

Table 11. The occurrence of spongy tissue (%) in mangosteens after subjecting to constant temperature modified vapor heat treatment (CONSTANT MVHT) and stepped temperature modified vapor heat treatment (STEPPED MVHT) at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 6 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Temp (° C)	Rep.	Method	Flesh spongy tissue (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT	0	0	10.0
		STEPPED MVHT	0	0	5.0
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	0	2.5	2.5
		STEPPED MVHT	0	0	2.5
		Control	0		
46	1	CONSTANT MVHT	7.5	5.0	7.5
		STEPPED MVHT	2.5	5.0	2.5
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	0	0	0
		STEPPED MVHT	0	2.5	0
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 12. The occurrence of flesh browning (%) in mangosteens after subjecting to constant temperature modified vapor heat treatment (CONSTANT MVHT) and stepped temperature modified vapor heat treatment (STEPPED MVHT) at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 6 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Temp (° C)	Rep.	Method	Flesh browning (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT	2.5	27.5	27.5
		STEPPED MVHT	0	7.5	12.5
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	2.5	25.0	15.0
		STEPPED MVHT	0	10.0	20.0
		Control	0		
46	1	CONSTANT MVHT	22.5	22.5	15.0
		STEPPED MVHT	5.0	15.0	12.5
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	20.0	27.5	22.5
		STEPPED MVHT	5.0	12.5	25.0
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 13. Total fruit injuries (%) (pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning) in mangosteens after subjecting to constant temperature modified vapor heat treatment (CONSTANT MVHT) and stepped temperature modified vapor heat treatment (STEPPED MVHT) at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 6 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Temp (° C)	Rep.	Method	Total fruit injuries (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT	2.5	40.0	32.5
		STEPPED MVHT	0	7.5	22.5
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	2.5	32.5	25.0
		STEPPED MVHT	0	10.0	30.0
		Control	0		
46	1	CONSTANT MVHT	40.0	72.5	67.5
		STEPPED MVHT	12.5	45.0	67.5
		Control	0		
	2	CONSTANT MVHT	40.0	80.0	90.0
		STEPPED MVHT	12.5	30.0	52.5
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 14. Number of translucent-fleshed mangosteens in the experiment.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of translucent-fleshed mangosteens		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	23 [40] ³	19 [36]	15 [36]
		STEPPED MVHT ²	14 [40]	14 [40]	19 [38]
		Control	15 [40]		
	2	CONSTANT MVHT	19 [40]	21 [37]	20 [36]
		STEPPED MVHT	19 [40]	22 [40]	16 [37]
		Control	19 [40]		
46	1	CONSTANT MVHT	14 [33]	7 [20]	5 [19]
		STEPPED MVHT	19 [37]	11 [30]	5 [19]
		Control	6 [40]		
	2	CONSTANT MVHT	7 [32]	1 [19]	5 [13]
		STEPPED MVHT	15 [37]	10 [34]	8 [15]
		Control	16 [40]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.

² Stepped temperature modified vapor heat treatment.

³ Total number of fruits observed.

Table 15. The occurrence of flesh spongy tissue in translucent-fleshed mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of translucent-fleshed mangosteens showing flesh spongy tissue		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	0 [0] ³	0 [0]	2 [4]
		STEPPED MVHT ²	0 [0]	0 [0]	2 [2]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [0]	1 [1]	0 [1]
		STEPPED MVHT	0 [0]	0 [0]	1 [1]
		Control	0 [0]		
46	1	CONSTANT MVHT	3 [3]	1 [2]	3 [3]
		STEPPED MVHT	1 [1]	1 [2]	1 [1]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [0]	0 [0]	0 [0]
		STEPPED MVHT	0 [0]	1 [1]	0 [0]
		Control	0 [0]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Total number of fruits showing flesh spongy tissue.

Table 16. The occurrence of flesh browning in translucent-fleshed mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of translucent-fleshed mangosteens showing flesh browning		
			1 h	1:30	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	1 [1] ³	8 [11]	8 [11]
		STEPPED MVHT ²	0 [0]	2 [3]	4 [5]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	1 [1]	10 [10]	6 [6]
		STEPPED MVHT	0 [0]	4 [4]	8 [8]
		Control	0 [0]		
46	1	CONSTANT MVHT	5 [9]	3 [9]	3 [6]
		STEPPED MVHT	2 [2]	2 [6]	1 [5]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	3 [8]	1 [11]	5 [9]
		STEPPED MVHT	1 [1]	1 [5]	8 [10]
		Control	0 [0]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Total number of fruits showing flesh browning.

Table 17. The occurrence of severe heat injuries (flesh spongy tissue and flesh browning) in translucent-fleshed mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of translucent-fleshed mangosteens showing severe heat injuries		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	1 [23] ³	8 [19]	8 [15]
		STEPPED MVHT ²	0 [14]	2 [14]	6 [19]
		Control	0 [15]		
	2	CONSTANT MVHT	1 [19]	10 [21]	6 [20]
		STEPPED MVHT	0 [15]	4 [22]	8 [16]
		Control	0 [19]		
46	1	CONSTANT MVHT	7 [14]	3 [7]	3 [5]
		STEPPED MVHT	3 [19]	4 [11]	2 [5]
		Control	0 [6]		
	2	CONSTANT MVHT	3 [7]	1 [1]	5 [5]
		STEPPED MVHT	1 [15]	2 [10]	8 [8]
		Control	0 [16]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Number of translucent-fleshed mangosteens observed.

Table 18. The occurrence of spongy tissue in normal flesh mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of normal flesh mangosteens showing spongy tissue		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	0 [0] ³	0 [0]	2 [4]
		STEPPED MVHT ²	0 [0]	0 [0]	0 [2]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [0]	0 [1]	0 [1]
		STEPPED MVHT	0 [0]	0 [0]	0 [1]
		Control	0 [0]		
46	1	CONSTANT MVHT	0 [3]	0 [2]	0 [3]
		STEPPED MVHT	0 [1]	0 [2]	0 [1]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [0]	0 [0]	0 [0]
		STEPPED MVHT	0 [0]	0 [1]	0 [0]
		Control	0 [0]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Total number of fruits showing flesh spongy tissue.

Table 19. The occurrence of flesh browning in normal flesh mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of normal flesh mangosteens showing flesh browning		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	0 [1] ³	0 [11]	3 [11]
		STEPPED MVHT ²	0 [0]	1 [3]	1 [5]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [1]	0 [10]	0 [6]
		STEPPED MVHT	0 [0]	0 [4]	0 [8]
		Control	0 [0]		
46	1	CONSTANT MVHT	4 [9]	6 [9]	3 [6]
		STEPPED MVHT	0 [2]	4 [6]	4 [5]
		Control	0 [0]		
	2	CONSTANT MVHT	5 [8]	10 [11]	4 [9]
		STEPPED MVHT	0 [1]	4 [5]	2 [10]
		Control	0 [0]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Total number of fruits showing flesh browning.

Table 20. The occurrence of severe heat injuries (flesh spongy tissue and flesh browning) in normal flesh mangosteens.

Temp (° C)	Rep.	Method	Number of normal flesh mangosteens showing severe heat injuries		
			1 h	1:30h	2 h
45	1	CONSTANT MVHT ¹	0 [17] ³	3 [17]	4 [21]
		STEPPED MVHT ²	0 [26]	1 [26]	1 [19]
		Control	0 [25]		
	2	CONSTANT MVHT	0 [21]	0 [16]	0 [16]
		STEPPED MVHT	0 [25]	0 [18]	0 [21]
		Control	0 [21]		
46	1	CONSTANT MVHT	4 [9]	6 [13]	3 [14]
		STEPPED MVHT	0 [18]	4 [19]	4 [14]
		Control	0 [34]		
	2	CONSTANT MVHT	5 [25]	10 [18]	4 [8]
		STEPPED MVHT	0 [20]	4 [24]	2 [7]
		Control	0 [24]		

¹ Constant temperature modified vapor heat treatment.² Stepped temperature modified vapor heat treatment.³ Number of normal flesh mangosteens observed.

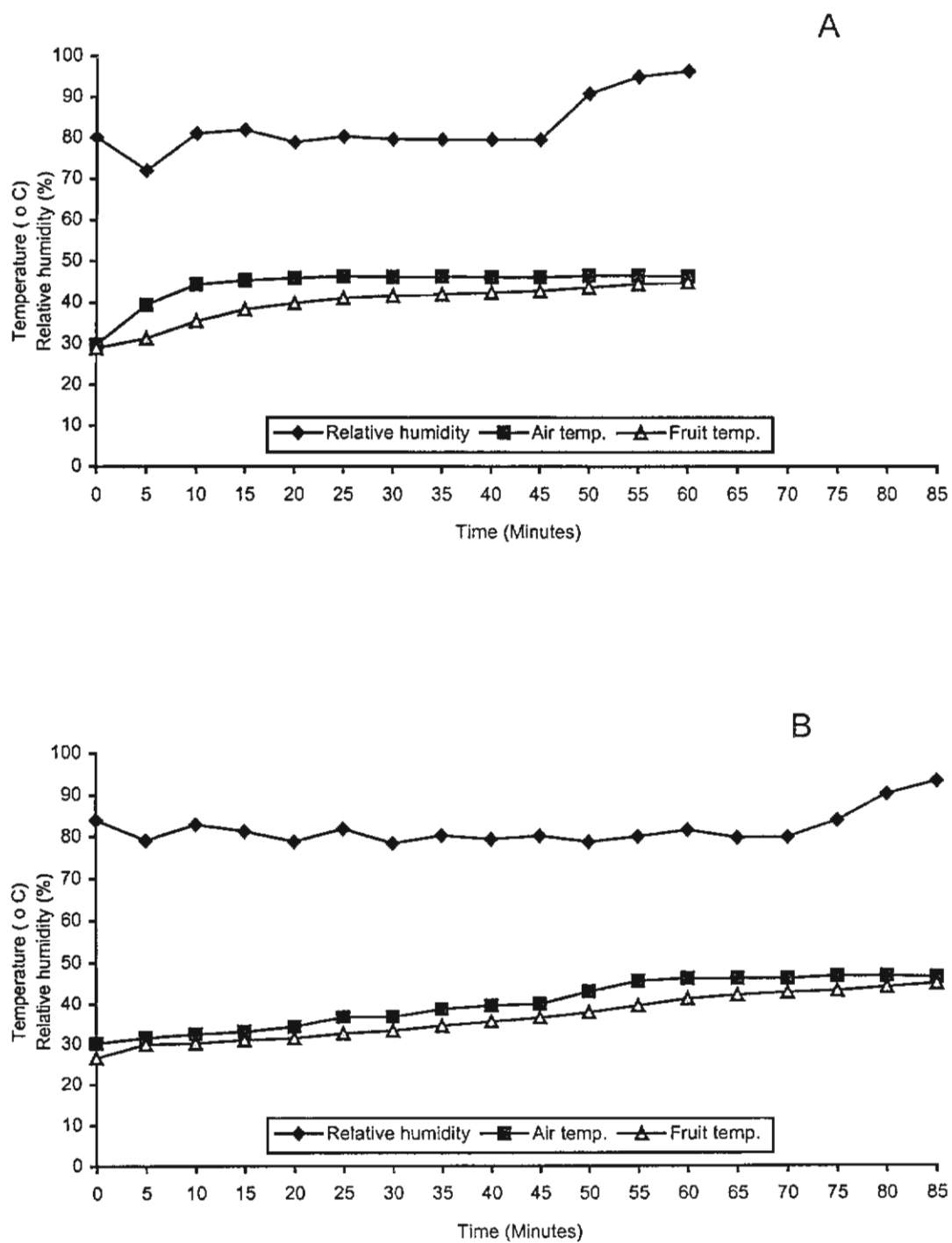


Figure 1. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment at fruit center temperature 45 °C. A. Constant temperature modified vapor heat treatment; B. Stepped temperature modified vapor heat treatment.

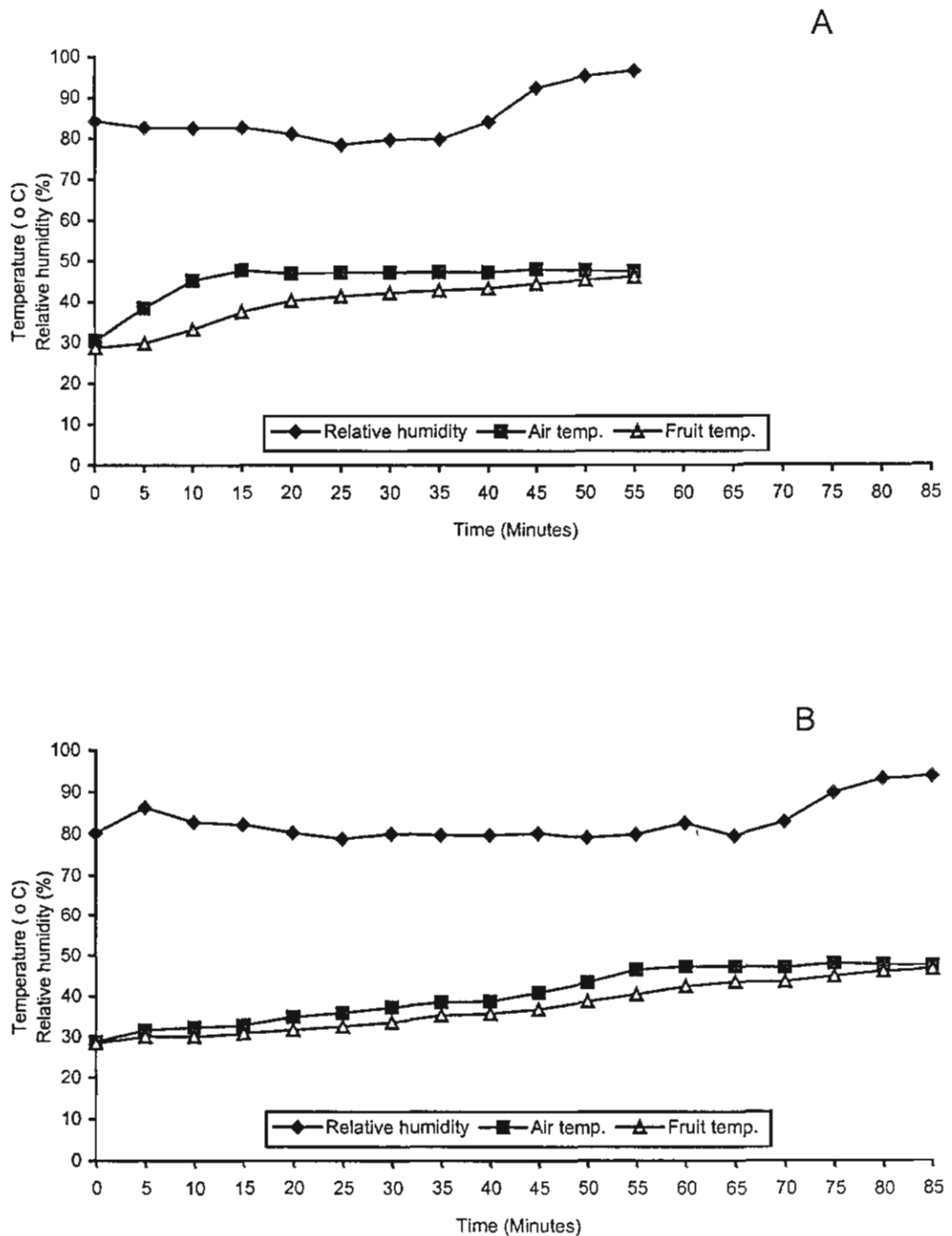


Figure 2. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment at fruit center temperature 46 °C. A. Constant temperature modified vapor heat treatment; B. Stepped temperature modified vapor heat treatment.

7. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด
ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

3. การลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ

7. Factors Affecting Thermal Injury of Mangosteen
Subjected to Modified Vapor Heat Treatment

3. Shower Cooling Method

อุตร อุณหูมิ และ สลักจิต พานคำ

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

อบมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยในช่วงแรกอาศัยอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดจากอุณหภูมิห้องถึง 43 ° ซ. หลังจากนั้น ปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดให้คงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ศึกษาผลกระทบของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิผลมังคุดด้วยน้ำต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ด้วยการแยกมังคุดทดลองออกเป็นสองส่วนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดดังกล่าวข้างต้น ลดอุณหภูมิผลมังคุดส่วนหนึ่งโดยวิธีเป่าด้วยลม อุณหภูมิ 25 ± 1 ° ซ. และมังคุดอีกส่วนหนึ่งโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ อุณหภูมิ 23 ± 1 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ถึงแม้ว่าวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำจะทำให้อุณหภูมิภายในผลมังคุดลดต่ำลงได้รวดเร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม แต่ไม่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังคุด จำนวนมังคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมทั้งหมดจาก 3 อาการคือ อาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพรุณ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่างมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีการทั้งสอง ดังนั้น ในการวิจัยและพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการให้ความร้อนแล้ว ควรลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีเป่าด้วยลม เนื่องจากหากใช้วิธีลดอุณหภูมิด้วยน้ำ อัตราการตายของแมลงวันผลไม้ในผลมังคุดอาจจะลดลง ทำให้ต้องอบมังคุดที่อุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นหรือคงความร้อนในผลที่อุณหภูมิที่กำหนดเป็นระยะเวลานานมากขึ้น เพื่อให้มีประสิทธิภาพกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุดได้ทั้งหมด

ABSTRACT

Cooling mangosteens (*Garcinia mangostana* Linn.) after exposure to modified vapor heat treatment (MVHT) was evaluated for its effect on fruit injury. Mangosteens were heated with hot air of 80 % RH from ambient temperature to 43.0 ° C. After fruit center temperature was raised to 43 ° C, test fruits were heated by high temperature air saturated with water vapor until fruit center temperature were raised to 45 and 46 ° C and maintained at these temperature for 1, 1:30 and 2 hours. Treated fruits were separated into 2 groups and immediately cooled by 25 ± 1 ° C air or by 23 ± 1 ° C showering water for 1 hour. Although shower cooling reduced fruit temperature more rapidly than air cooling, it could not prevent mangosteen from damaging by the treatment. Total number of heat injured fruits from the following symptoms; pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning, was not distinctively different in mangosteens subjected to either cooling methods. Thus, air cooling method should be used to cool heat-treated fruits because shower cooling probably reduced mortality of fruit fly in mangosteens. If shower cooling method was used to cool infested fruits, they must be subjected to MVHT at higher temperature or longer exposure time at target temperature to completely eliminate fruit fly in mangosteens.

คำนำ

มีรายงานว่ามังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ทำให้มังคุดสดจากประเทศไทยไม่สามารถส่งออกไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา อูตร และ พิทวัฒน์ (2541ก, ข) ศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะใช้วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุด โดยเริ่มศึกษาผลกระทบของวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีต่างๆ ต่อคุณภาพของผลมังคุด พบว่า วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) เป็นวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับมังคุดมากกว่าวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) แต่อย่างไรก็ดี ความร้อนจากวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ทำให้ผลมังคุดบางส่วนเกิดความเสียหายที่รุนแรงมี 3 อาการ ได้แก่ อาการผลแข็ง (pericarp hardening) เนื้อแตกเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ (flesh spongy tissue) และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (flesh browning)

มีความพยายามแก้ไขปัญหาค่าความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ อูตร และ พิทวัฒน์ (2541ค) พบว่า สภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 43 ° ซ. เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงดังกล่าวนี้เพิ่มสูงขึ้น ความเสียหายของมังคุดโดยรวมทั้งหมดจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และผลแข็ง มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ดี มังคุดผ่านความร้อนที่ความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 50-80 เปอร์เซ็นต์ ความเสียหายจะอยู่ในระดับที่ใกล้เคียง

เคียงกัน อุดร และ พิพัฒน์ (2541ง) ยังรายงานว่า ระยะเวลาให้ความร้อนเป็นปัจจัยที่มีส่วนรักษาคุณภาพของมังคุดได้ด้วยเช่นเดียวกัน โดยการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กรรมวิธีซึ่งเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปอย่างรวดเร็ว มังคุดมีแนวโน้มเสียหายจากความร้อนจำนวนมากกว่ามังคุดซึ่งผ่านกรรมวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปอย่างช้าๆ นอกจากนี้ ช่วงระยะเวลาในระหว่างการเพิ่มอุณหภูมิผลจากอุณหภูมิห้องถึง 43°C . ซึ่งมังคุดอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีความสำคัญมากในกระบวนการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้ ต้องให้ความร้อนกับผลไม้จนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลเพิ่มขึ้นไปถึงระดับหนึ่ง แมลงวันผลไม้ทุกระยะการเจริญเติบโตซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ สำหรับผลไม้บางชนิดแล้วเมื่อสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน จำเป็นอย่างยิ่งต้องลดอุณหภูมิภายในผลให้ต่ำลงสู่ระดับปกติอย่างรวดเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงความสูญเสียด้านคุณภาพที่อาจจะเกิดขึ้น Hansen et al. (1990) รายงานว่า หลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอ (*Carica papaya* Linn.) หากไม่ลดอุณหภูมิภายในผลลงต่ำถึงระดับหนึ่งแล้ว จะทำให้เนื้อมะละกอเสียหาย การสุกของเนื้อมะละกอผิดปกติไม่สม่ำเสมอทั้งทั้งผล เนื้อส่วนที่ได้รับความเสียหายจะเป็นก้อนแข็ง (lumpyness) ความเสียหายดังกล่าวข้างต้นสามารถป้องกันได้โดยหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน ต้องใช้วิธีการลดอุณหภูมิผลทำให้อุณหภูมิภายในผลลดลงให้เหลือต่ำกว่า 30°C .

ในงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการใช้ความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กับมังคุดของ อุดร และ พิพัฒน์ (2541ก, ข, ค, ง) หลังสิ้นสุดกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ จะลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีเป่าด้วยลม (air cooling) นาน 1 ชั่วโมง ทำให้อุณหภูมิภายในผลลดลงอยู่ที่ประมาณ 30°C . การลดอุณหภูมิของผลไม้สามารถทำได้หลายวิธี โดยการสัมผัสโดยตรงกับอากาศเย็น น้ำเย็น น้ำแข็ง หรือการทำให้ไอน้ำระเหยจากผลไม้ (สายชล, 2528) วิธีการดังกล่าวทั้งหมดนี้มีประสิทธิภาพสามารถลดอุณหภูมิผลไม้ได้รวดเร็วแตกต่างกัน การที่อุณหภูมิของผลมังคุดลดลงแตกต่างกันหลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน อาจจะมีผลกระทบต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน รายงานผลการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาหาวิธีลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ (shower cooling) ต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองอบมังคุดโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B,

Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง มังคุดทดลองขณะที่นำมาผ่านความร้อนผลมีระดับสีที่ 5 ผลสีม่วงอมแดง (นิรนาม, ไม่ระบุ พ.ศ.) ผลขนาดเล็ก น้ำหนัก 50-85 กรัม/ผล ทำการทดลองกับมังคุดจากแหล่งปลูกในท้องที่จังหวัดระยองและชุมพร มังคุดทดลองทั้งหมดจะเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (thermo/ humidity chamber) (model : STH-2, Sanshu Sangyo Co. Ltd., Kagoshima, Japan) อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งนำเข้าอบในเครื่องตู้อบความร้อน

อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กรรมวิธีซึ่งอุณหภูมิผลมังคุดเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ (stepped temperature modified vapor heat treatment, STEPPED MVHT) ตามขั้นตอนและวิธีการใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ง) โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดถึง 43°C . อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดสำหรับมังคุด (อุดร และ พิทวัฒน์, 2541ค) ส่วนช่วงหลังจากมังคุดอุณหภูมิ 43°C . ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ อบมังคุดให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46°C . และคงอุณหภูมิไว้ที่ 45 และ 46°C . เป็นระยะเวลานาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลาดำหนดมีมังคุดผ่านความร้อนจำนวน 80 ผล สำหรับมังคุดที่ใช้เปรียบเทียบกับ (control) มีจำนวน 40 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน

วิธีวัดอุณหภูมิผลมังคุดจะวัดอุณหภูมิจากมังคุดกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 69 ± 2 กรัม/ผล ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนที่จะแสดงอุณหภูมิผลมังคุดทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน โดยทำการวัดอุณหภูมิผลมังคุดตามรายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ก) เมื่อมังคุดกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมังคุดทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมังคุดกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมังคุดทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมังคุดที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ด้วยการแบ่งมังคุดซึ่งผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาดำหนดต่างๆ ออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นนำมังคุดส่วนหนึ่งจำนวน 40 ผล ไปลดอุณหภูมิโดยวิธีเป่าด้วยลมอุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. สำหรับมังคุดอีกส่วนหนึ่งจำนวน 40 ผล จะลดอุณหภูมิโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ อุณหภูมิ $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$. การลดอุณหภูมิผลมังคุดทั้ง 2 วิธีการ จะใช้เวลานาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ "Sanshu" Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) สำหรับวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำนั้น หลังจากนำออกจากเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้แล้วจะเป่าด้วยพัดลมอีกนาน 15 นาที เพื่อให้ผลมังคุดแห้งก่อนบรรจุลงในกล่องกระดาษ เก็บมังคุดทดลองทั้งหมดในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนาน 7 วัน ที่อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ประเมินความเสียหายของมังคุดที่

อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ โดยบันทึกจำนวนมังคุดที่เสียหายอย่างรุนแรงจากความร้อน 3 อาการ ได้แก่ อาการผลแข็งหรือเปลือกแข็งอย่างรุนแรง เนื้อแตกเป็นรูปพริ้วลักษณะคล้ายฟองน้ำ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ตามวิธีการดังรายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ข) ดำเนินการทดลองอบมังคุดจากแหล่งปลูกจังหวัดระยองและชุมพรตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลาดำหนดจำนวน 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

Table 1 แสดงระยะเวลาในการอบมังคุดให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 45°C และ 46°C . Figure 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมังคุด ในระหว่างการทดลองอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มังคุดมีอุณหภูมิภายในสุดผลประมาณ 26°C . เมื่อเริ่มการอบมังคุด Figure 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผลมังคุดช่วงระหว่างการลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำนาน 1 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิผลโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำทำให้อุณหภูมิผลมังคุดในช่วงแรกลดต่ำลงอย่างรวดเร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม มังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำจะมีอุณหภูมิภายในสุดผลลดลงเหลืออยู่ที่ระดับประมาณ 31°C และ 26°C . ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการลดอุณหภูมินาน 1 ชั่วโมง

จากการตรวจสอบความเสียหายของมังคุดที่ผ่านความร้อน พบว่า มังคุดจากทั้งแหล่งปลูกจังหวัดระยองและชุมพรที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำต่างแสดงอาการผลแข็งที่อุณหภูมิ 45°C และ 46°C . เริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายที่อุณหภูมิและระยะเวลาดำหนดเดียวกันปรากฏว่า มังคุดผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่างเสียหายจากอาการผลแข็งจำนวนใกล้เคียงกันมากแตกต่างกันไม่เด่นชัด สำหรับการทดลองกับมังคุดจากจังหวัดชุมพรก็ปรากฏผลในลักษณะเดียวกัน โดยมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลทั้ง 2 วิธีต่างแสดงอาการผลแข็งที่อุณหภูมิ 45°C และ 46°C . เริ่มตั้งแต่ที่เวลานาน 1 ชั่วโมง (Table 2) จากการสังเกตพบว่า เมื่อมังคุดได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรือถูกความร้อนเป็นระยะเวลานานขึ้น จำนวนมังคุดเสียหายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

สำหรับมังคุดที่ไม่ได้แสดงอาการผลแข็ง เมื่อผ่าผลมังคุดตรวจความเสียหายของเนื้อมังคุดจากความร้อน พบว่า การอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่างเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงที่เนื้อจากอาการเนื้อแตกเป็นรูปพริ้วลักษณะคล้ายฟองน้ำ โดยมังคุดจากจังหวัดระยองซึ่งผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำต่างเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูปพริ้วอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน มังคุดผ่านการลดอุณหภูมิผลทั้ง 2 วิธี เกิดอาการเนื้อแตกที่อุณหภูมิ 45°C . เริ่มตั้งแต่ที่

ระยะเวลานาน 1:30 ชั่วโมง ขณะที่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเป็น 46°C จะพบความเสียหายเริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง (Table 3) ความเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนในมังคุดจากจังหวัดชุมพรจะคล้ายคลึงกับมังคุดจากจังหวัดระยอง โดยมังคุดผ่านวิธีการลดอุณหภูมิผลทั้ง 2 วิธี เกิดความเสียหายในระดับที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จะพบอาการเนื้อแตกที่อุณหภูมิ 45°C และ 46°C เริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลา 1:30 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 3)

อาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเป็นความเสียหายอย่างรุนแรงอีกอาการหนึ่งของมังคุดจากความร้อนหรืออบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ยังคงพบมังคุดเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลกับมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ อีกทั้งอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันกับมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลม โดยมังคุดจากจังหวัดระยองเกิดอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิผล 45°C และ 46°C เริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง (Table 4) ขณะที่มังคุดจากชุมพรนั้น ที่อุณหภูมิ 45°C และ 46°C พบอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1:30 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 4)

อาการเนื้อแตกเป็นรูพรุน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และผลแข็ง เป็นความเสียหายอย่างรุนแรงทำให้คุณภาพของมังคุดเสียหายมากเกินกว่าจะยอมรับได้ของตลาด Table 5 แสดงจำนวนมังคุดเสียหายจากอาการดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดรวมกัน สำหรับมังคุดจากจังหวัดระยองพบว่าที่อุณหภูมิผล 45°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมมีมังคุดเสียหายจำนวน 5, 12.5 และ 27.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 10, 17.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำมีมังคุดเสียหายจำนวน 10, 12.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 5, 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) ที่อุณหภูมิผล 46°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมมีมังคุดเสียหายจำนวน 22.5, 42.5 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 25, 47.5 และ 47.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำมีมังคุดเสียหายจำนวน 17.5, 37.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 20, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5)

สำหรับมังคุดจากจังหวัดชุมพร ความเสียหายทั้งหมดซึ่งเกิดจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในระหว่างมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมและฉีดพ่นด้วยน้ำจะคล้ายกับมังคุดจากจังหวัดระยอง ระดับความเสียหายจะไม่แตกต่างกันให้เห็นอย่างเด่นชัด ที่อุณหภูมิผล 45°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมมีมังคุดเสียหายจำนวน 5, 12.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 2.5, 12.5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำมีมังคุดเสียหายจำนวน 2.5, 12.5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 2.5, 15

และ 27.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) ที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลมมีมัจจุตเสียหายจำนวน 35, 55 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 17.5, 32.5 และ 52.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำมีมัจจุตเสียหายจำนวน 50, 55 และ 62.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 25, 35 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5)

การลดอุณหภูมิผลไม้หลังจากสิ้นสุดกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน มีรายงานว่าช่วยแก้ปัญหาความเสียหายของผลไม้บางชนิดจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมะละกอโดยวิธีจุ่มมะละกอในน้ำร้อน (hot water immersion) หลังจากสิ้นสุดกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อนแล้ว ไม่ว่าจะลดอุณหภูมิผลโดยวิธีจุ่มในน้ำเย็นหรือฉีดพ่นด้วยน้ำก็ตาม จะสามารถลดความเสียหายจากความร้อนที่เกิดกับผลมะละกอจากอาการเนื้อเป็นก้อนแข็ง (Couey and Hayes, 1986) นอกจากนี้ การใช้วิธีอบอากาศร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันทองในผลมะละกอ กรรมวิธีการลดอุณหภูมิผลมะละกอหลังจากผ่านความร้อนมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาคุณภาพ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการอบมะละกอด้วยความร้อนแล้ว หลังจากนั้นลดอุณหภูมิผลโดยวิธีจุ่มผลมะละกอในน้ำที่อุณหภูมิ 23 ± 2 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง วิธีนี้ทำให้อุณหภูมิภายในผลมะละกอลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว สามารถป้องกันความเสียหายจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hansen et al. 1990)

วิธีการลดอุณหภูมิผลเมื่อสิ้นสุดกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน นอกจากจะมีผลกระทบต่อผลไม้ในด้านคุณภาพแล้ว ยังมีผลกระทบต่ออัตราการตายของแมลงวันผลไม้ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ด้วยเช่นเดียวกัน Hallman (1990) พบว่า ในการกำจัดแมลงวันผลไม้คาริบเบียน, Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Loew) ในผลมะเฟือง (*Averrhoa carambola* Linn.) พันธุ์ 'Arkin' ด้วยวิธีอบไอน้ำผลมะเฟืองที่อุณหภูมิ 46-46.3 ° ซ. นาน 90 นาที หนอนจำนวนประมาณ 45,856 ตัว ตายทั้งหมดหากปล่อยให้ผลมะเฟืองเย็นลงอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิ 23 ± 0.5 ° ซ. แต่ถ้าจุ่มผลมะเฟืองในน้ำเย็นอุณหภูมิ 13 ± 0.2 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง ทันทีหลังสิ้นสุดการอบไอน้ำ จะมีหนอนรอดชีวิต 3 ตัว

Hallman and Sharp (1990) ศึกษาการกำจัดแมลงวันผลไม้คาริบเบียนในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) พันธุ์ 'Francis' ด้วยวิธีจุ่มในน้ำร้อน อุณหภูมิ 46.1-46.7 ° ซ. นาน 54 นาที พบว่า วิธีลดอุณหภูมิผลมีผลกระทบต่ออัตราการตายของแมลงเช่นเดียวกัน หนอนจำนวนประมาณ 17,589 ตัว จะตายทั้งหมดถ้าปล่อยให้มะม่วงเย็นลงอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิ 23 ± 0.5 ° ซ. แต่ถ้าลดอุณหภูมิผลมะม่วงลงอย่างรวดเร็วโดยวิธีจุ่มในน้ำอุณหภูมิ 21 ± 0.5 ° ซ. จะมีหนอนเหลือรอดชีวิต 1 ตัว นอกจากนี้ Unahawutti et al. (1991) ได้ประเมินผลกระทบของวิธีลดอุณหภูมิผลมะม่วงเปรียบเทียบกับวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่อการตายของแมลงวันทอง หนอนวัยที่ 1 ในผล

มะม่วงพันธุ์พิมเสนแดง หลังจากผ่านการกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มีอุณหภูมิผลตรงบริเวณที่เนื้อติดกับเมล็ดเพิ่มขึ้นถึง 45, 46, 46.5 ° ซ., 46.5 ° ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46.5 ° ซ. นาน 10, 20 และ 30 นาที ผลการทดลองปรากฏว่า หนอนวัยที่ 1 ตายทั้งหมดเมื่อมะม่วงผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิผล 46.5 ° ซ. นาน 20 นาที และลดอุณหภูมิผลโดยวิธีเป่าด้วยลม อุณหภูมิ 25 ± 1 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง ขณะที่ถาลดอุณหภูมิผลโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำอุณหภูมิ 23 ± 1 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง หนอนวัยที่ 1 ตายทั้งหมดที่อุณหภูมิ 46.5 ° ซ. ต้องคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้เป็นระยะเวลานานถึง 30 นาที

Gould and Sharp (1994) ศึกษาการใช้วิธีอบอากาศร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้คาร์บิเบียนในผลส้มเกรฟฟรุท (*Citrus paradisi* Macf.) พบว่า เมื่ออบผลส้มด้วยอากาศร้อนที่อุณหภูมิ 48 ± 3 ° ซ. ถ้าอุณหภูมิภายในสุดผลเพิ่มขึ้นถึง 40-41 ° ซ. หรือ 44-45 ° ซ. หลังจากนั้น ลดอุณหภูมิผลสัมพัทธ์โดยวิธีเป่าด้วยลมและจุ่มในน้ำที่อุณหภูมิ 10 ° ซ. อัตราการตายของหนอนจะไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าอบผลส้มให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นเพียงแค่ 37 ° ซ. หรือต่ำกว่า ปรากฏว่าอัตราการตายของหนอนในผลส้มที่ลดอุณหภูมิโดยวิธีจุ่มในน้ำเย็นและเป่าด้วยลมจะแตกต่างกันอย่างเด่นชัด ผลส้มที่ลดอุณหภูมิโดยวิธีจุ่มในน้ำเย็นและเป่าด้วยลมหลังจากผ่านการอบความร้อนที่อุณหภูมิ 36-37 ° ซ. หนอนมีอัตราการตาย 13.3 และ 39.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่อุณหภูมิผล 28-29 ° ซ. หนอนมีอัตราการตาย 78.1 และ 83.8 เปอร์เซ็นต์ ในผลส้มที่ผ่านการลดอุณหภูมิผลโดยวิธีจุ่มในน้ำเย็นและเป่าด้วยลม ตามลำดับ

หลังจากสิ้นสุดการอบมังกุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ การลดอุณหภูมิผลมังกุดระหว่างวิธีเป่าด้วยลมและวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ จำนวนมังกุดเสียหายจากความร้อนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำถึงแม้จะทำให้อุณหภูมิผลมังกุดลดต่ำลงได้อย่างรวดเร็วก็ตาม แต่ไม่สามารถป้องกันมังกุดเสียหายจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การลดอุณหภูมิผลมังกุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำมีวิธีการปฏิบัติที่ยุงยากมากกว่าวิธีเป่าด้วยลม เนื่องจากเมื่อใช้วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำแล้วต้องใช้พัดลมเป่าผลมังกุดให้แห้งก่อนที่จะบรรจุลงในกล่อง มิฉะนั้นเชื้อโรคพืชจะเข้าทำลายผลมังกุดเกิดการเน่าเสียในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้การใช้วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำซึ่งทำให้อุณหภูมิภายในผลมังกุดลดลงอย่างรวดเร็ว น่าจะมีผลกระทบต่ออัตราการตายของแมลงวันทองในผลมังกุดด้วยเช่นเดียวกัน ถ้าใช้การลดอุณหภูมิผลมังกุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ จำเป็นต้องอบมังกุดที่อุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นหรือคงความร้อนในผลที่อุณหภูมิกำหนดเป็นระยะเวลานานมากขึ้น การที่มังกุดได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นหรือเป็นระยะเวลานานมากขึ้น ย่อมมีโอกาเสี่ยงสูงที่มังกุดจะเกิดเสียหายจากความร้อนจำนวนมากเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (อุดร และ พิทวัฒน์, 2541ข) จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ในงานวิจัยพัฒนามีวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อใช้เป็นวิธีกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช สำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังกุดก่อนส่งออกนั้น ควรเลือกใช้วิธีเป่าด้วยลม เป็นวิธีการลดอุณหภูมิผลมังกุดหลังจากสิ้นสุดกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน

สรุป

ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิผลมั่งคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ ต่อความเสียหายของมั่งคุด ซึ่งผ่านวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ผลการทดลองพบว่า การลดอุณหภูมิผลมั่งคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำไม่สามารถป้องกันความเสียหายของมั่งคุดจากความร้อน วิธีฉีดพ่นด้วยน้ำถึงแม้ว่าทำให้อุณหภูมิผลมั่งคุดลดต่ำลงได้รวดเร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม แต่อย่างไรก็ดี ไม่ว่าจะลดอุณหภูมิผลมั่งคุดด้วยวิธีการใดหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อน จำนวนมั่งคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมทั้งหมดจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ภายใต้โครงการ “การวิจัยพัฒนานวัตกรรมกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมั่งคุดเพื่อการส่งออก” (สัญญาเลขที่ RDG 4220002) ขอขอบคุณ นายนิวัฒน์ พันธุ์ เจ้าของสวนมั่งคุด สวนลุงสุน จังหวัดระยอง ที่เอื้อเฟื้อมั่งคุดในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- นิรนาม. (ไม่ระบุ พ.ศ.). ดัชนีแสดงระดับสีของผลมั่งคุด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน บางเขน กรุงเทพฯ.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมการฝึกอบรมแห่งชาติ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 364 น.
- อุตร อุณหูมิ และ พิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2541ก. ความเสียหายของมั่งคุดจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน. _____ . 2541ข. คุณภาพมั่งคุดหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน. _____ . 2541ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมั่งคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1. ความชื้นสัมพัทธ์. _____ . 2541ง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมั่งคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2. ระยะเวลาให้ความร้อน.

- Couey, H.M. and C.F. Hayes. 1986. Quarantine procedure for Hawaiian papaya using fruit selection and a two-stage hot-water immersion. *J. Econ. Entomol.* 79: 1307-1314.
- Gould, W.P. and J.L. Sharp. 1994. Control of Caribbean fruit fly (Diptera : Tephritidae) in grapefruit by forced hot air and hydrocooling. *J. Econ. Entomol.* 87:131-133.
- Hallman, G.J. 1990. Vapor-heat treatment of carambolas infested with Caribbean fruit fly (Diptera : Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 83: 2340-2342.
- Hallman, G.J. and J.L. Sharp. 1990. Mortality of Caribbean fruit fly (Diptera : Tephritidae) larvae infesting mangoes subjected to hot-water treatment, then immersion cooling. *J. Econ. Entomol.* 83: 2320-2323.
- Hansen, J.D., J.W. Armstrong, B.K.S. Hu and S.A. Brown. 1990. Thermal death of oriental fruit fly (Diptera : Tephritidae) third instars in developing quarantine treatments for papayas. *J. Econ. Entomol.* 83: 160-167.
- Unahawutti, Udorn, Mana Poomthong, Rachada Intarakumheng, Walaikorn Worawisitthumrong, Chamlong Lapasathukool, Eueychai Smitasiri, Pratuang Srisook and Chanuan Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera : Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. *Tech. Plant Quarant. Sub-Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok.* 342 p.
-

Table 1. Time for center of mangosteens to attain 45 and 46 ° C during modified vapor heat treatment.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 45 ° C (h) ¹	Time for fruit center to reach 46 ° C (h) ¹
Rayong	45	1	17	69.59	1:34	-
				70.18		
				70.52		
		2	17	70.53	1:30	-
				70.59		
				70.69		
	46	1	17	69.41	-	1:25
				69.73		
				69.83		
		2	17	68.37	-	1:26
				69.48		
				69.56		
Chumporn	45	1	17	69.74	1:32	-
				70.18		
				70.77		
		2	17	70.01	1:29	-
				70.42		
				70.85		
	46	1	17	68.15	-	1:26
				68.43		
				68.65		
		2	17	68.23	-	1:21
				68.66		
				69.03		

¹ Time for two sensor fruits to attain target temperatures.

Table 2. The occurrence of pericarp hardening (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times followed by air and shower cooling and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Cooling Method	Pericarp hardening (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	Air cooling	2.5	5	10
			Shower cooling	5	5	7.5
			Control	0		
		2	Air cooling	5	5	7.5
			Shower cooling	2.5	5	10
			Control	0		
	46	1	Air cooling	15	27.5	37.5
			Shower cooling	10	25	40
			Control	0		
		2	Air cooling	17.5	35	35
			Shower cooling	15	25	42.5
			Control	0		
Chumporn	45	1	Air cooling	5	7.5	7.5
			Shower cooling	2.5	5	10
			Control	0		
		2	Air cooling	2.5	7.5	7.5
			Shower cooling	2.5	5	10
			Control	0		
	46	1	Air cooling	15	42.5	52.5
			Shower cooling	27.5	40	42.5
			Control	0		
		2	Air cooling	5	20	35
			Shower cooling	15	25	55
			Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 3. The occurrence of flesh spongy tissue (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times followed by air and shower cooling and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Cooling Method	Flesh spongy tissue (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	Air cooling	0	2.5	10
			Shower cooling	0	5	7.5
			Control	0		
		2	Air cooling	0	7.5	15
			Shower cooling	0	5	12.5
			Control	0		
	46	1	Air cooling	2.5	7.5	10
			Shower cooling	7.5	5	7.5
			Control	0		
		2	Air cooling	2.5	5	10
			Shower cooling	5	10	7.5
			Control	0		
Chumporn	45	1	Air cooling	0	2.5	2.5
			Shower cooling	0	7.5	7.5
			Control	0		
		2	Air cooling	0	2.5	5
			Shower cooling	0	5	15
			Control	0		
	46	1	Air cooling	17.5	10	12.5
			Shower cooling	15	10	15
			Control	0		
		2	Air cooling	7.5	10	12.5
			Shower cooling	10	5	12.5
			Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 4. The occurrence of flesh browning (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times followed by air and shower cooling and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Cooling Method	Flesh browning (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	Air cooling	2.5	7.5	7.5
			Shower cooling	5	7.5	12.5
			Control	0		
		2	Air cooling	5	5	10
			Shower cooling	2.5	5	12.5
			Control	0		
	46	1	Air cooling	7.5	15	15
			Shower cooling	5	10	10
			Control	0		
		2	Air cooling	7.5	10	12.5
			Shower cooling	5	7.5	12.5
			Control	0		
Chumporn	45	1	Air cooling	0	5	5
			Shower cooling	0	2.5	5
			Control	0		
		2	Air cooling	0	5	7.5
			Shower cooling	0	7.5	5
			Control	0		
	46	1	Air cooling	17.5	7.5	12.5
			Shower cooling	17.5	12.5	15
			Control	0		
		2	Air cooling	12.5	10	12.5
			Shower cooling	10	10	15
			Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 5. Total fruit injuries (%) (pericarp hardening, flesh browning and flesh spongy tissue) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times followed by air and shower cooling and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Cooling Method	Total fruit injuries (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	Air cooling	5	12.5	27.5
			Shower cooling	10	12.5	25
			Control	0		
		2	Air cooling	10	17.5	25
			Shower cooling	5	15	25
			Control	0		
	46	1	Air cooling	22.5	42.5	55
			Shower cooling	17.5	37.5	50
			Control	0		
		2	Air cooling	25	47.5	47.5
			Shower cooling	20	45	55
			Control			
Chumporn	45	1	Air cooling	5	12.5	15
			Shower cooling	2.5	12.5	17.5
			Control	0		
		2	Air cooling	2.5	12.5	17.5
			Shower cooling	2.5	15	27.5
			Control	0		
	46	1	Air cooling	35	55	70
			Shower cooling	50	55	62.5
			Control	0		
		2	Air cooling	17.5	32.5	52.5
			Shower cooling	25	35	70
			Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

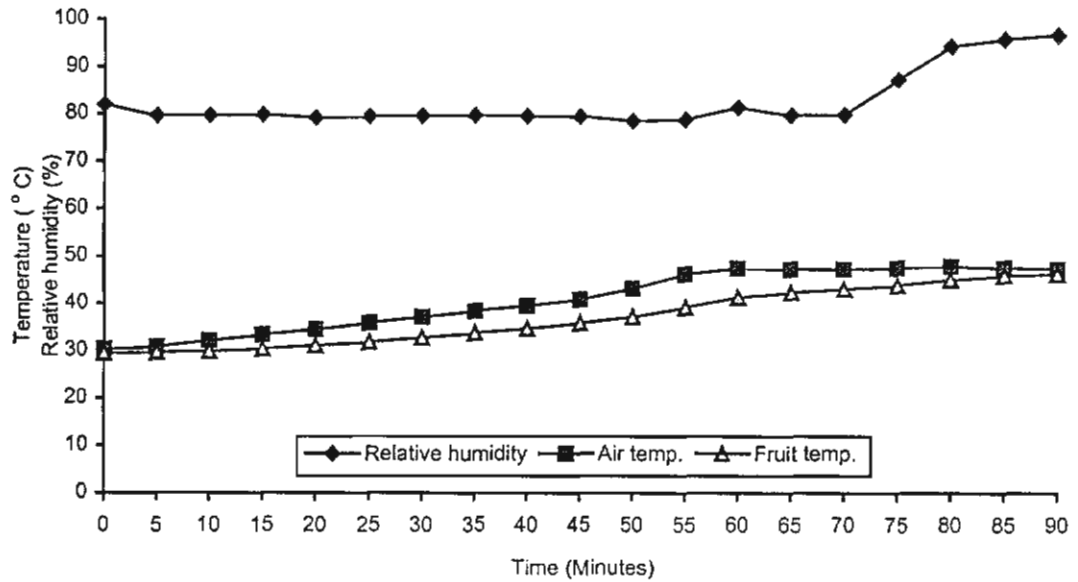


Figure 1. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment.

