Thesis Title Application of Thermal Properties to Monitor Chilling Injury of Mango Fruit cv. Nam Dok Mai Si Thong

Author Mrs. Rachit Suwapanich

Degree Doctor of Philosophy (Postharvest Technology)

Thesis Advisory Committee

Asst. Prof. Dr. Methinee Haewsungcharern Chairperson

Assoc. Prof. Dr. Danai Boonyakiat Member

Dr. Pichaya Boonprasom Member

ABSTRACT

Mango is an important economic fruit of Thailand. The problem usually encounter is the short shelf-life that stems from its climacteric nature with high respiration rate and is prone to the disease. Storage at low temperature helps alleviate this problem by decreasing the respiration rate and ethylene production as well as slowing down the quality deterioration. Chilling injury has thus become common problem among mangos being kept by low temperature method. The general practices of examining chilling injury include consumer questionnaire relating to browning at the peel and quantification of electrolyte leakage at the peel or fruit flesh. The evalution results from these methods are the responses of mango after the symptom of chilling injury appears. In fact, the electrolyte leakage is also commonly observed in the ripen fruit. Therefore a certain indication index should be developed to distinguish the fruit ripening from the chilling injury. The thermal properties of the fruit may be used as suggestive indicators to the maturity level of Nam Dok Mai mango and differentiate between the good and injured tissues of the mango. Because the chilling injury of mango leads to the changes in tissue structure, hence the thermal properties should vary accordingly as well.

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

In this study, various properties of Nam Dok Mai Si Thong mango kept at 5 ± 0.5 and 13 ± 0.5°C were monitored for the period of 25 days and at 25 ± 0.5°C for the period of 8 days. The experimental results indicated that the thermal properties, namely, thermal conductivity and diffusivity had increased by 21.2 and 18.0%, respectively for the mango being kept at 5°C for 5 days. The steady state was then followed until the storage period of 25 days was reached. This was compared with storage temperature at 13°C for 5 days with the increase in thermal conductivity and diffusivity of 6 and 1%, respectively. The rising trends were followed until the completion of 25 days storage period with the elevation of both thermal properties values by 27.3 and 22.0%, respectively. Similar results were observed for the mango being maintained at 25°C. Investigation on the chemical and biochemical properties showed that the total titratable acid content, acidity, total soluble solid content and respiration rate of the chilled mango at 5°C were steady throughout the storage period. This was in contrary to the mangoes being stored at 13 and 25°C whose respiration rate and total soluble solid content increased during ripening process. Further confirmation could also be seen from the decrease in total titratable acid content. When the relationships between the thermal conductivity and diffusivity together with the change of total soluble solid content were considered, the chilling injury symptom might be identified during the first five days if the thermal conductivity and diffusivity rose by more than 15% with constant level of total soluble solid content. This was differed from the mango underwent the process of ripening with the increase of total soluble solid content above 10°Brix while the thermal conductivity and diffusivity were elevated by less than 6%. Thus there is a possiblity of using thermal conductivity and diffusivity as well as the total titratable acid content to monitor the chilling injury symptom of Nam Dok Mai Si Thong Mango which may be detected in the first five days of storage period.

There is a requirement of disinfestation the eggs of fruit flies in mango by vapor heat treatment until the fruit core reached 46.5°C prior to oversea exportation. The heating time varies between each mango variety thus the ability to predict the heating time will enhance the management efficiency. The prediction of temperature profile inside the mango fruit during thermal processing was possible by using the

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

thermal properties of mango at 25°C and finite difference method. The following assumptions were made; mango fruit had a cylindrical shape, the thermal properties were constant, heat transfer only occurred radially.

The temperature profile of mango fruit immersed in the temperature controlled water bath at 48 ± 0.5°C were monitored until the fruit core reached 46.5°C at 90 min. The predicted time from the model was 102 min with root mean square error of 1.81°C. Although an error associated with the prediction was still existed, there might be a possibility of applying current method to other fruits that required insect disinfestation process.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การใช้สมบัติทางความร้อนเฝ้าติดตามอาการสะท้านหนาวของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง
ผู้เขียน	นางระจิตร สุวพานิช
ปริญญา	วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว)
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. เมธินี เห่วซึ่งเจริญ ประธานกรรมการ รศ. ดร. ดนัย บุณยเกียรติ กรรมการ ดร. พิชญา บุญประสม กรรมการ

