางวัน	1.03	จม	น้อย

ผลมะม่วงบางพันธุ์เมื่อเริ่มแก่ก็จมน้ำ จึงอาจได้ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวแล้วไม่แก่เต็มที่และเมื่อผลสุกจะมีรสชาติค่อนข้างเปรี้ยว ดังนั้นจึงมีการเติมเกลือแกงร้อยละ 2-2.5 ลงในน้ำที่ใช้ลอยผลมะม่วงที่แก่จัดจมน้ำ ส่วนผลที่ยังไม่แก่จัดจะลอยปริ่มน้ำ

2.3 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วง โดยส่วนใหญ่ในช่วงผลอ่อนจนถึงผลสุกแก่จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักซึ่งอาจมีการเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อลดลงบ้างในช่วงผลแก่ โดยมีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงหลายพันธุ์ได้แก่ในมะม่วงพันธุ์ทองดำเมื่อผลมะม่วงมีอายุ 2 สัปดาห์ มีความแน่นเนื้อค่อนข้างต่ำคือ 5.08 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นความแน่นเนื้อจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งผลแก่จะมีความแน่นเนื้อเท่ากับ 19.26 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (สายชลและคณะ 2534) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ในช่วงผลอ่อนจะมีความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ หลังจากนั้นความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อผลเข้าสู่ระยะบริบูรณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 25-26.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (นิพนธ์, 2534)

เมื่อผลสุกส่วนเนื้อผลจะนิ่มลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางโมเลกุลต่างๆ ภายในผนังเซลล์ โดยเฉพาะเพคตินซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของกรด galacturonic acid ได้แก่ โมเลกุลของ galactose ซึ่งคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 6 อยู่ในกลุ่ม carboxylic และอาจมีกลุ่ม methyl มาเกาะอยู่ด้วย โมเลกุลของเพคตินจะแทรกอยู่ระหว่างเซลลูโลส เช่นเดียวกับ เฮมิเซลลูโลส แต่ส่วนมากจะอยู่ในบริเวณระหว่างเซลล์ 2 เซลล์ที่เรียกว่า middle lamella ทำหน้าที่ประสานโมเลกุลต่างๆ ในผนังเซลล์เข้าด้วยกันและยังทำหน้าที่เชื่อม

เซลล์ที่อยู่ข้างเคียงด้วย โดยเพคตินซึ่งอยู่ในรูปของ protopectin ซึ่งไม่ละลายน้ำ เปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ การเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลเพคตินนี้เกิดจากการทำงานของเอนไซม์ 2 ชนิด ด้วยกัน คือ polygalacturonase (PG) และ pectinesterase (PE) โดย PG จะย่อยโมเลกุลของ polygalacturonic acid ให้สั้นลง ขณะที่ PE จะย่อยเอากลุ่มเมทิลของโมเลกุลของ galacturonic acid ออก แต่การเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ที่กล่าวมาข้างต้นนี้อาจจะยังไม่ถูกต้องอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากโครงสร้างของผนังเซลล์มีความซับซ้อนมากรวมทั้งในการย่อยสลายผนังเซลล์นี้อาศัยเอนไซม์หลายชนิดในการเร่งปฏิกิริยาและควบคุมกระบวนการนี้ (Kays, 1991) Gomez-Lim (1993) รายงานว่าในช่วงระหว่างการสุกโครงสร้างผนังเซลล์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยโมเลกุลของ pectin และ hemicellulose ถูกเอนไซม์บางชนิดย่อยสลายทำให้แรงยึดเกาะกันของโมเลกุลต่างๆ ลดลง สำหรับมะม่วง การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อจะมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ชั้น inner mesocarp ด้านในของมะม่วงก่อนออกสู่ชั้น outer mesocarp ด้านนอก (Lazan *et al*., 1986) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำงานของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่น เอนไซม์ pectinesterase (PE) ที่พบมากในผลดิบและเอนไซม์ polygalacturonase (PG) ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าในระยะสุกของผลมะม่วง (Gomez-Lim, 1993)

2.4 เปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักแห้งของผล

โดยทั่วไปในผลมะม่วงเมื่อผลแก่เพิ่มมากขึ้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นจะลดลงและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจะเพิ่มขึ้นทั้งนี้เกี่ยวข้องกับปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นโดย Litz (1997) รายงานว่าในขณะที่ผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso และ Dashehari จะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเก็บเกี่ยวรวมทั้งมีเปอร์เซ็นต์แป้ง ปริมาณน้ำตาล และปริมาณน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตลอดระยะการเจริญเติบโต ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงตลอดการเจริญเติบโต

2.5 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะภายนอกอย่างหนึ่งซึ่งสีสันของผลไม้มีความสำคัญมากในการแสดงคุณภาพของผลไม้ประการหนึ่ง สีของผลไม้ที่ปรากฏอยู่นั้นเกิดจากกลุ่มของรงควัตถุ (pigment) ต่างๆ ที่อยู่ในเซลล์พืช โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งชนิดและปริมาณของรงควัตถุตลอดเวลาของการเจริญพัฒนาของผลผลิตแต่ละชนิด รงควัตถุหลักที่พบมากในผลไม้โดยทั่วไปเป็นออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แคโรทีนอยด์ (carotenoid) มีสีเหลืองจนถึงสีแดง และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีรงควัตถุที่สำคัญได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีน (carotene) และ แอนโทไซยานิน (anthocyanin) ตามลำดับ (ดนัย, 2540) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อนั้น สีเนื้อจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลืองเมื่อผลบริบูรณ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีปริมาณแคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น

Pantastico (1975) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสีเนื้อและสีเปลือกผลมะม่วง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวเป็นเหลืองมากขึ้นเมื่อผลมีความบริบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งในมะม่วงพันธุ์ Alphonso และ Pairi ใช้เวลาตั้งแต่การติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนาน 110-125 วัน ผลแก่จะมีสีผิวเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน และสีเนื้อเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์ไทยหลายพันธุ์ คือ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) มะม่วงพันธุ์หนังกลางหนัง (วุฒิคุณ, 2530 และอารี, 2536) และพันธุ์ทองดำ (สายชลและคณะ, 2534) เป็นต้น

3) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล

น้ำตาลในผักและผลไม้ที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด คือ น้ำตาลซูโครส กลูโคส และฟรุกโตรส ซึ่งจะพบอยู่ในแวคิวโอล เป็นส่วนใหญ่ สัดส่วนของน้ำตาลแต่ละชนิดในผลิตผลต่างๆ แตกต่างกันออกไป บางชนิดมีซูโครสอยู่มาก ในช่วงที่บางส่วนไม่มีซูโครสอยู่เลยทำให้รสชาติความหวานของผักและผลไม้ต่างชนิดต่างกันไป (จริงแท้, 2538) ซึ่งในการศึกษามักจะรวมน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโคสเข้าด้วยกันเรียกว่า น้ำตาล reducing ในผลไม่ส่วนใหญ่มักจะมีน้ำตาลกลูโคสมากกว่าฟรุกโตส โดยน้ำตาลกลูโคสจะได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (ดนัย, 2534)

วุฒิคุณ (2530) พบว่ามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น โดยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ TSS ในช่วงแรกค่อนข้างน้อยเป็นเพราะมะม่วงมีการสะสมแป้งมากกว่าน้ำตาล แต่เมื่อผลแก่เพิ่มขึ้นแป้งจะสลายไปเป็นน้ำตาลส่งผลให้มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น ส่วนการสะสมแป้งในช่วงแรกจะทำให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ลดลง เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสจะใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์แป้ง (ภาพ 4)

$$\text{Glucose + Glucose 1-phosphate +ATP} \xrightarrow{\text{ADGP-pyrophosphorylase}} \text{ADPG + pi} \xrightarrow{\text{starch synthase}} \text{starch +ATP}$$

ภาพ 4 กระบวนการสังเคราะห์แป้งจากน้ำตาลกลูโคส (ดัดแปลงจาก Pilnik and Voragen, 1970)

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรด

ขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการหายใจประกอบด้วยโมเลกุลของกรดชนิดต่างๆ เช่น กรดกรดไพรูวิก และกรดอื่นๆ ดังเห็นได้ในวัฏจักร Kerbs cycle แต่กรดที่พบในปริมาณมากในผักและผลไม้มักจะอยู่ในรูปของเกลือของกรดอินทรีย์ เช่น กรด citric และกรด malic เป็นต้น โดยกรด citric ที่พบมากในผลมะม่วงกิดจาก acetyl CoA รวมกับกรด oxaloacetic acid จนได้กรดซิตริก จากนั้น

กรด citric ก็จะเปลี่ยนเป็นสารอื่นๆ ในวัฏจักร Kerbs โดยกรดมักถูกเก็บสะสมไว้ในแวคิวโอลในปริมาณมาก ในช่วงผลอ่อนจะมีการสะสมของกรดมาก เนื่องจากการสะสมกรดเหล่านี้อาจได้มาจากสารตัวกลางในวัฏจักร Kerbs การตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนและการเคลื่อนย้ายกรดอินทรีย์จากส่วนต่างๆ ของพืช (Kays, 1991)

ในมะม่วงพันธุ์ Keitt จะมีกรดลดลงเมื่อผลมะม่วงบริบูรณ์เพิ่มขึ้นโดยกรดซิตริกเป็นกรดหลักที่มีปริมาณลดลงมากที่สุด และพบว่ากรดมาลิกมีปริมาณน้อยในช่วงผลบริบูรณ์ แต่จะลดลงมากในช่วงผลสุก สอดคล้องกับที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ malate dehydrogenase เพิ่มขึ้นระหว่างผลสุก โดยเกิดในช่วง climacteric peak (Medlicott and Thompson, 1985)

3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง

แป้งมีสะสมอยู่ในผลิตผลภายใน plastid ที่เรียกว่า amyloplast เพื่อเป็นแหล่งอาหารสำรอง ในผลไม้สุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ ผลไม้มีรสหวาน ผลไม้บางชนิดเมื่อแป้งแทบทั้งหมดจะเป็นไปเป็นน้ำตาล ในมะม่วงแป้งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรก เพราะเป็นช่วงที่แป้งบางส่วนถูกใช้ในการเจริญเติบโตของ embryo ในเมล็ดและแป้งจะมีการเพิ่มอย่างรวดเร็วเมื่อเมล็ดแข็งตัวและผลมีการเจริญเติบโตช้าลง ปริมาณแป้งจึงถูกใช้น้อย ดังนั้นปริมาณแป้งจึงมีการสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อผลมะม่วงเริ่มบริบูรณ์ขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) พันธุ์ทองดำ (สายชลและคณะ, 2534) และพันธุ์เขียวเสวย (เสาวลักษณ์, 2530) ที่พบว่าเซลล์ของผลจะมีการสะสมของแป้งมากขึ้นเมื่อเซลล์หยุดการแบ่งเซลล์รวมทั้งมีการใช้น้ำตาลในการสังเคราะห์แป้งทำให้ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นเมื่อผลบริบูรณ์มากขึ้น

3.4 การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุในเปลือกและเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงรงควัตถุเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของสารสีต่างๆ ของผลมะม่วง เช่นการสลายของคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และฟลาโวนอยด์ โดยรงควัตถุแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

3.4.1 คลอโรฟิลล์ (Gross, 1987)

คลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีเขียวทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสงของพืชกระจายตัวอยู่ในคลอโรพลาสต์ (chloroplast) ซึ่งพบในส่วนไซโตพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงในผลไม้ ส่วนใหญ่มีชนิดของรงควัตถุคลอโรฟิลล์อยู่ 2 ชนิดคือ

คลอโรฟิลล์เอ (chlorophyll a) จัดว่าเป็นรงควัตถุกลุ่มแรก ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงโดยตรงส่วนรงควัตถุชนิดอื่นต้องรับแสงและส่งต่อในคลอโรฟิลล์เอ เรียกว่า เป็นรงควัตถุเสริม ในพืชชั้นสูงทั่วๆไปจะมีคลอโนฟิลล์เอมากกว่าคลอโรฟิลล์บีประมาณ 2-3 เท่า คลอโรฟิลล์เอ

มีการดูดกลืนแสงมากในช่วง 420 และ 660 นาโนเมตร พบรงควัตถุชนิดนี้ในพืชชั้นสูงทุกชนิดและสาหร่ายบางชนิด

โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ประกอบด้วยพอร์ไฟริน (porphyrin) ซึ่งประกอบด้วยวงแหวนไพโรล (pyrrole ring) 4 วง เรียงตัวเป็นวง และไฟทอล (phytol) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอมมีลักษณะโครงสร้างแบบไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid) ส่วนตรงกลางโมเลกุลคลอโรฟิลล์มีธาตุแมกนีเซียมอยู่

คลอโรฟิลล์บี (chlorophyll b) เป็นคลอโรฟิลล์ที่มีสีเหลืองอมเขียว ช่วงในการดูดกลืนแสง 435-643 นาโนเมตร พบได้ทั่วไปในพืชทั้งสูงทุกชนิดและสาหร่ายสีเขียว

โดยทั่วไปปริมาณคลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บี จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและระยะการพัฒนาของผล

ประโยชน์และคุณค่าทางโภชนาการของผลมะม่วง

มะม่วงเป็นพืชที่ให้ประโยชน์อย่างสูง ผลสามารถรับประทานได้ทั้งดิบ ห่ามและสุก และยังสามารถนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด อีกทั้งยังเป็นแหล่งของสารต่างๆ (ตาราง 2 และ 3)

ตาราง 2 ปริมาณน้ำตาลและกรดของมะม่วงดิบ และสุกบางสายพันธุ์

พันธุ์	มะม่วงดิบ			มะม่วงสุก		
	reducing sugar	non reducing sugar	malic acid	reducing sugar	Non reducing sugar	malic acid
สุพรรณเรขา	3.43	1.07	1.50	3.98	10.04	0.30
ไพรี	1.35	0.91	2.75	2.12	10.15	0.40
แบงแกนพอลลี	4.16	3.94	0.80	2.80	11.10	0.20
ลังกรา	3.39	2.85	0.67	2.36	13.81	0.22
ซาตาล	-	-	-	3.83	9.77	0.20
ฟาซรี ซาฟรานี	2.31	2.04	1.63	2.48	9.37	0.56
อัลฟองโซ	1.41	1.13	2.54	2.23	9.68	0.18

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อมะม่วงสุกบางพันธุ์

พันธุ์	ความชื้น (%)	กลูโคส (%)	ฟรุกโตส (%)	ซูโครส (%)	เบตาคาโรทีน ug/100 กรัม	พีเอช
อัลฟองโซ	80.68	3.10	4.83	8.15	5,616	4.01
ไพรี	82.06	2.34	3.84	9.62	3,861	3.99
แบงกาลารา	83.02	1.69	3.99	8.88	1,831	4.20
นีลัม	81.10	2.21	4.78	6.67	2,081	4.04
พาดิรี	79.54	1.00	2.57	12.30	4,698	3.92
ซาฟีดา	78.63	3.41	2.64	9.26	1,183	4.30
ดูเซนะรี	78.00	1.91	3.64	12.58	2,279	4.60

ดัชนีการเก็บเกี่ยว

ระยะบริบูรณ์ของผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมีผลโดยตรงต่อคุณภาพภายนอก และคุณภาพภายในของผลิตผล รวมทั้งคุณภาพในการรับประทาน ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ผลยังไม่แก่จัดเมื่อผลสุกจะทำให้ผลมะม่วงมีรสเปรี้ยว สีผิว และเนื้อไม่สวย ผลเหี่ยวมาก และกลิ่นอาจจะไม่หอมตรงกันข้ามกับผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่แก่เหมาะสม เมื่อผลสุกจะทำให้มีรสหวาน สีผิวและเนื้อสดใส ผลไม่เหี่ยวหรือเหี่ยวเพียงเล็กน้อย และมีกลิ่นหอม แต่ถ้าเก็บเกี่ยวมะม่วงที่แก่จัดมากเกินไปจะทำให้มะม่วงสุกมีคุณภาพไม่ดี คือเนื้อนิ่มมากและเนื้อใกล้บริเวณเมล็ดจะช้ำ คุณภาพในการรับประทานไม่ดี (สายชล, 2533) อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลมะม่วงแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาลที่มะม่วงออกดอกและติดผลจนกระทั่งโต การให้ปุ๋ย ความชื้นในดิน การตกแต่ง การใช้สารเคมีพ่น และตำแหน่งของผลในทรงพุ่ม เป็นต้น (วิจิตร, 2529)

ระยะบริบูรณ์ของผลิตผลแยกออกได้เป็นระยะบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) และระยะบริบูรณ์ทางการค้า (commercial maturity) ซึ่งมีความหมายต่างกัน (สายชล, 2528)

1. ระยะบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา หมายถึง ช่วงที่ผลไม้มีการพัฒนาสูงสุด ซึ่งได้แก่ช่วงที่ผลไม้สุกเต็มที่ ความแก่ทางสรีรวิทยามักจะตามมาด้วยความเสื่อมสลาย (senescence)

2. ระยะบริบูรณ์ทางการค้า หมายถึง ส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชเจริญเติบโตถึงระยะหนึ่งที่ตลาดต้องการความแก่ในทางการค้า อาจจะไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับความแก่ในทางสรีรวิทยา เนื่องจากความแก่ทางการค้าอาจจะต้องการในระยะที่แก่พอดี แก่จัดเกือบสุก หรือสุก

ดัชนีการเก็บเกี่ยว (Harvesting index) หมายถึง ค่าที่ใช้บ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลไม้ ดัชนีการเก็บเกี่ยวจะเป็นสิ่งที่กำหนดว่า ควรเก็บเกี่ยวผลไม้เมื่อไรจึงจะให้คุณภาพดีที่สุด การใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลไม้เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหาการเข้าใจผิดในเรื่องความแก่ของผลไม้ที่ยังช่วย

คุ้มครองผลประโยชน์ของทั้งผู้ขายและผู้ซื้อทำให้ผู้ขายรวมถึงผู้ปลูกและผู้ขนส่ง ได้เตรียมการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวได้ (สายชล, 2528)

ดัชนีที่เก็บเกี่ยวที่ดี และมีประโยชน์จะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้ (จริงแท้, 2538)

1) เชื่อถือได้

2) ได้ผลสม่ำเสมอ

3) ทุกคนสามารถนำไปใช้ได้

4) ไม่ต้องใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ให้ยุ่งยาก

การหาดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วง หาได้จากวิธีการต่างๆ ดังนี้

1) การสังเกตด้วยตา (visual means) ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญจากประสบการณ์ เช่น การสังเกตสีผลไม้ชนิดเมื่อแก่จะมีสีเปลี่ยนไปการดูสีมักจะใช้เทียบกับแผ่นมาตรฐาน (color chart) ซึ่งวิธีนี้ใช้ได้กับแอปเปิล สาลี่ และสตรอเบอรี่ เป็นต้น

ในการเก็บเกี่ยวมะม่วงอาจใช้วิธีการดูนวลที่ผิวผล โดยผลมะม่วงเกือบทุกพันธุ์เมื่อผลแก่จัดนวลหรือไขที่ผิวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะผลมะม่วงที่ผิวมีสีเขียวเข้ม เมื่อใช้มือถูหรือผ้าเช็ดผิวของผลมะม่วง นวลหรือไขของผิวมะม่วงจะหลุดไป และเห็นเป็นรอยนวลหรือไขที่ไม่โดยถูหรือเช็ดบนผิวของมะม่วง (Hulme, 1971; สายชล, 2533 และจริงแท้, 2538) ในอินเดียใช้วิธีดูจำนวนผลมะม่วงสุกที่ตกอยู่ที่โคนต้น โดยถ้ามีผลมะม่วงสุก 1 หรือ 2 ผล หล่นลงบนพื้นก็แสดงว่าผลมะม่วงบนต้นนั้นแก่ นอกจากนี้ก็จะดูจากนวลบนผิวบางแห่งดูจากน้ำยางใสที่ซึมออกเมื่อเด็ดขั้ว ถ้าผลแก่น้ำยางนั้นจะซึมออกมาหนาและแห้งอย่างรวดเร็ว (Mendoza, 1984)

2) การใช้วิธีทางกายภาพ (physical means)

2.1 ขนาดและรูปร่างของผล

Lakshminaraya *et al.* (1970) ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์ Dashehari พบว่า ผลที่ติดในระยะแรกจะมีขนาดประมาณ 2-6 มิลลิเมตร จากนั้นมีการแบ่งตัวและยืดตัวของเซลล์ และหลังจากการผสมเกสรแล้วประมาณ 14 วัน โดย endocarp จะเริ่มแข็งตัวหลังจากการผสมเกสรแล้ว 64 วัน ผลจะมีขนาดใหญ่ที่สุดประมาณ 60 วันหลังจากติดผล สามารถเก็บเกี่ยวได้โดยมีคุณภาพดีที่สุดประมาณ 90 วันหลังจากติดผล และมีรูปแบบการเจริญของผลแบบ single sigmoid curve เช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) พันธุ์ทองดำ (สายชลและคณะ, 2534) และพันธุ์โชคอนันต์ (นิพนธ์, 2534)

วิจิตรและมนตรี (2523) การศึกษาการเติบโตของมะม่วงในท้องที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ในพันธุ์หนังกลางวันจะพบ endocarp เริ่มแข็งตัวใช้เวลาประมาณ 75 วัน และผลบริบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 110 วันหลังดอกบาน ส่วนพันธุ์ทองดำ จะพบ endocarp แข็งตัวใช้เวลาประมาณ 85 วัน และผลบริบูรณ์ใช้เวลาประมาณ 100 วันหลังดอกบาน เป็นช่วงที่ผลมีการเจริญคงที่

2.2) น้ำหนัก ปริมาตร และความถ่วงจำเพาะของผล

เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นผลมะม่วงจะมีน้ำหนัก ปริมาตร และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้มีความถ่วงจำเพาะของผลมีค่าเพิ่มมากขึ้น (สายชลและคณะ, 2534)

ดวงตรา (2526) ศึกษามะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า อายุของผลตั้งแต่ 84 วันขึ้นไปหลังติดผล และความถ่วงจำเพาะ 1.03-1.04 ใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ ในขณะที่อารี (2536) ศึกษามะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน พบว่า ผลที่อายุ 109 วันหลังติดผลขึ้นไปจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.0 สามารถเก็บเกี่ยวได้ นิพนธ์ (2534) ศึกษาการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่า ผลที่อายุ 91 วันหลังติดผลจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 สามารถเก็บเกี่ยวได้ และใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ ส่วนเสาวลักษณ์ (2530) พบว่า มะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่มีอายุ 84 วันหลังติดผลจะมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ สายชลและคณะ (2534) ได้ศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์ทองดำ พบว่า สามารถใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ โดยมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.00 ในช่วงอายุ 97 วันหลังดอกบาน

2.3) การนับอายุ

การนับอายุผลมะม่วงเป็นวิธีที่นิยมใช้เพื่อหาความบริบูรณ์ที่เหมาะสมของผลมะม่วง อายุของผลมะม่วงอาจจะนับตั้งแต่วันช่อดอกบานร้อยละ 50 หรือบานเต็มที่ หรือตั้งแต่ผลขนาดเล็กเริ่มติดและมีขนาดเท่าหัวไม้ขีดหรือเมล็ดถั่วเขียว (10-14 วันหลังดอกบาน) จนกระทั่งถึงวันที่เก็บเกี่ยวได้ การหาความบริบูรณ์ที่เหมาะสมของผลมะม่วงโดยการนับอายุผลเป็นวิธีการที่ง่ายและสะดวกแต่ต้องบันทึกอายุที่เก็บเกี่ยวได้เป็นเวลาติดต่อกันมากกว่า 1 ฤดูกาลของการติดดอกออกผล จึงจะนำมาใช้แล้วได้ผลดี (สายชล, 2533) (ตาราง 4)

ตาราง 4 อายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลมะม่วงบางพันธุ์นับตั้งแต่วันหลังติดผล

พันธุ์	อายุการเก็บเกี่ยว (วันหลังติดผล)
หนังกลางวัน	91 (วุฒิคุณ, 2530)
ทองดำ	84 (สายชลและคณะ, 2534)
เขียวเสวย	91 (เสาวลักษณ์, 2530)
โชคอนันต์	91 (นิพนธ์, 2534)
น้ำดอกไม้	84 (ดวงตรา, 2526)
พิมเสน	88 (ถวิล, 2525)
แรด	86 (ถวิล, 2525)
สวนทิพย์	98 (สายชล, 2533)

2.4) ความแน่นเนื้อของผล

ผลไม้อายุเพิ่มขึ้นจะมีความแน่นเนื้อลดลงตามลำดับ เช่น ในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้อายุ 90 วันหลังติดผล มีความแน่นเนื้อ 15.4 ปอนด์/ตารางนิ้ว เมื่ออายุ 99 และ 108 วันหลังติดผล ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงเหลือ 11.3 และ 9.6 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามลำดับ (ดวงตราและคณะ, 2527) ส่วนมะม่วงพันธุ์ทองดำมีความแน่นเนื้อของผลในช่วง 19.26-19.80 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตรเมื่อผลแก่เต็มที่ โดยมีอายุการเก็บเกี่ยว 97-106 วันหลังดอกบาน (สายชลและคณะ, 2534) ในขณะที่นิพนธ์ (2534) รายงานว่าความแน่นเนื้อในผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์จะมีค่าลดลงตามระดับความอ่อนแก่เพิ่มขึ้น โดยจะเริ่มเก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 91 วันหลังติดผล และมีความแน่นเนื้อระหว่าง 25-26.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ดังนั้นจึงอาจใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลไม้ได้

2.5) เปอร์เซ็นต์ความชื้น

การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณแป้ง (Mendoza, 1984) ในขณะเดียวกันที่มีการเพิ่มขึ้นของขนาดผลรวมทั้งมีการสูญเสียความชื้นทำให้มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้น ดังนั้นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งจึงใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีในมะม่วงพันธุ์ Kensington ในออสเตรเลียจะใช้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเป็นดัชนีเก็บเกี่ยว โดยจะเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีน้ำหนักแห้ง 16 เปอร์เซ็นต์ (Mclauchlan, 1998) และมะม่วงพันธุ์ Alphonso ใช้น้ำหนักแห้ง 20 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ (Lakshminarayana *et al.,* 1970)

2.6) สีเปลือกและสีเนื้อของผล

การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงหลายพันธุ์โดยส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้ค่าสีเปลือกเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ เนื่องมาจากมีความผันแปรจากสภาพแวดล้อมมาก ส่วนอุณหภูมิพบว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมีผิวของมะม่วง โดยพบว่าในสภาพที่อุณหภูมิต่ำปริมาณเบตา-แคโรทีนจะมีการพัฒนาเพิ่มขึ้นและอุณหภูมิต่ำจะชักนำให้คอโรฟิลล์สลายตัวไปทำให้ผิวมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (Meredith and Young, 1971) ส่วนสีแดงที่ผิวผลจากการสังเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินซึ่งมีปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือแสง

ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ พบว่า มีการใช้สีเนื้อเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวสำหรับมะม่วงหลายพันธุ์ เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อและเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์ Alphoso จะใช้เวลาตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งเก็บเกี่ยวนาน 110-125 วัน ผลแก่จะมีสีผิวเปลี่ยนจากเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน และสีเนื้อเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง ส่วนใหญ่พันธุ์ Carabao และพันธุ์ Tommy Atkin พบว่าในระหว่างการสุกของผลมะม่วงมีสีเนื้อเปลี่ยนจากสีขาวเป็นเหลือง

3) การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วง

3.1) ปริมาณกรด

ในมะม่วงพันธุ์ Keitt จะมีกรดลดลงเมื่อผลมะม่วงแก่เพิ่มขึ้น โดยกรดซิตริกเป็นกรดหลักที่มีปริมาณลดลงมากที่สุด และพบว่ากรดมาลิกมีปริมาณน้อยในช่วงผลแก่ แต่จะลดลงมากในช่วงผลสุก สอดคล้องกับที่พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ malate dehydrogenase เพิ่มขึ้นระหว่างผลสุก โดยเกิดในช่วง climateric peak (Medlicott and Thompson, 1985)

ในมะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่า ในช่วง 7 สัปดาห์ หลังติดผล ปริมาณกรดเท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นจะมีเปอร์เซ็นต์กรดลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง 2.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นช่วงที่เก็บเกี่ยวได้ นอกจากนี้ Lakshminarayana (1970) เช่นเดียวกับ Pantastico (1975) รายงานว่ามะม่วงพันธุ์ Kent จะมีปริมาณกรดลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงช่วงที่ผลแก่และเก็บเกี่ยวได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์ไทยได้แก่ มะม่วงพันธุ์หนังกลางวันจะมีปริมาณกรดซิตริกเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและมีค่าสูงสุดในวันที่ 49 วันหลังติดผล โดยค่าเท่ากับ 3.46 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นกรดจะลดลงจะกระทั่งผลแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อผลอายุ 98 วันหลังติดผล โดยมีค่าเท่ากับ 1.55 เปอร์เซ็นต์ (วุฒิคุณ, 2530) มะม่วงพันธุ์ทองดำจะมีปริมาณกรดซิตริกที่ไทเทรตได้ในผลมะม่วงที่อายุ 2 สัปดาห์แรกหลังดอกบานเท่ากับ 2.78 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นปริมาณกรดเริ่มลดลงเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์ที่ 3-6 ปริมาณกรดเพิ่มขึ้นและลดลงตลอดเวลา หลังจากนั้นปริมาณกรดจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนลดลงเป็น 1.38 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นช่วงที่ผลสามารถเก็บเกี่ยวได้ (สายชลและคณะ, 2534)

3.2) ปริมาณน้ำตาล

จริงแท้ (2538) กล่าวว่าผลไม้เมื่อยังไม่บริบูรณ์หรือยังไม่สุกมักมีปริมาณกรดสูงและมีปริมาณน้ำตาลต่ำ นอกจากนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลสะสมอยู่ในแวคิวโอล ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าไปในเซลล์ไม่สาสมารถเจริญเติบโตต่อไปได้ เมื่อเข้าระยะการสุกแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล เช่นเดียวกับในระยะที่ผลมะม่วงเจริญเติบโตจะพบว่า มีน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสน้อยมากแต่จะมีน้ำตาลทั้งสองเพิ่มขึ้นขณะผลเริ่มบริบูรณ์และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งสุก (Fuchs *et al.,* 1980) ดังนั้นจึงอาจใช้เป็นตัวบ่งชี้ความบริบูรณ์ของผลมะม่วงได้

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าในช่วงที่ผลมะม่วงกำลังเจริญเติบโตจะพบปริมาณน้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสอยู่น้อย และเมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะแก่ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด น้ำตาลกลูโคสและฟรุกโตสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในขณะที่มะม่วงภายในประเทศไทยได้แก่ มะม่วงแก้ว หนังกลางวัน สามปี และมะม่วงตลับนาก มีปริมาณ TSS เพิ่มขึ้น เมื่อมีระดับความบริบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยเก็บเกี่ยวเมื่อมีปริมาณ TSS เท่ากับ 3.2, 4.0, 3.4 และ 3.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วิจิตร, 2529)

3.3) ปริมาณแป้งในเนื้อผล

ดนัย (2534) พบว่า ในขณะที่ผลมีการเจริญเติบโต ค่าความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งและปริมาณแป้งที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยผลมะม่วงจะสะสมแป้งซึ่งอยู่ในรูปของโพลีแซคคาไรด์ และมีสารเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน และเพคติน เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เมื่อผลบริบูรณ์พบว่าน้ำหนักแห้ง และแป้งจะเริ่มคงที่และคงที่อยู่ในช่วง 2 วันสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยวได้ซึ่งนับว่าเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดจะเก็บเกี่ยวผล (Salunkhe and Desai, 1984)

Lakshminarayana (1970) ศึกษามะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่า ผลมะม่วงจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุ 16 สัปดาห์ โดยมีขนาดผลเพิ่มขึ้น และน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตามลำดับความอ่อน-แก่เพิ่มขึ้น แต่จะมีขนาดน้ำหนักคงที่ในช่วง 9 และ 14 สัปดาห์หลังติดผล โดยมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น 80 เปอร์เซ็นต์ สัมพันธ์กับปริมาณแป้งที่มีการสะสมเพิ่มขึ้นต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต

Mendoza (1984) พบว่า มะม่วงพันธุ์ Carabao มีการเพิ่มขึ้นของค่าความถ่วงจำเพาะพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของการสะสมแป้ง น้ำหนักแห้ง และ TSS เมื่อผลบริบูรณ์ ส่วนมะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่า ในช่วง 90 วัน ขณะอยู่บนต้นจะมีการสะสมของแป้งเป็นส่วนใหญ่ โดยในเนื้อผลจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 1 เปอร์เซ็นต์ เป็น 13 เปอร์เซ็นต์ และหลังจากเก็บเกี่ยวมาแล้ว แป้งจะสลายไปภายใน 8 วัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะมีลักษณะคล้ายๆ กับในผลแอปเปิล (Peacock, 1986)

สายชลและคณะ (2534) พบว่า ในมะม่วงพันธุ์ทองดำมีการสะสมแป้งอยู่สูงใน 3 สัปดาห์แรก และหลังจากสัปดาห์ที่ 10 มีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกระทั่งเก็บเกี่ยว คือ 14 สัปดาห์หลังดอกบาน ส่วนมะม่วงเขียวเสวย เสาวลักษณ์ (2530) พบว่า มีปริมาณแป้งเพิ่มมากขึ้น เมื่อ endocarp เริ่มแข็งตัว วุฒิคุณ (2530) พบว่า มะม่วงพันธุ์หนังกลางวันมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นและมีปริมาณสูงสุดเมื่ออายุ 13 สัปดาห์หลังติดผล ซึ่งเป็นระยะที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ สำหรับการสะสมแป้งในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 หลังจากติดผลจนถึงระยะที่ผลบริบูรณ์โดยมีปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ระดับน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดการเจริญเติบโต (ดวงตรา, 2526)

3.4) การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ

Pantastico (1975) ได้วัดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ และเปลือกผลมะม่วง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีจากเขียวเป็นเหลืองมากขึ้น เมื่อมะม่วงมีความบริบูรณ์เพิ่มขึ้น ซึ่งในมะม่วงพันธุ์ Alphonso และ Pairi ใช้เวลาตั้งแต่ติดผล จนกระทั่งเก็บเกี่ยวนาน 110 – 125 วัน ผลแก่จะมีสีผิวเปลี่ยนจากสีเขียวเข้ม (dark-green) เป็นสีเขียวอ่อน (olive-green) และสีเนื้อเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง Steven (1980) พบว่าในมะม่วงพันธุ์ Haden, Erwin และ Tommy Atkins มีการเปลี่ยนแปลงสีภายนอกโดยมีการเพิ่มของแอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ และเบตา-แคโรทีน ของเปลือกในช่วงที่ผลมีความบริบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 13 และ 15 สัปดาห์หลังติดผล

จากการศึกษาของ Medlicott *et al*. (1986) พบว่าผลมะม่วงพันธุ์ Tommy Atkins มีสีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีแดงอีด้วย ในส่วนของเนื้อได้มีการศึกษาในผลมะม่วงพันธุ์ Carabao (Lizada, 1991) พันธุ์Tommy Atkins และพันธุ์ Alphonso (Mitra *et al*., 1997) พบว่าในระหว่างการสุกของผลมะม่วงมีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ทำให้เกิดสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะ เบตา-แคโรทีน ซึ่งมีปริมาณมากที่สุด

Steven (1980) พบว่า ในมะม่วงพันธุ์ Handen, Erwin และTommy Atkins มีการเปลี่ยนแปลงสีภายนอก โดยมีการเพิ่มของปริมาณแอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ทั้งหมด และเบตา-แคโรทีนของเปลือกในช่วงที่ผลมีความบริบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง 13 และ 15 สัปดาห์หลังติดผล (Steven, 1980)

ในส่วนของสีเนื้อได้มีการศึกษาในผลมะม่วงพันธุ์ Carabao (Lizada, 1991) พันธุ์Tommy Atkins และพันธุ์ Alphonso (Mitra *et al.,* 1997) พบว่า ในระหว่างการสุกของผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ข้างต้นจะมีปริมาณแคโรทีนอยด์ที่ทำให้เกิดสีเหลืองในเนื้อผลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเบตา-แคโรทีนซึ่งมีปริมาณมากสุด

ในฟิลิปปินส์จะทำการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงพันธุ์ Carabao เพื่อส่งออกตลาดต่างประเทศ เมื่อมีอายุ 82-88 วันหลังดอกบานเต็มที่ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids) เท่ากับ 6.2 เปอร์เซ็นต์ และกรดซิตริกเท่ากับ 2.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผลมาลอยน้ำจะจมครึ่งผล (Mendoza *et al*., 1972)

ในมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย เปลือกผลจะมีการพัฒนาสีโดยเริ่มจากสีเขียวอ่อนเป็นสีเขียวเข้มเพิ่มมากขึ้นและมีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นเมื่ออายุของผลเพิ่มขึ้น (เสาวลักษณ์, 2530) และในมะม่วงพันธุ์ทองดำจะสามารถใช้เบตา-แคโนทีนเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้โดยเก็บตั้งแต่ 97 วันหลังดอกบาน ซึ่งมีค่า 4.93-6.1 ไมโครกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด และมีระดับสีอยู่ในกลุ่มสีส้ม (สายชลและคณะ, 2534) ในขณะที่มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ พบว่า สามารถดูการเปลี่ยนแปลงของสีผิวเปลือกเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ โดยจะเก็บเมื่อผลมะม่วงมีสีเขียวเข้มขึ้น (นิพนธ์, 2534)

Whangchai *et al*. (2003) รายงานว่า มะม่วงมหาชนกที่ระยะความบริบูรณ์ 112 วันหลังดอกบานเป็นระยะบริบูรณ์ที่เหมาะสม โดยมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ อัตราส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ การเปลี่ยนสีเปลือกและคุณภาพในการบริโภคสูงกว่าระยะอื่นๆ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บได้นาน 21 วัน โดยผลมีการสุกตามปกติที่อุณหภูมิห้องและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

4) การใช้วิธีทางสรีรวิทยา (physiological method)

4.1) อัตราการหายใจภายในผล

ในมะม่วงหลังติดผลจนถึงเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจในช่วงที่มีการพัฒนาของผลประมาณ 1-4 สัปดาห์หลังติดผล จะมีอัตราการหายใจสูงมาก หลังจากนั้นจะมีอัตรา

การหายใจลดลงเรื่อยๆ จนถึง 12 สัปดาห์จะมีแนวโน้มเพิ่มถึงเล็กน้อยจึงเป็นระยะที่บริบูรณ์เต็มที่ (Mendoza, 1984) ในขณะที่ Singh *et al.* (1937) พบว่า ในมะม่วงพันธุ์ Langra จะมีอัตราการหายใจสูงในช่วง 4 สัปดาห์แรกและลดลงเมื่อผลแก่ เช่นเดียวกับ Lakshminarayana *et al.* (1970) พบว่าในพันธุ์ Alphonso อัตราการหายใจในช่วงผลอ่อนจะมีสูงและลดลงคงที่เมื่อผลบริบูรณ์ ซึ่งสามารถใช้ค่าในช่วงนี้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ หลังจากนั้นจะมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นช่วงที่ผลเริ่มเข้าสู่ระยะการสุก

4.2) อัตราการผลิตเอทิลีน

มะม่วงมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเอทิลีนเช่นเดียวกับผลไม้ประเภท climacteric อื่นๆ โดยในช่วงแรกที่มีการผสมเกสรจะมีการผลิตเอทิลีนมากโดยอัตราการผลิตเอทิลีนจะสูงในช่วงการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ หลังจากนั้นจะลดลงและคงที่ ซึ่งค่าที่ได้ค่อนข้างต่ำมาก การหาค่าเพื่อใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวจึงค่อนข้างยาก แล้วในช่วงที่ผลเริ่มเข้าสู่ระยะการสุกปริมาณเอทิลีนก็จะสูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง (Wills *et al.,* 1998)

ดังนั้นอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลมะม่วงแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาลที่มะม่วงออกดอก และติดผลจนกระทั่งผลโต การให้ปุ๋ย ความชื้นในดิน การตกแต่ง การใช้สารเคมีพ่น และตำแหน่งของผลในทรงพุ่ม เป็นต้น ซึ่งการหาดัชนีการเก็บเกี่ยวสามารถหาได้จากวิธีการต่างๆ ดังนี้ เช่น การสังเกตด้วยตา (visual means) ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญจากประสบการณ์ เช่น การสังเกตสีผลไม้ชนิดเมื่อแก่จะมีสีเปลี่ยนแปลงไป การดูสีมักจะใช้เทียบกับสีมาตรฐาน (colour chart) และการวัดความถ่วงจำเพาะ เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้น ผลมะม่วงจะมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงมีค่ามากขึ้น

การอบด้วยไอน้ำร้อน (vapor heat treatment ; VHT)

การอบไอน้ำร้อนของผลิตผลทางพืชสวนหลังการเก็บเกี่ยว เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อควบคุมการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช เพื่อทดแทนการรมควันผลิตผลด้วยสารเคมีหลังการเก็บเกี่ยว เช่น Ethylene dibromind ซึ่งในปัจจุบันสารนี้ได้ถูกยกเลิกในการนำมาใช้หลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชตามกฎหมายกักกันพืชของประเทศผู้นำเข้าผลิตผลทางการเกษตรที่มีต่อประเทศผู้ส่งออกผลิตผลทางการเกษตร เนื่องจากการตระหนักถึงผลกระทบของสารเคมีที่ตกค้าง ภายในผลิตผลสด และ การตกค้างที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ และสัตว์ ตลอดจนการเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมีของพวกจุลินทรีย์ แมลงต่างๆ ตัวอย่างการนำวิธีการอบผลิตผลด้วยไอน้ำร้อน เพื่อควบคุมโรค และ แมลงหลังการเก็บเกี่ยว ที่นิยมปฏิบัติก่อนการส่งออกกับผลิตผลประเทศต่างๆ เช่น ส้ม ในฟลอริด้า (Baker, 1952) มะละกอของฮาวาย (Seo *et al.*, 1974) Green pepper และมะเขือยาวในญี่ปุ่น (Sugimoto, 1983 ; Furusawa *et al.,* 1984)

การอบด้วยไอน้ำร้อน เป็นวิธีอบผลิตผลด้วยอากาศร้อน ที่คำนึงถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่มีในอากาศร้อนที่ใช้อบโดยปกติในอากาศที่ใช้มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และมีความแปรปรวนสูง ในกรณีการอบด้วยไอน้ำร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ในขณะทำการให้ความร้อนต่อผลิตผล (Jacobi *et al.,* 1993) ข้อแตกต่างของวิธีการอบด้วยไอน้ำร้อน และการอบด้วยอากาศร้อน คือ ในการอบด้วยไอน้ำร้อน มีการควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ใช้อบให้คงที่อยู่ในช่วงประมาณ 95-100 เปอร์เซ็นต์ตลอดเวลาในขณะที่มีการให้ความร้อนแก่ผลิตผล ในการปฏิบัติด้วยไอน้ำร้อนมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถควบคุมการเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำบนผิวผลิตผล ซึ่งอาจก่อให้เกิดความร้อนสะสมที่ผิวผลิตผล และเกิดอันตรายจากความร้อน (heat injury) (Mitcham and Mcdonald, 1993) การนำวิธีการอบด้วยไอน้ำร้อนมาปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผล อาศัยหลักการที่ว่าน้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนที่ดี ดังนั้นปริมาณไอน้ำ ในอากาศจึงมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน อากาศร้อนชื้นมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า ในการอบผลิตผลเมื่ออากาศที่ใช้อบมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ และไม่มีการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่ผิวผลิตผล อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านผิวผลิตผล และประสิทธิภาพของการนำความร้อนของผลิตผล (Teitel *et al.,* 1989)

งานทดลองที่เกี่ยวข้องกับการอบด้วยไอน้ำร้อน เพื่อควบคุมโรคเน่าของผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น การอบด้วยอากาศร้อนในแอปเปิ้ล ใช้อุณหภูมิในการอบ 45 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ 100% สามารถควบคุมการเน่าเสียเนื่องจากเชื้อ *Gloeosporium spp.* และ เชื้อ *Penicillium expansum* ได้ผลดี แต่ทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Edney and Burchill, 1967) การอบด้วยอากาศร้อน เพื่อควบคุมโรคเน่าเนื่องจากเชื้อ *Alternaria spp,. Botrytis spp., Cladosporium spp.* และ *Rhiaopus spp.* ในสตรอเบอรี่ อุณหภูมิในการอบที่ใช้ได้ผลดี คือ

43 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที 98% RH โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผล (Smith and Worthington, 1965) การควบคุมโรคเน่าจากเชื้อ *Monilinia fructicola* และ *Rhizopus stolonifer* ในผลส้มได้มีการใช้อุณหภูมิในการอบ 52 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ความชื้นสัมพัทธ์ 90-100% สามารถควบคุมโรคเน่าได้ดี แต่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิวภายหลังการให้ความร้อน เช่นเดียวกับการอบมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันด้วยไอน้ำร้อนในประเทศไทยสำหรับการส่งออกไปจำหน่ายในญี่ปุ่น โดยการนำมะม่วงมาอบด้วยไอน้ำร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิเนื้อมะม่วงบริเวณกึ่งกลางผลมีค่า 46 องศาเซลเซียส คงที่ นาน 10 นาที มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตผลเพียงเล็กน้อย สามารถควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชหลังการเก็บเกี่ยวได้ผลดีไม่มีผลกระทบต่อรสชาติ และการยอมรับของผู้บริโภค

ในปัจจุบันการใช้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การควบคุมโรคและแมลง จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนหลังการเก็บเกี่ยวผลมะม่วง Lizada (1991) กล่าวว่า ผลมะม่วงมักได้รับความเสียหายจากการจุ่มน้ำร้อน หรือการอบด้วยไอน้ำร้อน (hyperthermal injury) นอกจากนี้การอบมะม่วงพันธุ์ Carabao โดยใช้ไอน้ำร้อน ให้อุณหภูมิที่เนื้อมะม่วงมีค่า 46 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ชักนำให้เกิดอาการแตกภายในผลมะม่วงในชั้น mesocarp (Esguerra and Lizada, 1990; Esguerra *et al.,*1989) ส่วนอาการเสียหายอื่นๆ ที่พบ คือปรากฏร่องรอยของแป้งเป็นรอยสีขาวบริเวณรอยแตกภายในผล ซึ่งเกิดอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นอยู่กับแหล่งปลูกพืช และความแก่ของผล เช่นเดียวกับอาการสะท้านหนาว (chilling injury) การเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิสูง มีผลกระทบต่อการเร่งอัตราการสุกของมะม่วงทำให้เกิดอาการสุกเร็วขึ้น การเกิดกลิ่นหมักในมะม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนจะการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่ง เป็นผลกระทบของความร้อนต่ออัตราการแพร่ของก๊าซออกซิเจน ภายในเนื้อเยื่อผลิตผล ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนภายในเนื้อเยื่อผล ซึ่งการอบมะม่วงด้วยไอน้ำร้อนมีผลกระทบต่อระดับออกซิเจนในผลมะม่วงทำให้ค่าออกซิเจนลดลงต่ำกว่า 7 เปอร์เซ็นต์ (Esquerra *et al.,* 1989) Dasuki (1987) ศึกษาการแตกภายในผล (internal breakdown) ของมะม่วงพันธุ์ Carabao ที่เก็บไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส นาน 4 วัน พบว่าการพัฒนาอาการที่ผิดปกติภายในผลมะม่วงสามารถเกิดขึ้นได้ เมื่อนำมะม่วงไปไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง เช่น การนำผลมะม่วงไปวางผึ่งแดด มีผลทำให้มะม่วงมีอาการแตกภายในผลเร็วขึ้น ในขณะเดียวกันมีการลดลงของระดับก๊าซอกซิเจน ภายในผลลง 14 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Whangchai *et al.,* (2000) รายงานว่า การอบไอน้ำร้อน (vapor heat treatment) กับมะม่วงน้ำดอกไม้เพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นที่มีระยะบริบูรณ์ต่างกัน พบว่าการให้ความร้อนทำให้ค่า TSS สูงขึ้น ค่าความแน่นเนื้อ การเกิดโรค ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับความร้อน และผลที่ได้รับความร้อนเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 10 วัน ไม่พบอาการสะท้านหนาวเลย

การเก็บรักษามะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว

ผลมะม่วงเสียหายได้ง่ายหลังจากเก็บเกี่ยวจนกระทั่งวางจำหน่าย ดังนั้นหากสามารถหาวิธีการช่วยยืดอายุการเก็บรักษามะม่วงได้ ก็จะสามารถช่วยชะลออาการเสื่อมสภาพและเน่าเสีย ทำให้มีอายุการวางจำหน่ายได้นาน การหายใจของผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ เช่น ผลอ่อนนุ่ม ผลสุก สีของผลเปลี่ยนแปลง มีการสร้างสารที่มีกลิ่นบางชนิด และรสชาติเปลี่ยนแปลงไป ขณะอยู่บนต้นผลไม้จะได้รับอาหารจากต้นแม่และอาหารจะถูกเผาผลาญโดยการหายใจ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจ ได้แก่ พันธุ์มะม่วง ความแก่ของผล สภาพความสุกของผล อุณหภูมิความชื้น การถ่ายเทอากาศ อิทธิผลของจุลินทรีย์ อิทธิพลจากรอยแผลบนผล เป็นต้น อายุของผลหลังการเก็บเกี่ยว แบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ก่อนการเก็บรักษา (pre-storage), ขณะเก็บรักษา(storage) และหลังจากเก็บรักษา (post-storage) อัตราการหายใจระหว่างระยะแรกจะต่ำ จะสูงสุด (peak climateric) ระหว่างการเก็บรักษาในระยะที่สอง และจะลดลงในระยะที่สาม ซึ่งเป็นระยะที่ผลเข้าสู่สภาพสุก(ripening) สภาพห้องเก็บรักษาที่มีการระบายอากาศหรืออากาศถ่ายเทดีจะช่วยลดความร้อนและความชื้นของอากาศรอบๆ ผล ทำให้สามารถลดอัตราการหายใจของผลผลิตได้ (วิจิตร, 2529) โดยทั่วไปวิธีที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากวิธีหนึ่ง คือ การใช้อุณหภูมิต่ำ (ตาราง 5) ในการเก็บรักษา ได้มีการศึกษาในเรื่องผลของอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งที่มีต่อการสุกและการเก็บรักษา การเก็บรักษามะม่วงโดยทั่วไปจะเก็บที่ 10°C (วิจิตร, 2529) อุณหภูมิต่ำสุดที่ไม่เกิดอันตรายสำหรับผลไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามแหล่งกำเนิด สำหรับผลไม้ในเขตร้อน เช่น กล้วย และมะม่วง อุณหภูมิต่ำที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายอยู่ในช่วง 10-12 องศาเซลเซียส ผลไม้ที่เก็บเกี่ยวขณะที่แก่และยังดิบอยู่ เช่น กล้วย อะโวกาโด มะเขือเทศ และมะม่วง จะมีอาการสุกผิดปกติ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็งระยะหนึ่ง (สายชล, 2528)

ตาราง 5 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลมะม่วงบางพันธุ์
(ดัดแปลงจาก Sankat *et al*., 1993)

พันธุ์	ประเทศ	อุณหภูมิในการเก็บรักษา (องศาเซลเซียส)	อายุการเก็บรักษา (วัน)
จูลี่	ตรินิแดด	8.8-10.0	15-20
อัลฟองโซ	อินเดีย	5.5-7.2	28
บังกาออร์	อินเดีย	9.0	15
คาราบาว	ฟิลิปปินส์	10.0	23-26
แมมมี่	บราซิล	13.0	14-21
เฮเดน	อเมริกา	12.7	21
เคียทท์	อเมริกา	12.7	21
แรด	ไทย	9-10	28
อกร่อง	ไทย	10	20
หนังกลางวัน	ไทย	12	28
เขียวเสวย	ไทย	10	20

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาเป็นการทำให้ปัจจัยต่างๆ รอบผลิตผลเพื่อให้ผลิตผลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และในขณะเดียวกันก็ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่จะเข้าทำลายผลิตผลนั้น ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกรณีนี้ได้แก่ อุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในผลิตผลตลอดจนกระบวนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่างๆ มีอัตราผันแปรตามอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงอัตราปฏิกิริยาหรือการเจริญเติบโตก็สูงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นและส่งผลให้ผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง

ดังนั้นการเก็บรักษาผลิตผลทุกชนิดจึงควรเก็บรักษาไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่จะไม่เกิดอันตรายหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ผักและผลไม้ในเขตร้อนมักมีอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงกว่าผักและผลไม้ในเขตกึ่งร้อนและเขตหนาวตามลำดับ อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับผลิตผลได้ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า) น้ำในเซลล์จะแข็งตัวผลึกของน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ (organelle) ต่างๆ ฉีกขาดทำให้เซลล์ตายได้ งานทดลองที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ปิยฉัตร (2542) กล่าวว่า การเก็บรักษาขนุนทั้งผลพันธุ์ทองสุดใจในระยะผลสุกที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะช่วยรักษาคุณภาพและความสดของเนื้อยวงได้ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 14 วัน และสามารถเก็บรักษาได้นาน

