รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด

วิจัยและพัฒนาการลดการสูญเสียมะเม่าในการเก็บรักษา

Reduction of Postharvest Losses in Stored Mamao

โดย

นางอมรา ชินภูติ

นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว

นางสาวสุพี วนศิรากุล

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ปี 2554-2555

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาพืชท้องถิ่นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาการผลิตมะเม่าในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาการลดการสูญเสียมะเม่าในการเก็บรักษา

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Reduction of Postharvest Losses in Stored Mamao

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นางอมรา ชินภูติ	สังกัด สวป.
ผู้ร่วมงาน	นางสาวเนตรา สมบูรณ์แก้ว	สังกัด สวป.
	นางสาวสุพี วนศิรากุล	สังกัด สวป.

5. บทคัดย่อ

ผลมะเม่าหลังเก็บเกี่ยวสูญเสียน้ำทำให้ผลเหี่ยวหรือได้รับแรงกดทับทำให้เน่าเสียได้ง่าย การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อราและยืดอายุการเก็บรักษามะเม่าสด สุ่มผลมะเม่าที่ได้จากแปลงเกษตรกร 4 แปลงในจังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 ถึงกันยายน 2556 นำมาศึกษา ณ ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผล ล้างมะเม่าด้วยสารละลาย 0.5% โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ นาน 5 นาที นำผลมะเม่าวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาจำแนกชนิดและปริมาณของเชื้อราที่ติดมากับผล เตรียมน้ำคั้นมะเม่าจากแต่ละแปลงปลูก จำนวน 10 ตัวอย่างต่อแปลงปลูก โดยน้ำคั้นแต่ละตัวอย่างได้จากมะเม่า 200 กรัม จากนั้นตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารแอฟลาทอกซินในแต่ละตัวอย่างด้วยชุดทดสอบ DOA ELISA Test Kit และสารโอคราทอกซินด้วยชุดทดสอบ Veratox® ELISA Test Kit จากนั้นศึกษาการควบคุมเชื้อราและสารพิษในผลมะเม่าและยืดอายุการเก็บรักษามะเม่าสดหลังการเก็บเกี่ยว โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเก็บมะเม่าในสถานที่เก็บรักษา 4 ประเภท คือตู้แช่แข็ง (-20°C) ตู้เย็น (5°C) ถังบรรจุน้ำแข็ง (18°C) และที่อุณหภูมิห้อง (30°C) บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ pH น้ำหนัก จำนวนผลที่เกิดเชื้อรา ปริมาณสารประกอบฟินอลทั้งหมด การเกิดผลสีน้ำตาล และการปนเปื้อนสารพิษแอฟลาทอกซินและสารโอคราทอกซินเป็นเวลา 16 วัน พบการปนเปื้อนของเชื้อราในมะเม่าสด 11% ได้แก่ เชื้อรา *Aspergillus carbonarius* และ *A. ochraceae*

แต่ไม่พบการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซิน ไม่พบการปนเปื้อนของเชื้อราในมะเม่าที่เก็บในตู้เย็นและตู้แช่แข็ง นอกจากนี้การเก็บที่ 5°C ยังสามารถคงคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวของมะเม่าได้ดีกว่าการเก็บในกรรมวิธีอื่นในระยะเวลา 16 วัน อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบการปนเปื้อนของสารพิษในน้ำมะเม่าพร้อมดื่มและไวน์มะเม่า พบการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในน้ำมะเม่าพร้อมดื่มและไวน์มะเม่าแต่ไม่เกิน 20 พีพีบี ซึ่งเป็นปริมาณปลอดภัยต่อการบริโภคตามที่ CODEX กำหนด

Keywords: มะเม่า, การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว, สารแอฟลาทอกซิน, สารโอคราทอกซิน

-รหัสการทดลอง 02-03-54-01-03-000154

Abstract

After harvesting, mamao fruit easily lose moisture and weight. They are easily damaged due to their thin skin. This research aimed to control postharvest loss and prolong postharvest life of mamao fruit. The fruit were harvested from 4 areas of Sakonnakorn Province between October 2011 and September 2013. Mamao were transported by non-refrigerated pick up truck to Postharvest and Processing Research and Development Office. The fruit were cleaned with 0.5% sodium-hypochloride solution for 5 minute before air-drying at ambient air. Mamao were incubated on potato dextrose agar for 7 days before being determined fungi contamination. Two kilograms of fruit were randomly taken from each growing area. Each fruit group was divided into 10 portions and squashed to juice. Contaminations of aflatoxin B_1 and ochratoxin A were determined from fresh juice using DOA ELISA Test Kit and Veratox® ELISA Test Kit, respectively. Fruit from each growing area were randomly divided into 4 groups and stored at 4 different places *viz*. freezer (-20°C), refrigerator (5°C), box with ice (15°C) and ambient air (30°C). Alterations of fruit weight, total soluble solids, pH, total phenolic compound and contaminations of fungi and mycotoxin were observed for 16 days of storage. About 11% of all fruit were contaminated with fungi i.e. *Aspergillus carbonarius* and *A. ochraceae* while adulteration of aflatoxin B_1 and ochratoxin A were not detected in fresh mamao fruit. There were no fungi found in fruit kept at either freezer or refrigerator. However, postharvest quality of mamao fruit stored at refrigerator altered slower than fruit from other treatments during 16 days. Besides, concentrated mamao juice and wine mamao were investigated for mycotoxin

contaminations. Less than 20 ppb of aflatoxin B_1 and ochratoxin A were detected in both products which was not higher than recommendation level of CODEX.

Keywords: mamao, postharvest storage, aflatoxin, ochratoxin

6. คำนำ

มะเม่าในประเทศไทยจำแนกได้เป็น 3 ชนิดหลัก ได้แก่ มะเม่าไข่ปลา มะเม่าควาย และมะเม่าหลวง (อร่ามและวินัย, 2543) มะเม่าหลวง (*Antidesma thwaitesianum* Muell.) เป็นสายพันธุ์ที่พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดสกลนคร อุดรธานี นครพนม กาฬสินธุ์ เป็นต้น และเป็นสายพันธุ์ที่นิยมนำมาบริโภคผลสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ผลของมะเม่าหลวงมีขนาดเล็กและเรียงเป็นพวงคล้ายพริกไทย ภายในหนึ่งผลประกอบด้วยหนึ่งเมล็ด ผลดิบมีสีเขียวและมีรสเปรี้ยว เมื่อผลเจริญเต็มที่จะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มจนถึงสีดำและมีรสหวาน มะเม่าเป็นแหล่งสำคัญของแอนโธไซยานิน ฟลาโวนอยด์และแทนนิน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงกรดอะมิโน เกลือแร่ และวิตามินต่างๆ (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2539) มีฤทธิ์เป็นยาระบายและบำรุงสายตา ด้วยคุณประโยชน์ดังกล่าวผลมะเม่าสดและผลิตภัณฑ์จึงได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากขึ้น อย่างไรก็ตามผลมะเม่าอาจมีการเข้าทำลายของเชื้อราและแมลงศัตรูจากแปลงปลูก ซึ่งทำให้ผลเน่า ไม่มีคุณภาพ และส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากมะเม่าได้ นอกจากนี้มะเม่าให้ผลผลิตเพียงปีละ 2-3 เดือน คือ ช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน หากต้องการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของมะเม่าให้นานยิ่งขึ้น ทั้งเพื่อบริโภคสดหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ก็ตาม จำเป็นต้องทราบถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม รวมถึงการควบคุมสารพิษและเชื้อราที่อาจเกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจุดประสงค์ของ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อควบคุมการเข้าทำลายของเชื้อราและยืดอายุการเก็บรักษามะเม่าสด

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์และวิธีการ

-ตรวจการปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราบนผลมะเม่า

สุ่มมะเม่าจากแปลงเกษตรกร จังหวัดสกลนคร เพื่อตรวจการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยวิธี direct plate count จำนวนทั้งสิ้น 190 เพลท เพลทละ 10 ผล บ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 7 วัน นับจำนวนผลที่เกิดเชื้อรา และนำเชื้อราที่พบในผลมะเม่ามาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 7 วัน เพื่อจำแนกชนิดของเชื้อรา นำมะเม่าอีกส่วนวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป

-การควบคุมเชื้อราและสารพิษในผลมะเม่าและยืดอายุการเก็บรักษามะเม่าสดหลังการเก็บเกี่ยว

นำผลมะเม่าจากจังหวัดสกลนคร โดยเก็บมะเม่าที่อุณหภูมิ 25°C ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร เป็นเวลา 1 คืน และขนส่งโดยรถยนต์กระบะแบบมีหลังคาแต่ไม่ปรับอากาศ ถึงสำนักงานวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรในวันต่อมา และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 1 คืน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยจัดแบ่งมะเม่าสดที่ผ่านการคัดคุณภาพแล้วใส่ถุงพลาสติก High Density Polyethylene (HDPE) ลักษณะขาวขุ่นและมีความหนา 30 ไมโครเมตร ถุงละ 300 ± 2 กรัม จำนวนทั้งสิ้น 168 ถุง ทำการสุ่มหยิบถุงที่บรรจุมะเม่าแล้วจำนวน 84 ถุง เพื่อผนึกปากถุงด้วยเครื่องผนึกไฟฟ้า จัดแบ่งถุงที่ผนึกปากถุงแล้วและที่ยังไม่ผนึกปากออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละเท่ากัน จากนั้นนำถุงกลุ่มที่หนึ่งเก็บรักษาที่ตู้เย็นอุณหภูมิ 5 ± 1°C กลุ่มที่สองเก็บรักษาที่ถังบรรจุน้ำแข็ง (อุณหภูมิ 18 ± 2°C) กลุ่มที่สามเก็บรักษาที่ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20°C และกลุ่มสุดท้ายเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30°C) ทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Solible Solid – TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำหนัก จำนวนผลที่เกิดเชื้อรา ปริมาณสารประกอบฟินอลทั้งหมด และการเกิดผลสีน้ำตาล เป็นเวลา 16 วัน บันทึกผลทุก 3 วัน

-วิเคราะห์การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในผลิตภัณฑ์มะเม่า ได้แก่ น้ำมะเม่าพร้อมดื่มและไวน์มะเม่า นำผลิตภัณฑ์ทั้งสองจากแหล่งผลิตเดียวกัน ในจังหวัดสกลนคร ผลิตภัณฑ์ละ 21 ขวด ขนส่งด้วยวิธีการและเวลาเดียวกับผลมะเม่าสด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ในแต่ละเดือนทำการสุ่มผลิตภัณฑ์ละ 3 ขวด เพื่อตรวจวิเคราะห์สารโอคราทอกซินด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป (ELISA Test Kit)

สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

-แปลงปลูกมะเม่าของเกษตรกรในจังหวัดสกลนคร

-ห้องปฏิบัติการทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดสกลนคร

-ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

-การปนเปื้อนเชื้อราและสารพิษจากเชื้อราบนผลมะเม่า

จากการสุ่มตรวจการปนเปื้อนของเชื้อราบนผลมะเม่าหลังการเก็บเกี่ยว พบการปนเปื้อนของเชื้อรา 207 ผล จาก 1900 ผลหรือคิดเป็น 10.89% โดยเป็นเชื้อรา *Aspergillus carbonarius* 91.30% และ 8.70% เป็นเชื้อรา *Aspergillus ochraceae* เมื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราด้วยชุดทดสอบสำเร็จรูป ไม่พบการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในมะเม่าสด

-การควบคุมเชื้อราและสารพิษในผลมะเม่าหลังการเก็บเกี่ยว

พบการปนเปื้อนของสารพิษแอการปิดผนึกปากถุงสำหรับเก็บรักษามะเม่าสดมีผลต่อปริมาณ TSS และการสูญเสียน้ำหนัก โดยค่า TSS เฉลี่ยในผลมะเม่าในถุงที่ปิดผนึกมีค่าน้อยกว่าที่ไม่ปิดผนึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่มะเม่าในถุงที่ไม่ปิดผนึกมีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่ามะเม่าที่บรรจุในถุงที่ปิดผนึก (ตารางที่ 1) นอกจากนี้สถานที่เก็บรักษา ได้แก่ ตู้เย็น (5°C) ถังบรรจุน้ำแข็ง (18°C) และชั้นวางของในห้องไม่ปรับอากาศ (30°C) มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของ TSS การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา และการเกิดสีน้ำตาล โดยมะเม่าที่เก็บในตู้เย็นมีปริมาณ TSS การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา และการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด รองลงมาคือมะเม่าจากถังบรรจุน้ำแข็งและชั้นวางของ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และเมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองตามระยะเวลาของการเก็บรักษา พบว่า มะเม่าในทุกกรรมวิธีมีค่าเฉลี่ย TSS ลดลงจากร้อยละ 16.567 ในวันที่ 0 เป็นร้อยละ 15.610 ในวันที่ 16 ของการเก็บรักษา ค่า pH เฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 6 และลดลงจนถึงวันสิ้นสุดการทดลอง ขณะที่การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา และการเกิดสีน้ำตาลระหว่างวันที่ 0 และ 3 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วระหว่างวันที่ 3 – 16 ของการเก็บรักษา (ตารางที่ 3) โดยปกตินำ้เป็นส่วนประกอบสำคัญของผลไม้ การทดลองนี้พบว่ามะเม่าประกอบด้วยน้ำเฉลี่ยร้อยละ 85 ดังนั้นการสูญเสียน้ำย่อมทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักตามไปด้วย มะเม่าที่มีการสูญเสียน้ำมากส่งผลให้สัดส่วนปริมาณ TSS มีความเข้มข้นสูงขึ้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้มะเม่าที่บรรจุถุงไม่ปิดผนึกและที่เก็บในห้องที่ไม่ปรับอุณหภูมิ มีค่าเฉลี่ย TSS สูงกว่าที่บรรจุในถุงปิดผนึกและเก็บในที่อุณหภูมิต่ำกว่า

ตารางที่ 1 ผลของการปิดผนึกปากถุงต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา และการเกิดสีน้ำตาลในผลมะเม่าสด เป็นเวลา 16 วัน

การปิดผนึกปากถุง	ร้อยละ TSS	pH	ร้อยละ		
			การสูญเสียน้ำหนัก	การเกิดเชื้อรา	การเกิดสีน้ำตาล
ปิดผนึก	15.77	3.806	2.215	10.68	43.60
ไม่ปิดผนึก	16.18	3.804	4.523	11.89	46.90
$LSD_{0.05}$	0.251	0.0193	0.3238	2.315	12.170
CV (%)	3.24	1.68	3.72	6.41	8.96

ตารางที่ 2 ผลของสถานที่เก็บรักษาต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา การเกิดสีน้ำตาลและการปนเปื้อนสารพิษแอฟลาทอกซินและโอคราทอกซินในผลมะเม่าสด เป็นเวลา 16 วัน

สถานที่เก็บรักษา	ร้อยละ TSS	pH	ร้อยละ			การปนเปื้อนสารพิษ	
			การสูญเสียน้ำหนัก	การเกิดเชื้อรา	การเกิดสีน้ำตาล	AFB_1 ($ng.mL^{-1}$)	OTA ($ng.mL^{-1}$)
ห้องไม่ปรับอากาศ	16.336	3.809	7.032	16.09	46.1	2.5	0.6
ถังบรรจุน้ำแข็ง	16.034	3.808	2.811	14.05	69.5	2.3	0.9
ตู้เย็น	15.562	3.799	2.265	3.70	20.0	1.2	0.3
ตู้แช่แข็ง	11.776	3.273	1.759	0.00	16.4	1.9	0.4
$LSD_{0.05}$	0.3080	0.0236	0.3966	2.835	14.90	1.54	1.78
CV (%)	1.45	0.67	12.38	13.24	21.00	17.22	22.32