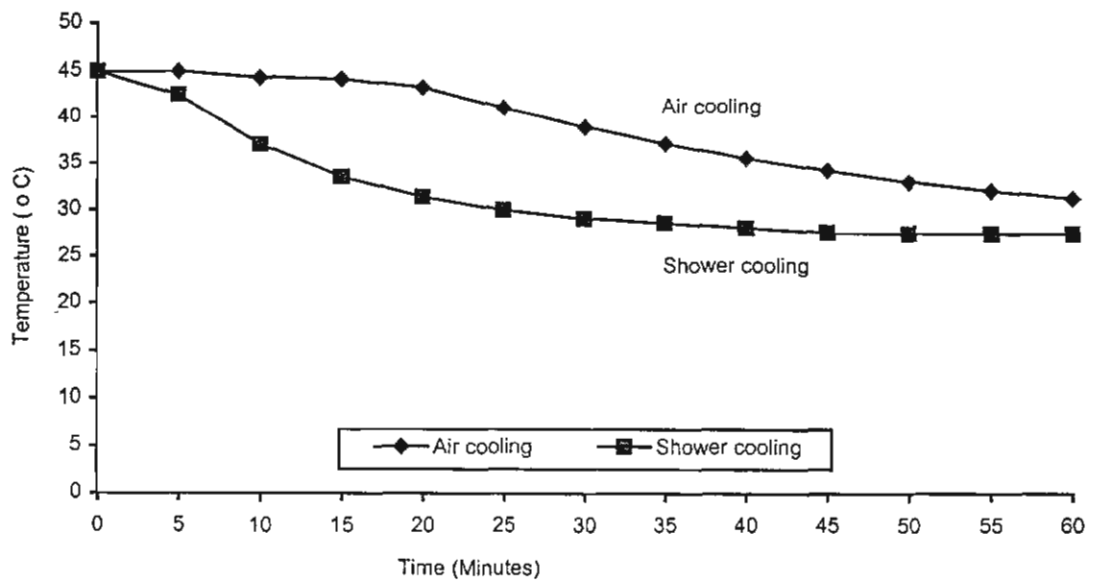


Figure 2. Fruit center temperature during air and shower cooling.

8. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด
ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

4. ระยะความสุก

8. Factors Affecting Thermal Injury of Mangosteen
Subjected to Modified Vapor Heat Treatment

4. Stage of Ripeness

อุตร อุณหูมิ และ สลักจิต พานคำ

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

อบมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ขณะที่ผลมังคุดมีความสุกแตกต่างกัน 2 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มสุกผลระดับสีที่ 2 และระยะก่อนข้างจะสุกผลระดับสีที่ 5 การอบมังคุดในช่วงแรกเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 43 ° ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากมังคุดมีอุณหภูมิผล 43 ° ซ. ปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีหลังจากสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นเก็บมังคุดทั้งหมดในห้องอุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 7 วัน ผลการทดลองพบว่า ระยะความสุกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความเสียหายของมังคุด การอบมังคุดระยะผลยิ่งสุกมาก มังคุดมีแนวโน้มเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ขณะที่อบมังคุดในระยะเริ่มสุกมีผลกระทบทำให้การสุกของมังคุดผิดปกติ เมื่อมังคุดสุกส่วนของเปลือกและเนื้อไม่แยกออกกัน

ABSTRACT

Mangosteens (*Garcinia mangostana* Linn.) of 2 different stages of ripeness were evaluated for their effect on heat injuries. The less ripe fruits of color stage 2 (Pericarp is light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp is moderate) and the riper fruits of color stage 4 (Pericarp is red or reddish brown, some with purple tinge. Latex in pericarp is very slight to none) were exposed to modified vapor heat treatment (MVHT). Fruits were heated with hot air of

80 % RH from ambient temperature to 43.0 ° C. After fruit center temperature was raised to 43 ° C, test fruits were heated by high temperature air saturated with water vapor until fruit center temperature reached 45 and 46 ° C and maintained at these temperatures for 1, 1:30 and 2 hours. Test fruits were air cooled immediately after heat treatment for 1 hour and kept in storage room at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH for 7 days. The results indicated that the severity to mangosteen fruits depended on stage of ripeness. The major injury in the riper fruits was flesh browning whereas the main damage in the less ripe fruits was the disruption of normal ripening which was expressed by the unseparation of pericarp and aril.

คำนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นไม้ผลที่มีศักยภาพสูงในการส่งออก แต่มีปัญหาด้านกักกันพืช เนื่องจากมีรายงานว่าเป็นพืชอาศัยของแมลงศัตรูพืชร้ายแรงด้านกักกันพืช คือ แมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) ทำให้การส่งออกมังคุดของไทยไม่สามารถขยายไปยังตลาดที่สำคัญได้ เช่น ประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น ได้มีการศึกษาวิจัยวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน เพื่อใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) สำหรับกำจัดแมลงในผลมังคุดก่อนส่งออก มีรายงานว่า การใช้ความร้อนกำจัดแมลงในผลมังคุดโดยอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อนได้แก่ วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) มีศักยภาพที่จะใช้กับมังคุด มากกว่าวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก, ข) แต่อย่างไรก็ดี วิธีการดังกล่าวนี้ทำให้มังคุดบางส่วนเกิดความเสียหาย โดยความเสียหายอย่างรุนแรงที่สำคัญมี 3 อาการได้แก่ เนื้อแตกเป็นรูพรุน (flesh spongy tissue) เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (flesh browning) และผลแข็ง (pericarp hardening) (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก)

อุตร และ พิทวัฒน์ (2541ข) รายงานว่า ในบรรดาความเสียหายอย่างรุนแรงจากความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับมังคุดนั้น อาการเนื้อมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดูเหมือนจะมีความรุนแรงและสำคัญมากกว่าอาการอื่น เนื่องจากความเสียหายจากอาการดังกล่าวนี้มักจะพบเกิดขึ้นบนเนื้อมังคุดก่อนอาการอื่น อาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลส่วนมากจะพบบนเนื้อมังคุดกลีบที่ใหญ่ก่อนเสมอ ซึ่งเนื้อมังคุดกลีบใหญ่เป็นกลีบที่มีโอกาสเนื้อเป็นแก้วก่อนกลีบอื่น อาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลสันนิษฐานว่า เมื่อมังคุดได้รับความร้อนสูงถึงระดับหนึ่งอาจเกิดการละลายของสีน้ำตาลออกจากเปลือกมังคุดตรงบริเวณที่สัมผัสกับเนื้อมังคุดกลีบที่ใหญ่หรือที่เป็นเนื้อแก้ว ซึ่งเปลือกมังคุดบริเวณดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะชุ่มน้ำมากกว่าบริเวณอื่นๆ จึงเกิดรอยคราบสีน้ำตาลเปื้อนติดบนส่วนของเนื้อมังคุด (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ข)

มังคุดหลังจากติดผลถึงสัปดาห์ที่ 12 มังคุดแก่เต็มที่เริ่มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกซึ่งแบ่งออกได้เป็น 7 ระดับ (นิรนาม, ไม่ระบุ พ.ศ.) โดยความสุกระยะแรกได้แก่ผลระดับสีที่ 0

ผลมีสีขาวออกเหลืองสม่ำเสมอ หรือมีสีขาวอมเหลืองแต้มด้วยสีเขียวอ่อน หรือจุดสีเทา เมื่อมังคุดสุกมากขึ้น ผลจะเปลี่ยนสีเข้มขึ้นตามลำดับดังนี้ ผลสีเหลืองอ่อนอมเขียว ผลสีเหลืองอ่อนอมชมพู ผลสีชมพูสม่ำเสมอ ผลสีแดงหรือน้ำตาลอมแดง ผลสีม่วงอมแดง และสุดท้ายเป็นระยะความสุกที่เหมาะสมแก่การรับประทาน ซึ่งเป็นผลระดับสีที่ 6 ผลมังคุดมีสีม่วง หรือม่วงเข้มจนถึงดำ การเปลี่ยนแปลงสีของผลมังคุดจากผลระดับสีที่ 0 ถึงระดับสีที่ 6 จะใช้เวลา 7 วัน ในการศึกษาวิจัยด้านความเสียหายของมังคุดจากความร้อน (fruit injury test) ที่แล้วมาของ อุตฺร และ พิทวัฒน์ (2541ก, ข, ค, ง) และ อุตฺร และ สลักจิต (2542) จะพบอาการเนื้อมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเกิดขึ้นในมังคุดที่ผ่านความร้อน ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากมังคุดมีความสุกผลระดับสีที่ 5 ผลมีสีม่วงอมแดง มังคุดในระยะความสุกดังกล่าวนี้อาจจะสุกมากเกินไป เปลือกมีสีเข้มมากจึงอาจจะละลายออกมาเปลี่ยนส่วนของเนื้อได้โดยง่าย ดังนั้น ถ้าอบมังคุดในระยะเริ่มสุก อาจจะหลีกเลี่ยงปัญหาการละลายของสีแดงหรือน้ำตาลแดงจากเปลือกไปเปื้อนบนเนื้อมังคุด รายงานผลการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาวิธีการลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเกี่ยวกับระยะความสุกของมังคุดขณะที่ผ่านความร้อนต่อความเสียหายของผลมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองอบมังคุดโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำลังแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง แบ่งระยะความสุกของผลมังคุดโดยอาศัยดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุดซึ่งจัดทำโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (นิรนาม, ไม่ระบุ พ.ศ.) ศึกษาอิทธิพลของมังคุด 2 ระยะความสุก คือ ระยะความสุกผลระดับสีที่ 2 และระดับสีที่ 4 มังคุดผลระดับสีที่ 2 เป็นมังคุดระยะเริ่มจะสุก ผลมีสีเหลืองอ่อนอมชมพู มีประสีชมพูกระจายทั่วทั้งผล ยางภายในเปลือกอยู่ในระดับปานกลาง การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกทำได้ยากถึงปานกลาง (Figure 1) ส่วนมังคุดผลระดับสีที่ 5 เป็นมังคุดระยะค่อนข้างจะสุก ผลสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย เป็นระยะที่รับประทานได้ (Figure 2)

ทำการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยอบมังคุดภายใต้สภาพอากาศร้อนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลาที่กำหนด (stepped temperature modified vapor heat treatment, STEPPED MVHT) ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่เหมาะสมกับมังคุด (อุตฺร และ พิทวัฒน์, 2541ง) โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดถึง 43 ° ซ. อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดสำหรับมังคุด (อุตฺร และ พิทวัฒน์,

2541ค) ส่วนช่วงหลังจากมังคุดอุณหภูมิ 43°C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนจะอยู่ที่ระดับมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ อบมังคุดให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46°C และคงอุณหภูมิไว้ที่ 45 และ 46°C เป็นระยะเวลานาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีมังคุดผ่านความร้อนจำนวน 40 ผล

วิธีวัดอุณหภูมิผลมังคุดจะวัดอุณหภูมิจากมังคุดกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล เมื่ออบมังคุดผลขนาดเล็กและขนาดกลางจะใช้มังคุดกำหนดอุณหภูมิ น้ำหนัก 69 ± 2 และ 103 ± 2 กรัม/ผล ตามลำดับ มังคุดกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้จะใช้เป็นตัวแทนที่จะแสดงอุณหภูมิผลมังคุดทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน โดยทำการวัดอุณหภูมิผลมังคุดตามรายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ก) เมื่อมังคุดกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมังคุดทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมังคุดกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมังคุดทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมังคุดที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม (air cooling) อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 1 ชั่วโมง ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ “Sanshu” Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) หลังจากสิ้นสุดกระบวนการลดอุณหภูมิผลมังคุด นำมังคุดบรรจุในกล่องกระดาษและเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 7 วัน ตรวจสอบความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยบันทึกจำนวนมังคุดที่เสียหายอย่างรุนแรงจากความร้อน 3 อาการ ได้แก่ อาการผลแข็งหรือเปลือกแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพุน ลักษณะคล้ายฟองน้ำ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ตามวิธีการดังรายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ข) ดำเนินการทดลองอบมังคุดตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วจำนวน 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

Table 1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 45 และ 46°C รวมทั้งรายละเอียดอื่นๆ ในการอบมังคุดแต่ละครั้ง ส่วนการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิผลมังคุด ในระหว่างการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิภายในสุดผล 45 และ 46°C ปรากฏใน Figure 3

การอบมังคุดผลระดับสีที่ 2 และผลระดับสีที่ 5 ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ต่างปรากฏความเสียหายจากอาการผลแข็ง แต่อย่างไรก็ดี ระดับความเสียหายดูเหมือนจะแตกต่างกัน โดยมังคุดผลระดับสีที่ 2 มีแนวโน้มเสียหายค่อนข้างมากกว่ามังคุดผลระดับสีที่ 5 การอบมังคุดผลมีระดับสีที่ 2 ที่อุณหภูมิ 45°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมังคุดเสียหายจากอาการผลแข็ง จำนวน 15, 22.5 และ 25.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 12.5,

17.5 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ส่วนมังคุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายจำนวนน้อยเพียง 5, 2.5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 0, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2) ในทำนองเดียวกันที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. มังคุดผลระดับสีที่ 2 เสียหายจากอาการผลแข็งมากกว่ามังคุดผลระดับสีที่ 5 แตกต่างกันค่อนข้างจะเด่นชัด โดยการอบมังคุดผลระดับสีที่ 2 ที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมังคุดเสียหายจากอาการผลแข็ง จำนวน 20, 35 และ 47.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 17.5, 55 และ 67.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่มังคุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายจำนวนเพียง 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 0, 22.5 และ 47.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2)

จากการสังเกตพบว่า อาการผลแข็งที่เกิดกับมังคุดผลระดับสีที่ 2 มีอาการแตกต่างกัน 2 ลักษณะดังนี้ คือ เปลือกมังคุดจะแข็งทั้งผล ไม่สามารถใช้มีดผ่าส่วนของเปลือกได้ อาการผลแข็งลักษณะดังกล่าวนี้จะพบกับมังคุดผลระดับสีที่ 2 เป็นส่วนน้อย ขณะที่อาการผลแข็งที่พบส่วนมากจะมีลักษณะดังนี้ เปลือกมังคุดจะมีความแข็งไม่สม่ำเสมอทั้งทั้งผล บางส่วนเปลือกจะนิ่ม บางส่วนจะแข็ง สามารถใช้มีดผ่าเปลือกมังคุดตรงบริเวณที่นิ่มและแยกเปลือกออกจากเนื้อมังคุดได้ ขณะที่เปลือกบริเวณที่แข็งนั้นส่วนของเปลือกจะติดแน่นกับเนื้อไม่สามารถแยกออกจากกันได้ (Figure 4A) บางครั้งแม้ว่าจะแยกส่วนของเปลือกออกจากเนื้อได้ แต่ปรากฏว่า เนื้อเยื่อสีม่วงแดงของเปลือกบริเวณด้านในจะลอกเป็นแผ่นติดแน่นคลุ้มอยู่บนส่วนของเนื้อมังคุดเกือบทั้งหมด (Figure 4B) หรือกระจายเป็นจุด (Figure 4C) ทำให้เนื้อมังคุดสีขาวดูสกปรกและไม่น่ารับประทาน สำหรับอาการผลแข็งที่พบกับมังคุดผลระดับสีที่ 5 นั้น ส่วนมากหรือเกือบทั้งหมดจะมีลักษณะของเปลือกจะแข็งทั้งผล

ผลการตรวจความเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนพบว่า การอบมังคุดผลระดับสีที่ 2 ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. เป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ไม่พบมังคุดเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุน ขณะที่มังคุดผลระดับสีที่ 5 พบเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. นาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง จำนวน 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 ส่วนในการทดลองครั้งที่ 2 พบเสียหายเฉพาะที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) สำหรับการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มังคุดผลระดับสีที่ 2 เสียหายจำนวน 0, 2.5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 2.5, 2.5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 3) ขณะที่มังคุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายค่อนข้างมาก จำนวน 7.5, 7.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 0, 20 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 3)

ความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. ไม่พบมังคุดผลระดับสีที่ 2 เสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ถึงแม้ว่าจะ

คงอุณหภูมิผลที่ 45°C . นานถึง 2 ชั่วโมง ยกเว้นในการทดลองครั้งที่ 2 เฉพาะที่เวลานาน 1 ชั่วโมง เสียหายเพียงเล็กน้อยจำนวนเพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ขณะที่มังกุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายค่อนข้างมาก โดยที่ระยะเวลานาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 5 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 4) ในทำนองเดียวกันเมื่ออบมังกุดที่อุณหภูมิ 46°C . ที่ระยะเวลายกเว้นที่กำหนดเดียวกัน มังกุดผลระดับสีที่ 2 ดูเหมือนจะเสียหายจำนวนน้อยกว่ามังกุดผลระดับสีที่ 5 แตกต่างกันค่อนข้างจะเด่นชัด โดยมังกุดผลระดับสีที่ 2 ที่อุณหภูมิ 46°C . นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 7.5, 12.5 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 10, 7.5 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ขณะที่มังกุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายค่อนข้างมาก จำนวน 30, 27.5 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 25, 47.5 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 4)

เมื่อรวมความเสียหายอย่างรุนแรง 3 อาการดังกล่าวมาแล้วข้างต้นเข้าด้วยกันซึ่งแสดงไว้ใน Table 5 ปรากฏว่า ที่อุณหภูมิ 45°C . นาน 2 ชั่วโมง มังกุดผลระดับสีที่ 2 และระดับสีที่ 5 เสียหายจำนวนค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยมังกุดผลระดับสีที่ 2 เสียหายจำนวน 25 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ตามลำดับ ขณะที่มังกุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายจำนวน 27.5 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 5) แต่เมื่อพิจารณาระดับความเสียหายที่ระยะเวลานาน 1 และ 1:30 ชั่วโมง จะพบว่า มังกุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายค่อนข้างน้อยแตกต่างจากมังกุดผลระดับสีที่ 2 ค่อนข้างจะมาก โดยการอบมังกุดผลระดับสีที่ 2 ที่ระยะเวลานาน 1 และ 1:30 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 15 และ 22.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 15 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) ขณะที่มังกุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายจำนวนน้อยเพียง 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 0, และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) สำหรับความเสียหายของผลมังกุดที่อุณหภูมิ 46°C . จะพบว่า มังกุดผลระดับสีที่ 2 และระดับสีที่ 5 ต่างเสียหายจำนวนมากแต่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน (Table 5)

ข้อมูลจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระยะความสุขของผลมังกุดขณะที่นำมาผ่านความร้อนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังกุดจากความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และอาการผลแข็ง การอบมังกุดระยะเริ่มสุกผลระดับสีที่ 2 มีโอกาสหลีกเลี่ยงความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ดังจะเห็นได้จากมังกุดผลระดับสีที่ 2 มีแนวโน้มเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจำนวนน้อยกว่ามังกุดผลระดับสีที่ 5 (Table 4) การที่มังกุดผลระดับสีที่ 2 เสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลค่อนข้างน้อย อาจจะเนื่องมาจากมังกุดระยะความสุขนี้ ส่วนของเปลือกมีสีเหลืองอ่อน หรือมีประสีชมพูกระจายแตกต่างจากมังกุดผลระดับสี 5 ซึ่งเปลือกมีสีค่อนข้างเข้มของสีม่วงอมแดง ดังนั้น เมื่อมังกุดผลระดับ

สีที่ 2 ได้รับความร้อนสูง โอกาสที่สีจากเปลือกจะละลายมาเปลี่ยนส่วนของเนื้อจะมีน้อยกว่ามังคุดผลระดับสีที่ 5