กว่าการเก็บผลสุกที่ 13 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียสนี้จะพบโรคเกิดที่ผลมาก เช่นเดียวกับกานดาและคณะ (2546) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์มหาชนก พบว่า ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้เพียง 7 วัน ส่วนผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานกว่าเป็นเวลา 21 วัน โดยผลมีการสุกได้ตามปกติที่อุณหภูมิห้องและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 28 วัน ผลมะม่วงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดอาการสะท้านหนาว อาการสุกที่ผิดปกติ เปลือกและเนื้อผลมีสีเหลืองน้อยกว่าปกติ แต่ไม่พบในผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Whangchai *et al*. (2000) พบว่า มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่ผ่านการอบไอน้ำร้อน (Vapor heat treatment ; VHT) เพื่อส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นในระยะบริบูรณ์เต็มที่สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ได้เกิน 21 วันโดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เลย

ลักษณะอาการสะท้านหนาว

1. Surface Pitting

เป็นอาการที่ผิวของผลิตผลยุบตัวลงเป็นแห่งๆ บริเวณที่ยุบลงอาจมีสีผิดปกติไปจากเดิม นอกจากนั้นผลิตผลจะมีการสูญเสียน้ำมาก ทำให้จุดนั้นขยายใหญ่ขึ้น พบมากในมะเขือเทศ พริก มะนาว

2. ฉ่ำน้ำ

เกิดจากการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์ ผิวของผลผลิตมีสีคล้ำช้ำน้ำ จะเกิดร่วมไปกับการปล่อยสารบางชนิดออกมาจากเซลล์ ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายต่อ อาการช้ำน้ำมักจะเกิดกับในส่วนของใบพืชซึ่งต่อมาใบจะเหี่ยวและแห้งไปในที่สุด

3. สีของเนื้อและเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

เนื้อของผลไม้บางชนิดที่ได้รับอุณหภูมิต่ำจะเปลี่ยนจากสีปกติเป็นสีน้ำตาล โดยมักจะเกิดขึ้นรอบๆท่อน้ำและท่ออาหาร การเปลี่ยนสีในลักษณะนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมของเอมไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ที่ออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอลที่มีอยู่มากในเซลล์ ในพืชบางชนิดระบบท่อน้ำ ท่ออาหารอาจจะกลายเป็นสีน้ำตาลได้ สีที่เปลือกมักจะเปลี่ยนไปในทางที่คล้ำลงจากเดิม เมล็ดอาจจะมีสีน้ำตาลเกิดขึ้นเช่นกรณีของพริก และมะเขือเทศ

4. การสลายตัวของเนื้อเยื่อ

ทำให้มีสารเมตาบอไลท์ต่างๆ เช่นกรดอะมิโน น้ำตาลและแร่ธาตุต่างๆถูกปล่อยออกมาจากเซลล์ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายต่อได้ง่าย โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ที่ผิวนอกของผักและผลไม้

ในระหว่างการเก็บเกี่ยว ขนย้ายเพื่อวางขาย เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้มีการเน่าเสียมากขึ้น โดยเฉพาะกับผลไม้ในเขตร้อน อาจเนื่องจากมีการกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีน ทำให้เร่งการเสื่อมสลายให้เร็วขึ้น

5. การสุกผิดปกติ

ผลไม้ดิบที่แก่จัดหลายชนิดเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานานพอควร อาจจะเสียคุณสมบัติที่จะสุกเมื่อนำไปบ่ม นอกจากนี้ทำให้กลิ่นและรสชาติเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน

ปัจจัยที่มีผลต่ออาการสะท้านหนาว

1. ระยะบริบรูณ์ (maturity)

ผลไม้ขณะสุกจะมีความทนทานต่ออาการสะท้านหนาวมากกว่าผลไม้ที่ยังไม่สุก ผลไม้ที่ยังไม่สุกถ้าผ่านการสะท้านหนาวจะไม่สุก หรืออาจสุกได้คุณภาพไม่ดีหรืออาจสุกช้ากว่าปกติ ส้มที่ผ่านการสะท้านหนาวถึงแม้เพียงเล็กน้อยเมื่อนำมาทำ de-greening จะเปลี่ยนสีช้าลง มะเขือเทศที่อยู่ในระยะแก่จัดมีสีเขียว (mature green) จะอ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาวมากกว่ามะเขือเทศที่สุกแล้ว ส้ม grapefruit พันธุ์ Marsh Seedless จะอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำในระยะที่มีผลมีสีเขียวมากกว่าในระยะที่มีผลเหลือง

2. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

ในสภาวะที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูง จะช่วยลดความอ่อนแอของผลิตผลต่อการเกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งพบได้ในผลมะม่วงและอะโวกาโด

3. ลักษณะทางพันธุกรรม

ผลิตผลที่ผลิตได้จากแหล่งต่างกันหรือพันธุ์ต่างกันอาจแสดงอาการสะท้านหนาวแตกต่างกันได้ ถึงแม้จะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิเดียวกันก็ตาม โดยเฉพาะผลิตผลในเมืองร้อนส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์แตกต่างไปจากผลิตผลเขตอบอุ่น จึงทำให้มีความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ

4. ธาตุอาหาร

ผลอะโวกาโดที่ดูดอากาศออก และมีการแทรกซึมเอาแคลเซียมเข้าไปแทนที่ผลจะช่วยลดอาการสะท้านหนาวได้ หรือการจุ่มแอปเปิ้ลลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์หลังการเก็บเกี่ยวสามารถลดอาการสะท้านหนาวของแอปเปิ้ลพันธุ์ Jonathan ได้ ผลของแคลเซียมอาจเกี่ยวข้องกับ

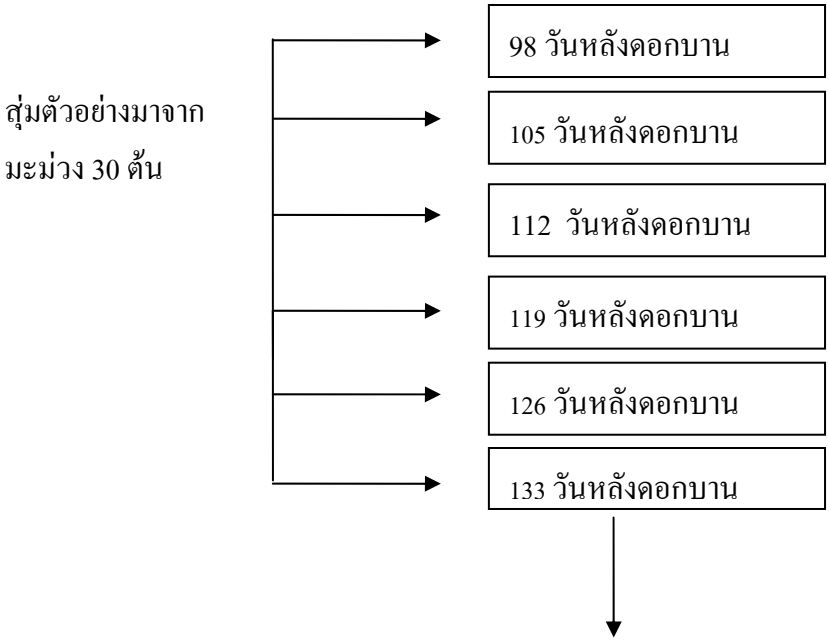
คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ ธาตุอาหารที่ปรากฏบนต้นและผลแอปเปิ้ลมีผลกระทบต่ออาการสะท้านหนาวโดยตรง นอกจากนี้ผลแอปเปิ้ลซึ่งมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและแคลเซียมต่ำจะอ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว การปรับตัวของพืชพืชบางชนิดที่ได้รับความเย็นในช่วงสั้นๆ แต่ไม่ใช่ที่อุณหภูมิที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวทำให้เนื้อเยื่อเกิด acclimate ซึ่งจะช่วยลดความอ่อนแอต่อการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ (ดนัย, 2544)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระยะความบริบูรณ์ของมะม่วงมหาชนก ต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

1.1 คัดเลือกโดยนับวันหลังดอกบาน

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุประมาณ 8 ปี ทำการผูกช่อดอกโดยเลือกช่อดอกที่มีดอกบานในช่อแล้วประมาณ 70 % ของจำนวนดอกทั้งหมดนับจำนวนวันแล้วเก็บเกี่ยวที่ระยะบริบูรณ์แตกต่างกัน 6 ระยะ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบาน



นำมาวิเคราะห์คุณภาพผลทุก 2 วันเป็นเวลา 8 วัน ได้แก่

- การสูญเสียน้ำหนัก
- ความแน่นเนื้อ
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)
- ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)
- การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ
- เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

- **การสูญเสียน้ำหนัก**

คิดในรูปของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก โดยชั่งผลมะม่วงก่อนและหลังการเก็บรักษาด้วยเครื่องชั่งธรรมดา แล้วนำค่าที่ได้มาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักหลังการเก็บรักษา} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนการเก็บรักษา}}$$

- **วัดความแน่นเนื้อของผล**

นำผลมะม่วงมาปอกเปลือกด้วยมีดปลอกเปลือกผลไม้ แล้วนำผลที่ได้มาวัดความแน่นเนื้อโดยใช้ firmness tester โดยใช้หัววัดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.6 เซนติเมตรและ กดลึกลงไปบริเวณกลางผลประมาณ 0.5 เซนติเมตร อ่านค่าได้นำมาคำนวณในหน่วยกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร

- **ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids)**

โดยการคั้นน้ำของผลมะม่วง แล้วกรองน้ำคั้นที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง นำน้ำคั้นที่ได้มาวัดด้วยเครื่อง Hand Refractometer แล้วอ่านค่าซึ่งมีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}$Brix) โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวปรับศูนย์

- **ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity)**

โดยใช้น้ำคั้น 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร เพื่อสะดวกในการไทเทรต และนำมาไทเทรตกับสารละลาย NaOH (Sodium hydroxide) ของบริษัท Merck ความเข้มข้น 0.1 N

โดยใช้ฟีนอลทาลีน (phenolpthalene) 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นindicator จำนวน 3 หยด ไทเทรตด้วยเครื่อง Digital Burette (Brand) ขนาด 50 มิลลิลิตร จนเกิดสีชมพู่อ่อนแล้วจึงนำค่าปริมาตรมาคำนวณหาปริมาณกรดมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (Meq/100ml)

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรด} = \frac{\text{ความเข้มข้นของNaOH} \times \text{ปริมาณ NaOH(ml)} \times 100}{\text{ปริมาณน้ำคั้น (ml)}}$$

- **การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ**

สีเปลือกด้านนอก โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกด้านนอกของผลมะม่วง โดยใช้เครื่องวัดสีของวัตถุ (chromameter) วัดที่บริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน ค่าที่ได้จากการวัดแสดงเป็นค่า L*, a*,b*

โดยค่า L* = The lightness factor (value)

a*,b* = The chromaticity coordinates (hue, chroma)

เมื่อค่า L*เป็นค่าความสว่าง มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง วัตถุมีสีคล้ำ หากเข้าใกล้ 100 หมายถึง วัตถุมีสีสว่าง

a* เป็นค่าที่แสดงถึงสีแดงและสีเขียว ถ้าค่า a* เป็นบวก (+) วัตถุจะมีสีแดง แต่ถ้าค่า a* เป็นลบ (-) วัตถุจะมีสีเขียว โดยมีค่า -60 ถึง + 60

b* เป็นค่าที่แสดงถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน ถ้าค่า b* เป็นบวก (+) วัตถุจะมีสีเหลือง แต่ถ้าค่า b* เป็นลบ (-) วัตถุจะมีน้ำเงิน โดยมีค่า -60 ถึง + 60

- **ประเมินการเกิดโรค** โดยใช้การให้คะแนน 5 ระดับ

1 = ไม่มีอาการ

2 = มีอาการเล็กน้อยตั้งแต่ 1 - 25 %

3 = มีอาการปานกลางตั้งแต่ 26 -50 %

4 = มีอาการรุนแรงตั้งแต่ 51 -75 %

5 = มีอาการรุนแรงมากตั้งแต่ 76 – 100 %

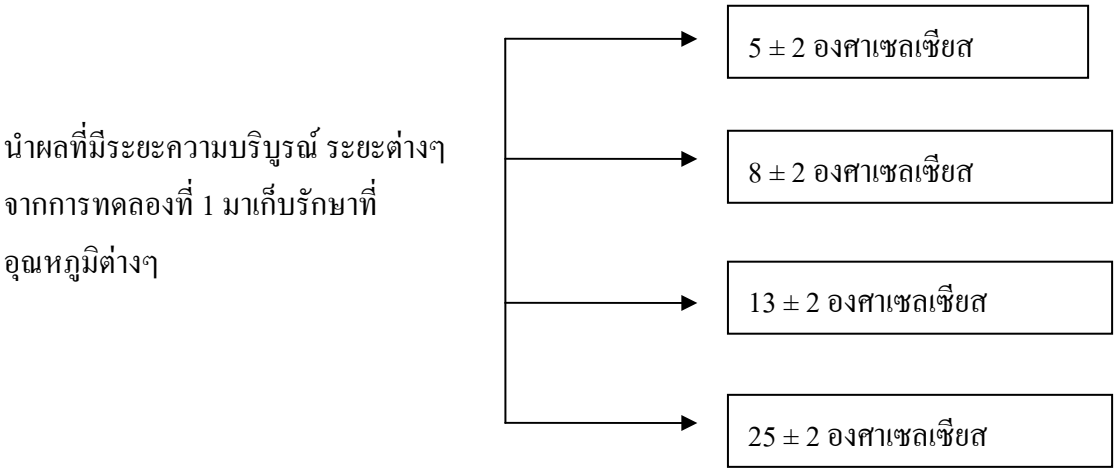
1.2 คัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ

นำผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวมาคัดเลือกด้วยวิธีความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกัน

ระยะที่1 ผลที่ลอยน้ำ (stage 1; ST1)
ระยะที่2 ผลที่จมน้ำแต่ลอยน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 % (stage 2; ST2)
ระยะที่ 3 ผลที่จมน้ำและจมน้ำเกลือความเข้มข้น 2 % (stage 3; ST3)

นำ 20 ผล มาวิเคราะห์คุณภาพผลเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก



โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างผลมะม่วงมาทุกสัปดาห์เป็นเวลา 5 สัปดาห์ ส่วนที่ 25 องศาเซลเซียส วัดผลทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 รวมทั้งอาการสะท้านหนาว (โดยใช้ระดับคะแนน)

ลักษณะที่ปรากฏของอาการสะท้านหนาว

1 = ไม่มีอาการ
2 = มีอาการเล็กน้อยตั้งแต่ 1-25 เปอร์เซ็นต์
3 = มีอาการปานกลางตั้งแต่ 26-50 เปอร์เซ็นต์
4 = มีอาการรุนแรงตั้งแต่ 51-75 เปอร์เซ็นต์
5 = มีอาการรุนแรงมากตั้งแต่ 76-100 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการได้รับความร้อนที่ระยะความบริบูรณ์ต่างกันต่อคุณภาพของผลมะม่วงมหาชนก และอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น

นำผลมะม่วงที่ระยะความบริบูรณ์ตามการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 มาผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำร้อนเพื่อการส่งออก (Vapor Heat Treatment, VHT) โดยการนำผลมะม่วงมายังโรงอบไอน้ำโดยการดำเนินงานของบริษัทสยามเอ็กซ์ปอร์ต ณ กรมส่งเสริมการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ (ภาพ 5A) และนำผลผลิตใส่ตระกร้าที่จัดให้ (ภาพ 5B และ 6A) หลังจากนั้นจะนำเข้าตู้อบไอน้ำ โดยใช้อุณหภูมิในห้องอบเท่ากับ 51.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในผลมะม่วงเท่ากับ 47 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

A

B

ภาพ 5 ขั้นตอนการอบไอน้ำร้อน (Vapor Heat Treatment, VHT) เพื่อการส่งออก โดยการนำผลมะม่วงมายังโรงอบไอน้ำโดยการดำเนินงานของบริษัทสยามเอ็กซ์ปอร์ต ณ กรมส่งเสริมการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ (A) และนำผลผลิตใส่ตระกร้าที่จัดให้ (B)

A

B

ภาพ 6 ผลมะม่วงมหาชนกที่นำมาจากจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรอการเข้าอบไอน้ำร้อน (A) และตู้อบไอน้ำร้อน (B)

ภาพ 7 ผลมะม่วงที่ได้รับการอบไอน้ำร้อนแล้วนำมาคัดบรรจุเพื่อการส่งออก

หลังจากทำการอบไอน้ำร้อนได้นำมะม่วงกลับมายังจังหวัดเชียงใหม่ทันทีเพื่อทำการทดลองในเรื่องการเก็บรักษาต่อไป

นำมะม่วงแต่ละระยะบริบูรณ์ที่ผ่านการอบไอน้ำร้อน(VHT) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ได้อบไอน้ำร้อน

- 5 ±2 องศาเซลเซียส
- 8 ±2 องศาเซลเซียส
- 13 ± 2 องศาเซลเซียส
- 25 ± 2 องศาเซลเซียส

โดยเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส วัดผลทุกสัปดาห์ส่วน ที่ 25 องศาเซลเซียส วัดผลทุก 2 วัน เป็นเวลา 8 วัน เช่นเดียวกับ การทดลองที่ 2 รวมทั้งการเกิดอาการสะท้านหนาว โดยใช้ระดับคะแนน ดังนี้

ลักษณะที่ปรากฏของอาการสะท้านหนาว

1 = ไม่มีอาการ

2 = มีอาการเล็กน้อยตั้งแต่ 1-25 เปอร์เซ็นต์

3 = มีอาการปานกลางตั้งแต่ 26-50 เปอร์เซ็นต์

4 = มีอาการรุนแรงตั้งแต่ 51-75 เปอร์เซ็นต์

5 = มีอาการรุนแรงมากตั้งแต่ 76-100 เปอร์เซ็นต์

สถานที่เก็บตัวอย่างคือ สวนมะม่วงพันธุ์มหาชนกในอำเภอบ้านธิ จังหวัดลำพูน

สถานที่ทำการวิจัย ห้องปฏิบัติการวิจัยสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทที่ 4
ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของระยะความบริบูรณ์ของมะม่วงมหาชนก ต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุประมาณ 8 ปี ทำการผูกช่อดอกโดยเลือกช่อดอกที่มีดอกบานในช่อแล้วประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนดอกทั้งหมดนับจำนวนวันแล้วเก็บเกี่ยวที่อายุความบริบูรณ์แตกต่างกัน 6 อายุ คือ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบาน (ภาพ 8) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) แล้วนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาดัชนีวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก, ความแน่นเนื้อ, การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และการเกิดโรค บันทึกผลทุกวันเป็นเวลา 8 วัน

ส่วนการคัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ ระยะที่1 คือผลที่ลอยน้ำ ระยะที่2 คือผลที่จมน้ำแต่ลอยน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 % และระยะที่ 3 คือผลที่จมน้ำและจมน้ำเกลือความเข้มข้น 2 % (ภาพ 9) แล้วนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นสัมพัทธ์ 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาดัชนีวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม โดยบันทึกเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก, ความแน่นเนื้อ, การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและเนื้อ, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และการเกิดโรค บันทึกผลทุกวันเป็นเวลา 8 วัน

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในทุกช่วงระยะบริบูรณ์ต่างๆ (98-133 วันหลังดอกบาน) และมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ภาพ 10) และเมื่อนำผลมะม่วงที่มีระยะต่างๆ มาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วันพบว่า เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มไม่แตกต่างกัน แต่มะม่วงที่มีอายุความแก่ 126 และ 133 วันหลังดอกบาน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์อื่น (ภาพ 11)

ส่วนการสูญเสียน้ำหนักในชุดที่คัดเลือกโดยความถ่วงจำเพาะ พบว่า ระยะที่ 1 (ST1) มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีค่าแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดกับระยะที่ 2 และ 3 (ภาพ 12) โดย ST 3 มีค่าต่ำสุดรองลงมาคือ ST 2 และ ST1 ตามลำดับ (ภาพ 13)

ความแน่นเนื้อ

ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา (ภาพ 14) โดยระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ

0.65 kg/cm^2 รองลงมาคือระยะบริบูรณ์ 105 และ 112 วันหลังดอกบานตามลำดับ ส่วนระยะ 126 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อน้อยสุดเท่ากับ 0.1kg/cm^2 (ภาพ 15)

ส่วนชุดที่คัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยวันที่ 8 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า มะม่วงที่มีความถ่วงจำเพาะระยะ 2 (ST2) มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.6 kg/cm^2 ส่วนระยะ 1 (ST1) และ 3 (ST3) มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 0.58 kg/cm^2 และ 0.3 kg/cm^2 ตามลำดับ (ภาพ 16)

สีเปลือกของผลมะม่วง

สีเปลือกที่วัดในรูปของค่า L* ในช่วง 98-119 วันหลังดอกบาน มีค่า L* มากกว่ามะม่วงที่ระยะ 126-133 วันหลังดอกบาน ในช่วง 3 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นทุกระยะบริบูรณ์จะมีค่า L* เพิ่มขึ้น โดยระยะ 126-133 มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มคงที่ (ภาพ 17 และ 18) เช่นเดียวกับค่า C* เมื่อเก็บรักษา ค่า C* ของทุกระยะบริบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และระยะบริบูรณ์ที่ 112 และ 119 วันหลังดอกบาน มีค่า C* มากกว่าระยะอื่นๆ (ภาพ 19) ส่วนสีเปลือกของผลที่มีระยะบริบูรณ์ที่คัดเลือกโดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ พบว่า 2 วันแรกมีค่า L* เพิ่มสูงขึ้นมาก และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะการเก็บรักษาในทุกระยะ ส่วนค่า a* ผลมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์มากที่สุดระยะที่ 3 (ST 3) มีการเพิ่มขึ้นของค่า a* มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็น 8 วัน รองลงมาคือระยะที่ 2 (ST 2) และ (ST 1) ส่วนค่า b* หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน พบว่า ค่า b* ทุกระยะบริบูรณ์มีค่าไม่แตกต่างกัน (ภาพ 22)

สีเนื้อของผลมะม่วง

ในช่วง 98-112 วันหลังดอกบาน โดยมีสีเนื้อมากกว่าระยะบริบูรณ์ที่ 119-133 วันหลังดอกบาน โดยเมื่อเก็บรักษา ค่า L* มีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่งระยะ 98-112 วันหลังดอกบาน มีค่า L* มากกว่าระยะอื่นๆ สำหรับค่า a* เพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่มากขึ้น ในช่วง 119-133 วันหลังดอกบาน ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเพิ่มขึ้นหลังวันที่ 2 ของการเก็บรักษา ส่วนระยะ 98-112 หลังดอกบาน ค่า a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ใน 4 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกันส่วนค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นคล้ายกับการเพิ่มขึ้นของค่า a* แต่ในช่วง 119-133 วันหลังดอกบาน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพ 20 และ 21)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หลังจากการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น (ภาพ 23) โดยเฉพาะระยะบริบูรณ์ตั้งแต่ช่วง 112-133 วันหลังดอกบาน โดยหลังจากนำ

ผลมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้องจะมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ระหว่าง 16.55–17.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันมากนั้น โดยระยะบริบูรณ์ที่ 119 วันมีค่า TSS สูงสุดเท่ากับ 17.75 รองลงมาคือ ระยะบริบูรณ์ 112 วันหลังดอกบาน (ภาพ 24)

ส่วนผลมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ที่คัดเลือกโดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่างกัน (ระยะ1-ระยะ3) พบว่าทั้ง 3 ระยะมีค่า TSS เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยระยะที่ 3 (ผลที่จมน้ำเกลือ 2%) มีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เท่ากับ 18.07 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือระยะที่ 2 และระยะที่ 1 ตามลำดับ ส่วนระยะ1 มีค่า TSS ต่ำสุดเท่ากับ 16.87 เปอร์เซ็นต์ โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 25)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)

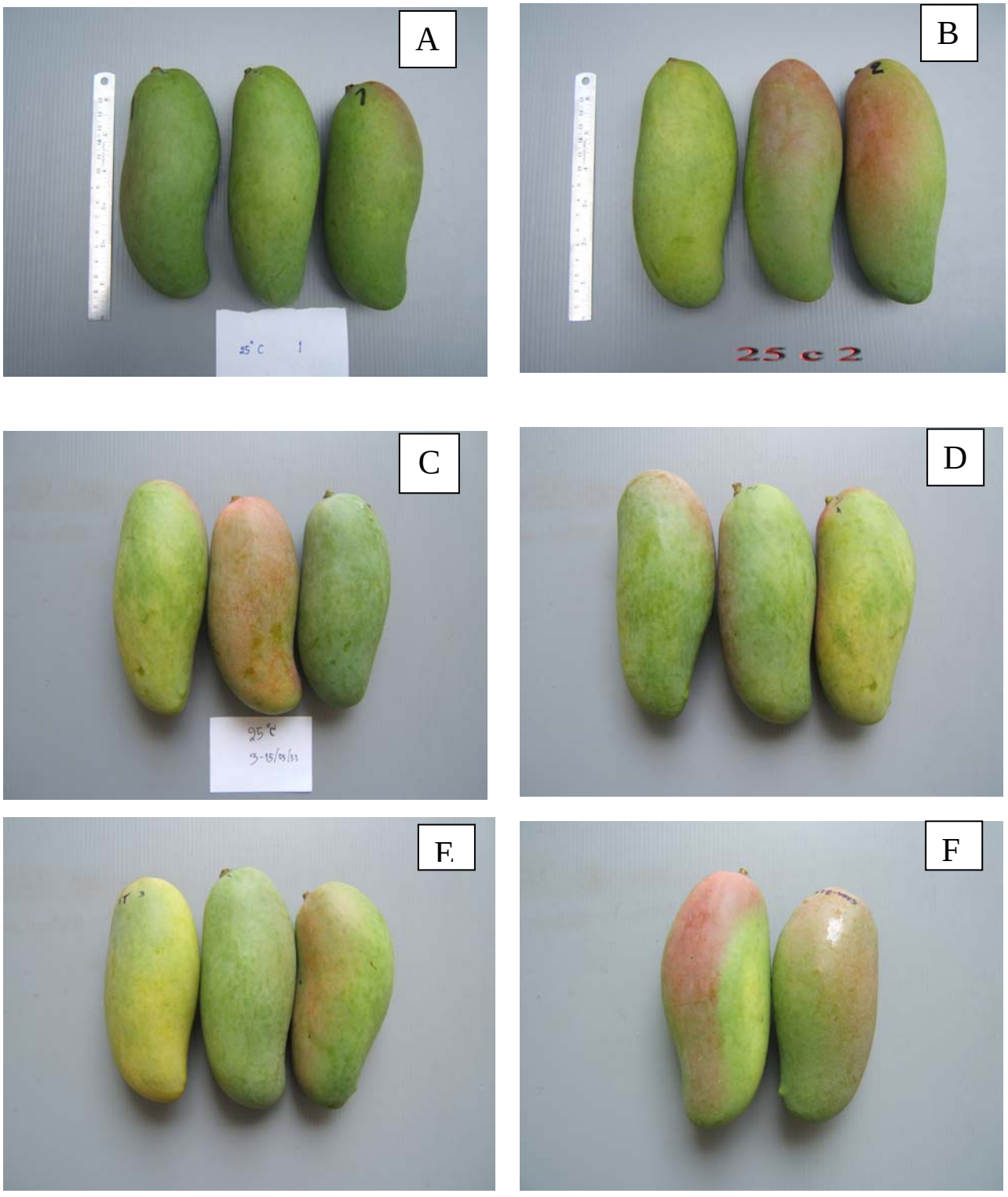
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุ 98- 133 วันหลังดอกบาน และนำผลมาวางให้สุกมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักโดยมีค่าอยู่ช่วง 0.19-2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้เพียง 8 วัน (ภาพ 26) โดยระยะบริบูรณ์ 126 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 105, 112 และ 133 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้น้อยที่สุดเท่ากับ 0.12 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 27)

ส่วนผลมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์จากค่าความถ่วงจำเพาะที่ต่างกัน (ระยะ1-ระยะ3) พบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงระยะที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า 0.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลมะม่วงระยะที่ 1 และ 3 มีค่าเท่ากับ 0.2 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพ 28)

เมื่อพิจารณาจากค่า TSS/TA พบว่า มะม่วงมหาชนกที่อายุ 112 วันหลังดอกบาน มีแนวโน้มค่า TSS/TA เพิ่มมากขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา และว่ามีค่ามากที่สุดเท่ากับ 140 (ภาพ 29) รองลงมาคือมะม่วงที่มีอายุ 98 วันหลังดอกบาน (ภาพ 30)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

จากการทดลองพบว่ามะม่วงมหาชนกที่ระยะบริบูรณ์ 98- 105 วันหลังดอกบาน หลังจากผลสุกที่อุณหภูมิห้องไม่พบการเกิดโรคเลยในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ส่วนระยะบริบูรณ์ 112- 119 วันหลังดอกบานพบว่าการเกิดโรคเล็กน้อย นอกจากนี้ ยังพบว่าระยะบริบูรณ์ที่ 126 วันหลังดอกบานมีการเกิดโรคเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษาและเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ระยะบริบูรณ์ 126 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด รองลงมาคือ 119 วันหลังดอกบาน (ภาพ 31) ส่วนชุดที่คัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ พบว่า ระยะที่ 3 (ST3) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด ส่วนระยะที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด (ภาพ 32)



A= 98 วันหลังดอกบาน B= 105 วันหลังดอกบาน C= 112 วันหลังดอกบาน

D= 119วันหลังดอกบาน E =126วันหลังดอกบาน F= 133 วันหลังดอกบาน

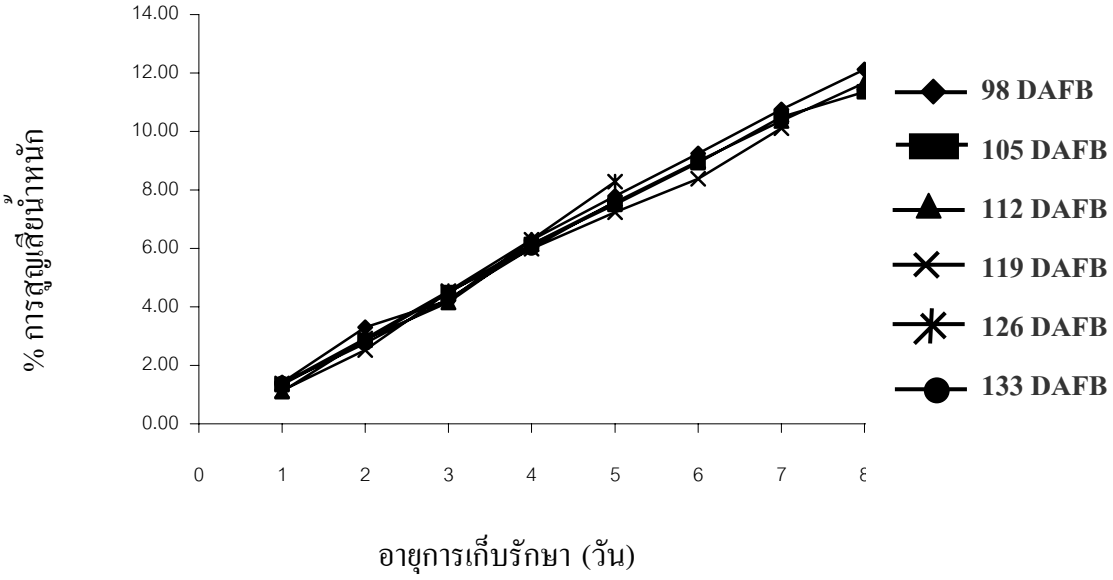
ภาพ 8 ผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุ 98-133 วันหลังดอกบาน (A-F)

Stage 1

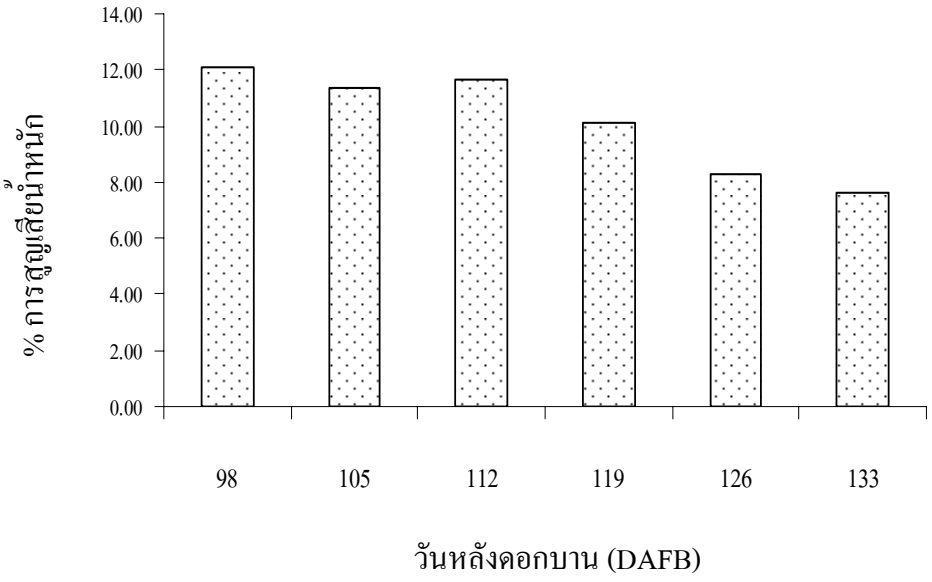
Stage 2

Stage 3

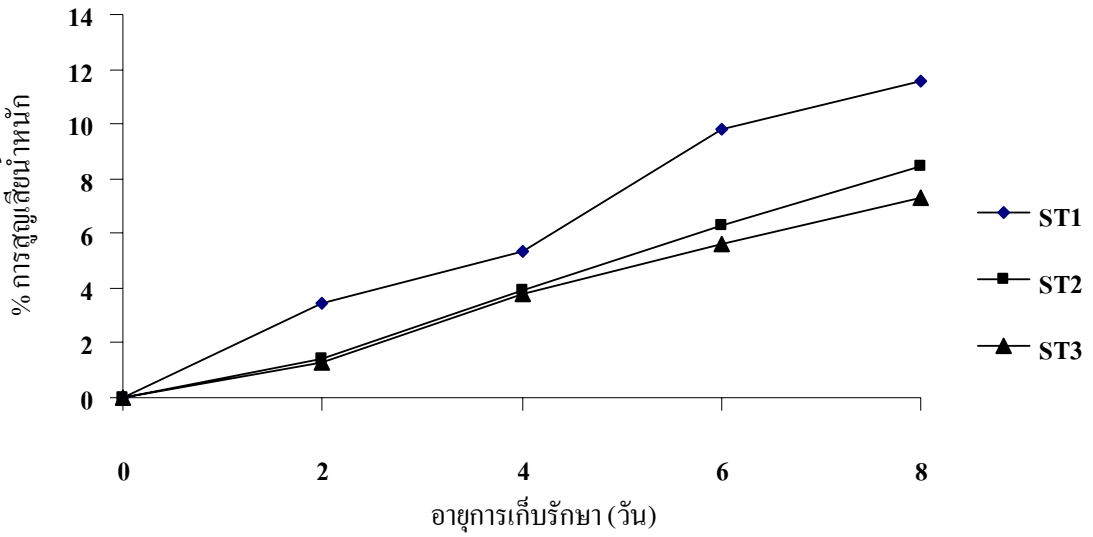
ภาพ 9 ผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกันโดยคัดเลือกจากความถ่วงจำเพาะ (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) ก่อนการเก็บรักษา



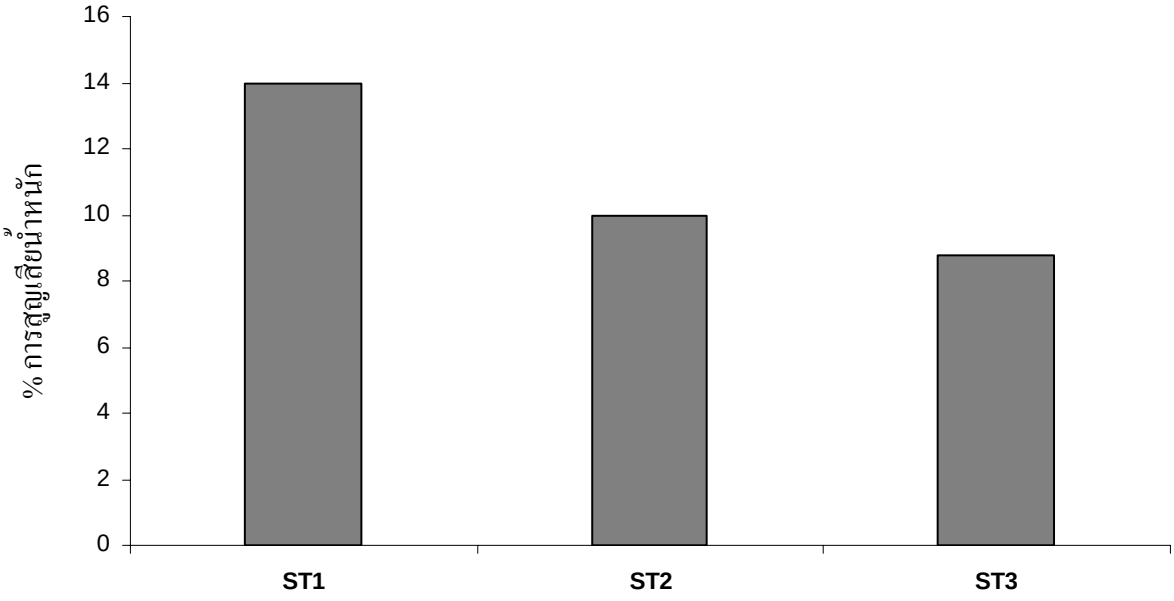
ภาพ 10 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



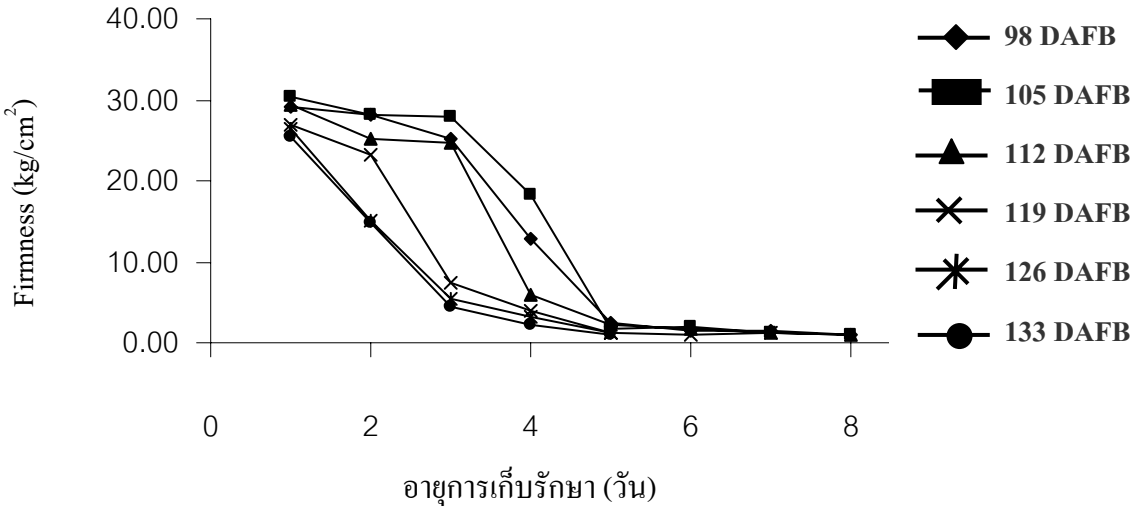
ภาพ 11 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



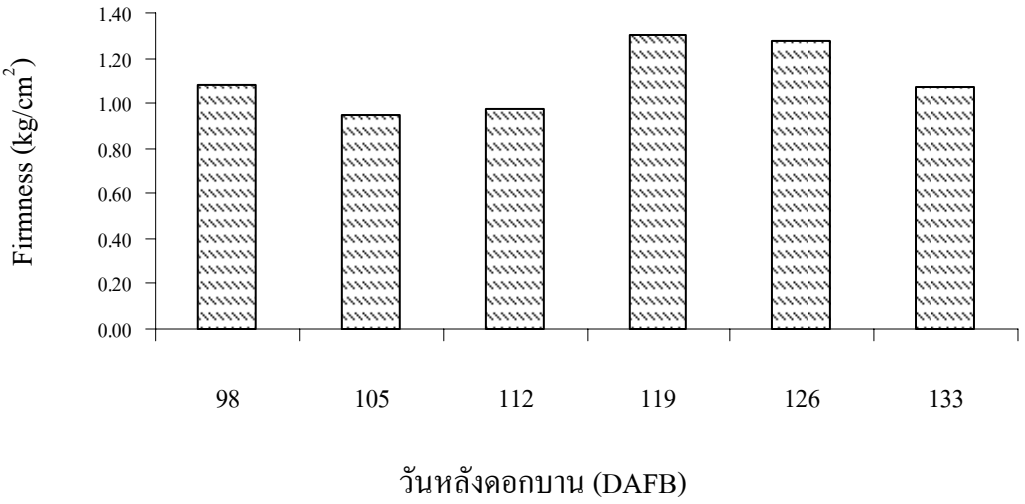
ภาพ 12 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



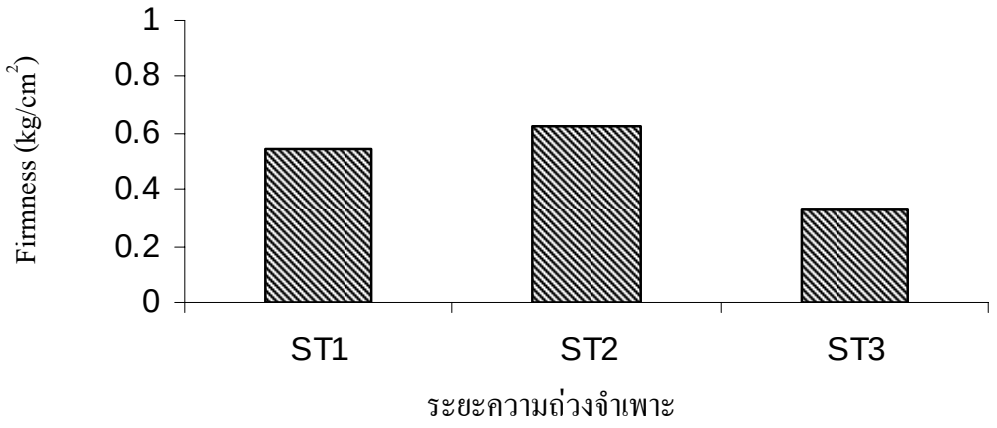
ภาพ 13 การสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



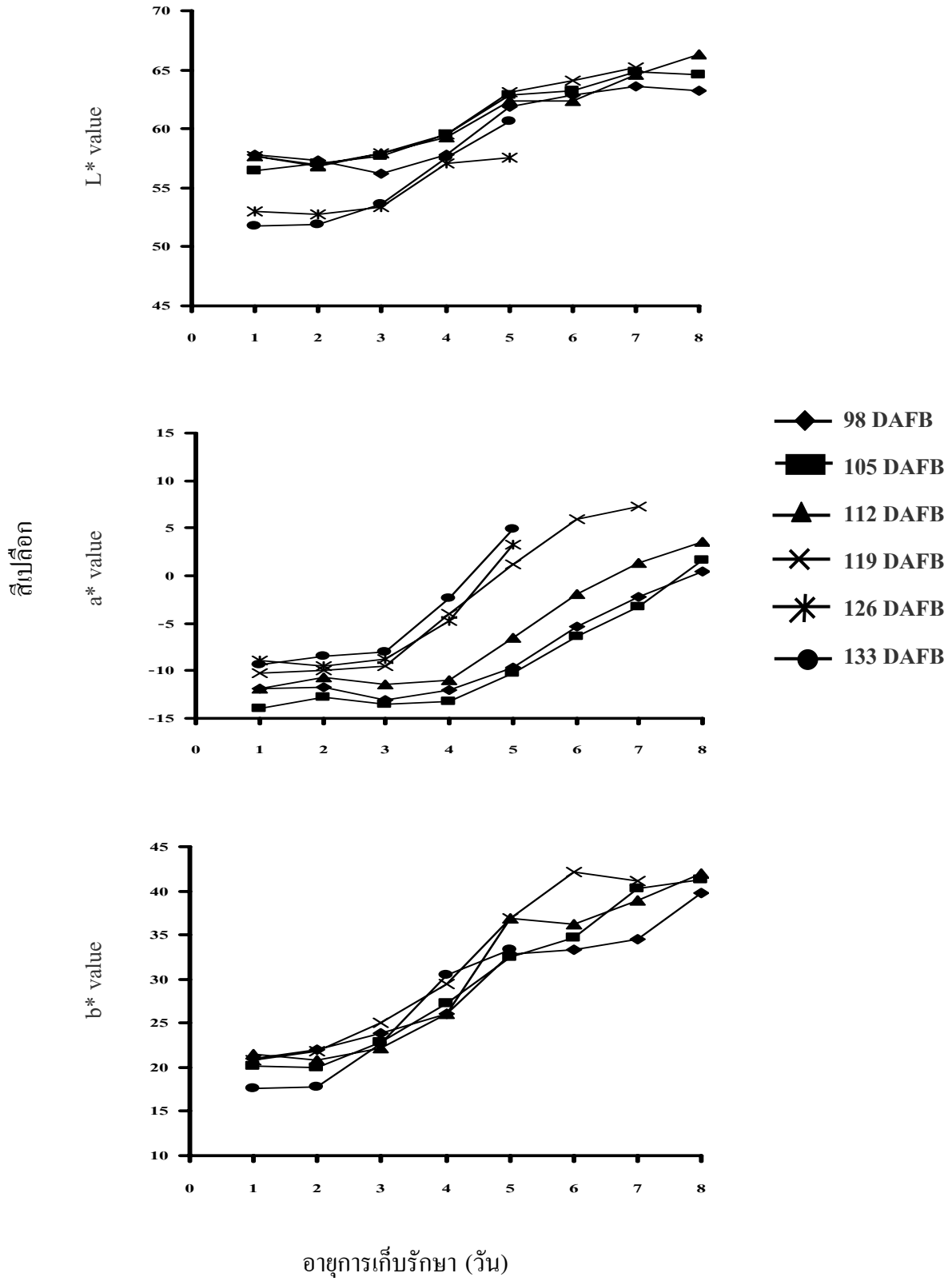
ภาพ 14 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



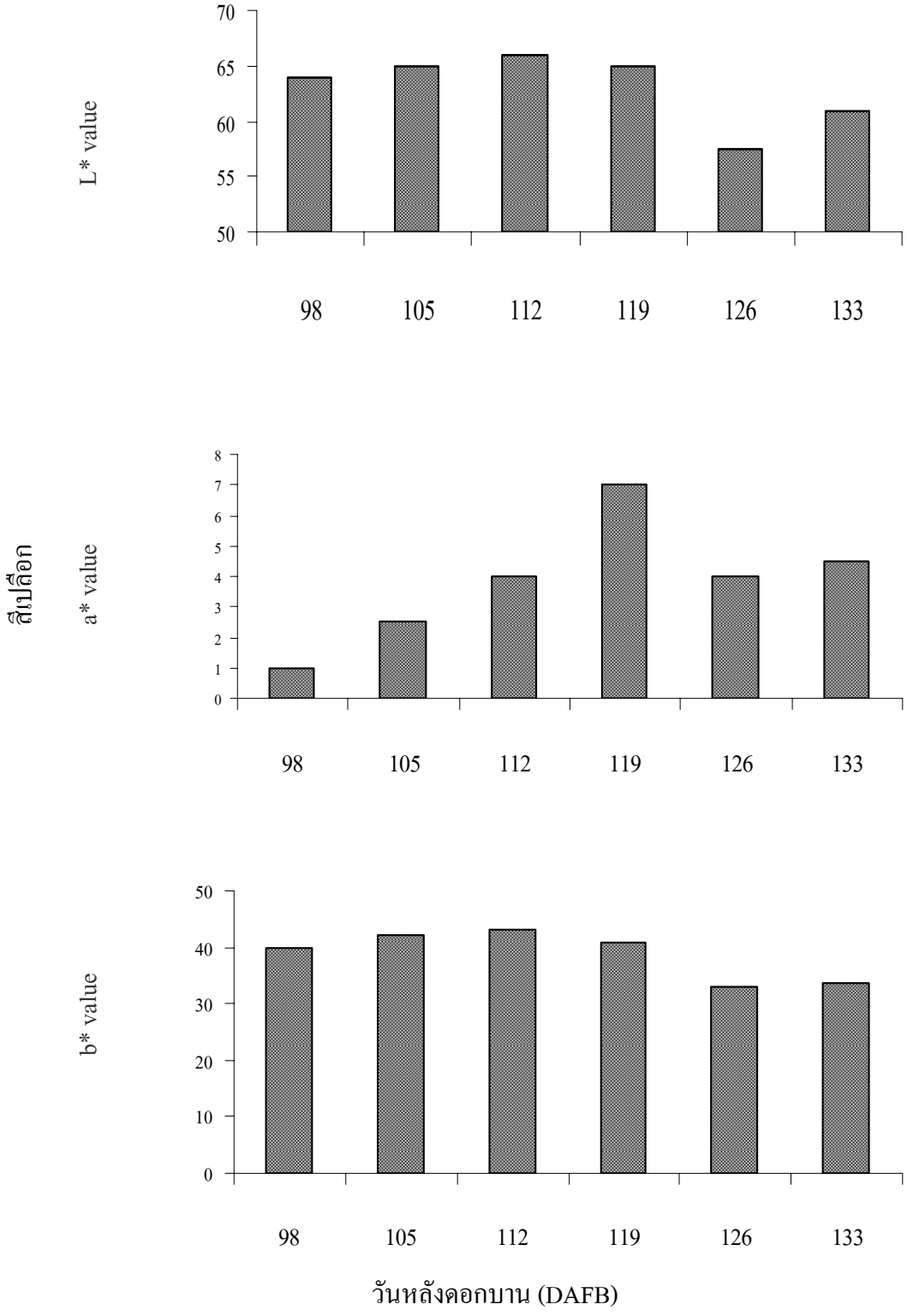
ภาพ 15 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างๆ เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



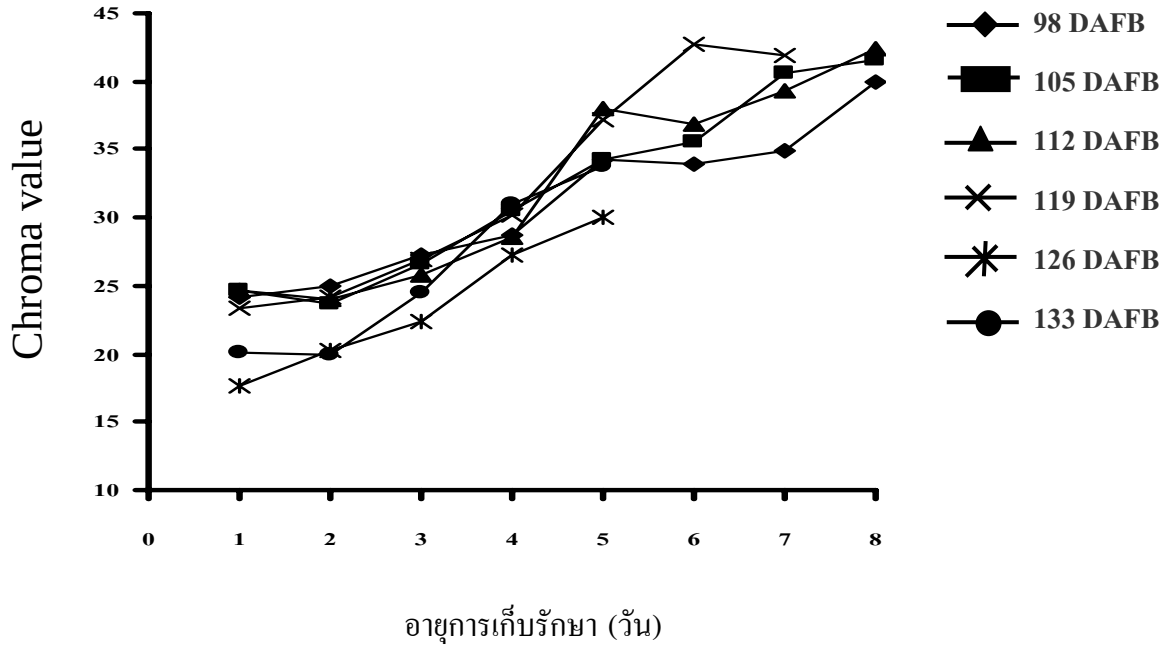
ภาพ 16 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



