ว.วิชาการ กษ. 11 : 31 - 44 (2536)

คุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง หลังจากผ่านกระบวนการอบไอน้ำ

Quality of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng's Mangoes subjected to Vapor Heat Treatment

อุดร อุณหวุฒิ วลัยกร วรวิศิษฎ์ธำรง
รัชฎา อินทรกำแหง มานะ พุ่มทอง และ ประเทือง ศรีสุข
Udorn Unahawutti Walaikorn Worawisitthumrong
Rachada Intarakumheng Mana Poomthong and Pratuang Srisook

Abstract

'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mango fruits of two sizes from central and northern production areas were subjected to vapor heat treatment (VHT) under saturated condition until fruit center temperatures were raised to 47.0° C and 48.5° C and maintained for 0, 60 and 120 min. Immediately after treatment, treated fruits were forced-air cooled for 1 hr and then kept ripen in temperature/humidity controlled chamber of 25° C, 70-80% RH. Weight loss was consistently lower in treated fruits. No adverse effect on total soluble solid (TSS) and acidity was observed on the treated fruits. The incidence of anthracnose and stem end rot was also reduced by the treatment. It was observed that 'Nam Dorkmai', 'Rad', and 'Pimsen Daeng' mangoes were all damaged by the VHT. The main injuries to the fruits were due to the presence of white spot and spongy tissue in the inner portion of the mesocarp. The symptoms were not apparent until the ripe stage and the injured fruits showed no visible external lesions.

Keywords : Mango, Fruit Fly, Vapor Heat Treatment

บทคัดย่อ

อบไอน้ำ (Vapor heat treatment) มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง โดยคงอุณหภูมิภายในผล (Fruit center temperature) ไว้ที่ระดับอุณหภูมิ 47.0°ซ. และ 48.5° ซ. เป็นเวลานาน 0 60 และ 120 นาที ภายใต้สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์ 98% RH ตลอดการอบไอน้ำ ลดอุณหภูมิผลมะม่วงด้วยอากาศเย็น (Forced-air cooling) นาน 1 ชั่วโมง เก็บมะม่วงรอให้สุกในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% RH ผลการทดลองพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงอบไอน้ำน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่อบไอน้ำ ปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรดไม่แตกต่างกันระหว่างมะม่วงอบไอน้ำและไม่อบไอน้ำ มะม่วงแสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) (*Colleto-*

ฝ่ายวิชาการกักกันพืช กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Agricultural Regulatory Division, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

trichum gloeosporioides Penz.) และโรคเน่าขั้วผล (Stem end rot) (*Diplodia natalensis* P.Evens) อย่างรุนแรงมีแนวโน้มลดน้อยลงในมะม่วงอบไอน้ำ การอบไอน้ำทำให้เกิดความเสียหาย (Phytotoxicity) ขึ้นภายในผลมะม่วงน้ำดอกไม้แรด และพิมเสนแดง ซึ่งแสดงอาการให้เห็น 2 ลักษณะ คือ จุดสีขาว (White spot) และเนื้อมะม่วงเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายฟองน้ำ (Spongy tissue) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้ไม่ปรากฏอาการให้สังเกตได้จากภายนอกและไม่แสดงอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก

คำหลัก : มะม่วง แมลงวันผลไม้ การอบไอน้ำ

คำนำ

การกำจัดแมลงวันผลไม้ในผักและผลไม้สด โดยใช้วิธีรมด้วยสารเคมีเอธีลีนไดโบรไมด์ (Ethylene dibromide, EDB) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้กันอย่างแพร่หลายในสมัยก่อน แต่หลังจากพบข้อมูลยืนยันว่า EDB เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง (USDA 1984) การใช้ EDB จึงลดน้อยลงและถูกห้ามใช้กับผักและผลไม้ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2530 การใช้ความร้อนกำจัดแมลงวันผลไม้เป็นวิธีการหนึ่งที่กลับมาได้รับความสนใจอย่างมาก วิธีกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยความร้อนอาศัยหลักการให้ความร้อนเข้าไปในผลไม้ เมื่ออุณหภูมิผลไม้เพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง แมลงวันผลไม้ทั้งระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ซึ่งทำลายอยู่ภายในผลไม้ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้

การทำให้อุณหภูมิผลไม้ร้อนเพิ่มขึ้นมีหลายวิธี วิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงได้แก่ วิธีอบไอน้ำ (Vapor heat treatment, VHT) โดยหมุนเวียนไอน้ำร้อนผ่านผลไม้ซึ่งบรรจุอยู่ในห้องที่ปิดมิดชิด ภายใต้สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ (Saturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity, RH) 90% จากการศึกษาวิจัยในหลายประเทศพบว่า วิธีอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้ในผักและผลไม้หลายชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุดร และ คณะ (2529) พบว่าวิธีอบไอน้ำสามารถกำจัดระยะไข่และหนอนวัยต่าง ๆ ของแมลงวันทอง (Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel) และแมลงวันแตง (Melon fly, *D. cucurbiae* Coquillett) ในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน (*Mangifera indica* Linn. Var. 'Nang Klarngwan') อย่างมีประสิทธิภาพและไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ โดยเพิ่มอุณหภูมิภายในสุดของผล (Fruit center temperature) ขึ้นถึง 46.5°ซ. และคงอุณหภูมิไว้ที่ 46.5°ซ. เป็นเวลานาน 10 นาที

มีงานวิจัยศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยวิธีอบไอน้ำกับผลไม้มากมายหลายชนิด แต่ปรากฏว่าประสบผลสำเร็จกับผลไม้เพียงบางชนิดเท่านั้น อุปสรรคสำคัญเกิดจากผลกระทบของการอบไอน้ำทำให้คุณภาพผลไม้เสื่อมเสียไป อุณหภูมิของกระบวนการอบไอน้ำซึ่งสามารถกำจัดแมลงวันผลไม้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นมักจะอุณหภูมิสูงมากเกินกว่าผลไม้จะทนทานได้ ทำให้ผลไม้ส่วนมากเกิดความเสียหาย (Phytotoxicity) ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลไม้เนื่องจากการอบไอน้ำปรากฏให้เห็นหลายลักษณะ เช่น เกิดรอยแผลบนเปลือก (Skin scald) เนื้อผลไม้ยุบตัวลงทำให้บริเวณเปลือกเกิดเป็นหลุม (Pitting) เนื้อผลไม้จับตัวกันเป็นก้อนแข็ง (Lumpiness) ทำให้ผลไม้สุกไม่สม่ำเสมอ เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Browning) และเนื้อเป็นรูพรุนลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ (Spongy tissue) เป็นต้น (Jones 1939, Sinclair and Lindgren 1955, Claypool and Vines 1956, Sugimoto *et al.* 1983, Kerbel *et al.* 1985, Esguerra and Lizada 1990 and Paull 1990)