ถึงแม้ว่ามังคุดผลระดับสีที่ 5 จะเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจำนวนมากกว่ามังคุดผลระดับสีที่ 2 (Table 4) แต่ถ้าพิจารณาความเสียหายจากอาการผลแข็งจะพบว่ามังคุดผลระดับสีที่ 5 เสียหายจากอาการผลแข็งน้อยกว่ามังคุดผลระดับสีที่ 2 (Table 2) แตกต่างกันค่อนข้างจะเด่นชัด สำหรับมังคุดผลระดับสีที่ 2 เป็นระยะที่เริ่มจะมีการแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือก แตกต่างจากผลระดับสีที่ 5 ซึ่งส่วนของเนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย การที่มังคุดผลระดับสีที่ 2 ส่วนมากเสียหายจากอาการเนื้อและเปลือกไม่แยกตัวออกจากกัน ขณะที่ไม่พบอาการดังกล่าวนี้ในมังคุดไม่ผ่านความร้อน (Table 2) แสดงว่า ความร้อนจากวิธอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์น่าจะมีผลกระทบต่อการบวนการสุกของมังคุด ทำให้การเปลี่ยนแปลงของเปลือกผิดปกติ มังคุดในระยะที่สุกเต็มที่ แทนที่เปลือกจะนิ่มกลับแข็งทั้งผลหรือแข็งเป็นบางจุด นอกจากนี้ยังทำให้การแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกผิดปกติอีกด้วย มังคุดผลระดับสีที่ 2 ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 45 ° ซ. นาน 1 และ 1:30 ชั่วโมง ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำและระยะเวลาสั้น แต่เสียหายจำนวนมากแตกต่างอย่างเด่นชัดจากมังคุดผลระดับสีที่ 5 (Table 5) แสดงว่าวิธอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีผลกระทบต่อการสุกของมังคุดระยะเริ่มสุกผลระดับสีที่ 2 รุนแรงมากกว่ามังคุดระยะค่อนข้างสุกผลระดับสีที่ 5

Jones (1939) รายงานเกี่ยวกับความเสียหายของมะละกอ (*Carica papaya* Linn.) จากการกำจัดแมลงด้วยความร้อนวิธอบไอน้ำ พบว่า เมื่อนำมะละกอที่มีระยะความสุกแตกต่างกันมาผ่านความร้อน ความเสียหายจากความร้อนที่เกิดกับผลมะละกอจะมีลักษณะไม่เหมือนกัน สำหรับมะละกอผลค่อนข้างสุก เมื่อมะละกอสุกส่วนของเนื้อที่ได้รับความเสียหายจากความร้อนจะนิ่มและใส ขณะที่มะละกอในระยะที่ผลสุกเพียงเล็กน้อย การสุกของเนื้อจะไม่สม่ำเสมอเนื้อส่วนที่ได้รับความเสียหายจะไม่สุกมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง (lumpyness)

ความเสียหายจากความร้อนของมังคุดผลระยะเริ่มสุกส่วนมากเกิดปัญหาที่เปลือกจากอาการเปลือกแข็งและการแยกตัวออกจากกันระหว่างส่วนของเปลือกและเนื้อ แต่สำหรับมังคุดระยะค่อนข้างสุก ความเสียหายส่วนมากกลับปรากฏที่เนื้อจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายจากความร้อนวิธอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มังคุดที่นำมาผ่านความร้อนควรเป็นผลที่มีระดับความสุกไม่น้อยหรือมากเกินไป มังคุดผลระดับสีที่ 3 และระดับสีที่ 4 จึงน่าจะเป็นระยะความสุกของมังคุดที่เหมาะสมขณะที่นำมาผ่านความร้อน ทั้งนี้เนื่องจาก มังคุดผลระดับสีที่ 3 เป็นระยะที่สีเปลือกยังไม่เข้มมากนัก ผลมีสีชมพูสม่ำเสมอ ประสีชมพูเริ่มขยายเข้ามารวมกันไม่แบ่งกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้แล้วยังมีการแยกตัวระหว่างเนื้อและเปลือกแล้วในระดับปานกลาง ส่วนมังคุดผลระดับสีที่ 4 ผลมีสีแดงหรือน้ำตาลแดง ส่วนของเปลือกและเนื้อแยกตัวออกจากกันแล้ว สภาพมังคุดในระยะความสุกดังกล่าวนี้ น่าจะช่วยลดความเสี่ยงที่มังคุดเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และอาการผลแข็งจากสาเหตุเปลือกและเนื้อไม่แยกตัวออกจากกันเมื่อผล

มังคุดสุก ดังนั้น จึงควรมีการทดลองอบมังคุดผลระดับสีที่ 3 และ 4 เพื่อหาระยะเวลาสุกที่เหมาะสมที่สุดของมังคุด สำหรับนำมาผ่านความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

สรุป

ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยระยะเวลาสุกของผลมังคุด ขณะที่ผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยการอบมังคุด 2 ระยะเวลาสุกเปรียบเทียบกัน คือ ระยะเวลาเริ่มสุกผลระดับสีที่ 2 และระยะก่อนข้างสุกผลระดับสีที่ 5 พบว่า ระยะเวลาสุกของผลมังคุดขณะที่ผ่านความร้อนเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยมังคุดระยะเริ่มสุกมีแนวโน้มอ่อนแอต่อความร้อนมากกว่ามังคุดระยะก่อนข้างสุก มังคุดระยะเริ่มสุกส่วนมากเสียหายจากอาการของเปลือกผิวดกดำ ได้แก่ เปลือกแข็งและเปลือกและเนื้อไม่แยกตัวออกจากกันเมื่อมังคุดสุก ขณะที่มังคุดระยะก่อนข้างสุกมีแนวโน้มเสียหายเป็นจำนวนมากจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ภายใต้โครงการ “การวิจัยพัฒนาวิธีการจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก” (สัญญาเลขที่ RDG 4220002) ขอขอบคุณ นายนิวัฒน์ พันธุ์ เจ้าของสวนมังคุด สวนลุงสุน จังหวัดระยอง ที่เอื้อเฟื้อมังคุดในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. (ไม่ระบุ พ.ศ.). ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน บางเขน กรุงเทพฯ.

อุตร อุณหุฒิ และ พิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2541ก. ความเสียหายของมังคุดจากวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อน.

_____. 2541ข. คุณภาพมังคุดหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน.

_____. 2541ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1. ความชื้นสัมพัทธ์.

_____. 2541ง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2. ระยะเวลาให้ความร้อน.

อุดร อุณหูมิ และ สลักจิต พานคำ. 2542. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของ
มังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 3. การลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธี
ฉีดพ่นด้วยน้ำ.

Jones, W.W. 1939. The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high
temperature. Pro. Amer. Soc. Hort. Sci. 37: 199-124.

Table 1. Time for center of mangosteens to attain 45 and 46 ° C during modified vapor heat treatment.

Fruit temp (° C)	Rep.	Stage of ripeness ¹	Size ²	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 45 ° C (h) ³	Time for fruit center to reach 46 ° C (h) ³
45	1	Color stage 2	S	8.5	68.63	1:29	-
					68.68		
					68.77		
		Color stage 5	S	8.5	68.38	1:30	-
					69.71		
					69.76		
	2	Color stage 2	M	10	103.15	1:39	-
					103.25		
					103.75		
		Color stage 5	M	10	103.45	1:37	-
					103.67		
					104.08		
46	1	Color stage 2	S	8.5	68.50	-	1:30
					68.63		
					68.76		
		Color stage 5	S	8.5	68.26	-	1:25
					68.32		
					68.38		
	2	Color stage 2	M	10	104.29	-	1:41
					104.41		
					104.57		
		Color stage 5	S	8.5	68.30	-	1:25
					68.85		
					69.56		

¹ Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.

Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

² S = Small size (50-85 g/fruit), M = Medium size (85-120 g/fruit).

³ Time for two sensor fruits to attain target temperatures.

Table 2. The occurrence of pericarp hardening (%) in mangosteens of different ripeness stages after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Stage of ripeness ¹	Pericarp hardening (%) ²		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	Color stage 2	15	22.5	25.5
		Color stage 5	5	2.5	7.5
		Control	0		
	2	Color stage 2	12.5	17.5	30
		Color stage 5	0	5	7.5
		Control	0		
46	1	Color stage 2	20	35	47.5
		Color stage 5	0	15	30
		Control	0		
	2	Color stage 2	17.5	55	67.5
		Color stage 5	0	22.5	47.5
		Control	0		

¹ Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.
Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

² Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 3. The occurrence of flesh spongy tissue (%) in mangosteens of different ripeness stages after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Stage of ripeness ¹	Flesh spongy tissue (%) ²		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	Color stage 2	0	0	0
		Color stage 5	0	5	7.5
		Control	0		
	2	Color stage 2	0	0	0
		Color stage 5	0	0	10
		Control	0		
46	1	Color stage 2	0	2.5	7.5
		Color stage 5	7.5	7.5	15
		Control	0		
	2	Color stage 2	2.5	2.5	7.5
		Color stage 5	0	20	12.5
		Control	0		

¹ Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.

Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

² Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits .

Table 4. The occurrence of flesh browning (%) in mangosteens of different ripeness stages after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Stage of ripeness ¹	Flesh browning (%) ²		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	Color stage 2	0	0	0
		Color stage 5	0	5	20
		Control	0		
	2	Color stage 2	2.5	0	0
		Color stage 5	0	5	17.5
		Control			
46	1	Color stage 2	7.5	12.5	12.5
		Color stage 5	30	27.5	30
		Control	0		
	2	Color stage 2	10	7.5	17.5
		Color stage 5	25	47.5	30
		Control	0		

¹ Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.
Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

² Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits .

Table 5. Total fruit injuries (%) (pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning) in mangosteens of different ripeness stages after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 °C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Stage of ripeness ¹	Total fruit injuries (%) ²		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	Color stage 2	15	22.5	25
		Color stage 5	5	7.5	27.5
		Control	0		
	2	Color stage 2	15	17.5	30
		Color stage 5	0	10	25
		Control	0		
46	1	Color stage 2	27.5	50	62.5
		Color stage 5	30	42.5	60
		Control	0		
	2	Color stage 2	30	65	85
		Color stage 5	25	70	77.5
		Control	0		

¹ Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.
 Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

² Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits .



Figure 1. Color stage 2: Pericarp light pinkish yellow with distinct irregular pink-red spots cover entire fruit. Latex in pericarp moderate. Pericarp and aril separation difficult to moderate.



Figure 2. Color stage 5: Pericarp darkened to reddish purple. No latex remain in pericarp. Complete and easy separation of pericarp and aril.

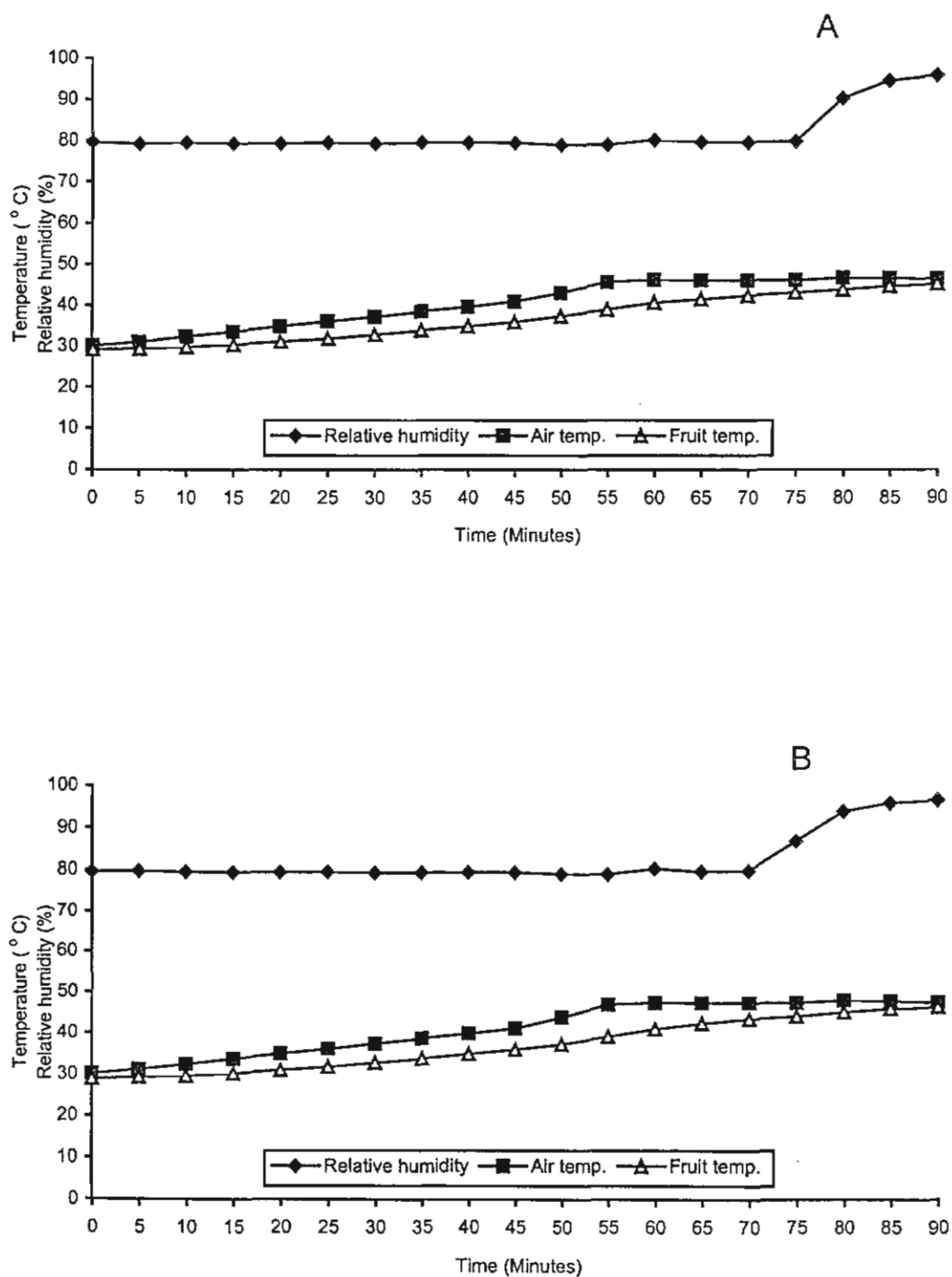


Figure 3. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment.
A. Fruit temperature 45 °C; B. Fruit temperature 46 °C.

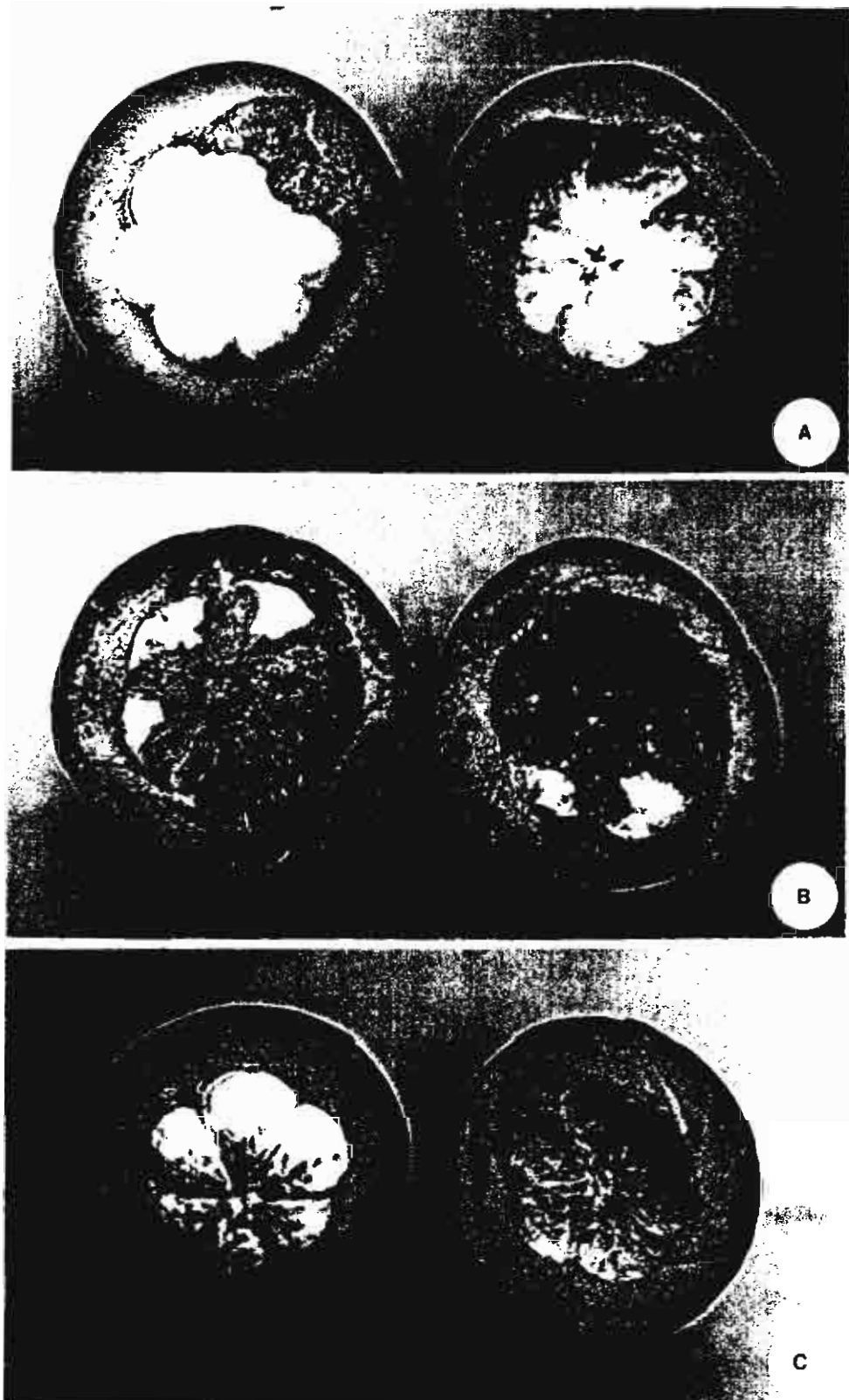


Figure 4. Symptoms of thermal injury in mangosteens of color stage 2.

9. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด
ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์
5. อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

9. Factors Affecting Thermal Injury of Mangosteen
Subjected to Modified Vapor Heat Treatment
5. Temperature at the End of Dry Pre-Heating Period

อุดร อุณหวุฒิ และ สลักจิต พานคำ

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นต่ำของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ต่อความเสียหายของมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) โดยช่วงแรกให้ความร้อนกับมังคุดด้วยอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดจากอุณหภูมิห้องถึง 42 ° ซ. เปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 44 ° ซ. หลังจากมังคุดมีอุณหภูมิผล 42 หรือ 44 ° ซ. ปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 7 วัน ผลการประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า ไม่ว่าจะอบมังคุดโดยเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำอุณหภูมิเป็น 42 หรือ 44 ° ซ. ต่างไม่สามารถป้องกันมังคุดเสียหายจากความร้อน มังคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมทั้งหมดจาก 3 อาการ คือ อาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีจำนวนค่อนข้างมากและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

ABSTRACT

Mangosteen (*Garcinia manostana* Linn.) fruit injury was evaluated after exposure to modified vapor heat treatment (MVHT) which temperatures at the end of dry-preheating period were 42 and 44 ° C. Test fruits were heated with hot air of 80 %

RH from ambient temperature to 42 or 44 ° C. After fruit center temperature was raised to 42 or 44 ° C, test fruits were heated by high temperature air saturated with water vapor until fruit center temperatures attained 45 and 46 ° C and kept at these temperatures for 1, 1:30 and 2 hours. Immediately after treatment, fruits were air cooled for 1 hour and then stored in constant temperature/humidity chamber at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH for 7 days. The result showed that both heat treatment procedures could not prevent mangosteen fruits from thermal injuries. Total number of heat injured fruits from the following symptoms; flesh spongy tissue, flesh browning and pericarp hardening were similar.

คำนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) จึงจำเป็นต้องผ่านการกำจัดแมลงด้วยวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ที่มีประสิทธิภาพเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดก่อนส่งออก มีรายงานว่าวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนซึ่งอาศัยอากาศเป็นสื่อนำความร้อน ได้แก่ วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) มีศักยภาพที่จะใช้กับมังคุดมากกว่าวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) เมื่อคำนึงถึงความเสี่ยงจากความร้อนและปัจจัยประสิทธิภาพการกำจัดแมลงตามลำดับ (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก, ข) แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้ยังมีมังคุดบางส่วนเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงที่สำคัญมี 3 อาการ ได้แก่ อาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ (flesh spongy tissue) เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (flesh browning) และผลแข็ง (pericarp hardening) (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก)

ในการวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยวิธีการรมยา (fumigation) ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลไม้อาจจะเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยของกระบวนการรมยา (treatment factors) และ ปัจจัยที่เกี่ยวกับผลไม้ (plant factors) (Forney and Houck, 1994) ปัจจัยของกระบวนการรมยา ได้แก่ ชนิดของสารรม อัตราความเข้มข้น ระยะเวลา รม ปริมาณของผลไม้ในตู้ สภาพแวดล้อมระหว่างการรมยาและหลังการรมยา เช่น อุณหภูมิระหว่างการรมยา ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดดันอากาศ สารเคมีที่จุ่มหรือเคลือบผลไม้ก่อนรมยา การระบายอากาศ อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา การห่อผล เป็นต้น ส่วนปัจจัยของผลไม้ประกอบด้วย พันธุ์ อายุ ความสุก การปรับสภาพผลไม้ก่อนรมยา สภาพทางสรีระของผลไม้

ในการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ หลายปัจจัยมีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ปัจจัยที่เกี่ยวกับผลไม้ ได้แก่ ระยะความสุกของมังคุดขณะที่ผ่านความร้อน การอบมังคุดผลยิ่งสุกมากมีแนวโน้มที่เนื้อมังคุดจะเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ขณะที่การอบมังคุดในระยะเริ่มสุกมีผลทำให้มังคุดเสียหายมากจากอาการเปลือกและเนื้อมังคุดไม่แยกออกจากกันเมื่อมังคุดสุก (อุตร และ สลักจิต, 2542ข) ส่วนปัจจัยเกี่ยว

กับกระบวนการให้ความร้อนนั้น อูตร และ พิทวัฒน์ (2541ค) พบว่า ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงแรกของการให้ความร้อนกับผลม้งคุดของวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ มีอิทธิพลต่อความเสียหายของม้งคุดจากความร้อน ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงดังกล่าวนี้สูงขึ้น จำนวนม้งคุดเสียหายจากความร้อนจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น วิธีการเพิ่มอุณหภูมิผลม้งคุดถึงระดับที่กำหนดเป็นอีกปัจจัยสำคัญต่อความเสียหายของม้งคุดจากความร้อน การอบม้งคุดโดยเพิ่มอุณหภูมิผลม้งคุดขึ้นไปอย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มทำให้ม้งคุดเสียหายจากความร้อนมากกว่าการอบม้งคุดโดยเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปอย่างช้าๆ (อูตร และ พิทวัฒน์, 2541ง)

นอกจากนี้ ช่วงระยะเวลาในระหว่างการให้ความร้อนกับม้งคุด ภายใต้สภาพอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ มีความสำคัญมากในกระบวนการอบม้งคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าม้งคุดอยู่ใต้สภาพอุณหภูมิสูงในช่วงดังกล่าวนี้เป็นเวลานานเพียงพอ จะกระตุ้นให้ม้งคุดสร้างความทนทานต่อความร้อน ทำให้สามารถลดความเสียหายของม้งคุดจากความร้อนได้ ในการศึกษาวิจัยความเสียหายของม้งคุดจากวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่แล้วมาของ อูตร และ พิทวัฒน์ (2541ก, ข, ค, ง) และ อูตร และ สลักจิต (2542ก, ข) การอบม้งคุดในช่วงดังกล่าวข้างต้นจะเพิ่มอุณหภูมิผลม้งคุดถึง 43°C . ก่อนปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิผลม้งคุดต่อไปถึงระดับที่กำหนด ถ้าปรับเปลี่ยนอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนให้สูงขึ้นหรือต่ำลง อาจจะมีผลต่อความเสียหายของม้งคุดจากความร้อน รายงานผลการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาวิธีลดความเสียหายของม้งคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเกี่ยวกับระดับอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงการให้ความร้อนด้วยอากาศร้อนที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ของวิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ต่อความเสียหายของม้งคุดจากความร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองอบม้งคุดโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกึ่งอัตโนมัติลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง ม้งคุดทดลองมีผลขนาดเล็ก น้ำหนัก 50-85 กรัม/ผล จากแหล่งปลูกในท้องที่จังหวัดชุมพร ม้งคุดมีระยะความสุกผลระดับสีที่ 5 ผลสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย (นิรนาม, ไม่ระบุ พ.ศ.)