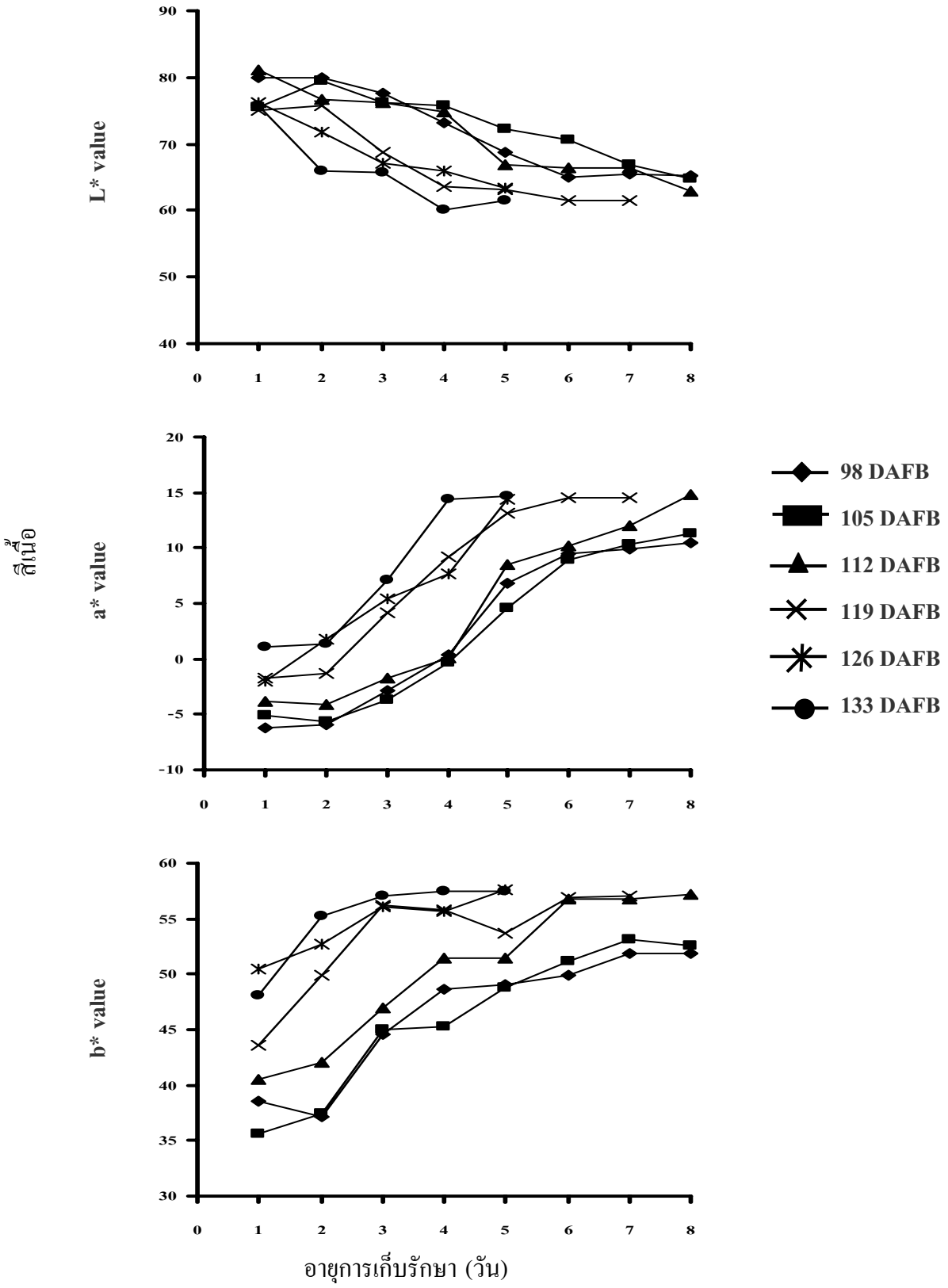
ภาพ 17 ค่า L*, a* และb* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



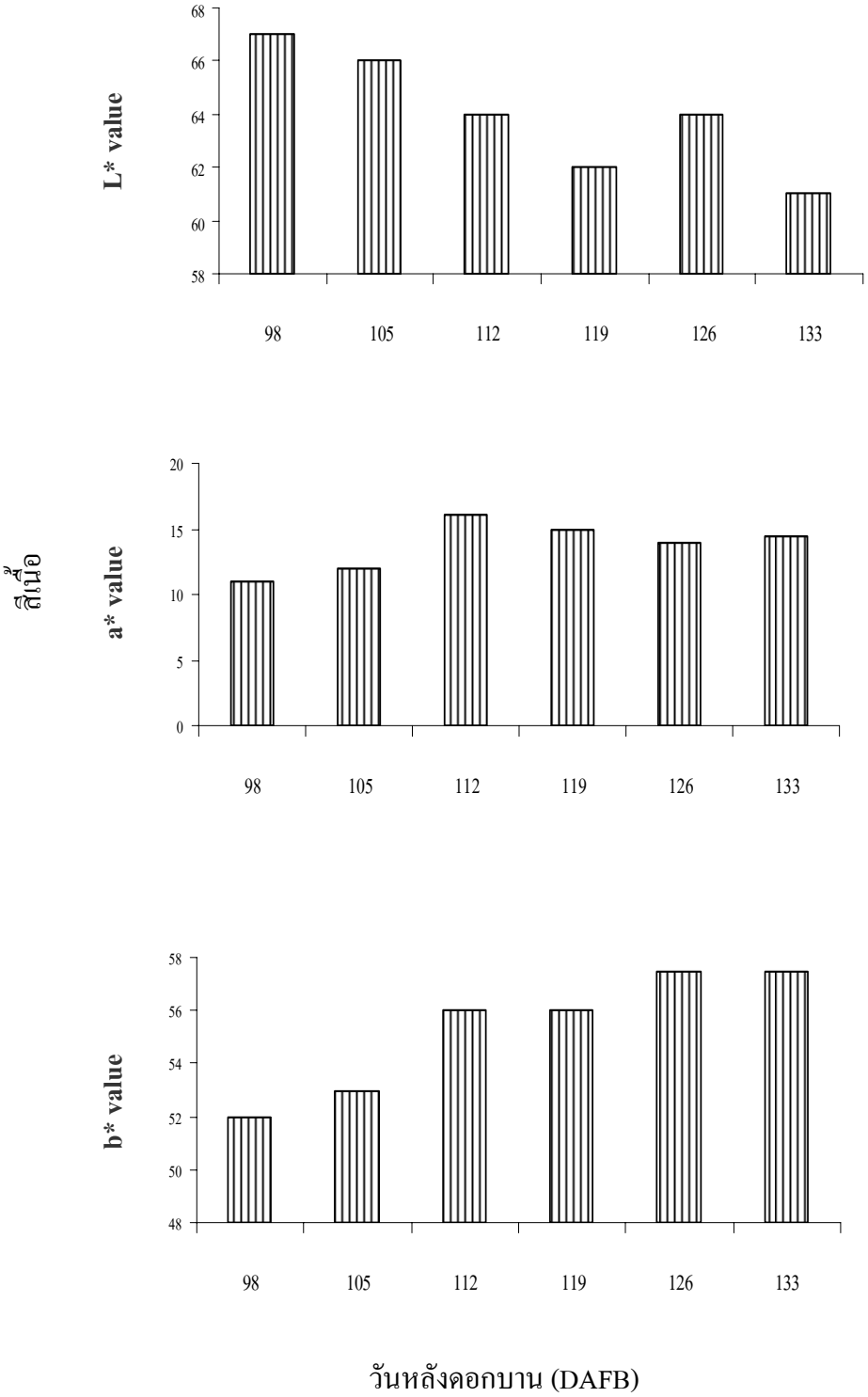
ภาพ 18 ค่า L*, a* และ b* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



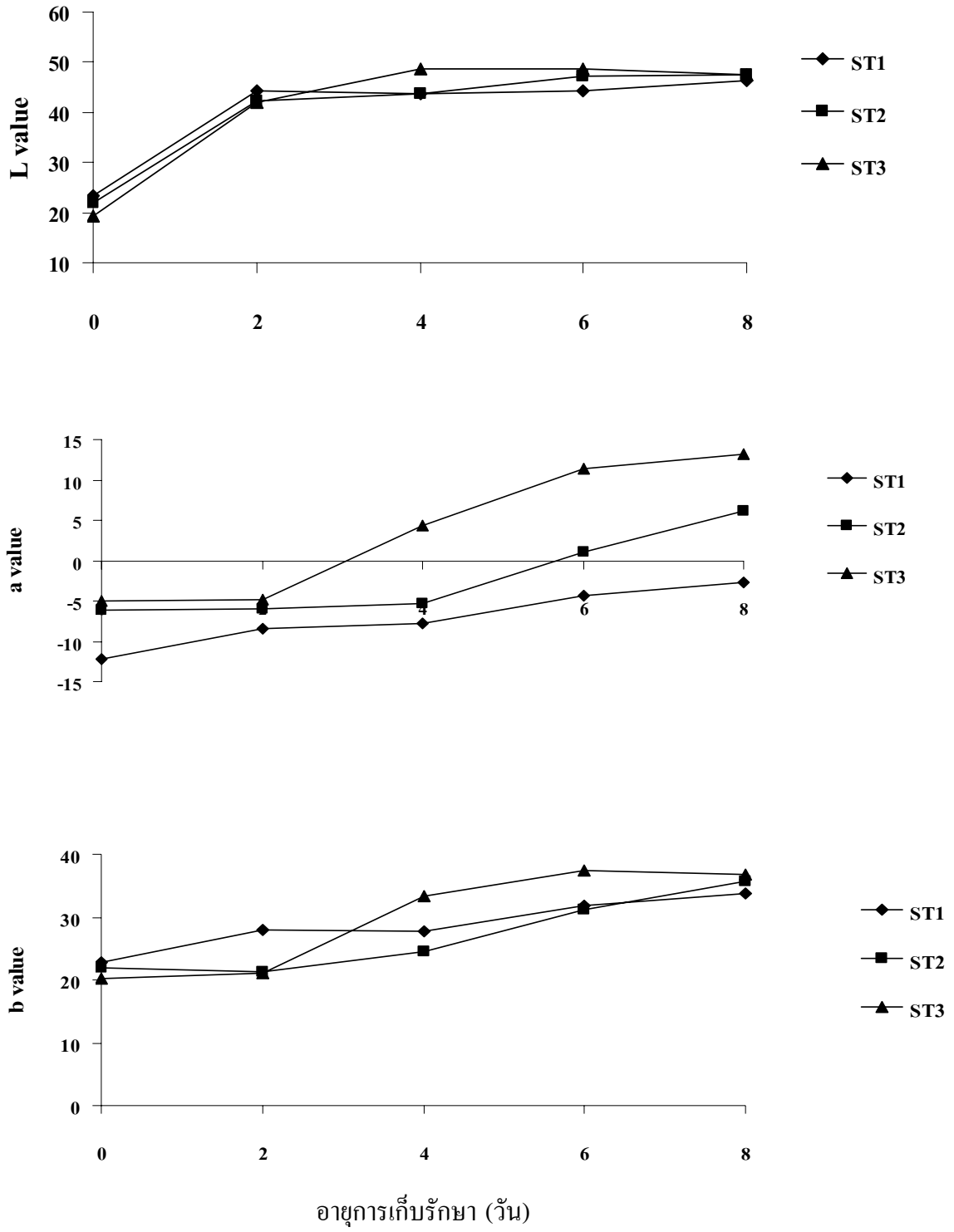
ภาพ 19 ค่า C* ของสีเปลือกของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



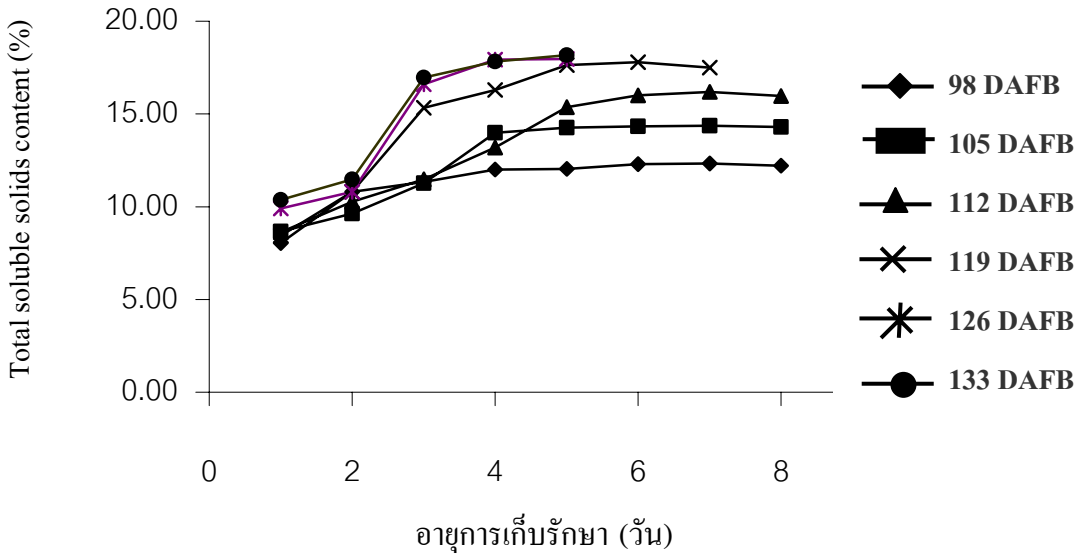
ภาพ 20 ค่า L* a* และ b* ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบาน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



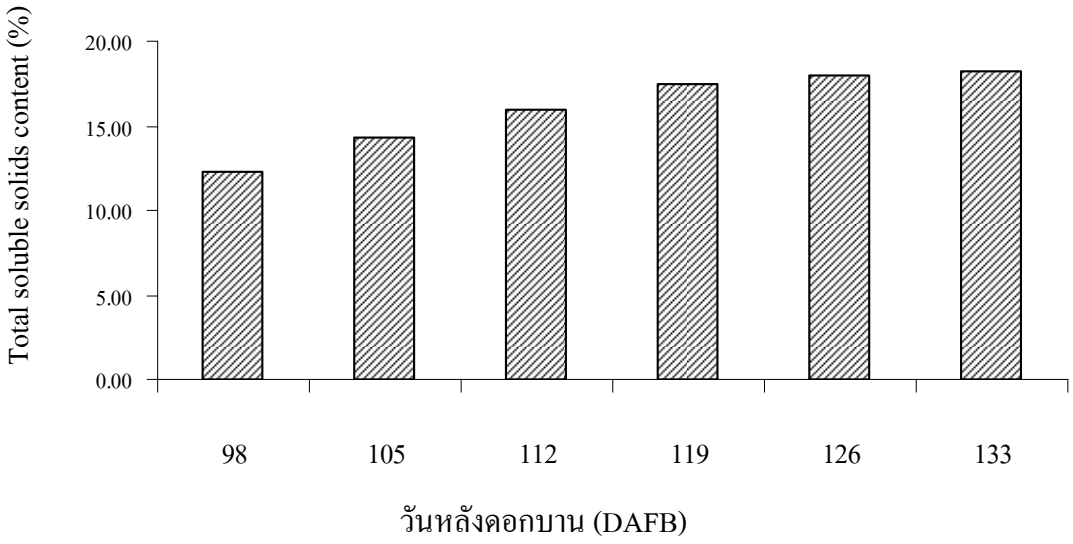
ภาพ 21 ค่า L* a* และ b* ของสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



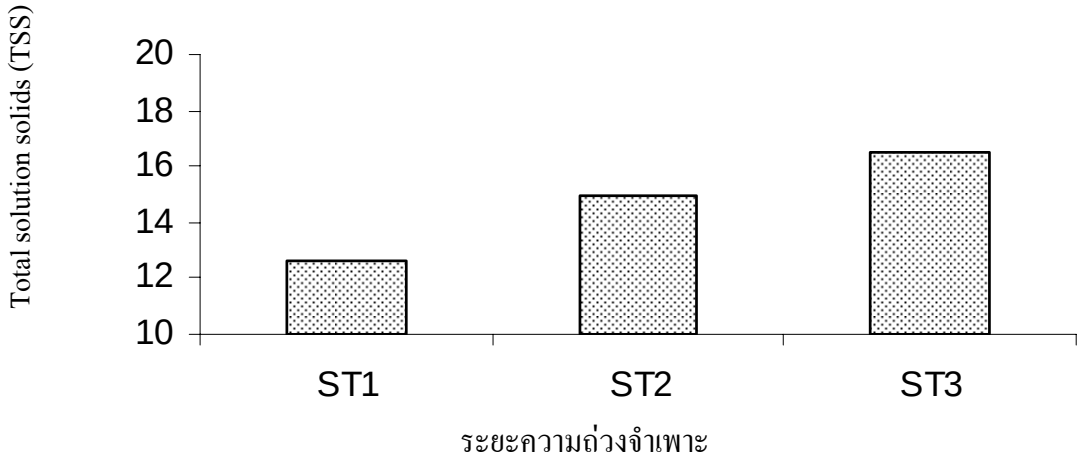
ภาพ 22 ค่า L* a* และ b* ของสีเปลือกผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



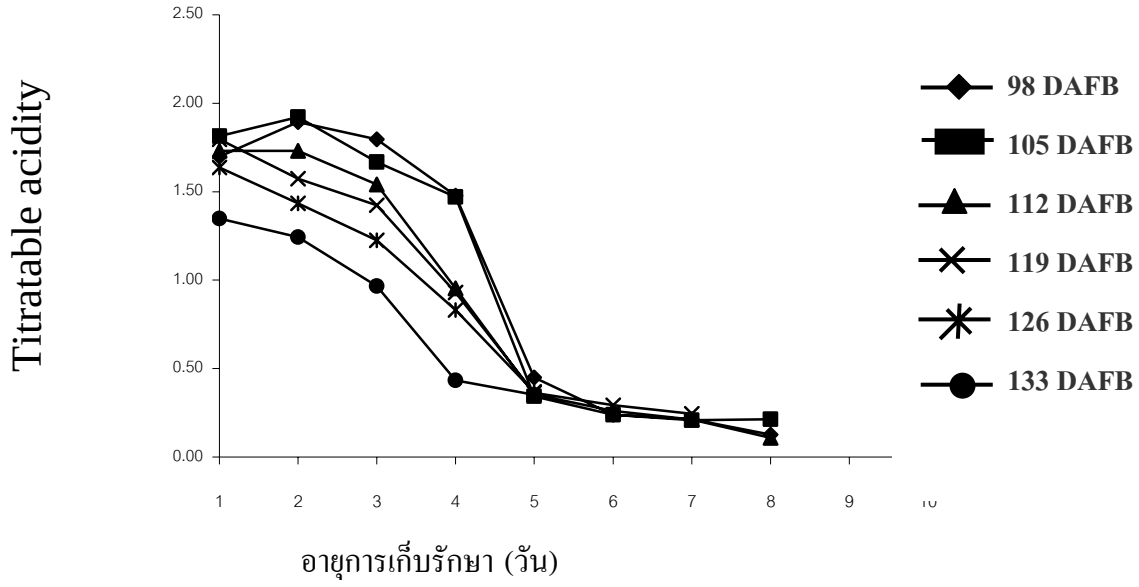
ภาพ 23 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



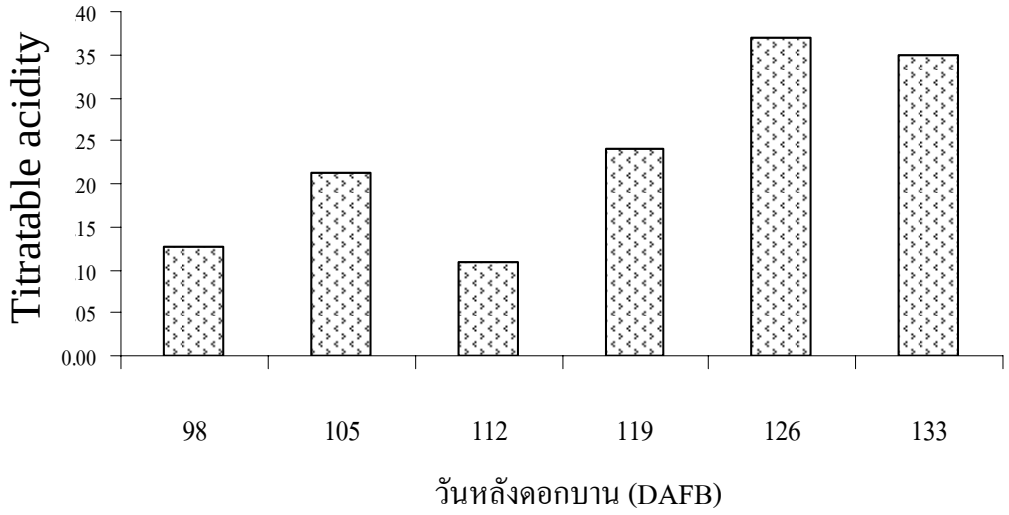
ภาพ 24 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



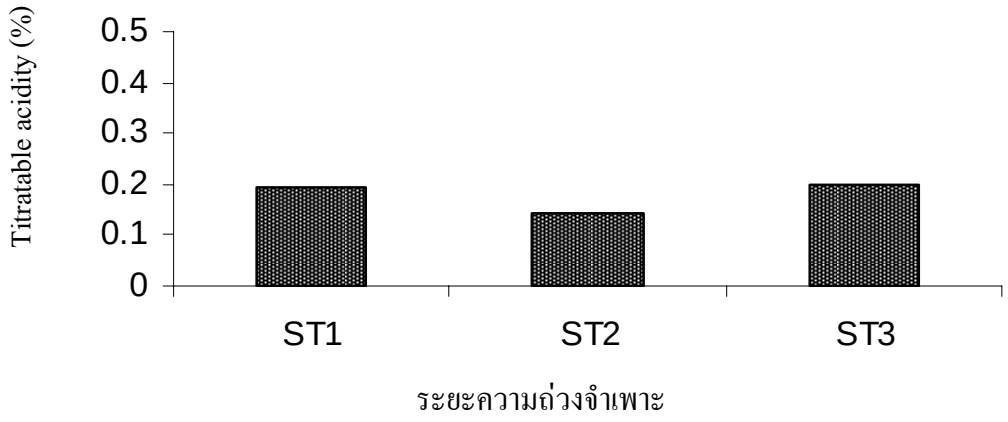
ภาพ 25 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ST1 = ผลที่จมน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%)



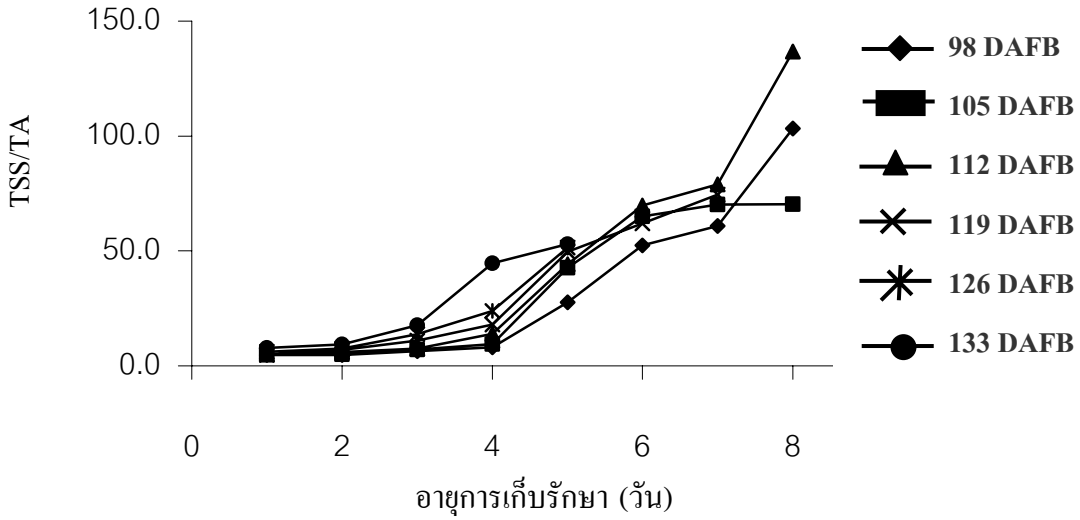
ภาพ 26 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



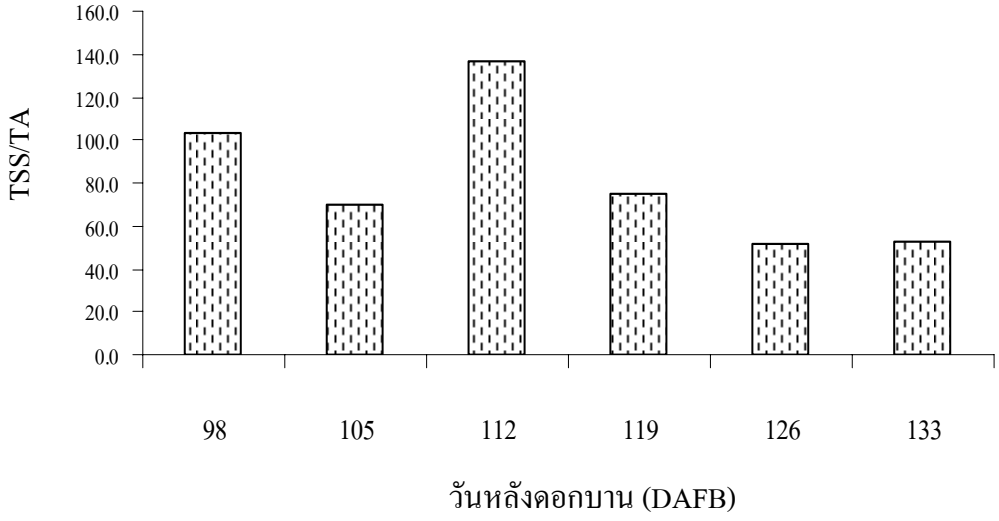
ภาพ 27 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



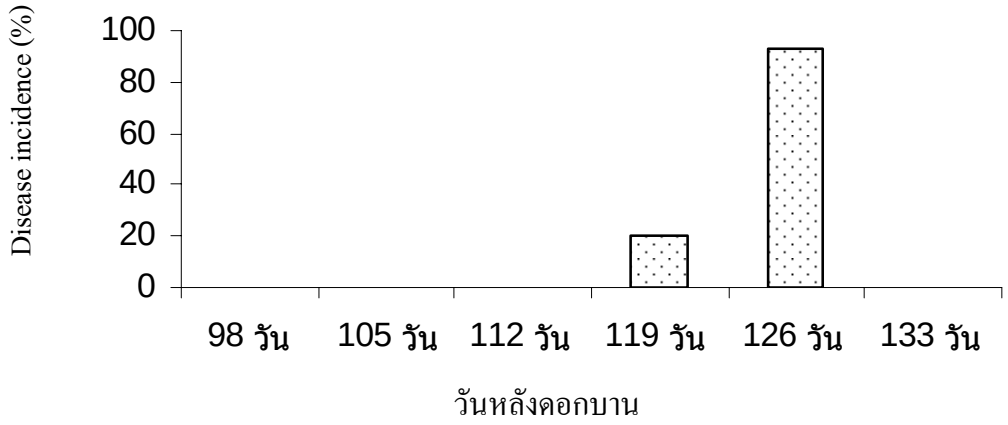
ภาพ 28 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



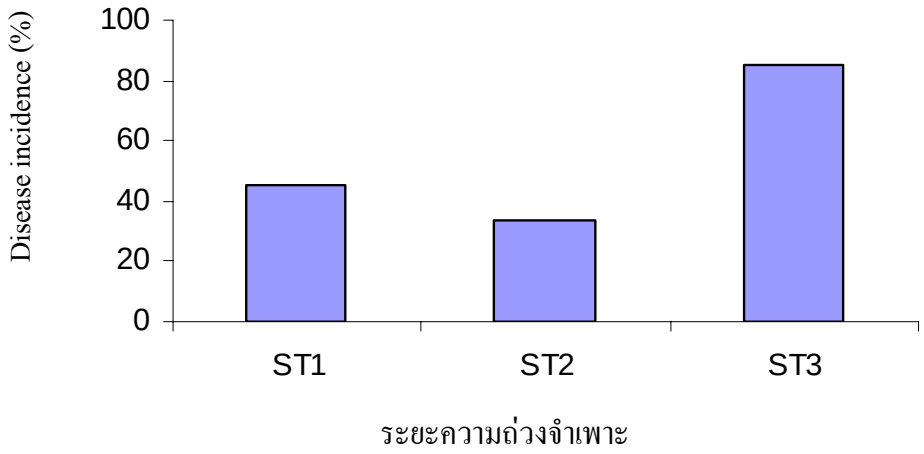
ภาพ 29 อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพ 30 อัตราส่วนระหว่าง TSS/TA ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



ภาพ 31 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน



ภาพ 32 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุต่างกัน (ความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ, ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%, ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก

คัดเลือกต้นมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุประมาณ 8 ปี ทำการผูกช่อดอกโดยเลือกช่อดอกที่มีดอกบานในช่อแล้วประมาณ 70 % ของจำนวนดอกทั้งหมดนับจำนวนวันแล้วเก็บเกี่ยวที่อายุความแก่แตกต่างกัน 6 อายุคือ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบานโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิห้อง นำผลออกมาวิเคราะห์ทุกสัปดาห์ โดยนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิโดยตรวจวัดความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และอาการผิดปกติที่เกิดหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (chilling injury)

ความแน่นเนื้อ (Firmness)

- อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ที่ 126 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.9 Kg/cm^2 ส่วนระยะบริบูรณ์ที่ 119 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อน้อยสุดเท่ากับ 0.58 Kg/cm^2 (ภาพ 33)

ส่วนการคัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยในสัปดาห์สุดท้าย ระยะ1 มีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.45 Kg/cm^2 ส่วนระยะ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.85 Kg/cm^2 (ภาพ 34)

- อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสพบว่าพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ที่ 112 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.95 Kg/cm^2 ส่วนระยะบริบูรณ์ 105 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อน้อยสุดเท่ากับ 0.85Kg/cm^2 (ภาพ 33)

ส่วนการคัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันมากนัก (ภาพ 34)

- อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสพบว่าค่าความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ 126-133 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.98 และ 0.95kg/cm^2 ตามลำดับ ส่วนระยะบริบูรณ์ 119 วันหลังดอกบานมีค่าความแน่นเนื้อต่ำสุดเท่ากับ 0.1kg/cm^2(ภาพ 33)

ส่วนการคัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วง โดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่าความแน่นเนื้อลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยสัปดาห์สุดท้ายระยะ 2 มีค่าความแน่นเนื้อสูงสุดเท่ากับ 0.8 kg/cm^2 รองลงมาระยะ 3 และ 1 ตามลำดับ (ภาพ 34)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS)

- อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของทุกการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 5 โดยระยะบริบูรณ์ 112 วันหลังดอกบานมีค่า TSS สูงสุดเท่ากับ 17.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบานมีค่า TSS ต่ำสุดเท่ากับ 15.5 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 35)

ส่วนชุดที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่า TSS เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยที่ระยะ 3 มีค่า TSS สูงที่สุดเท่ากับ 16.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ระยะ 2 มีค่า TSS ต่ำที่สุด (ภาพ 36)

- อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ 112 และ 119 วันหลังดอกบานมีค่า TSS สูงสุดเท่ากับ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบานมีค่า TSS ต่ำสุดเท่ากับ 15.47 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 35)

ส่วนระยะบริบูรณ์ของมะม่วงที่คัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีค่า TSS เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยในสัปดาห์สุดท้ายหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงที่มีระยะ 3 มีค่า TSS สูงที่สุดเท่ากับ 17.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ มะม่วงระยะ 2 มีค่า TSS เท่ากับ 16 เปอร์เซ็นต์ส่วน ระยะ 3 มีค่า TSS ต่ำที่สุด เท่ากับ 13.1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 36)

- อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 โดยระยะบริบูรณ์ 119 วันหลังดอกบานมีค่า TSS สูงสุดเท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ระยะบริบูรณ์ที่ 98 วันหลังดอกบานมีค่า TSS ต่ำสุดเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 35)

ส่วนมะม่วงที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่าทั้งสามระยะมีค่า TSS เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยสัปดาห์สุดท้ายมะม่วงระยะ 2 มีค่า TSS ต่ำที่สุดเท่ากับ 14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะ 1 มีค่า TSS สูงสุดเท่ากับ 17.1 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 36)

ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA)

- อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ที่ 105 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.23เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือระยะบริบูรณ์ที่ 119 วันหลังดอกบาน ส่วนระยะบริบูรณ์ที่ 133 วันหลังดอกบาน มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากที่สุดเท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 37)

ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์โดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษาโดยในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามะม่วงที่มีระยะ 1-3 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก (ภาพ 38)

- อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา โดยระยะบริบูรณ์ที่ 119 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ที่ 126 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์(ภาพ 37)

ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษาโดยสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาผลมะม่วงในระยะ 2 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำสุดเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะ 1 มีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงสุดเท่ากับ 0.45 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 38)

- อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสพบว่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษา ซึ่งเก็บรักษาได้เพียง 4 สัปดาห์โดยระยะบริบูรณ์ที่ 133 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้สูงที่สุดเท่ากับ 0.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 119 วันหลังดอกบานมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.15 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 37)

ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์โดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่า ทั้งสามระยะมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลงจากวันที่เริ่มเก็บรักษาโดยสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาผลมะม่วงทุกระยะบริบูรณ์มีปริมาณกรดที่ไทเทรตไม่แตกต่างกัน (ภาพ 38)

เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

- อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสพบว่ามะม่วงมีการเกิดโรคขึ้นทุกชุดการทดลอง โดยสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษามะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุดเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 126 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด (15 เปอร์เซ็นต์) (ภาพ 39)

ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงพบว่ามะม่วงที่ระยะบริบูรณ์ระยะ 1 พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุด รองลงมาคือมะม่วงที่มีระยะ 2 และ 3 (ภาพ 40)

- อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสพบว่ามะม่วงมีการเกิดโรคขึ้นทุกชุดการทดลอง โดยสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา มะม่วงระยะบริบูรณ์ 126 และ 133 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุดเท่ากับ 45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์112 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุดเท่ากับ 15 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 39)

ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงพบว่ามะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ระยะ 3 พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเกิดขึ้นมากที่สุดเท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะ 2 พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุด (20 เปอร์เซ็นต์)(ภาพ 40)

- อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสพบว่ามะม่วงมีการเกิดโรคขึ้นทุกชุดการทดลอง โดยจะพบการเกิดโรคตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา มะม่วงระยะบริบูรณ์ 105, 112 และ 119 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุดเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบาน พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 39)

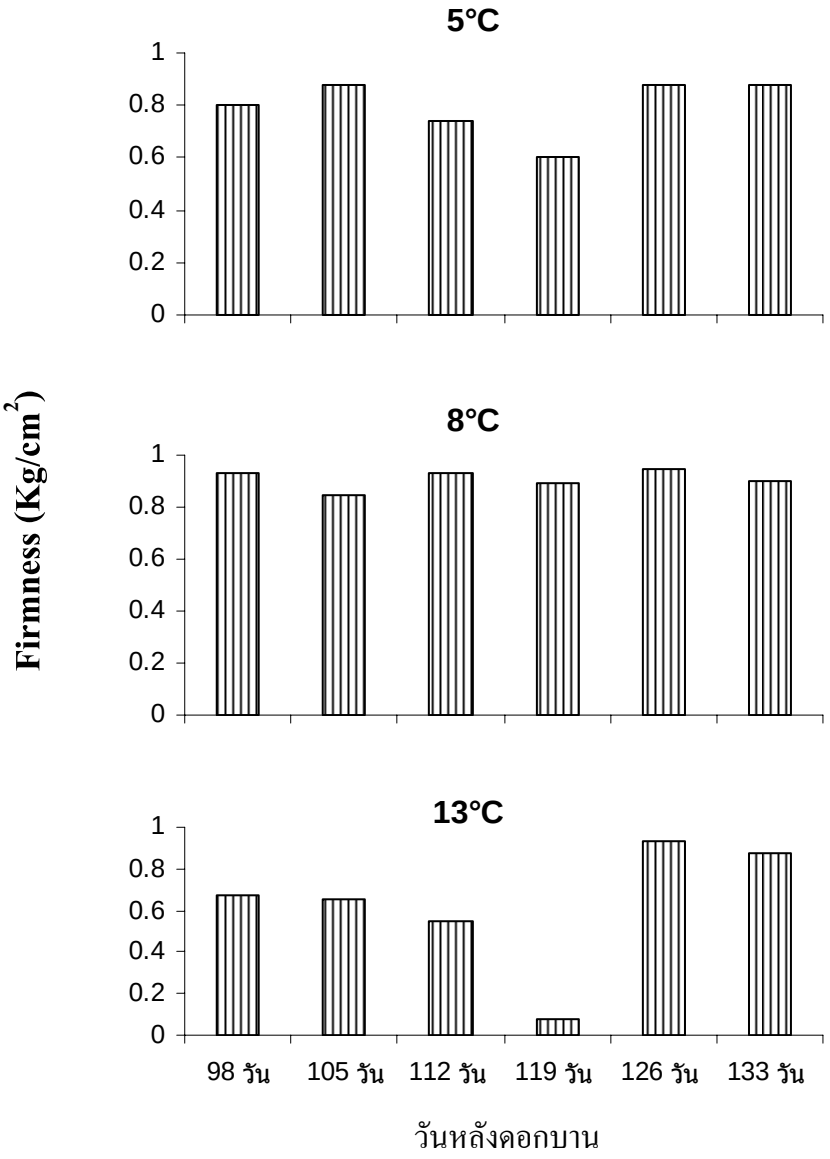
ส่วนการที่คัดเลือกระยะบริบูรณ์ของมะม่วงโดยใช้ความถ่วงจำเพาะพบว่ามะม่วงมีการเกิดโรคมากที่สัปดาห์ที่ 4 นอกจากนี้สัปดาห์สุดท้าย มะม่วงทั้ง 3 ระยะ พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคไม่แตกต่างกันมากนัก (ภาพ 40)

อาการสะท้านหนาว (Chilling injury)

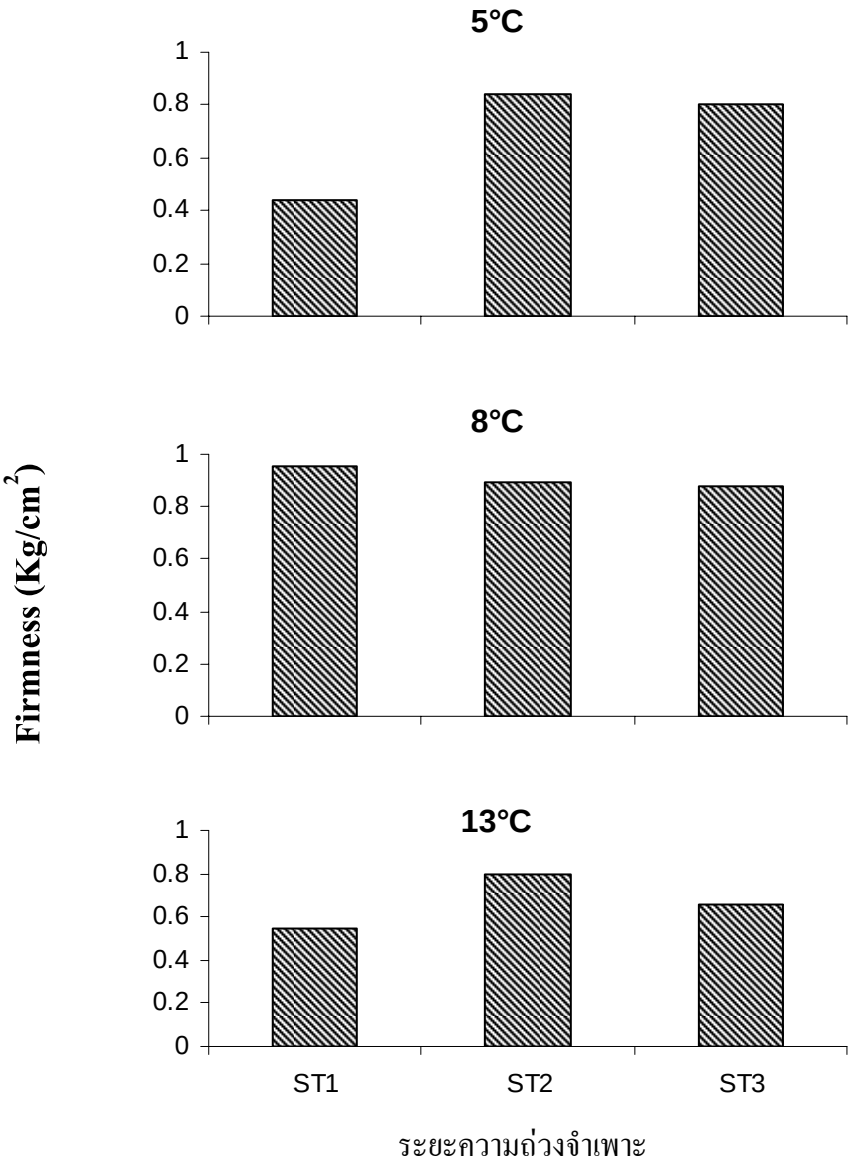
พบอาการสะท้านหนาวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา ในมะม่วงมหาชนกที่ระยะบริบูรณ์ต่ำกว่า 112 วันหลังดอกบาน รวมทั้งมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ที่จำแนกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะได้แก่ระยะที่ 1 และ 2 โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ส่วนการเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ไม่พบอาการสะท้านหนาวเลย นอกจากนี้ทุกระยะบริบูรณ์พบอาการสะท้านหนาวตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 (ภาพ 41)

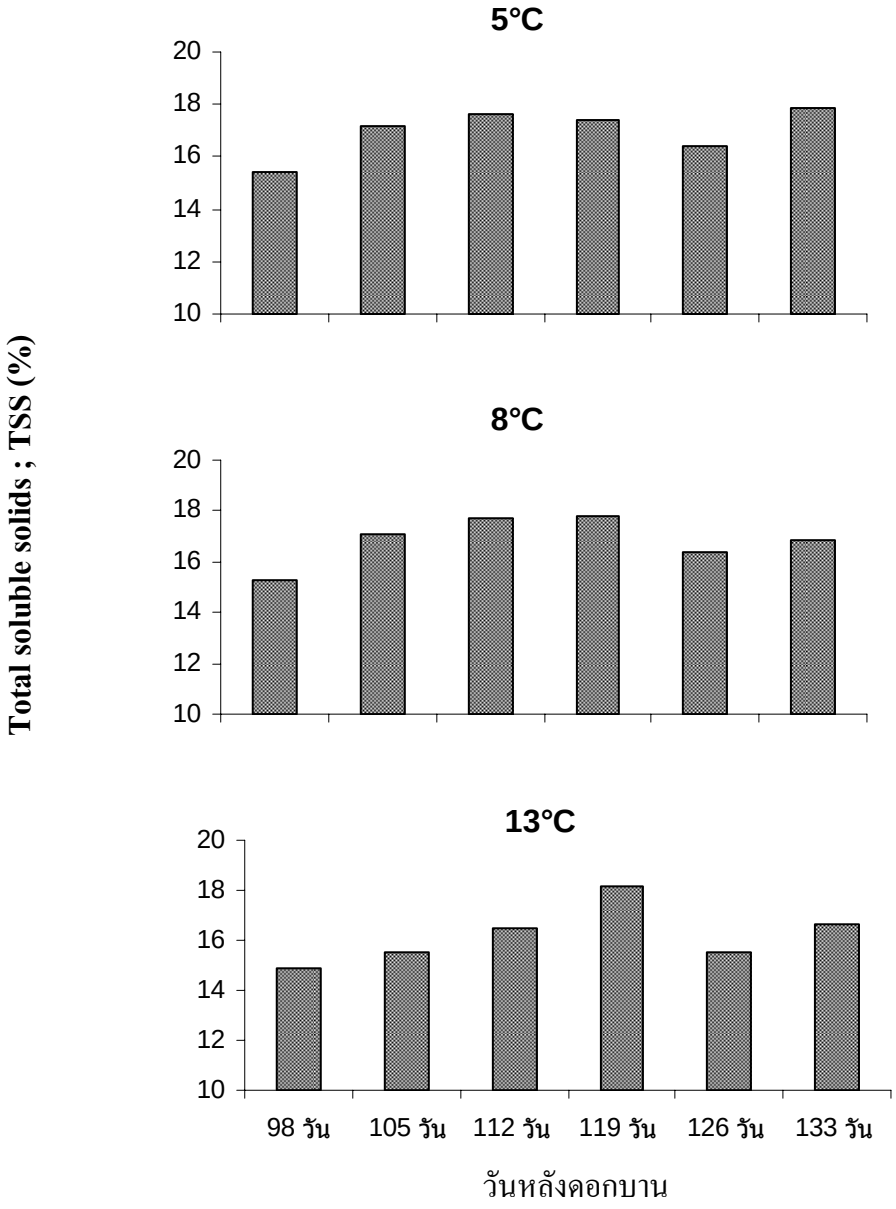
ส่วนการเกิดอาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงที่คัดเลือกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ พบว่าผลมะม่วงที่มีระยะที่ 2 และที่ 3 ไม่พบการเกิดอาการสะท้านหนาวเลยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสที่ผลที่ระยะที่ 1 พบอาการสะท้านหนาวมากที่สุดโดยแสดงอาการตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา รองลงมาคือ มะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ระยะ 2 ส่วนระยะ 3 ไม่พบการปรากฏอาการสะท้านหนาวเลย(ภาพ 42)



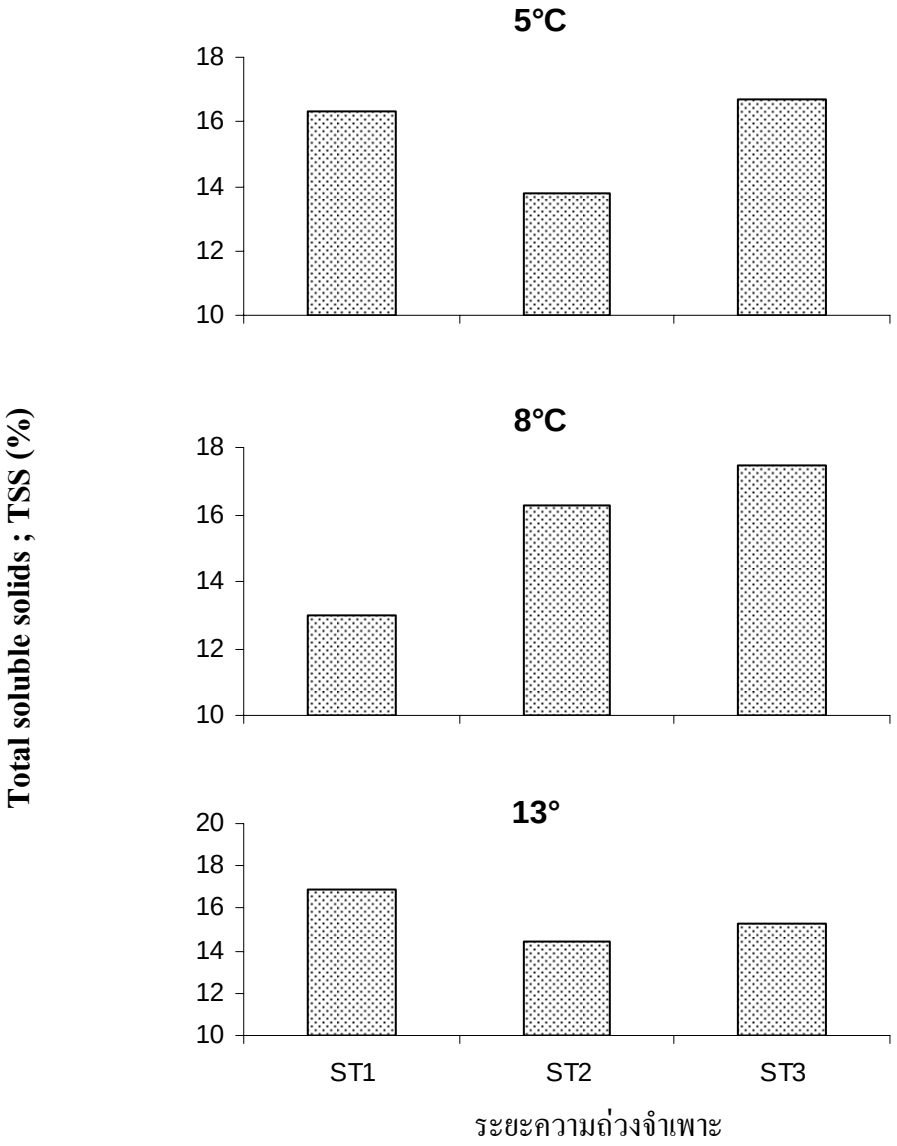
ภาพ 33 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ



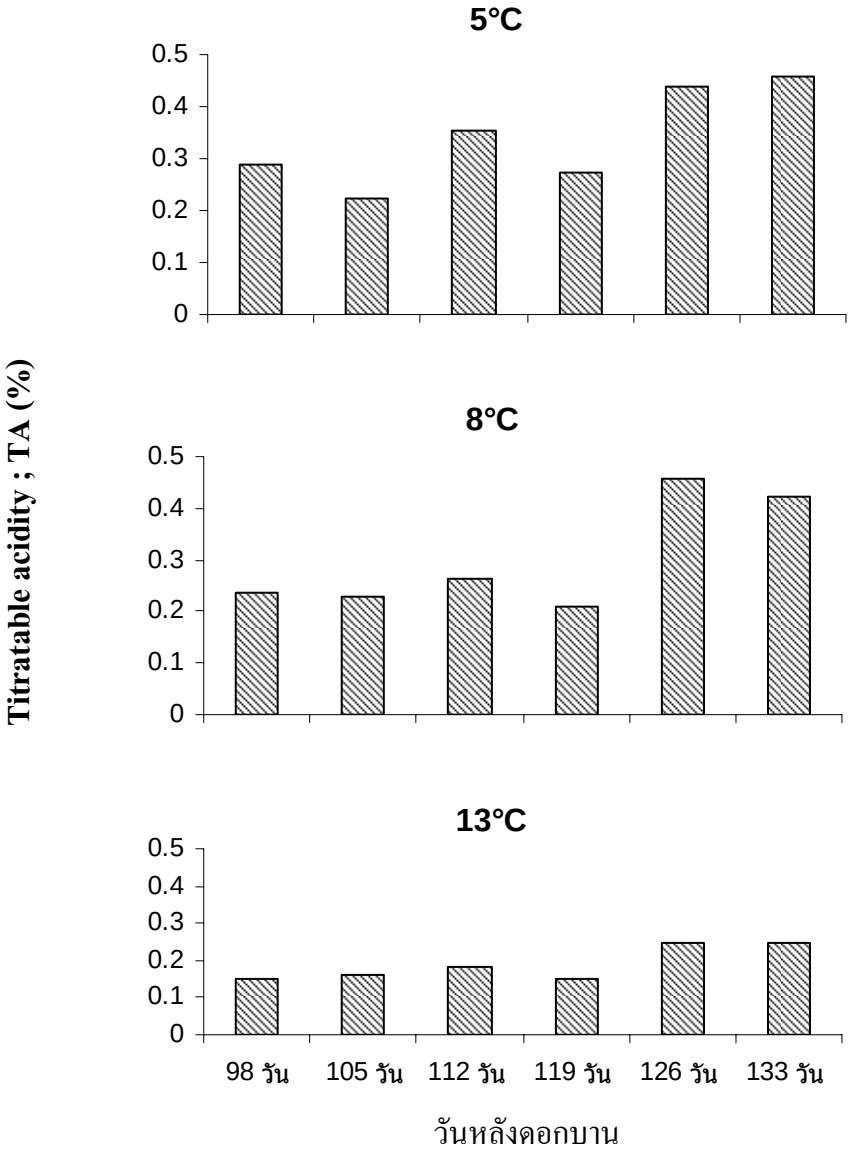
ภาพ 34 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ



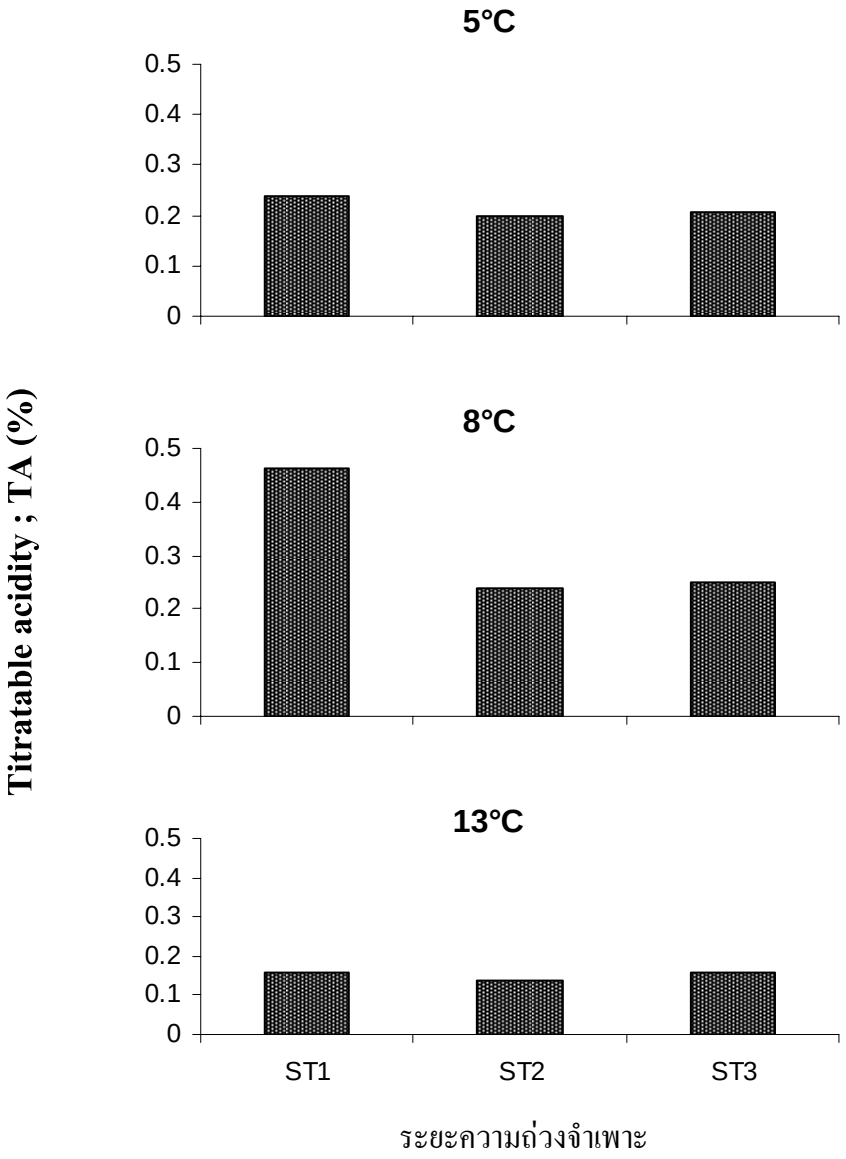
ภาพ 35 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ



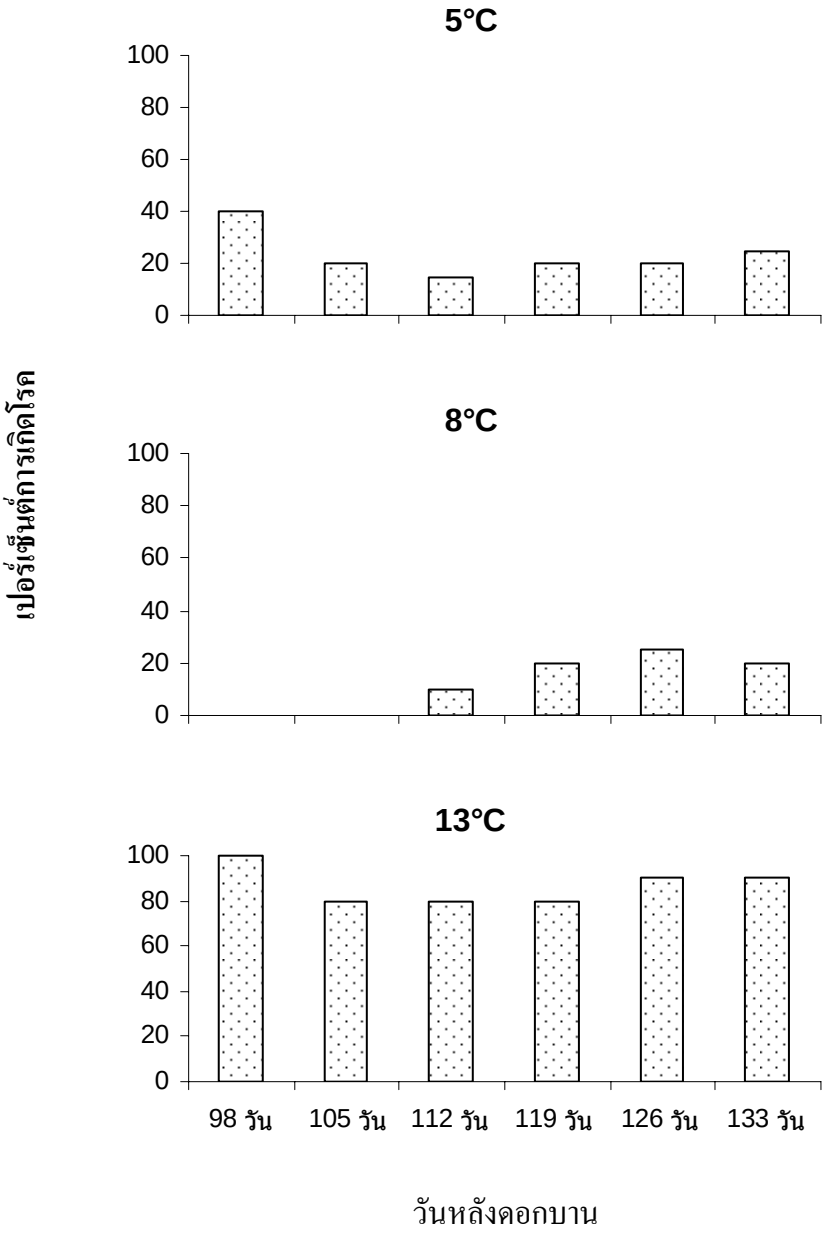
ภาพ 36 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ



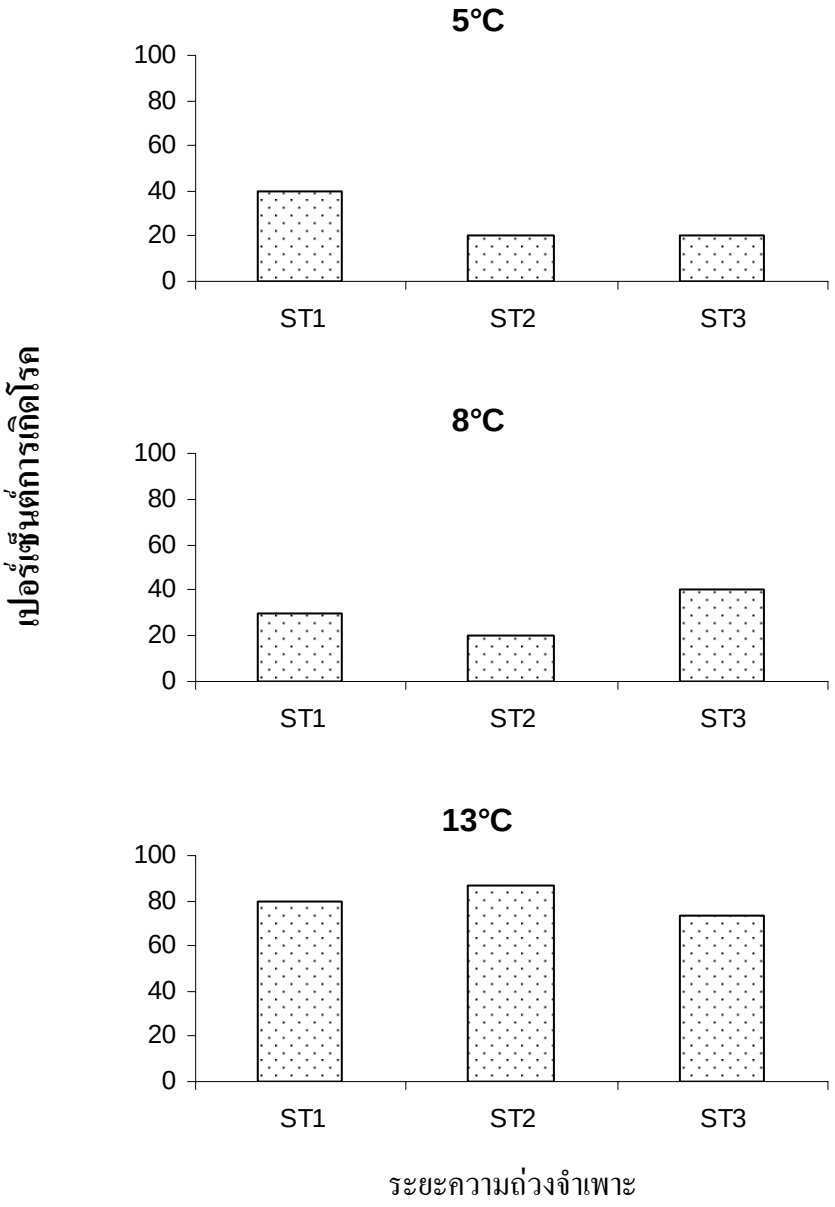
ภาพ 37 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ



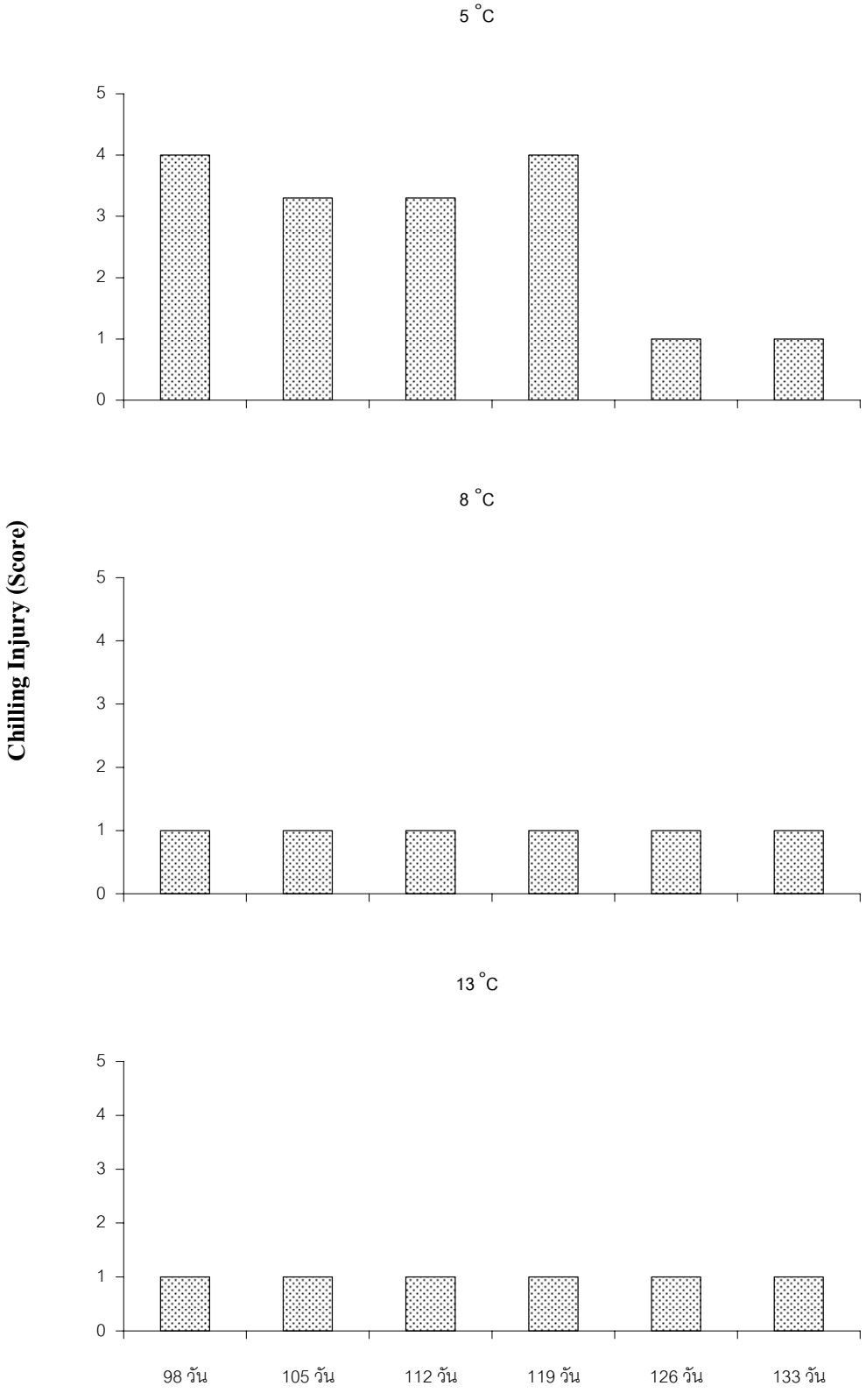
ภาพ 38 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ



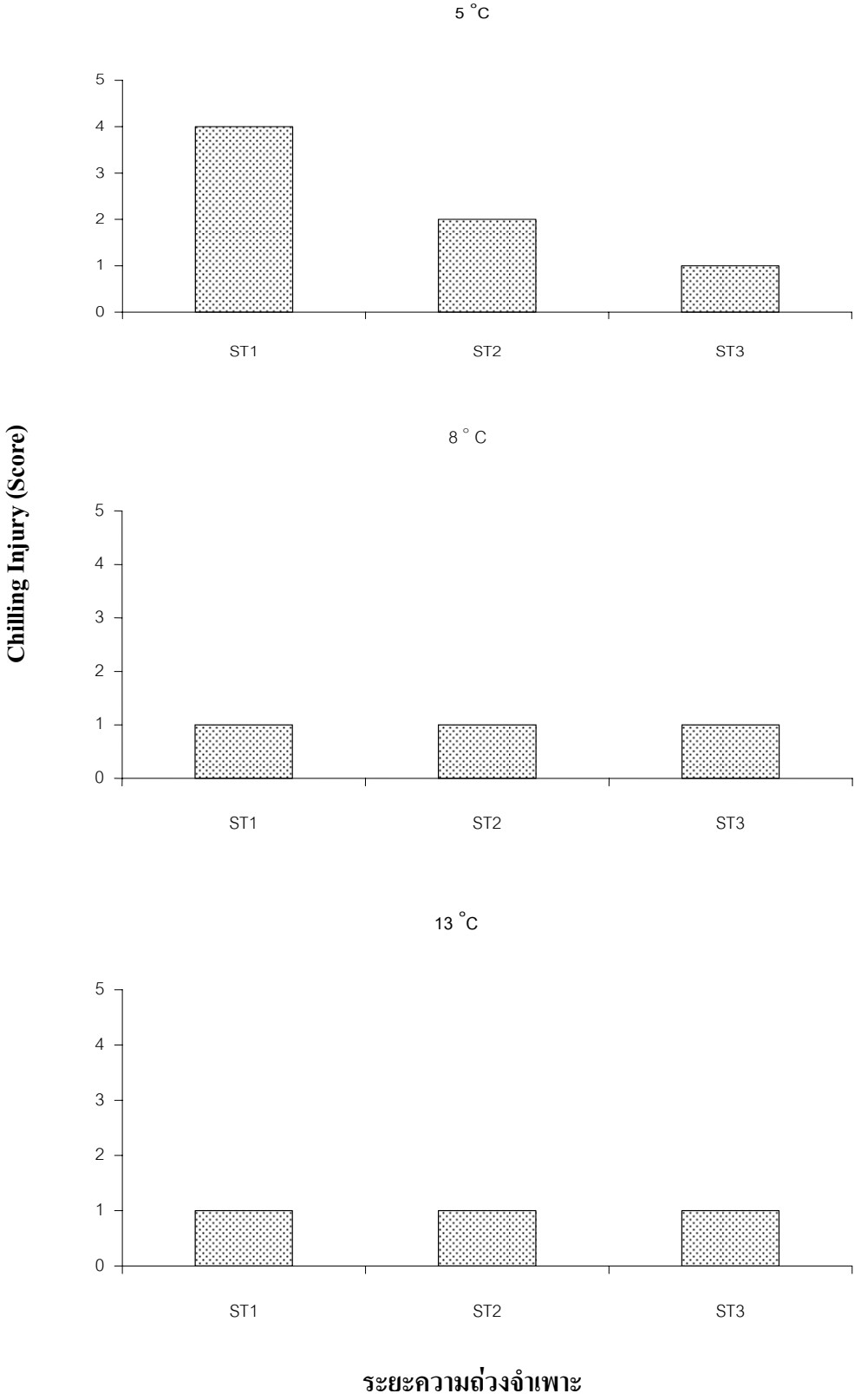
ภาพ 39 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุหลังดอกบานต่างกันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ



ภาพ 40 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ



ภาพ 41 อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงมหาชนกที่มีอายุหลังดอกบานต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ



ภาพ 42 อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงมหาชนกที่อายุต่างกันโดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการได้รับความร้อนที่ระยะความบริบูรณ์ต่างกันต่อคุณภาพของผลมะม่วงมหาชนก และอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น

นำผลมะม่วงที่ระยะความบริบูรณ์ตามการทดลองที่ 1.1 และ 1.2 มาผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำร้อนเพื่อการส่งออก (Vapor Heat Treatment, VHT) ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตบางเขน กรุงเทพฯ การอบไอน้ำร้อนเป็นการเพิ่มอุณหภูมิในผลมะม่วงจนมีอุณหภูมิอยู่ที่ 47 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในห้องอบจะอยู่ที่ 51.5 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นก็จะรอให้อุณหภูมิของห้องอบลดลงมาเท่ากับอุณหภูมิห้องหลังจากนั้นนำมาเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกที่อุณหภูมิ 5, 8, 13 และ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 98 % ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และประเมินความรุนแรงของโรคเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และการแสดงอาการสะท้านหนาว (chilling injury)

จากผลการทดลองพบว่า การอบไอน้ำร้อนมีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงมหาชนกทุกระยะบริบูรณ์มีค่าลดลง โดยมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำร้อนมีแนวโน้มทำให้ความแน่นเนื้อของมะม่วงมากกว่าชุดที่ไม่ได้อบไอน้ำร้อน โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส (ภาพ 43) ในมะม่วงที่ระยะบริบูรณ์ 98-113 วันหลังดอกบาน (ภาพ 44–49) หลังจากได้รับความร้อน (VHT) จะมีค่าความแน่นเนื้อในวันแรกของการเก็บรักษามากกว่ามะม่วงชุดที่ไม่ได้รับความร้อน (non-VHT) และการอบไอน้ำร้อนสามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อของมะม่วงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสในผลมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ตั้งแต่ 112 วัน หลังดอกบาน (ภาพ 46) 119 วันหลังดอกบาน (ภาพ 47) และ 126 วันหลังดอกบาน (ภาพ 48) มีค่าไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลที่มีระยะบริบูรณ์ตามความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ (ภาพ 50) พบว่าระยะที่ 1 (ภาพ 51) ระยะที่ 2 (ภาพ 52) และ 3 (ภาพ 53) มีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์ เช่นเดียวกับความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส มีผลทำให้ค่าความแน่นเนื้อของผลที่ได้รับความร้อนในทุกระยะบริบูรณ์สูงกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อนอย่างเห็นได้ชัด (ภาพ 54)

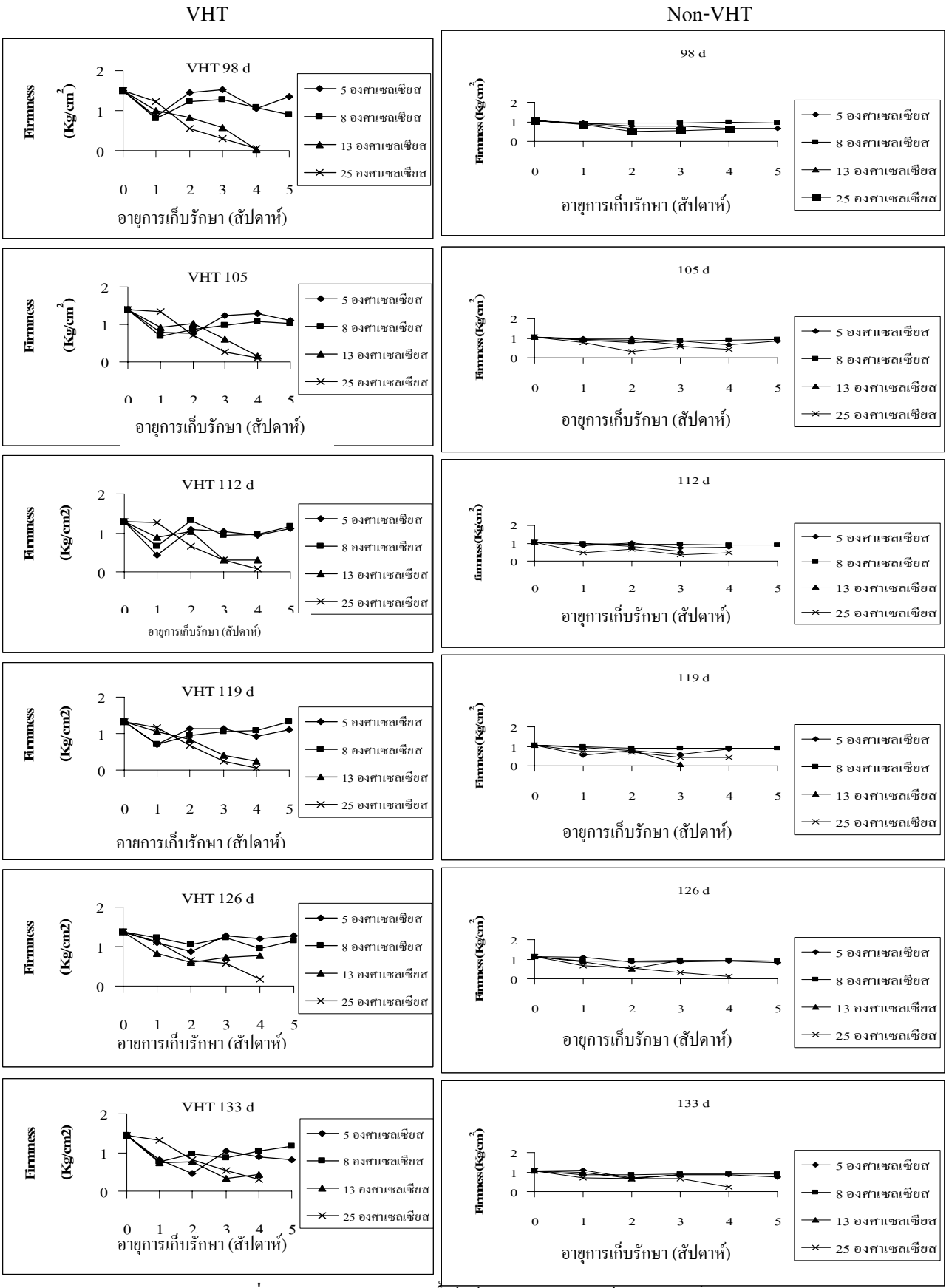
ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ในมะม่วงทุกระยะบริบูรณ์ (ภาพ 55) ที่มีอายุหลังดอกบานต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า มะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์น้อยได้แก่ 98 วันหลังดอกบาน (ภาพ 56) และ 105 วันหลังดอกบาน (ภาพ 57) หลังจากได้รับความร้อนมีผลทำให้ค่า TSS ต่ำกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับระยะบริบูรณ์อื่น (ภาพ 58-61) และมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างผลที่ได้รับไอน้ำร้อนและผลที่ไม่ได้รับไอน้ำร้อน เช่นเดียวกับมะม่วงที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ภาพ 62) ได้แก่ ระยะที่ 1 (ภาพ 63) ระยะที่ 2 (ภาพ 64) และระยะที่ 3 (ภาพ 65) มีค่า TSS ไม่แตกต่างระหว่างผลที่ได้รับไอน้ำร้อนและไม่ได้รับไอน้ำร้อนในทุกอุณหภูมิของการเก็บรักษา ส่วนการเก็บรักษาในวันสุดท้ายก็เช่นเดียวกัน หลังจากได้รับความร้อนมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์น้อยจะมี

ค่า TSS น้อยกว่าผลที่ไม่ได้รับความร้อน (ภาพ 66) สำหรับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ระหว่างผลที่ได้รับความร้อน และผลที่ไม่ได้รับความร้อน ทั้งผลที่มีระยะบริบูรณ์ที่อายุหลังดอกบานต่างกัน (ภาพ 67-73) และที่มีความถ่วงจำเพาะต่างกัน (ภาพ 74-77)

นอกจากนี้จากกราฟแสดงการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของของผลมะม่วงที่ได้รับและไม่ได้รับการอบด้วยไอน้ำร้อน (VHT) พบว่า การอบด้วยไอน้ำร้อน มีผลช่วยชะลอการเกิดโรคอย่างเห็นได้ชัด (ภาพ 78) โดยเฉพาะเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส ผลมะม่วงทุกระยะบริบูรณ์มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยมาก (ภาพ 79-84) แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลมะม่วงที่มีระยะบริบูรณ์ 112 วันหลังดอกบานมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด (ภาพ 85)

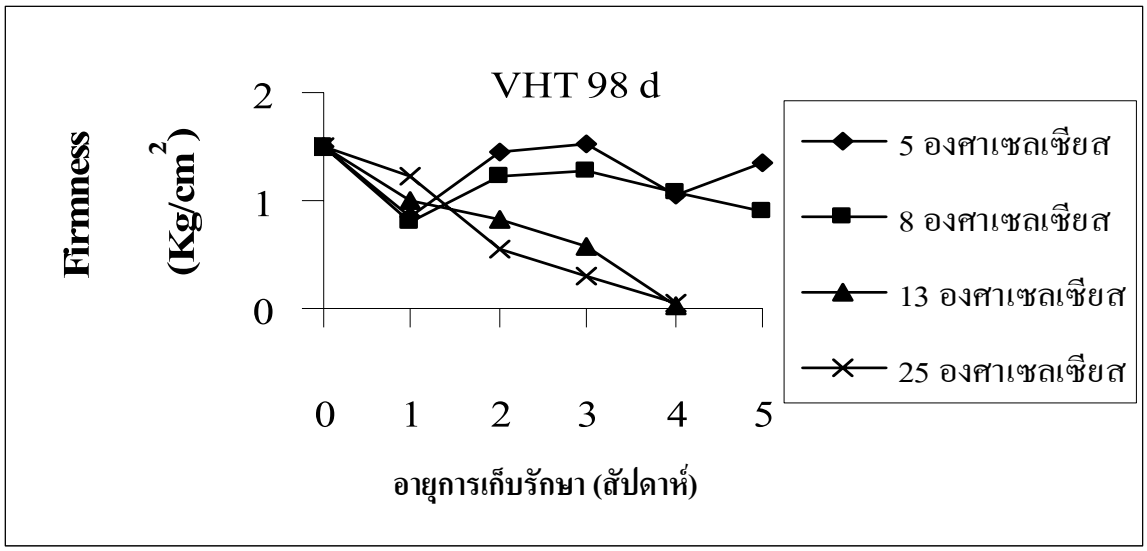
เช่นเดียวกับระยะบริบูรณ์ที่จำแนกโดยการจมลอยน้ำเกลือ พบว่า การอบไอน้ำร้อนมีผลในการลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงมหาชนกโดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ทุกระยะบริบูรณ์ไม่พบการเกิดโรคเลย (ภาพ 86) แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส มะม่วงในระยะที่ 2 คือผลที่จมน้ำแต่ลอยน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 %) (ภาพ 88) และ ระยะที่ 3 (ระยะที่ 3 คือผลที่จมในน้ำเกลือที่ความเข้มข้น 2 %) (ภาพ 89) ไม่พบการเกิดโรคเช่นเดียวกัน ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส การอบไอน้ำร้อนมีผลในการลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงมหาชนกเช่นเดียวกันโดยผลมะม่วง ระยะที่ 2 เป็นระยะที่ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด (ภาพ 90)

อย่างไรก็ตามผลมะม่วงที่ได้รับไอน้ำร้อนที่มีระยะบริบูรณ์ที่ 98 และ 105วันหลังดอกบานเมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีการเกิดอาการผิดปกติจากอุณหภูมิต่ำ หรือเรียกว่า อาการสะท้านหนาว (chilling injury) โดยเริ่มเกิดอาการเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในขณะที่ระยะบริบูรณ์ 112 วันหลังดอกบาน จะเริ่มเกิดอาการในสัปดาห์ที่ 5 ในขณะที่มะม่วงที่ระยะ 126-133 วันหลังดอกบาน ไม่พบการแสดงอาการเลย เมื่อเปรียบเทียบกับผลมะม่วงที่ไม่ได้รับความร้อน โดยมะม่วงที่ระยะบริบูรณ์ 98 วันหลังดอกบาน จะมีอาการที่มากกว่าผลที่ได้รับความร้อน (ภาพ 91) เช่นเดียวกับผลที่จำแนกโดยใช้ความถ่วงจำเพาะ พบว่า ระยะที่ 1 จะเริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากที่ได้รับความร้อน ส่วนผลที่ไม่ได้รับความร้อนจะเริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวในสัปดาห์ที่ 3 นอกจากนี้ผลมะม่วงที่มีระบริบูรณ์ ระยะที่ 2 เมื่อได้รับความร้อนจะเริ่มเกิดอาการสะท้านหนาวในสัปดาห์ที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับความร้อนจะเริ่มเกิดอาการในสัปดาห์ที่ 4 ส่วนผลที่มีระยะบริบูรณ์ระยะที่ 3 ไม่แดสงอาการสะท้านหนาว (ระดับคะแนนเท่ากับ 1) ทั้ง 2 ชุดการทดลอง ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพ 92)

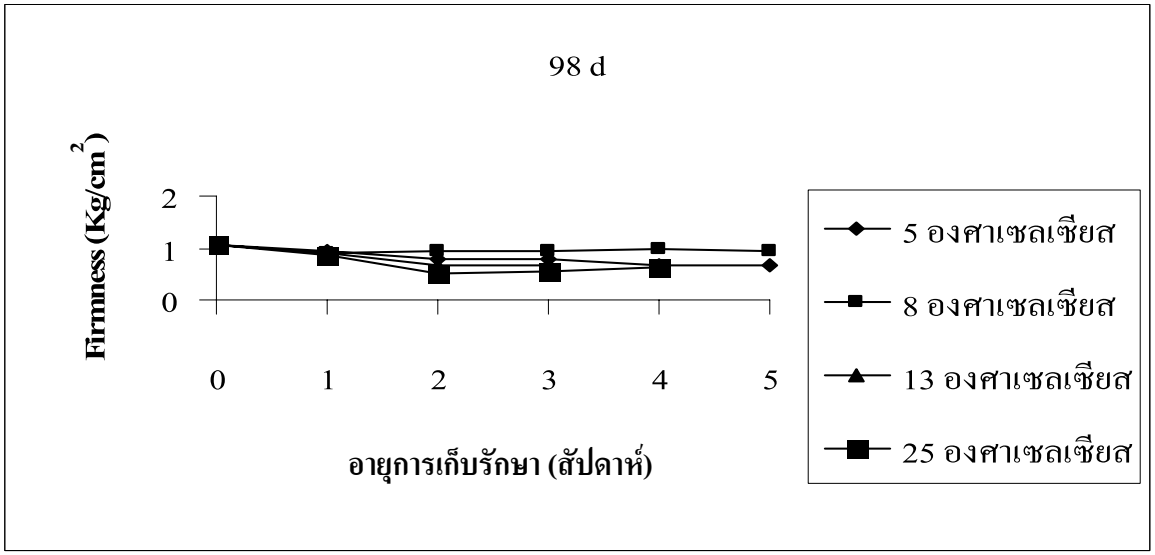


ภาพ 43 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

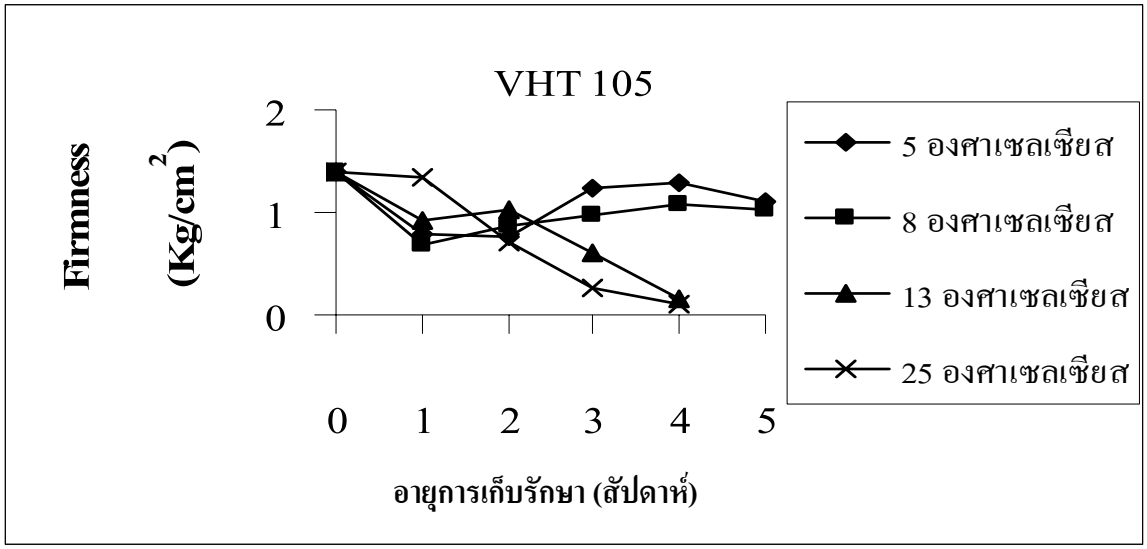


Non-VHT

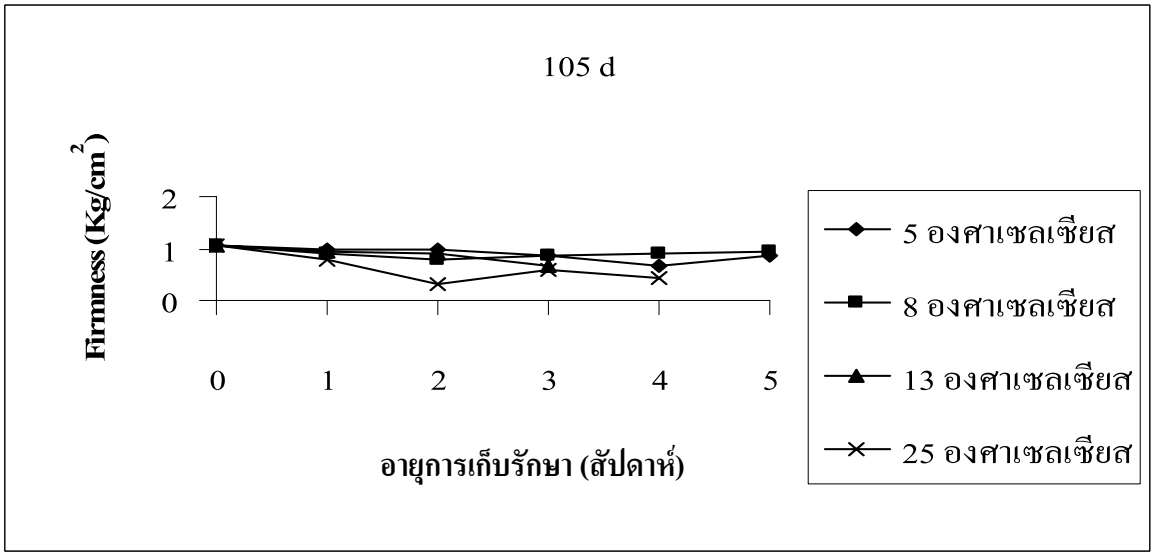


ภาพ 44 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

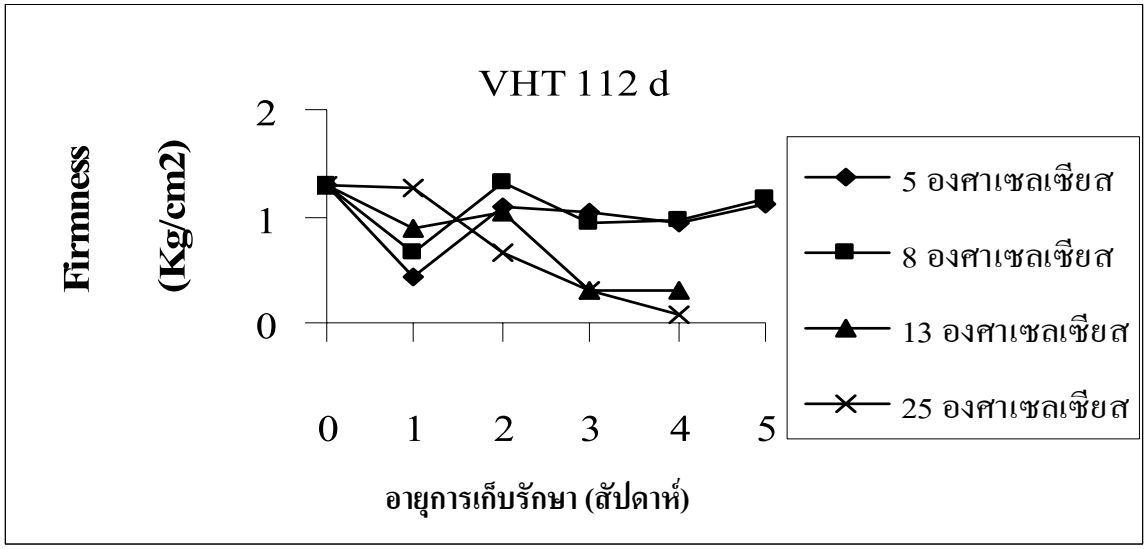


Non-VHT

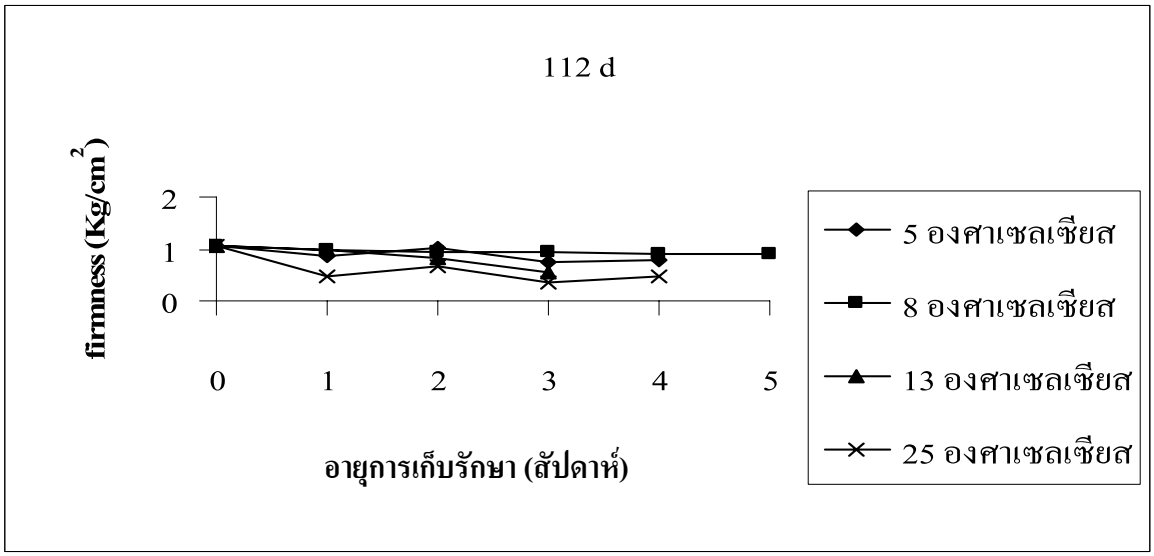


ภาพ 45 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

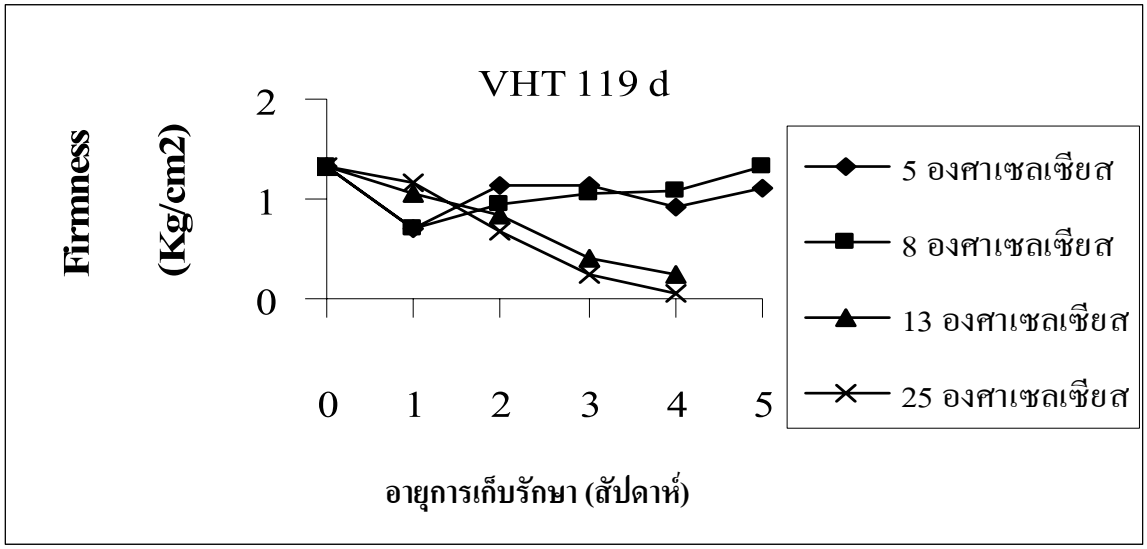


Non-VHT

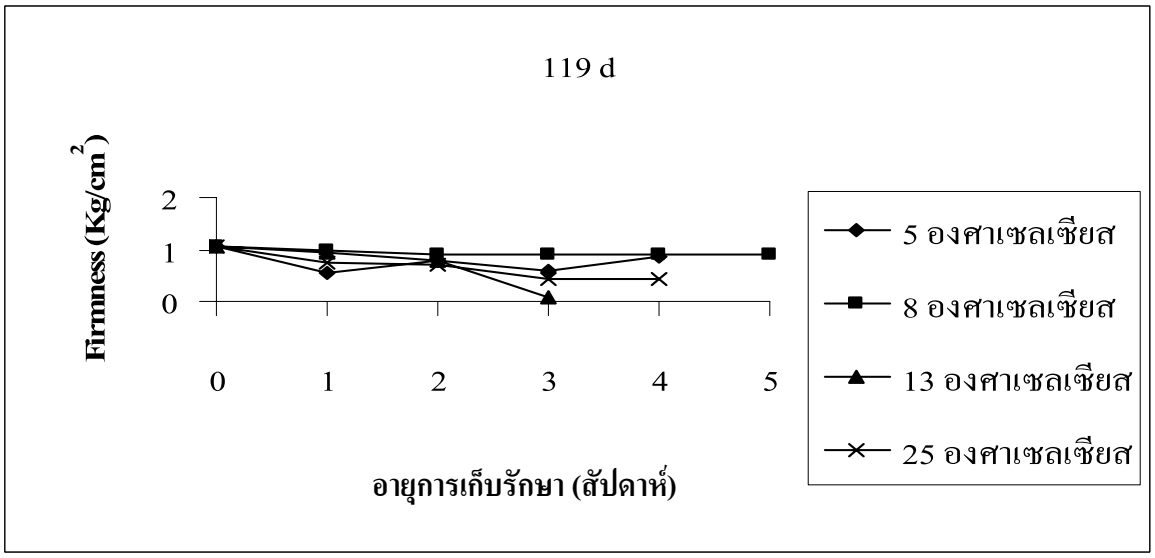


ภาพ 46 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

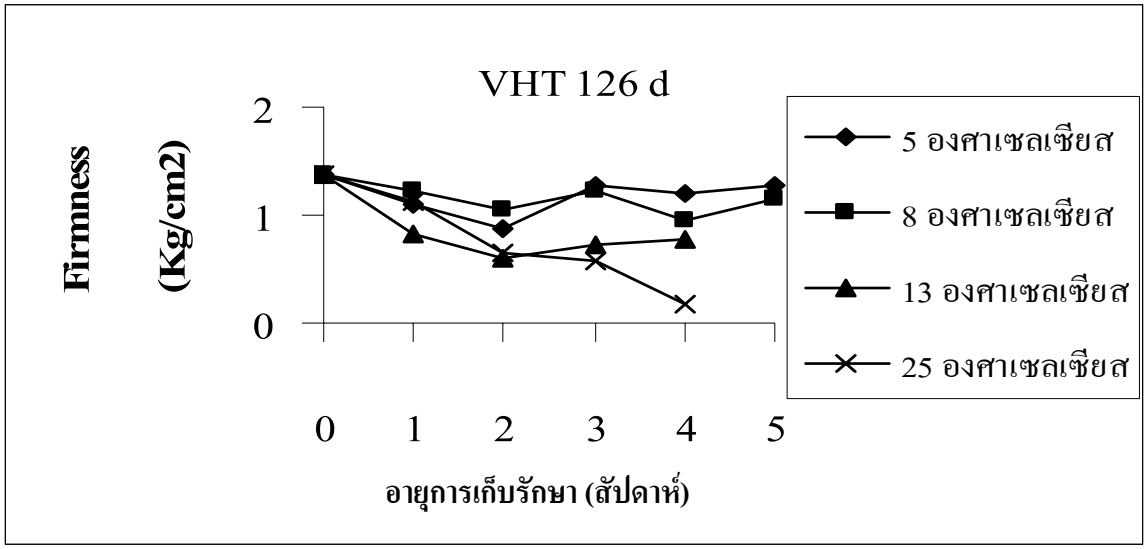


Non-VHT

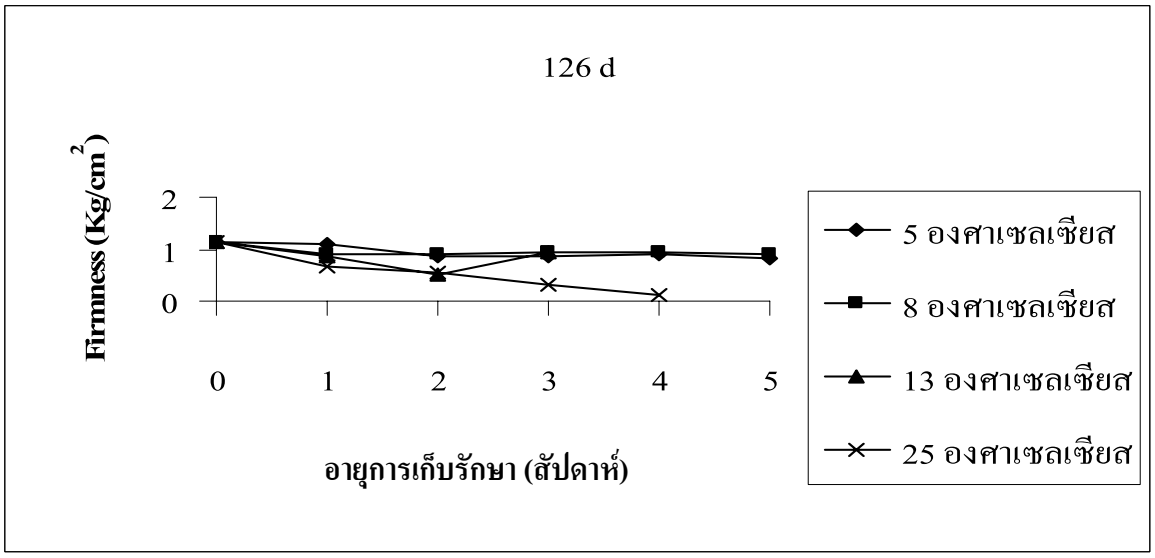


ภาพ 47 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

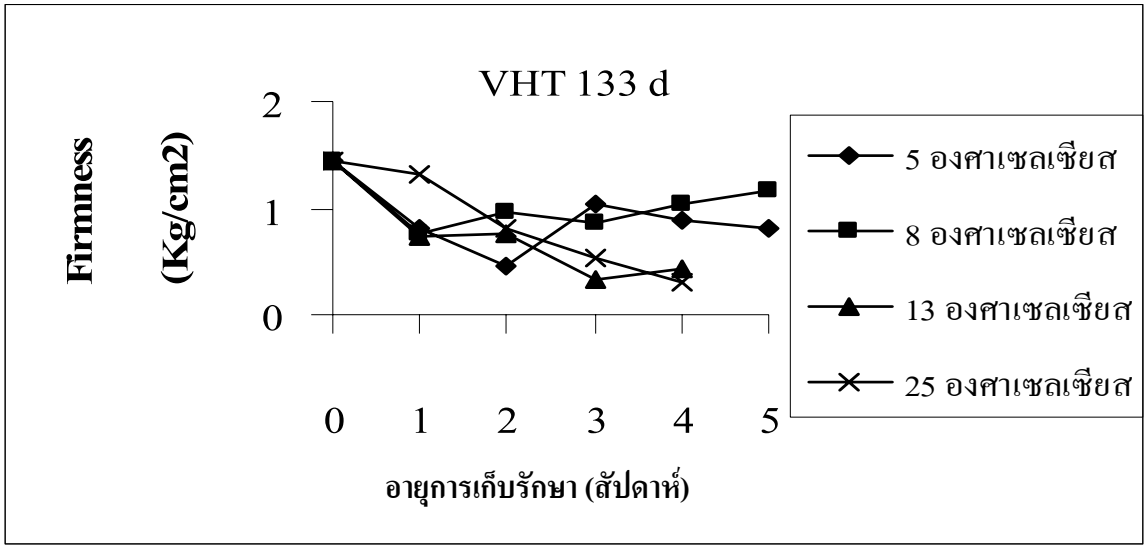


Non-VHT

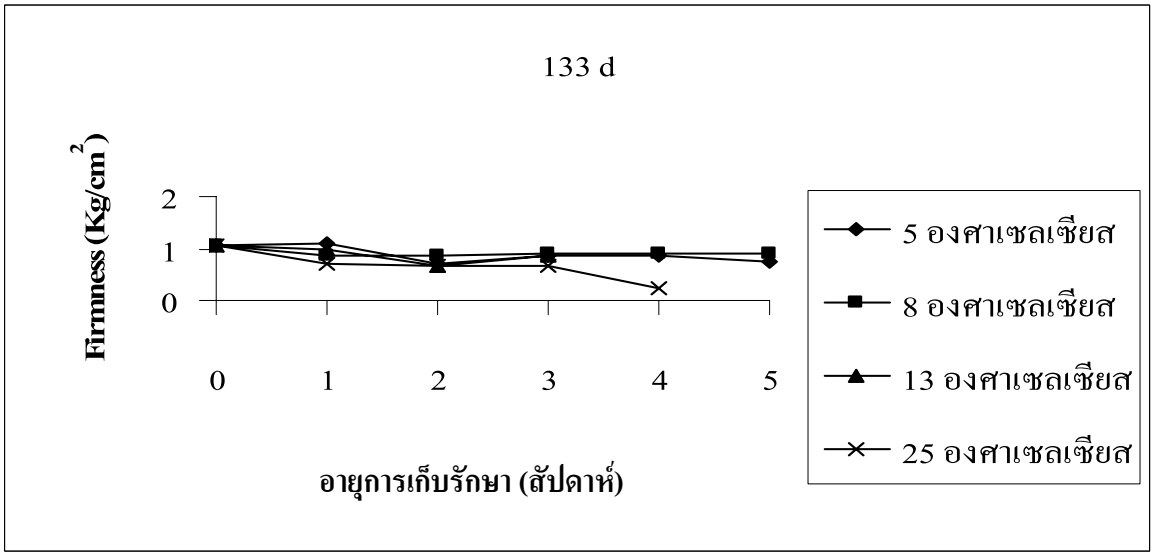


ภาพ 48 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

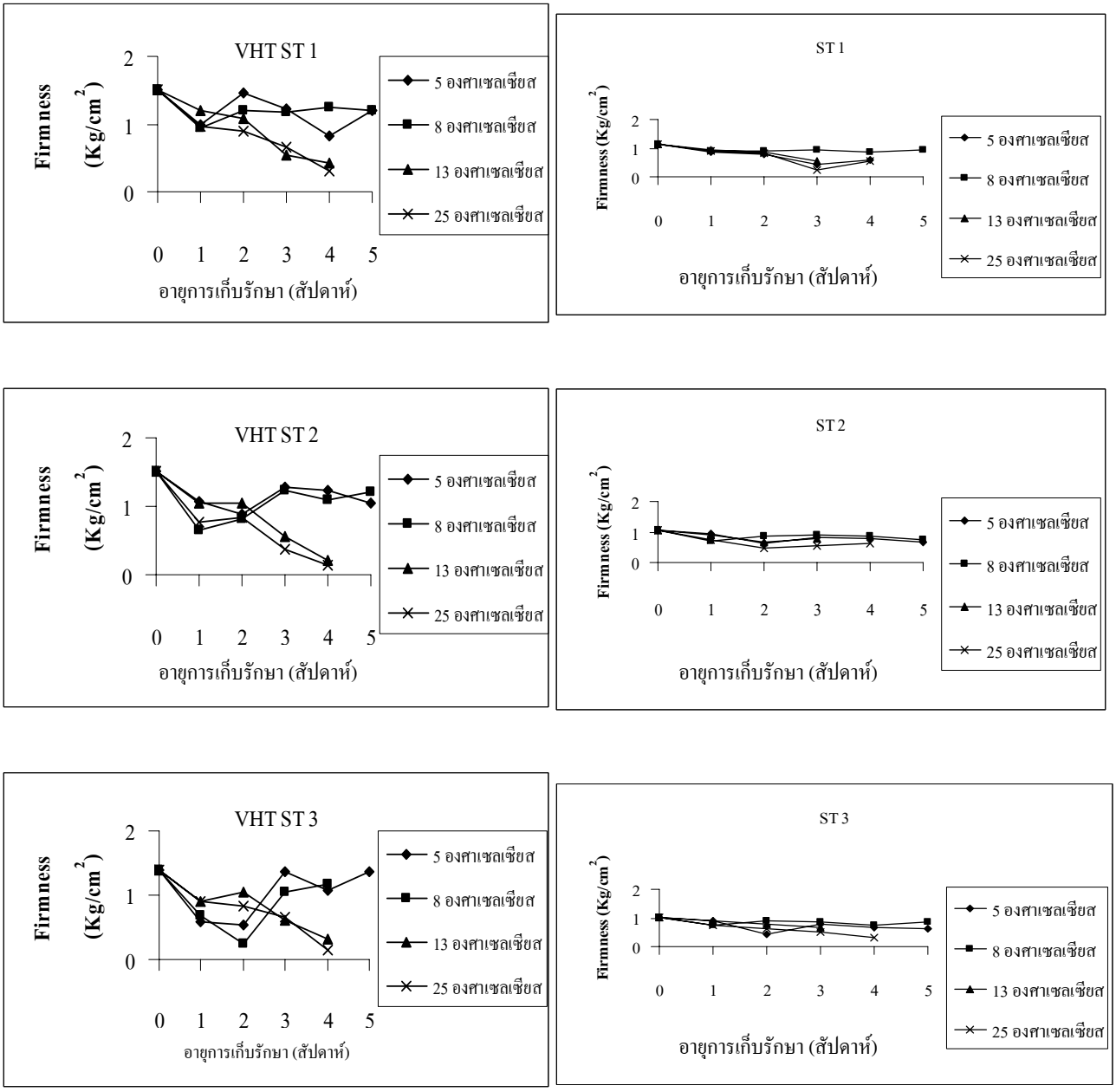


Non-VHT



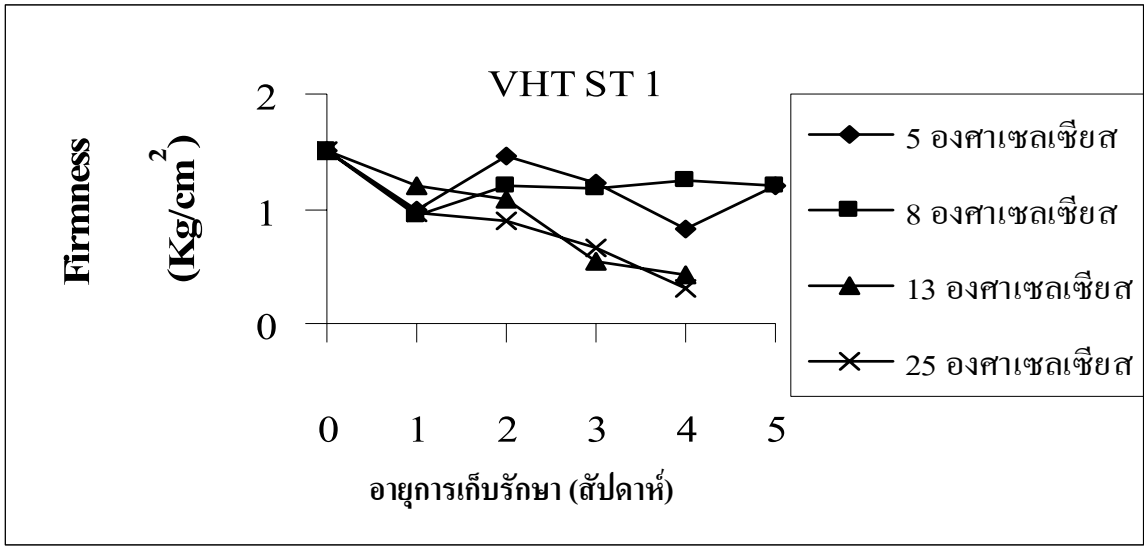
ภาพ 49 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT Non-VHT

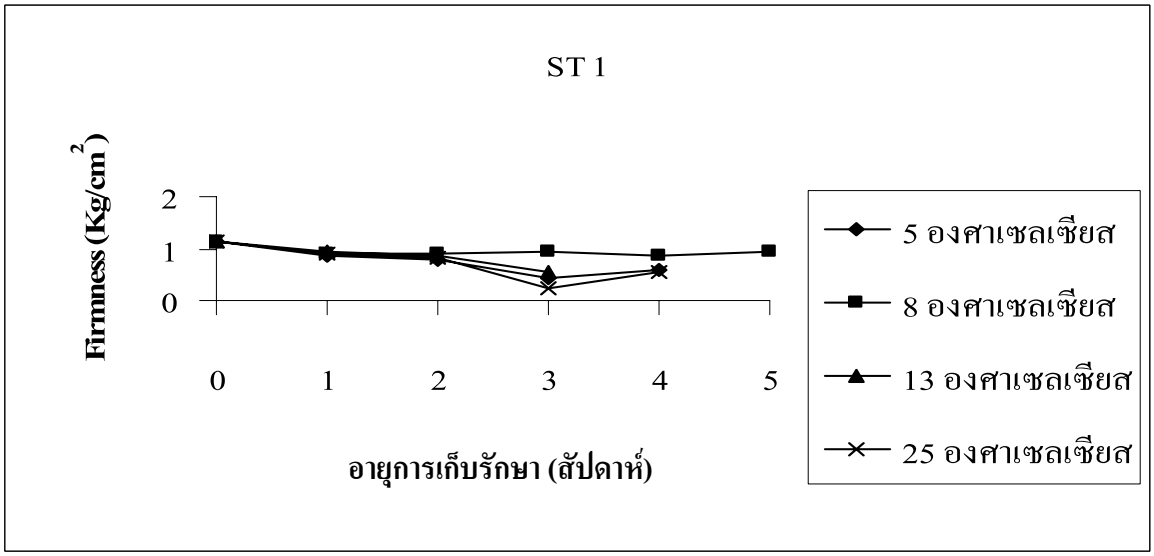


ภาพ 50 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีอายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

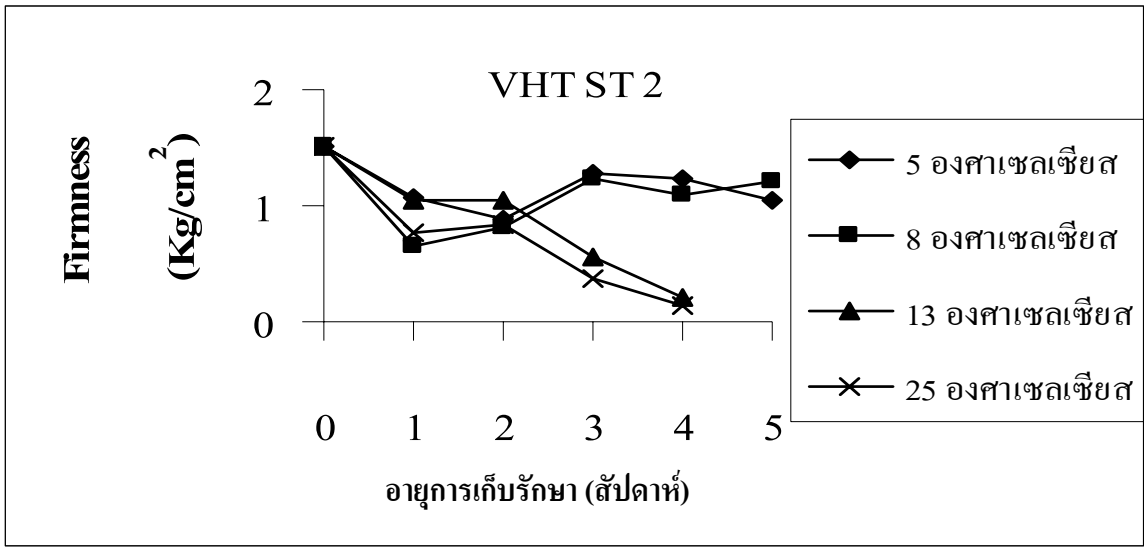


Non-VHT

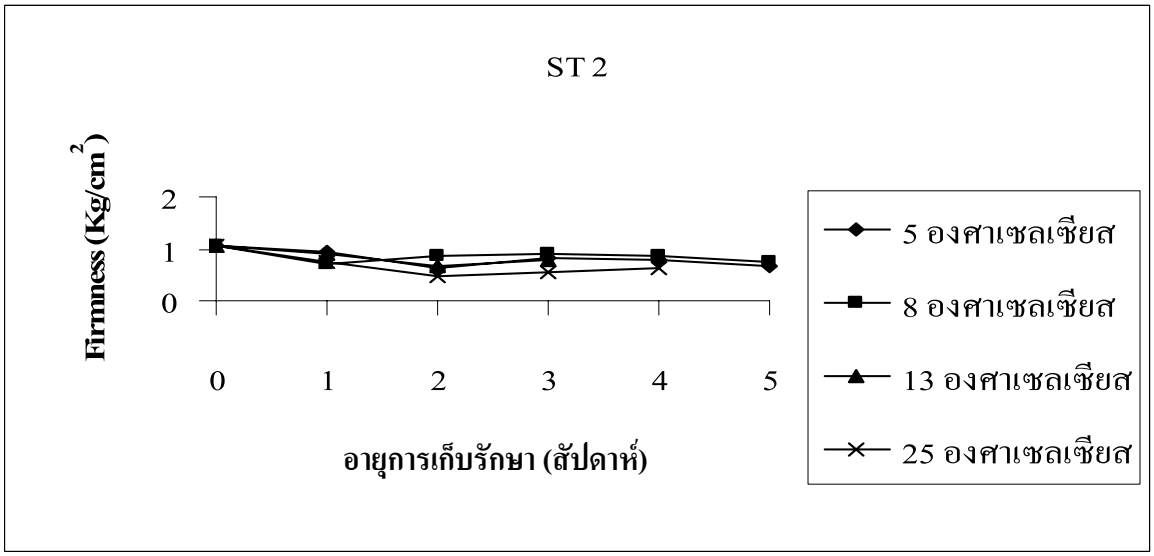


ภาพ 51 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

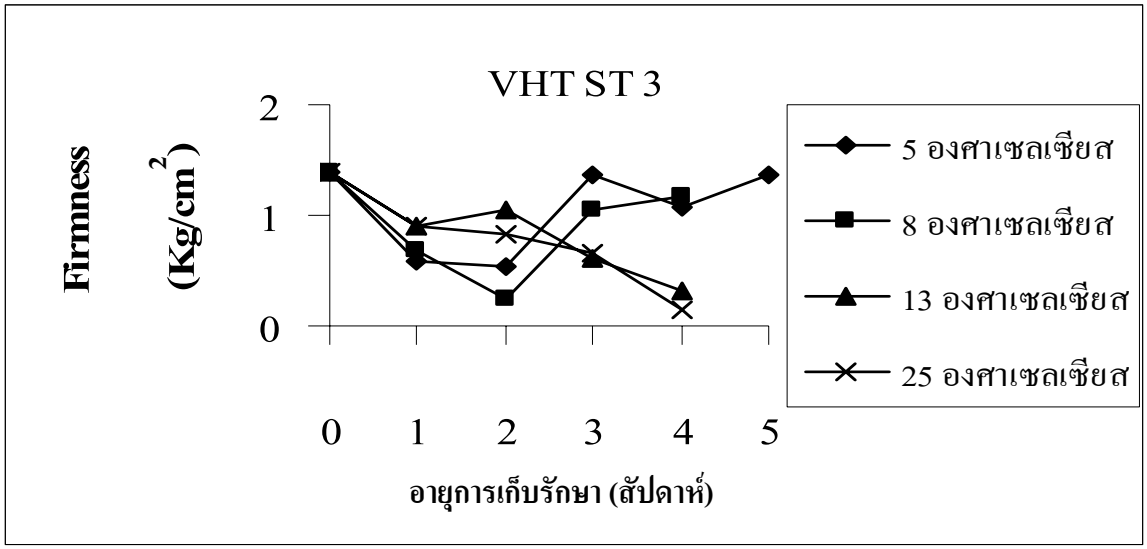


Non-VHT

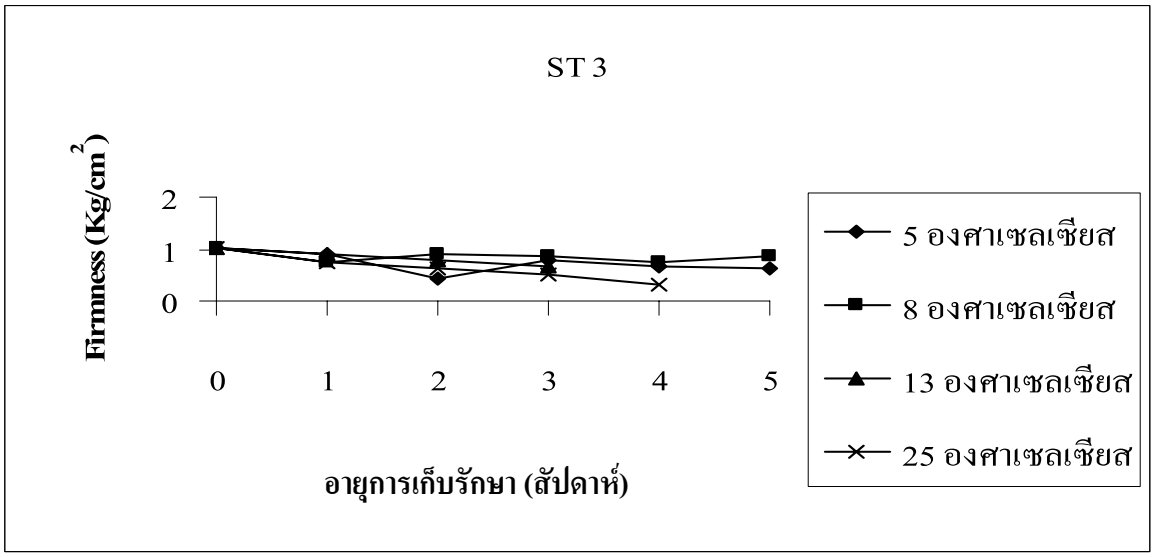


ภาพ 52 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนก ที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

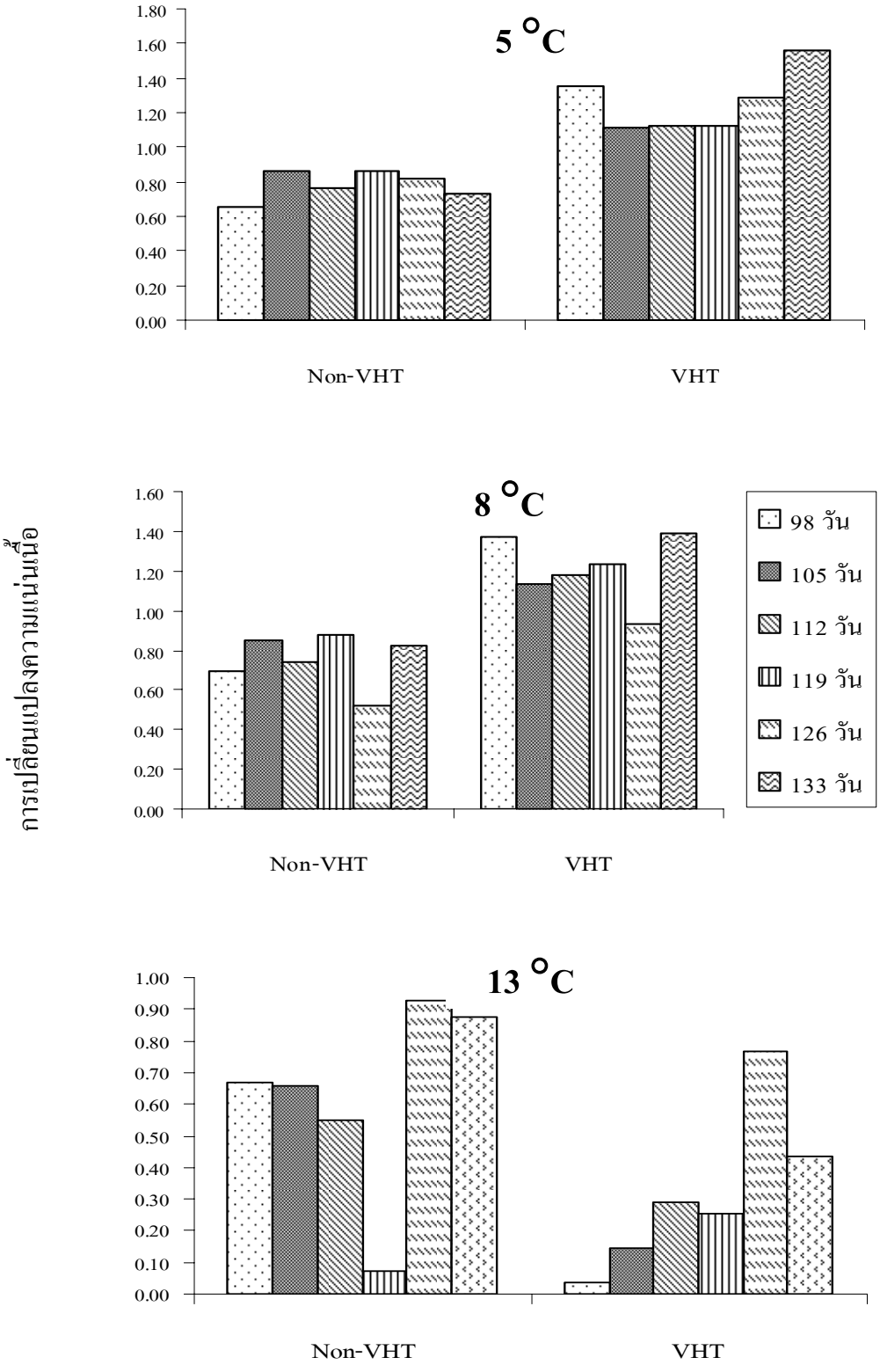
VHT



Non-VHT



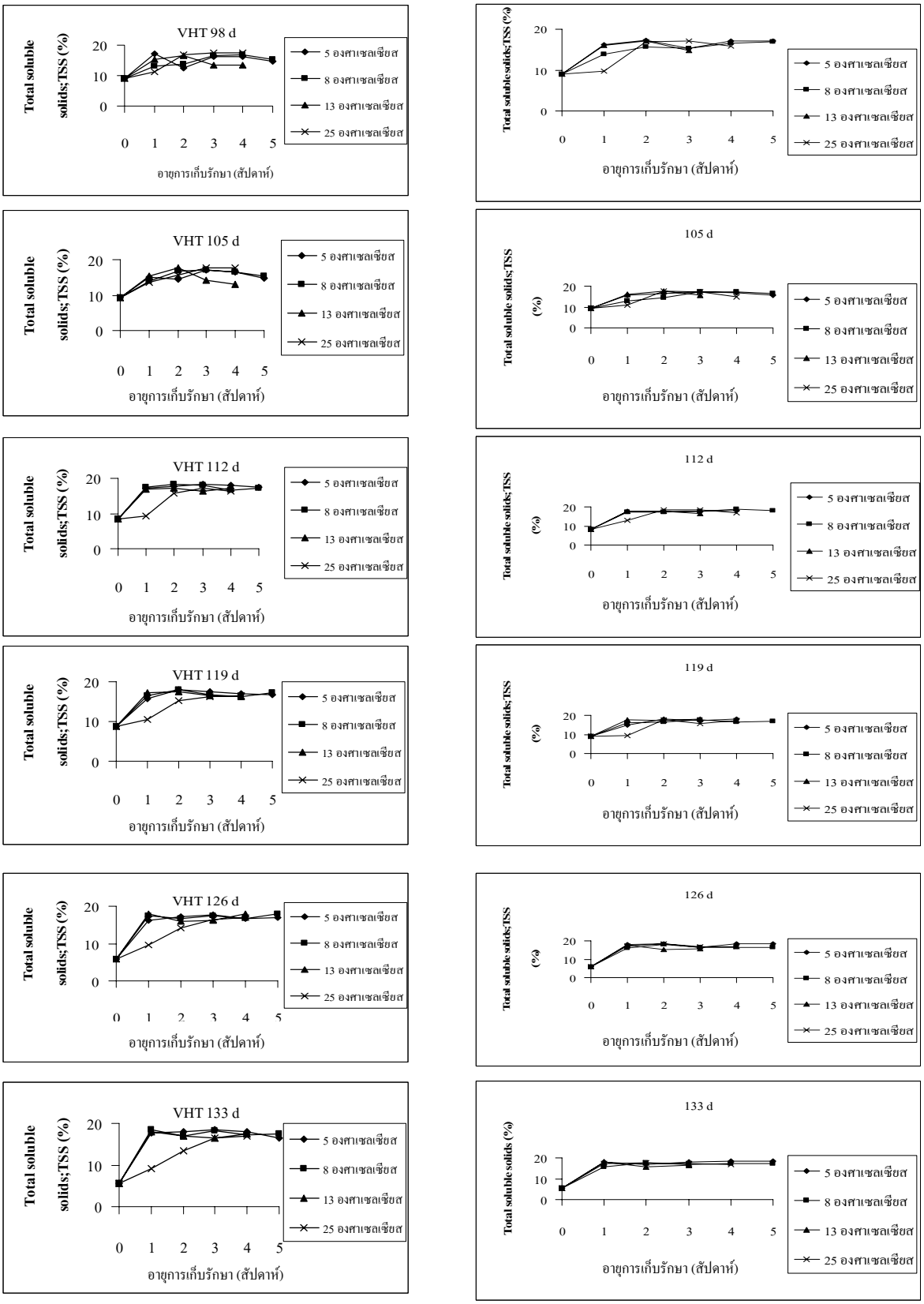
ภาพ 53 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ



ภาพ 54 การเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ

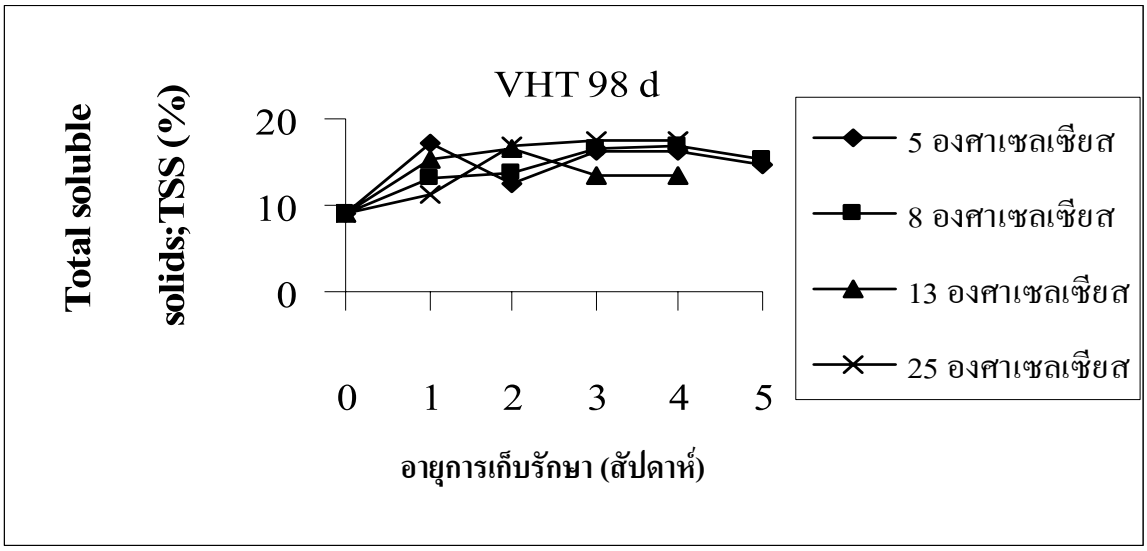
VHT

Non-VHT

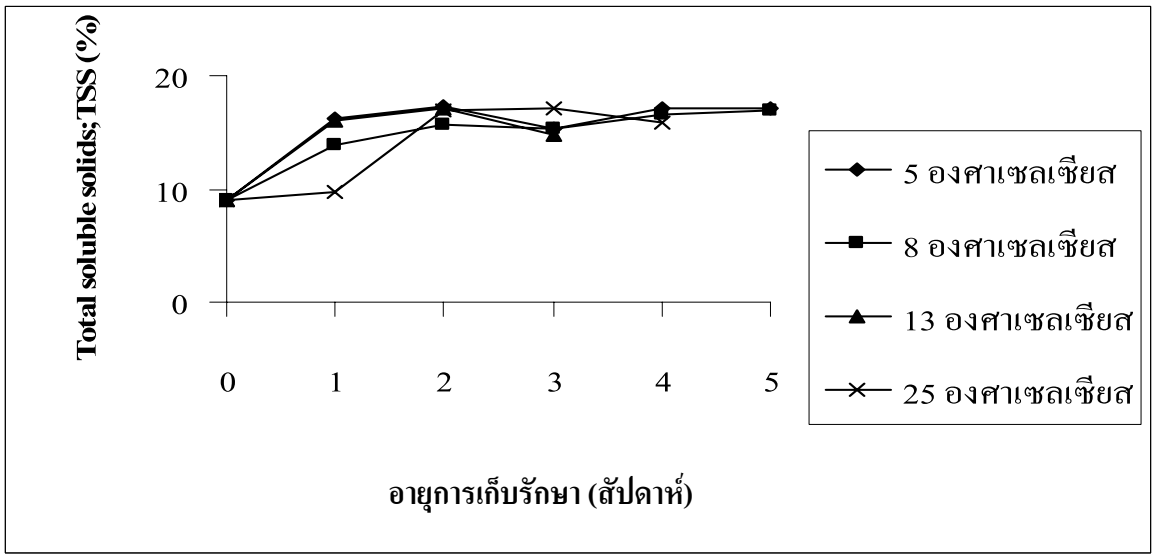


ภาพ 55 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

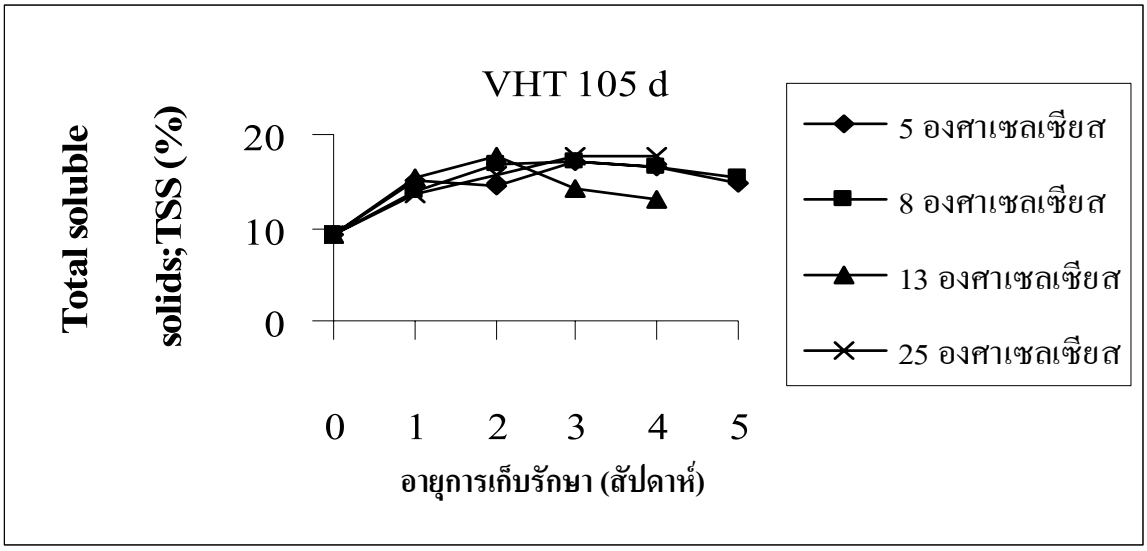


Non-VHT

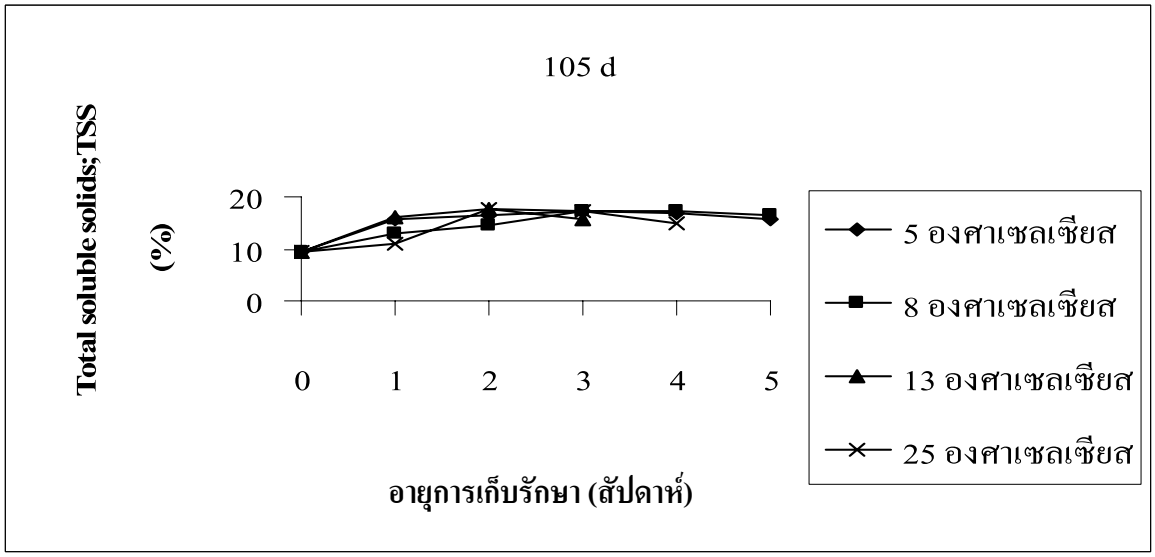


ภาพ 56 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

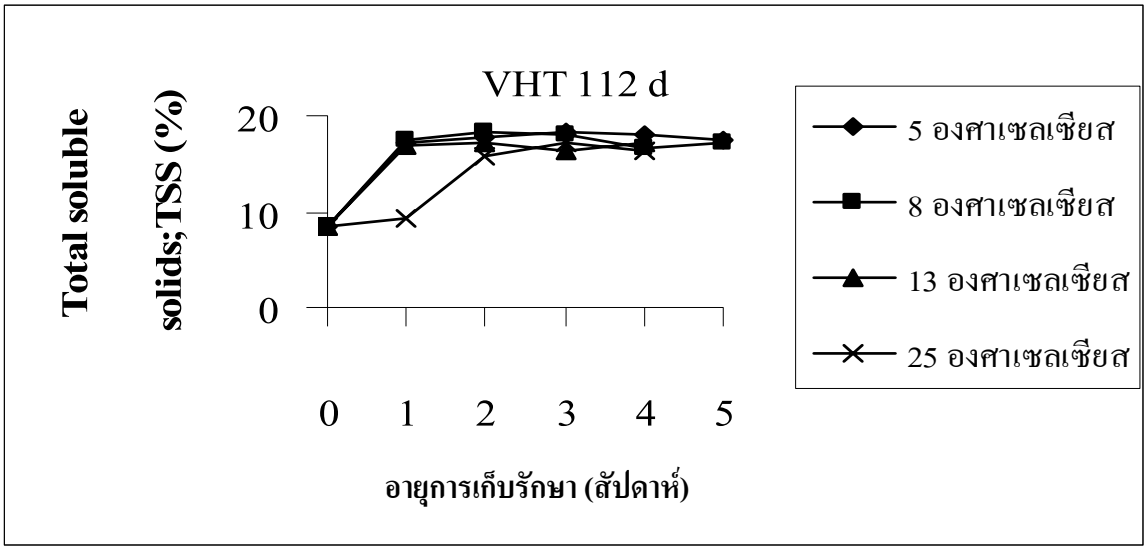


Non-VHT

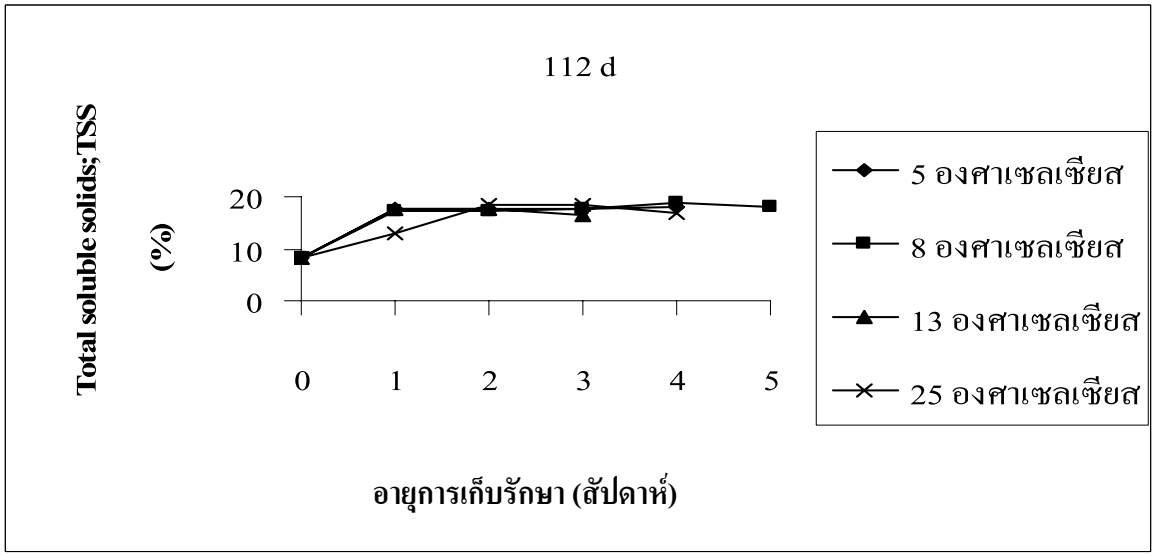


ภาพ 57 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

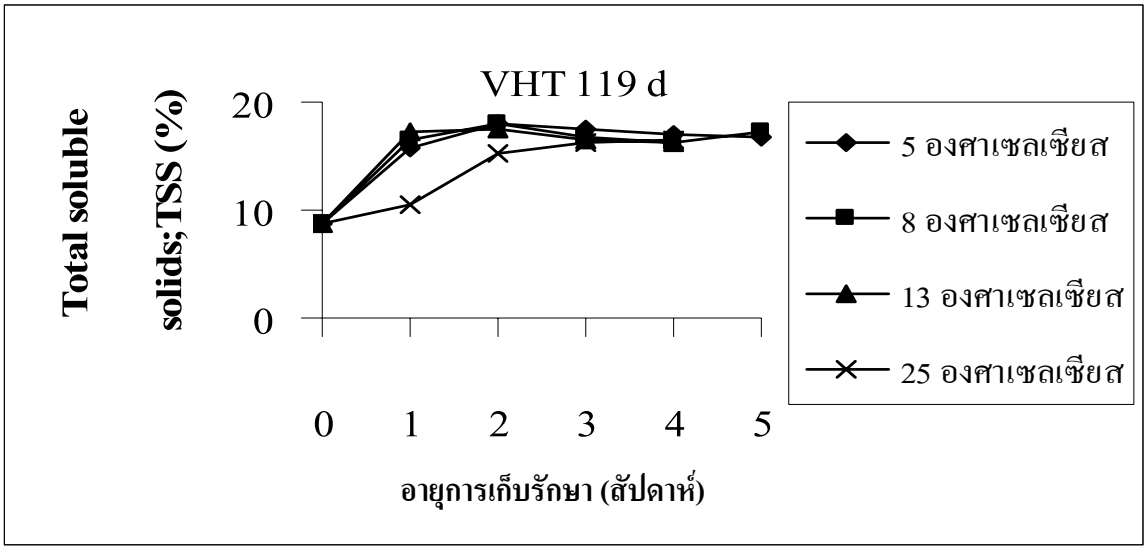


Non-VHT

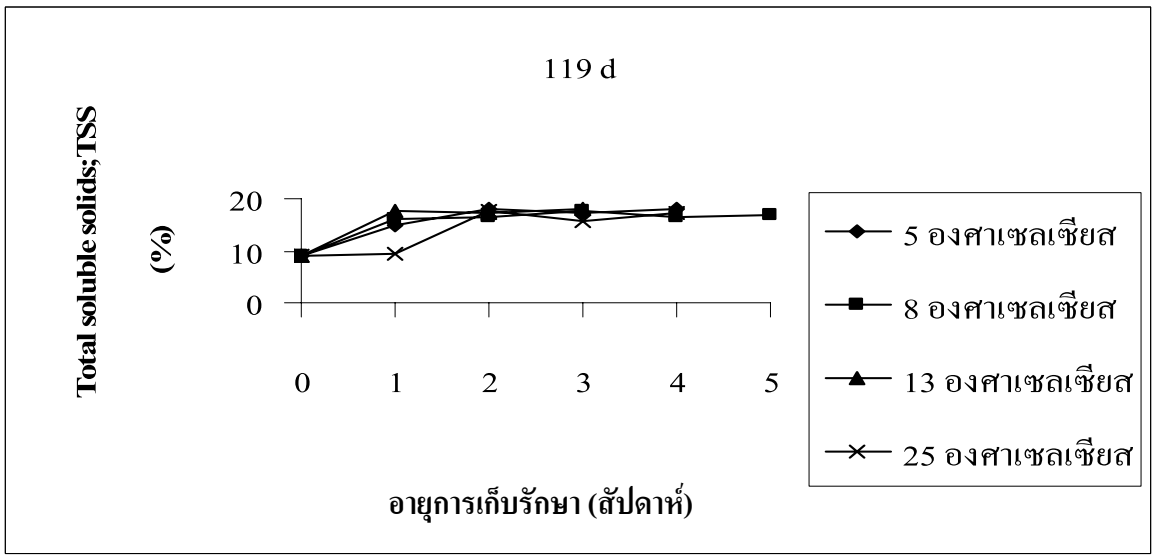


ภาพ 58 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

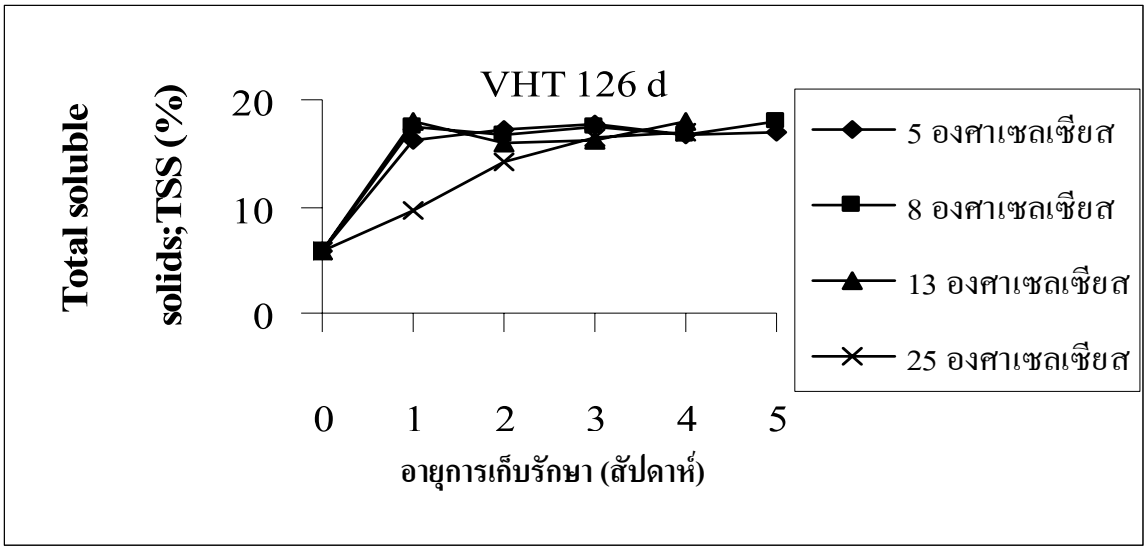


Non-VHT

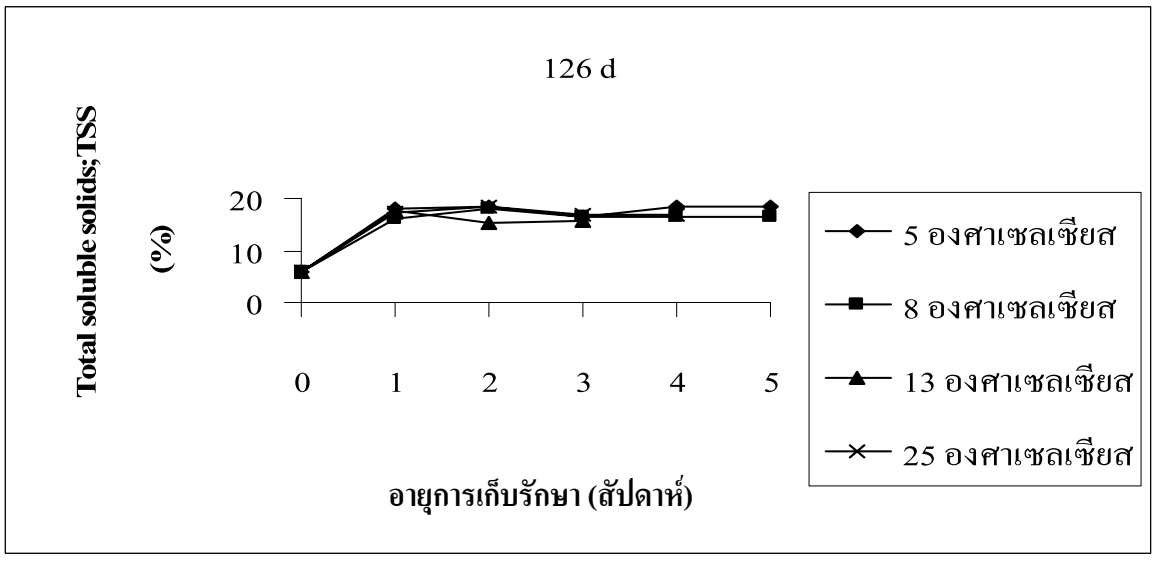


ภาพ 59 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

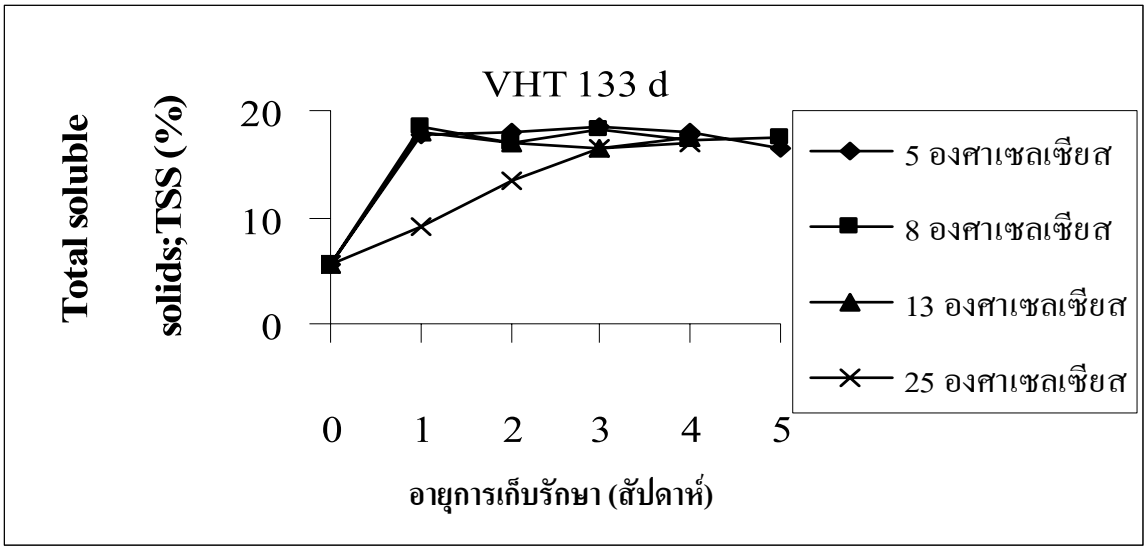


Non-VHT

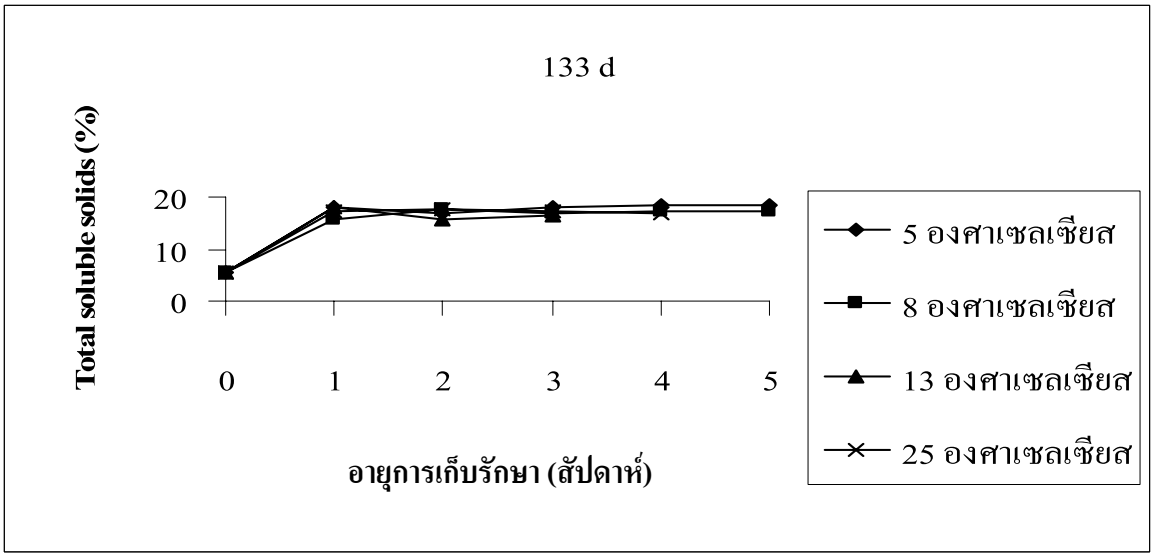


ภาพ 60 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT



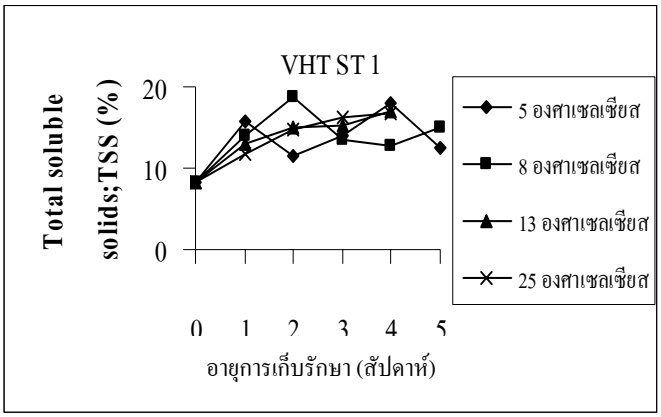
Non-VHT

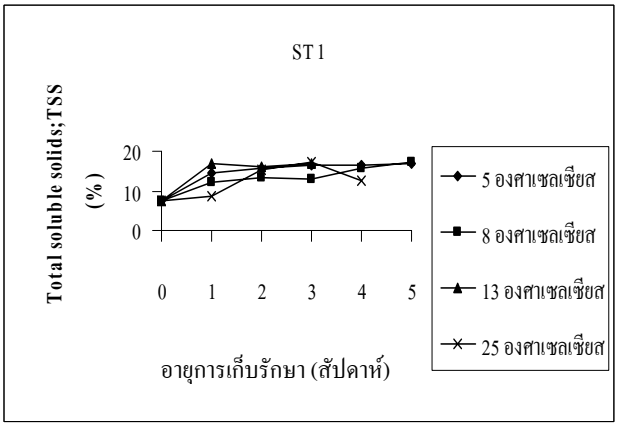


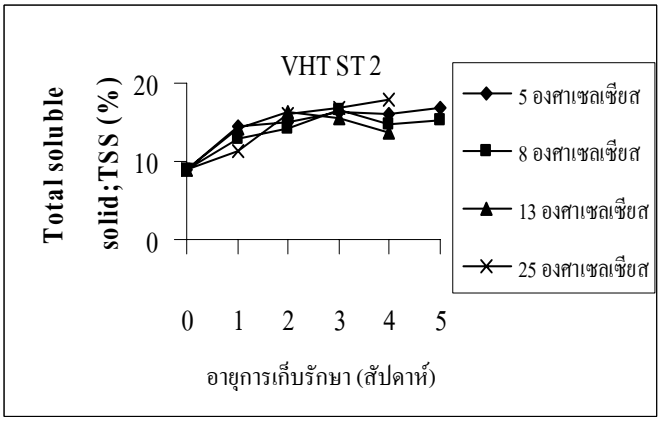
ภาพ 61 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