Subramanyam *et al.* (1971) รายงานอาการผิดปกติลักษณะเนื้อเป็นรูพรุน ลักษณะคล้ายฟองน้ำในมะม่วงพันธุ์ 'Alphonso' ซึ่งลักษณะผิดปกติสามารถกระตุ้นให้เกิดขึ้นได้จากปัจจัยในระหว่างก่อนการเก็บเกี่ยวมะม่วง ส่วนในมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวจะเกิดได้เช่นเดียวกัน หากมะม่วงถูกแสงแดดเป็นเวลานาน (Gunjate *et al.* 1982) แต่สำหรับมะม่วงพันธุ์ 'Carabao' มีสาเหตุแตกต่างจากมะม่วงพันธุ์ 'Alphonso' คือ มะม่วงพันธุ์ 'Carabao' เนื้อเป็นรูพรุนเกิดขึ้นเมื่อเก็บมะม่วงไว้ในห้องควบคุมสภาพบรรยากาศ (Modified atmosphere) ในสภาพที่ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) สูง และออกซิเจน (Oxygen) ต่ำ (Gautam and Lizada 1984) และเมื่อมะม่วงได้รับความร้อนสูง โดย Esguerra and Lizada (1990) รายงานว่า การอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในมะม่วงพันธุ์ 'Carabao' โดยคงอุณหภูมิภายในผลมะม่วงไว้ที่ 46.0° ซ. นาน 10 นาที กระตุ้นให้เกิดอาการเนื้อเป็นรูพรุน แต่อย่างไรก็ดี Merino *et al.* (1985) กลับพบว่า

การอบไอน้ำตามกระบวนการดังกล่าวข้างต้น ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติภายในผลมะม่วงพันธุ์ 'Carabao'

Jones *et al.* (1939) พบว่าในการอบไอน้ำมะละกอ (*Carica papaya* Linn.) เพื่อกำจัดแมลงวันแตง และแมลงวันผลไม้เมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) ในสภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ตลอดการอบไอน้ำมีผลทำให้มะละกอเสียหายอย่างรุนแรง แต่ถ้าอบไอน้ำโดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ลดต่ำลงเหลือเพียง 80% ตลอดการอบไอน้ำ หรือช่วงแรกความชื้นสัมพัทธ์ 60% จนกระทั่งอุณหภูมิมะละกอเพิ่มถึงระดับหนึ่ง หลังจากนั้นจึงปรับระดับความชื้นสัมพัทธ์ให้เพิ่มสูงขึ้นเป็น 100% กระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวนี้ไม่ทำให้มะละกอได้รับความเสียหาย

Jones (1939) ศึกษาถึงอิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อการหายใจของมะละกอ เมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงได้เสนอแนะว่าสภาพอากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำในระหว่างการอบไอน้ำนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพมะละกอ ความเสียหายอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการหายใจของผลไม้เกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์ เพราะสภาพดังกล่าวข้างต้นทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเกาะอยู่โดยรอบผลมะละกอ ซึ่งขัดขวางการดูดออกซิเจนจากอากาศไปใช้ในการหายใจและการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจออกจากผลไม้ ถึงแม้ว่าอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นก็ตาม แต่สภาพการขาดออกซิเจน (Anaerobic condition) อย่างรุนแรงอาจจะเกิดขึ้นได้หากผิวนอกของผลไม้เปียก ปรากฏการณ์ลักษณะคล้ายกันนี้เกิดขึ้นกับมะม่วงอบไอน้ำเช่นเดียวกัน (Esguerra and Lizada 1990) จากผลการวิจัยพบว่า การหายใจของผลมะละกอจะไม่ถูกขัดขวางเมื่ออบไอน้ำในสภาพอากาศแห้ง (Unsaturated condition) ความชื้นสัมพัทธ์ 60% (Jones 1939) แต่อย่างไรก็ดี หากความชื้นสัมพัทธ์ 40% ในขณะอบไอน้ำมีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลมะละกอ (Armstrong *et al.* 1989)

เนื่องจากข้อกำหนดทางด้านกักกันพืช ทำให้มะม่วงพันธุ์อื่นนอกเหนือจากมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน ยังไม่ได้รับอนุญาตให้นำเข้าจากประเทศซึ่งเข้มงวดด้านกักกันพืช เว้นแต่จะมีข้อมูลการประเมินประสิทธิภาพวิธีอบไอน้ำกับมะม่วงพันธุ์นั้น ๆในด้านประสิทธิภาพการกำจัดแมลงวันผลไม้และคุณภาพผลไม้หลังการอบไอน้ำ รายงานผลการวิจัยต่อไปนี้ เป็นการศึกษาคุณภาพของมะม่วงหลังจากอบไอน้ำกับมะม่วง 3 พันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ (Nam Dorkmai) แรด (Rad) และพิมเสนแดง (Pimsen Daeng)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาลักษณะผิดปกติทางสรีระภายในผลมะม่วง

ก่อนเริ่มงานทดลองอบไอน้ำกับมะม่วง ได้ศึกษาลักษณะทั่ว ๆ ไปภายในผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เกี่ยวกับลักษณะอาการผิดปกติทางสรีระที่ปรากฏบนเนื้อมะม่วงแต่ละพันธุ์ ทั้งนี้เพื่อใช้กำหนดความผิดปกติของมะม่วงก่อนการอบไอน้ำและความผิดปกติ (Phytotoxicity) ที่อาจจะเกิดขึ้นกับมะม่วงอันเนื่องมาจากการอบไอน้ำ นำมะม่วงน้ำดอกไม้ แรดและพิมเสนแดงจากแหล่งปลูกต่าง ๆ มาบ่มให้สุก จากนั้นผ่าผลมะม่วงและบันทึกอาการผิดปกติที่ตรวจพบบนเนื้อมะม่วงแต่ละพันธุ์

2. การศึกษาคุณภาพผลมะม่วงหลังผ่านกระบวนการอบไอน้ำ

อบไอน้ำมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง 2 ขนาดจากแหล่งปลูกในภาคกลางและภาคเหนือ ด้วยเครื่องอบไอน้ำผลไม้ "Sanshu" Vapor Heat Treatment System (Differential Pressure Type) (Model EHK-1000B, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) (อุดร และคณะ 2535) มะม่วงน้ำดอกไม้จะทดลองกับม่ะม่วงผลขนาดกลาง (250-299 กรัม/ผล) และขนาดใหญ่พิเศษ (>350 กรัม/ผล) ส่วนมะม่วงแรดและพิมเสนแดงเป็นมะม่วงผลขนาดเล็ก (200-224 กรัม/ผล) และขนาดใหญ่ (250-274 กรัม/ผล) มะม่วงแต่ละพันธุ์แก่จัดแต่ยังไม่สุก (Full green stage) ขณะที่นำมาผ่านกระบวนการอบไอน้ำ อบไอน้ำผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงอุณหภูมิ 47.0°ซ. และ48.5°ซ. และคงอุณหภูมิผลมะม่วงไว้ที่ 47.0°ซ. เป็นเวลานาน 0 นาที (47.0°ซ.), 60 นาที (47°ซ. + 60 นาที) และ 120 นาที (47.0°ซ. + 120 นาที) และ 48.5°ซ. เป็นเวลานาน 0 นาที (48.5°ซ.),

60 นาที (48.5°ซ. + 60 นาที) และ 120 นาที (48.5°ซ. + 120 นาที) การอบไอน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิ 47.0°ซ. และ 48.5°ซ. ดำเนินการแยกกันโดยใช้เครื่องอบไอน้ำผลไม้คนละเครื่อง อบไอน้ำมะม่วงจากแต่ละแหล่งปลูกจำนวน 2 ครั้ง ยกเว้นมะม่วงแรดจากแหล่งปลูกภาคเหนือ

การอบไอน้ำผลมะม่วงแต่ละครั้งมีวิธีการดังต่อไปนี้ คัดเลือกมะม่วงแต่ละผลให้ได้น้ำหนักตามข้อกำหนด นำมะม่วงทั้งสองขนาดเข้าอบไอน้ำพร้อมกันในเครื่องอบไอน้ำผลไม้เครื่องเดียวกัน ด้วยการนำมะม่วงแต่ละขนาดแยกวางไว้ในกะบะบรรจุผลไม้สเตนเลส 10 ผล/กะบะ จากนั้นจึงนำกะบะบรรจุผลไม้ใส่ในตู้บรรจุผลไม้แบบตู้สเตนเลส ใช้มะม่วงกำหนดอุณหภูมิ (Sensor fruit) จำนวน 3 ผล ๆ ขนาดใหญ่พิเศษสำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้ ส่วนมะม่วงแรดและพิมเสนแดง ใช้ผลขนาดใหญ่ เมื่อมะม่วงกำหนดอุณหภูมิทั้ง 3 ผลมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงระดับที่กำหนดและคงอยู่ที่อุณหภูมินั้นเป็นระยะเวลานานตามต้องการ นำมะม่วงทดลองที่อุณหภูมิและระยะเวลานั้น ๆ แต่ละขนาดจำนวน 10 ผล ออกจากห้องบรรจุผลไม้ของเครื่องอบไอน้ำทันที สำหรับมะม่วงที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ (Control) แต่ละขนาดมีจำนวน 10 ผล ไม่ต้องนำเข้าอบไอน้ำ

ลดอุณหภูมิผลมะม่วงหลังการอบไอน้ำด้วยอากาศเย็น (Forced-air cooling) นาน 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องลดอุณหภูมิผลไม้ "Sanshu" shower cooling unit (Differential Pressure Type) (Model SHS-12, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) (อุดรและคณะ 2535) หลังจากนั้นแยกมะม่วงแต่ละขนาดใส่ในกล่องกระดาษลูกฟูกซึ่งเป็นกล่องที่ใช้สำหรับบรรจุมะม่วงหนังกลางวันส่งไปยังประเทศญี่ปุ่น เก็บมะม่วงทั้งหมดในตู้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น (Thermo/Humidity chamber) (Model STH-2, Sanshu Sangyo Co., Ltd., Kagoshima, Japan) อุณหภูมิ 25-27°ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ 70-80% จนกระทั่งมะม่วงสุก ซึ่งใช้เวลาประมาณ 6-7 วัน จากนั้นจึงประเมินคุณภาพมะม่วงทดลองโดยใช้หลักการพิจารณาและดำเนินการในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(1) การสูญเสียน้ำหนัก (Weight loss) : ศึกษาการสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงอบไอน้ำ โดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักที่สูญเสียไปด้วยวิธีการบันทึกน้ำหนักมะม่วงก่อนการทดลอง และในวันที่ตรวจผลการทดลองชั่งน้ำหนักผลมะม่วงอีกครั้งหนึ่ง

(2) ปริมาณน้ำตาล (Brix values) : คั้นน้ำจากเนื้อมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและไม่ผ่านการอบไอน้ำจำนวน 5 ผลในการอบไอน้ำแต่ละครั้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรด ปริมาณน้ำตาลในรูปปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS) มีหน่วยเป็นค่า องศา บริกซ์ (° Brix) การวัดปริมาณน้ำตาลจากเนื้อมะม่วงใช้เครื่อง Digital Refractometer (Model DBX-30, Atago Co., Ltd., ltabashi-ku, Tokyo, Japan)

(3) ความเป็นกรด (Acidity) : นำน้ำคั้นจากเนื้อมะม่วงไปตรวจสอบความเป็นกรดในรูปของกรดซิตริก (Citric acid) โดยใช้เครื่อง Acilyzer (Model : 5)

(4) การเกิดโรคบนผล (Disease infection) : ประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคบนผล คือ โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. และโรคเน่าขั้วผล (Stem end rot) ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Diplodia natalensis* P. Evens บันทึกจำนวนมะม่วงเฉพาะที่แสดงอาการอย่างรุนแรง

(5) ความผิดปกติภายในผลมะม่วง (Phytotoxicity): ผ่ามะม่วงตามแนวยาวขนานไปกับเมล็ด สังเกตลักษณะอาการผิดปกติบนเนื้อมะม่วงนอกเหนือจากอาการที่พบกับมะม่วงก่อนอบไอน้ำ พร้อมทั้งบันทึกจำนวนมะม่วงซึ่งแสดงอาการดังกล่าวนั้น

นำข้อมูล การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณน้ำตาล และความเป็นกรด วิเคราะห์ผลทางสถิติ การตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ($P \leq 0.05$) ใช้วิธีการตรวจสอบแบบ Duncan's new multiple range test การวิเคราะห์ผลทางสถิติดำเนินการโดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป IRRISTAT Version 90-1.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาลักษณะผิดปกติทางสรีระภายในผลมะม่วง

ผลจากการผ่ามะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง จากแหล่งปลูกต่าง ๆ เพื่อสังเกตลักษณะผิดปกติทางสรีระภายในผลมะม่วงก่อนการอบไอน้ำ สามารถรวบรวมลักษณะอาการผิดปกติภายในผลของมะม่วงแต่ละพันธุ์ จำแนกลักษณะอาการได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้ คือ

ฟองอากาศ (Air pocket) : เนื้อมะม่วงแยกตัวออกจากกันกลายเป็นหลุมลักษณะกลมรีติดกันคล้ายกับรังผึ้ง หรือกระจายอยู่ทั่วไปบนเนื้อมะม่วง ลักษณะดังกล่าวนี้พบในมะม่วงน้ำดอกไม้ (Fig. 1A) และพิมเสนแดง (Fig. 1B)