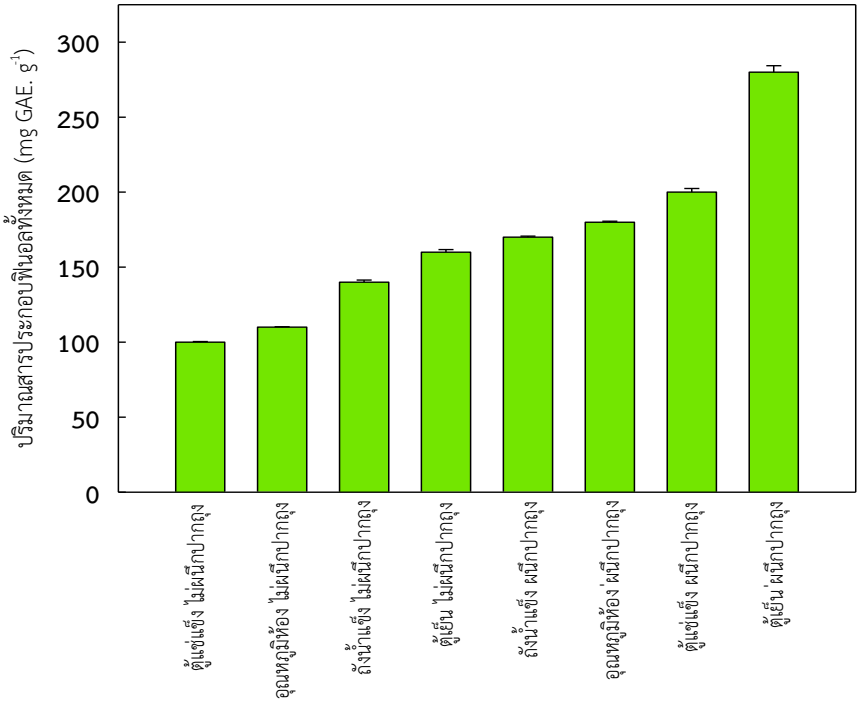
ตารางที่ 3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) การสูญเสียน้ำหนัก การเกิดเชื้อรา และการเกิดสีน้ำตาลในผลมะเม่าสด เป็นเวลา 16 วัน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	ร้อยละ TSS	pH	ร้อยละ		
			การสูญเสียน้ำหนัก	การเกิดเชื้อรา	การเกิดสีน้ำตาล
0	16.567	3.774	0.000	0.00	0.00
1	16.317	3.810	0.138	0.00	0.00
3	16.103	3.832	1.896	0.00	0.00
6	15.989	3.860	4.261	10.67	37.90
10	15.644	3.861	4.507	14.12	60.81
13	15.611	3.845	5.250	24.38	106.79
16	15.612	3.736	7.533	29.81	110.92
$LSD_{0.05}$	0.4705	0.0361	0.6058	4.330	22.762
CV (%)	2.30	0.25	3.43	10.56	9.85

นอกจากนี้มีรายงานว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และค่าความแตกต่างระหว่างความชื้นในบรรยากาศและความสามารถของบรรยากาศในการรองรับความชื้นอิ่มตัว (Vapour Pressure Deficit – VPD) เป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสด เช่น ลิ้นจี่ (Somboonkaew and Terry, 2010) โดยอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูง และค่า VPD ต่ำ สามารถลดการสูญเสียน้ำจากผลิตผลสด ส่งผลให้ลดอัตราการหายใจและเมตาบอลิซึมได้ (Thompson, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ โดยมะเม่าที่เก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5°C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 45-50 VPD 0.04 กิโลปาสคาล; KPa) มีการเปลี่ยนแปลงของ TSS pH น้ำหนัก และการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุด รองลงมาคือมะเม่าที่เก็บในถังบรรจุน้ำแข็งและในห้องที่ไม่ปรับอากาศ ตามลำดับ นอกจากนี้อิทธิพลร่วมของการผนึกปากถุงและสถานที่เก็บรักษาทำให้ค่า VPD แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธี ซึ่งมีผลอย่างชัดเจนต่อปริมาณ TSS และการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยในมะเม่าสดระหว่างเก็บรักษา 16 วัน

ลักษณะการเกิดสีน้ำตาลที่พบในผลมะเม่านั้น อาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ กลุ่มแรกสีน้ำตาลที่พบอาจเกิดจากสารประกอบฟินอลและเอนไซม์บางชนิดที่ออกมาจากผลมะเม่าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งส่วนมากเกิดกับผลมะเม่าที่มีการเจริญยังไม่เต็มที่ (สีเหลืองปนแดง) เนื้อเยื่อเกิดรอยรั่วทำให้มีสารต่างๆ ออกมาทำปฏิกิริยากับอากาศโดยรอบ การเกิดสีน้ำตาลลักษณะนี้พบมากในมะเม่าที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ขณะที่ลักษณะที่สองพบในมะเม่าที่แช่ในถังบรรจุน้ำแข็งและตู้แช่แข็ง ซึ่งอาจเกิดจากอาการสะท้านหนาว ถึงแม้ถุงบรรจุมะเม่าในถังบรรจุน้ำแข็งถูกวางเรียงบนตะกร้าพลาสติกที่มีช่องระบายอากาศ ไม่ได้วางบนก้อนน้ำแข็งโดยตรง แต่ความเย็นของน้ำแข็งอาจทำให้เซลล์ของมะเม่าเกิดความเสียหาย นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ในถัง

บรรจุน้ำแข็งยังสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ทำให้เกิดน้ำส่วนเกินสะสมในถุงทั้งสองประเภท และส่งผลให้เกิดเชื้อรามากในเวลาต่อมา ขณะที่ไม่พบเชื้อราบนมะเม่าจากตู้แช่แข็ง ทั้งนี้นอกจากอิทธิพลของอุณหภูมิต่ำแล้ว ความชื้นสัมพัทธ์ในตู้แช่แข็งต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นมาก จึงมีน้ำส่วนเกินต่ำส่งผลให้ไม่มีเชื้อราเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามความชื้นสัมพัทธ์ต่ำนี้ ทำให้มะเม่าในถุงที่ไม่ผนึกปากถุงเก็บในตู้แช่แข็งมีการสูญเสียน้ำหนักสูง เนื่องจากปริมาณน้ำในมะเม่าและปริมาณน้ำในอากาศในตู้แช่แข็งมีความแตกต่างกันมาก ทำให้น้ำในมะเม่าถูกดึงออกมาสู่บรรยากาศรอบๆ ผลมีรอยเหี่ยวมากกว่ากรรมวิธีที่ปิดผนึกถุง



ภาพที่ 1 ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในมะเม่าสดที่เก็บรักษาในตู้แช่แข็ง ตู้เย็น ถังน้ำแข็งและที่อุณหภูมิห้อง โดยบรรจุถุงแบบปิดผนึกหรือไม่ผนึกปากถุง หลังจาก 16 วันของการเก็บรักษา

ปริมาณฟีนอลทั้งหมดในมะเม่าในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าเฉลี่ย 284 mg Gallic Acid Equivalent (GAE). g^{-1} หลังจากเก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ ปริมาณฟีนอลในมะเม่าสดทุกกรรมวิธีลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยในวันที่ 16 ของการทดลองมะเม่าจากกรรมวิธีปิดผนึกปากถุงและเก็บในตู้เย็นมีปริมาณฟีนอลทั้งหมดสูงกว่ามะเม่าจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 280 mg GAE g^{-1} ตามด้วยมะเม่าในถุงที่ผนึกปากและเก็บรักษาที่ตู้แช่แข็ง อุณหภูมิห้อง และถังน้ำแข็ง ตามลำดับ ขณะที่มะเม่าที่ไม่ผนึกปากถุงจากทุกกรรมวิธีมีระดับต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลจากสารประกอบนี้ถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมและการหายใจของมะเม่าหลังการเก็บเกี่ยว (จริงแท้, 2549) อย่างไรก็ตามปริมาณฟีนอลทั้งหมดในมะเม่าสำหรับการทดลองนี้มีปริมาณสูงเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Puangpronpitag *et al*. (2008) ที่พบปริมาณฟีนอลทั้งหมดที่ระดับ 97 – 130 mg GAE. g^{-1} ทั้งนี้ปริมาณฟีนอลอาจแตกต่างกันได้ตามลักษณะสายพันธุ์ การ