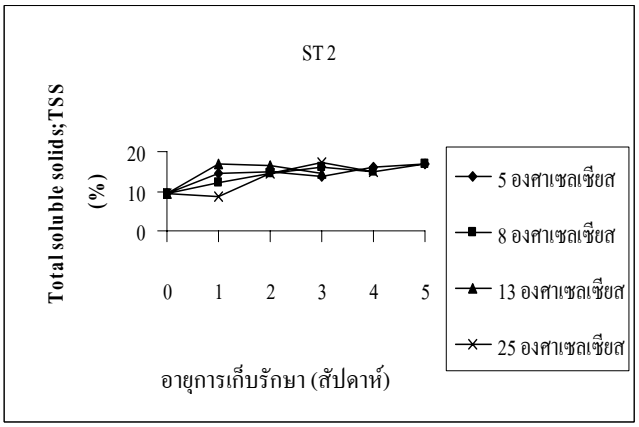
VHT

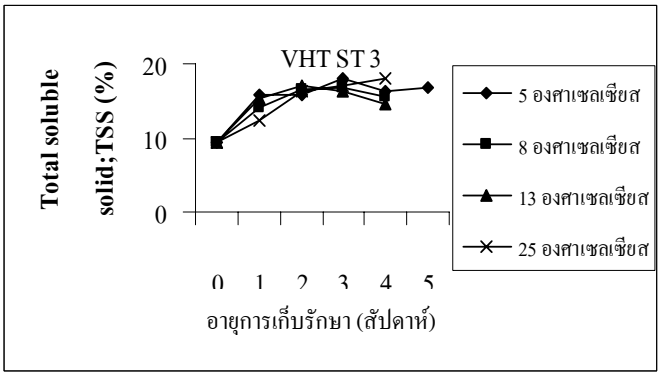
Non-VHT

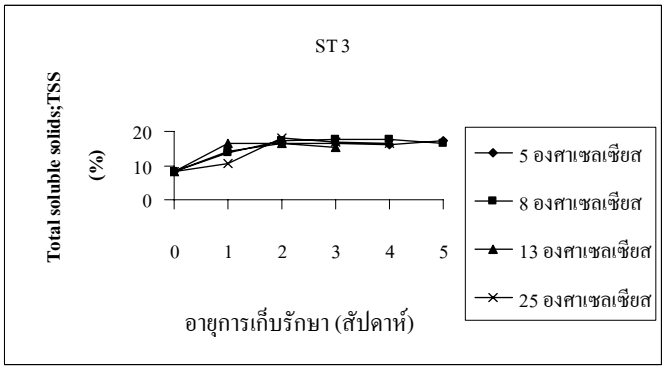






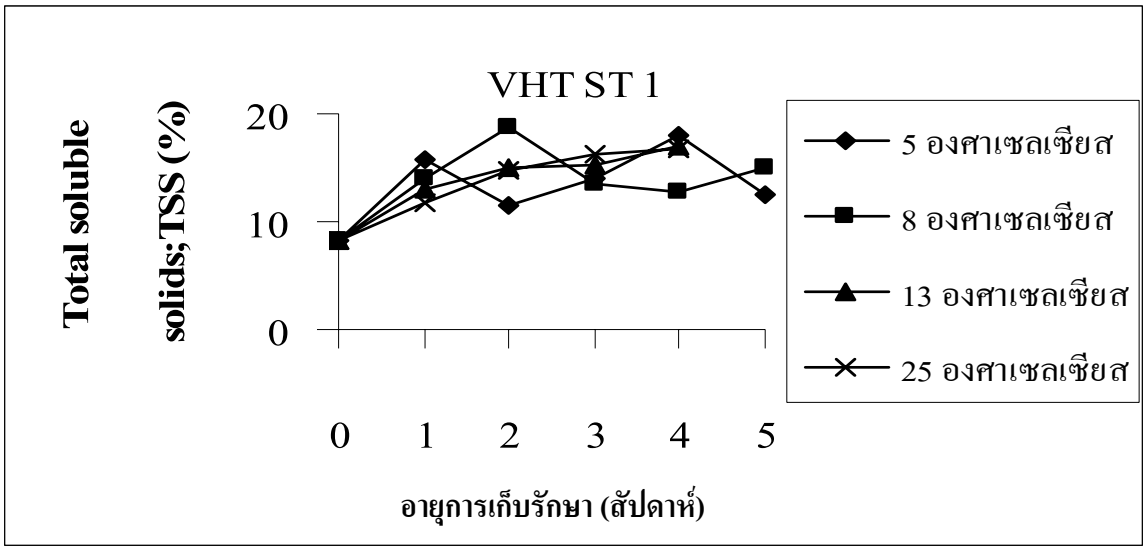




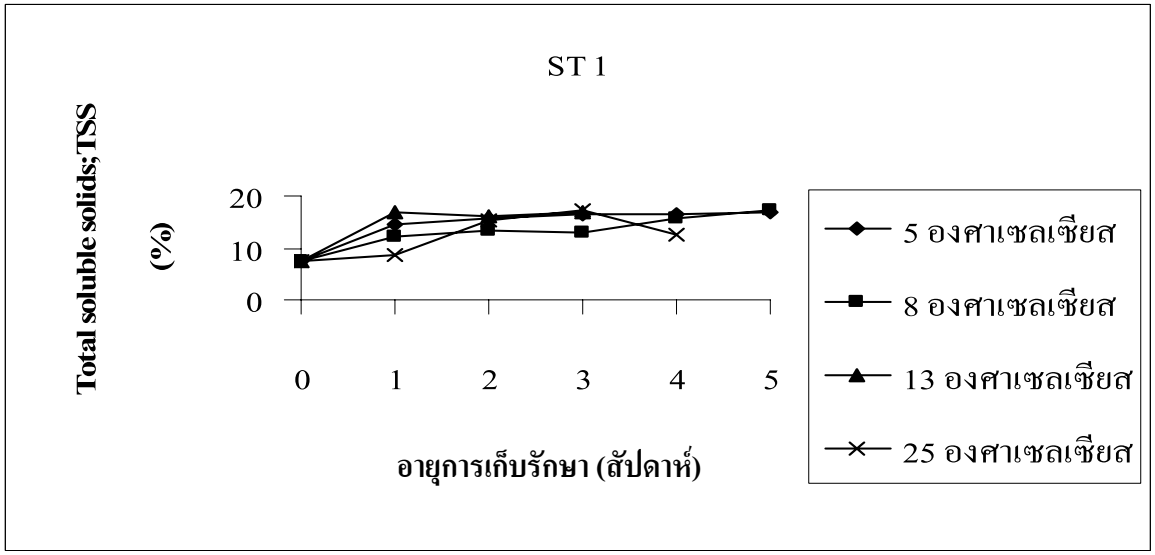


ภาพ 62 การเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

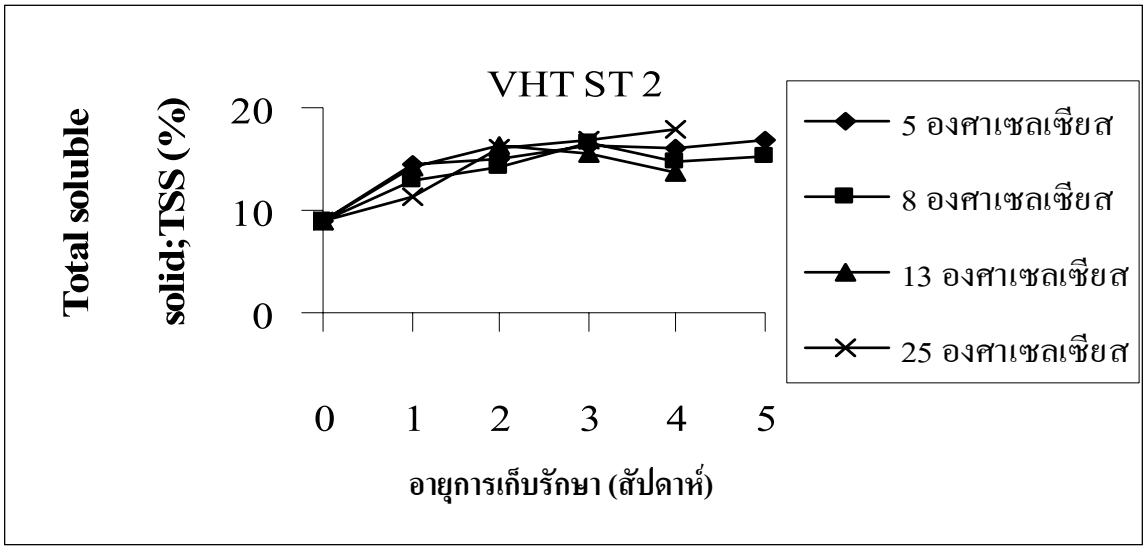


Non-VHT

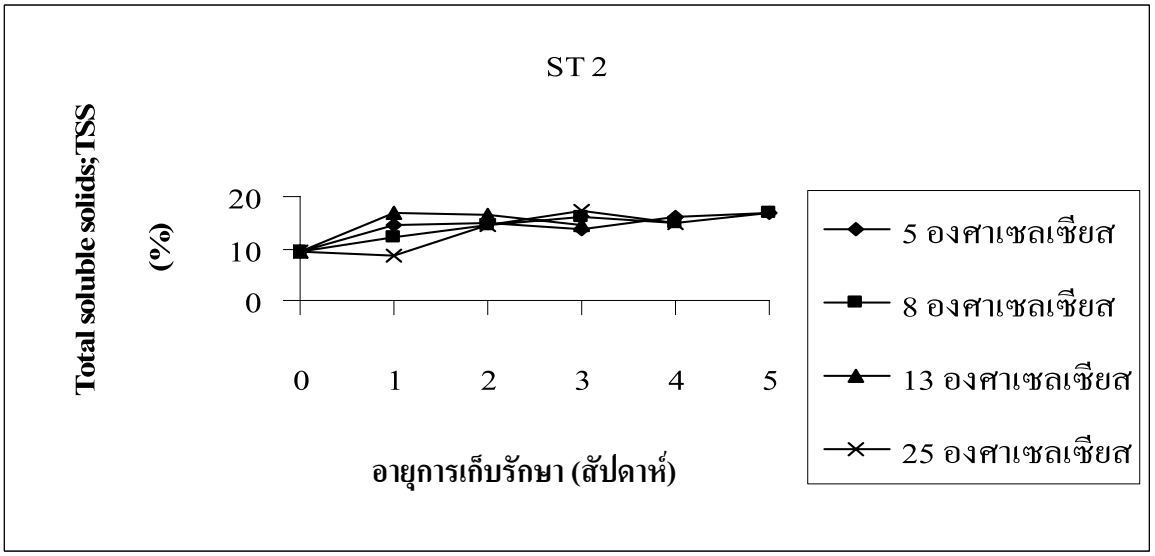


ภาพ 63 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

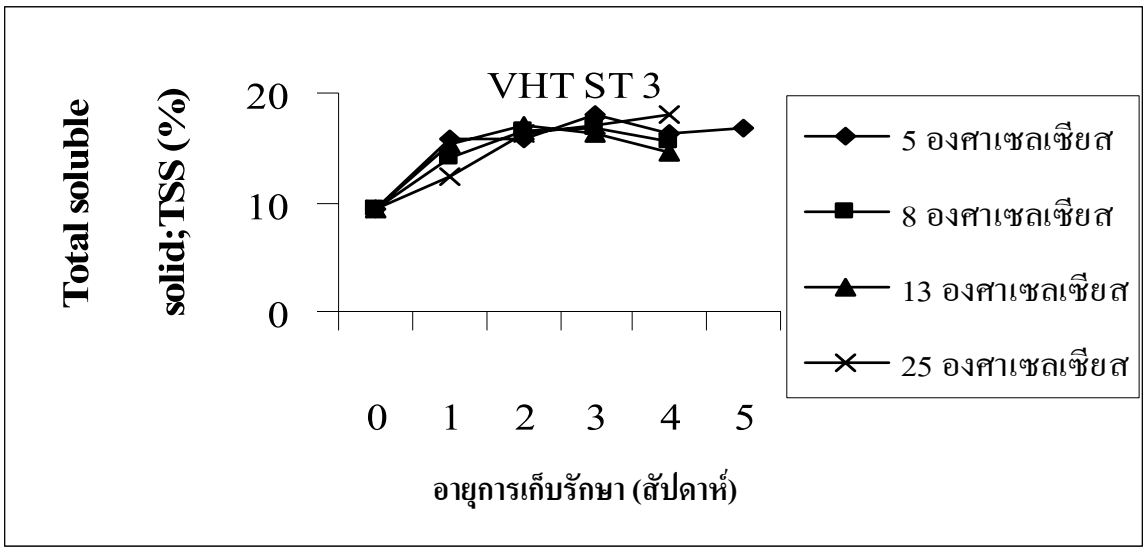


Non-VHT

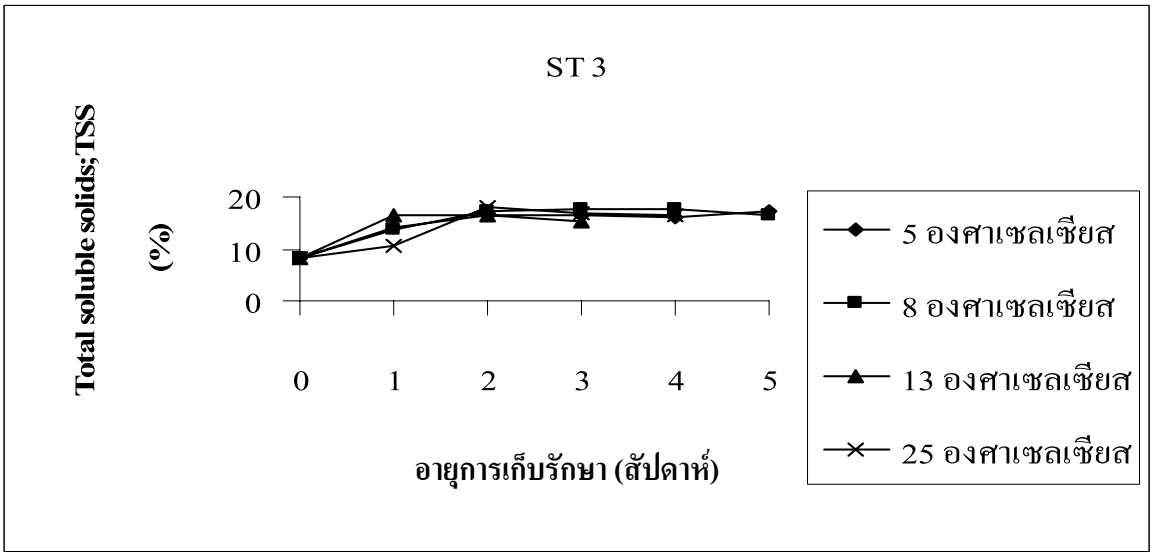


ภาพ 64 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

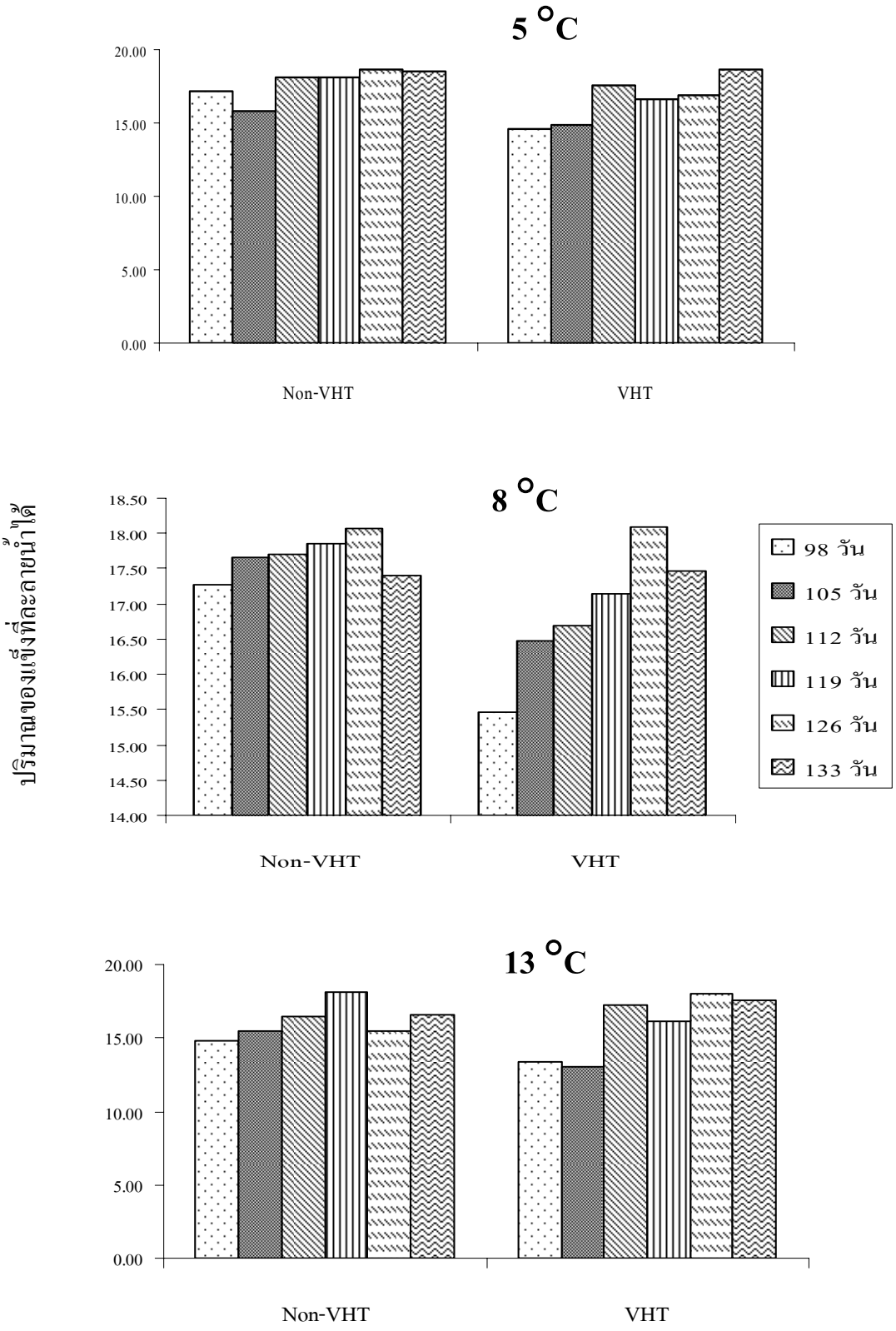
VHT



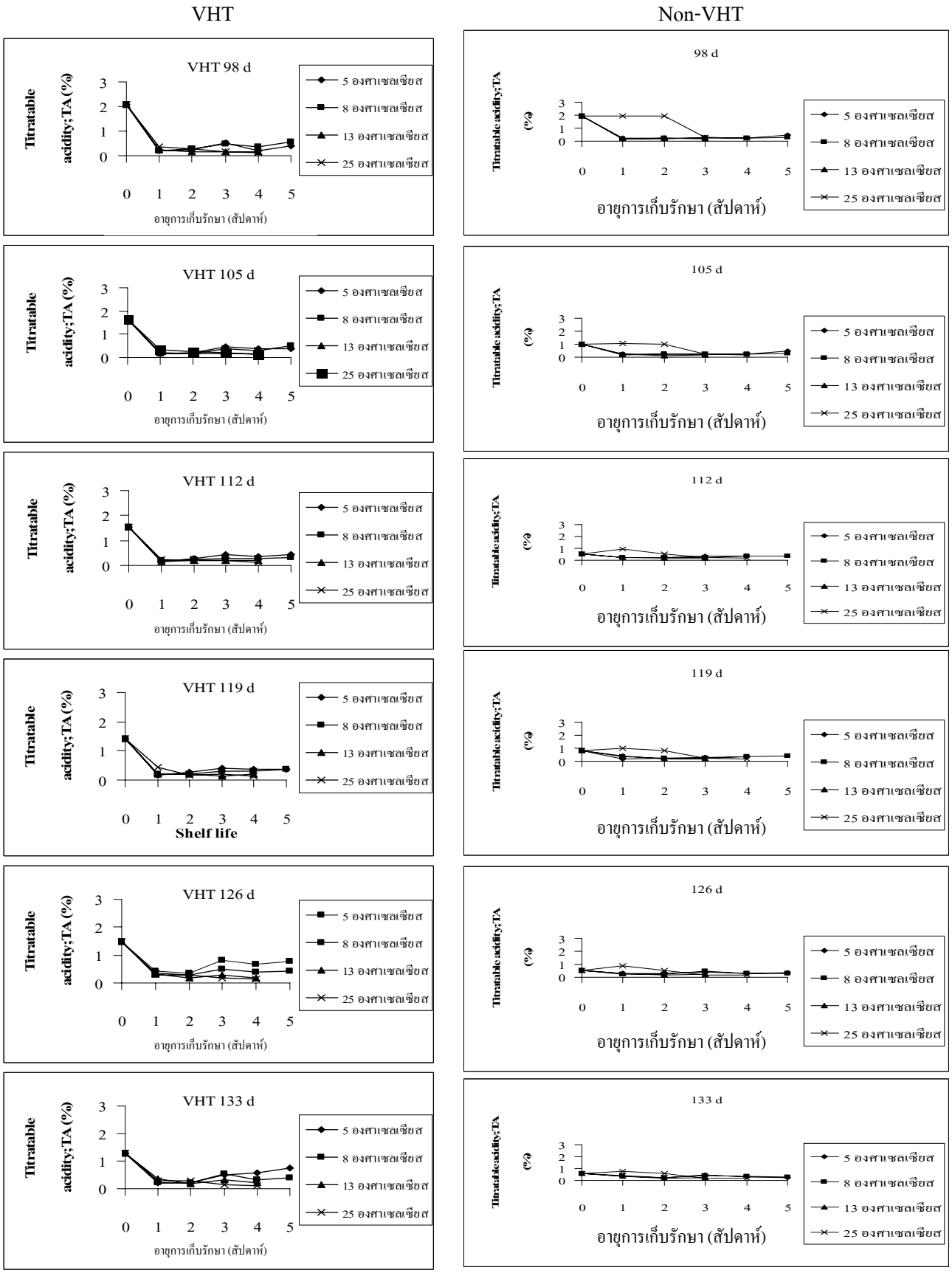
Non-VHT



ภาพ 65 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

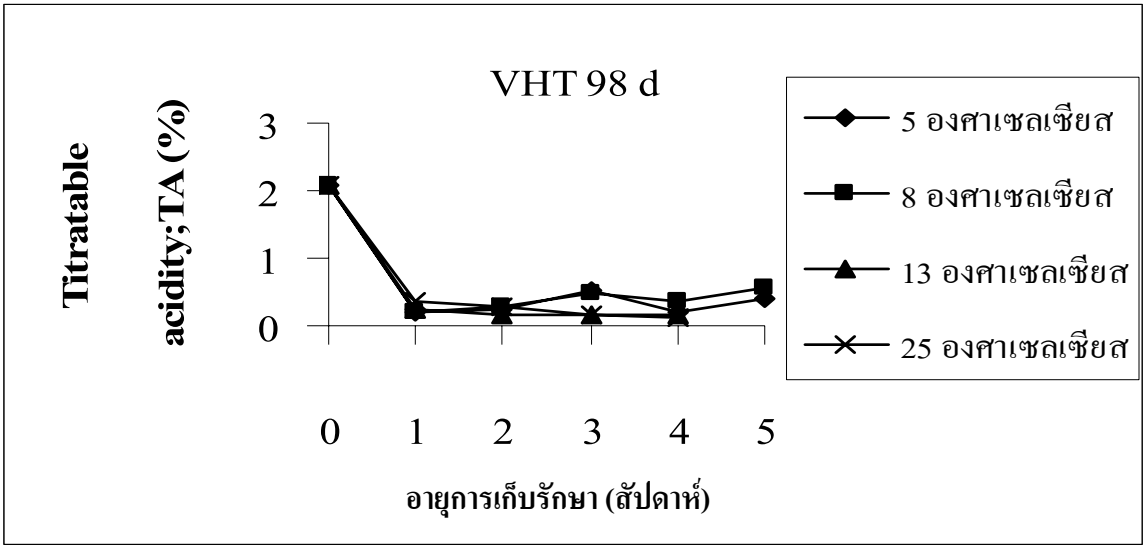


ภาพ 66 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกอายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) ที่ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ

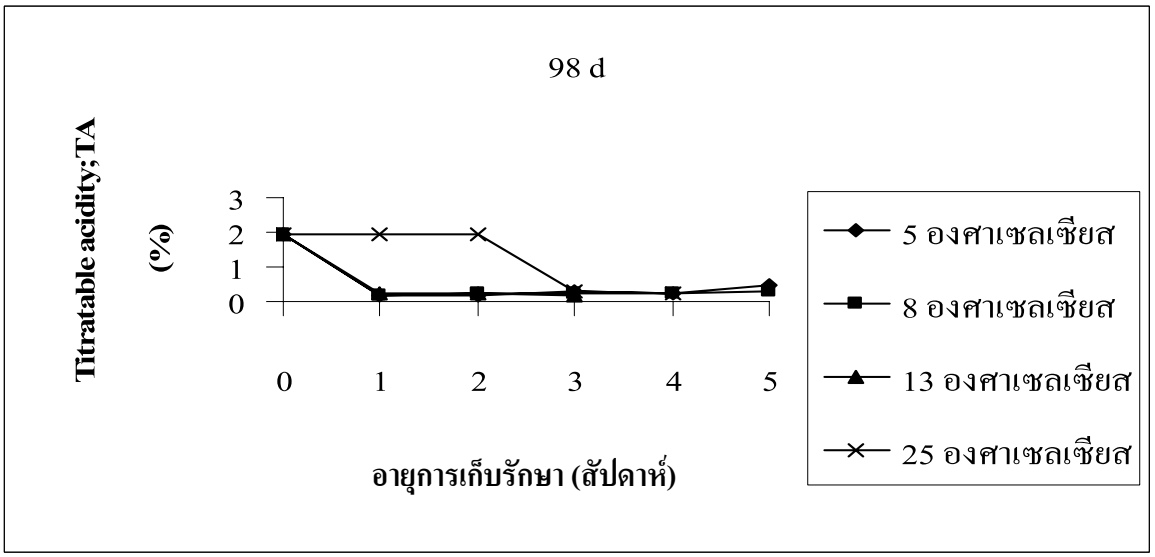


ภาพ 67 การเปรียบเทียบปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

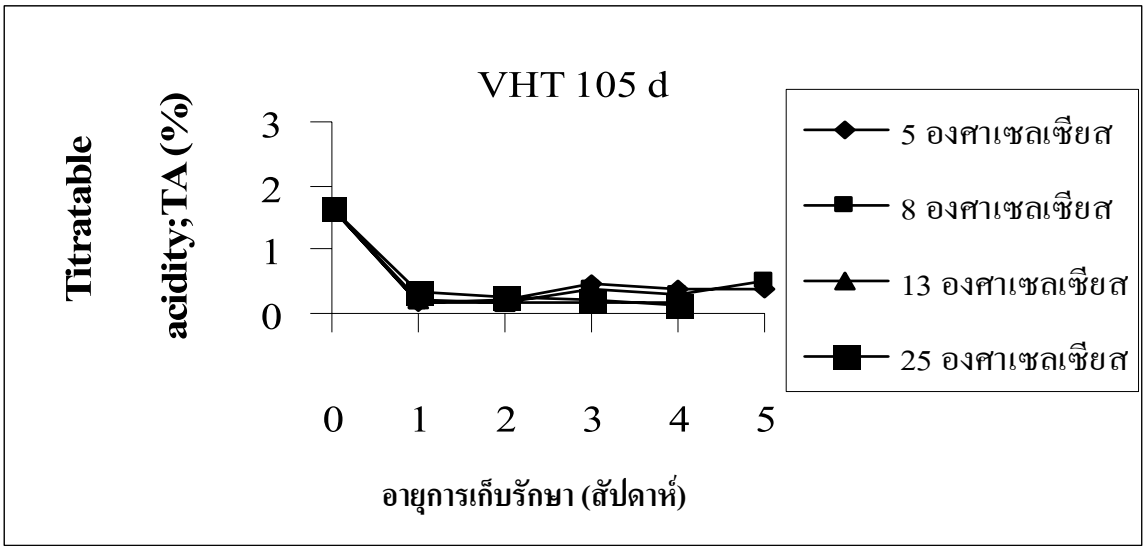


Non-VHT

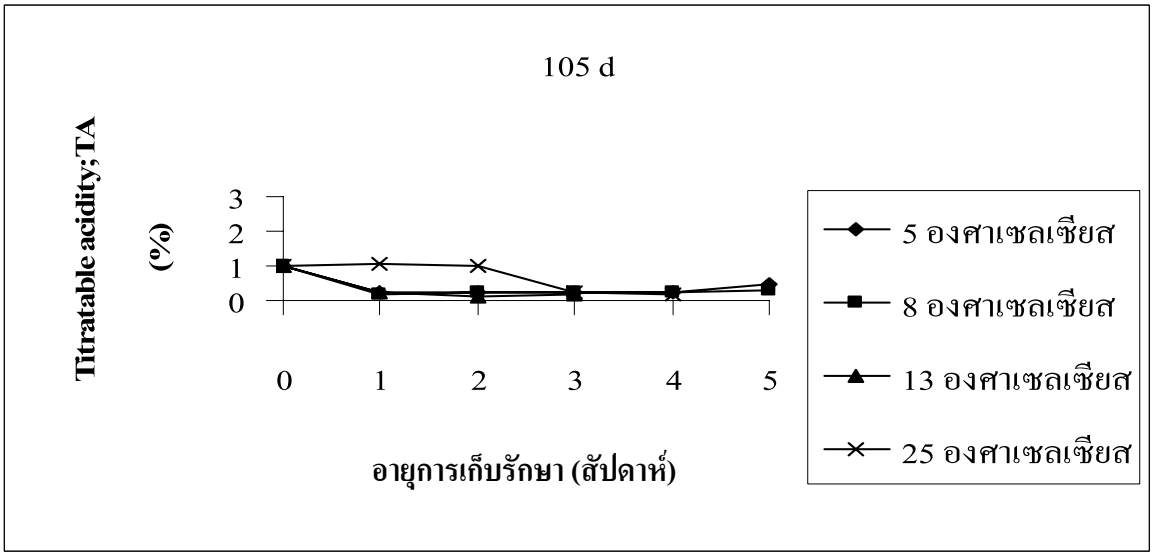


ภาพ 68 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

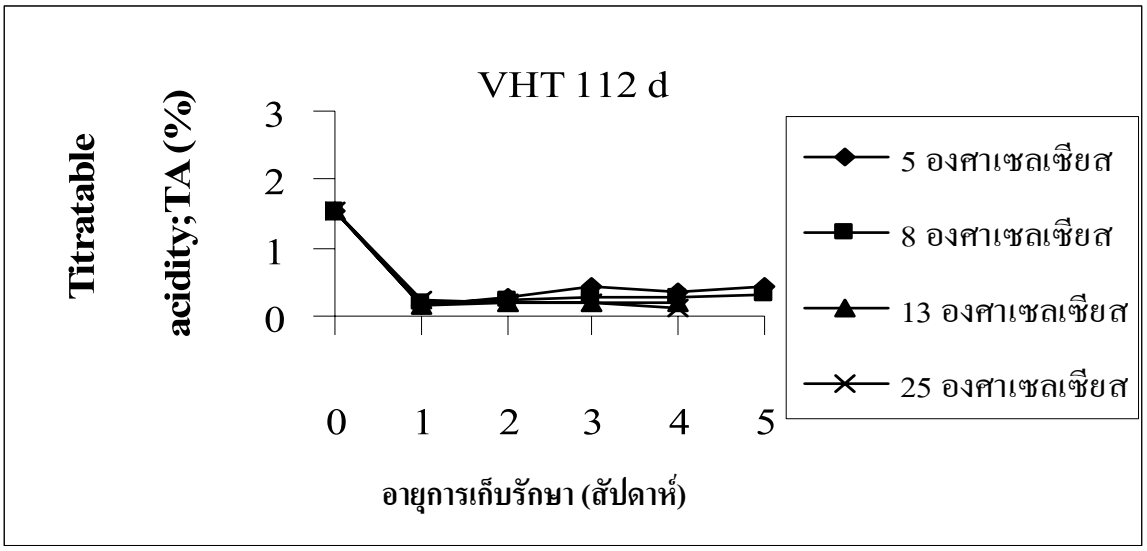


Non-VHT

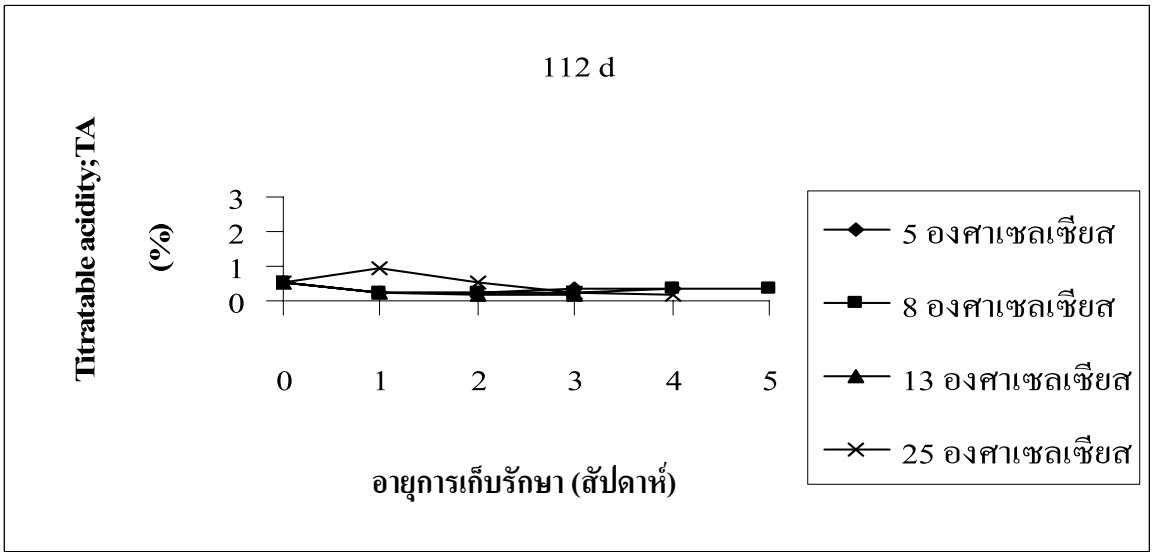


ภาพ 69 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

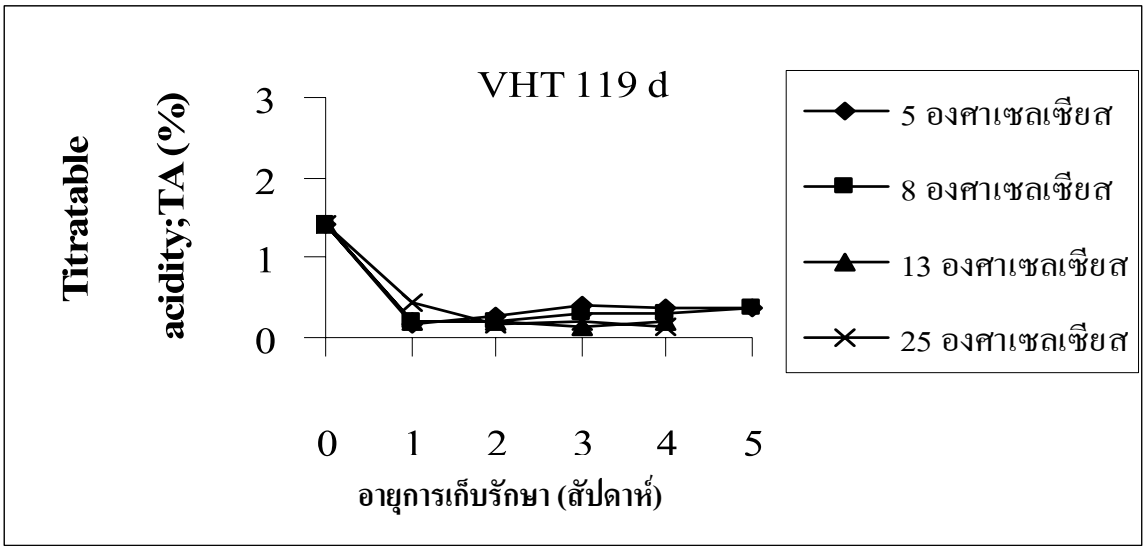


Non-VHT

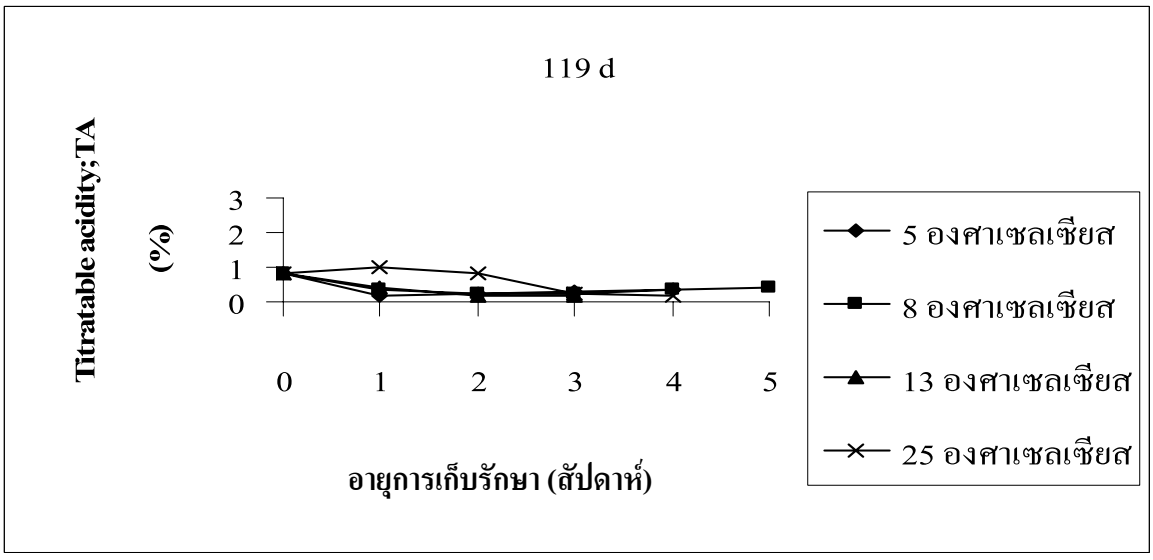


ภาพ 70 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

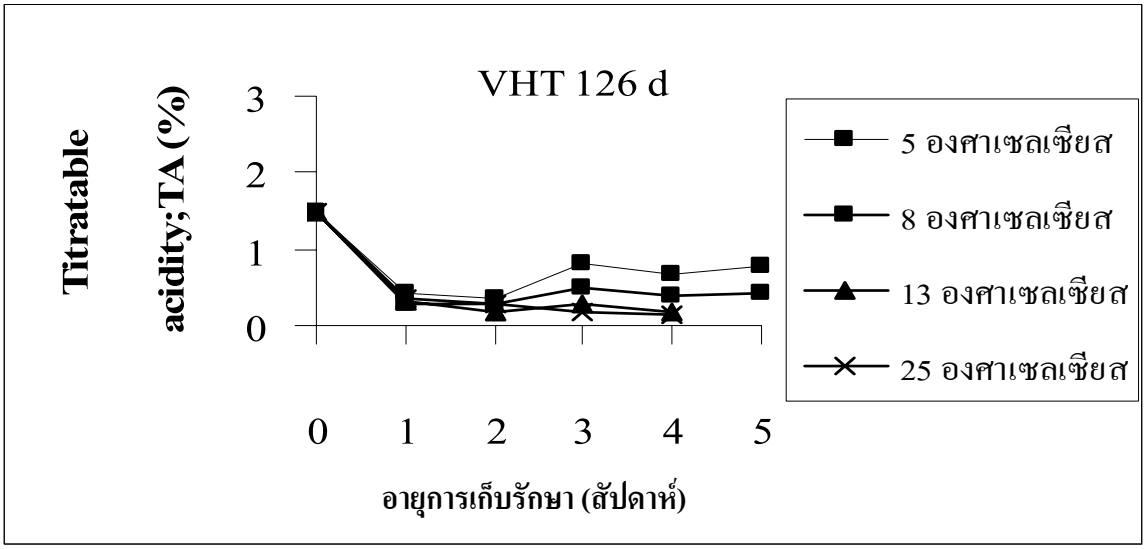


Non-VHT

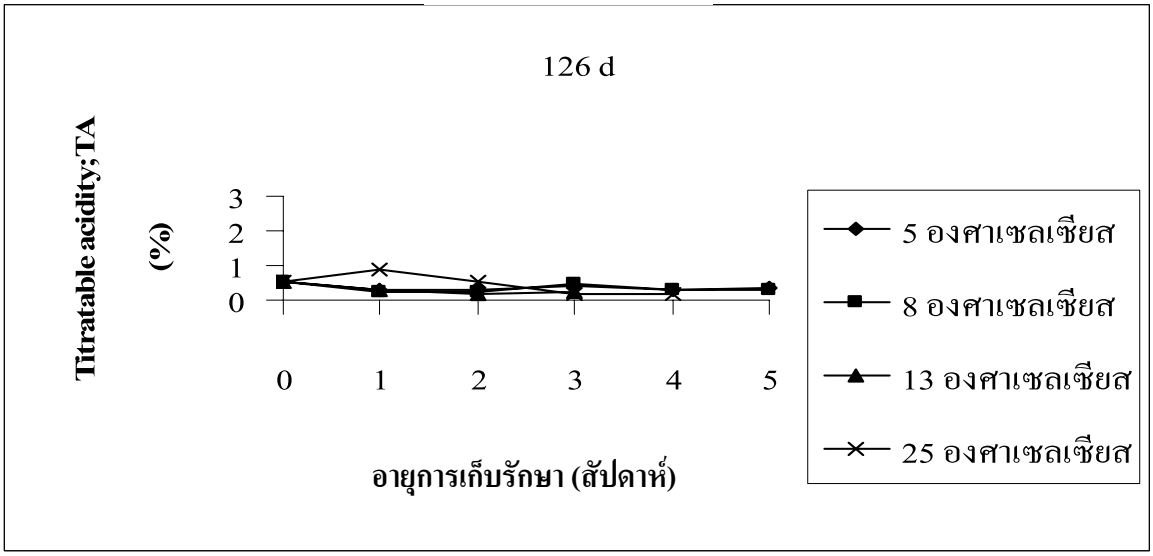


ภาพ 71 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

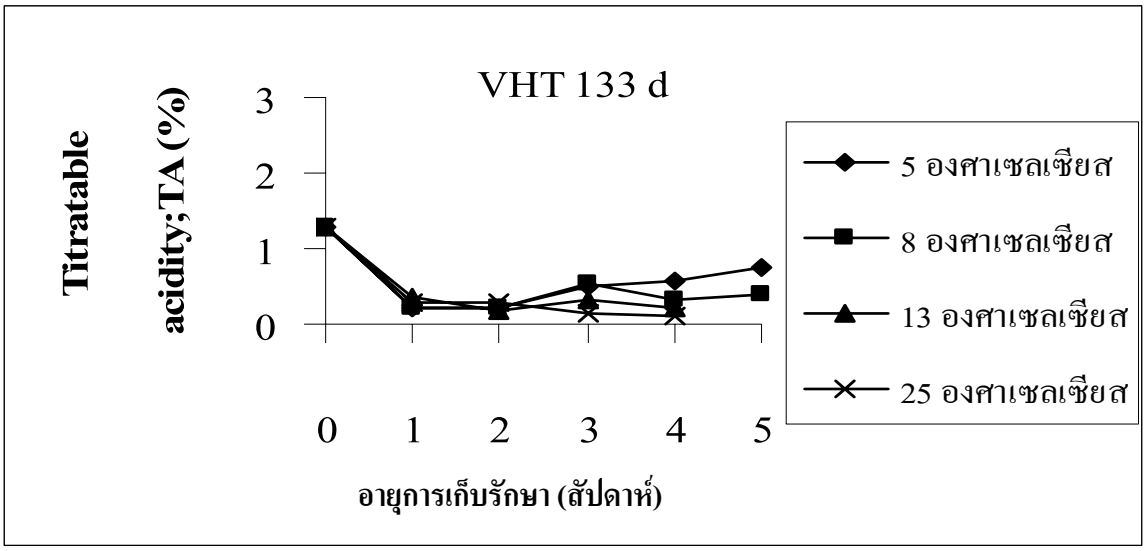


Non-VHT

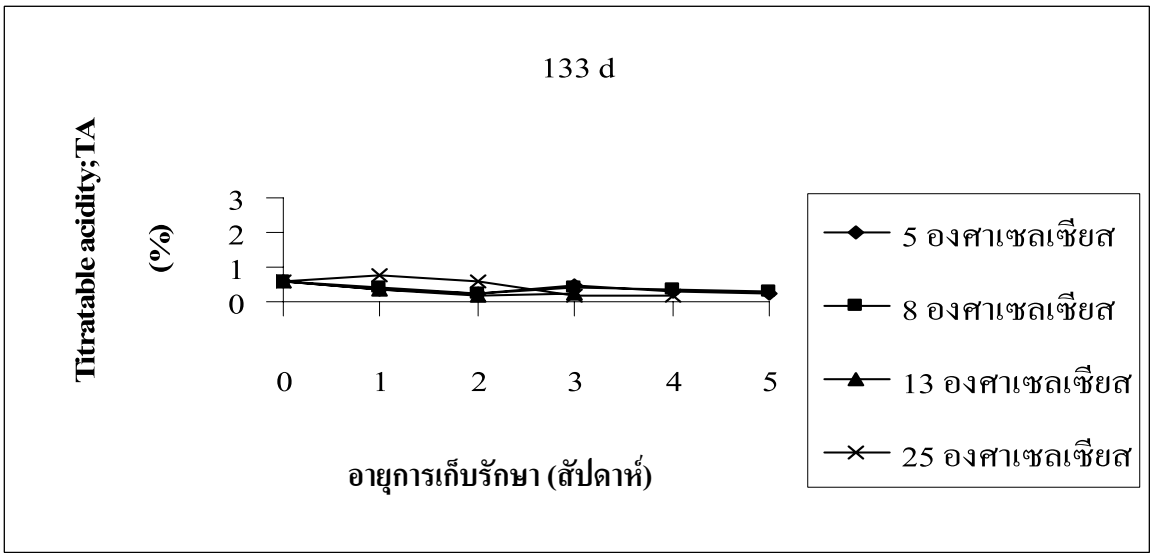


ภาพ 72 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

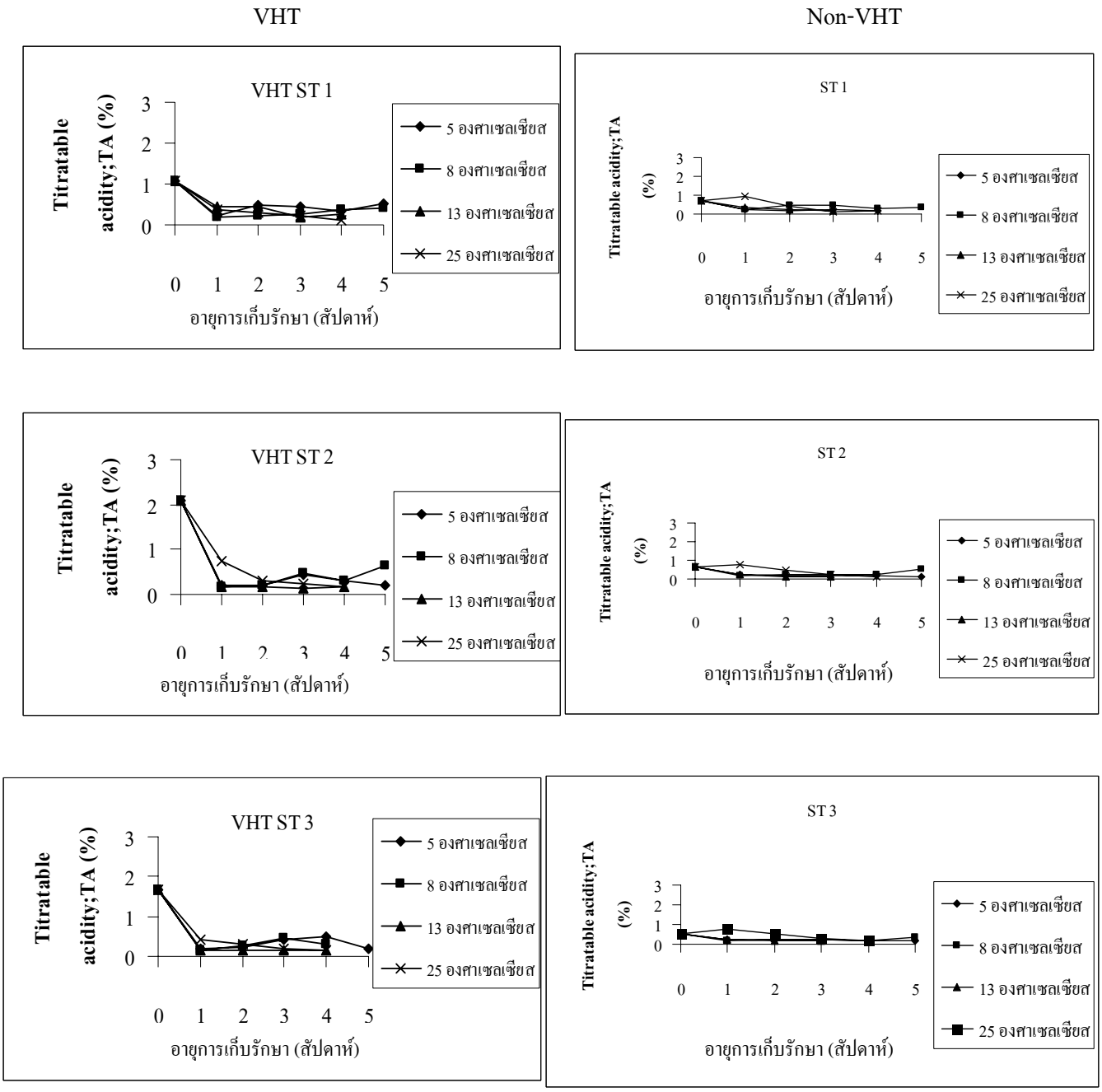
VHT



Non-VHT

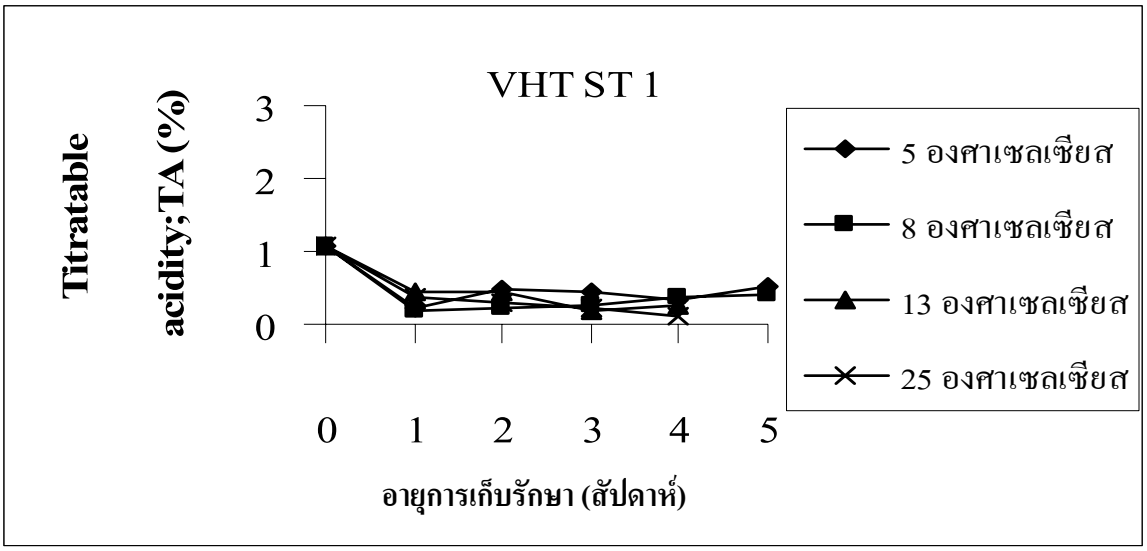


ภาพ 73 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

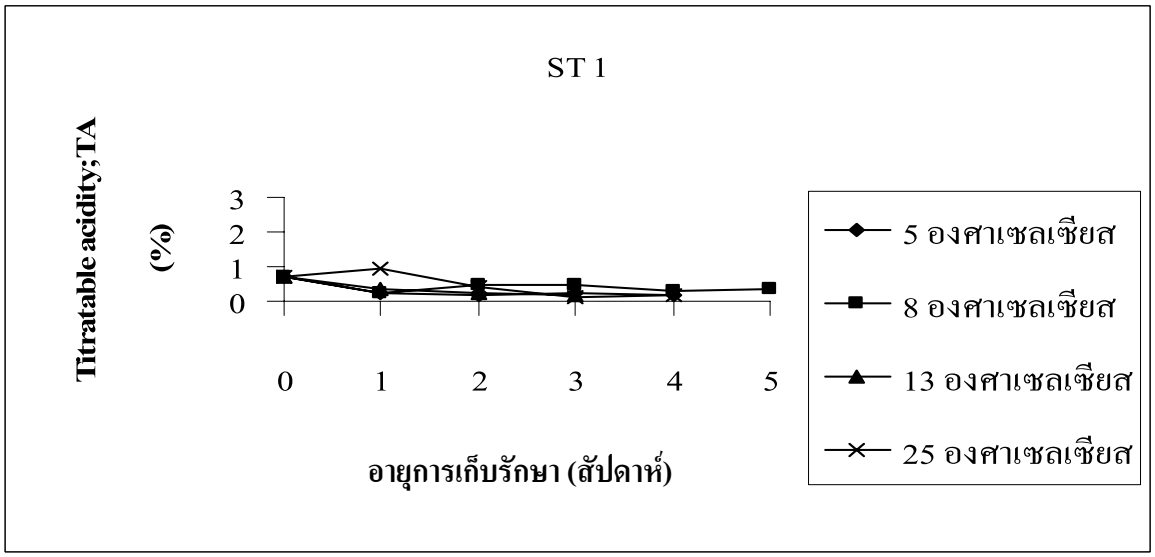


ภาพ 74 การเปรียบเทียบปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน, ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