ดำเนินการอบม้งคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยอบม้งคุดให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ แต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (stepped temperature modified

vapor heat treatment, STEPPED MVHT) ซึ่งเป็นกรรมวิธีให้ความร้อนที่เหมาะสมกับมังคุดตามขั้นตอนรายละเอียดใน อุตฺร และ พิทวัฒน์ (2541ง) ทำการอบมังคุดเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 กระบวนการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้ กระบวนการที่ 1 อบมังคุดโดยช่วงแรกอาศัยอากาศร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดสำหรับมังคุด (อุตฺร และ พิทวัฒน์, 2541ค) ทำให้อุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดเพิ่มขึ้นถึง 42°C . หลังจากนั้นจึงปรับเป็นอากาศร้อนที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกระบวนการที่ 2 ดำเนินการอบมังคุดเหมือนกับกระบวนการที่ 1 เพียงแต่ในช่วงแรกของการให้ความร้อนกับมังคุดโดยอากาศร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ นั้น จะเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดขึ้นถึง 44°C . หลังจากนั้น จึงปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อ้อมตัวด้วยไอน้ำ อบมังคุดทั้ง 2 กระบวนการพร้อมกันในเครื่องตู้อบความร้อนคนละเครื่อง เปรียบเทียบความเสียหายของมังคุดจากความร้อนระหว่าง 2 กระบวนการ เมื่ออุณหภูมิภายในผลมังคุดคงอยู่ที่ 45°C และ 46°C . นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีมังคุดผ่านความร้อนจำนวน 40 ผล สำหรับมังคุดที่ใช้เปรียบเทียบความเสียหาย (control) ไม่ต้องผ่านความร้อนมีจำนวน 40 ผล

ในระหว่างการอบมังคุด วัดอุณหภูมิผลมังคุดจากมังคุดกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 69 ± 2 กรัม/ผล มังคุดกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลนี้จะใช้เป็นตัวแทนที่จะแสดงอุณหภูมิผลมังคุดทั้งหมดภายในเครื่องตู้อบความร้อน โดยทำการวัดอุณหภูมิผลมังคุดตามรายละเอียดใน อุตฺร และ พิทวัฒน์ (2541ก) เมื่อมังคุดกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้นมังคุดทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมังคุดกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมังคุดทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมังคุดที่ระยะเวลานั้นออกจากเครื่องตู้อบความร้อน ลดอุณหภูมิผลทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม (air cooling) อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. นาน 1 ชั่วโมง (อุตฺร และ สลักจิต, 2542ก) ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ "Sanshu" Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) บรรจุมังคุดแต่ละกรรมวิธีในกล่องกระดาษ จากนั้นนำไปเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (thermo/humidity chamber) (model : STH-2, Sanshu Sangyo Co. Ltd., Kagoshima, Japan) อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 7 วัน ประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยตรวจสอบและบันทึกจำนวนมังคุดที่เสียหายอย่างรุนแรงจากความร้อน 3 อาการ ได้แก่ อาการผลแข็งหรือเปลือกแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพุ่ม ลักษณะคล้ายฟองน้ำ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ตามวิธีการดังรายละเอียดใน อุตฺร และ พิทวัฒน์ (2541ข) ดำเนินการทดลองอบมังคุดตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วจำนวน 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

Figure 1 และ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผลมังคุด ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิของอากาศ ในตู้อบความร้อนระหว่างการทดลองอบมังคุดด้วยกระบวนการที่ 1 และ กระบวนการที่ 2 เมื่ออบมังคุดให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46 ° ซ. ตามลำดับ Table 1 แสดง ระยะเวลาที่อุณหภูมิผลมังคุดเพิ่มขึ้นถึง 42, 44, 45 และ 46 ° ซ. จากผลการทดลองพบว่า เมื่อทำ การอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. ระยะเวลาที่มังคุดอยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในผลเพิ่มถึง 42 และ 44 ° ซ. นานเฉลี่ย 0:51 และ 1:07 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันเฉลี่ย 0:16 ชั่วโมง ขณะที่อยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำจน อุณหภูมิถึง 45 ° ซ. นานเฉลี่ย 0:16 และ 0:10 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันเฉลี่ย 0:06 ชั่วโมง (Table 1) สำหรับการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ระยะเวลาที่มังคุดอยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ จนอุณหภูมิถึง 42 และ 44 ° ซ. นานเฉลี่ย 1:03 และ 1:13 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันเฉลี่ย 0:10 ชั่วโมง ขณะที่อยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำจน อุณหภูมิถึง 46 ° ซ. นานเฉลี่ย 0:19 และ 0:12 ชั่วโมง ตามลำดับ แตกต่างกันเฉลี่ย 0:07 ชั่วโมง (Table 1)

จากผลการตรวจสอบความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า การอบมังคุดด้วย วิธีการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ กระบวนการที่ 1 และ กระบวนการที่ 2 มังคุดยังคงแสดง ความเสียหายจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล สำหรับความเสียหายจากอาการผลแข็งปรากฏว่า ที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. มังคุดผ่านความร้อนทั้ง 2 กระบวนการต่าง แสดงอาการผลแข็งตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1:30 และ 1 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 2) ขณะที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. มังคุดผ่านความร้อนทั้ง 2 กระบวนการเสียหาย จากอาการผลแข็งตั้งแต่ที่เวลานาน 1 ชั่วโมง จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบ ความเสียหายของมังคุดระหว่างวิธีการทั้ง 2 ที่ระยะเวลากำหนดเดียวกันค่อนข้างจะใกล้เคียงกันไม่ แตกต่างกันอย่างเด่นชัด การอบมังคุดทั้ง 2 กระบวนการที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. มีมังคุดเสียหายค่อนข้างน้อยเพียง 7.5 - 10 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่ามังคุดจะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้นานถึง 2 ชั่วโมง (Table 2) แต่การอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ปรากฏว่ามีมังคุดที่ผ่านความร้อนเสียหาย เป็นจำนวนมาก โดยที่ระยะเวลานาน 1 และ 2 ชั่วโมง มีมังคุดเสียหายจำนวนระหว่าง 10-22.5 และ 27.5 - 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 2)

ไม่พบความเสียหายจากอาการเนื้อแตกเป็นรูปพรุนในมังคุดที่ผ่านความร้อนทั้ง 2 กระบวนการที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง (Table 3) อาการเนื้อแตกเป็นรูปพรุนในมังคุดผ่าน ความร้อนทั้ง 2 กระบวนการจะเริ่มปรากฏที่อุณหภูมิผล 45 และ 46 ° ซ. ตั้งแต่เวลานาน 1:30 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 3) เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายระหว่างมังคุดที่ผ่านความร้อนกระบวนการ

การที่ 1 และกระบวนการที่ 2 พบว่าจะอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันมากไม่แตกต่างอย่างเด่นชัด ส่วนผลการตรวจสอบความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลพบว่า ไม่ว่าจะอบมัจจุด้วยกระบวนการที่ 1 หรือกระบวนการที่ 2 มัจจุต่างเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิ 45 และ 46 ° ซ. เริ่มตั้งแต่ที่ระยะเวลานาน 1 ชั่วโมง (Table 4) โดยจำนวนมัจจุเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจะไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่างการ 2 กระบวนการ นอกจากนี้ความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. จะมากกว่าที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อรวมความเสียหายอย่างรุนแรง 3 อาการดังกล่าวมาแล้วข้างต้นเข้าด้วยกันซึ่งแสดงไว้ใน Table 5 ปรากฏว่า ที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. การอบมัจจุกระบวนการที่ 1 ที่ระยะเวลา 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมัจจุเสียทั้งหมดจำนวน 7.5, 10 และ 20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 7.5, 10 และ 15 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ส่วนกระบวนการที่ 2 มีมัจจุเสียหายใกล้เคียงกันคือจำนวน 5, 12.5 และ 20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 7.5, 12.5 และ 17.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) สำหรับการทดลองที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. จำนวนมัจจุเสียหายทั้งหมดมีจำนวนมากกว่าที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. แต่ไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่าง 2 กระบวนการ โดยที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. การอบมัจจุกระบวนการที่ 1 ที่ระยะเวลา 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมัจจุเสียทั้งหมดจำนวน 25, 35 และ 47.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 30, 35 และ 57.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 ส่วนกระบวนการที่ 2 มีมัจจุเสียหายใกล้เคียงกันคือจำนวน 25, 32.5 และ 50 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 27.5, 40 และ 62.5 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5)

อุตร และ พิทักษ์ (2541ค) รายงานว่า ในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยระยะเวลาให้ความร้อนต่อความเสียหายของมัจจุ ความเสียหายจากความร้อนของมัจจุซึ่งแตกต่างกันระหว่างการอบมัจจุด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ กรรมวิธีที่เพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไประยะรวดเร็ว และการมัจจุที่เพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปแต่ละระดับอย่างช้าๆ นั้น อาจจะเนื่องมาจากสาเหตุดังนี้คือ เมื่ออบมัจจุให้อุณหภูมิผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มัจจุอยู่ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงในช่วงเพิ่มอุณหภูมิถึง 43.0 ° ซ. เป็นระยะเวลานานเพียง 37 - 47 นาที ซึ่งอาจจะเป็นช่วงเวลาสั้นมากเกินไปที่จะกระตุ้นให้มัจจุเกิดการพัฒนาความทนทานต่อความร้อน ในขณะที่กรรมวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลอย่างช้าๆ มัจจุอยู่ภายใต้สภาพอุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน 1:05 - 1:19 ชั่วโมง ซึ่งอาจจะเป็นเวลาเพียงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดการสร้างความทนทานต่อความร้อนได้ระดับหนึ่ง ทำให้มัจจุสามารถทนทานต่อความร้อนสูงได้ดีขึ้นในช่วงหลังซึ่งมัจจุต้องอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ

การอบมัจจุด้วยกระบวนการที่ 1 ที่อุณหภูมิผล 45 และ 46 ° ซ. มัจจุอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซนต์ ถึงอุณหภูมิ 42 ° ซ. นานเฉลี่ย 0:52 และ 1:03

ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนกระบวนการที่ 2 ถึงอุณหภูมิ 44°C . นานเฉลี่ย 1:08 และ 1:13 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 1) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะพบว่าระยะเวลาที่มังคุดอยู่ในสภาพอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น นอกจากนี้ จำนวนมังคุดที่เสียหายจากความร้อนอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ปัจจัยเกี่ยวกับระดับอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงของการอบอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำไม่ว่าจะเป็น 42 หรือ 44°C . ซึ่งเป็นอุณหภูมิก่อนปรับเปลี่ยนเป็นการอบไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ดังนั้น การอบมังคุดด้วยกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ในช่วงแรกของการให้ความร้อนกับมังคุดด้วยอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ สามารถเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดถึงระหว่าง $42-44^{\circ}\text{C}$. ก่อนปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

สรุป

ได้ออบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยระดับอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดการให้ความร้อนด้วยอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 42 และ 44°C . ก่อนปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ต่อความเสียหายของมังคุดจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน ผลการทดลองพบว่า ไม่ว่าระดับอุณหภูมิสุดท้ายจะเป็น 42 หรือ 44°C . ต่างไม่สามารถเปลี่ยนแปลงระดับความเสียหายของมังคุดจากความร้อน มีมังคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมทั้งหมดจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล จำนวนค่อนข้างมากและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ภายใต้โครงการ “การวิจัยพัฒนางานวิจัยกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก” (สัญญาเลขที่ RDG 4220002)

เอกสารอ้างอิง

นิรนาม. (ไม่ระบุ พ.ศ.). ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน บางเขน กรุงเทพฯ.
 อุดร อุณหวุฒิ และ พิพัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2541ก. ความเสียหายของมังคุดจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน.

-
- . 2541ข. คุณภาพมังคุดหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน.
-
- . 2541ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1. ความชื้นสัมพัทธ์.
-
- . 2541ง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2. ระยะเวลาให้ความร้อน.
- อุตร อุณหูฒิ และ สลักจิต พานคำ. 2542ก. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 3. การลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ.
-
- . 2542ข. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 4. ระยะความสุก.
- Forney, C.F. and L.G. Houck, 1994. Chemical treatments. *In* Paull, R.E. and J.W. Armstrong (Eds.), *Insect pests and fresh horticultural products : Treatment and responses*. CAB International, Wallingford, UK. P 139-162.
-

Table 1. Time for center of mangosteens to attain 42, 44, 45 and 46 °C during modified vapor heat treatment.

Fruit temp (°C)	Rep.	Temp at the end of dry-preheating period (°C)	Loading (kg/cu.m)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 42 °C (h) ¹	Time for fruit center to reach 44 °C (h) ¹	Time for fruit center to reach 45 °C (h) ¹	Time for fruit center to reach 46 °C (h) ¹
45	1	42	8.5	68.88, 69.07, 69.15	0:54		1:09	-
		44	8.5	68.08, 68.76, 69.28		1:16	1:26	-
	2	42	8.5	69.43, 69.64, 69.50	0:49		1:06	-
		44	8.5	68.25, 68.38, 68.45		0:59	1:09	-
46	1	42	8.5	68.54, 68.60, 68.68	1:01			1:18
		44	8.5	68.38, 68.44, 68.48		1:15		1:27
	2	42	8.5	68.07, 68.58, 68.60	1:05			1:26
		44	8.5	68.27, 69.00, 69.07		1:12		1:24

¹ Time for center of 2 sensor fruits to attain target temperatures

Table 2. The occurrence of pericarp hardening (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Temp at the end of dry- preheating period (° C)	Pericarp hardening (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	42	0	2.5	7.5
		44	0	5	7.5
		Control	0		
	2	42	2.5	5	7.5
		44	2.5	5	10
		Control	0		
46	1	42	12.5	17.5	32.5
		44	10	20	27.5
		Control	0		
	2	42	22.5	22.5	37.5
		44	15	27.5	45
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 3. The occurrence of flesh spongy tissue (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Temp at the end of dry- preheating period (° C)	Flesh spongy tissue (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	42	0	5	12.5
		44	0	2.5	10
		Control	0		
	2	42	0	2.5	2.5
		44	0	2.5	2.5
		Control	0		
46	1	42	5	7.5	5
		44	5	5	7.5
		Control	0		
	2	42	2.5	5	5
		44	5	5	2.5
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 4. The occurrence of flesh browning (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at and 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Temp at the end of dry- preheating period (° C)	Flesh browning (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	42	7.5	7.5	12.5
		44	5	5	10
		Control	0		
	2	42	5	5	7.5
		44	5	7.5	7.5
		Control	0		
46	1	42	7.5	12.5	12.5
		44	10	7.5	15
		Control	0		
	2	42	7.5	7.5	20
		44	10	12.5	15
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 5. Total fruit injuries (%) (pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning) in mangosteen fruits after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 27 ± 1 ° C and 75 ± 5 % RH.

Fruit temp (° C)	Rep.	Temp at the end of dry- preheating period (° C)	Total fruit injuries (%) ¹		
			1 h	1:30 h	2 h
45	1	42	7.5	10	20
		44	5	12.5	20
		Control	0		
	2	42	7.5	10	15
		44	7.5	12.5	17.5
		Control	0		
46	1	42	25	35	47.5
		44	25	32.5	50
		Control	0		
	2	42	30	35	57.5
		44	27.5	40	62.5
		Control	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

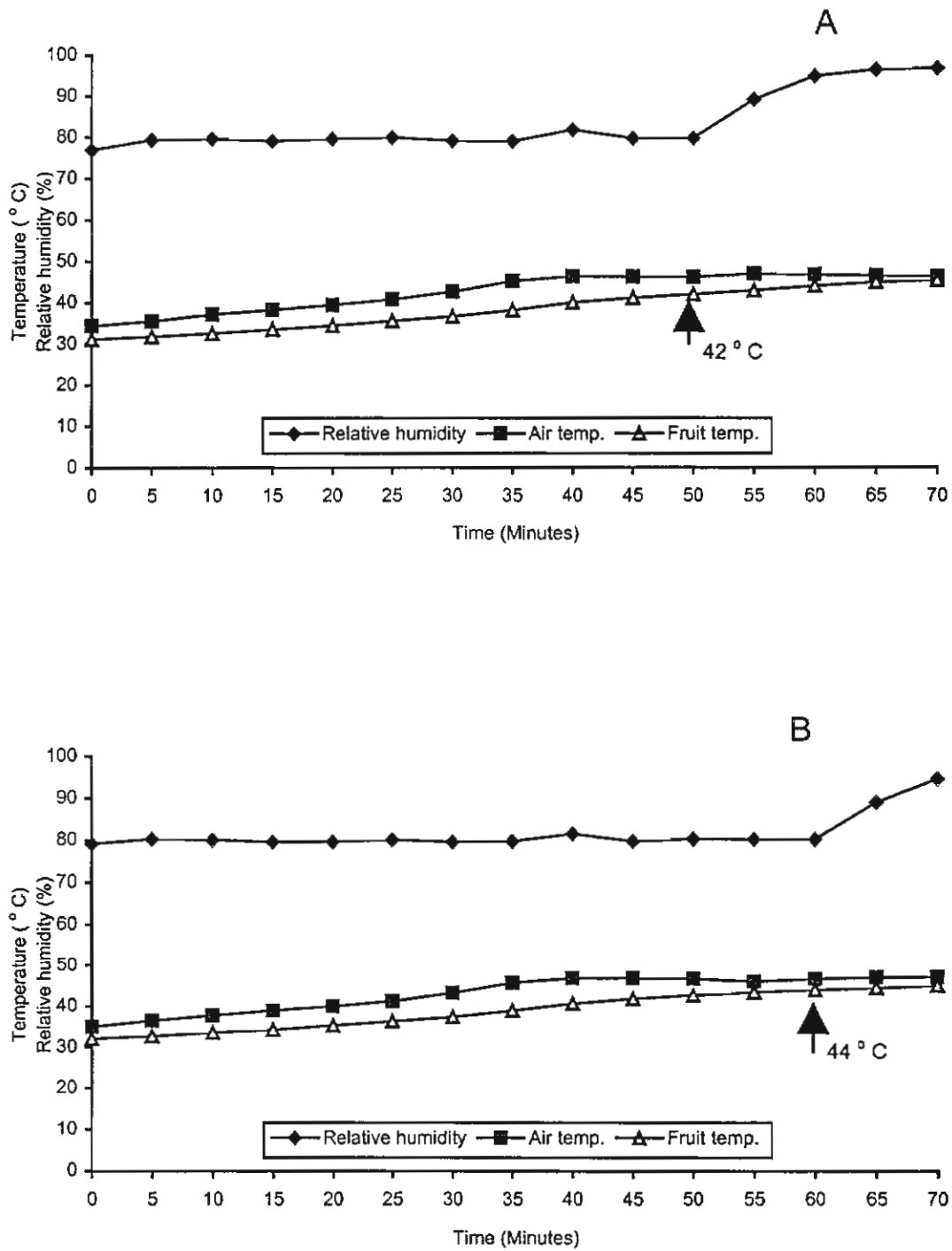


Figure 1. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment at fruit center temperature 45 °C and temperature at the end of dry-preheating period 42 and 44 °C. A. 42 °C; B. 44 °C.

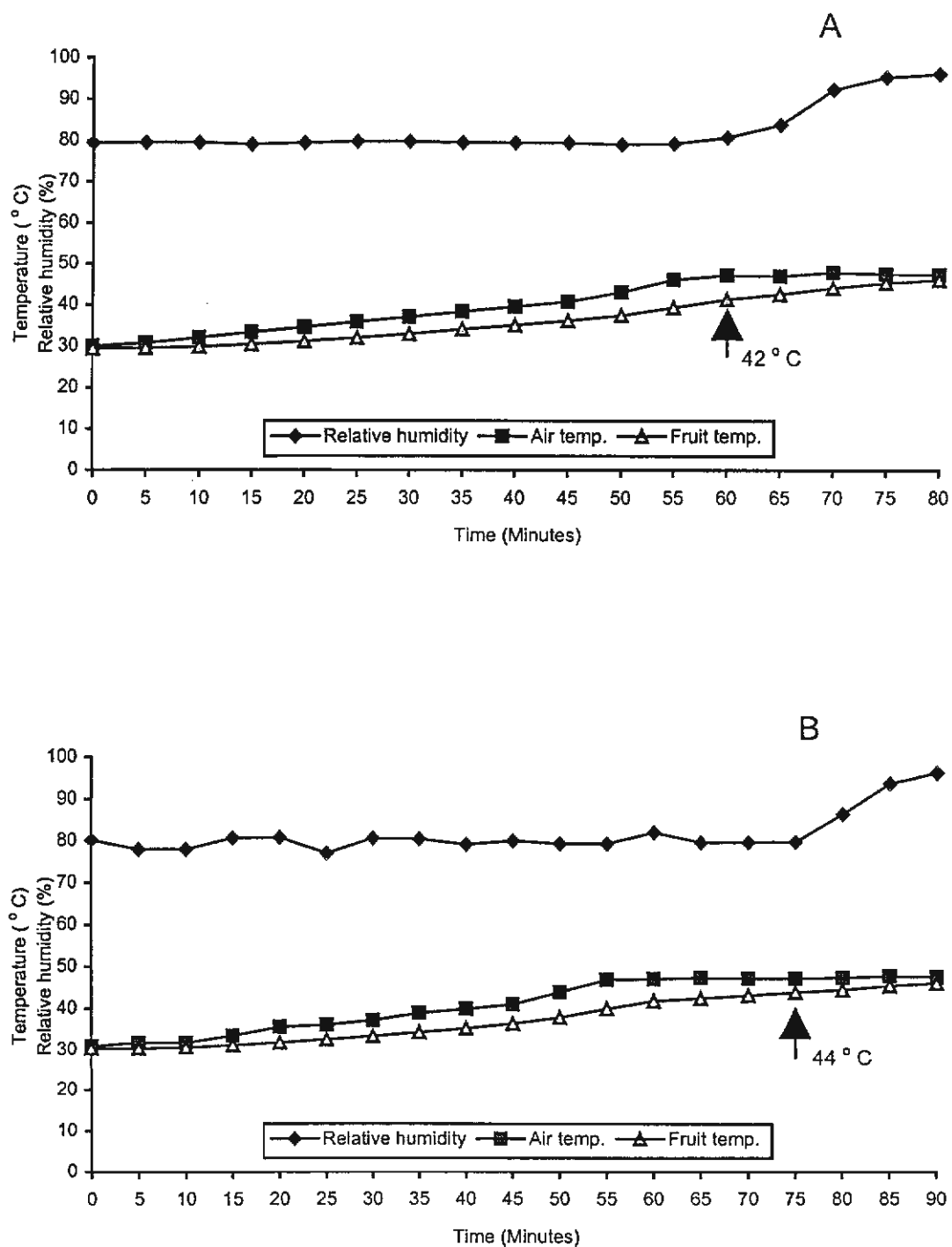


Figure 2. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment at fruit center temperature 46 °C and temperature at the end of dry-preheating period 42 and 44 °C. A. 42 °C; B. 44 °C.

10. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด
ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

6. อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา

10. Factors Affecting Thermal Injury of Mangosteen
Subjected to Modified Vapor Heat Treatment

6. Storage temperature

อุตร อุณหูฒิ และ สลักจิต พานคำ

กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

อบมังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) ด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยในช่วงแรกของการให้ความร้อนอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุตผลมังคุดขึ้นถึง 43 ° ซ. หลังจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดตรงบริเวณกึ่งกลางผลคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นแยกเก็บมังคุดทดลองที่อุณหภูมิ 15 ± 2 ° ซ. เปรียบเทียบกับ 27 ± 1 ° ซ. นาน 7 วัน ผลการประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า สภาพอุณหภูมิในช่วงระหว่างการเก็บรักษามังคุดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลมากต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ถ้าเก็บมังคุดหลังผ่านกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 15 ± 2 ° ซ. มังคุดเสียหายทั้งหมดโดยรวมจาก 3 อาการคือ อาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีจำนวนน้อยแตกต่างอย่างเด่นชัดจากมังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. การเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 15 ± 2 ° ซ. สามารถป้องกันความเสียหายของมังคุดจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายจากอาการผลแข็ง นอกจากนี้ยังลดความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบนมังคุดเนื้อเป็นแก้วอีกด้วย

ABSTRACT

Storage temperature was assessed for its effect on thermal injury of mangosteens (*Garcinia mangostana* Linn.) after exposure to modified vapor heat treatment (MVHT). Test fruits were heated with hot air of 80 % RH from ambient

temperature to 43 ° C. After fruit center temperature was raised to 43 ° C, test fruits were heated by high temperature air saturated with water vapor until fruit center temperatures attained 45 and 46 ° C and kept at these temperatures for 1, 1:30 and 2 hours. Immediately after heat treatment, fruits were air-cooled for 1 hour. Mangosteen fruit injury was compared after 7 days storage at 15 ± 2 ° C and 27 ± 1 ° C. The results indicated that temperature during storage distinctly affected thermal injury in mangosteens. Following heat treatment, fruits stored at 15 ° C, were less damaged from these symptoms, pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning, than those stored at 27 ° C. Keeping mangosteens at 15 ° C can obviously prevent fruits from thermal injuries especially pericarp hardening. In addition, it can reduce the occurrence of flesh browning in translucent-fleshed mangosteens.

คำนำ

แมลงวันผลไม้ (Diptera : Tephritidae) นอกจากจะเป็นศัตรูพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจแล้ว ยังเป็นศัตรูพืชที่มีความสำคัญด้านกักกันพืชอีกด้วย ทำให้ผลไม้พืชอาศัยไม่สามารถส่งออกไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ปลูกกันมากในภาคตะวันออกและภาคใต้ แต่เนื่องจากมีรายงานว่ามังคุดเป็นพืชอาศัยของแมลงวันทอง oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (White and Elson-Harris, 1992) ทำให้หลายประเทศห้ามนำเข้ามังคุดสดจากประเทศไทย ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น เกาหลี ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และสหรัฐอเมริกา วิธีแก้ปัญหการส่งมังคุดออกไปยังประเทศเหล่านี้ จำเป็นต้องพัฒนาวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช (plant quarantine treatment) ที่มีประสิทธิภาพ ตามมาตรฐานกำหนด เพื่อใช้กำจัดแมลงในผลมังคุดก่อนส่งออก

ปัจจุบันวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ (modified vapor heat treatment, MVHT) เป็นวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนซึ่งได้รับการวิจัยพัฒนาเป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืช และยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น สำหรับใช้กำจัดไข่และหนอนของแมลงวันทองและแมลงวันแดง melon fly, *B. cucurbitae* (Coquillett) ในผลมะม่วง (*Mangifera indica* Linn.) พันธุ์หนึ่งกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ก่อนส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น (Unahawutti, 1991) นอกจากมะม่วงแล้ว มีรายงานว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีศักยภาพที่จะใช้กำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดมากกว่าวิธีอบไอน้ำ (vapor heat treatment, VHT) และวิธีอบอากาศร้อน (hot air treatment, HAT) เมื่อคำนึงถึงความเสี่ยงที่เกิดขึ้นกับมังคุด และปัจจัยอื่นๆ ประกอบ (อุดร และ พิทวัฒน์, 2541ก, ข) แต่อย่างไรก็ดี ที่อุณหภูมิและระยะเวลาซึ่งคาดว่าจะสามารถกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยังมีมังคุดเสียหายจากความร้อนอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง

จากการศึกษารายงานผลงานวิจัย พบว่า การกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลไม้บางชนิดอาศัยวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนควบคู่กับวิธีกำจัดแมลงด้วยความเย็น การกำจัดแมลงวันทองในผลลิ้นจี่ (*Litchi chinensis* Sonn.) ของประเทศจีนใช้วิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำ

ควบคุมกับวิธีกำจัดแมลงด้วยความเย็น กระบวนการกำจัดแมลงประกอบด้วยขั้นตอนเริ่มจากอบผลลึ้นจีด้วยวิธีอบไอน้ำซึ่งอาศัยอากาศร้อนที่อึดตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลลึ้นจีขึ้นถึง 46.5°C และคงความร้อนภายในผลลึ้นจีที่อุณหภูมิ 46.5°C ต่อไปอีกนาน 10 นาที หลังจากนั้น เก็บลึ้นจีในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 2°C ต่อไปอีกเป็นเวลานาน 40 ชั่วโมง (Guangqin et al. 1984) กระบวนการกำจัดแมลงดังกล่าวนี้ได้ผ่านการยอมรับจากหน่วยงานกักกันพืชของประเทศญี่ปุ่น ให้ใช้เป็นวิธีการกำจัดศัตรูพืชด้านกักกันพืชเพื่อกำจัดแมลงวันผลทองในผลลึ้นจีก่อนส่งออก สำหรับการส่งลึ้นจีจากประเทศไต้หวันออกไปยังประเทศญี่ปุ่น จะอบผลลึ้นจีด้วยวิธีอบไอน้ำให้อุณหภูมิภายในผลคงอยู่ที่ 46.2°C นาน 20 นาที และเก็บลึ้นจีในห้องเย็นให้อุณหภูมิภายในผลลึ้นจีอยู่ที่ระดับ 2°C ต่อไปอีกนาน 42 ชั่วโมง โดยต้องทำให้อุณหภูมิภายในผลลึ้นจีทั้งหมดลดลงจาก 46.2°C ลงถึง 2°C ภายในระยะเวลา 6 ชั่วโมง (Kuo, 1988; Tseng et al., 1992)

นอกจากนี้ มีรายงานว่าหลังสิ้นสุดกระบวนการกำจัดแมลงในผลไม้ด้วยความร้อนแล้ว การเก็บผลไม้ไว้ที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้สามารถขนส่งผลไม้ไปจำหน่ายยังประเทศที่อยู่ห่างไกล Kuo et al. (1990) ได้พัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันทองในผลลึ้นจีกระบวนการใหม่ ซึ่งใช้เฉพาะวิธีอบไอน้ำเพียงอย่างเดียว โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลลึ้นจีให้คงอยู่ที่ 47°C นาน 20 นาที หลังจากนั้นเก็บลึ้นจีไว้ในห้องเย็น งานศึกษาวิจัยของ Jocobi et al. (1993) ได้ใช้วิธีการเก็บลึ้นจีในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5°C หลังจากสิ้นสุดการอบลึ้นจีด้วยวิธีอบไอน้ำ สำหรับแตง चुकिन (Zucchini) (*Cucurbitae pepo* Linn.) หลังจากผ่านการอบไอน้ำแล้วจะเก็บผลแตงไว้ที่อุณหภูมิ $7-8^{\circ}\text{C}$.

ในการศึกษาวิจัยความเสียหายของผลสาธิตญี่ปุ่น (*Pyrus prunifolia*) ซึ่งรมด้วยเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide) เพื่อกำจัดไรศัตรูพืชที่ติดไปกับผล Kawakai and Soma (1990) พบว่าความเสียหายจากสารเคมีบนผลสาธิตจะลดลงอย่างมาก ถ้าหลังจากรมผลสาธิตด้วยเมทิลโบรไมด์แล้วเก็บผลสาธิตไว้ที่อุณหภูมิ 2°C แทนที่จะเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 16°C แต่อย่างไรก็ดี ในผักบางชนิดกลับปรากฏผลในทางตรงกันข้าม ในการกำจัดแมลงวันแตงซึ่งทำลายในถั่วแขก (string bean) (*Phaseolus vulgaris* Linn.) ด้วยวิธีการรมด้วยเมทิลโบรไมด์ หลังการรมถั่วแขกด้วยเมทิลโบรไมด์ อัตรา 35 กรัม/ลบ.ม. นาน 2:50 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20°C ถ้าเก็บถั่วแขกที่อุณหภูมิ $10-15^{\circ}\text{C}$ ความเสียหายจะปรากฏอาการให้เห็นรวดเร็วมากกว่าถั่วแขกซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C (Tanaka et al., 1986)

มีคำแนะนำเกี่ยวกับการเก็บมังคุดที่อุณหภูมิประมาณ $9-13^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 85-95 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษามังคุดออกไปได้เป็นเวลานานถึง 3-4 สัปดาห์ (นิรนาม, 2531ก, ข; สุรพงษ์, 2529; 2530) ในงานศึกษาวิจัยความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ที่ผ่านมาของ อุดร และ พิพัฒน์ (2541ก, ข, ค, ง)

และ อุตร และ สลักจิต (2542ก, ข) หลังจากสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนกับมังคุดแล้ว จะเก็บมังคุดทดลองทั้งหมดในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 6-7 วัน ก่อนประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ยกเว้นมังคุดที่ผ่านความร้อน มังคุดซึ่งไม่ผ่านความร้อนสำหรับใช้เปรียบเทียบความเสียหาย (control) ไม่เคยปรากฏอาการผิดปกติแต่อย่างใด ถ้าเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงระหว่างการเก็บรักษามังคุดจากอุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. มาเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำ อาจจะมีผลต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน รายงานผลการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาวิธีลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิในช่วงระหว่างการเก็บรักษามังคุด ต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองอบมังคุดโดยใช้เครื่องตู้อบความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (model : EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) จำนวน 2 เครื่อง มังคุดทดลองมีผลขนาดเล็ก น้ำหนัก 50-85 กรัม/ผล จากแหล่งปลูกในท้องที่จังหวัดระยองและชุมพร ก่อนนำมังคุดเข้าอบในตู้อบความร้อน คัดเลือกเอาเฉพาะมังคุดมีระยะความสุกผลระดับสีที่ 5 ซึ่งมังคุดในระยะความสุกดังกล่าวนี้ ผลมีสีม่วงอมแดง ภายในเปลือกไม่มียางเหลืออยู่ เนื้อและเปลือกสามารถแยกออกจากกันได้ง่าย (นิรนาม, ไม่ระบุ พ.ศ.)

อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ภายใต้สภาพอากาศร้อน อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นแต่ละระดับภายในช่วงเวลากำหนด (stepped temperature modified vapor heat treatment, STEPPED MVHT) ตามขั้นตอนและรายละเอียดใน อุตร และ พิทวัฒน์ (2541ง) ซึ่งเป็นการวิธีที่เหมาะสมกับมังคุด โดยช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดถึง 43°C . อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดสำหรับมังคุด (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ค) ส่วนช่วงหลังจากมังคุดอุณหภูมิ 43°C . ปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อึดตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ อบมังคุดให้อุณหภูมิตรงบริเวณกึ่งกลางผลเพิ่มขึ้นถึง 45 และ 46°C . และคงอุณหภูมิไว้ที่ 45 และ 46°C . เป็นระยะเวลานาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง โดยแต่ละอุณหภูมิและระยะเวลากำหนดมีมังคุดผ่านความร้อนจำนวน 80 ผล สำหรับมังคุดที่ใช้เปรียบเทียบ (control) มีจำนวน 80 ผล ไม่ต้องผ่านความร้อน

วิธีวัดอุณหภูมิผลมังคุดจะวัดอุณหภูมิจากมังคุดกำหนดอุณหภูมิ (sensor fruit) จำนวน 3 ผล น้ำหนัก 69 ± 2 กรัม/ผล ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนที่จะแสดงอุณหภูมิผลมังคุดทั้งหมดภาย

ในเครื่องตู้อบความร้อน โดยทำการวัดอุณหภูมิผลมังคุดตามรายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ก) เมื่อมังคุดกำหนดอุณหภูมิ 2 ผล อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิกำหนด แสดงว่าขณะนั้น มังคุดทดลองทั้งหมดในเครื่องตู้อบความร้อนมีอุณหภูมิอยู่ในระดับเดียวกับมังคุดกำหนดอุณหภูมิ เมื่อมังคุดทดลองมีอุณหภูมิคงอยู่เป็นระยะเวลานานตามกำหนด นำมังคุดที่ระยะเวลานั้นออกจาก เครื่องตู้อบความร้อน จากนั้น ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีโดยวิธีเป่าด้วยลม อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$. นาน 1 ชั่วโมง (อุดร และ สลักจิต, 2542ก) ในเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ "Sanshu" Shower Cooling System (Differential Pressure Type) (model : SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan)

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาต่อความเสียหายของ มังคุดจากความร้อน ด้วยการแบ่งมังคุดผ่านความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลากำหนดต่างๆ ออก เป็น 2 กลุ่มๆ ละ 40 ผล บรรจุมังคุดลงในกล่องกระดาษ จากนั้นนำมังคุดกลุ่มที่ 1 เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น อุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมังคุด กลุ่มที่ 2 เก็บไว้ในห้องเย็น อุณหภูมิ $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$. ความชื้นสัมพัทธ์ 80 ± 5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับ มังคุดที่ไม่ผ่านความร้อนได้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 40 ผล และแยกเก็บไว้ที่อุณหภูมิดังกล่าวข้าง ต้น เก็บมังคุดไว้นาน 7 วัน ประเมินความเสียหายของมังคุดที่อุณหภูมิและระยะเวลาต่างๆ โดย บันทึกจำนวนมังคุดที่เสียหายอย่างรุนแรงจากความร้อน 3 อาการ ได้แก่ อาการผลแข็งหรือเปลือก แข็งอย่างรุนแรง เนื้อแตกเป็นรูปฟองลักษณะคล้ายฟองน้ำ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ตามวิธีการดั่ง รายละเอียดใน อุดร และ พิทวัฒน์ (2541ข) รวมทั้งบันทึกจำนวนมังคุดที่เนื้อเป็นแก้ว ดำเนินการ ทดลองอบมังคุดจากแหล่งปลูกจังหวัดระยองและชุมพรตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วจำนวน 2 ครั้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

Table 1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการอบมังคุดเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นถึง 45°C และ 46°C . รวมทั้งข้อมูลน้ำหนักมังคุดกำหนดอุณหภูมิ และน้ำหนักมังคุดในตู้อบความร้อนในการทดลองแต่ละ ครั้ง ส่วนสภาพการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและอุณหภูมิผลมังคุดภายในตู้อบความร้อนระหว่างการอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 45°C และ 46°C . ได้แสดงไว้ใน Figure 1

มังคุดทดลองจากจังหวัดระยองและชุมพรที่ไม่ผ่านความร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . และ 27°C . ไม่แสดงอาการผลแข็ง (Table 2) มังคุดจากจังหวัดระยองซึ่งผ่านความร้อนที่ อุณหภูมิผล 45°C . และเก็บที่อุณหภูมิ 15°C . ไม่ปรากฏความเสียหายจากอาการผลแข็งเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่ามังคุดจะผ่านความร้อนอุณหภูมิผลจะคงอยู่ที่ 45°C . เป็นระยะเวลานานถึง 2 ชั่วโมง จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 2) แต่ถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 27°C . มีมังคุดเสียหายจาก อาการผลแข็งที่อุณหภูมิผล 45°C . นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เป็นจำนวนถึง 5, 7.5 และ 10

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 5, 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2) เมื่ออบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ไม่พบความเสียหายจากอาการผลแข็งในมังคุดผ่านความร้อนอุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จากการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 2) ความเสียหายจากอาการผลแข็งจะเริ่มปรากฏที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง จำนวน 2.5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2) สำหรับมังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. พบมังคุดเริ่มเสียหายตั้งแต่ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง และเสียหายเป็นจำนวนมากเมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 47.5, 42.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 27.5, 37.5 และ 77.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2)

สำหรับมังคุดจากจังหวัดชุมพรปรากฏผลในลักษณะคล้ายคลึงกัน มังคุดผ่านความร้อนที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จะไม่เกิดความเสียหายจากอาการผลแข็งแม้ว่าจะคงความร้อนภายในผลที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. นานถึง 2 ชั่วโมง (Table 2) เว้นแต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. จะมีมังคุดเสียหายจากอาการผลแข็งที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง จำนวน 2.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 12.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2) สำหรับการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ถ้าเก็บมังคุดที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จะมีมังคุดเสียหายเล็กน้อยเฉพาะที่ระยะเวลานาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง จำนวนเพียง 2.5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2) แต่มังคุดเก็บที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. เสียหายค่อนข้างมากแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยที่ระยะเวลานาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง จำนวน 47.5, 42.5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 27.5, 37.5 และ 77.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 2)

ไม่พบความผิดปกติจากอาการเนื้อแตกเป็นรูพรุนในมังคุดจากจังหวัดระยองและชุมพรซึ่งไม่ผ่านความร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 และ 27 ° ซ. (Table 3) มังคุดจากจังหวัดระยองผ่านความร้อนที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. เป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ไม่แสดงอาการผิดปกติถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. (Table 3) แต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. มังคุดผ่านความร้อนอุณหภูมิผล 45 ° ซ. จะเริ่มเสียหายตั้งแต่ที่เวลานาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง ในการทดลองครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 3) การอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ไม่ว่าจะเก็บมังคุดไว้ที่ 15 หรือ 17 ° ซ. ต่างพบอาการเนื้อแตกเริ่มที่เวลานาน 1 ชั่วโมง แต่ค่อนข้างน้อยไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่มังคุดเสียหายเป็นจำนวนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลานาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง (Table 3) ผลการทดลองกับมังคุดจากจังหวัดชุมพรจะคล้ายกับมังคุดจากจังหวัดระยอง ไม่พบความผิดปกติจากอาการเนื้อแตกในมังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. ถึงแม้ว่าจะผ่านความร้อนที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ.

เป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง แต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. จะพบมังคุดเสียหายตั้งแต่ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (Table 3) สำหรับการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ไม่ว่าจะมีมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 หรือ 27 ° ซ. จะพบมังคุดเสียหายค่อนข้างน้อยจำนวนไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง แต่ที่เวลานาน 1:30 และ 2 ชั่วโมง จะเสียหายค่อนข้างมาก (Table 3)

ไม่พบความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในมังคุดจากจังหวัดระยอง และชุมพรซึ่งไม่ผ่านความร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 และ 27 ° ซ. (Table 4) มังคุดจากจังหวัดระยองถึงแม้ว่าจะผ่านความร้อนที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. เป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จะไม่เกิดความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 4) แต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. ที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมังคุดเสียหายจำนวน 5, 10 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ จำนวน 5, 20 และ 17.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 4) เมื่อทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 46 ° ซ. ปรากฏว่า เฉพาะที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง มังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. เสียหายค่อนข้างน้อยเพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง 2 ครั้ง ขณะที่มังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. เสียหายมากกว่าคือ 5 และ 7.5 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 4) ส่วนที่ระยะเวลาอื่นๆ นั้น มังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. เสียหายจำนวนมากกว่ามังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. (Table 4)

ความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในมังคุดจากจังหวัดชุมพรจะคล้ายกับมังคุดจากจังหวัดระยอง มังคุดหลังจากผ่านความร้อนที่ 45 ° ซ. ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จะพบเสียหายเพียงเล็กน้อยเฉพาะที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 2.5 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 4) แต่ถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. จะพบมังคุดเสียหายทุกระยะเวลาดังนี้คือ ที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 5, 5 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 7.5, 7.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 4) สำหรับการทดลองที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. เฉพาะที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง เท่านั้น มังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. เสียหายจำนวน 7.5 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่ามังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. ซึ่งเสียหายจำนวน 10 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 4) ส่วนที่ระยะเวลาอื่นๆ มังคุดเก็บที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. จะเสียหายมากกว่ามังคุดเก็บที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. (Table 4)

Table 5 แสดงจำนวนมังคุดเสียหายอย่างรุนแรงจากทั้ง 3 อาการรวมกัน คือ อาการผลแข็ง เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และเนื้อแตกเป็นรูพรุน ไม่พบความเสียหายบนมังคุดจากจังหวัดระยองหลังจากผ่านความร้อนอุณหภูมิผล 45 ° ซ. ถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. ถึงแม้ว่ามังคุดมีความร้อนภายในผลคงอยู่ที่ 45 ° ซ. เป็นเวลานานถึง 2 ชั่วโมง ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 5) แต่ถ้าเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. จะมีมังคุดเสียหายเป็นจำนวนมากแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

โดยที่ระยะเวลา 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง มีมัจจุตเสียหายจำนวน 10, 17.5 และ 20 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และจำนวน 10, 25 และ 32.5 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) มัจจุตหลังจากผ่านความร้อนอุณหภูมิ 46°C . ทุกระยะเวลา ไม่ว่าจะเก็บมัจจุตไว้ที่อุณหภูมิ 15 หรือ 27°C . จะมีมัจจุตเสียหายเป็นจำนวนมากกว่า 20 เปอร์เซนต์ ยกเว้นที่อุณหภูมิ 46°C . นาน 1 ชั่วโมง ซึ่งมัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . เสียหายน้อยมากเพียง 2.5 เปอร์เซนต์ ในการทดลองทั้ง 2 ครั้ง (Table 5)

สำหรับมัจจุตจากชุมพร มีมัจจุตเสียหายเฉพาะที่ผ่านความร้อนอุณหภูมิ 45°C . นาน 2 ชั่วโมง และมัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . จำนวนเล็กน้อยเพียง 2.5 และ 5 เปอร์เซนต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 5) แต่ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27°C . จะเสียหายมากกว่าแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยที่ระยะเวลา 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เสียหายจำนวน 5, 7.5 และ 15 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 1 และ 10, 27.5 และ 30 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในการทดลองครั้งที่ 2 (Table 5) มัจจุตหลังจากผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 46°C . เฉพาะที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง ถ้าเก็บมัจจุตไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . จะเสียหายเล็กน้อยเพียง 7.5 เปอร์เซนต์ ในการทดลอง 2 ครั้ง แต่ที่ระยะเวลาอื่น ไม่ว่าจะเก็บมัจจุตที่อุณหภูมิ 15 หรือ 27°C . จะมีมัจจุตเสียหายมากกว่า 15 เปอร์เซนต์ (Table 5)

จากการทดลองเก็บมัจจุตที่อุณหภูมิ 15 และ 27°C . หลังจากมัจจุตผ่านความร้อนกรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ปรากฏว่า มัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . เสียหายจากความร้อนเป็นจำนวนน้อยแตกต่างกันอย่างเด่นชัดกับมัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27°C . แสดงว่าอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมัจจุตจากความร้อน ความเสียหายจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล เป็นความเสียหายที่รุนแรงมาก เกินกว่าที่จะนำมัจจุตไปรับประทานได้ เมื่อพิจารณาความเสียหายอย่างรุนแรงทั้งหมดของมัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27°C . ความเสียหายส่วนมากเกิดที่เปลือกเนื่องจากอาการผลแข็ง ซึ่งมีจำนวนมากแตกต่างกันอย่างเด่นชัดกับมัจจุตเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15°C . (Table 2) ดังนั้น จึงอาจจะสรุปได้ว่า การเก็บรักษามัจจุตที่อุณหภูมิ 15°C . สามารถป้องกันความเสียหายของมัจจุตจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายจากอาการผลแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายระหว่างมัจจุตจากจังหวัดระยองและชุมพร พบว่ามัจจุตจากระยองเสียหายจำนวนมากกว่ามัจจุตจากชุมพร (Table 5) จากการตรวจสอบลักษณะของเนื้อในมัจจุตที่ไม่ได้แสดงอาการผลแข็ง ปรากฏว่ามัจจุตทดลองจากจังหวัดระยองมีเนื้อผิดปกติจากอาการเนื้อเป็นแก้วเฉลี่ยมากกว่า 40 เปอร์เซนต์ ขณะที่มัจจุตจากจังหวัดชุมพรมีเนื้อเป็นแก้วค่อนข้างน้อยเฉลี่ยน้อยกว่า 15 เปอร์เซนต์ (Table 6) เนื่องจากมัจจุตที่เนื้อเป็นแก้วค่อนข้างจะอ่อนแอต่อความร้อน (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก, ข) ด้วยเหตุนี้ การที่มัจจุตจากระยองเสียหายจากความร้อนเป็นจำนวนมากนั้นน่าจะมาจากสาเหตุของสภาพมัจจุตที่เนื้อเป็นแก้วจำนวนมาก

มังคุดเนื้อเป็นแก้วมีแนวโน้มสูงที่จะเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (อุตร และ พิทวัฒน์, 2541ก, ข) และมักจะเกิดกับมังคุดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิต่ำ ในการทดลองอบมังคุดที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. หลังจากอบมังคุดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ° ซ. พบมังคุดเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ตั้งแต่ที่ระยะเวลา 1 ชั่วโมง (Table 4) และมังคุดที่เสียหายจากอาการนี้ส่วนมากจะพบบนมังคุดเนื้อเป็นแก้ว (Table 7) สำหรับมังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. เสียหายค่อนข้างน้อยมากและเกิดเฉพาะที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมง (Table 7) เมื่อพิจารณามังคุดทดลองจากจังหวัดระยองซึ่งมีปัญหามังคุดเนื้อแก้วเป็นจำนวนมากถึง 41.8 และ 42.8 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ (Table 6) แต่มังคุดที่ผ่านความร้อนและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. กลับไม่พบความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในมังคุดเนื้อเป็นแก้ว แสดงให้เห็นว่า การเก็บมังคุดที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. นอกจากจะป้องกันความเสียหายจากอาการผลแข็งแล้ว ยังสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในมังคุดที่เนื้อเป็นแก้วได้อีกด้วย

ในการพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงศัตรูพืชในผลไม้ก่อนส่งออก วิธีการที่มีประสิทธิภาพนั้น ต้องสามารถกำจัดแมลงได้ตามมาตรฐานกำหนด และไม่ทำให้ผลไม้เสียหาย หรือเสียหายน้อยที่สุด หากกำหนดวิธีการกำจัดแมลงทำให้มังคุดเสียหายได้สูงสุด 5 เปอร์เซ็นต์ การเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. ทำให้สามารถอบมังคุดจากจังหวัดระยองด้วยกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ได้ที่อุณหภูมิผล 45 และ 46 ° ซ. เป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 2 และ 1 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนมังคุดจากจังหวัดชุมพรจะให้ความร้อนได้สูงสุดที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 2 ชั่วโมง เท่านั้น (Table 5) แต่ถ้ากำหนดให้มังคุดเสียหายได้เพิ่มขึ้นเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ จะสามารถอบมังคุดจากจังหวัดระยองได้ที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวมาแล้วข้างต้น แต่สำหรับมังคุดจากชุมพร นอกจากจะให้ความร้อนที่อุณหภูมิผล 45 ° ซ. นาน 2 ชั่วโมง ยังสามารถเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 46 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง อีกด้วย (Table 5) ที่อุณหภูมิและระยะเวลาดังกล่าวข้างต้น มังคุดนำได้รับความร้อนเพียงพอที่จะกำจัดแมลงวันผลไม้ทุกกระยะการเจริญเติบโตในผลมังคุดให้ตายทั้งหมด มีข้อสังเกตว่า มังคุดจากจังหวัดชุมพรหลังจากผ่านความร้อนอุณหภูมิผล 46 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. มังคุดที่เสียหายเกือบทั้งหมดเกิดจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Table 2) ความเสียหายส่วนหนึ่งน่าจะเกิดจากความร้อน แต่อีกส่วนหนึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความร้อนและสภาพของมังคุดที่เกิดการกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่งรวมอยู่ด้วย เนื่องจากการขนส่งมังคุดจากจังหวัดชุมพรมายังกรุงเทพฯ มีระยะทางไกล การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุมังคุดไม่ระมัดระวัง ทำให้มังคุดบางส่วนอาจเกิดการกระทบกระแทกกันซึ่งเป็นสาเหตุของอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้

มีรายงานว่า การปรับสภาพของผักและผลไม้ (pre-condition) โดยเก็บผักและผลไม้ไว้ที่อุณหภูมิสูงภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ผักและผลไม้สามารถทนทานอุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษาได้เป็นเวลานานขึ้นและลดความเสียหายจากอาการสะท้านหนาว (chilling

injury) Houch et al. (1990) พบว่า การปรับสภาพของมะนาวฝรั่ง (lemon) (*Citrus limon* Burm.f.) พันธุ์ 'Lisbon' ด้วยการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. นาน 7 วัน สามารถลดความเสียหายจากการสะท้อนหนาวได้อย่างเด่นชัดเมื่อเก็บมะนาวฝรั่งไว้ที่อุณหภูมิ 1 ° ซ. นาน 14 หรือ 28 วัน เพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านกักกันพืชในการกำจัดแมลงวันผลไม้ นอกจากนี้ยังมีผักและผลไม้หลายชนิดอาศัยวิธีดังกล่าวข้างต้น เพื่อกระตุ้นให้ผักและผลไม้สามารถทนทานต่อความเย็นได้ดีขึ้นเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ เช่น แตงกวา (*Cucumis sativus* Linn.) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 36-40 ° ซ. นาน 24 ชั่วโมง (Hirose, 1985) เกรฟฟรุท (grape fruit) (*Citrus paradisi* Macf.) อุณหภูมิ 38 ° ซ. นาน 17-22 ชั่วโมง (Brooks and McCulloch, 1936) มะม่วง อุณหภูมิ 38 ° ซ. นาน 24 หรือ 48 ชั่วโมง (McCullum et al., 1993) มันเทศ (*Ipomoea batatas* Lamk.) อุณหภูมิ 32 ° ซ. นาน 10 วัน (Picha, 1987) และ มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) อุณหภูมิ 36-40 ° ซ. นาน 3 วัน (Lurie and Klein, 1991) เป็นต้น

มีรายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บมั่งคุดอยู่ในช่วง 10-13 ° ซ. สามารถเก็บมั่งคุดไว้ได้เป็นเวลานานถึง 3-4 สัปดาห์ (นิรนาม, 2531ก, ข; สุรพงษ์, 2529, 2530) ถ้าเก็บมั่งคุดไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 ° ซ. จะเกิดความเสียหายจากการสะท้อนหนาว การที่มั่งคุดได้รับความร้อนสูงในระหว่างการจัดแมลงวันผลไม้ อาจส่งผลให้มั่งคุดเกิดความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำได้ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถขยายระยะเวลาการเก็บรักษามั่งคุดให้มีระยะเวลานานเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ควรที่จะได้มีการศึกษาวิจัยในรายละเอียดต่อไปถึงอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถเก็บรักษามั่งคุดซึ่งผ่านกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน ข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับการส่งมั่งคุดออกไปจำหน่ายยังประเทศที่อยู่ห่างไกล

สรุป

ได้ศึกษาความเสียหายของมั่งคุดซึ่งผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ หลังจากนั้นเก็บมั่งคุดไว้ที่อุณหภูมิ 15 และ 27 ° ซ. สรุปได้ดังนี้คือ

1. อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมั่งคุดจากความร้อน การเก็บรักษามั่งคุดที่อุณหภูมิ 15 ° ซ. สามารถป้องกันความเสียหายของมั่งคุดจากความร้อนได้อย่างเด่นชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายจากการผลแข็ง นอกจากนี้ยังลดความเสียหายจากการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในมั่งคุดเนื้อเป็นแก้ว
2. ถ้ากำหนดให้มั่งคุดเสียหายจากความร้อนได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ มั่งคุดจะสามารถทนทานต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 45 ° ซ. เป็นระยะเวลานานมากกว่า 2 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 46 ° ซ. นาน 1 ชั่วโมง ถ้าหลังจากผ่านความร้อนแล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ° ซ.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ภายใต้โครงการ “การวิจัยพัฒนาวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนสำหรับกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุดเพื่อการส่งออก” (สัญญาเลขที่ RDG 4220002) ขอขอบคุณ นายนิวัฒน์ พันธุ์ เจ้าของสวนมังคุด สวนลุงสุน จังหวัดระยอง ที่เอื้อเฟื้อมังคุดในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- นิรนาม. 2531ก. การป้องกันผลไม้เน่าหลังจากเก็บเกี่ยว. วารสารเคหการเกษตร. 12 (132) :43-47.
- _____. 2531ข. การผลิตมังคุดให้มีคุณภาพ. วารสารเคหการเกษตร 12(135) : 35-40.
- _____. (ไม่ระบุ พ.ศ.). ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ถนนพหลโยธิน บางเขน กรุงเทพฯ.
- สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2529. วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มังคุด ทูเรียน เงาะ. วารสารเคหการเกษตร. 10(115) : 37-41.
- _____. 2530. แนะนำวิธีสำหรับการเก็บเกี่ยว “มังคุด” เพื่อรับประทานให้อร่อยที่สุด. วารสารเคหการเกษตร. 11(121): 25-27.
- อุดร อุณหวุฒิ และ พิทวัฒน์ อ่อนทองหลาง. 2541ก. ความเสียหายของมังคุดจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน.
- _____. 2541ข. คุณภาพมังคุดหลังจากผ่านความร้อนวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน.
- _____. 2541ค. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1. ความชื้นสัมพัทธ์.
- _____. 2541ง. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2. ระยะเวลาให้ความร้อน.
- อุดร อุณหวุฒิ และ สลักจิต พานคำ. 2542ก. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 3. การลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ.
- _____. 2542ข. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุด ซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 4. ระยะความสุก.

- Augustin, M.A. and M.N. Azudin. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) ASEAN Food J. 2: 78-80.
- Brooks, C and L.P. McColloch. 1936. Some storage diseases of grapefruit. J. Agr. Res. 69:319-351.
- Guangqin, Liang, Liang Fen, Yao Wenguo, Zheng Zunxiong, Xu Wei, Pong Yunming, Zhao Mingang, Zhong Guoqiang, Zhoug Anqi, Li Kunyuan and Liang Guozhen. 1984. The test on the treatment of vapor heat coupled with extended cold storage against pest in litchi. Acta Agr. Univ. Jiangxiensis. 16: 243-252.
- Hirose, T. 1985. Effects of pre- and interposed warming on chilling injury, respiratory rate and membrane permeability of cucumber fruits during cold storage. J. Japanese Soc. Hort. Sci. 53: 459-466.
- Houck, L.G., J.F. Jenner and B.E. Mackey. 1990. Seasonal variability of the response of desert lemons to rind injury and decay caused by quarantine cold treatment. J. Hort. Sci. 65: 611-617.
- Jacobi, K.K., L.S. Wong and J.E. Giles. 1993. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit quality following vapour heat treatment and cool storage. Postharvest Biol. Technol. 3:111-119.
- _____. 1996. Postharvest quality of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) following high humidity hot air disinfestation treatments and cool storage. Postharvest Biol. Technol. 7:309-316.
- Kawakami, F and Y. Soma. 1990. Phytotoxic responses of Japanese pears fumigated with methyl bromide. Res. Bull. Pl. Prot. Japan. 26: 51-56.
- Kuo, L.S. 1988. Quarantine treatment for fresh fruits to be exported to Japan. Chinese J. Entomol., Special Pub. 2:133-139 (in Chinese)
- Kuo, L.S., C.Y. Hseu, H.Y. Chen, Y.F. Chao and J.Z. Ho. 1990. Further study on vapour heat treatment for eradication of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* infested in litchi fruits (Diptera : Tephritidae). Bureau of Commodity Inspection and Quarantine, MOEA. Special Bull., 39 pp.
- Lurie, S. and J.D. Klein. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 1007-1012.
- McCollum, T.G., S. D'Aquino and R.E. McDonald. 1993. Heat treatment inhibits chilling injury on mangoes. HortScience. 28: 197-198.

- Picha, D.H. 1987. Chilling injury, respiration, and sugar changes in sweet potatoes stored at low temperature. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112: 497-502.
- Tanaka, K., K.Sunagawa, Y. Oda. 1986. Methyl bromide fumigated for control of melon fly (*Dacus cucurbitae* Coquillett) in string beans. Res. Bull. Pl. Prot. Japan. 22: 67-78.
- Tseng, Y.H., L.S. Kuo and J.Z. Ho. 1992. Development of quarantine sterilization techniques on fruits in Taiwan. Proc. ASIAN Productivity Organization Study Meeting on Plant Quarantine, March, Taipei, Taiwan, Republic of China. In Press.
- Unahawutti, Udorn, Mana Poomthong, Rachada Intarakumheng, Walaikorn Worawisitthumrong, Chamlong Lapasathukool, Eueychai Smitasiri, Pratuang Srisook and Chanuan Ratanawaraha. 1991. Vapor heat as plant quarantine treatment of 'Nang Klarngwan', 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes infested with fruit flies (Diptera : Tephritidae). A report submitted to the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries for approval of quarantine treatment on Thai mangoes to be exported to Japan. Tech. Plant Quarant. Sub-Div., Agr. Regulat. Div., Dept. of Agr., Bangkok. 342 p.
- White, I.M and M.M. Elson-Harris. 1992. Fruit flies of economic significance : Their identification and bionomics. CAB International, Wallingford, UK. 601 p.
-

Table 1. Time for center of mangosteens to attain 45 and 46 ° C during modified vapor heat treatment.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Loading (kg/cum.)	Sensor fruit weight (g)	Time for fruit center to reach 45 ° C (h) ¹	Time for fruit center to reach 46 ° C (h) ¹
Rayong	45	1	18	68.74, 69.18, 69.62	1:36	-
		2	18	69.39, 69.42, 69.45	1:30	-
	46	1	18	69.47, 69.53, 69.63	-	1:33
		2	18	69.69, 69.87, 69.94	-	1:31
Chumporn	45	1	18	69.54, 69.83, 69.91	1:34	-
		2	18	69.47, 69.84, 69.93	1:35	-
	46	1	18	69.32, 69.85, 69.86	-	1:38
		2	18	69.46, 69.65, 69.87	-	1:29

¹ Time for only 2 sensor fruits to attain target temperatures.

Table 2. The occurrence of pericarp hardening (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 15 ± 2 ° C and 27 ± 1 ° C.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	Pericarp hardening (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	7.5	10
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	5	7.5
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	0	2.5	7.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	47.5	42.5	50
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	10	20
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	27.5	37.5	77.5
			Control (27 ° C)	0		
Chumporn	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	2.5	2.5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	12.5	15
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	0	5	2.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	17.5	25
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	2.5	7.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	25	47.5
			Control (27 ° C)	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 3. The occurrence of flesh spongy tissue (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 15 ± 2 ° C and 27 ± 1 ° C.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	Flesh spongy tissue (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	2.5	5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	0	17.5
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	2.5	15	32.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	0	30
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	2.5	12.5	27.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	5	5
			Control (27 ° C)	0		
Chumporn	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	0	5	2.5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	2.5	7.5	2.5
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	2.5	2.5	12.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	7.5	22.5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	2.5	10	7.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	10	10
			Control (27 ° C)	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 4. The occurrence of flesh browning (%) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at 15 ± 2 ° C and 27 ± 1 ° C.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	Flesh browning (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	10	5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	20	17.5
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	2.5	20	45
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	15	35
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	2.5	25	42.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	7.5	17.5	7.5
			Control (27 ° C)	0		
Chumporn	45	1	15 ° C	0	0	2.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	5	12.5
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	7.5	7.5	15
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	7.5	12.5	17.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	2.5	20
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	7.5	20	27.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	10	10
			Control (27 ° C)	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 5. Total fruit injuries (%) (pericarp hardening, flesh spongy tissue and flesh browning) in mangosteens after subjecting to modified vapor heat treatment at 45 and 46 ° C center temperatures for various holding times and 7 days storage at $15 \pm 2^\circ\text{C}$ and $27 \pm 1^\circ\text{C}$.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	Total fruit injuries (%) ¹		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	17.5	20
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	0
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	25	32.5
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	2.5	22.5	52.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	52.5	62.5	85
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	2.5	37.5	62.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	35	55	85
			Control (27 ° C)	0		
Chumporn	45	1	15 ° C	0	0	2.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	5	7.5	15
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	0	0	5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	10	27.5	30
			Control (27 ° C)	0		
	46	1	15 ° C	7.5	17.5	22.5
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	17.5	27.5	50
			Control (27 ° C)	0		
		2	15 ° C	7.5	25	35
			Control (15 ° C)	0		
			27 ° C	20	35	57.5
			Control (27 ° C)	0		

¹ Values are percentage of damaged fruits from 40 test fruits.

Table 6. Number of translucent-fleshed mangosteens in the experiment.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	No. translucent-fleshed mangosteens		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	21 [40] ¹	24 [40]	16 [40]
			Control (15 ° C)	16 [40]		
			27 ° C	21 [38]	13 [37]	8 [36]
			Control (27 ° C)	11 [40]		
		2	15 ° C	17 [40]	19 [40]	17 [40]
			Control (15 ° C)	16 [40]		
			27 ° C	15 [38]	14 [38]	20 [37]
			Control (27 ° C)	15 [40]		
	46	1	15 ° C	16 [40]	23 [39]	18 [37]
			Control (15 ° C)	19 [40]		
			27 ° C	10 [21]	11 [23]	7 [20]
			Control (27 ° C)	21 [40]		
		2	15 ° C	25 [40]	19 [36]	16 [32]
			Control (15 ° C)	22 [20]		
			27 ° C	9 [39]	9 [25]	3 [9]
			Control (27 ° C)	21 [20]		
Chumporn	45	1	15 ° C	7 [40]	3 [40]	2 [40]
			Control (15 ° C)	6 [40]		
			27 ° C	11 [38]	2 [39]	4 [39]
			Control (27 ° C)	3 [40]		
		2	15 ° C	6 [40]	4 [40]	2 [40]
			Control (15 ° C)	5 [40]		
			27 ° C	5 [37]	1 [35]	2 [34]
			Control (27 ° C)	5 [40]		
	46	1	15 ° C	6 [37]	3 [38]	7 [39]
			Control (15 ° C)	3 [40]		
			27 ° C	5 [40]	3 [33]	3 [30]
			Control (27 ° C)	8 [40]		
		2	15 ° C	7 [37]	7 [39]	4 [37]
			Control (15 ° C)	4 [40]		
			27 ° C	4 [40]	4 [30]	6 [21]
			Control (27 ° C)	8 [40]		

¹ Number of fruits observed.

Table 7. The occurrence of flesh browning on translucent-fleshed mangosteens.

Location	Fruit temp (° C)	Rep.	Storage temp (° C)	Number of translucent-fleshed mangosteens showing flesh browning		
				1 h	1:30 h	2 h
Rayong	45	1	15 ° C	0 [21] ¹	0 [24]	0 [16]
			Control (15 ° C)	0 [16]		
			27 ° C	2 [21]	3 [13]	1 [8]
			Control (27 ° C)	0 [11]		
		2	15 ° C	0 [17]	0 [19]	0 [17]
			Control (15 ° C)	0 [16]		
			27 ° C	2 [15]	8 [14]	6 [20]
			Control (27 ° C)	0 [15]		
	46	1	15 ° C	1 [16]	6 [23]	12 [18]
			Control (15 ° C)	0 [19]		
			27 ° C	2 [10]	4 [11]	7 [7]
			Control (27 ° C)	0 [21]		
		2	15 ° C	1 [25]	5 [19]	12 [16]
			Control (15 ° C)	0 [22]		
			27 ° C	2 [9]	4 [9]	3 [3]
			Control (27 ° C)	0 [21]		
Chumporn	45	1	15 ° C	0 [7]	0 [3]	1 [2]
			Control (15 ° C)	0 [6]		
			27 ° C	0 [11]	0 [2]	3 [4]
			Control (27 ° C)	0 [3]		
		2	15 ° C	0 [6]	0 [4]	0 [2]
			Control (15 ° C)	0 [5]		
			27 ° C	0 [5]	0 [1]	1 [2]
			Control (27 ° C)	0 [5]		
	46	1	15 ° C	3 [6]	2 [3]	3 [7]
			Control (15 ° C)	0 [3]		
			27 ° C	1 [5]	0 [3]	1 [3]
			Control (27 ° C)	0 [8]		
		2	15 ° C	2 [7]	4 [7]	4 [4]
			Control (15 ° C)	0 [4]		
			27 ° C	2 [4]	2 [4]	3 [6]
			Control (27 ° C)	0 [8]		

¹ Total number of fruits showing flesh browning.

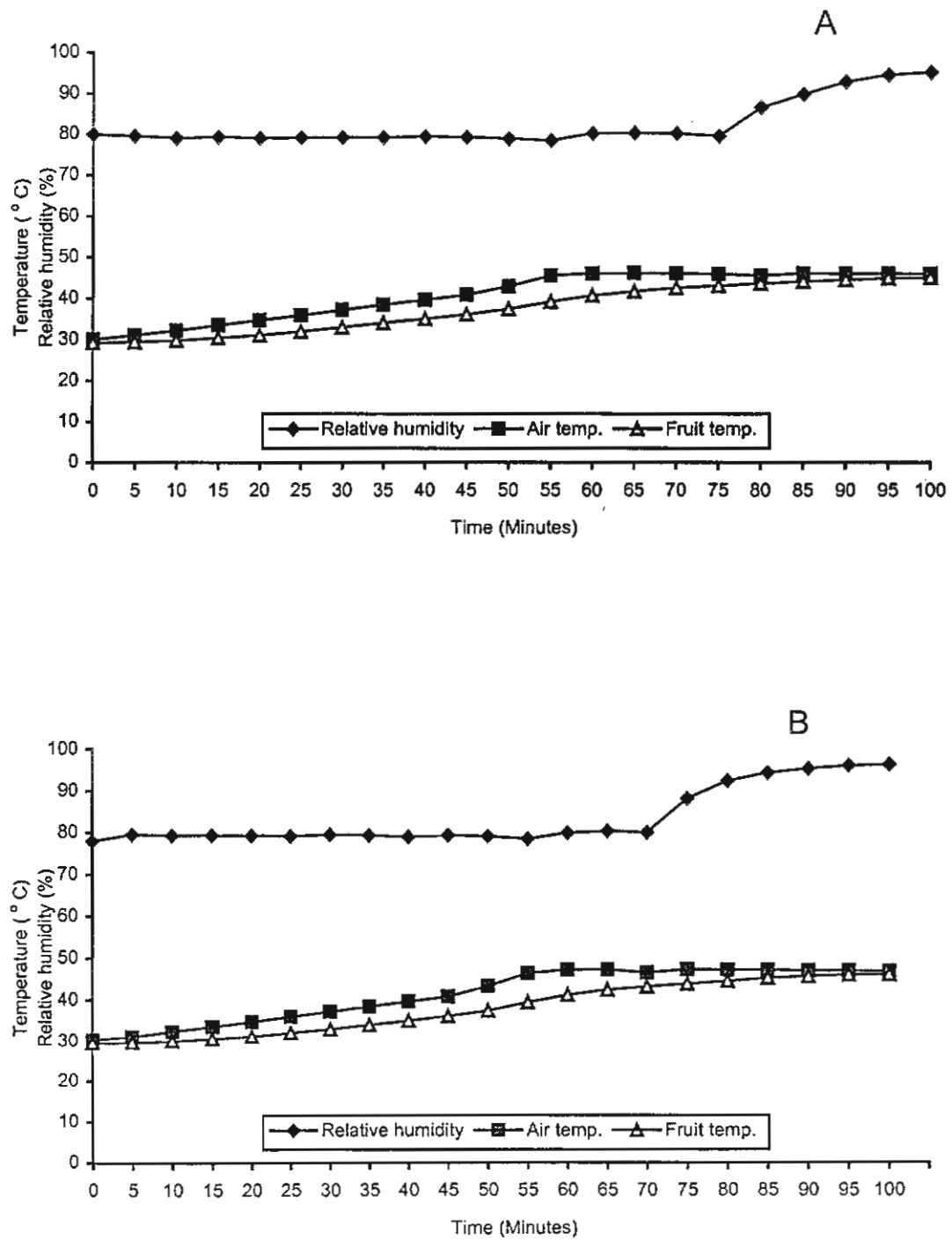


Figure 1. Temperature and relative humidity profile during modified vapor heat treatment.
 A. Fruit center temperature 45 °C; B. Fruit center temperature 46 °C.

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผนไว้ และกิจกรรมที่ดำเนินการมา
และผลที่ได้รับตลอดโครงการ

1. โครงการนี้มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการคือ

- 1) เพื่อแสดงให้เห็นว่ามังคุดถูกแมลงวันทองเข้าทำลายได้หรือไม่ และประเมินความเป็นไปได้ที่จะส่งออกมังคุดสดไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช โดยไม่ต้องผ่านวิธีกำจัดแมลงก่อนส่งออก
- 2) เพื่อให้ได้กระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อน สำหรับกำจัดแมลงวันทองโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลมังคุด

2. ผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากโครงการ (Output) ระยะเวลา 1 ปี

กิจกรรม	Output
1. เก็บตัวอย่างมังคุดในแหล่งปลูกภาคตะวันออก และภาคใต้ เพื่อศึกษาการเข้าทำลายของแมลงวันทอง	1. เก็บตัวอย่างมังคุดรวมทั้งหมด 43,737 ผล จากแหล่งปลูกมังคุดที่สำคัญของประเทศไทย 5 จังหวัด คือ จันทบุรี ระยอง ตรวต ชุมพร และนครศรีธรรมราช 17,003, 7,171, 11,486, 6,971 และ 1,106 ผล ตามลำดับ โดยแยกศึกษาในผลผลิตมังคุดต้นฤดู กลางฤดู และปลายฤดู แบ่งเป็นผลดี และผลที่มีรอยแผล (รอยแตก, บุบ, ชิดช่วน และรูเจาะของแมลง) พบว่า มังคุดที่ไม่มีรอยแผลจะไม่พบการทำลายของแมลงวันทอง ขณะที่มังคุดซึ่งมีรอยแตกจะพบการทำลายของแมลงวันทอง โดยที่ จันทบุรี สุ่มตรวจมังคุดผลแตก 7,957 ผล ถูกแมลงวันทองทำลาย 24 ผล (0.30 %) ระยอง สุ่มตรวจมังคุดผลแตก 3,023 ผล ถูกแมลงวันทองทำลาย 26 ผล (0.86 %) ตรวต สุ่มตรวจมังคุดผลแตก 7,371 ผล ถูกแมลงวันทองทำลาย 461 ผล (6.25 %) ชุมพร สุ่มตรวจมังคุดผลแตก 2,224 ผล ถูกแมลงวันทองทำลาย 91 ผล (40.9 %) และนครศรีธรรมราช สุ่มตรวจมังคุดผลแตก 723 ผล ถูกแมลงวันทองทำลาย 3 ผล (0.41 %)
2. ศึกษาการเข้าทำลายของแมลงวันทองในผลมังคุดในห้องปฏิบัติการ	2. ศึกษาความเป็นไปได้ที่แมลงวันทองเข้าทำลายผลมังคุด โดยวิธีบังคับให้แมลงวันทองวางไข่บนผลมังคุดในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลมังคุดสุกในระยะรับประทานสามารถต้านทานต่อการเข้าทำลายของแมลงวันทอง ยกเว้นในกรณี ที่ เปลือกเป็นรูหรือเป็นแผลแตกซึ่งลึกมากจนกระทั่งแมลงวันทองสามารถแทงอวัยวะวางไข่ทะลุผ่านส่วนของเปลือกเข้าไปวางไข่บนเนื้อมังคุด ผลมังคุดมีคุณสมบัติหลายประการที่ต้านทานต่อการเข้าทำลายจากแมลงวันทอง ได้แก่ มีเปลือกนอกที่แข็ง ส่วนของเปลือกหนาและแน่น และน้ำยางภายในเปลือก

กิจกรรม	Output
3. ศึกษาความเสียหายของมังคุดจากวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนและกำหนดวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับมังคุด 4. การศึกษาระดับอุณหภูมิของวิธีการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับมังคุด	ถึงแม้ว่าในสภาพห้องปฏิบัติการ แมลงวันทองไม่สามารถเข้าทำลายมังคุดได้ แต่ในสภาพธรรมชาติพบแมลงวันทองทำลายอยู่ภายในผลมังคุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง มังคุดที่มีรอยแผลจากการทำลายของผีเสื้อมวนหวาน เนื่องจากประเด็นดังกล่าวนี้และข้อจำกัดอีกหลายประการที่เกี่ยวกับขั้นตอนการส่งออก ดังนั้น จึงเป็นไปได้ที่จะส่งออกมังคุดสดของไทยไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืช โดยไม่ผ่านวิธีการกำจัดแมลง 3. อบมังคุดโดยวิธีกำจัดแมลงด้วยความร้อน 3 กรรมวิธี คือ วิธีอบไอน้ำ วิธีอบอากาศร้อน และวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดให้คงอยู่ที่ 46 ° ซ. นาน 0, 1 และ 2 ชั่วโมง การอบมังคุดด้วยวิธีอบอากาศร้อนและวิธีอบไอน้ำ มังคุดจะอยู่ภายใต้สภาพอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 65 และ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ตลอดเวลา ตามลำดับ ขณะที่วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นั้น ในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลมังคุดถึง 43 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น ความชื้นสัมพัทธ์ถูกปรับให้สูงขึ้นอยู่ที่ระดับ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ มังคุดผ่านความร้อนอาจจะมีการสูญเสียน้ำหนักมากแตกต่างทางสถิติจากมังคุดไม่ผ่านความร้อนได้เมื่ออบมังคุดนาน 2 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรดไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างมังคุดที่ผ่านความร้อนและไม่ผ่านความร้อน ความเสียหายของมังคุดจากความร้อนแสดงอาการให้เห็นหลายลักษณะดังนี้คือ การพัฒนาของสีเปลือกผิดปกติ ผลแข็ง เนื้อยุบ เนื้อแตกเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายฟองน้ำ เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่าความร้อนยังทำให้มังคุดอ่อนแอเพิ่มมากขึ้นต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืชหลังเก็บเกี่ยว การอบมังคุดด้วยวิธีอบอากาศร้อนและวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอบไอน้ำ เมื่อคำนึงถึงจำนวนมังคุดเสียหายจากความร้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอาการผลแข็ง. 4. อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์และวิธีอบอากาศร้อน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลมังคุด เมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 45, 46, 47 และ 48 ° ซ. เป็นเวลานาน 0, 0:30, 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การอบมังคุดด้วยวิธีอบอากาศร้อน มังคุดจะอยู่ภาย

กิจกรรม	Output
5. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 1. ความชื้นสัมพัทธ์	ได้สภาพอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 65 เปอร์เซ็นต์ ตลอดเวลา ขณะที่วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์นั้น ในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 43 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์ถูกปรับให้เพิ่มสูงขึ้นอยู่ในระดับมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไป เมื่อมังคุดได้รับความร้อนอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นหรือระยะเวลานานขึ้น มังคุดมีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นความเป็นกรดสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณน้ำตาลลดลง แต่อย่างไรก็ดี วิธีการทั้งสองไม่ทำให้คุณภาพมังคุดในส่วนนี้แตกต่างกันทางสถิติ วิธีอบอากาศร้อนมีแนวโน้มทำให้มังคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมจากอาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปฟรอน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล น้อยกว่าวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ แต่เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยอื่นร่วมด้วย ควรจะใช้วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์สำหรับงานวิจัยพัฒนาการกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด โดยศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการนี้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 45 - 46 ° ซ. มีข้อสังเกตว่า มังคุดส่วนมากซึ่งเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงมักจะพบเกิดขึ้นกับมังคุดที่เป็นเนื้อแก้ว บัญหามังคุดเนื้อแก้วดูเหมือนจะมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของการวิจัยพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ในผลมังคุด 5. อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งอากาศร้อนในช่วงแรกของการเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 43 ° ซ. มีความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 50, 65, 80 และ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นความชื้นสัมพัทธ์จะเพิ่มขึ้นอยู่ที่ระดับเดียวกันคือ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบความเสียหายของมังคุดจากความร้อนเมื่ออุณหภูมิภายในสุดผลคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. เป็นระยะเวลานาน 0, 0:30, 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การสูญเสียน้ำหนักของมังคุดผ่านความร้อนที่ความชื้นสัมพัทธ์ดังกล่าวข้างต้นไม่แตกต่างทางสถิติกับมังคุดไม่ผ่านความร้อน การอบมังคุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50, 65 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพมังคุดในส่วนที่เกี่ยวกับปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรด แต่คุณภาพในส่วนนี้กลับได้รับผลกระทบเมื่ออบมังคุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยจำนวนมังคุดเสียหายอย่างรุนแรง

กิจกรรม	Output
6. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 2. ระยะเวลาให้ความร้อน	รวมทั้งหมดจาก 3 อาการ คือ เนื้อแตกเป็นรูปฟรอน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และผลแข็ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออบมังคุดที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ดี การอบมังคุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50, 65 และ 80 เปอร์เซ็นต์ จำนวนมังคุดเสียหายจากความร้อนจะอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดกับการอบมังคุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีมังคุดเสียหายเป็นจำนวนมาก ดังนั้น ในการใช้วิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์อบมังคุดนั้น สภาพความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อนในช่วงแรกที่เหมาะสมควรจะอยู่ในช่วงระหว่าง 50 - 80 เปอร์เซ็นต์ 6. ศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการให้ความร้อนต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน โดยการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์กรรมวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปถึงระดับกำหนดอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาสั้น เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปแต่ละระดับอย่างช้าๆ โดยใช้ระยะเวลานาน การอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ดำเนินการโดยหมุนเวียนอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิผลจากอุณหภูมิห้องถึง 43 ° ซ. หลังจากนั้นปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดถึง 45 และ 46 ° ซ. เปรียบเทียบคุณภาพของมังคุดเมื่ออุณหภูมิภายในผลคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรดของมังคุดที่ผ่านความร้อนทั้งสองกรรมวิธีไม่แตกต่างทางสถิติกับมังคุดไม่ผ่านความร้อน การอบมังคุดโดยวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปอย่างรวดเร็ว มีแนวโน้มทำให้มังคุดเสียหายจากความร้อนโดยรวมจากอาการเนื้อแตกเป็นรูปฟรอน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และผลแข็ง มากกว่าการอบมังคุดโดยวิธีเพิ่มอุณหภูมิผลขึ้นไปอย่างช้าๆ ช่วงระยะเวลาในระหว่างการเพิ่มอุณหภูมิผลจากอุณหภูมิห้องถึง 43 ° ซ. มีความสำคัญมากในกระบวนการอบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ถ้ามังคุดอยู่ใต้สภาพอุณหภูมิสูงในช่วงในกล่าวนี้นี้เป็นเวลานานเพียงพอ จะกระตุ้นให้มังคุดสร้างความทนทานต่อความร้อน ทำให้สามารถลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อนได้

กิจกรรม	Output
<u>กิจกรรมที่ได้ดำเนินการเพิ่มเติมจากที่ระบุไว้ในแผนงานของโครงการ</u>	
7. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 3. การลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ	7. อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยในช่วงแรกอาศัยอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดจากอุณหภูมิห้องถึง 43°C หลังจากนั้น ปรับเปลี่ยนเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดให้คงอยู่ที่ 45°C และ 46°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ศึกษาผลกระทบของปัจจัยวิธีการลดอุณหภูมิผลมังคุดด้วยน้ำต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ด้วยการแยกมังคุดทดลองออกเป็นสองส่วนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนดดังกล่าวข้างต้น ลดอุณหภูมิผลมังคุดส่วนหนึ่งโดยวิธีเป่าด้วยลม อุณหภูมิ $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ และมังคุดอีกส่วนหนึ่งโดยวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำ อุณหภูมิ $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ นาน 1 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ถึงแม้ว่าวิธีฉีดพ่นด้วยน้ำจะทำให้อุณหภูมิภายในผลมังคุดลดต่ำลงได้รวดเร็วกว่าวิธีเป่าด้วยลม แต่ไม่มีอิทธิพลต่อความเสียหายของมังคุด จำนวนมังคุดเสียหายอย่างรุนแรงไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดระหว่างมังคุดที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยวิธีการทั้งสอง ดังนั้น ในการวิจัยและพัฒนาวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เพื่อกำจัดแมลงวันทองในผลมังคุด เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการให้ความร้อน ควรลดอุณหภูมิผลมังคุดโดยวิธีเป่าด้วยลม
8. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 4. ระยะความสุข	8. อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ขณะที่ผลมังคุดมีความสุกแตกต่างกัน 2 ระยะ ได้แก่ ระยะเริ่มสุกผลระดับสีที่ 2 และระยะก่อนข้างจะสุกผลระดับสีที่ 5 การอบมังคุดในช่วงแรกเพิ่มอุณหภูมิผลถึง 43°C อากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากมังคุดมีอุณหภูมิผล 43°C ปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดคงอยู่ที่ 45°C และ 46°C นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง เก็บมังคุดทั้งหมดในห้องอุณหภูมิ $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานาน 7 วัน ผลการทดลองพบว่า ระยะความสุขเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความเสียหายของมังคุด การอบมังคุดระยะผลยิ่งสุกมาก มังคุดมีแนวโน้มเสียหายจากอาการเนื่อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ขณะที่อบมังคุดในระยะเริ่มสุกมีผลกระทบทำให้การสุกของมังคุดผิดปกติ เมื่อมังคุดสุกส่วนของเปลือกและเนื้อไม่แยกออกจากกัน

กิจกรรม	Output
9. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 5. อุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ	9. ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นต่ำของกระบวนการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ต่อความเสียหายของมังคุด โดยช่วงแรกให้ความร้อนกับมังคุดด้วยอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดจากอุณหภูมิห้องถึง 42 ° ซ. เปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 44 ° ซ. หลังจากมังคุดมีอุณหภูมิผล 42 หรือ 44 ° ซ. ปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อึดตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีหลังสิ้นสุดกระบวนการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง เก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 75 ± 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 7 วัน ผลการประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า ไม่ว่าจะอบมังคุดโดยเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำอุณหภูมิเป็น 42 หรือ 44 ° ซ. ต่างไม่สามารถป้องกันมังคุดเสียหายจากความร้อน มังคุดเสียหายอย่างรุนแรงโดยรวมทั้งหมดจาก 3 อาการ คือ อาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีจำนวนค่อนข้างมากและอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกัน
10. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเสียหายจากความร้อนของมังคุดซึ่งผ่านการอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 6. อุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา	10. อบมังคุดด้วยวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์ โดยในช่วงแรกของการให้ความร้อนอากาศร้อนมีความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มอุณหภูมิภายในสุดผลมังคุดขึ้นถึง 43 ° ซ. หลังจากนั้นจึงปรับเปลี่ยนการให้ความร้อนกับมังคุดเป็นอากาศร้อนที่อึดตัวด้วยไอน้ำความชื้นสัมพัทธ์ มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งอุณหภูมิผลมังคุดตรงบริเวณกึ่งกลางผลคงอยู่ที่ 45 และ 46 ° ซ. นาน 1, 1:30 และ 2 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิผลมังคุดทันทีหลังสิ้นสุดการให้ความร้อนโดยวิธีเป่าด้วยลมนาน 1 ชั่วโมง จากนั้นแยกเก็บมังคุดทดลองที่อุณหภูมิ 15 ± 2 ° ซ. เปรียบเทียบกับ 27 ± 1 ° ซ. นาน 7 วัน ผลการประเมินความเสียหายของมังคุดจากความร้อนพบว่า สภาพอุณหภูมิในช่วงระหว่างการเก็บรักษามังคุดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลมากต่อความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ถ้าเก็บมังคุดหลังผ่านกระบวนการกำจัดแมลงด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 15 ± 2 ° ซ. มังคุดเสียหายทั้งหมดโดยรวมจาก 3 อาการคือ อาการผลแข็ง เนื้อแตกเป็นรูปพรุน และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีจำนวนน้อยแตกต่างอย่างเด่นชัดจากมังคุดเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 27 ± 1 ° ซ. การเก็บมังคุดไว้ที่อุณหภูมิต่ำ 15 ± 2 ° ซ. สามารถ

กิจกรรม	Output
	ป้องกันความเสียหายของมังคุดจากความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเสียหายจากอาการผลแข็ง นอกจากนี้ยังลดความเสียหายจากอาการเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลบนมังคุดเนื้อเป็นแก้วอีกด้วย

3. สรุปผลที่ได้รับตลอดโครงการ (ระยะเวลา 1 ปี)

- 3.1) แผลงวันทองไม่สามารถเข้าทำลายผลมังคุดที่สมบูรณ์ทั้งในสภาพธรรมชาติและในสภาพห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเปลือกมังคุดมีคุณสมบัติหลายประการที่สามารถป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันทอง แต่อย่างไรก็ดี ในธรรมชาติอาจจะพบหนอนแมลงวันทองทำลายอยู่ภายในผลมังคุดได้ เนื่องจากมีเสื้อมวนหวานซึ่งแพร่ระบาดอยู่ภายในสวนมังคุด โดยใช้ปากเจาะเปลือกมังคุดเป็นรูดูดกินน้ำในเนื้อมังคุด ทำให้แมลงวันทองสามารถวางไข่เข้าไปในผลมังคุดได้ผ่านรูที่เกิดจากการเจาะของเสื้อมวนหวาน ด้วยเหตุนี้จึงมีความเสี่ยงที่แมลงวันทองจะติดไปกับมังคุดส่งออก การส่งออกมังคุดสดไปยังประเทศที่เข้มงวดด้านกักกันพืชจึงเป็นไปได้ เว้นแต่จะต้องผ่านวิธีการกำจัดแมลงวันผลไม้ก่อนส่งออก
- 3.2) พบว่า วิธีการจัดแมลงด้วยความร้อนทำให้มังคุดเสียหายที่สำคัญมี 3 อาการ คือ เปลือกแข็ง เนื้อแตก เป็นรูปพญาลักษณะคล้ายฟองน้ำ และเนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล กรรมวิธีอบไอน้ำปรับสภาพความชื้นสัมพัทธ์เป็นกรรมวิธีการจัดแมลงด้วยความร้อนที่เหมาะสมกับมังคุด มากกว่าวิธีอบอากาศร้อน และวิธีอบไอน้ำ เมื่อคำนึงถึงระดับความเสียหายของมังคุดจากความร้อน อุณหภูมิที่เหมาะสมกับมังคุดควรอยู่ระหว่าง 45-46 ° ซ. การศึกษาพบว่า ปัจจัยเกี่ยวกับ สภาพความชื้นสัมพัทธ์ ระยะเวลาให้ความร้อน ระดับความสุก และอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา เป็นปัจจัยที่สามารถลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อน ขณะที่ปัจจัยเกี่ยวกับ วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำ และอุณหภูมิเมื่อสิ้นสุดช่วงอากาศร้อนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถลดความเสียหายของมังคุดจากความร้อน