เขตกรรม พื้นที่การปลูก ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์การปนเปื้อนสารโอคราทอกซินในน้ำมะเม่าพร้อมดื่มและไวน์มะเม่า พบค่าการปนเปื้อนในน้ำมะเม่าพร้อมดื่มระหว่าง 6.8 – 10.8 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าการปนเปื้อนต่ำกว่าไวน์มะเม่าเล็กน้อย (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณสารโอคราทอกซิน (ไมโครกรัมต่อลิตร) ในผลิตภัณฑ์น้ำมะเม่าพร้อมดื่มและไวน์มะเม่า

เดือน	น้ำมะเม่าพร้อมดื่ม			เฉลี่ย	ไวน์มะเม่า			เฉลี่ย
	1	2	3		1	2	3	
กันยายน	9.81	11.70	8.38	9.96	6.27	9.81	5.65	7.24
ตุลาคม	9.96	8.86	9.10	9.31	10.34	6.79	7.60	8.24
พฤศจิกายน	11.19	10.14	11.00	10.78	13.77	12.31	12.06	12.71
ธันวาคม	9.64	8.93	4.32	7.63	10.99	9.73	9.17	9.96
มกราคม	6.44	6.10	7.99	6.84	7.76	9.52	10.45	9.24

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

พบการปนเปื้อนของเชื้อราในมะเม่าสดร้อยละ 11 เป็นเชื้อรา *A. carbonarius* และ *A. ochraceae* การบรรจุผลมะเม่าสดในถุง HDPE ปิดผนึกปาก และเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 และ –20°C สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวและควบคุมการเกิดเชื้อราและสารพิษได้ ในระยะเวลา 16 วัน แต่ที่ -20°C จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวขึ้นได้ และพบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซินในน้ำมะเม่าบรรจุขวดพร้อมดื่มและไวน์มะเม่า แต่ปริมาณการปนเปื้อนยังไม่เกินข้อแนะนำของ CODEX ที่ 20 พีพีบี

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เกษตรกรและผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการวางจำหน่ายผลมะเม่าสดและเก็บรักษาผลมะเม่าเพื่อรอการแปรรูปเป็นผลิตผลภัณฑ์ต่างๆ ได้

12. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคุณแก้วฟ้า หอมสมบัติ และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร สำหรับการประสานงานกับเกษตรกรผู้ปลูกมะเม่า และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสารพิษจากเชื้อราและโรคพืชหลัง

การเก็บเกี่ยว สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรสำหรับความช่วยเหลือในขณะทำวิจัย

13. เอกสารอ้างอิง

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 2539. รายงานการตรวจวิเคราะห์ ทดสอบวัตถุตัวอย่าง หมายเลข APS001 SW.624 และ APS001 SW.625 ของผลมะเม่าสดสีดำ และสีชมพู กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. 32 น.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549**.** *สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม, 396 หน้า.

อร่าม คุ้มกลาง และวินัย แสงแก้ว. 2540. มะเม่าไม้ผลที่ต้องพัฒนาวารสารสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ฉบับพิเศษ คล้ายวันสถาปนาสถาบัน ครบรอบ 22 ปี วันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2540 โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. 107 น.

Puangpronpitag, D., Areejitranusorn, P., Boonsiri, P., Suttajit, M., and Yongvant, P. 2008 Antioxidnat activities of polyphenolic com pounds isolated from Antidesma thwaitesianum Müll Arg. seeds and marcs. Journal of Food Science 73: 648-653.

Somboonkaew, N. and L.A. Terry. 2010**.** Altered physiology and biochemistry of imported litchi fruit held under different vapor pressure deficits. *Journal of Agricultural Chemistry* 58(10): 6209-6018.

Thompson, A.K. 2010**.** *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*. CABI: Oxfordshire, 272p.