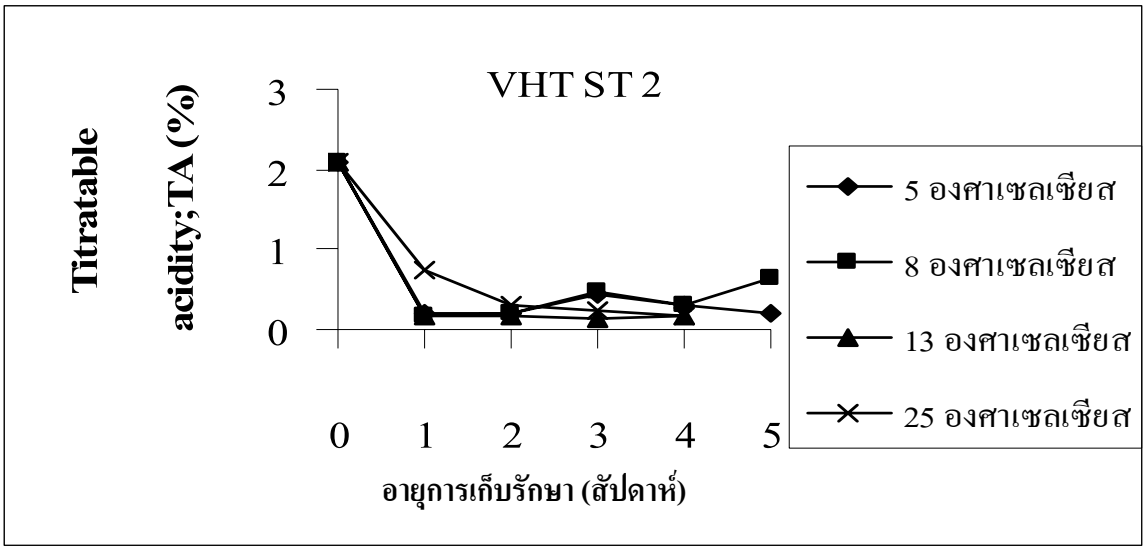


Non-VHT

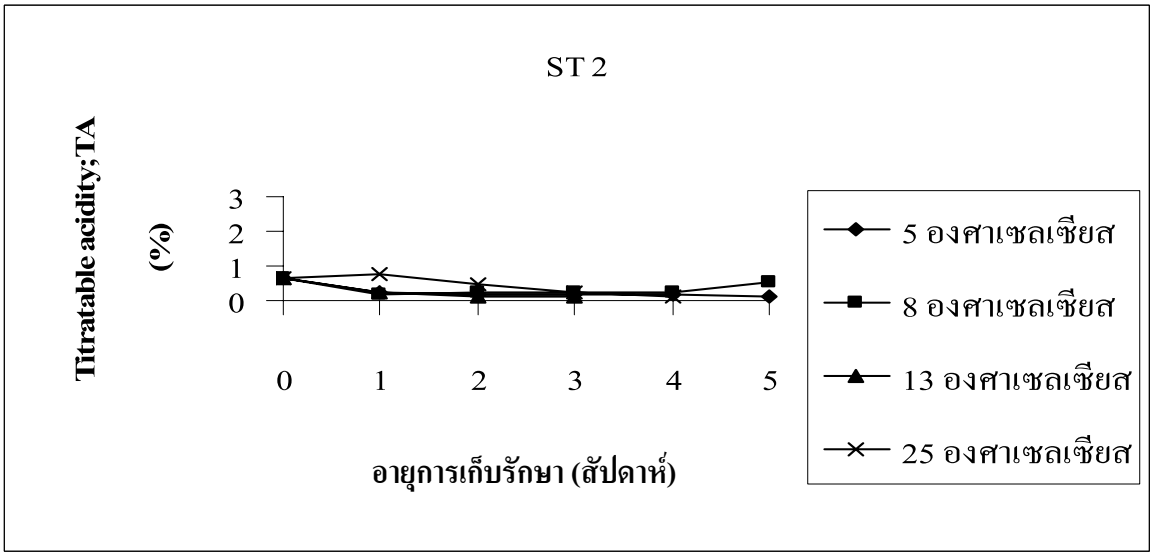


ภาพ 75 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

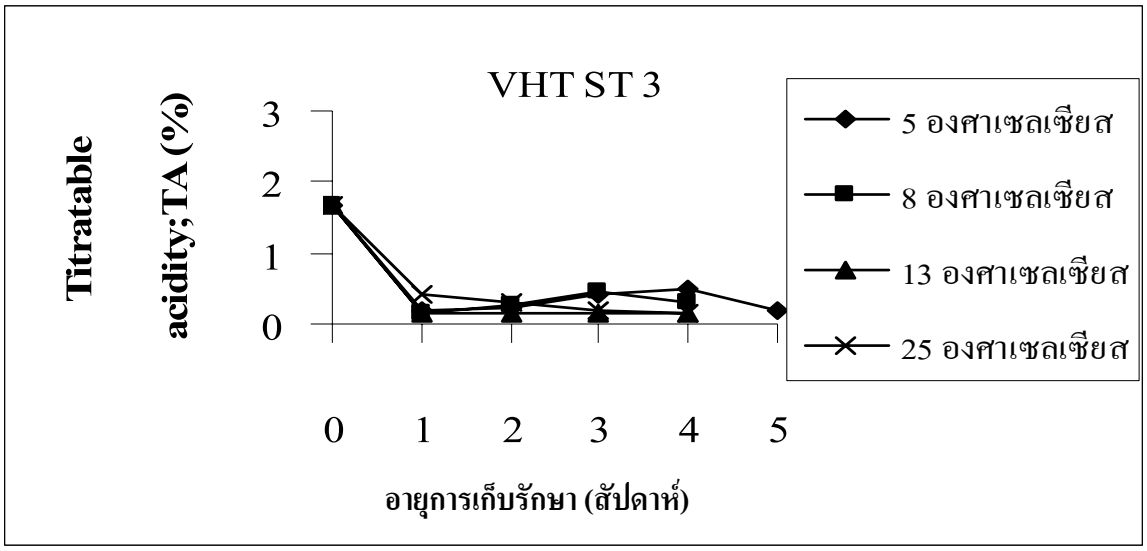


Non-VHT

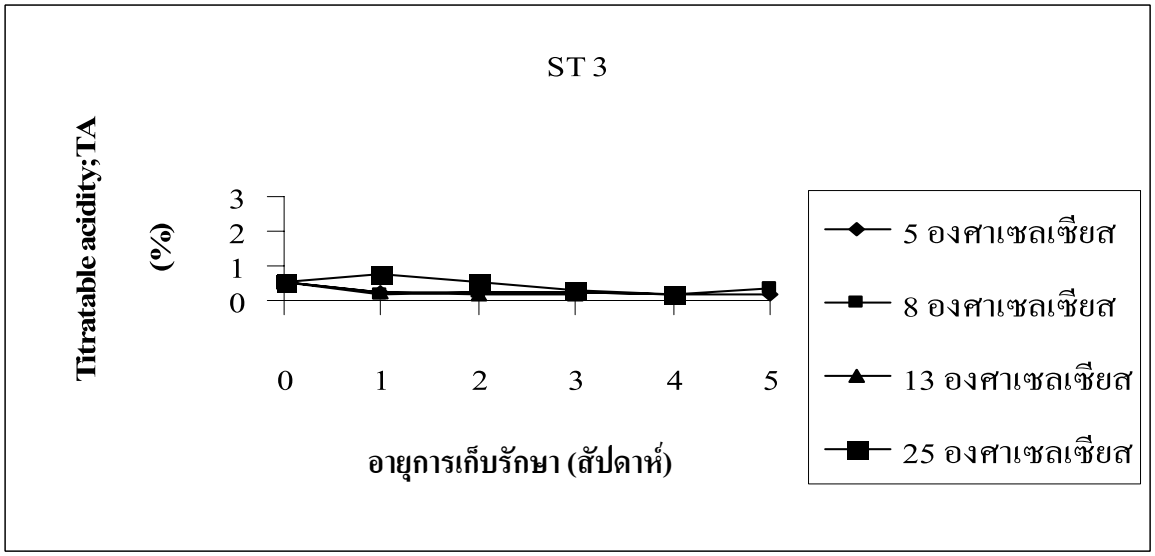


ภาพ 76 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

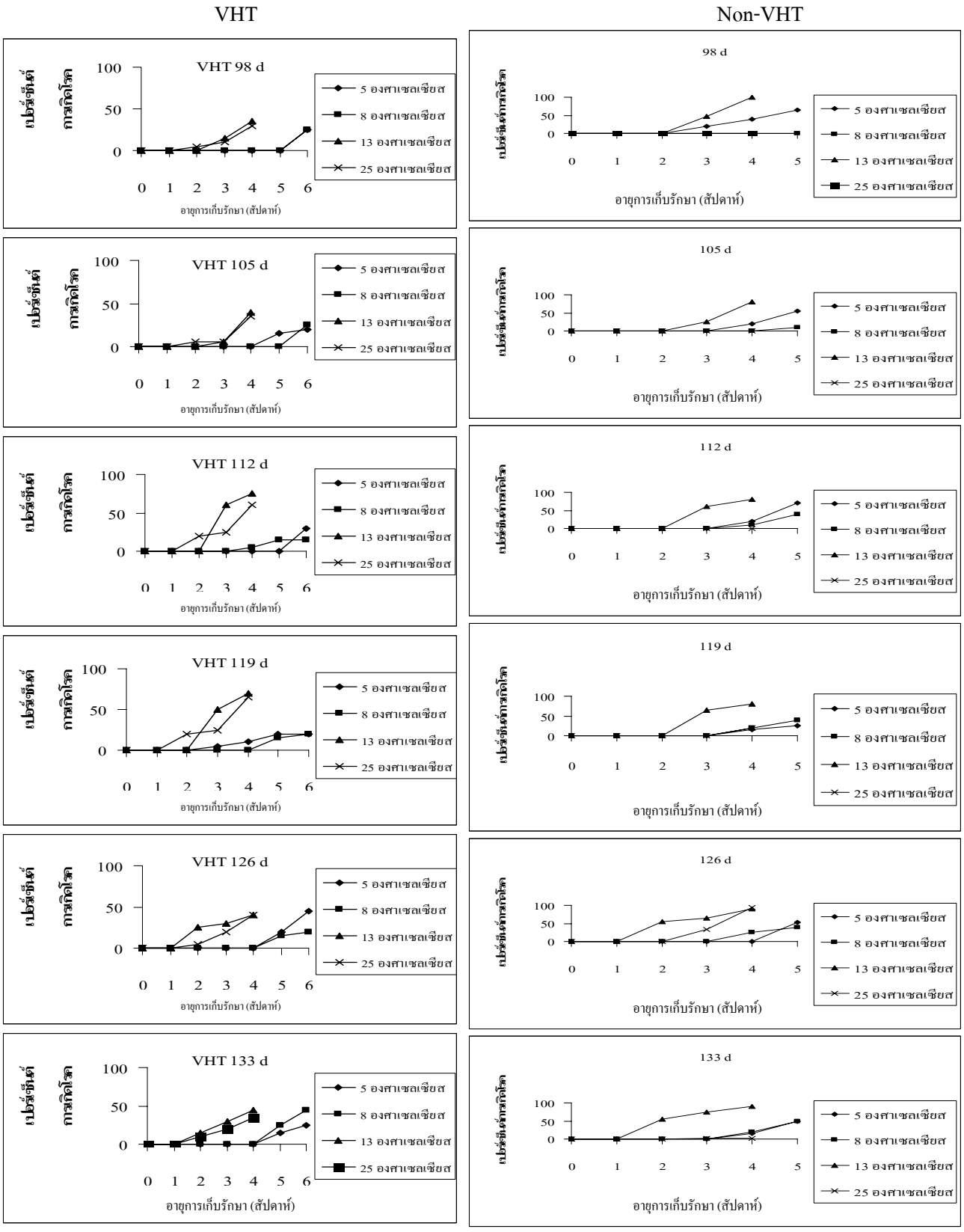
VHT



Non-VHT

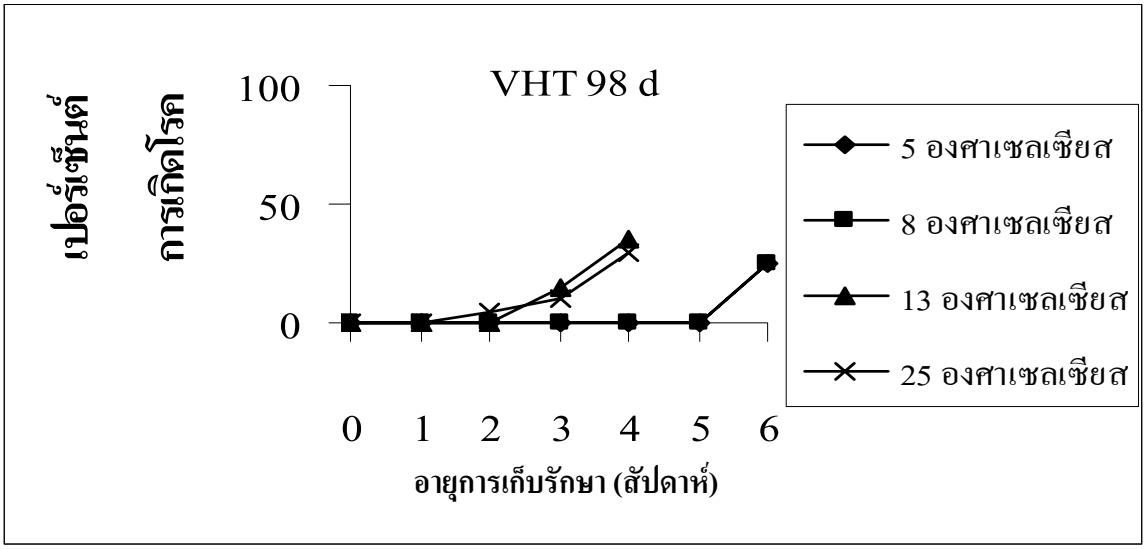


ภาพ 77 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จุ่มในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

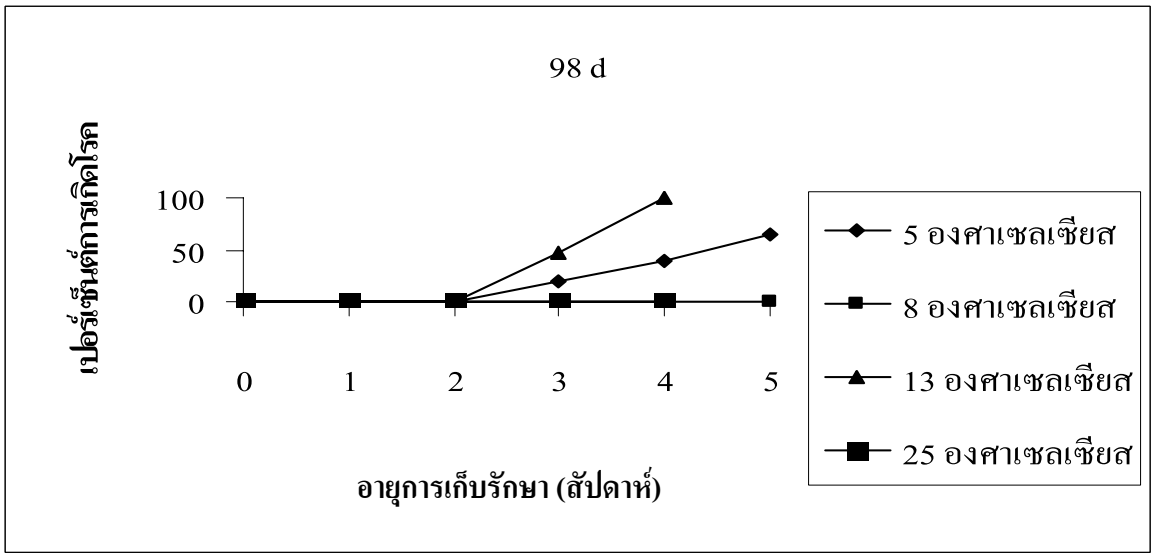


ภาพ 78 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

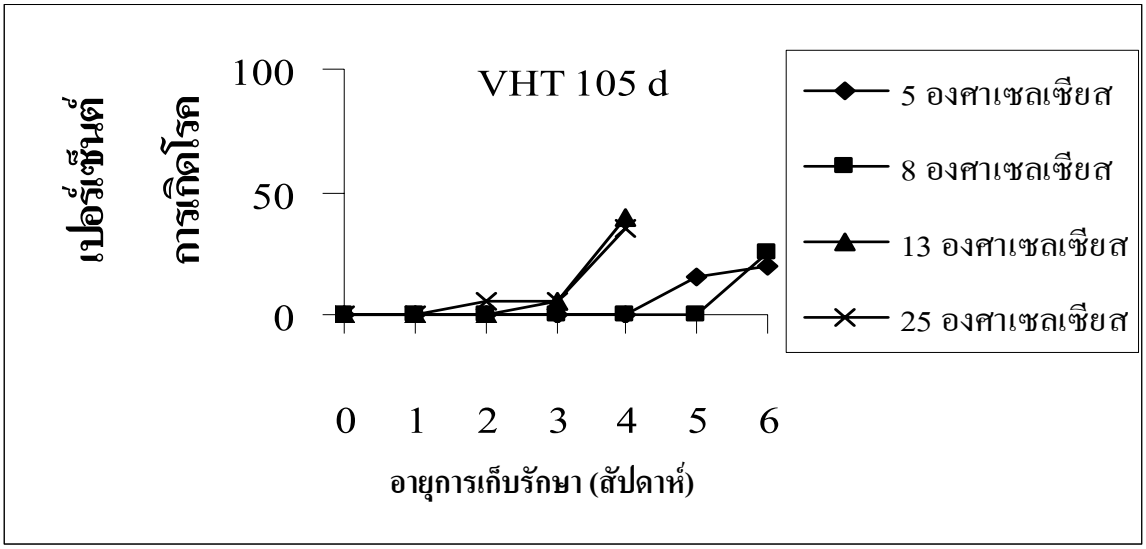


Non-VHT

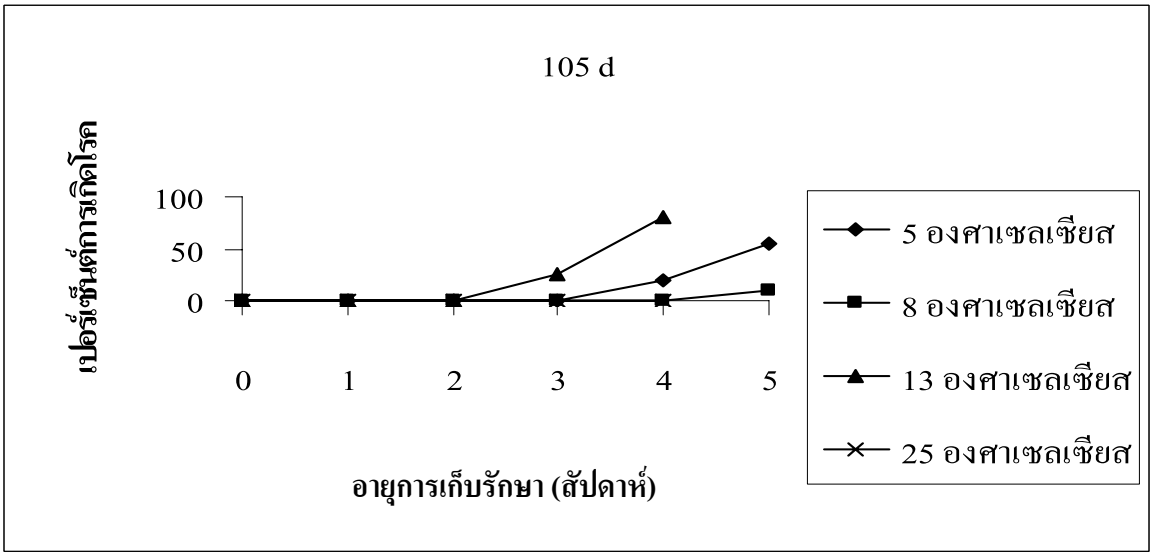


ภาพ 79 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

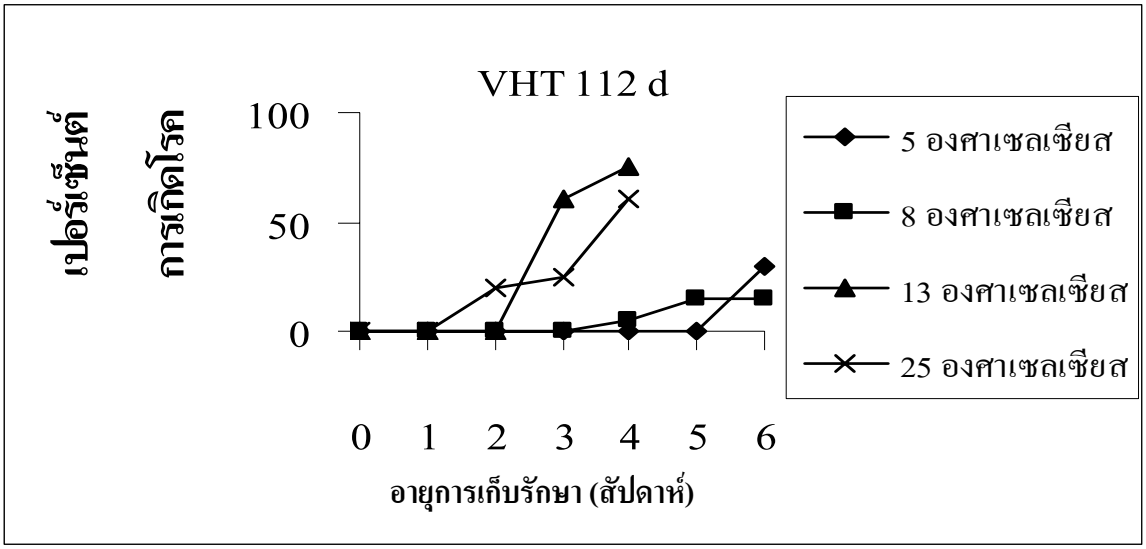


Non-VHT

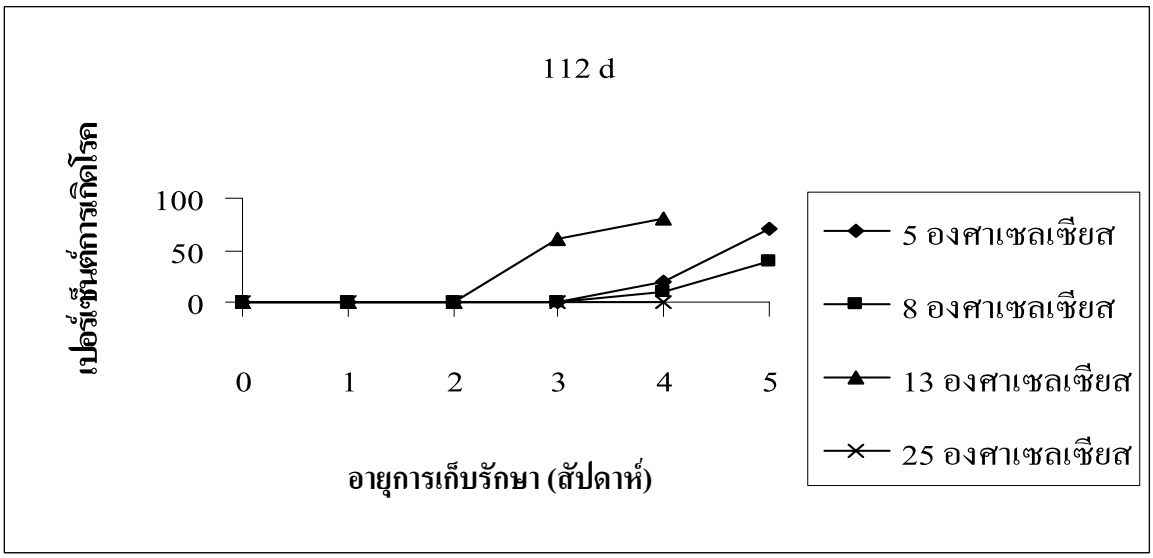


ภาพ 80 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 105 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

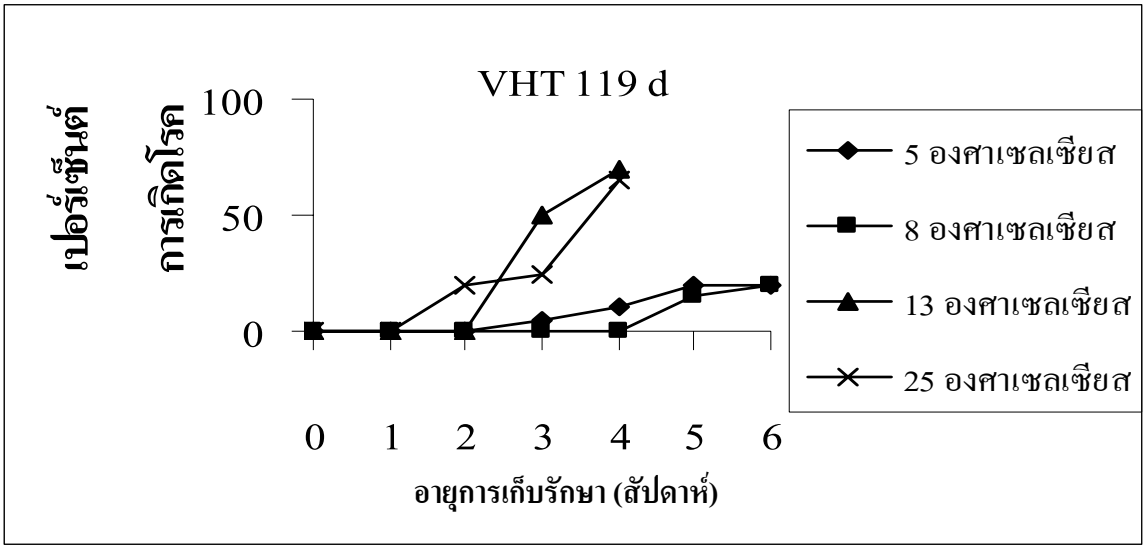


Non-VHT

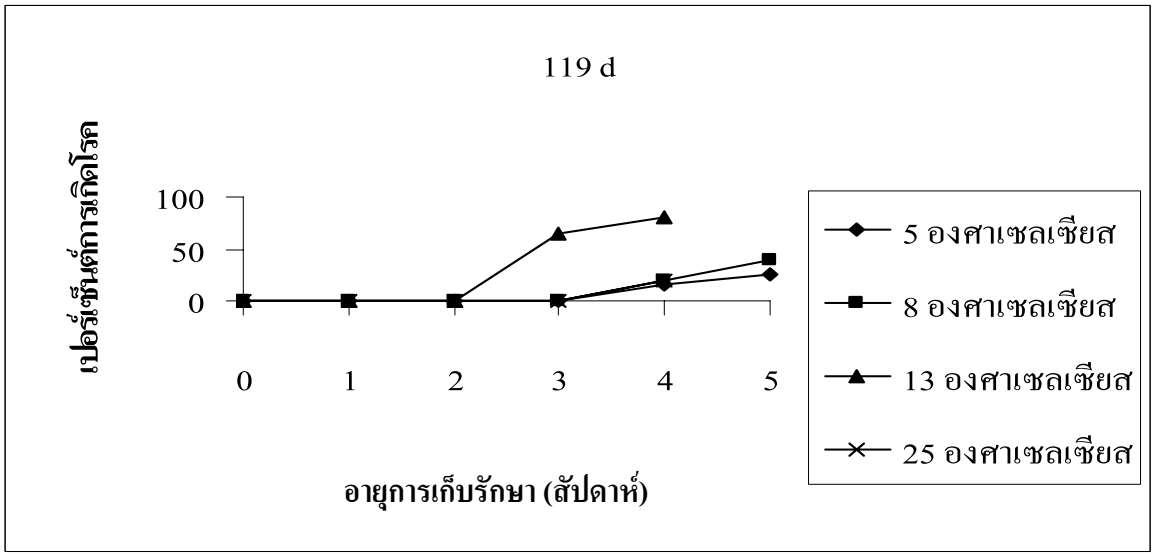


ภาพ 81 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 112 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

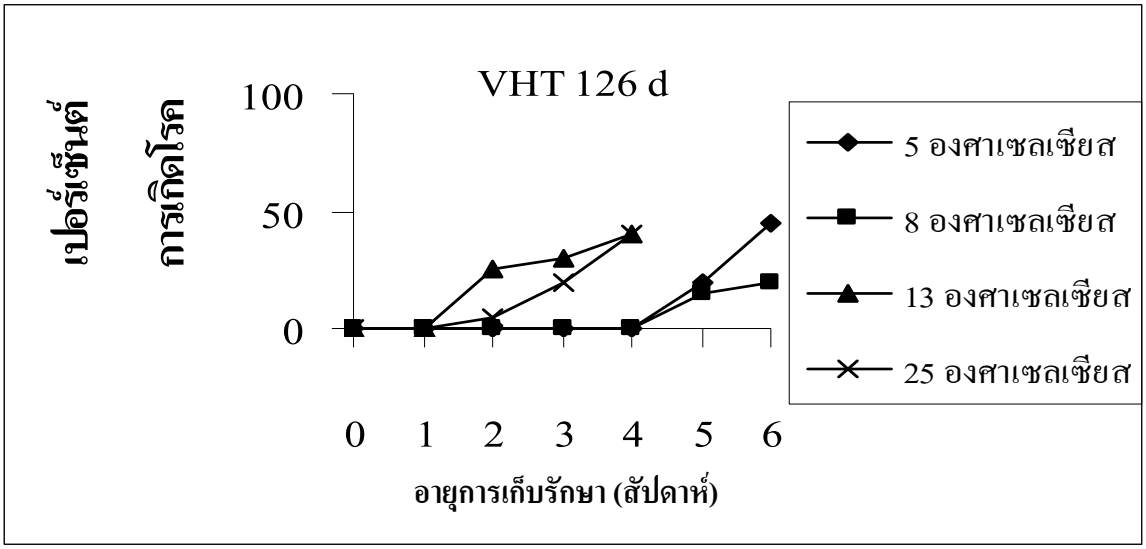


Non-VHT

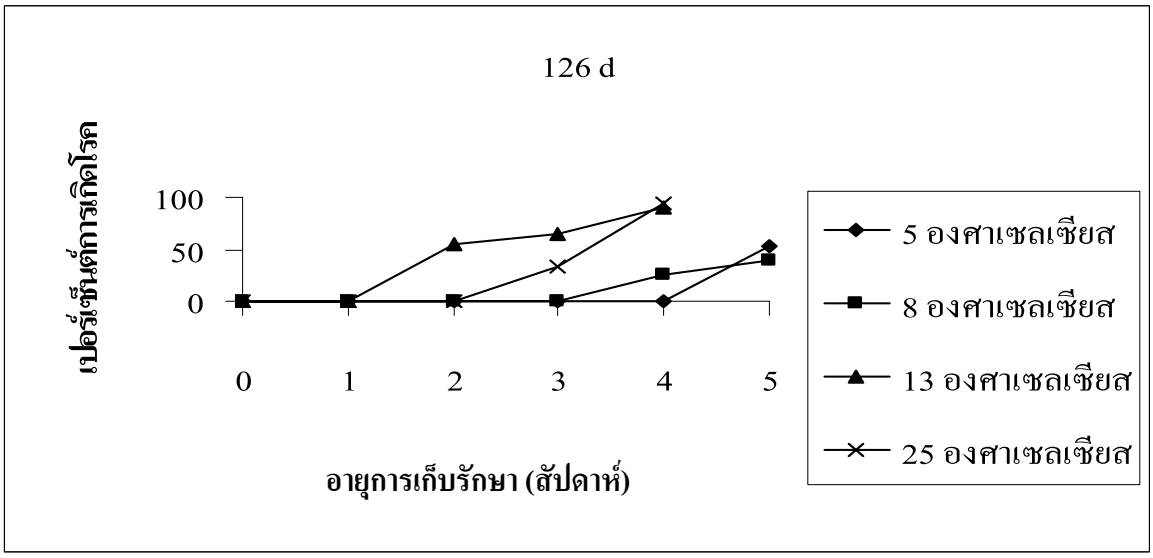


ภาพ 82 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 119 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

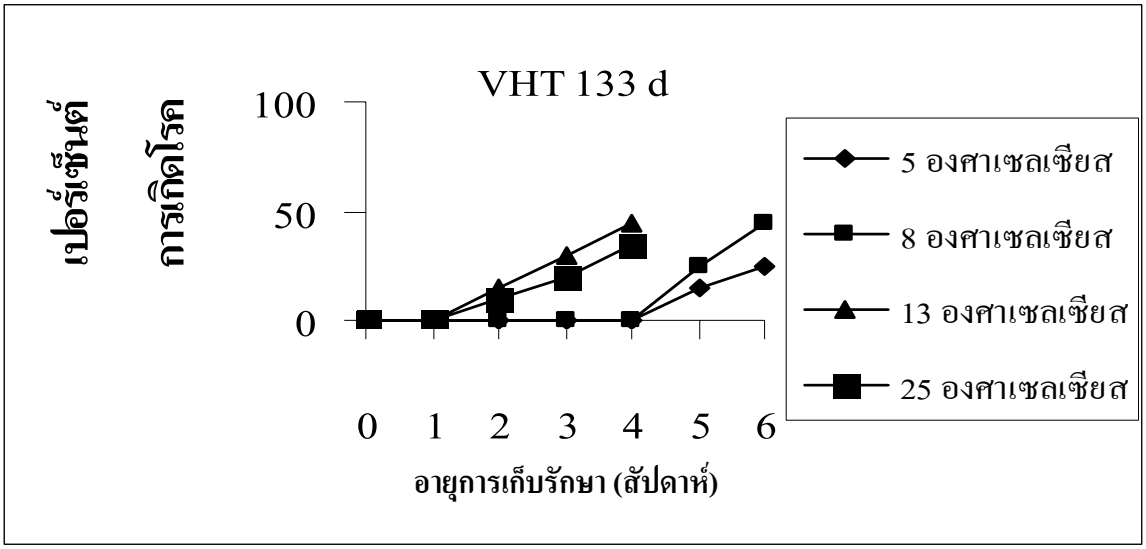


Non-VHT

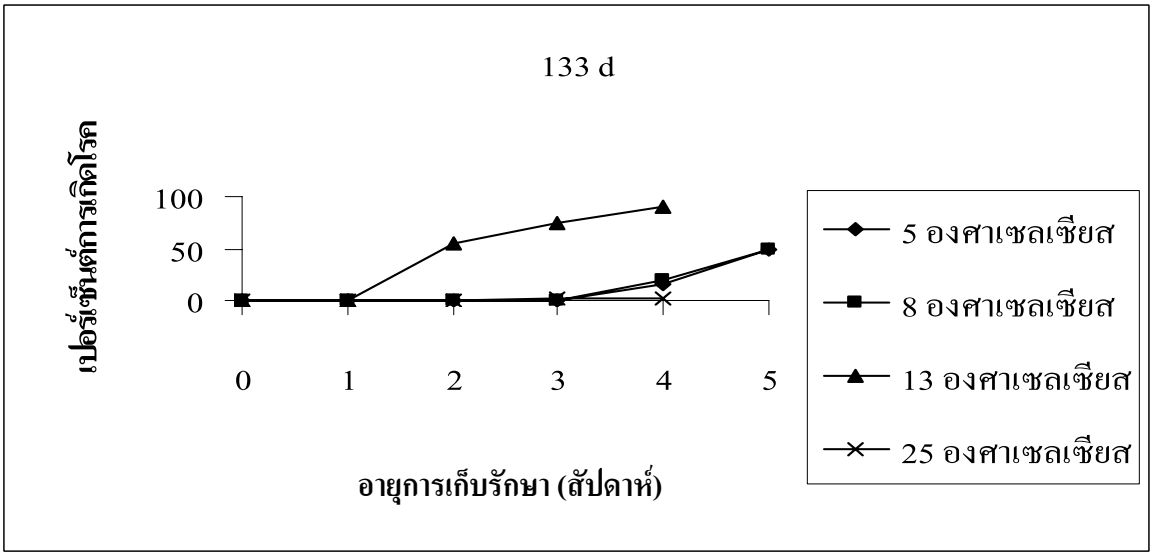


ภาพ 83 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 126 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

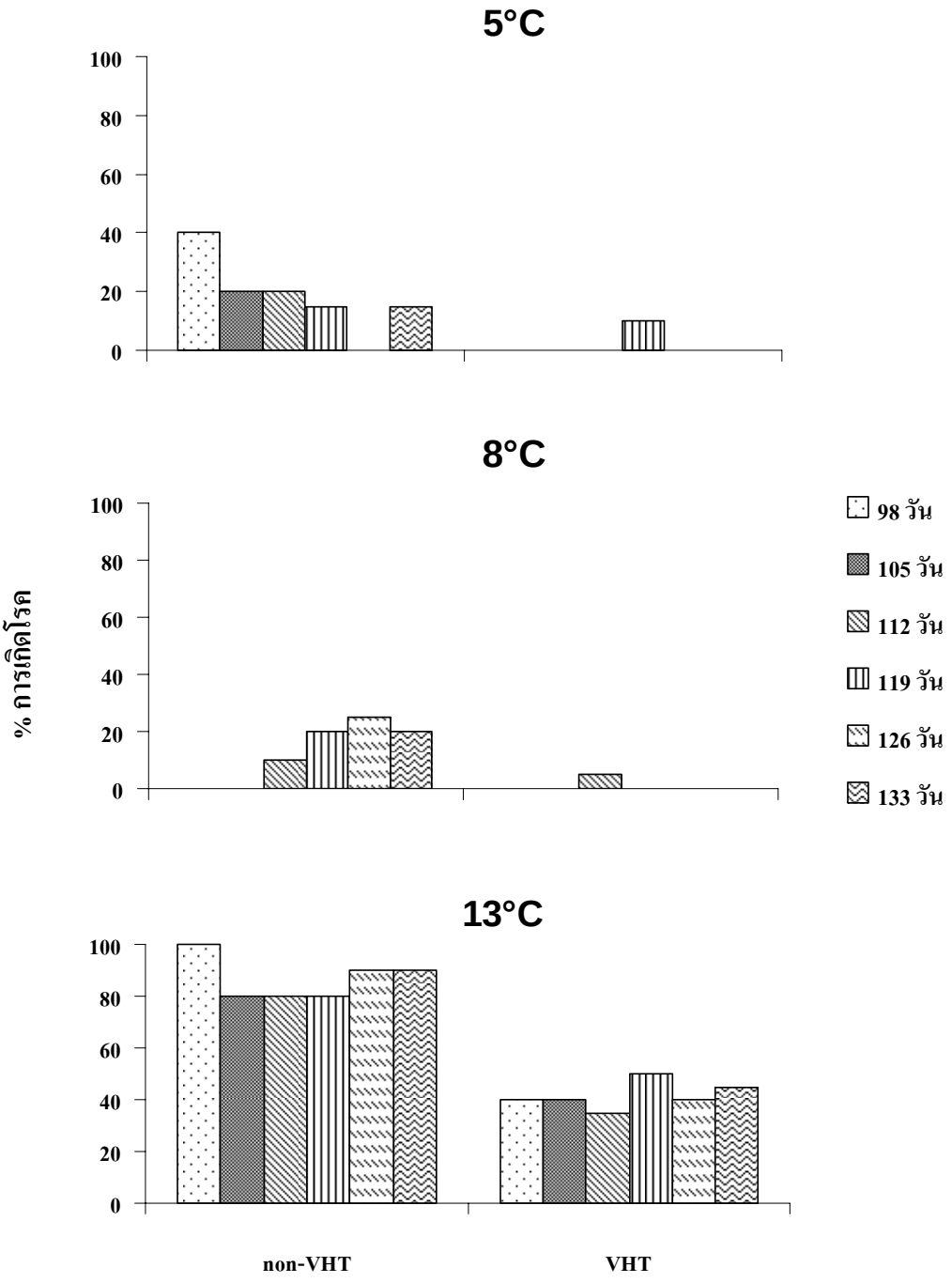
VHT



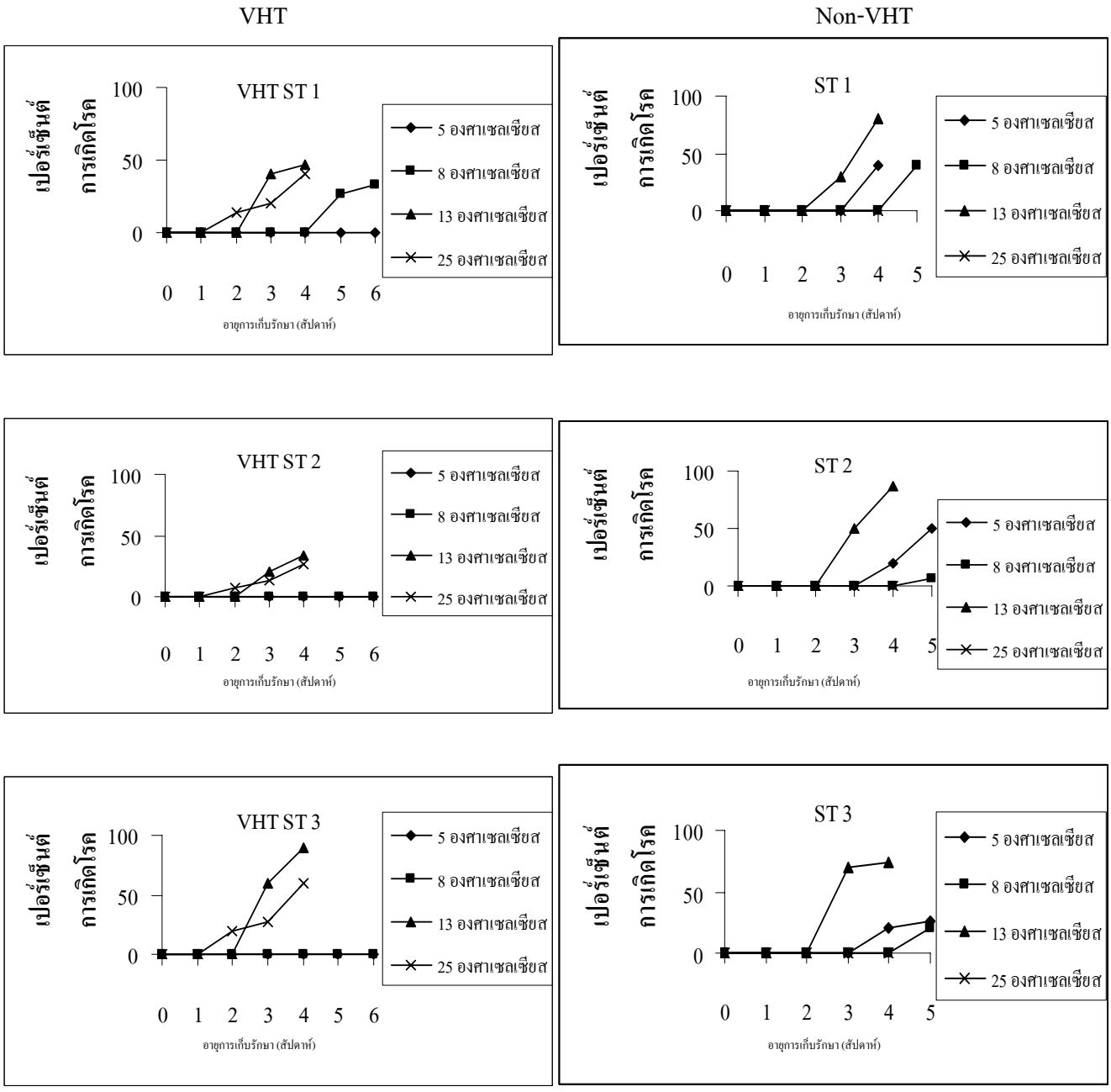
Non-VHT



ภาพ 84 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ระยะ 133 วันหลังดอกบาน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

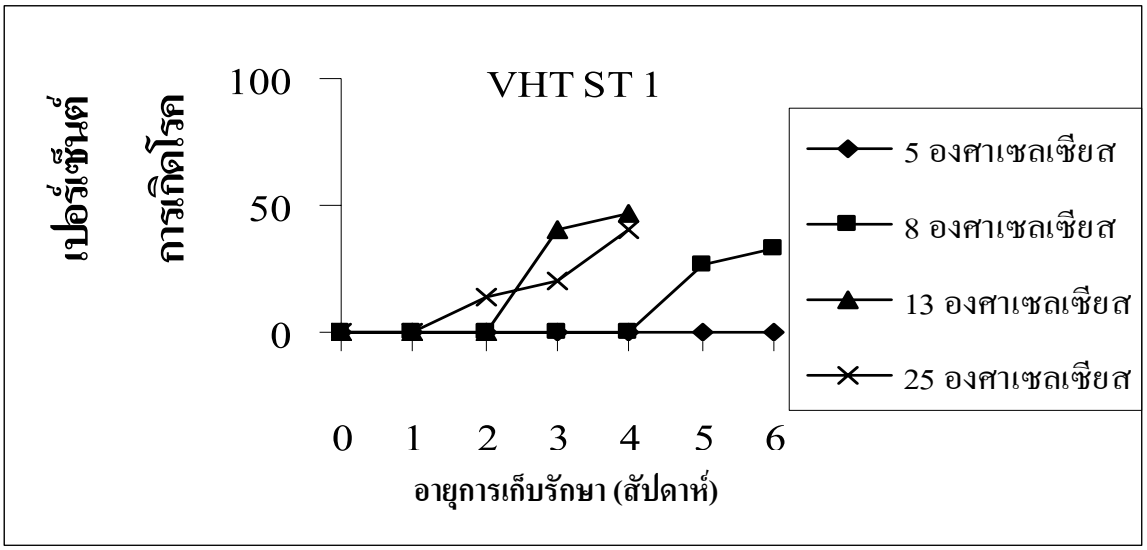


ภาพ 85 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment , VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ

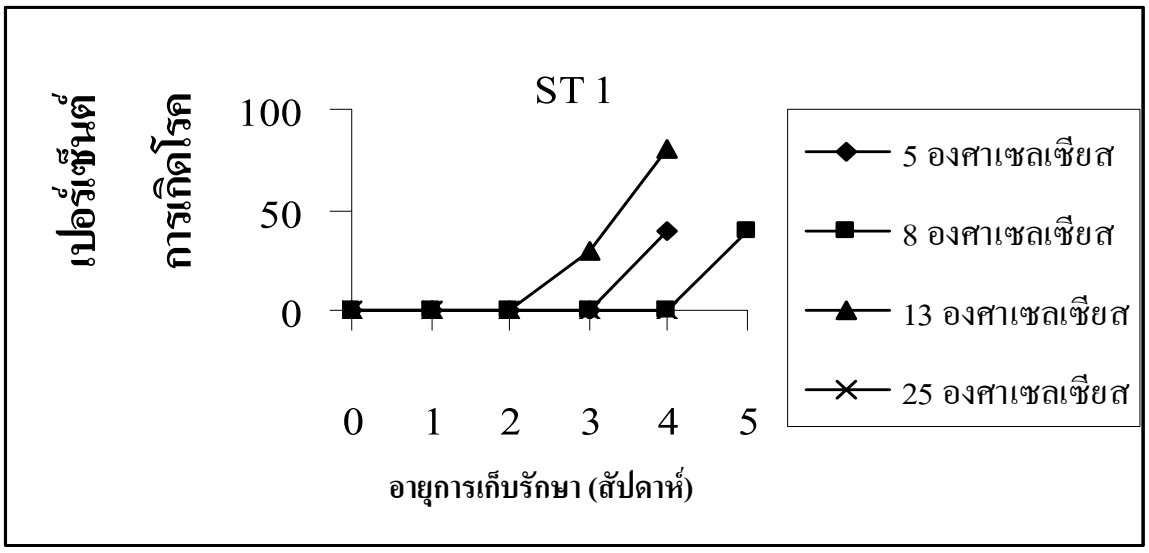


ภาพ 86 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน (โดยมีความถ่วงจำเพาะต่างกัน ST1 = ผลที่ลอยน้ำ; ST2= ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%; ST3= ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

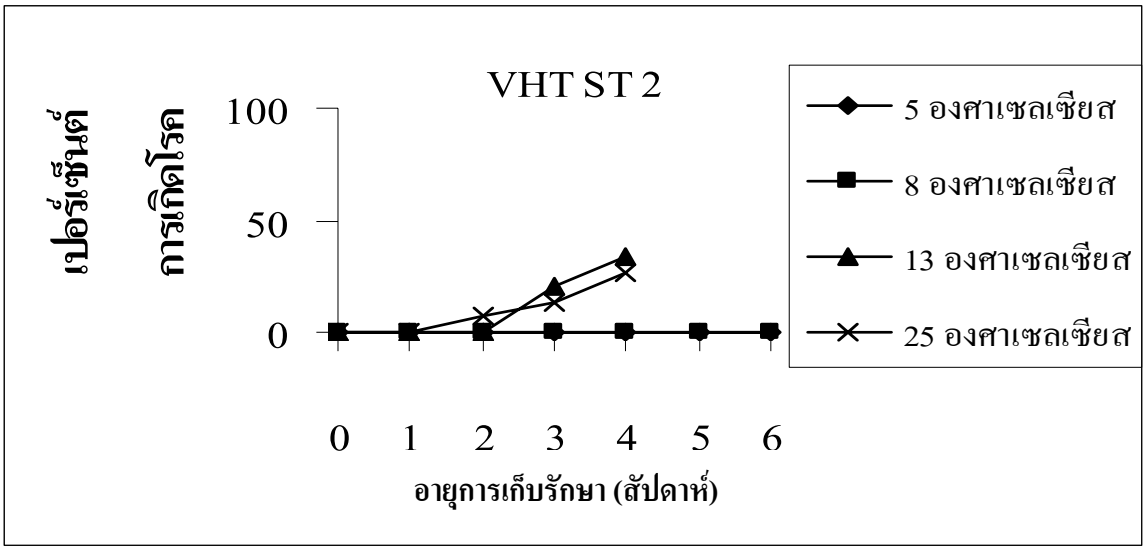


Non-VHT

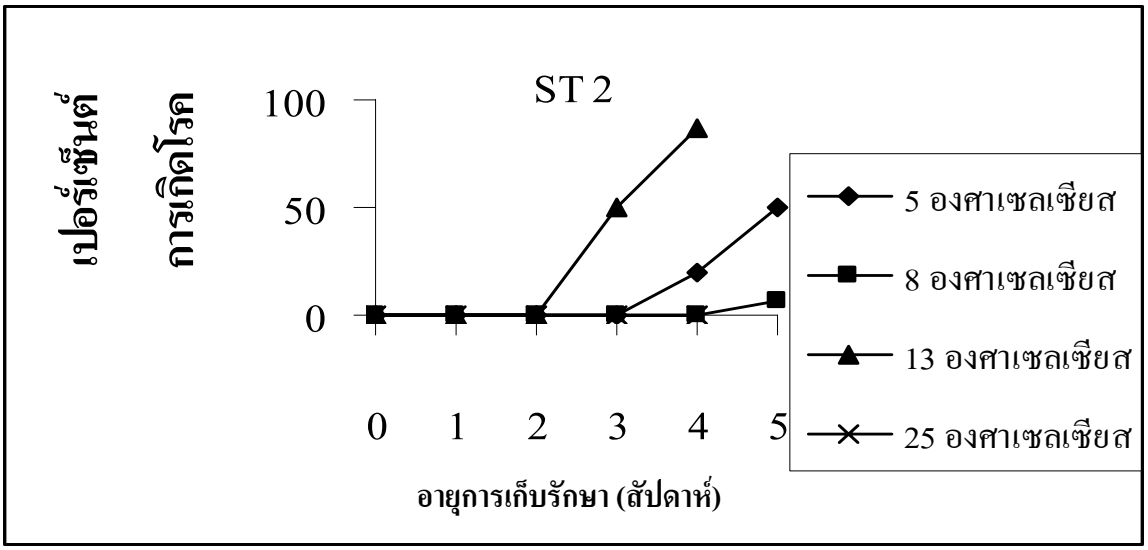


ภาพ 87 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 1 (ST1 = ผลที่ลอยน้ำ) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

VHT

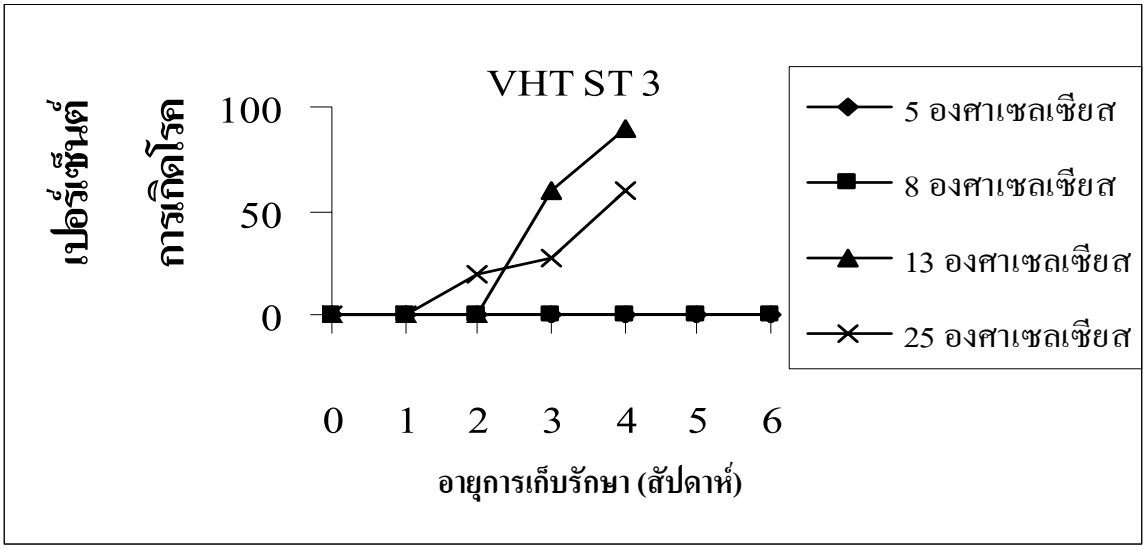


Non-VHT

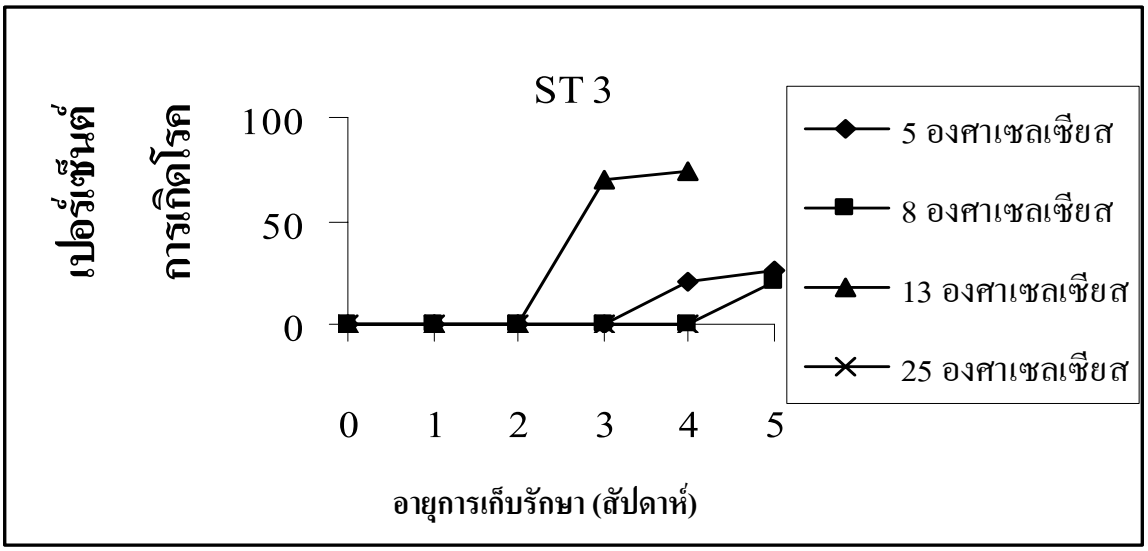


ภาพ 88 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 2 (ST2 = ผลที่ลอยในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

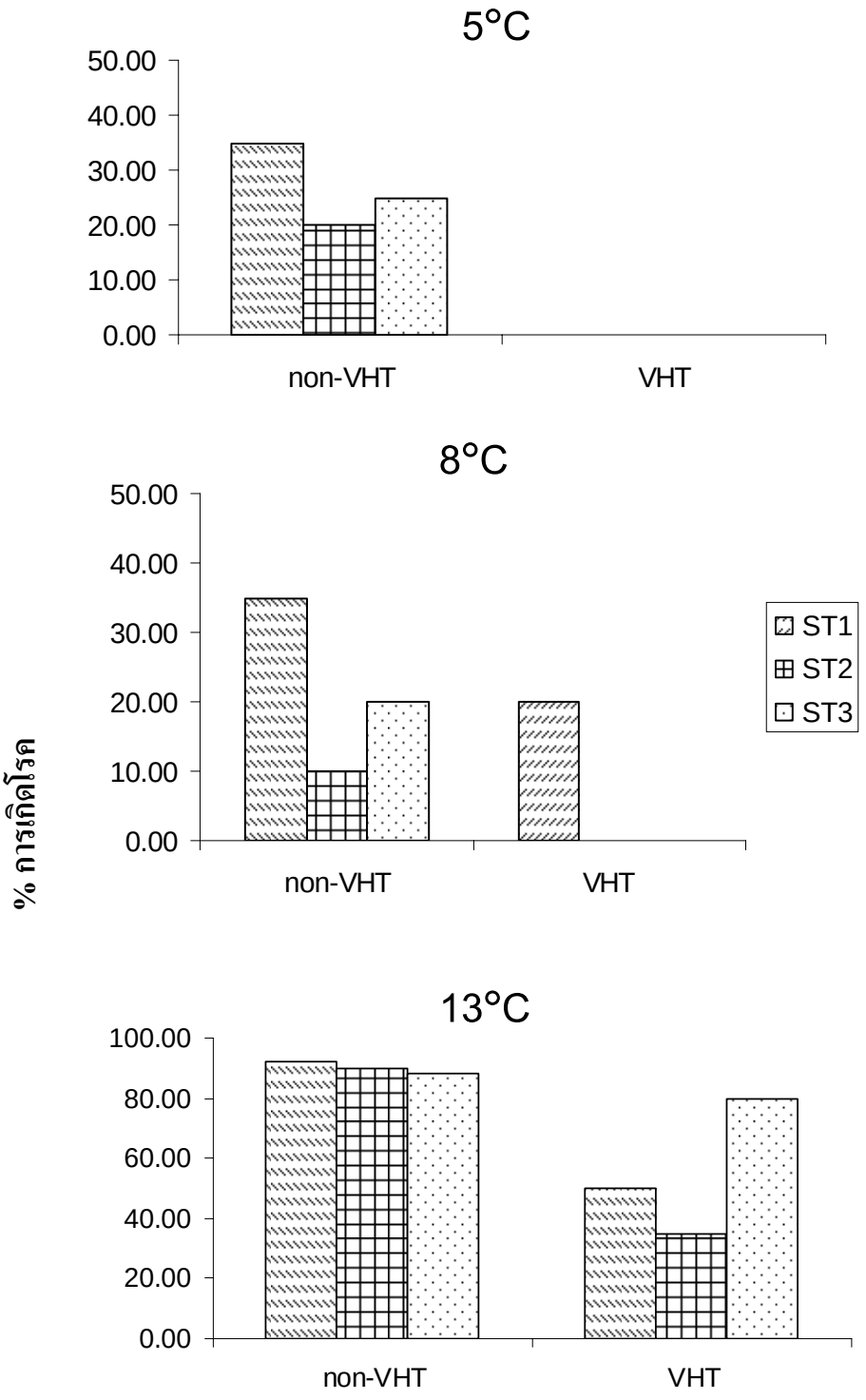
VHT



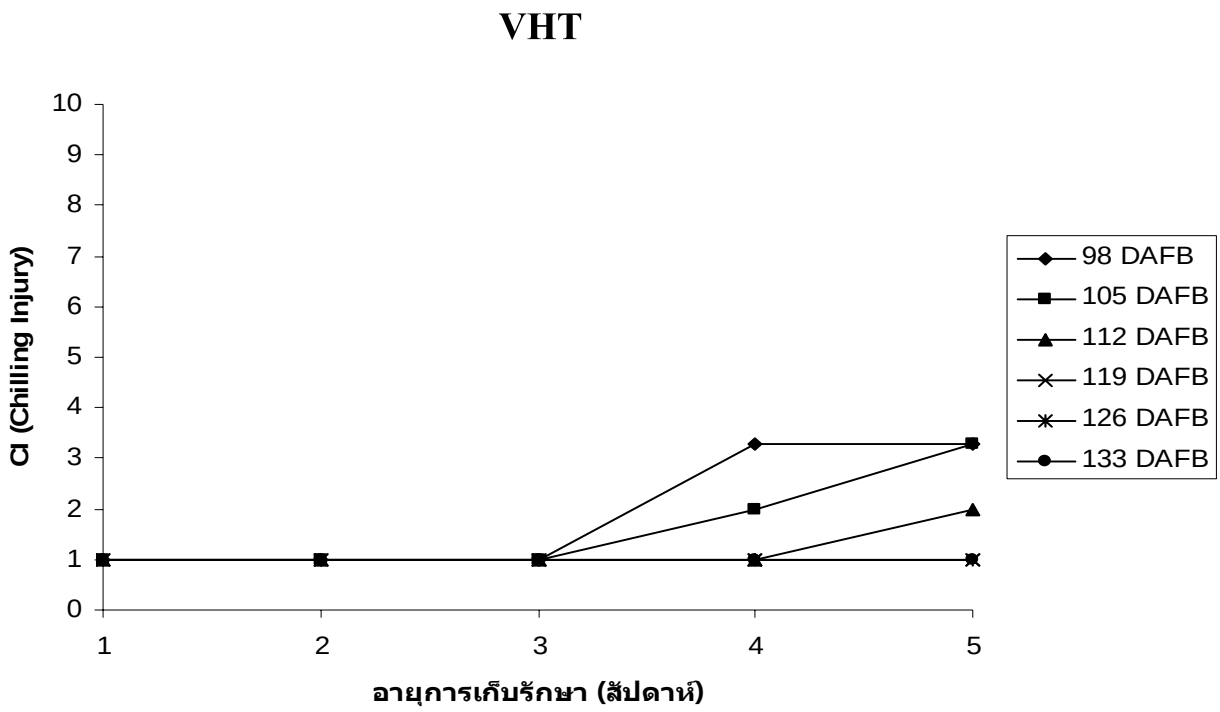
Non-VHT

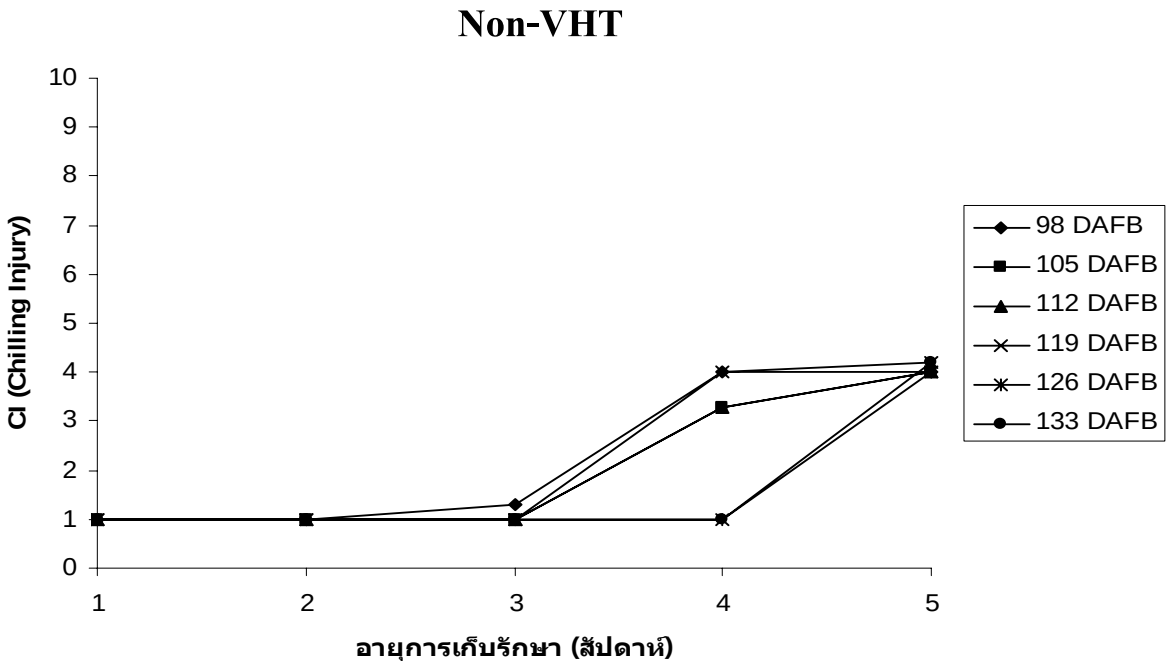


ภาพ 89 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่มีระยะความบริบูรณ์ 3 (ST3 = ผลที่จมในน้ำเกลือ 2%) หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ

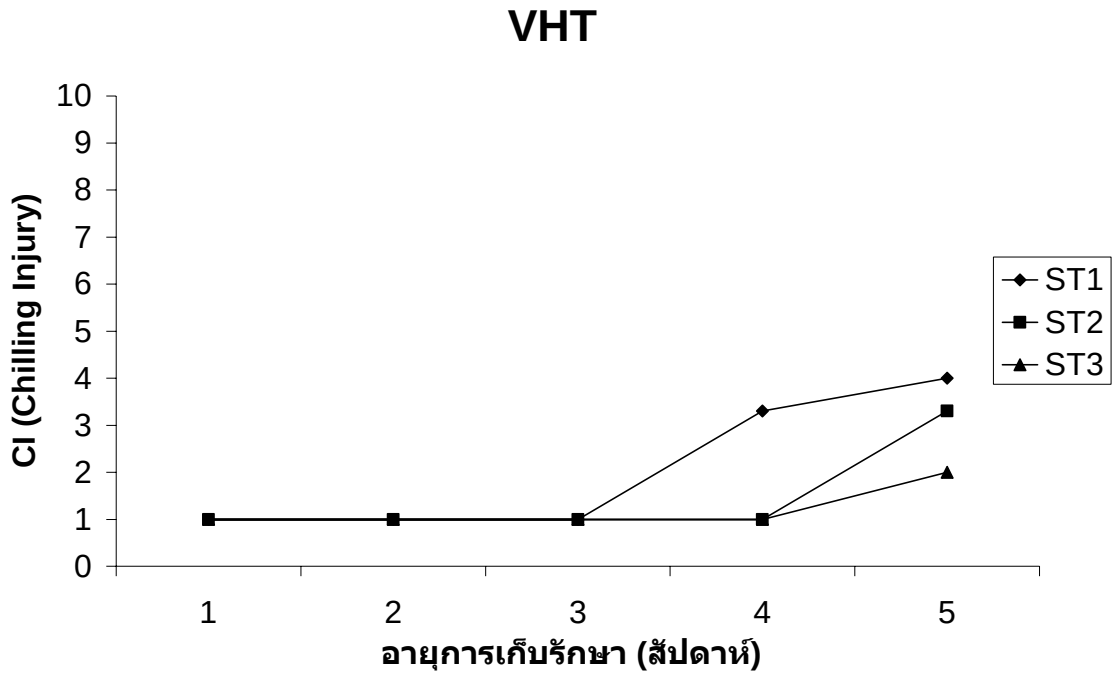


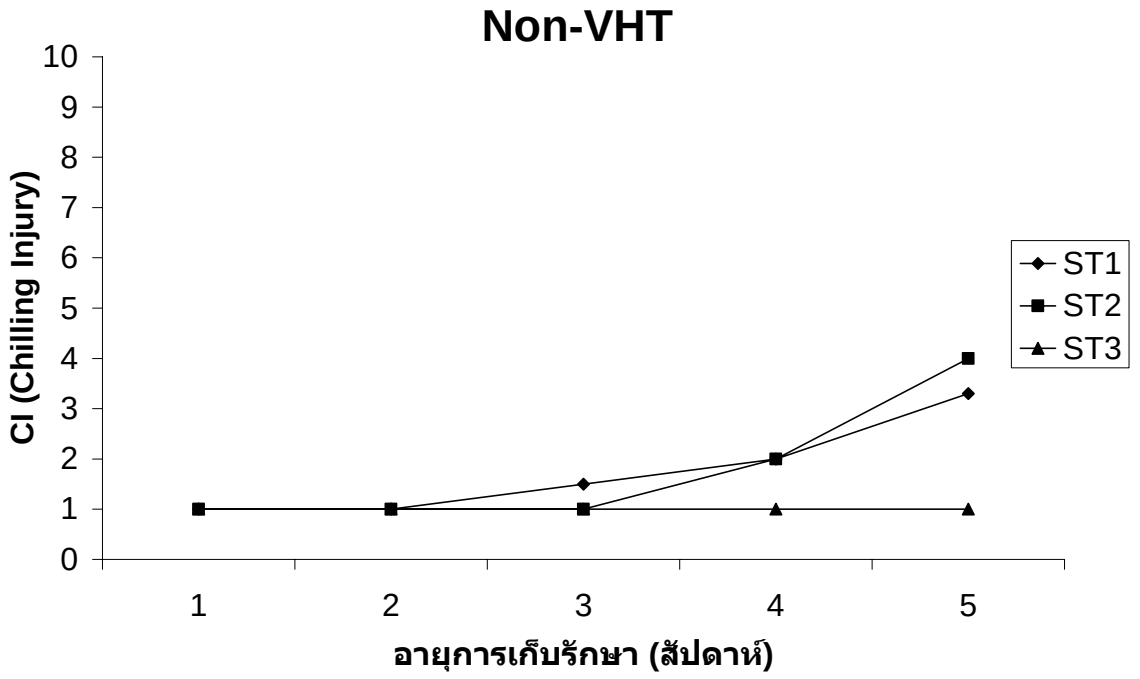
ภาพ 90 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุวันหลังดอกบานต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor heat treatment, VHT) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 5 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ





ภาพ 91 อาการสะท้านหนาวของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่อายุต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (vapor treatment, VHT) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส





ภาพ 92 อาการสะท้านหนาวของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ความถ่วงจำเพาะต่างกัน หลังจากได้รับความร้อน (Vapor Heat treatment) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส

ภาพ 93 แสดงอาการสะท้านหนาว (Chilling injury) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 สัปดาห์

บทที่ 5
อธิปรายผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ผลของระยะความบริบูรณ์ของมะม่วงมหาชนกต่อคุณภาพผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

การสูญเสียน้ำหนักผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบานมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น โดยการสูญเสียน้ำหนักของผลทุกอายุมีค่าไม่ต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก ตั้งแต่อายุ 98 วันหลังดอกบานเป็นผลมะม่วงที่มีความสมบูรณ์ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) แล้วจึงทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันกับผลมะม่วงที่มีอายุ 105-133 วันหลังดอกบาน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวุฒิคุณ (2530) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันที่ทำการเก็บเกี่ยวตั้งแต่อายุ 88-98 วันหลังติดผล มีการสูญเสียน้ำหนักใกล้เคียงกันและเมื่ออายุผลสุกก็จะเหี่ยวเพียงเล็กน้อย ผลที่อยู่ในระยะที่มีความสมบูรณ์ทางสรีรวิทยานั้นจะมีการสะสมของสารประเภทไข (wax) และมีซูเบอรินเพิ่มสูงขึ้น (สายชล, 2528) ซึ่ง Tamjinda *et al*. (1992) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่อยู่ในระยะที่มีความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยาแล้วจะมีชั้นของ cuticle ที่หนาปกคลุมบริเวณรูเปิด lenticel ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะมีผลในการลดการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้

ความแน่นเนื้อของผลจะเริ่มมีค่าลดลงมากเมื่อผลอายุ 98 วันหลังดอกบาน และลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น โดยผลที่มีอายุ 119-133 วันหลังดอกบาน มีค่าความแน่นเนื้อค่อนข้างคงที่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อของผลมะม่วงน่าจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงความแก่ของผลได้ เช่นเดียวกับที่พบในมะม่วงหลายๆ พันธุ์ เช่น มะม่วงพันธุ์ทองดำที่เก็บเกี่ยวเมื่อผลมีค่าความแน่นเนื้ออยู่ในช่วง 17.7-20.4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (สายชลและคณะ, 2534) มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีค่าความแน่นเนื้อระหว่าง 25-26.5 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (นิพนธ์, 2534) และมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันเริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีค่าความแน่นเนื้อ 15.4-16.7 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ค่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงในระยะเก็บเกี่ยวมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกน่าจะใช้ค่าความแน่นเนื้อเป็นดัชนีบ่งชี้ความแก่ของผลได้โดยเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีค่าความแน่นเนื้อระหว่าง 23.0-24.2 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีค่าลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของดวงตราและคณะ (2527) รายงานว่า ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีอายุต่างกันมีความแน่นเนื้อของผลในวันที่เก็บเกี่ยวต่างกัน โดยผลที่มีอายุ 98 วันหลังดอกบาน มีค่าความแน่นเนื้อสูงและค่าความแน่นเนื้อของผลจะค่อยๆ ลดลงจนเมื่ออายุได้ 133 วันหลังดอกบาน Gomez-Lim (1993) รายงานว่าความแน่นเนื้อของผลมะม่วงมีค่าลดลงเนื่องจากการย่อยสลายองค์ประกอบของผนังเซลล์ที่มีเพคตินอยู่มากและเฮมิเซลลูโลสเล็กน้อย โดยเพคตินซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักอยู่ในชั้น middle lamella มีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้นั้นจะทำให้เกิดการอ่อนนุ่มขึ้น โดยมักมีเอนไซม์หลัก 2 ชนิด เร่งปฏิกิริยาการสลายนี้คือ เอนไซม์ pectinesterase

(PE) โดยเอนไซม์ PE จะย่อยเอากลุ่มเมทิลออกจากโมเลกุลของ D-galacturonic acid ที่เป็นสายยาว (Gomez-Lim, 1993) และเอนไซม์ polygalacturonase (PG) โดยเอนไซม์ PG จะย่อยโมเลกุลของ polygalacturonide ให้มีขนาดสั้นลง จนได้ D-galacturonic acid (Steven, 1980) ส่วน Roe and Bruemmer (1981)รายงานว่าการสูญเสียความแน่นเนื้อของผลจะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมเอนไซม์ PG นอกจากนั้นยังมีเอนไซม์ cellulase ซึ่งจะย่อยโมเลกุลของ cellulose และจากการรายงานของสายชลและสุนทร (2537) และ Ueda *et al.* (2000) พบว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลง เมื่อผลมีอายุความแก่เพิ่มสูงขึ้นภายหลังจากเก็บเกี่ยว โดยผลมะม่วงที่มีอายุมากมีค่าความแน่นเนื้อน้อยกว่าในผลที่มีอายุน้อย จากการทดลองนี้หลังจากให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อลดลงมากกว่าในผลขณะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอายุ 119-133 วันหลังดอกบาน มีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับผลอายุ 98-112 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับในผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตราและคณะ, 2527) และพันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) พบว่าผลมะม่วงที่มีอายุมากเมื่อวางไว้ให้สุกมีค่าความแน่นเนื้อลดลงรวดเร็วกว่าผลมะม่วงที่มีอายุน้อย ทั้งนี้เพราะผลที่มีอายุมากมีปริมาณเพคตินน้อยกว่าผลที่มีอายุน้อย (Subramanyam and Krisamurthy, 1976) รวมทั้งเอนไซม์ pectinesterase (PE), polygalactronase (PG) และ cellulase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ cell wall และ middle lamella ในผลไม้ ซึ่งนำไปสู่การอ่อนนุ่มของเนื้อเยื่อขณะสุก (Selvaraj and Kumar, 1989) แต่บทบาทของเอนไซม์เหล่านี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ เช่น ในมะม่วงพันธุ์ Chiin Hwang No.1 พบว่า เอนไซม์ PG ไม่สัมพันธ์กับการลดลงของค่าความแน่นเนื้อของผล (Ueda *et al.,* 2001) ส่วนในผลมะม่วงพันธุ์ Keitt พบว่า เอนไซม์ PG และ cellulase มีความสัมพันธ์กับการอ่อนนิ่มของผลในขณะที่ผลสุก (Roe and Bruemmer, 1981)

สีเปลือกและสีเนื้อของผลจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาผลมะม่วงไว้นานขึ้น ทั้งนี้เพราะในระหว่างการสุกของผลมีการสังเคราะห์แคโรทีนอยด์เพิ่มขึ้น และเกิดการสลายตัวของคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น (Tucker, 1993) โดย Ketsa *et al.* (1999) พบว่า ในระหว่างการสุกของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้แอคติวิตีของเอนไซม์ chlorophyllase จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์ β-carotene เพิ่มขึ้นอีกด้วย จึงมีผลทำให้เปลือกและเนื้อเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลมะม่วงที่มีอายุ 119-133 วันหลังดอกบาน มีการพัฒนาสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีเหลืองได้มากกว่าผลอายุ 98-112 วันหลังดอกบาน โดยพิจารณาจาก a*, b* และ C* ที่เพิ่มสูงขึ้นเมื่อผลสุก สอดคล้องกับการทดลองของสายชลและสุนทร (2535) ที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุมากเมื่อสุกจะมีการพัฒนาของสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีเหลืองเข้มกว่าผลที่มีอายุน้อย เช่นเดียวกับผลมะม่วงพันธุ์ Dashehari (Katra and Tandon, 1983) ทั้งนี้เพราะผลมะม่วงที่มีอายุมากเมื่อสุกมีปริมาณการสังเคราะห์เบตา-แคโรทีนสูงกว่าผลที่มีอายุน้อย (John *et al.*, 1970) และจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อของผลมะม่วงพันธุ์เคนท์ โดย ดิศร (2541) พบว่า ค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และสีเนื้อด้านที่ติดเมล็ดจะมีค่า L* มากกว่าด้านที่ติดเปลือก ส่วนค่า a* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างติดเนื่องตามการพัฒนาของผลโดย

มีค่าจากลบเป็นบวกเพิ่มขึ้น และสีเนื้อด้านติดเมล็ดมีค่ามากกว่าสีเนื้อด้านที่ติดเปลือก แสดงว่าผลแก่เพิ่มขึ้นสีเนื้อจะเป็นสีส้มเพิ่มขึ้น และสีเนื้อด้านติดเมล็ดจะมีสีส้มมากมากกว่าสีเนื้อด้านที่ติดเปลือก ส่วนค่า b* สีเนื้อจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อผลอายุเพิ่มขึ้นซึ่งให้ค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น และสีเนื้อด้านที่ติดเมล็ดจะมีค่า b* มากกว่าสีเนื้อด้านที่ติดเปลือก โดยสีเนื้อจะเริ่มเป็นสีเหลืองจางส่วนติดเมล็ดแล้วค่อยๆ ออกสู่ด้านนอกของผลและพบการแปลงเปลี่ยนของปริมาณเบตา-แคโรทีนในเนื้อผลเพิ่มขึ้นเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้น

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกทั้ง 6 ระยะบริบูรณ์ พบว่า TSS เพิ่มสูงขึ้นตามอายุของผลที่เพิ่มขึ้น โดยผลที่มีอายุ 126-133 วันหลังดอกบาน มีปริมาณ TSS สูงกว่าผลที่มีอายุ 98-119 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับมะม่วงพันธุ์อื่นๆ เช่นน้ำดอกไม้ (ดวงตราและคณะ, 2527) พันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) และพันธุ์ Dashehari (Kalra and Tandon, 1983) ซึ่งหลังจากปล่อยให้ผลมะม่วงสุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณ TSS เพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (Medlicott *et al.,* 1998 ; Medlicott *et al.,* 1990) เพราะผลมะม่วงที่มีอายุมากมีการสะสมแป้งมากกว่าผลที่มีอายุน้อยจึงทำให้แป้งถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่อผลสุกได้มากกว่า (สายชลและสุนทร, 2535) ซึ่ง Vazquez-Salinas and Lakshminarayana (1985) พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS ในผลสุกมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการสลายตัวของแป้ง ผลมะม่วงมีการสะสมอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังการเก็บเกี่ยวแป้งจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ TSS (Kapse and Katrodia, 1996) น้ำตาลที่พบมากในผลมะม่วงพันธุ์ Haden, Irwin, Kent และ Keitt คือ น้ำตาลซูโครสมากกว่า 75% ของน้ำตาลทั้งหมด

การประเมินการเกิดโรคของผลมะม่วง พบว่า ผลที่มีอายุน้อยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยและมีการเข้าทำลายของโรคช้ากว่าผลที่มีอายุมาก เช่นเดียวกับการทดลองของ Karla and Tandon (1983) ที่รายงานว่าในผลมะม่วงพันธุ์ Dashehari ที่ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อผลมีอายุมากจะมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคสูง โดยจากการทดลองที่ได้เห็นว่าโรคเริ่มมีการเข้าทำลายเมื่อผลเข้าสู่กระบวนการสุก ทั้งนี้เพราะเป็นช่วงที่ความแน่นเนื้อของผลมะม่วงมีค่าลดลงหรือโครงสร้างของผนังเซลล์เริ่มเปลี่ยนแปลงโมเลกุลของเพคตินและเฮมิเซลลูโลสถูกเอนไซม์บางชนิดย่อยสลายการยึดเกาะของโมเลกุลต่างๆ และการยึดเกาะกันระหว่างเซลล์ลดลง จึงเปิดโอกาสให้เชื้อสาเหตุของโรคเข้าไปในผลิตผลได้ง่ายขึ้น (Droby *et al.,* 1986; Droby *et al.,* 1987) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของผลผลิตก็มีผลต่อการเข้าทำลายของโรคด้วย เช่น ในขณะที่ผลดิบเนื้อผลจะมีปริมาณของกรดและแป้งมาก แต่มีปริมาณน้ำตาลน้อย จากนั้นเมื่อผลสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล ส่วนกรดอินทรีย์ต่างๆ ก็ถูกใช้ไปในกระบวนการหายใจทำให้มีปริมาณลดลงและมีน้ำตาลเพิ่มขึ้นรวมทั้งค่า pH เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีจึงเกิดโรคได้ง่าย (จริงแท้, 2538)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก

ผลมะม่วงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 8 วัน ที่อุณหภูมิห้องมีค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13, 8 และ 25 องศาเซลเซียส ที่ค่าความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21-28 วัน พบว่าความแน่นเนื้อมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วในขณะผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา สอดคล้องกับการทดลองกับการทดลองของ Chaplin *et al.,* (1991) ที่พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Kensington ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ผลจะเกิดการสุกและทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลงและที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ผลเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน เริ่มมีความแน่นเนื้อลดลง ในขณะที่ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ Lederman *et al.* (1997) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์ Keitt ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีค่าความแน่นเนื้อลดลงหลังจากทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และในผลมะม่วงพันธุ์ Amelie, Tommy Atkins และ Keitt ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส มีความแน่นเนื้อลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 14-21 วัน (Medlicott *et al.,* 1990) เมื่อนำผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส มาวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่าความแน่นเนื้อของผลที่เก็บรักษาไว้ทั้ง 2 อุณหภูมิ เมื่อผลสุกมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ปริมาณ total soluble solids (TSS) ในมะม่วงพันธุ์มหาชนก ช่วงอายุ 98-112 วันหลังดอกบานมีค่าคงที่ เนื่องจากมะม่วงอาจเก็บสะสมอาหารในรูปแป้งมากกว่าน้ำตาล (Fuchs *et al.,* 1980) ทำให้ปริมาณ TSS เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วง 126-133 วันหลังดอกบาน เนื่องมาจากการสลายตัวของแป้ง และจะสลายแป้งเมื่อเข้าสู่ระยะการสุก (Subramanyam *et al.,* 1976) ในขณะที่ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titratable acidity, TA) ในผลมะม่วงที่ระยะ 98 วันหลังดอกบาน ปริมาณ TA ลดลงอย่างรวดเร็ว และลดลงเรื่อยๆ ตามระดับความแก่ที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลง TA ในลักษณะนี้ก็พบในมะม่วงพันธุ์ทองดำ (สายชลและคณะ 2534) พันธุ์หนังกลางวัน (วุฒิคุณ, 2530) และพันธุ์น้ำดอกไม้ (ดวงตรา, 2526) รวมทั้งในมะม่วงพันธุ์ Alphonso และพันธุ์ต่างประเทศอื่นๆ (Pantastico, 1975) ปริมาณของ TA ที่เพิ่มขึ้นในช่วงแรกเป็นผลจากการสะสมของปริมาณกรดต่างๆ และเมื่อผลแก่เพิ่มขึ้นปริมาณกรดลดลง เนื่องจากกรดจะถูกใช้ในการหายใจผ่านวัฏจักรเครปส์ (Mattoo *et al.*. 1975) ดังรายงานในมะม่วงพันธุ์ Alphonso ในช่วงที่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณกรด 3 เปอร์เซ็นต์ แต่ในพันธุ์ฟลอริด้ามีปริมาณกรดขณะเก็บเกี่ยวต่ำคือ 0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์ (Steven, 1980)

การเปลี่ยนแปลง TA ของมะม่วงพันธุ์มหาชนก การเปลี่ยนแปลงของ TSS และ TA ของผลที่เก็บรักษาอุณหภูมิห้อง พบว่า มีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เช่นเดียวกับ ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส มีค่า TSS และ TA เปลี่ยนแปลงมากกว่าผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8

องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำที่ทำให้การสลายตัวของกรดและน้ำตาลเกิดช้ากว่าในสภาพอุณหภูมิสูง (Tucker, 1993 ; Wills *et al.,* 1998) สอดคล้องกับการทดลองของ Sankat *et al.* (1993) พบว่าผลมะม่วงพันธุ์ Julie ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน เมื่อผลสุก พบว่า มีค่าอัตราส่วน TSS และ TA ต่ำกว่าผลที่อุณหภูมิ 28 และ 14 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 14 วัน

การเกิดโรคของผลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ นั้น พบว่า ผลที่มีอายุ 98-119 วัน หลังดอกบาน ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เริ่มมีการเข้าทำลายของโรคในสัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษาในขณะที่ผลที่มีระยะบริบูรณ์มากขึ้น 126-133 วัน จะมีการเข้าทำลายของโรคเร็วขึ้น แต่ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส ไม่พบว่ามีการเข้าทำลายของโรค ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิต่ำสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เข้าทำลายผลิตผลได้ (จริงแท้, 2538) และผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เริ่มมีการเข้าทำลายของโรคเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ อาจเนื่องมาจากความแน่นเนื้อของผลมะม่วงมีค่าลดลงและเป็นช่วงที่ผลเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ซึ่งการที่โครงสร้างของผนังเซลล์และองค์ประกอบทางเคมีเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง เปิดโอกาสให้เชื้อสาเหตุของโรคเข้าไปในผลิตผลได้ (Droby *et al.,* 1986 ; Droby *et al.,* 1987) เช่นเดียวกับผลมะม่วงพันธุ์ Alphonso (Thromas and Oke, 1983) พันธุ์ Julie (Sankat *et al.,* 1993) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้วนำมาวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้องพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูง โดยโรคที่พบมากในผลมะม่วงคือโรคแอนแทรคโนส (*Colletrotricum gloeosporioides* Penz) และโรคที่ขั้วผลเน่า (*Diplodia natalensis* Pole-Evans) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลานานจะทำให้ผลเกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งเนื้อเยื่อบางส่วนของผลผลิตจะตายทำให้มีการเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้ดี (สายชล, 2528)

ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาได้เพียง 1 สัปดาห์ ส่วนผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 5, 5 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลเริ่มเกิดการสุกซึ่ง Medlicott *et al.,* (1990) รายงานว่าผลของมะม่วงพันธุ์ Amelie, Tommy Atkins และ Keitt เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 21 วัน ผลเริ่มเกิดการสุกและมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านต่างๆ เช่นสีเปลือก และสีเนื้อ ปริมาณ TSS และความแน่นเนื้อ ส่วนผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 สัปดาห์ เมื่อวางไว้ให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า เมื่อผลสุกจะมีคุณภาพในด้านต่างๆ ลดลง เช่น ผลมีการพัฒนาสีเปลือกและสีเนื้อเป็นสีเหลืองได้น้อย มีคุณภาพในด้านรสชาติลดลงและมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลเกิดอาการสะท้านหนาว (สายชล, 2528) เช่นเดียวกับในมะม่วงพันธุ์ Alphonso (Thomas and Oke, 1983) และ พันธุ์ Julie (Sankat *et al.,* 1993) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน เมื่อนำมาปล่อยให้สุกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ผลมีคุณภาพด้านต่างๆ ลดลงเพราะผลเกิดอาการสะท้านหนาวและนอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของโรคสูง

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการได้รับความร้อนที่ระยะความบริบูรณ์ต่างกันต่อคุณภาพของผลมะม่วงมหาชนก และอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น

จากการศึกษายืนยันได้ว่า ระยะบริบูรณ์ของผลมะม่วงเมื่อเก็บเกี่ยวเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา โดยการได้รับความร้อน (VHT) ในผลทุกระยะบริบูรณ์สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ซึ่งการที่ความร้อนสามารถรักษาความแน่นเนื้อของผล และช่วยชะลอการอ่อนนิ่มของผลได้ เนื่องจากอุณหภูมิสูงสามารถยับยั้งกระบวนการ hydrolysis ของสารเพคตินได้ โดยกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ Pectinase, Pectinesterase และ Polygalacturonase เช่นเดียวกับการทดลองของ Chan *et al.* 1981 ที่พบว่าการให้ความร้อนกับผลมะละกอช่วยชะลอการอ่อนนิ่มของผลได้ สอดคล้องกับการทดลองของ Whangchai (2001) ซึ่งศึกษาในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พบว่าการให้ไอน้ำร้อน (VHT) สามารถชะลอการลดลงของความแน่นเนื้อในผลได้ แต่ในมะม่วงพันธุ์ Kensington พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทำให้ความแน่นเนื้อของผลลดลง (Jacobi *et al.,* 1992) ซึ่งแตกต่างกับผลการทดลองในครั้งนี้อาจเกี่ยวกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้แตกต่างกัน ทำให้การเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับผนังเซลล์แตกต่างกัน และการตอบสนองของผลไม้แต่ละพันธุ์ต่ออุณหภูมิสูงก็แตกต่างกัน

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของความแน่นเนื้อขึ้นกับอุณหภูมิในการเก็บรักษา โดยผลที่ไม่ได้รับความร้อนและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ผลจะมีลักษณะอ่อนนุ่มเร็วกว่าเมื่อเก็บรักษาผลไว้ที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวต่ำลง ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ผลที่ได้รับความร้อน (VHT) มีปริมาณ TSS เมื่อผลเกิดการสุกไม่แตกต่างกับชุดที่ไม่ได้รับความร้อน แต่ผลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ผลที่มีระยะบริบูรณ์ 98 – 112 วัน มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TSS น้อยเมื่อนำมาวางให้สุกที่อุณหภูมิห้อง อาจเนื่องจากผลมีการสุกที่ผิดปกติเพราะอาการสะท้านหนาว

ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคพบว่า ผลที่ได้รับความร้อน (VHT) ทุกระยะบริบูรณ์มีแนวโน้มในการเกิดโรคลดลงโดยเฉพาะเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 8 องศาเซลเซียส ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสก็เช่นเดียวกัน พบการเกิดโรคในชุดที่ไม่ได้ให้ความร้อนมากกว่าชุดที่ได้รับความร้อน (VHT) ประมาณ 2 เท่า อาจมีสาเหตุมาจากการให้ความร้อน ทำให้องค์ประกอบทางเคมีภายในของเชื้อจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ เช่น โปรตีน เกิดการเปลี่ยนสภาพ นอกจากนี้การควบคุมโรค anthracnose ในผลมะม่วงและมะละกอโดยการแช่ในน้ำร้อน 50 – 55 องศาเซลเซียส นาน 5 – 10 นาที สามารถควบคุมโรคได้ (จริงแท้, 2538) และผลที่มีระยะบริบูรณ์น้อยได้แก่ 98 – 105 วันหลังดอกบาน เกิดอาการสะท้านหนาวเร็วกว่าผลที่มีระยะบริบูรณ์มากกว่า อาจจะเป็นไปได้ที่ว่าอุณหภูมิสูงมีผลทำให้มีการสังเคราะห์ Heat shock protein (Hsp) ขึ้นมา (Sabehat *et al.,* 1995) ซึ่ง Hsp นี้ต่างจากโปรตีนทั่วไปคือ Hsp จะช่วยทำให้เซลล์ของผลไม้ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทนต่ออาการสะท้านหนาว (Lurie and Klein, 1991)

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย

1. เมื่อนำผลมะม่วงมหาชนกที่มีอายุ 98, 105, 112, 119, 126 และ 133 วันหลังดอกบาน มาวางที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 วัน พบว่าผลที่มีอายุ 112 วัน มีค่า TSS/TA มากที่สุด ส่วนความแน่นเนื้อ การสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ไม่แตกต่างจากระยะอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบการเกิดโรคต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่นๆ

2. การจำแนกระยะบริบูรณ์โดยการใช้ความถ่วงจำเพาะ ได้แก่ ระยะ 1 (ลอยน้ำ) ระยะ 2 (ลอยในน้ำเกลือ) และระยะ 3 (จมในน้ำเกลือ) พบว่า ระยะที่ 2 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด โดยมีค่า TSS และ TA ไม่แตกต่างจากระยะอื่นๆ

3. การเก็บรักษาผลมะม่วงมหาชนกที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 13 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่มะม่วงเป็น 5 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 สัปดาห์ โดยไม่เกิดอาการสะท้านหนาว

4. มะม่วงมหาชนกที่ผ่านการอบไอน้ำร้อน (vapor heat treatment) มีผลในการควบคุมโรคในทุกระยะบริบูรณ์อย่างได้ชัด

เอกสารอ้างอิง

กานดา หวังชัย, จุลจิรา การสมวาสน์, กอบเกียรติ แสงนิลและจำนงค์ อุทัยบุตร. 2546. ผลของ อุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกหลังการเก็บเกี่ยว.ว. วิทย. กษ. 34 (1-3) : 295-298.

จำนงค์ อุทัยบุตร, กอบเกียรติ แสงนิล และกานดา หวังชัย. 2545. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และชีวเคมีของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกระหว่างการเจริญเติบโตและการเก็บรักษา (ระยะที่ 1). รายงานโครงงานวิจัย สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 113 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2538. สรีรวิทยา และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก และผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 396 หน้า.

ดวงตรา กสานติกุล. 2526. การศึกษาการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 56 หน้า.

ดวงตรา กสานติกุล, สายชล เกตุษา และสุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2527. ดัชนีการเก็บเกี่ยวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้. ว. เกษตรศาสตร์. 18: 55-60.

ดนัย บุญยเกียรติ. 2534. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 215 หน้า.

ดนัย บุญยเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 222 หน้า.

ดิศร ริมประนาม. 2541. ผลการห่อผลและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดต่อการเปลี่ยนแปลงรงควัตถุของเปลือกผลมะม่วงพันธุ์เคนห์ระหว่างการพัฒนาของผล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 112 หน้า.

ถวิล ข่ายสุวรรณ. 2525. การปลูกมะม่วงในปัจจุบัน. โครงการหนังสือเกษตร สำนักพิมพ์เจ็ดสยาม, กรุงเทพฯ. 99 หน้า.

ธวัชชัย รัตน์ชเลศ และศิวาพร ธรรมดี. 2542. พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย: คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับผู้ปลูก. ลินคอร์นโปรโมชั่น. กรุงเทพฯ. 292 หน้า.

นิพนธ์ ประพันธ์เทพากุล. 2534. การเจริญเติบโต และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 32 หน้า.

ปิยฉัตร ศรีสัตบุตร. 2542. การเก็บรักษาขนุนทั้งผลและยวงขนุนสดภายใต้อุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

รวี เสรฐภักดี และเปรมปรี ณ สงขลา. 2542. พันธุ์พืชที่น่าสนใจ. ว. เคหการเกษตร. 23(3): 64-68.

วิจิตร วังใน. 2529. มะม่วง. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร หมาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 301 หน้า.

วิจิตร วังใน และมนตรี วงศ์รักพานิช. 2523. การศึกษาทางสัณฐานวิทยา และการพัฒนาของผล. โครงการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวนของอาเซียน – ออสเตรเลีย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

วุฒิคุณ กรรำ. 2530. การเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการสอนวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 95 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยา และเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผัก และผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 364 หน้า.

สายชล เกตุษา. 2533. การเก็บเกี่ยว และการปฏิบัติต่อผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยว. รวมกลยุทธ์มะม่วง. 65 – 68.

สายชล เกตุษา, และสุนทร โปทา. 2535. คุณภาพของผลมะม่วงสุกและการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่เก็บเกี่ยวอายุต่างกัน. วารสารเกษตร (วิทยาศาสตร์). 26: 12 – 19.

สายชล เกตุษา สมชาย รัตนามาลี และฉลองชัย แบบประเสริฐ. 2534. การเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ. ว.เกษตรศาสตร์. 25 : 391 – 399.

สนั่น ขำเลิศ. 2527. มะม่วงในระบบปลูกชิด. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร หมาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 293 หน้า.

เสาวลักษณ์ กังวานตระกูล. 2530. การเติบโตและดัชนีการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาการสอนชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 72 หน้า.

อารีย์ ใจเพ็ชร. 2536. การศึกษาการเจริญเติบโต และดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า.

Baker, A. C. 1952. The vapour-heat process. U.S.D.A. Yearbook of Agric. 401 - 404.

Chan, H.T., S.Y.T. Tam and S.T. Seo. 1981. Papaya polygalacturonase and its role in thermally injured ripening fruit. J. Food Sci. 46: 190 – 197.

Chaplin, G. R., S. P. Cole, Landrigan, P. A. Nueno, P. F. Lam and D. Graham. 1991. Chilling injury and storage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit held under low temperatures. Acta Horticulturae 291: 461 – 471.

Dasuki, I.M. 1987. The etiology of Postharvest physiological disorder of 'Carabao' Mango (*Mangifera indica cv. Carabao*) and its influence in the quality of processed mango products. Ph.D. Thesis. University of the Philippines at Los Banos, College, Lagana, Philippines.

Drody, S., Prusky, D., Jacoby, B., and A. Goldman. 1986. Presence of antifungal compounds in the peel of mango fruits and their relation to latent infections of *Alternaria alternate.* Physiol. Mol. Plant Pathol. 30: 285 – 292.

Drody, S., Prusky, D., Jacoby, B., and A. Goldman. 1987. Introduction of antrifungal resorcinols in flesh of unripe mango fruits and its relation to latent infection by *Alternaria alternata.* Pysiol Mol. Plant Pathol. 30: 285 – 292.

Edney, K.L. and R. T. Burchill. 1967. The use of heat to control the rotting of Cox's Orange pippineapples by *Gloeosporium spp.* Ann. Appl. Biol. 59: 389 – 400.

Esquerra, E.B., Brena, S.R., Reyes, M.U. and M.C.C. Lizada. 1989. Physiological Breakdown in vapor heat-treated 'Carabao' mango. Paper presented at the Symposium on Tropical Fruit in International Trade, 4-9 June 1988, Honolulu, Hawaii.

Esquerra, E.B. and M.C.C. Lizada. 1990. The postharvest behaviour and quality of 'Carabao' mangoes subjected to vapor heat treatment. ASEN Food Journal 5: 6 – 11.

Fisawa, K., Sugimoto, T. and T. Gaja. 1984. The effectiveness of vapour heat treatment against the malon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett, in eggplant and fruit tolerance to the theatment. Res. Bull. Plant Prot., Japan, 20: 17 – 24.

Fuchs Y., Pesis E. and Zauberman G. 1980. Changes in amylase activity,starch and sugars contents in mango fruit pulp. Scientia Hort. 13: 155-160.

Gomez – Lim M.A. 1993. Mango fruit ripening: physiology and molecular biology. Acta Hort. 341: 485-486.

Gross J. 1987. Pigments in Fruits. Academic Press, California. 30. p.

Hulme A.C. 1971. The Biochemistry of Fruits and Their Products. Academic Press, New York. 788p.

Jacobi K.K., L. S. Wong and Janet E. G. 1995. Effect of fruit maturity on quality and physiology of high- humidity hot air-treated 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.). Post. Bio. Tec. 5 : 149 – 159.

Jacobi, K.K. and L.S. Wong. 1992. Quality of 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.) heat injury. HortScience 30: 102 – 103.

John J., Subbarayan C. and Cama H. R. 1970. Carotenoids in three stages of ripening of mango. J. Food Sci., 35, 262 – 265.

Kays S.K. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. An AVI Book Published by Van Nostrand Reinhold, New York. 532 p.

Kalra, S. K., and D. K. Tandon. 1983. Ripening behaviour of 'Dashehari' mango in relation to harvest period. Scientia Horticulturae 19: 263 – 269.

Kapse, B. M., and J. S. Katrodia. 1996. Ripening behaviour of Kesar mengoes in relation to specific gravity. Acta Horticulturae 455: 669 – 67.

Ketsa S., Phakawatmongkol W. and Subhadrabhandhu S. 1999. Peel enzymatic activity and colour changes in ripening mango fruit. Plant Physiol. 154: 363-366.

Laskshminarayana S., Subhadra N.V. and Subramanyam H. 1970. Some aspects of developmental physiology of the mango fruit. J. Hort. Sci. 45 : 133 – 142.

Lazan H., Mohd Z., Wah L.K., Voon J. and Chaplin G.R. 1986. The potential role of polygalacturonase in pectin degradation and softening of mango fruit. ASEAN Food Journal. 2: 93-95.

Lederman I. E., G. Zauberman, A. Weksler, I. Rot and Y. Fuchs. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in Keitt mango fruit. Postharvest Biology and Technology 10: 107 – 112.

Litz R.E. 1997. The Mando: Botany, production and Uses. The University Press., Cambridge. 587 p.

Lizada M.C. 1991. Postharvest physiology of the mango – A Review. Acta Hort. 291 : 437 – 452.

Lurie, S. and Klein, J.D., 1991, "Acquistion of Low Temperature Tolerance in Tomatoes by Exposure to High Temperature Stress," Journal of the American Society for Horticultural Science, Vol. 116, pp. 1007 – 1012.

Mattoo A.K., Murata T., Pantastico Er. B., Chachin K., Ogata K. And Phan C.T. 1975. Chemical changes during ripening and senescence. In Pantastico Er.B.(ed.). Posthavest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtorpical Fruits and Vegetables. AVI Publishing company, Westport, Connecticut. Pp. 103-127.

McLauchlan R. 1998. Horticulture postharvest group biennial review. Department of Primary Industries, Queensland. 32 p.

Medlicott A.P. and Thompson A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. J. Sci. Food Agri. 36 : 561 – 566.

Medlicott A.P., Bhogol M. and Reynolds S. B. 1986. Change of peel pigmentation during ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) Ann. Appl. Biol. 109 : 651 – 656.

Medlicott, A. P., E. M. N Diay, and J. M. M. Sigrist. 1990. Harvest maturity and concentration and exposure time to acetylene influence intiation of ripening in mangoes. Journal of the American Society for Horticultural Science 115: 426 – 430.

Mendoza, D.B., Javier, F.B. and Pantastico, E.B. 1972. Physico-chemical studies during growth and maturation of 'Carabao' mango. Anim. Husb. Agric. J. 7: 33 – 36.

Mendoza D.B. 1984. Mango: Fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN. ASEAN postharvest horticulture training and research center, University of the Phillippinges at Los Banos, College, Laguna, Phillippines. 95 p.

Mendoza, Jr. and Wills, R.B.H. 1984. Mango: fruit development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handing Baureu. Kaula lumpur.

Meredith F.I. and Young R. H. 1971. Changes in lycopene and carotene cotent of 'Redblush' grapefruit exposed to high temperature. J. Hort. Sci. 6 : 233 – 234.

Mitcham J.E. and R.E. McDonald. 1993. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat treated mango fruit. Postharvest Biology and Technology, 3(1993): 77 – 86.

Mitra S.K. and Baldwin E.A. 1997. Mango : Postharvest physiology and storage of Tropical and Subtropical fruits and vegetables. Guildford, Biddle Ltd., 112 p.

Pantastico Er. B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of Tropical and Subtropical fruits and vefetables. Westport, Connecticut, The AVE Publishing Company. 560 p.

Peacock B.C. 1986. Postharvest handing of mangoes. Proceedings of The Fruit Austrslian Mango Research Workshop. CSIRO, Melbrone. Pp. 295 – 313.

Pilnik W. and Voragen A.G.J. 1970. Pectin substance and other uronides. *In* Hulme A.C. (eds.). The Biochrmistry of Fruits and their Products. Academic Press, London. Pp. 53-88.

Roe B. and Bruemmer J.H. 1981. Changes in pectin substances and enzymes during ripening and storage of 'Keitt' mangoes. J. Food Science. 46: 186-189.

Sabeha, A., Weiss, D. and Lurie, S., 1995, "Persistance of Heat Shock Proteins in Heated Tomato Fruit and the Resistance to Chilling Injury of the Fruit," Acta Horticulturae, Vol. 398, pp. 11 – 17.

Salunkhe D.K. and Desai B.B. 1984. Postharvest Biotechnology of Fruit. Vols. 1. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 77 – 85.

Sankat C. K., K. Bissoon, R. Maharaj and B. Lauckner. 1993. Ripening quality of Julie mangoes stored at low temperature. Acta Horiculturae 368: 712 – 722.

Selvaraj, Y., and R. Kumar. 1989. Studies in fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. Journal of Food Science and Technology 26(4): 218 – 222.

Seo, S.T., Hu. B.K.S., Komura, M., Lee. C.Y.L. and E.J. Harris. 1974. Dacus dorsalis: Vapour heat treatment in papayas. J. Econ. Entomol., 67: 240 – 242.

Singh B.N, Seshagiri P.V.V. and Gupta S.S. 1937. Ontogenetic drifts in the physiology and chemistry of tropical fruit under orchard conditions. Indian J. Agric. Sci. 7 : 176 – 192.

Smith, W.L. and J.T. Worthington. 1965. Postharvest dacay control of mango anthracnose. Plant Dis. Rep. 47: 739 – 742.

Steven N. 1980. Tropical and Subtropical Fruits. AVI Publishing, Inc. Westport, Connecticut. 561 p.

Subramanyam H., Gowri S. and Krishnamurthy S. 1976. Ripening behaviour of mango fruits graded on specific gravity basis. J. Food Sci. and Technol. 13: 84-86.

Sugimoto, T., 1983. The effectiveness of vapour heat treatment against the Oriental fruit fly, Dacus dorsalis Hendel, in green pepper and fruit tolerance to the treatment. Res. Hull. Plant Prot., Japan., 19:81 – 88.

Tamjinda, B., J. Sriphanich, and T. Nobuchi. 1992. Anatomy of lenticles ad the occurrence of their discoloration in mangoes (*Mangifera indica* L. cv. Namdokmai). Kasetsart Journal of the National Academy of Sciences of the United States of the American 26: 57 – 64.

Teitel, D.C., Aharoni, Y. and R. Barkai-Golan. 1989. The use of heat treatments to extend the shelf life of 'Galia' melons. J.Hort., Sci. 64: 367 – 372.

Thomas, P., and M. S. Oke. 1983. Improvement in quality and storage of Alphonso mangoes by cold adaptation. Scientia Horticulturae 19: 257 – 262.

Tucker, G. A. 1993. Introduction. pp. 1 – 43. *In*: G.B. Seymour, J.E. Taylor, and G.A. Tucker, (eds.). Biochemistry of Fruit Ripening. Chapman and Hall, London.

Vazuesz-Salinas, C., and S. Lakshminarayana. 1985. Compositional changes in mango fruit during ripening at different storage temperature. Journal of Food Science 50: 1464 – 1648.

Wills, R.H.H., B. McGlasson., D. Graham. and D. Joyce. 1998. *Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handing of Fruit , Vegetable and Ornamentals.* UNSW Press, South Australia. 262 p.

Whangchai, K., J. Karnsomwars, K. Saengnil and J. Uthaibutra. 2003. Effect of storage temperature on postharvest quality of Mahajanaka mango fruits. Agricultural Sci. 34(1) (Suppl.) : 295-298.

Whangchai, K., H. Gemma, J. Uthaibutra and S. Iwahori. 2000. Effect of vapour heat treatment on quality and storability of 'Nam Dok Mai' mango fruit under low temperature storage. Paper Presented at International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. November 26th - December 1st, 2000. Cairns, Australia. 106p.

Ueda, M., K. Sasaki, N. Utsunomiya, K. Inaba, and Y. Shiambayashi. 2000. Chamge in physical and chemical properties during maturation mango fruit (*Mangifera indica* L. 'Irwin') cultured in a plastic preenhouse. Food Science and Technology Research 6: 299 – 305.

Ueda, M., K. Sasaki, N. Utsunomiya, and Y. Shiambayashi. 2001. Changes in properties during maturation and ripening of Chiin Hwang No. 1 mango fruit cultivated in a plastic greenhouse. Food Science and Technology Research 7: 207 – 213.

Unahawatti, U., Chettanachitara, C., Poomthung, M., Komson, P., Smitasiri, E., Lapasathulcool. C., Worawisitthumrong. W. and Intrarakumheng. 1986. vapour heat treatment for "Nang Klangwan" (*mango Mangifera indica Linn*)., infested with eggs and larvae of the (Diptera: Tephritidae). Agric. Regul. Div. Dept. Agric., Ministry of Agriculture and Co-opratives, Bangkok, Thailand, 108pp.