เส้นใยสีดำบนเปลือกมะม่วง (Black fiber color) : พบในมะม่วงน้ำดอกไม้ หากสังเกตเปลือกมะม่วงอย่างละเอียด ในขณะที่มะม่วงยังไม่สุกจะเห็นเส้นใยที่บริเวณเปลือกมะม่วงมีสีค่อนข้างเข้มกว่าปกติ และเมื่อมะม่วงสุกผิวมะม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เส้นใยสีดำที่บริเวณเปลือกจะปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจน เส้นใยสีดำเหล่านี้มีเป็นจำนวนมากบริเวณใต้เปลือกมะม่วงลึกลงไปเพียงเล็กน้อย (Fig. 1C) นอกจากนั้น ยังพบแทรกอยู่ตามเนื้อมะม่วงและบนบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ด (Fig. 1D)

จุดสีดำ (Black spot) : พบเฉพาะในมะม่วงแรดมีลักษณะอาการดังนี้คือ บนเนื้อมะม่วงจะปรากฏจุดสีดำเล็ก ๆ กระจายไปทั่ว นอกจากบนเนื้อมะม่วงแล้วยังพบว่าบนผิวนอกของเปลือกแข็งส่วนที่หุ้มเมล็ดมีจุดสีดำปรากฏอยู่ด้วยเช่นกัน (Fig. 1E)

รอยแผลสีดำ (Black lesion) : พบเฉพาะในมะม่วงน้ำดอกไม้ มีลักษณะอาการเป็นรอยแผลแห้งสีดำขนาดใหญ่ โดยรอยแผลจะเกิดตรงบริเวณรอยต่อระหว่างเมล็ดกับเนื้อมะม่วง (Fig. 1F)

รอยแผลสีขาว : พบในมะม่วงพิมเสนแดง มีลักษณะเป็นแผลแห้งสีขาวส่วนมากจะพบรอยแผลเกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่างเปลือกและเนื้อมะม่วง ซึ่งลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้อาจจะเป็นอาการเนื่องมาจากผลมะม่วงถูกกระทบกระแทกในระหว่างการขนส่ง (Fig. 1G)

เนื้อมะม่วงเป็นเห็บ (Lumpy tissue) : พบเฉพาะในมะม่วงพิมเสนแดงเท่านั้น เนื้อมะม่วงบางส่วนมีลักษณะเป็นรอยด่างกลมกระจายอยู่ทั่วไป อาการคล้ายกับเนื้อมะม่วงจับตัวรวมกันเป็นก้อนแข็ง (Lumpiness) (ภาพที่ 1 H) อาการลักษณะดังกล่าวนี้จะเรียกกันโดยทั่วไปว่าเนื้อมะม่วงเป็นเห็บ หากนำมะม่วงที่มีเนื้อเป็นเห็บมาล้างน้ำส่วนที่เป็นก้อนเนื้อจะยังคงติดแน่นอยู่กับเมล็ด (Fig. H)

2 . การศึกษาคุณภาพผลมะม่วงหลังผ่านกระบวนการอบไอน้ำ

การสูญเสียน้ำหนัก : ไม่ว่าจะเป็นมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด หรือ พิมเสนแดง เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำ ส่วนมากจะน้อยกว่ามะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (Table 1) จากตัวเลขดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การอบไอน้ำมะม่วงด้วยการคงอุณหภูมิภายในผลมะม่วงสูงถึง 47.0° ซ. และ 48.5° ซ. เป็นเวลานาน 120 นาที ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดงในส่วนที่เกี่ยวกับการสูญเสียน้ำหนัก

ปริมาณน้ำตาล : ผลการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลในมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำและไม่ผ่านการอบไอน้ำปรากฏว่า การอบไอน้ำผลมะม่วงที่อุณหภูมิและระยะเวลากำหนดต่าง ๆ ไม่ทำให้ปริมาณน้ำตาลในมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดงเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากปกติ (Table 2)

ความเป็นกรด : มีเพียงมะม่วงน้ำดอกไม้ขนาดใหญ่พิเศษจากแหล่งปลูกภาคกลางและภาคเหนือ และมะม่วงพิมเสนแดงจากแหล่งปลูกภาคเหนือเท่านั้นที่ปรากฏว่า ปริมาณความเป็นกรดของมะม่วงที่ผ่านการอบไอน้ำบางอุณหภูมิและระยะเวลามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากมะม่วงที่ไม่ผ่านการอบไอน้ำ (Table 3) แต่อย่างไรก็ดี ค่าตัวเลขความเป็นกรดดูเหมือนจะแปรผันไปโดยไม่มีความสัมพันธ์กันกับอุณหภูมิและระยะเวลา ดังนั้นจึงยืนยันไม่ได้ว่าการอบไอน้ำที่ระดับอุณหภูมิและเวลากำหนดนี้มีผลกระทบต่อปริมาณความเป็นกรดของเนื้อมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง

การเกิดโรคบนผล : โดยทั่ว ๆ ไปมีแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์มะม่วงที่แสดงอาการของโรคแอนแทรคโนส (Table 4) และโรคเน่าขั้ว (Table 5) อย่างรุนแรงลดน้อยลงในมะม่วงอบไอน้ำพันธุ์น้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง เคยมีรายงานเกี่ยวกับการอบไอน้ำช่วยลดความเสียหายจากการเกิดโรคดังกล่าวนี้ บนผลมะม่วงหนังกลางวัน (อุดร และคณะ 2529) และมะม่วงพันธุ์ 'Carabao' (Esguerra and Lizada 1990)

ความผิดปกติภายในผลมะม่วง : จากการตรวจลักษณะเนื้อมะม่วง ได้สังเกตเห็นลักษณะผิดปกติเกิดขึ้นภายในผลของมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดงที่ผ่านการอบไอน้ำ อาการผิดปกติที่เกิดขึ้นแบ่งออกได้เป็น 2 อาการ ๆ แรกมีลักษณะดังนี้ คือ เกิดจุดสีขาว (White spot) บนบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่ห่อหุ้มเมล็ด (Endocarp) จุดสีขาวมีขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 1 มม. (Fig. A,B) หากผ่าผลมะม่วงไม่ลึกจนสัมผัสกับเมล็ดจะไม่สามารถสังเกตเห็นอาการดังกล่าวนี้ได้ มะม่วงน้ำดอกไม้จากแหล่งปลูกภาคกลางพบอาการจุดสีขาวในมะม่วงอบไอน้ำเริ่มตั้งแต่ที่ 47.0° ซ. + 60 นาที และ 48.5° ซ. + 60 นาที ในขณะที่มะม่วงจากแหล่งปลูกภาคเหนือดูเหมือนต้านทานต่อความร้อนในระดับเดียวกันได้ในเวลาที่สั้นกว่า โดยพบจุดสีขาวในมะม่วงอบไอน้ำตั้งแต่ 47.0° ซ. + 60 นาที และ 48.5° ซ. + 60 นาที ในกรณีของมะม่วงพิมเสนแดงนั้นมะม่วงจากแหล่งปลูกภาคกลางเริ่มแสดงอาการที่ 47.0° ซ. และ 48.5° ซ. + 60 นาที ในมะม่วงผลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ตามลำดับ ขณะที่มะม่วงพิมเสนแดงจากแหล่งปลูกภาคเหนือเริ่มแสดงอาการที่ 47.0° ซ. + 60 นาที และ 48.5° ซ. + 60 นาที (Table 6)

ความผิดปกติพบภายในผลมะม่วงอีกอาการหนึ่งมีลักษณะดังนี้ คือ เนื้อมะม่วงเกิดการรวมตัวยึดติดกับบริเวณผิวนอกของเปลือกแข็งที่หุ้มเมล็ด (Endocarp) ทำให้เนื้อมะม่วง(Mesocarp) ด้านในที่ติดกับเมล็ดเกิดรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ (Spongy tissue) (Fig. 3 C, D) ลักษณะผิดปกติดังกล่าวนี้ไม่มีอาการบ่งแสดงปรากฏให้เห็นได้จากภายนอกผลมะม่วง นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าลักษณะเนื้อเป็นรูพรุนไม่ปรากฏอาการให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุก จากการทดลองในครั้งนี้มะม่วงแรดไม่แสดงอาการเนื้อเป็นรูพรุน (Table 7) สำหรับมะม่วงน้ำดอกไม้จากแหล่งปลูกภาคกลางปรากฏอาการให้เห็นเมื่ออบไอน้ำมะม่วงเริ่มจาก 47.0° ซ. + 60 นาที และ 48.5° ซ. ส่วนมะม่วงจากแหล่งปลูกภาคเหนือเริ่มแสดงอาการที่ 48.5° ซ. ในกรณีของมะม่วงพิมเสนแดงดูเหมือนว่ามะม่วงจากแหล่งปลูกภาคกลางสามารถทนทานต่อความร้อนได้ดีกว่าดังจะเห็นได้จากไม่พบอาการผิดปกติในมะม่วงอบไอน้ำ สำหรับมะม่วงพิมเสนแดงจากแหล่งปลูกภาคเหนือเริ่มปรากฏอาการให้เห็นในมะม่วงอบไอน้ำที่ 47.0° ซ. + 120 นาที และ 48.5° ซ. + 60 นาที

จากการตรวจเอกสารทั้งหมดพบว่า จุดสีขาวและเนื้อเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ เป็นลักษณะผิดปกติที่ยังไม่เคยมีการรายงานพบมาก่อนในมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ดังนั้นทั้งสองอาการจึงน่าจะเป็นลักษณะความเสียหาย (Phytotoxicity) ที่เกิดขึ้นกับมะม่วงอันเป็นผลกระทบเนื่องมาจากการอบไอน้ำ จากการสังเกตอย่างละเอียดพบว่า มะม่วงที่แสดงอาการเนื้อเป็นรูพรุนมักพบอาการจุดสีขาวเกิดปะปนอยู่ด้วย (Fig. 3 D) จุดสีขาวจึงน่าจะเป็นอาการซึ่งเกิดขึ้นก่อนและเป็นความเสียหายที่ไม่รุนแรง หากมะม่วงได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้นความเสียหายอย่างรุนแรงจากการอบไอน้ำทำให้เนื้อมะม่วงเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ถ้าพิจารณาจำนวนมะม่วงอบไอน้ำทั้งหมดที่อุณหภูมิและระยะเวลากำหนดต่าง ๆ จะพบว่า ตัวเลขจำนวนมะม่วงอบไอน้ำที่แสดงอาการเนื้อเป็นจุดสีขาวและรูพรุนผันแปรเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นหรือระยะเวลานานเพิ่มขึ้น (Table 8) สำหรับลักษณะการสุกของมะม่วงซึ่งเนื้อเป็นรูพรุนนั้น สุกไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผลลักษณะคล้ายกับการสุกของมะม่วงอ่อน (Immature fruit) ซึ่งผิวมะม่วงบางส่วนยังคงเป็นสีเขียว อีกทั้งมะม่วงเหล่านี้ยังมีรสชาดเปรี้ยวอีกด้วย ดังนั้นระดับความแก่ (Stage of maturity) ของมะม่วงขณะที่ผ่านการอบไอน้ำจึงอาจจะมีส่วนสัมพันธ์กับความเสียหายที่เกิดขึ้น

เมื่ออบไอน้ำมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ในสภาพเดียวกันกับมะม่วงหนังกลางวัน คุณภาพมะม่วงหนังกลางวันไม่ได้รับผลกระทบจากการอบไอน้ำ ในขณะที่เกิดความเสียหายขึ้นกับมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง แสดงว่า มะม่วงแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่อการอบไอน้ำแตกต่างกันไป มะม่วงหนังกลางวันสามารถต้านทานต่อการอบไอน้ำได้ดีกว่ามะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง สภาพอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำในระหว่างการอบไอน้ำอาจจะเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง งานวิจัยต่อไปจึงจำเป็นต้องศึกษาอิทธิพลของระดับความชื้นสัมพัทธ์ในระหว่างการอบไอน้ำต่อคุณภาพมะม่วง

สรุปผลการทดลอง

ได้อบไอน้ำมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ด้วยเครื่องอบไอน้ำขนาดเล็กสำหรับงานทดลอง โดยเพิ่มอุณหภูมิ

ผลมะม่วงในเครื่องอบไอน้ำขนาดใหญ่ระดับการค้า การอบไอน้ำมะม่วงภายใต้สภาพดังกล่าวนี้มีผลต่อคุณภาพของมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. มะม่วงอบไอน้ำมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่ามะม่วงไม่อบไอน้ำ ปริมาณน้ำตาลและความเป็นกรดไม่แตกต่างกันระหว่างมะม่วงอบไอน้ำและมะม่วงไม่อบไอน้ำ การอบไอน้ำมีส่วนดีช่วยให้จำนวนมะม่วงแสดงอาการโรคแอนแทรคโนสและโรคเน่าขั้วผลอย่างรุนแรงลดน้อยลง

2. การอบไอน้ำกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผิดปกติขึ้นภายในผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ซึ่งปรากฏอาการให้เห็น 2 ลักษณะ คือ จุดสีขาว และเนื้อกลายเป็นรูพรุนสีขาวลักษณะคล้ายกับฟองน้ำ ซึ่งอาการทั้งสองนี้ไม่ปรากฏให้เห็นจนกว่ามะม่วงสุกอีกทั้งไม่มีอาการจากภายนอกผลมะม่วงที่ส่อแสดงให้เห็นว่ามะม่วงมีเนื้อผิดปกติ ด้วยเหตุนี้ จึงไม่สามารถแยกมะม่วงที่มีเนื้อผิดปกติออกจากมะม่วงที่ปกติได้ด้วยตาเปล่า เว้นแต่การผ่าผลมะม่วงเป็นวิธีการเดียวเท่านั้นที่จะตรวจพบได้

3. กระบวนการอบไอน้ำที่อุณหภูมิภายในผล 46.5° ซ. + 10 นาที ซึ่งใช้กำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงหนังกลางวัน หากนำกระบวนการอบไอน้ำดังกล่าวนี้มาใช้กำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงน้ำดอกไม้ แรด และพิมเสนแดง ก่อนการส่งออกด้วยเครื่องอบไอน้ำขนาดใหญ่ ย่อมจะทำให้มีมะม่วงส่วนหนึ่งได้รับความเสียหาย

คำนิยม

ผู้ดำเนินงานทดลองขอขอบคุณรัฐบาลญี่ปุ่น ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือผ่านทาง Japan International Cooperation Agency (JICA) จัดหาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับงานทดลอง และผู้เชี่ยวชาญด้านการอบไอน้ำกำจัดแมลงวันผลไม้จากประเทศญี่ปุ่น ได้แก่ Mr. Kengo Yoshioka, Mr. Mitsuo Yamashita และ Mr. Akihiko Ishikawa ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับการวางแผนงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

อุดร อุณหวุฒิ จำลอง เจตนะจิตร มานะ พุ่มทอง พวงผกา คมสัน อวยชัย สมิตะสิริ จำลอง ลภาสาธุกุล วลัยกร วรวิศิษฏ์ชำรง และรัชฎา อินทรกำแหง. 2529. การประเมินประสิทธิภาพของวิธีอบไอน้ำเพื่อกำจัดแมลงวันทองและแมลงวันแตงในผลมะม่วงพันธุ์หนังกลางวัน. *ว.วิชาการ กษ.* 4 : 43-66.

อุดร อุณหวุฒิ มานะ พุ่มทอง รัชฎา อินทรกำแหง วลัยกร วรวิศิษฏ์ชำรง และประเทือง ศรีสุข. 2535. การศึกษาเบื้องต้นความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์มะม่วงและลักษณะความต้านทานของหนอนแมลงวันทองวัยที่ 1 ต่อความร้อนจากการอบไอน้ำ. *ว.วิชาการ กษ.* (อยู่ระหว่างการจัดพิมพ์)

Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu and S.T. Brown. 1989. High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with tephritid fruit flies (Diptera : Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 82 : 1667-1674.

Claypool, L.L. and H.M. Vines. 1956. Commodity tolerance studies of deciduous fruits to moist heat and fumigants. *Hilgardia.* 24 : 297-355.

Esguerra, E.B., and M.C.C. Lizada. 1990. The postharvest behaviour and quality of 'Carabao' mangoes subjected to vapor heat treatment. *ASEAN Food J.* 5 : 6-12.

Gautam, D.M. and M.C.C. Lizada. 1984. Internal breakdown in 'Carabao' mango subjected to modified atmosphere. I. Storage duration and severity of symptoms. *Postharvest Reserarch Notes.* 1 : 28-30.

Gunjate, R.T., D.P. Walimbe, B.L. Lad and V.P. Limaye. 1982. Development of Internal breakdown In 'Alphonso' mango by postharvest exposure of fruits to sunlight. *Science and Culture.* 48 : 188-190.

Jones, W.W. 1939. The influence of relative humidity on the respiration of papaya at high temperatures. *Amer. Soc. Hort. Sci* 37 : 119-124.

Jones, W.W., J.J. Holzmann and A.G. Galloway. 1939. The effect of high temperature sterilization on Solo papaya. Hawaii Agricultural Experiment Station Circular 14. 8 pp.

Kerbel, E.L., F.G. Mitchell and G. Mayer. 1985. Effect of postharvest heat treatments for insect control on the quality and market life of peaches. *Hort Science.* 20 : 725-727.

Merino, S.R., M.M. Eugenio, A.U. Ramos and S.T. Hernandes. 1985. Fruit fly disinfestation of mangoes (*Mangifera indica* L. var. 'Manila Super') by vapor heat treatment. Min. Agric. Food, Bur. Plant Indus., Manila. 76 pp.

Paull, R.E. 1990. Postharvest heat treatment and fruit ripening. *Postharvest News and Information.* 1 : 355-363.

Sinclair, W.B. and D.L. Lindgren. 1955. Vapor heat sterilization of California citrus and avocado fruit against fruit fly insects. *J. Econ. Entomol.* 48 : 133-138.

Subramanyam, H., S. Krishnamurthy, N.V. Subhadra, V.B. Dalal, G.S. Randhawa and E.K. Chacko. 1971. Studies on internal breakdown, a physiolo gical ripening disorder In 'Alphonso' mangoes (*Mangifera indica L.*). *Tropical Sci.* 13 : 202-210.

Sugimoto, T., K. Furusawa and M. Mizobuchi. 1983. The effectiveness of vapor heat treatment against the Oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* (Hendel) in green pepper and fruit tolerance to the treatment. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan.* 19 : 81-88.

USDA. 1984. Development of alternative technologies for quarantine treatment of fruits and vegetables. USDA in response to House Report 98-231 and House Report 98-450. 23 pp.

Table 1 Weight loss[1,2,3] (%) of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	8.64	7.91	9.25 b	7.69	9.05	8.31 c
	47.0	0	8.28	8.05	7.96 a	7.57	8.74	8.28 c
		60	8.85	8.29	8.12 a	7.81	8.56	7.83 abc
		120	8.30	8.09	8.65 ab	7.78	8.54	7.57 a
	48.5	0	8.40	8.23	8.57 ab	7.71	8.49	8.36 c
		60	8.38	7.66	8.32 a	7.57	8.55	8.18 bc
		120	8.56	7.74	8.29 a	7.96	8.58	7.70 ab
Northern region	control	-	8.76 b	9.22 c			10.40	9.43
	47.0	0	8.83 b	7.85 ab			10.84	10.10
		60	8.18 ab	7.59 ab			9.99	10.10
		120	7.64 a	7.47 a			10.36	9.36
	48.5	0	8.64 b	8.29 b			10.51	9.99
		60	8.77 b	7.89 ab			9.70	9.46
		120	8.18 ab	7.49 ab			9.99	9.02

[1] Values were means of two replicates of 10 fruits each.

[2] Data were transformed to arcsine for analysis of variance and Duncan's test.

[3] In a column, means within fruit size for each region followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 2 Total soluble solid (° Brix)[1,2] of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment.

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	18.05	18.40	18.51	20.61	17.25	18.78 bc
	47.0	0	18.86	17.10	19.53	20.22	19.03	17.28 a
		60	17.09	18.35	18.36	20.35	17.43	18.80 bc
		120	18.20	17.39	19.59	20.44	17.62	19.39 c
	48.5	0	18.29	18.56	19.32	20.96	18.58	17.82 ab
		60	17.70	19.18	19.36	21.25	17.97	17.47 ab
		120	17.54	17.77	19.61	20.72	17.75	18.81 bc
Northern region	control	-	19.26	20.06			17.24	16.06 ab
	47.0	0	18.18	20.33			15.07	15.81 a
		60	19.60	19.92			16.32	16.86 ab
		120	18.18	18.86			16.35	17.08 ab
	48.5	0	18.64	19.26			14.61	18.67 b
		60	19.19	19.92			17.42	17.64 ab
		120	18.27	19.15			16.43	18.55 ab

[1] Values were means of two replicates of 55 fruits each.

[2] In a column, means within fruit size for each region followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 3 Acidity (%) of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment at 47.0°C and 48.5°C for 0, 60 and 120 min.[1,2]

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	0.63	0.47 a	0.60	0.35 a	0.43	0.50
	47.0	0	0.63	0.68 b	0.66	0.48 ab	0.61	0.51
		60	0.84	0.48 a	0.79	0.47 ab	0.63	0.58
		120	0.82	0.51 ab	0.74	0.49 ab	0.55	0.61
	48.5	0	0.87	0.60 ab	0.62	0.43 ab	0.51	0.53
		60	0.83	0.50 ab	0.77	0.39 ab	0.52	0.54
		120	0.77	0.68 b	0.82	0.61 b	0.60	0.57
Northern region	control	-	0.81	0.61 ab			0.43 a	0.46
	47.0	0	0.80	0.66 ab			0.51 ab	0.47
		60	0.83	1.08 c			0.34 a	0.48
		120	0.67	0.54 a			0.50 ab	0.44
	48.5	0	0.75	0.57 a			0.40 a	0.51
		60	0.81	0.93 bc			0.41 a	0.47
		120	0.83	0.79 abc			0.65 b	0.44

[1] Values are means of two replicates of 5 fruits each.
[2] In a column, means within fruit size for each region followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4 The incidence of anthracnose disease[1,2] (%) in 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment.

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	65.0	50.0	15.0	55.0	5.0	20.0
	47.0	0	20.0	15.0	35.0	20.0	15.0	20.0
		60	10.0	0.0	30.0	5.0	10.0	0.0
		120	0.0	15.0	20.0	10.0	10.0	10.0
	48.5	0	5.0	5.0	25.0	0.0	15.0	5.0
		60	15.0	10.0	15.0	0.0	0.0	5.0
		120	5.0	5.0	20.0	10.0	5.0	5.0
Northern region	control	-	25.0	5.0			30.0	15.0
	47.0	0	5.0	15.0			15.0	15.0
		60	10.0	0.0			0.0	5.0
		120	0.0	0.0			15.0	10.0
	48.5	0	10.0	0.0			5.0	10.0
		60	0.0	0.0			5.0	5.0
		120	0.0	0.0			5.0	5.0

[1] Percentage of fruits showing remarkable disease symptom.
[2] Values were means of two replicates of 10 fruits each.

Table 5 The incidence of stem end rot disease[1,2] (%) in 'Nam Dorkmai','Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	0.0	5.0	25.0	5.0	0.0	0.0
	47.0	0	0.0	0.0	20.0	5.0	0.0	0.0
		60	0.0	0.0	5.0	15.0	0.0	0.0
		120	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0
	48.5	0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0
		60	5.0	0.0	10.0	10.0	5.0	0.0
		120	0.0	10.0	35.0	30.0	0.0	0.0
Northern region	control	-	15.0	10.0			5.0	10.0
	47.0	0	0.0	0.0			0.0	5.0
		60	0.0	0.0			0.0	5.0
		120	0.0	0.0			0.0	5.0
	48.5	0	0.0	0.0			0.0	5.0
		60	0.0	0.0			0.0	5.0
		120	0.0	0.0			5.0	5.0

[1] Percentage of fruits showing remarkable disease symptom.
[2] Values were means of two replicates of 10 fruits each.

Table 6 The incidence of white spot[1,2] (%) in 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vopor heat treatment at 47.0°C and 48.5°C for 0, 60 and 120 min.

Production area	Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	47.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0
		60	5.0	10.0	0.0	5.0	0.0	5.0
		120	0.0	10.0	10.0	15.0	5.0	10.0
	48.5	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		60	0.0	10.0	5.0	15.0	5.0	20.0
		120	0.0	10.0	55.0	50.0	35.0	40.0
Northern region	control	-	0.0	0.0			0.0	0.0
	47.0	0	0.0	5.0			0.0	0.0
		60	0.0	5.0			5.0	10.0
		120	0.0	0.0			5.0	10.0
	48.5	0	0.0	5.0			0.0	0.0
		60	0.0	0.0			10.0	20.0
		120	0.0	0.0			15.0	5.0

[1] Percentage of fruits showing white spot symptom
[2] Values are means of two replicates of 10 fruits each.

Table 7 The incidence of spongy tissue[1,2] (%) of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mangoes subjected to vapor heat treatment.

Production area	Treatment Temp. (°C)	Holding time (min.)	Nam Dorkmai		Rad		Pimsen Daeng	
			Medium	Extra Large	Small	Large	Small	Large
Central region	control	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	47.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		60	20.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		120	10.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	48.5	0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		60	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		120	45.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Northern region	control	-	0.0	0.0			0.0	0.0
	47.0	0	0.0	0.0			0.0	0.0
		60	0.0	0.0			0.0	0.0
		120	0.0	0.0			20.0	20.0
	48.5	0	0.0	5.0			0.0	0.0
		60	0.0	0.0			10.0	15.0
		120	5.0	0.0			40.0	40.0

[1] Percentage of fruits showing spongy tissue symptom.
[2] Values were means of two replicates of 10 fruits each.

Table 8 The total number of 'Nam Dorkmai', 'Rad' and 'Pimsen Daeng' mango fruits showing white spot and spongy tissue symptoms after subjected to vapor heat treatment.

Treatment temp. (°C)	Holding time (min.)	Number of fruits with symtoms (%)
Control	-	0.0
47.0°C	0	1.5
	60	7.0
	120	12.0
48.5°C	0	1.5
	60	14.5
	120	36.5

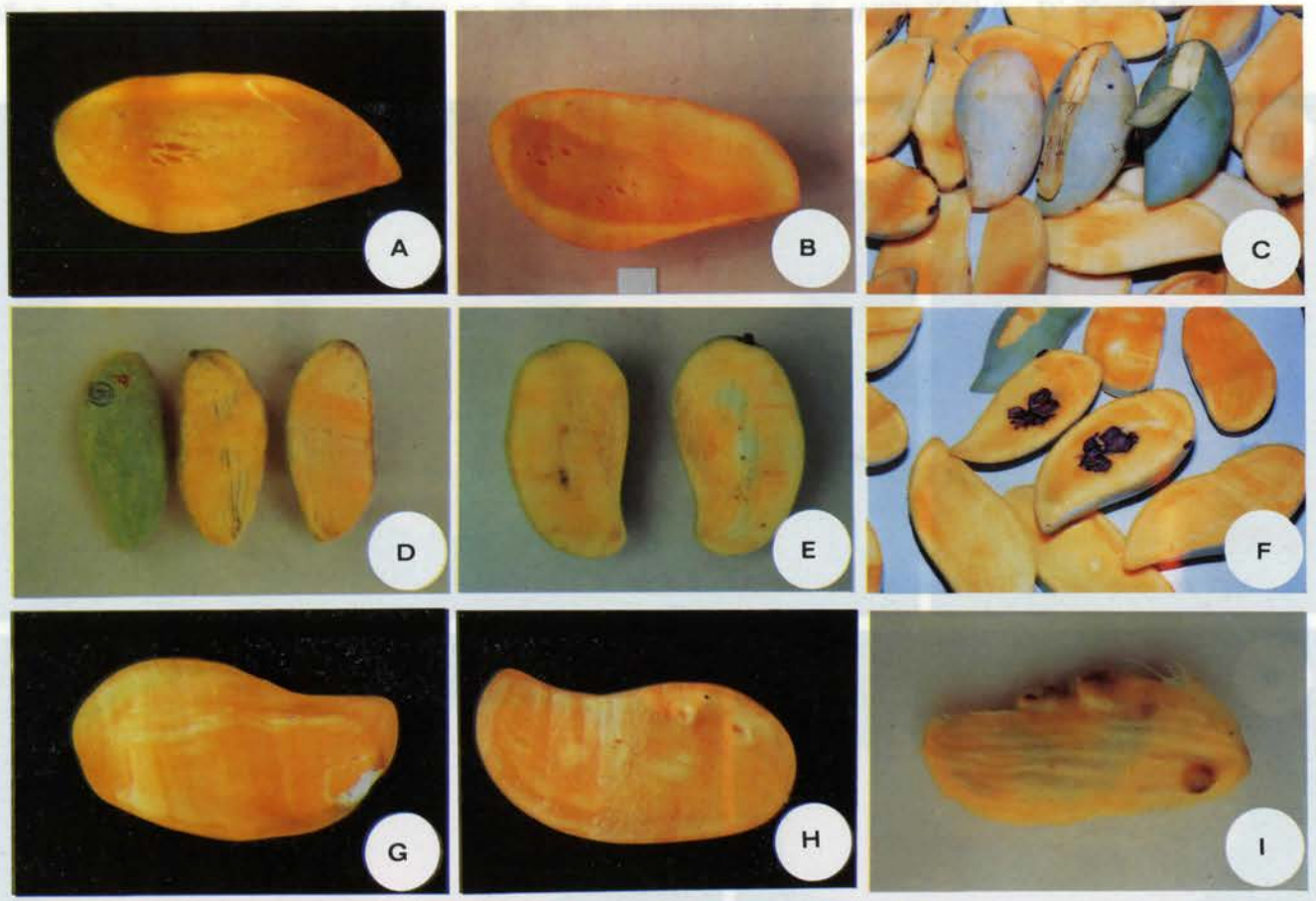

Fig. 1 Natural disorder in mangoes : A Air pocket (Nam Dorkmai); B. Air pocket (Pimsen Daeng); C - D. Black fiber color (Nam Dorkmai); E. Black spot (Rad); F. Black lesion (Nam Dorkmai); G. Compression damage (Pimsen Daeng); H - l. Lumpy tissue (Pimsen Daeng)

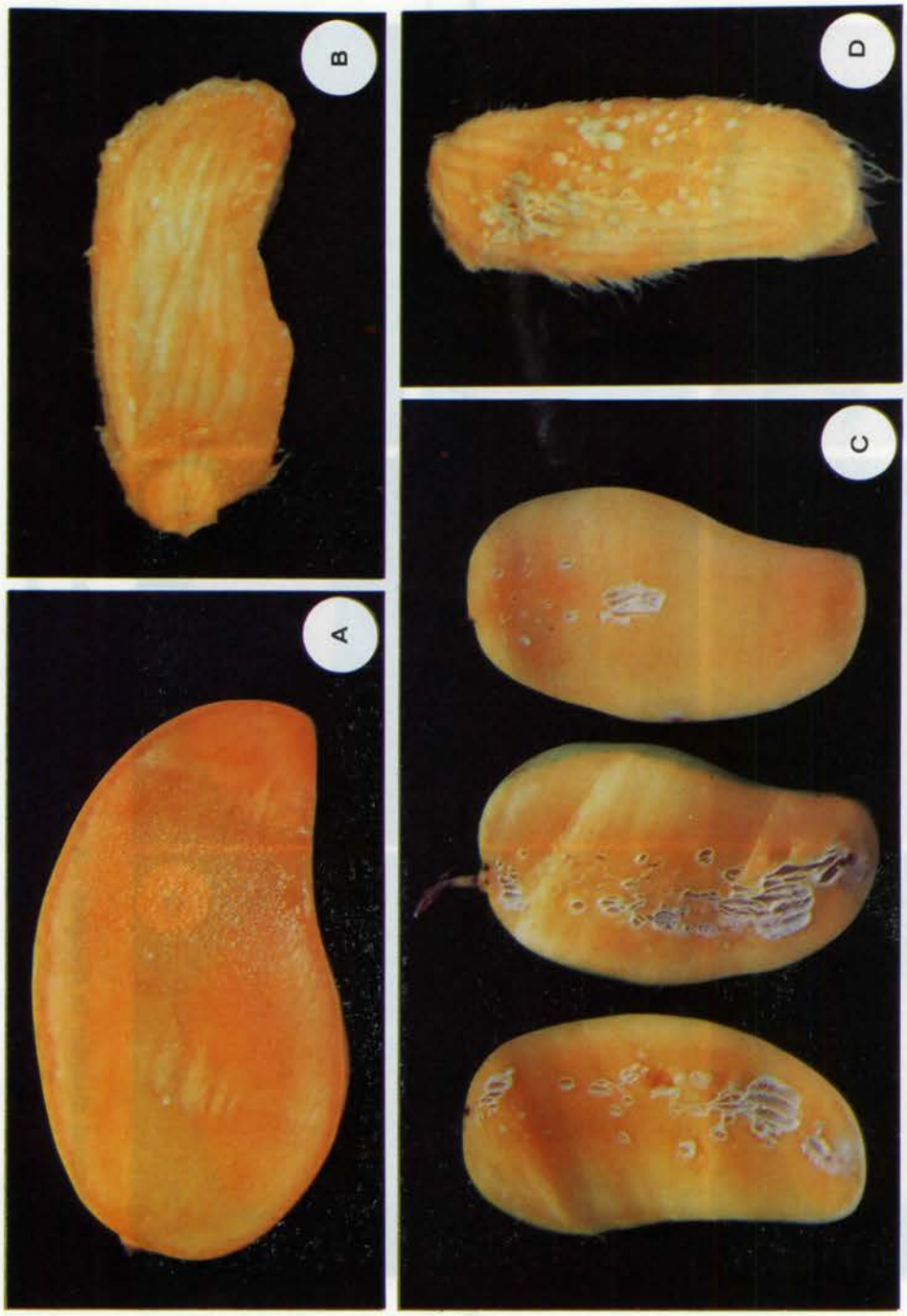

Fig. 2 Phytotoxic response of mangoes to vapot heat treatment : A - B. White spot; C - D. Spongy tissue