บทคัดย่อ

มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัญหาที่พบเสมอคืออายุการวางจำหน่ายที่สั้น เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ประเภทบ่มสุก (climacteric fruit) มีอัตราการหายใจสูง ง่ายต่อการเกิดโรค การแก้ปัญหาคือการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำซึ่งจะช่วยลดอัตราการหายใจ การผลิตเอทธิลีนและชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ แต่ปัญหาที่พบคือการเกิดอาการสะท้านหนาว การตรวจอาการสะท้านหนาวที่ปฏิบัติโดยทั่วไปคือการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกมะม่วง หรือ การวัดค่าการรั่วไหลของสารอิเล็คโตรไลต์จากเปลือกหรือเนื้อมะม่วง แต่วิธีดังกล่าวเป็นการวัดผลที่เกิดจากการตอบสนองของมะม่วงหลังเกิดอาการสะท้านหนาว อย่างไรก็ตามเมื่อมะม่วงมีการสุกจะตรวจพบการรั่วไหลของสารอิเล็คโตรไลต์เช่นกัน ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาดัชนีชี้วัดตัวอื่น ๆ ที่สามารถบอกความแตกต่างระหว่างการสุกกับการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ ได้มีการนำสมบัติทางความร้อนของผลไม้มาใช้เป็นดัชนีบอกความอ่อนแก่ของมะม่วงน้ำดอกไม้ และบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อที่ดี และเนื้อเยื่อที่ช้ำของผลแอปเปิ้ล เมื่อมะม่วงเกิดอาการสะท้านหนาวเนื้อเยื่อย่อมมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นสมบัติทางความร้อนของมะม่วงปกติและมะม่วงที่เกิดอาการสะท้านหนาวน่าจะแตกต่างกัน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ติดตามการเปลี่ยนแปลงของสมบัติต่าง ๆ ของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5±0.5 และ 13±0.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 25 วัน และที่อุณหภูมิ 25±0.5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 8 วัน จากผลการทดลองพบว่าสมบัติทางความร้อนซึ่งได้แก่ ค่าการนำความร้อนและค่าการแพร่ความร้อนของมะม่วงที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จะมีค่าเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็น 21.21 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีแนวโน้มคงที่จนสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 25 วัน ขณะที่ค่าทั้งสองของมะม่วงที่เก็บรักษาที่ 13 องศาเซลเซียสในระยะเวลาเดียวกันจะเพิ่มขึ้นเป็น 6 และ 1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 25 วันค่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 27.27 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมะม่วงที่เก็บรักษาที่ 25 องศาเซลเซียส จะแสดงผลในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาจากสมบัติทางเคมีและชีวเคมี พบว่ามะม่วงที่เก็บที่ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอัตราการหายใจคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่มะม่วงที่เก็บรักษาที่ 13 และ 25 องศาเซลเซียส มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจและปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากมะม่วงมีการพัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดที่ไตเตรตได้มีค่าลดลง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำความร้อนและค่าการแพร่ความร้อนร่วมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ พบว่าในระยะ 5 วันแรกถ้าค่าการนำความร้อนและค่าการแพร่ความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้คงที่ แสดงว่ามะม่วงน่าจะเกิดอาการสะท้านหนาว ซึ่งแตกต่างจากมะม่วงที่พัฒนาเข้าสู่กระบวนการสุกจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นมากกว่า 10 องศาบริกซ์ ในขณะที่ค่าการนำความร้อนและค่าการแพร่ความร้อนมีค่าเพิ่มไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ค่าการนำความร้อนและค่าการแพร่ความร้อนร่วมกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฝ้าติดตามการเกิดอาการสะท้านหนาวของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง ซึ่งสามารถตรวจพบได้ตั้งแต่ 5 วันแรกของการเก็บรักษา

เนื่องจากการส่งออกมะม่วงไปต่างประเทศ จำเป็นต้องมีการทำลายไข่แมลงวันผลไม้ด้วยการอบไอน้ำ จนกระทั่งเนื้อติดเมล็ดมีอุณหภูมิ 46.5 องศาเซลเซียส ซึ่งมะม่วงแต่ละสายพันธุ์ แต่ละขนาดจะใช้เวลาในการอบไม่เท่ากัน ถ้าสามารถพยากรณ์เวลาที่ใช้ในเบื้องต้นได้ จะทำให้การจัดการมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในผลมะม่วงเมื่อผ่านกระบวนการทางความร้อนสามารถทำโดยใช้สมบัติทางความร้อนของมะม่วงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและใช้ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method) โดยกำหนดให้ผลมะม่วงมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก มีสมบัติทางความร้อนคงที่และการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นในแนวรัศมีเท่านั้น ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของมะม่วงเมื่อจุ่มในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิที่ 48±0.5 องศาเซลเซียส จนกระทั่งอุณหภูมิของเนื้อติดเมล็ดมีค่าเท่ากับ 46.5 องศาเซลเซียส พบว่าจากการทดลองใช้เวลาเท่ากับ 90 นาที ในขณะที่เวลาที่ได้จากการทำนายเป็น 102 นาที และมีความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิโดยเฉลี่ย (Root Mean Square Error) เป็น 1.81 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามถึงแม้การทำนายจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ แต่มีความเป็นไปได้ที่จะนำวิธีนี้ไปใช้กับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ที่ต้องผ่านกระบวนการกำจัดศัตรูพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved