รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ

Development on the Postharvest Technological Management in Litchi in the North Region

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายวิทยา อภัย

Mr.Wittaya Apai

ปี พ.ศ. 2558

รายงานโครงการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ

Development on the Postharvest Technological Management in Litchi in the North Region

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายวิทยา อภัย

Mr.Wittaya Apai

ปี พ.ศ. 2558

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ลิ้นจี่จัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ผลิตผลส่วนใหญ่กว่า 70% ใช้บริโภคภายในประเทศ นอกจากนั้นส่งออกไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน, สิงคโปร์, ฟิลิปปินส์, มาเลเซีย, ออสเตรเลีย เป็นต้น ลิ้นจี่มีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยทั่วไปมีอายุการวางจำหน่ายเพียง 2-3 วัน สาเหตุสำคัญที่ทำให้ลิ้นจี่เสื่อมสภาพ และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เกิดจากการเน่าเสียอันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์, นอกจากนี้ลิ้นจี่มีการสูญเสียน้ำที่ผิวเปลือกอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลลิ้นจี่แข็ง และสีผิวเปลี่ยนจากสีเหลืองแกมน้ำตาลไปเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ผลการวิจัยการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง (hydrocooling) เป็นเทคนิคที่ทำเป็นการค้ากับลิ้นจี่พร้อมกับลำไยในสมัยก่อน และยังคงใช้อยู่เพราะทำได้ง่าย การยืดอายุการส่งออกได้นาน 10 วันที่อุณหภูมิ 2-5 °C แต่การปนเปื้อนในน้ำเย็นทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง และผู้ประกอบการบางรายใช้สารเคมีฆ่าเชื้อในน้ำพบทั้งชนิดที่อนุญาตและไม่อนุญาตให้ใช้ ดังนั้นการหาวิธีลดการปนเปื้อนที่ปลอดภัยจึงเป็นสิ่งจำเป็น วิธีนี้ทำได้ง่ายจึงสามารถส่งออกไปจำหน่ายประเทศเพื่อนบ้านได้ และหากส่งออกไกลๆ ทางเรือ การรมลำไยด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 30-40 วัน ที่อุณหภูมิ 2-5 °C ส่งออกได้ถึงสหภาพยุโรป ออสเตรเลีย สหรัฐอเมริกา เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม 4-5 ปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมการส่งออกลิ้นจี่ประสบปัญหา ลิ้นจี่ไม่สามารถผลิตนอกฤดูกาลได้เหมือนลำไย และยังคงเก็บเกี่ยวพร้อมกับประเทศจีนทำให้ราคาจำหน่ายถูกลง สาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งเกิดจากประเทศคู่ค้าที่กำหนดค่าตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำและผู้ประกอบการบางรายขาดความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนของการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ปริมาณสารตกค้างเกินมาตรฐานก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค จนทำให้บางประเทศมีมาตรการกีดกันไม่ยอมรับทำให้ภาพรวมของอุตสาหกรรมการส่งออกซบเซาลง กรมวิชาการเกษตรเองมิได้นิ่งนอนใจ ได้ประสานงานกับผู้ประกอบการโรงรม และหน่วยงานในกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเข้าช่วยเหลือและแก้ไขสถานการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้ กรมวิชาการเกษตร ยังได้ดำเนินการรับรองการผลิตลิ้นจี่ในระบบการเกษตรที่ดี และเหมาะสม (GAP) และให้การรับรองขึ้นทะเบียนโรงรมตามมาตรฐานมกษ 1004-2557 โดยความร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออก นำหลักการ GFP และ GMP มาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อควบคุมปริมาณการตกค้างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และเป็นที่ยอมรับ

จากสถานการณ์โลกปัจจุบัน ผู้บริโภคเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แนวโน้มการใช้สารเคมีที่มีพิษตกค้างร้ายแรงลดลง เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงความนิยมของผู้บริโภค กรมวิชาการเกษตรจึงได้ทำการศึกษาโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ เพื่อได้รูปแบบเทคโนโลยีการใช้ในเชิงการค้า ได้แก่ มาตรฐานการรม SO_2 ที่เหมาะสมกับลิ้นจี่แต่ละสายพันธุ์ การหาสารทดแทนการใช้ SO_2 กับลิ้นจี่เพื่อเตรียมไว้ใช้ทดแทนหรือทดสอบการส่งออกไปประเทศที่เข้มงวดการใช้สารนี้ หรือลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับทำ pre-cooling ในลิ้นจี่ส่งออกมาต่อยอดเพื่อเป็นคำตอบให้ผู้ประกอบการได้นำไปใช้ประโยชน์ ด้วยวิธีการดังกล่าว คาดว่าจะสามารถใช้แก้ไขปัญหาการส่งออกและทำให้ปริมาณการส่งออกลิ้นจี่เพิ่มขึ้นในอนาคต

สารบัญ

หน้าปก

ปกใน/ปกรอง

คำปรารภ

สารบัญ **หน้า**

กิตติกรรมประกาศ 1

คณะผู้วิจัย 2

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 3

บทนำ 4

บทคัดย่อ 6

1. กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาเทคโนโลยีการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก 9

2. กิจกรรมที่ 2 การทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับใช้ทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก 26

3. กิจกรรมที่ 3 การทดสอบเครื่องมือต้นแบบในลิ้นจี่ส่งออก 42

บทสรุปและข้อเสนอแนะ 55

บรรณานุกรม 57

ภาคผนวก 59

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือสำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับความร่วมมือจากคณะนักวิจัยในหลายหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตร ทั้งกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ รวมทั้งผู้ประกอบการโรงคัดบรรจุ/โรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่และผู้ส่งออกลิ้นจี่ เป็นต้น เจ้าหน้าที่ฝ่ายสถิติ กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตรที่เอื้อเฟื้อให้คำแนะนำการวิเคราะห์ผล และหน่วยงานสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ต่างๆ ดร.นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ หัวหน้าชุดโครงการวิจัยและพัฒนาลิ้นจี่และเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนบน) กลุ่มวิชาการ สวพ.1 และคณะผู้เชี่ยวชาญกรมวิชาการเกษตรทุกท่านที่ช่วยผลักดันและแก้ไขงาน นายอุทัย นพคุณวงศ์ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และบริษัทส่งออกได้แก่ บริษัทหยวนเชิงเฟรชจำกัด บริษัทรอยัลอินเตอร์กรุ๊ป 88 จำกัด และบริษัทไชน์โปรดักส์ จำกัด และทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่างๆ ของโครงการ คณะทำงานโครงการฯ ขอบคุณทุกๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

1. นายวิทยา อภัย	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	หัวหน้าโครงการ
2. นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
3. นางสาวสุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	ผู้ร่วมงาน
4. นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
5. นายสมเพชร เจริญสุข	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	ผู้ร่วมงาน
6. นายสนอง อมฤกษ์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
7. นายปรีชา ชมเชียงคำ	นายช่างกลการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน
8. นายชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	ผู้ร่วมงาน

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

SO_2	=	Sulphur dioxide	GRAS	=	Generally Recognized as Safe
HCl	=	Hydrochloric acid (กรดเกลือ)	ml	=	milliliters
ClO_2	=	Chlorine dioxide	L	=	liters
GMP	=	Good Manufacturing Practice	BI	=	Browning index
°C (°ซ)	=	Degree Celsius	มกษ 1004-2557	=	มาตรฐานบังคับกระบวนการรมผลไม้ด้วย SO_2
MRL	=	Maximum residue limit	S-table	=	ตารางการใช้กำมะถัน
O_2	=	Oxygen			
Kg (ก.ก.)	=	Kilogram	L*	=	Lightness
CRD	=	Completely randomized design	C*	=	Chroma
ppm	=	Part per million	h°	=	Hue angle
มก/กก	=	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม	PPO	=	Polyphenol oxidase
pH	=	ความเป็นกรดเป็นด่าง	H^+	=	Hydrogen ion
Pericarp pH	=	ความเป็นกรดเป็นด่างของเปลือกผล	CI	=	Chilling injury
Flesh pH	=	ความเป็นกรดเป็นด่างของเนื้อผล (น้ำคั้น)	mg/kg	=	Milligram per kilogram
GAP	=	Good agricultural practice	m/s	=	meter per second
GFP	=	Good Fumigation practice			
% RH	=	Relative humidity percentage			
SMS	=	Sodium metabisulphite			
กพป.	=	กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต			
สวพ.1	=	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1			

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือเป็นโครงการหนึ่งที่อยู่ภายใต้หัวหน้าชุดโครงการวิจัยและพัฒนาลิ้นจี่ ดำเนินการตั้งแต่ปี 2557-58 ตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันการส่งออกลิ้นจี่ให้มีศักยภาพและปริมาณการส่งออกสูงขึ้น จนสามารถแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้

2. วัตถุประสงค์

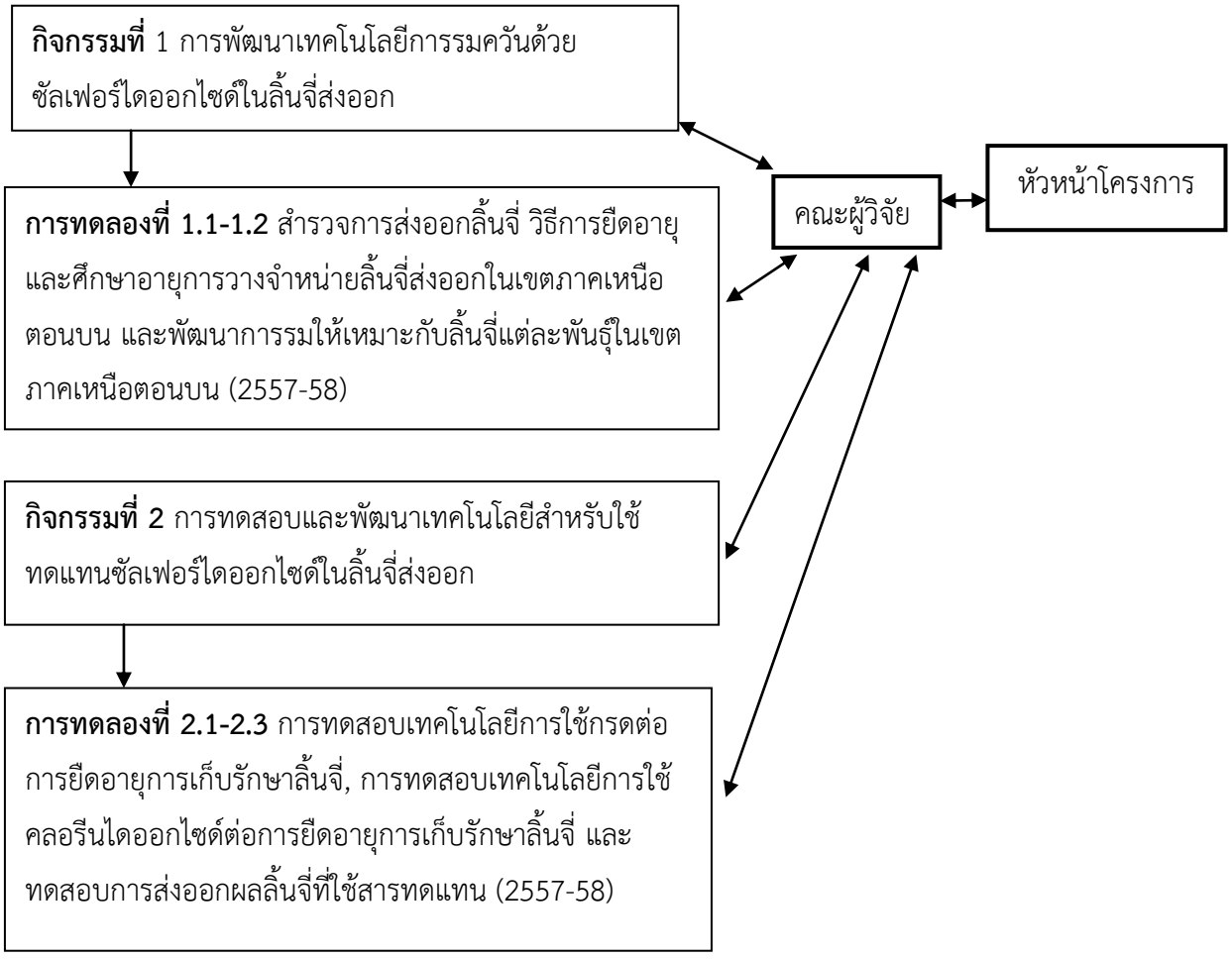
2.1 เพื่อสำรวจวิธีการปฏิบัติในการรมควันแบบเดิมและทดสอบเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการรมควันลิ้นจี่ด้วย SO_2 เพื่อจัดทำมาตรฐานการรมควันกำมะถันที่ถูกต้อง

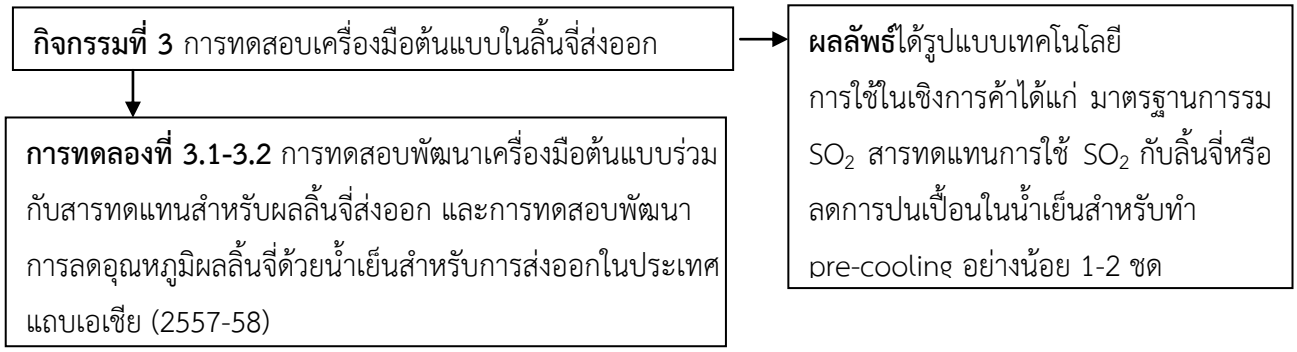
2.2 เพื่อทดสอบหาสารทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์และการทดสอบการส่งออกเตรียมไว้ใช้ในอนาคต

2.3 เพื่อทดสอบเครื่องต้นแบบ และ/หรือห้องรมรมควันสารทดแทนต้นแบบ และการพัฒนาระบบลดอุณหภูมิในเครื่องแช่ต้นแบบ

3. วิธีการวิจัย

กิจกรรม **ผู้ดำเนินการ**




กิจกรรมที่ 3 การทดสอบเครื่องมือต้นแบบในลิ้นจี่ส่งออก
ผลลัพธ์ได้รูปแบบเทคโนโลยี
การใช้ในเชิงการค้าได้แก่ มาตรฐานการรม
SO_2 สารทดแทนการใช้ SO_2 กับลิ้นจี่หรือ
ลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับทำ
pre-cooling อย่างน้อย 1-2 ชด
การทดลองที่ 3.1-3.2 การทดสอบพัฒนาเครื่องมือต้นแบบร่วม
กับสารทดแทนสำหรับผลลิ้นจี่ส่งออก และการทดสอบพัฒนา
การลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นสำหรับการส่งออกในประเทศ
แถบเอเชีย (2557-58)

การพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือ

Development on the Postharvest Technological Management in Litchi in the North Region

วิทยา อภัย[1/] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[2/] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง[1/] เกรียงศักดิ์ นักผูก[2/] ปรีชา ชมเชียงคำ[2/]
สมเพชร เจริญสุข[1/] สนอง อมฤกษ์[2/] ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์[2/]

คำสำคัญ : ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น กรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) คลอรีนไดออกไซด์ ลิ้นจี่

บทคัดย่อ

ลิ้นจี่เป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่เก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสีย เทคโนโลยีการยืดอายุลิ้นจี่ในปัจจุบันได้แก่ 1) การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นช่วยยืดอายุได้ ~10 วันที่อุณหภูมิ 0-5 °C แต่ปัญหาที่พบคือ การปนเปื้อนในน้ำเย็นจากจุลินทรีย์ ดังนั้นวิธีการลดการปนเปื้อนจึงเป็นสิ่งจำเป็น และ 2) การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างส่งออกได้นาน 30-40 วัน แต่พบปัญหา คือ การกำหนดมาตรฐานการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลต่ำของสหภาพยุโรป (EU) เพียง 10 ppm และมาตรฐานโคเดกซ์กำหนดค่าการตกค้างทั้งผลเพียง 50 ppm และมีบางประเทศไม่ยอมรับผลไม้ที่ผ่านการรมก๊าซ SO_2 ทำให้เป็นข้อจำกัดในการส่งออกลิ้นจี่ของไทย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ. 1) จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในเขตภาคเหนือระหว่างปี 2557-2558 โดยวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่ทดแทนการรม SO_2 เช่น การแช่กรดเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3% นาน 5 นาที พบว่า การตกค้างของ SO_2 ในเนื้อต่ำกว่า 10 ppm และต่ำกว่าค่าการตกค้างทั้งผล 50 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับการรม SO_2 ปกติ การวิจัยหาเทคโนโลยีทดแทนที่ไม่มีองค์ประกอบของสารประกอบ SO_2 กรณีบางประเทศไม่ยอมรับ พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 5% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมา คือ แช่คลอรีนไดออกไซด์ 0.6% นาน 5 นาที ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ 2-5 $^{\circ}C$ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ได้นาน 28 วัน มีการตกค้างต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ส่วนเทคโนโลยีการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่นั้นพบว่าการผสมคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) 300 ppm ช่วยลดการปนเปื้อนได้ คณะวิจัยจึงได้ทดสอบพัฒนาเครื่องต้นแบบสารทดแทน คือ การแช่กรดเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3% นาน 5 นาที ที่ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน และเทคโนโลยีการผสมคลอรีนไดออกไซด์ 300 ppm ลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ทดแทนแรงงานคนที่มีขีดความสามารถ 10 ตะกร้าพลาสติกต่อ 5 นาที ซึ่งผลงานวิจัยและพัฒนานี้ผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งออกลิ้นจี่ได้ต่อไป

[1/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
[2/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

Development on the Postharvest Technological Management in Litchi in the North Region

Wittaya Apai[1/] Satippong Rattanakam[2/] Suttinee Likhittragulrung [1/] Kriangsak Nukphuk[2/]
Preecha Chomchiangkam[2/] Sompetch Jaroensuk[1/] Sanong Amaroek[2/] Chaiwat Paosantanpanid[2/]

Key words: sulfur dioxide (SO_2), hydrocooling, hydrochloric acid (HCl), chlorine dioxide (ClO_2), litchi.

ABSTRACT

Litchi is one of the important economic for export of Thailand but it is short shelf life by 2-3 days caused by pericarp browning and fruit rotting. There have commercially been two methods for extending shelf life of litchi for export. I) Hydrocooling could prolong shelf life for at least 10 days during storage at 0-5 ℃ but it could not protect the problem of cooling water contamination caused by microorganism thus the solution to solve this problem was needed. II) Fruit fumigated with sulfur dioxide (SO_2) could commercially extend shelf life during export for 30-40 days but it might risk because some imported countries have established too low limit standard of SO_2 residue in fruit flesh, i.e. EU set below 10 ppm in fruit flesh including Codex set below 50 ppm in whole fruit. Some restricted countries have not accepted fruit fumigated SO_2 thus it limited contents of fresh Thai litchi for export. Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai province conducted the research and development on postharvest management of litchi for exporting from 2014-2015. The new alternative to SO_2 was investigated. The results found that dipping in HCl 1% containing sodium metabisulfite 3% for 5 minutes. The results found that SO_2 residue in fruit flesh and whole fruit was significantly less than 10 ppm and 50 ppm respectively as compared with the conventional method. The researches on the alternative to replace SO_2 (without SO_2 component) due to some restricted countries not accepted were studied. The results found that dipping in HCl 5% for 5 minutes showed the highest efficacy followed by chlorine dioxide 0.6% for 5 min and prolonged shelf life for 28 days at 2-5^{o}C and 85-90% RH. This treatment had low residue in fruit flesh and thus safe for consumer. For technology to decrease contamination in cooling water, it found that disinfectant chlorine dioxide at 300 ppm mixed could decrease this problem. Therefore, original dipping machine was developed with individually 1) HCl 1% containing sodium metabisulfite 3% and safe for the workers and 2) cooling water containing chlorine dioxide 300 ppm in decreasing contamination in order to replace manual dipping. The capacity of this method was 10 baskets

per 5 minutes/time and this could be greatly benefited for longan exporters in commercial scale.

[1/]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai

[2/]Agricultural Engineering Research Institute, Mae Hea, Muaeng, Chiang Mai

กิจกรรมที่ 1
การพัฒนาเทคโนโลยีการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก
Technological Development on Sulfur Dioxide Fumigation in Litchi for Export

สมเพชร เจริญสุข[1/] เกรียงศักดิ์ นักผูก[2/] วิทยา อภัย[1/] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[2/]

คำสำคัญ : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น กรดไฮโดรคลอริก ลิ้นจี่

บทคัดย่อ

สำรวจวิธีการปฏิบัติในการยืดอายุลิ้นจี่สำหรับส่งออก จำนวน 24 ราย จากผู้ประกอบการรวม 16 บริษัท ได้แก่ จ.พะเยา 15 ราย (9 บริษัท) และ จ.เชียงใหม่ 9 ราย (7 บริษัท) พันธุ์ลิ้นจี่ที่รับซื้อ ได้แก่ ฮงฮวย จักรพรรดิ และ กิมเจง คิดเป็น 87.5, 37.5 และ 4.2 % ตามลำดับ พบวิธีการยืดอายุ 2 แบบ ได้แก่ วิธีแรก คือ วิธีการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling) โดยบรรจุลิ้นจี่แบบช่อในตะกร้าพลาสติกน้ำหนัก 11.5 กก. และแช่ผลในน้ำเย็นนานประมาณ 10 นาที ก่อนส่งออกประเทศจีนทางเรือ ใช้เวลาขนส่งและจำหน่ายให้หมดภายใน 10-13 วัน โดยส่งออกไปประเทศในแถบเอเชีย 66.7% ปัญหาที่พบการวางจำหน่าย คือ ฤดูกาลเก็บเกี่ยวตรงกับต่างประเทศ ทำให้ราคาถูกลง และอายุการวางจำหน่ายสั้น และวิธีที่ 2 รมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ใช้ลิ้นจี่ผลเดี่ยวรมด้วยวิธีเผาผงกำมะถันก่อนส่งออกทางเรือใช้เวลาเดินทาง 15-25 วันพบน้อยลง การสำรวจการรมควันแบบเผาผงกำมะถันจำนวน 4 โรง พบว่าโรงรมคำนวณการใช้กำมะถันที่มีความเข้มข้น SO_2 ไม่เกิน 0.9% เมื่อส่งออกทางเรือค่าตกค้างในเนื้อผลตามเกณฑ์ของ EU (10 ppm) และมีอายุการเก็บรักษานาน 28 วันที่ 8 °C และลดลงไม่เกินมาตรฐาน Codex (กำหนดทั้งผลไว้ที่ 50 ppm)

ศึกษาพัฒนาการรม SO_2 ให้เหมาะสมกับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและจักรพรรดิ และค่าการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษาเพื่อจำลองสภาพการส่งออก ดำเนินการทดสอบรมที่ห้องรมจำลองขนาด 6.9 ลบ.ม. ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ระหว่างตุลาคม 2556 ถึงกันยายน 2558 การทดลองที่ 1 ทดสอบการรม SO_2 ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันรวม 4 ความเข้มข้น ได้แก่ 0, 0.16, 0.73 และ 1.30% รมนานเท่ากัน 45 นาที โดยทำการรมจำนวน 10 ตะกร้าต่อครั้ง จากนั้นแบ่งอย่างละครึ่งนำมาแช่กรด HCl 5% นาน 3 นาที และไม่แช่กรด นำไปเก็บรักษาที่ 8 °C, 55-65% RH นาน 28 วัน พบว่าการรม SO_2 0.73% ทั้งแช่และไม่แช่กรด HCl 5% นาน 3 นาที ค่าการตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่าเกณฑ์ของ EU (10 ppm) ภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วัน ตามลำดับ การแช่กรด HCl เพื่อคืนสีแดงของเปลือกพบ SO_2 ตกค้างสูงขึ้น การใช้ SO_2 0.73%+ แช่กรด HCl พบว่าค่าการยอมรับบริโภคในสีผิวเปลือกมีค่าสูงขึ้น และช่วยรักษาคุณภาพเนื้อผลได้เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่แช่กรดหลังรม การทดลองที่ 2 ทดสอบการรม SO_2 0.7% + แช่ HCl เปรียบเทียบกับไม่แช่ และชนิดของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม โดยใช้ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่เก็บรักษาไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้องก่อนรม พบว่าหากพิจารณาความทนทานตะกร้าพลาสติกเหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกล่องกระดาษ และไม่ควรเก็บรักษาลิ้นจี่ไว้ 1 คืนก่อนรมทำให้การตกค้างในเนื้อผลสูงเกิน10 ppm และสำหรับการทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วย SO_2 รวม 3 ความเข้มข้น ได้แก่ 0, 0.7 และ 1.3% รมนาน 45 นาทีเปรียบเทียบกับการแช่และไม่แช่กรดเกลือ

พบว่า การรม SO_2 0.7 และ 1.3% ร่วมกับการแช่กรดหรือไม่แช่ พบค่า SO_2 หลังรมเกิน 10 ppm ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ℃, 45% RH จึงควรลดความเข้มข้นหรือเวลารมให้น้อยลง

[1/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
[2/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

Research Activity I
Technological Development on Sulfur Dioxide Fumigation in Litchi for Export

Sompetch Jaroensuk[1/] Kriangsak Nukphuk[2/] Wittaya Apai[1/] Satippong Rattanakam[2/]

Key words: sulfur dioxide, hydrocooling, hydrochloric acid, litchi.

Abstract

Survey of postharvest handling for prolonging shelf life of litchi for export was conducted from April to June, 2014 in 24 people from 16 exporting companies in the upper north, i.e. 15 people (9 companies) from Phayao province and 9 people (7 companies) from Chiang Mai province. Most litchi varieties for sale were Hong Huay (87.5%), Emperor (37.5%) and KimCheng (4.2%). It found that two postharvest technologies were used: hydrocooling (HC) and sulfur dioxide (SO_2) fumigation. HC was practiced by packing fruit with panicle attached in 11.5 kg plastic perforated basket and then dipped in iced water before exporting by ship transportation. It was short shelf life and had to be sold completely within 10-13 days. The major exported counties in Asia were 66.7%. The problem of litchi for sale was harvesting period as same as those of exported country, thus it became low price and another problem was short shelf life. The last method was sulfur dioxide (SO_2) fumigation to prolong shelf life to longer than HC during shipping for 15-25 days, but the application was decreased. The survey of SO_2 fumigation produced by burning sulfur powder was done from 4 fumigation plants. It was found that SO_2 concentration in room was applied below 0.9% with fumigated time for less than 45 min, its residue in fruit flesh would be degraded to lower than standard of Codex (50 ppm) including EU (10 ppm) during shipping. The shelf life was prolonged during storage for 28 days at 8˚C.

Study on the technique development on SO_2 fumigation applied for Hong Huay and Emperor' litchis varieties were established including their degradations of SO_2 residue during exporting stored simulation. The experiments were conducted for testing at 6.9 m^3 volume model fumigation chamber at the Chiang Mai Agricultural Engineering Research Center, Mae Hea,

Muaeng, Chiang Mai from October 2013 to September 2015. The experiment I was fumigation testing of SO_2 gas produced by burning sulfur powder in Hong Huay variety at 4 concentrations, i.e. 0, 0.16, 0.73 and 1.30% and fumigated time was for 45 min. Ten perforated plastic baskets per time were used and then half of lots were separated to dip in HCl 5% for 3 min and the rest was SO_2 alone without HCl dip. They were kept at 8 °C, 55-65% RH for 28 days. It was found that fruit fumigated SO_2 at 0.73% + HCl or without showed less SO_2 residue in fruit flesh below EU tolerance (10 ppm) after storage for 7 days respectively. Dipping in HCl to restore red pericarp color increased higher SO_2 residue in flesh.

[1/]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai

[2/]Agricultural Engineering Research Institute, Mae Hea, Muaeng, Chiang Mai

Apply of SO_2 0.73%+ HCl could increase consumer acceptances, i.e. better high pericarp acceptance and maintaining flesh acceptance as compared with SO_2 alone. The experiment II was to test Hong Huay' litchi fumigated SO_2 0.7% with or without HCl after kept in overnight at ambient temperature with suitable packaging. Results found that 3 kg perforated plastic basket was suitable packaging for litchi because it was stronger than perforated card board box. Fruit kept at overnight at ambient temperature before fumigation should be avoided because it increased high residue in fruit flesh above 10 ppm as compared with the previous study. The experiment III was to test SO_2 fumigation in Emperor' litchi at 3 concentrations, i.e. 0, 0.7 and 1.3% and fumigated time for 45 min with or without HCl dip. Results found that fruit fumigated SO_2 at 0.7 and 1.3% showed high residue of SO_2 than 10 ppm during storage at 5 °C, 45% RH thus either SO_2 concentration or fumigation time of applying Emperor variety should be decreased.

บทนำ

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ลิ้นจี่ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 70% ส่งออก 15% และที่เหลือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ลิ้นจี่เป็นผลไม้ที่ทั่วโลกนิยมรับประทานเนื่องจากรสชาติเปรี้ยวอมหวานมีคุณค่าทางอาหารสูงและเปลือกมีสีแดงทำให้น่ารับประทาน ปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบในการนำเข้าเพิ่มเติม ได้แก่ EU กำหนดให้ลิ้นจี่จากประเทศไทยต้องผ่านการคัดจากโรงคัดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GMP และต้องประยุกต์ใช้ HACCP และกำหนดค่าตกค้างSO_2 ในเนื้อผลให้พบไม่เกิน 10 ppm. ตามลำดับ นอกจากนั้นแล้วยังพบปัญหา pesticide residue เกินค่า MRL อีกด้วย ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสี ผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วันและอุณหภูมิต่ำภายใน 7 วันเนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การรมด้วย SO_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 30

วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee, 1994) ปัจจุบันใช้วิธีวิธีการยืดอายุลิ้นจี่เพื่อการจำหน่ายต่างประเทศใช้ 2 วิธี ได้แก่ การจำหน่ายตลาดภายในประเทศ และนอกประเทศเพื่อนบ้าน คือ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling) (จริงแท้, 2541) สำหรับส่งออกลิ้นจี่แบบช่อเริ่มมาตั้งแต่ปี 2530 โดยเฉพาะการไปจำหน่ายในพื้นที่ใกล้ๆ ระยะเวลาขนส่งไม่เกิน 7-10 วัน ได้แก่ ประเทศจีน สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และหาดใหญ่แต่ยังขาดข้อมูลการสำรวจเทคโนโลยีการยืดอายุดังกล่าวว่ามีการพัฒนาหรือปัญหาข้อจำกัดอย่างไร มีรายงานพบการใช้สารลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นดังนั้นการสำรวจข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็น และการรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 ในปัจจุบันกรมวิชาการเกษตรยังขาดข้อมูลมาตรฐานการรมควันผลลิ้นจี่ด้วย SO_2 เช่น ตารางการใช้ SO_2 สำหรับลิ้นจี่ส่งออก (Sulfur Table) ว่าควรใช้ความเข้มข้นเท่าไหร่และข้อมูลการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษาในขณะขนส่งไปประเทศปลายทางยุโรปกำหนดตกค้างในเนื้อและเปลือกเท่ากับ 10 mg/kg ตามลำดับ และประเทศอื่นๆ ที่เข้มงวด เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดาห้ามใช้สารนี้ บางประเทศนำมาตรฐานกลางของ Codex มาอ้างอิง เช่น ประเทศสิงคโปร์กำหนดค่าตกค้างทั้งผลไม่เกิน 50 ppm จึงเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการส่งออกลิ้นจี่ที่รม SO_2 มีผู้ประกอบการรายใหม่ๆ 2-3 รายติดต่อเทคนิคและอัตราการรมควันลิ้นจี่ส่งไปยุโรปเพื่อไม่ให้ค่า SO_2 ตกค้างเกินค่ามาตรฐานที่ประเทศปลายทางกำหนดกับหน่วยงานสวพ.1 เขตภาคเหนือตอนบนแต่ยังไม่สามารถให้คำแนะนำได้มากนัก

การรม SO_2 หลายสิบปีที่ผ่านมาพบว่ามีรายงานการใช้ SO_2 หลายระดับ ได้แก่ กระทรวงวิทยาศาสตร์แนะนำอัตราการใช้ SO_2 ในรูปของแก๊สจากถังโดยตรงสำหรับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย และจักรพรรดิไว้ที่ 75-125 ml SO_2/kg และพันธุ์ค่อมไว้ที่ 125 ml SO_2/kg โดยทั้งสามพันธุ์ควรมีความเข้มข้น SO_2 สุดท้ายในห้องรมเท่ากับ 0.3-0.45 และ 0.65% ตามลำดับ เปรียบเทียบกับลำไยที่สูงถึง 1.5% แต่เป็นอัตราสำหรับใช้แก๊ส SO_2 จากถังอัดความดันไม่ใช่การเผาผงกำมะถัน (Tongdee, 1994) การรมควันด้วย SO_2 เข้มข้น 2% นาน 25 นาทีในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ก่อนนำไปแช่ในสารละลายกรด HCl เข้มข้น 1.0 N นาน 15 นาที แล้วเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิ 5° ซ จะสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และรักษาสีแดงของเปลือกได้นานกว่า 49 วัน (สัณห์, 2558) การรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 เข้มข้น 1.5% รมลิ้นจี่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จักรพรรดิ และกิมเจงและเก็บในกล่องกระดาษ (นิธิยาและดนัย, 2543) การรมควันลิ้นจี่ด้วย SO_2 0.5% V/V นาน 1 ชั่วโมง ปล่อยให้ระเหย 1 ชั่วโมง และแช่กรดเกลือ 1 M นาน 2 นาที ร่วมกับวิธีการทาง plant quarantine แช่น้ำร้อน 49 °C นาน 20 นาที และน้ำเย็น 20 นาที พบการตกค้างในเนื้อพบค่าต่ำกว่า 5 mg/kg (Paull *et al*., 1998) การมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิรมด้วย SO_2 และทำcold treatment ระหว่างขนส่งไปประเทศออสเตรเลีย จะพบปัญหาเมื่อถึงตลาดปลายทางคือ ผลลิ้นจี่กว่า 20% จะมีการยุบตัว (เบญจมาส และคณะ, 2550) ดังนั้นการสำรวจการยืดอายุลิ้นจี่และการทดสอบการรมกับลิ้นจี่แต่ละสายพันธุ์เกี่ยวกับความเข้มข้นที่ใช้และการสลายตัวระหว่างการเก็บรักษาและค่าตกค้างไม่เกินมาตรฐานของประเทศปลายทางจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อพัฒนามาตรฐานลิ้นจี่ให้ดีขึ้นไป

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 สำรวจการส่งออกลิ้นจี่ วิธีการยืดอายุ และศึกษาอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ส่งออกในเขตภาคเหนือตอนบน

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2557 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และโรงคัดบรรจุจังหวัดพะเยา ลำพูน และเชียงใหม่ อุปกรณ์ วัสดุและแบบสัมภาษณ์สำหรับใช้ในการสำรวจ ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลเชิงพฤติกรรม และข้อมูลด้านทัศนคติผู้ประกอบการ โรงคัดบรรจุ ผลลิ้นจี่ ทำการทดสอบการใช้แบบสัมภาษณ์ และเข้าไปสำรวจกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประกอบการลิ้นจี่จำนวน 24 ราย จากผู้ประกอบการรวม 16 บริษัท ได้แก่ จ.พะเยา 15 ราย (9 บริษัท) และ จ. เชียงใหม่ 9 ราย (7 บริษัท) ทำการสรุปข้อมูล การบรรจุ การทำ Pre-cooling ด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ปัญหาค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย จากนั้นสำรวจข้อมูลการรม ได้แก่ วิธีการรม การจัดการหลังรม ทวนสอบระบบการรมควันด้วยวิธีคำนวณความเข้มข้น SO_2 ที่ผู้ประกอบการใช้ รวมทั้งอัตราส่วนที่ว่างในห้องรม ตามมาตรฐานโรงรมควันลำไย มกษ 1004: 2557

การทดลองที่ 2 พัฒนาการรมให้เหมาะกับลิ้นจี่แต่ละพันธุ์ในเขตภาคเหนือตอนบน

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

1) ทดสอบการรมควันลิ้นจี่ส่งออก คุณภาพผลและการสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตภาคเหนือตอนบน นำลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยเก็บเกี่ยวช่วงเช้าและคัดเกรดเอตัวขั้วยาวไม่เกิน 0.5 ซ.ม. จากสวนเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่ บรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกน้ำหนัก 11.5 กก. ขนส่งไปที่โรงรมของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่โดยทดสอบรมในช่วงเย็นของวันเดียวกัน ทำการรมลิ้นจี่ในห้องรมทั้งตะกร้าพลาสติกครั้งละ 10 ตะกร้าจัดเรียง 5 แถวๆละ 5 ตะกร้าละ 11.5 กก. วางไว้กลางห้องรมจำลองปริมาตร 6.9 $ม^3$ รม SO_2 ด้วยวิธีการเผาผงกำมะถัน/ความเข้มข้น/ครั้ง โดยกำหนดการรมกำมะถันคำนวณให้มีค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซ SO_2 ในห้องรม (ค่า A) ตามสูตรของมาตรฐานมกษ.1004-2557 (ภาคผนวก) รวม 4 ครั้ง (ความเข้มข้น) ได้แก่ 0% (T1-T2), 0.16% (T3-T4), 0.73% (T5-T6) และ 1.30% (T7-T8) ตามลำดับ ใช้น้ำหนักกำมะถันเท่ากับ 0, 50, 100 และ150 กรัม ตามลำดับ ใช้เวลารมนานเท่ากัน 45 นาที และเป่าบำบัดแก๊สที่เหลือบนผลลิ้นจี่นาน 15 นาทีด้วยพัดลมเพื่อระเหยแก๊สส่วนเกินรอบๆ จากนั้นนำมาแบ่งครึ่งกรรมวิธีละ 5 ตะกร้า ได้แก่ แช่กรด HCl (กรดเกลือ) 5% ปริมาตร 60 ลิตร นาน 3 นาที และเปรียบเทียบกับไม่แช่ HCl กรรมวิธีปฏิบัติ กรรมวิธีละ 2 ซ้ำๆ ละ 2-3 ตะกร้า (โดยสุ่ม composite 2-3 ตะกร้าต่อซ้ำให้ได้ 1 กก./ซ้ำ) ได้แก่ T1= ชุดควบคุม คือ ไม่รม SO_2 (0%) + ไม่แช่ HCl, T2 = ชุดควบคุม คือ ไม่รม SO_2 (0%) + แช่ HCl, T3 = การรม SO_2 0.16% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl, T4 = การรม SO_2 0.16% นาน 45 นาที + แช่ HCl, T5 = การรม SO_2 0.73% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl, T6 = การรม SO_2 0.73% นาน 45 นาที + แช่ HCl, T7 = การรม SO_2 1.3% นาน 45 นาที + ไม่แช่ HCl และT8 = การรม SO_2 1.3% นาน 45 นาที + แช่ HCl ทำการขนย้ายผลลิ้นจี่ไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 8 °C, 55-65% RH นาน 35 วัน การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ คะแนนการ

เปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* a* b* C* h°) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) และค่า pH ของเปลือกและเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) การเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานิน (Ranganna, 1977) และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

2) ทดสอบรูปแบบการรมควันและบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตกค้างและคุณภาพลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

กรรมวิธีการทดลอง กำหนดรูปแบบการรมควัน 2 แบบ ได้แก่ รม SO_2 เข้มข้น 0.7% และรม SO_2 เข้มข้น 0.7%+แช่กรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 3 นาที และชนิดของบรรจุภัณฑ์ช่วยลดการยุบตัว ได้แก่ ตะกร้าพลาสติก ความจุ 3 กก. และกล่องกระดาษเจาะรู ความจุ 3 kg รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ตะกร้า (กล่องลังกระดาษ) ได้แก่ Tr.1= รม SO_2 เข้มข้น 0.7% + ตะกร้าพลาสติก 3 kg, Tr.2=รม SO_2 เข้มข้น 0.7% + แช่ HCl 5% นาน 3 นาที+ ตะกร้าพลาสติก 3 kg, Tr.3=รม SO_2 เข้มข้น 0.7%+กล่องกระดาษ 3 kg, Tr.4=รม SO_2 เข้มข้น 0.7% + แช่ HCl 5% นาน 3 นาที+กล่องกระดาษ 3 kg นำลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยเกรดเอที่เก็บเกี่ยวช่วงเช้าที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ขนส่งมาที่โรงคัดบรรจุเก็บไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้องช่วงเช้าขนส่งมารมที่โรงรมของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ในช่วงบ่าย ขั้นตอนการรมควันในห้องรมทั้งตะกร้าพลาสติกทางการค้าทดสอบการรมควันที่โรงรม SO_2 ขนาด 6.9 $ม^3$ โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่ นำมาคัดขนาด ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยวเกรดเอบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg จัดเรียงในห้องรมและรมกำมะถันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันที่ผู้ประกอบการใช้รมลำไยในปัจจุบัน รวมตะกร้าขนาด 11.5 kg รมทั้งหมด 4 ตะกร้า/ครั้งการรม โดยคำนวณใช้ SO_2 เข้มข้น 0.7% ตามสูตรคำนวณของมาตรฐานมกษ. 1004-2557 ใช้น้ำหนักกำมะถันเท่ากับ 134 กรัม รมนาน 45 นาที จากนั้นเป่าบำบัดแก๊สที่เหลือบนผลลิ้นจี่นาน 15 นาทีด้วยพัดลม จากนั้นนำลิ้นจี่ครึ่งหนึ่งไปแช่กรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 3 นาที แบ่งผลลิ้นจี่ทั้งหมดบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกขนาด 3 kg และกล่องกระดาษขนาดเดียวกัน รวมทั้งหมด 32 ตะกร้า และ32 กล่องฯ และขนส่งผลลิ้นจี่ไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 °C, 45% RH นาน 21 วัน การตรวจสอบคุณภาพ สุ่มกรรมวิธีละ 4 ตะกร้า (กล่องลังกระดาษ) มาตรวจสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาทุก 7 วัน ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* a* b* C* h°) การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) และค่า pH ของเปลือกและเนื้อผล การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

3) ทดสอบการรมควันลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิส่งออก คุณภาพผลและการสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตภาคเหนือตอนบน

กรรมวิธีการทดลอง กำหนดระดับความเข้มข้นของ SO_2 จำนวน 3 ความเข้มข้น ได้แก่ 0% ลิ้นจี่ไม่รม (ชุดควบคุม) 0.7% กลาง และสูง 1.3% (อัตรา S-Table รมลำไย) และการแช่กรดเกลือเพื่อคืนสี ได้แก่ ผลไม่แช่กรดเกลือ และผลแช่กรด HCl 5% นาน 3 นาที รวม 6 กรรมวิธี ได้แก่ T1= SO_2 0%+ผลไม่แช่กรดเกลือ, T2= SO_2 0%+แช่กรด HCl 5% นาน 3 นาที, T3= SO_2 0.7%+ผลไม่แช่กรดเกลือ, T4= SO_2 0.7%+แช่กรด HCl 5%

นาน 3 นาที, T5= SO_2 1.3%+ผลไม่แช่กรดเกลือ และ T6= SO_2 1.3%+แช่กรด HCl 5% นาน 3 นาที นำลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิเกรดเอเก็บเกี่ยวช่วงเช้าที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และขนส่งมาทดสอบการรมในช่วงบ่ายวันเดียวกันที่โรงรมของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ขั้นตอนการรมควันในห้องรมทั้งตะกร้าพลาสติกทางการค้าทดสอบการรมควันที่โรงรม SO_2 ขนาด 6.9 $ม^3$ โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิเก็บเกี่ยวจากแปลงเกษตรกรที่ อ.ฝาง จ. เชียงใหม่ นำมาคัดขนาดเกรดเอบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg จัดเรียงในห้องรมและรมกำมะถันด้วยวิธีการเผาผงกำมะถันที่ผู้ประกอบการใช้รมลำไยในปัจจุบัน วิธีการรมควันรมจำนวน 2 ความเข้มข้น ได้แก่ SO_2 0.7% (T3-T4) และ 1.3% (T5-T6) รมครั้งละ 6 ตะกร้า จัดเรียงตะกร้ากลางห้องรมขนาด 6.9 m^3 ใช้น้ำหนักกำมะถันเท่ากับ 70 กรัม และ140 กรัม ตามลำดับ รมนานเท่ากัน 45 นาที จากนั้นเป่าบำบัดแก๊สที่เหลือบนผลลิ้นจี่นาน 15 นาทีด้วยพัดลม จากนั้นนำลิ้นจี่ครึ่งหนึ่งไปแช่กรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 3 นาที แบ่งผลลิ้นจี่ทั้งหมดบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกขนาด 3 กก กรรมวิธีละ 12 ตะกร้า รวมทั้งหมด 72 ตะกร้านำลิ้นจี่ทั้งหมดขนส่งผลลิ้นจี่ไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 °C, 45% RH นาน 21 วัน สุ่มกรรมวิธีละ 4 ตะกร้า มาตรวจสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาทุก 7 วัน ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก, การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°), การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) และค่า pH ของเปลือกและเนื้อผล และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่

1. การเปลี่ยนสีน้ำตาล สุ่มจำนวน 10 ผลต่อซ้ำตรวจสอบสภาพผลดีหรือบุบและดูที่ผิวเปลือกนอกด้วยสายตา จากนั้นผ่าผลดูสภาพผิวเปลือกในและเนื้อใน โดยให้คะแนนในระดับ 1-5 คะแนนวัดคุณภาพผล (สีเปลือกนอก-ในและสีเนื้อ)

1.1 การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่สดทั้งด้านนอกและในผลด้วยการให้คะแนนด้วยสายตาด้วยการประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลแบบให้คะแนน (Browning index) บนผล 5 ระดับตามวิธีของ Jiang and Li (2001) ได้แก่ ระดับ 1 คือ ผลปกติไม่เปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาล, ระดับ 2 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลเล็กน้อย ระดับ 3 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด ระดับ 4 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลระหว่าง 25-50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด และระดับ 5 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด ผลลิ้นจี่ที่มีระดับคะแนนของการเกิดสีน้ำตาลที่พื้นที่ผิวเปลือกสูงกว่า 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับด้านสีผิว

1.2 ความผิดปกติของเนื้อผล (Flesh discoloration) ด้วยการให้คะแนนด้วยสายตาด้วยการประเมินการเปลี่ยนที่เนื้อผลแบบให้คะแนน 5 ระดับ เนื้อผลที่มีคะแนนความผิดปกติสูงเกิน 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับ

1.3 การวัดสีผิวเปลือกนอกตำแหน่งกึ่งกลางผลด้วยเครื่องวัดสี Chromameter ค่าที่วัดแสดงผลเป็นค่า L*, a*, b*, C* และ hue angle

3. ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

4. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ สุ่ม 10 ผลต่อตะกร้าวัดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อเปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) สุ่มจำนวน 10 ผลตรวจสอบ

หาค่า pH ของเปลือกและเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) การเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานิน (Ranganna, 1977)

5. การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในสีผิวเปลือกและคุณภาพเนื้อ ได้แก่ การทดสอบประสาทสัมผัสในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี hedonic scaling คะแนนความชอบ 5 ระดับโดยใช้ผู้บริโภคอย่างน้อย 10 คน ที่มีประสบการณ์ 2 ปีขึ้นไป

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 สำรวจการส่งออกลิ้นจี่ วิธีการยืดอายุ และศึกษาอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ส่งออกในเขตภาคเหนือตอนบน

การสำรวจการยืดอายุลิ้นจี่ด้วยแบบสอบสัมภาษณ์ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เน้นกลุ่มผู้ประกอบการลิ้นจี่ ได้แก่ เจ้าของบริษัทและผู้จัดการ/ผู้เกี่ยวข้อง รวม 24 ราย (16 บริษัท) ได้แก่ จ.พะเยา 15 ราย (9 บริษัท) และ จ.เชียงใหม่ 9 ราย (7 บริษัท) เป็นเพศชาย 13 คน (54.2%) ส่วนมากอายุมากกว่า 36 ปีขึ้นไป รวม 18 ราย (75%) การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี (41.17%) และมีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 20 ปี ร้อยละ 37.5 รองลงมา 1-5 ปี ร้อยละ 25 ตามลำดับ ลิ้นจี่เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนในช่วงเช้า (75%) แล้วส่งไปที่จุดรับซื้อซึ่งเป็นโรงคัดบรรจุที่ไปดำเนินการใกล้ๆ กับสวนเกษตรกร เน้นเก็บเกี่ยวผลที่มีผิวระยะสีเหลืองเขียวแกมชมพู ผู้ประกอบการไม่รับซื้อผลไม่แก่ซึ่งสังเกตได้ว่าจะเขียวทั้งผลและมีรสชาติเปรี้ยว พันธุ์ลิ้นจี่ที่รับซื้อ ได้แก่ ฮงฮวย จักรพรรดิ และ กิมเจง คิดเป็น 87.5, 37.5 และ 4.2 % ตามลำดับ มีการคัดเกรดด้วยแรงงานคนส่วนใหญ่ แบ่งเป็น 3 เกรด แทนด้วย AA A และ B หรือ 1 2 และ 3 บรรจุในตะกร้าพลาสติกปริมาณ 11.5 15 และ 20 กก.ใช้ใบลิ้นจี่ปิดทับหน้าตะกร้า ส่งไปยังประเทศจีน มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ และเวียดนาม คิดเป็น 54.2 29.2 20.8 16.7 16.7 และ 4.2 % ตามลำดับ และส่งตลาดภายในประเทศอีก 33.3 %

โดยเป็นลิ้นจี่แบบช่อไม่รมกำมะถันจะลดอุณหภูมิด้วยการแช่น้ำเย็นก่อนส่งออกและจำหน่ายให้หมดภายใน 10 วัน ส่วนที่ส่งออกไปต่างประเทศแบบตัดผลเดียว จะส่งไปตะวันออกกลาง และยุโรป โดยพบเพียง 1 บริษัท พบบางบริษัทเคยแช่กรดเกลือก่อนส่งออก การรับซื้อส่วนมากรับซื้อที่โรงคัดบรรจุ เกณฑ์การรับซื้อพิจารณาจากสีผิวต้องไม่เขียว (ลิ้นจี่อ่อน) ผิวควรมีสีชมพูแกมเขียว (100%) ผลไม่เป็นโรค (87%) และขนาดช่อสม่ำเสมอ (95%) เกษตรกรเก็บเกี่ยวช่วงเช้าส่งโรงคัดเป็นแบบช่อทั้งหมด พบภาชนะแบบตะกร้าพลาสติกมากที่สุด ปัญหาที่สำคัญการวางจำหน่าย ได้แก่ อายุการวางจำหน่ายสั้นเพียง 2 วัน (79%) ฤดูกาลเก็บเกี่ยวตรงกับต่างประเทศ (42%) และราคาไม่จูงใจผลผลิตล้นตลาด (37.5%) (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาในปัจจุบันที่มีพื้นที่การปลูกลดลง ลิ้นจี่ในปี 2557 ติดผลปริมาณมากเพราะฤดูหนาวนานแต่มีผลทำให้ลิ้นจี่ออกล่าช้ากว่าเดิม ในเขตพื้นที่ อ.แม่ใจ จ.พะเยา ช่วงต้นเดือนพฤษภาคม และ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ช่วงปลายเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ตลาดหลัก คือ ประเทศจีน และส่งออกน้อยลงหลังลิ้นจี่ประเทศจีนเริ่มเก็บเกี่ยวประมาณปลายพฤษภาคมราคาจะต่ำลงผู้ประกอบการมีความต้องการลิ้นจี่ที่ออกผลเร็วคล้ายคลึงพันธุ์ค่อมที่ จ.สมุทรสาคร สีผิวและคุณภาพเนื้อเหมือนฮงฮวย (น้ำไม่มาก) และรสชาติดี/เมล็ดลีบเหมือนพันธุ์กิมเจง คู่แข่งของไทย คือ ประเทศเวียดนามที่มีพันธุ์ลิ้นจี่ที่มีเมล็ดเล็กลีบ

ตารางที่ 1 ด้าน ทัศนคติ การยอมรับ ของผู้ตอบแบบสอบถามต่อวิธีการยืดอายุผลลิ้นจี่ในปัจจุบัน

ข้อมูล	ความถี่	%
อายุการวางจำหน่าย		
น้อยกว่า 2 วัน	19	79.2
3 - 4 วัน	4	16.7
อื่นๆ	1	4.2
ปัญหาในการวางจำหน่าย		
ฤดูกาลเก็บเกี่ยวตรงกับต่างประเทศ	10	41.7
คุณภาพไม่ดี เทคโนโลยียืดอายุไม่มีประสิทธิภาพ	1	4.2
ลิ้นจี่ก่อนเก็บเกี่ยวมีปัญหาหนอนเจาะขั้วผล	2	8.3
อายุการวางจำหน่ายสั้น เน่าเสีย	4	16.7
ราคาไม่จูงใจ ผลผลิตล้นตลาด	9	37.5
ลิ้นจี่ก่อนเก็บเกี่ยวมีปัญหาผิวม้านดำ	1	4.2
ขาดมาตรฐานการยืดอายุลิ้นจี่	2	8.3
อื่นๆ	13	54.2
กรรมวิธีการยืดอายุ		
รมผลลิ้นจี่ด้วยวิธีการเผาผงกำมะถัน	1	4.2
ลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นผสมน้ำแข็ง	18	75.0
อื่นๆ	5	20.8

ในขั้นตอนการยืดอายุลิ้นจี่โดยการใช้น้ำเย็นผสมน้ำแข็ง (ภาพที่ 1) ควรทำภายใน 3-6 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยว มีการใช้สองรูปแบบ คือ รางเลื่อนทำจากแสตนเลส 73.3 % และ ถังสำหรับจุ่ม 26.7 % โดยใช้น้ำประปา 26.7 % น้ำจากแหล่งธรรมชาติ เช่น น้ำคลอง น้ำบาดาล 73.3 % และมีผู้ประกอบการที่ผสมสารเคมีจำพวก ฆ่าเชื้อรา เช่น คาร์เบนดาซิม และ สารจับใบลงในน้ำที่ใช้ คิดเป็น 60 % บางโรงคัดบรรจุใช้ ozone ฆ่าเชื้อในระบบน้ำล้างทำให้อาจจะลดการปนเปื้อนได้ สรุปเทคนิคที่ใช้ 2 แบบ คือ ผู้ประกอบการนำผลผลิตแช่ในน้ำเย็นทันที 15 บริษัท และอีก 1 บริษัท ทำการล้างก่อนด้วยน้ำสะอาดฆ่าเชื้อด้วย ozone 2 นาที ต่อมาจึงนำมาลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น

ภาพที่ 1 การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (Hydrocooling)

ส่วนประเด็นในเรื่องสารทดแทน SO_2 พบว่าผู้ประกอบการจะรู้จักวิธีการลดอุณหภูมิเพื่อคงความสดด้วยน้ำเย็น หรือ ห้องเย็น 50% ส่วนวิธีอื่นๆ เช่น การแช่กรดหรือสารปลอดภัย และโอโซนเท่ากับ 8.3 และ 4.2% ตามลำดับ ส่วนวิธีการอื่นๆ ได้แก่ การรมด้วย SO_2 พบ 62.5% (ตารางที่ 2) ข้อสังเกตในการแช่กรดเกลือ (HCl) พบว่ามีผู้ประกอบการเคยใช้ประมาณ 2-3 ราย พบทั้งแช่หลังรม SO_2 และใช้กรดแช่อย่างเดียว ปัจจุบันได้เลิกใช้เพราะเกิดจากต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาไม่อนุญาตให้ใช้ในลิ้นจี่ (ฉายรังสี) ส่งออกจากประเทศไทย และผู้ประกอบการพบว่ายุ่งยากในการเตรียมสาร สีแดงของผลลิ้นจี่หลังแช่กรดปนเปื้อนติดกับกล่องกระดาษหรือตะกร้า ดังนั้นหากแนะนำให้ใช้ HCl ควรศึกษาเทคนิคการใช้ที่ปลอดภัยน่าจะนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาการนำไปใช้ทดแทนได้

ตารางที่ 2 สารทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ข้อมูล	**ความถี่**	**%**
ท่านรู้จักสารทดแทนเพื่อการยืดอายุ ที่มีการวิจัยเป็นวิธีใดบ้าง		
การรมด้วยแก๊สโอโซน	1	4.2
การแช่กรดหรือสารปลอดภัย	2	8.3
การลดอุณหภูมิเพื่อคงความสดด้วยน้ำเย็น หรือ ห้องเย็น	12	50.0
อื่นๆ (รมด้วย SO_2)	15	62.5
ไม่มีปัญหาเรื่องสารพิษตกค้าง	2	8.3
การแช่สาร ท่านรู้จักวิธีการแช่ผลลิ้นจี่ในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) หรือไม่		
ไม่รู้จัก	20	83.3
รู้จัก	4	16.7

เทคนิคการใช้สารทดแทนในอนาคต ควรเป็นอย่างไร

วิธีรม	1	4.2
วิธีแช่	6	25.0
วิธีรมหรือวิธีแช่ก็ได้	6	25.0
อื่นๆ	13	54.2

- การสำรวจและทดสอบการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออกในเขตพื้นที่พบการรมควันในโรงรมเขต จ.ลำพูนและเชียงใหม่เป็นโรงรมสำหรับใช้รมทั้งลำไยและลิ้นจี่ การตรวจสอบอัตราการใช้กำมะถันของโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ รวม 4 โรงรมได้แก่ A B C และ D คำนวณความเข้มข้นของก๊าซ SO_2 ที่เหลือในห้องรม เมื่อสิ้นสุดการรมเท่ากับ 0.9 <0.01 0.63 และ 0.69% ตามลำดับ การสุ่มตรวจสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อผลพบค่าเท่ากับ 6.47 1.03 34.76, และ 3.71 ppm ตามลำดับ และในเปลือกพบค่าเท่ากับ 1,802.02 721.03 2,126.48 และ 1,573.74 ppm (ตารางที่ 3) โดยพบโรงรมที่ทำส่งออกลิ้นจี่พบเพียง 1 โรง คือ โรงรม A อัตรากำมะถันที่ใช้ 0.9% โดยมีการส่งออกไปตะวันออกกลางทางเรือ และการส่งออกไปยุโรปนาน 21-25 วัน พบค่าตกค้างในเนื้อและเปลือกหลังรมเท่ากับ 6.47 ppm และ 1,802.02 ppm ตามลำดับ โดยค่าตกค้าง SO_2 ในเนื้อผลไม่เกินมาตรฐาน EU คือ 10 ppm โดยขั้นตอนการรมควันส่งออกปฏิบัติตามภาพที่ 2

อัตราการใช้กำมะถันเมื่อพิจารณาจาก Tongdee (1994) แนะนำไว้สำหรับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและจักรพรรดิ์ ระหว่าง 0.3-0.45% พบโรงรมจำนวน 3 โรงรม คือ โรงรม A, C, D ใช้อัตราเกินค่าที่แนะนำและโรงรม B ใช้ต่ำกว่าคำแนะนำดังกล่าว โดยใช้เวลารมนาน 45 นาที (ตารางที่ 3) แต่ค่าตกค้างในเนื้อไม่เกินมาตรฐาน EU การวัดอุณหภูมิขณะรมควันและความชื้นสัมพันธ์ขณะรมในห้องรมพบว่าสูงขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับภายนอกห้องรม โรงรม A ที่ส่งไปยุโรปเมื่อเปรียบเทียบกับการรมลำไยโดยใช้ 300 ตะกร้าต่อห้องรมขนาด 37.92 m^3 โรงรมนี้จะใช้กำมะถันสำหรับรมลิ้นจี่และลำไยเท่ากับ 1.50 และ 1.80 kg คิดความเข้มข้น SO_2 เป็น 0.90% และ 1.57% ตามลำดับ ใช้เวลาเผากำมะถันด้วยการใช้ออกซิเจนช่วยในการเผาไหม้นาน 30 นาทีและรมต่ออีก 15 นาที (รวมเวลารมนาน 45 นาที) ทำการดูดบำบัดและเป่าระบายแก๊ส SO_2 นาน 60 นาที ซึ่งเวลาการรมจะต่ำกว่ารมลำไยใช้เวลา 60 นาที

ตารางที่ 3 การตรวจสอบและคำนวณการใช้กำมะถันของโรงรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในเขตเชียงใหม่และลำพูนโดยใช้เกณฑ์ของ Tongdee (1994) และค่าตกค้างในเนื้อผลไม่เกิน 10 ppm ตามมาตรฐาน EU

โรงรม	ปริมาตรห้อง (m^3)	จำนวนตะกร้า (10 kg)	เวลารมควัน (นาที) (เผากำมะถัน+รมควัน)	อัตราส่วนน้ำหนักลำไยต่อปริมาตรห้อง	น้ำหนัก S (kg) ที่ผู้ประกอบการใช้จริง	คำนวณ % SO_2 จากการสำรวจและใช้จริง (%)	% SO_2สำหรับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย Tongdee, (1994)	SO_2 ตกค้างในเนื้อเฉลี่ย (ppm)	SO_2 ตกค้างในเปลือกผลเฉลี่ย (ppm)
A	37.92	300	45	1 : 13	1.50	0.90	0.3-0.45%	6.47	1,802.02
B	37.44	50	45	1 : 75	0.10	<0.01	0.3-0.45%	1.03	721.03
C	36.5	50	45	1 : 63	0.50	0.63	0.3-0.45%	34.76	2,126.48
D	47.42	50	45	1 : 95	0.60	0.69	0.3-0.45%	3.71	1,573.74

เก็บเกี่ยวแต่เช้าตรู่

↓

ขนส่งมาที่โรงรมเพื่อคัดขนาด และตรวจสอบคุณภาพ บรรจุในตะกร้า 10 กก.

↓

รมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) (ชั่งน้ำหนักกำมะถัน เผากำมะถัน) นาน 45 นาที

↓

ดูดบำบัดก๊าซ SO_2 และเป่าลมระบายก๊าซตกค้าง (สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สาร SO_2 ตกค้าง) นาน 60 นาที

↓

ลดอุณหภูมิ ด้วยการแช่น้ำนาน 10 นาที

↓

การตรวจสอบคุณภาพ คัดขนาดและแยกคุณภาพ

↓

ใส่กระดาษรองตะกร้า และบรรจุผล และชั่งน้ำหนัก 2.3 kg/ตะกร้า ปิดฉลาก/รัดสายและเรียงบนพาเลท และเก็บรักษาที่ตู้คอนเทนเนอร์ควบคุมอุณหภูมิ 0-2 °ซ , 90% RH.

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของบริษัท A ส่งออกตะวันออกกลางและยุโรป

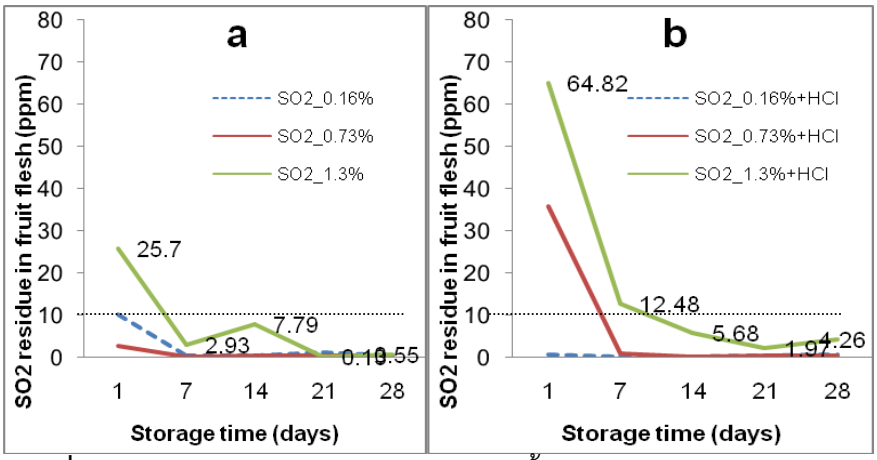
การทดลองที่ 2 พัฒนาการรมให้เหมาะกับลิ้นจี่แต่ละพันธุ์ในเขตภาคเหนือตอนบน

1) ทดสอบการรมควันลิ้นจี่ส่งออก คุณภาพผลและการสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่าการรม SO_2 เข้มข้น 0, 0.16, 0.73 และ 1.3% นาน 45 นาทีเท่ากัน พบสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อผลหลังรมทันที เท่ากับ 0, 2.47, 9.99 และ 25.70 ppm (ภาพที่ 1a) แต่เมื่อนำผลหลังรมควันไปแช่กรดเกลือนาน 3 นาทีพบสาร SO_2 ตกค้างในเนื้อสูงขึ้นเท่ากับ 0, 0.56, 35.60 และ 64.82 ppm แต่อย่างไรก็ตามการตกค้างลดลงต่ำกว่า 10 ppm (มาตรฐาน EU) เมื่อเก็บรักษานาน 7-14 วัน (ภาพที่ 1b) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Lemmer and Kruger (2001) พบว่าการแช่กรดมีผลทำให้ค่าพีเอชเปลือกต่ำลงทำให้ SO_2 ซึมเข้าในเนื้อผลดีขึ้น ในขณะที่การแช่กรดหลังรมกำมะถันทำให้การตกค้างของ SO_2 ในเปลือกลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการรมแต่ไม่แช่กรด (ภาพที่ 1b) การแช่กรดหลังรมพบว่าช่วยลดค่าการตกค้างของ SO_2 ทั้งผลที่คำนวณจากค่าตกค้างในเนื้อและเปลือกรวมกันต่ำกว่า 50 ppm (มาตรฐาน Codex และประเทศสิงคโปร์) เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วันพบค่าระหว่าง 21.16 – 34.22 ppm ขณะที่การรมอย่างเดียวพบค่าระหว่าง 48.21 – 59.59 ppm

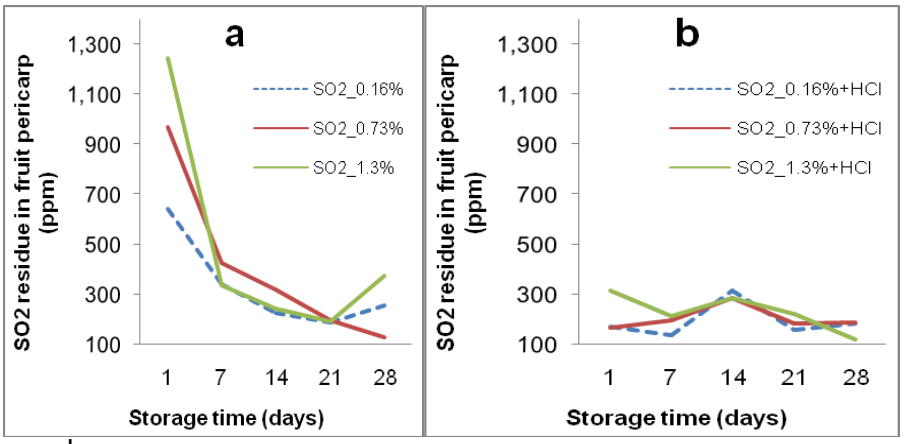
การแช่กรดเกลือนาน 3 นาทีหลังรม SO_2 ช่วยเพิ่มคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกนอกและด้านรสชาติให้สูงขึ้นกว่าการรม SO_2 อย่างเดียวเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน โดยเฉพาะสีผิวเปลือกที่แดงหลังการแช่กรดพบค่าคะแนนการยอมรับสูงขึ้นอย่างชัดเจน สอดคล้องกับการวัดสีพบว่าค่าสีแดง (a*) ของการแช่กรดเกลือพบค่าสูงกว่ากรรรมวิธีที่ไม่แช่กรดอย่างชัดเจน การแช่กรดช่วยลด pH เปลือกให้ต่ำลง และให้รงควัตถุสีแดง (anthocyanin) ของเปลือกกลับคืนเร็วและสม่ำเสมอ (สัณห์ , 2538) แต่มีแนวโน้มทำให้การเกิดโรคเกิดขึ้นเร็วกว่าการรม SO_2 อย่างเดียว และผลนิ่มเร็วขึ้น โดยสรุปแล้ว การรมควันด้วย SO_2 ทุกความเข้มข้น + แช่กรดเกลือช่วยเพิ่มคุณภาพการยอมรับในสีผิวเปลือกให้สูงขึ้นและยังมีคุณภาพการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ

ไม่แช่กรด โดยการรมด้วย SO_2 0.73% + แช่กรดเกลือพบค่าการยอมรับด้านรสชาติสูงกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนั้นพบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้พบค่าระหว่าง 15.70 – 20.35% พบค่าไม่แตกต่างกันและลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาครบ 28 วัน แต่พบว่าการแช่กรดหลังรมพบมีแนวโน้มพบค่าสูงกว่ารมอย่างเดียวการแช่กรดมีผลทำให้รสชาติเนื้อหวานขึ้น

ในด้านเทคนิคการรมควันเมื่อพิจารณาตามห้องรมขนาด 6.9 m^3 ใหญ่เกินไปสัดส่วนไม่สมดุลระหว่างน้ำหนักลิ้นจี่ (ตัน) กับปริมาตรห้อง ($ม^3$) อัตราส่วนที่ว่าง 1 :69 ค่อนข้างมากกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ระหว่าง 1 : 15 - 1 : 6 (ประมาณ 40-100 ตะกร้า) (Tongdee, 1994) ก๊าซอาจจะลอยในช่องว่างในห้องทำให้รมแล้วการตกค้างในผลที่บรรจุในตะกร้าที่ตำแหน่งล่างต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ลิ้นจี่จัดเรียงตามเกณฑ์ ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยควรอยู่ระหว่าง 0.73-1.3% โดยใช้เวลารมนาน 45 นาทีเท่ากัน ผลสอดคล้องกับการสำรวจการรมในลิ้นจี่โดยสมเพชรและคณะ (2557) พบว่าการสำรวจการรมควันแบบเผาผงกำมะถันจำนวน 4 โรงรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย พบว่าโรงรมคำนวณการใช้กำมะถันที่มีความเข้มข้น SO_2 ไม่เกิน 0.9% โดยอัตราส่วนที่ว่าง 1:13 รมนาน 45 นาที พบการตกค้างในเนื้อและเปลือกทันทีเท่ากับ 6.47 และ 1,802.02 ppm ตามลำดับ ค่าตกค้างในเนื้อผลไม่เกินมาตรฐาน EU (10 ppm) ความเข้มข้นที่ใช้จริงสูงกว่าคำแนะนำของ Tongdee (1994) กับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยและจักรพรรดิที่แนะนำไว้ที่ 0.3-0.45 % ส่วนคำแนะนำให้รม 2% สูงเกินไป ทำให้การตกค้างสูงและผลยุบตัวลงไวขึ้นเพราะเนื้อผลลิ้นจี่มีน้ำมากนั่นเองแตกต่างกันลำไย



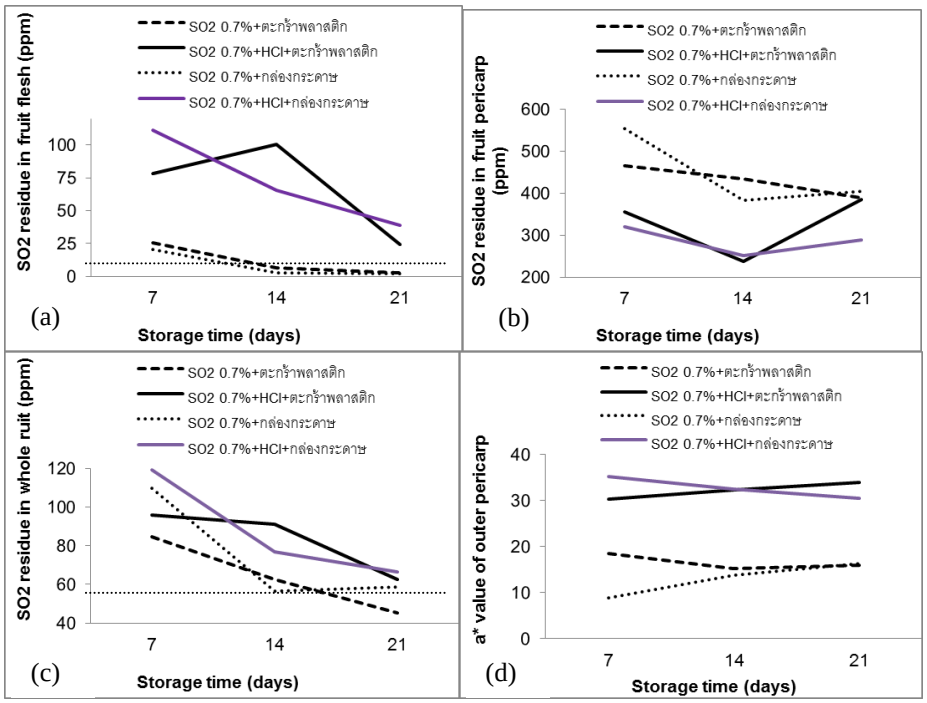
ภาพที่ 1 การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อผลหลังการรมควันเปรียบเทียบระหว่างผลที่ไม่แช่กรด (a) และแช่กรดเกลือ 5% นาน 3 นาที (b) โดยรม SO_2 เข้มข้น 0.16 0.73 และ 0.13% นาน 45 นาที และเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิ 8 °C, 55-65% RH



ภาพที่ 2 การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกผลหลังการรมควันเปรียบเทียบระหว่างผลที่ไม่แช่กรด (a) และแช่กรดเกลือ 5% นาน 3 นาที (b) โดยรม SO_2 เข้มข้น 1.3 0.73 และ 0.13% นาน 45 นาที และเก็บรักษานาน 28 วันที่อุณหภูมิ 8 °C, 55-65% RH.

2) ทดสอบรูปแบบการรมควันและบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อการตกค้างและคุณภาพลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

พบว่าการรม SO_2 0.7% นาน 45 นาที และไม่แช่ HCl 5% นาน 3 นาที และเก็บในตะกร้าพลาสติกน้ำหนัก 3 กก. และกล่องกระดาษพบค่า SO_2 ตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 10 ppm (มาตรฐาน EU) ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับการรม SO_2 0.7% นาน 45 นาที +แช่กรด HCl ที่ความเข้มข้นเดียวกันและเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกหรือลังกระดาษซึ่งพบค่า SO_2 สูงเกินค่ามาตรฐาน EU ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 3a) เนื่องจากเปลือกแห้งจากการเก็บไว้รอการรม 1 คืนที่อุณหภูมิห้อง เมื่อรมควัน SO_2 ซึมเข้าไปในเนื้อมากกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองแรกที่เก็บและรมวันเดียวกันพบการตกค้างต่ำกว่าชัดเจนสอดคล้องกับผลของ Lemmer and Kruger (2001) พบว่าการเก็บรักษาไว้ 1 คืนหลังรมพบการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อสูงขึ้น ส่วนค่าตกค้างของ SO_2 ในเปลือกผลพบสอดคล้องกับผลการทดลอง 8.1 คือ การแช่กรดหลังรมค่าการตกค้างในเปลือกลดลง (ภาพที่ 3b) มีผลทำให้ค่าตกค้างเมื่อคำนวณทั้งผลลดลงตามไปด้วย (ภาพที่ 3c) และพบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อ คะแนนการเปลี่ยนน้ำตาลของเปลือกผล คะแนนการเปลี่ยนสีของเนื้อผลและการยอมรับด้านรสชาติ แต่การแช่กรดหลังรมมีผลทำให้ค่าพีเอชเปลือกลดต่ำลง (ภาพที่ 3e) ทำให้การตกค้างของ SO_2 ในเปลือกลดแต่ในเนื้อเพิ่มขึ้น และพบว่าคะแนนการยอมรับสีผิวเปลือกนอกของการรม SO_2 0.7% + แช่ HCl พบค่าสูงกว่ารมอย่างเดียวสอดคล้องกับการทดลองก่อนหน้านี้ สอดคล้องกับค่า a* ที่สูงขึ้น (ภาพที่ 3d) ดังนั้นการรม SO_2 และแช่กรด HCl เพื่อให้สีผิวคืนสีแดง ลิ้นจี่ที่ใช้รมจึงควรต้องเก็บเกี่ยวและรมวันเดียวกันจะลดปัญหานี้ได้

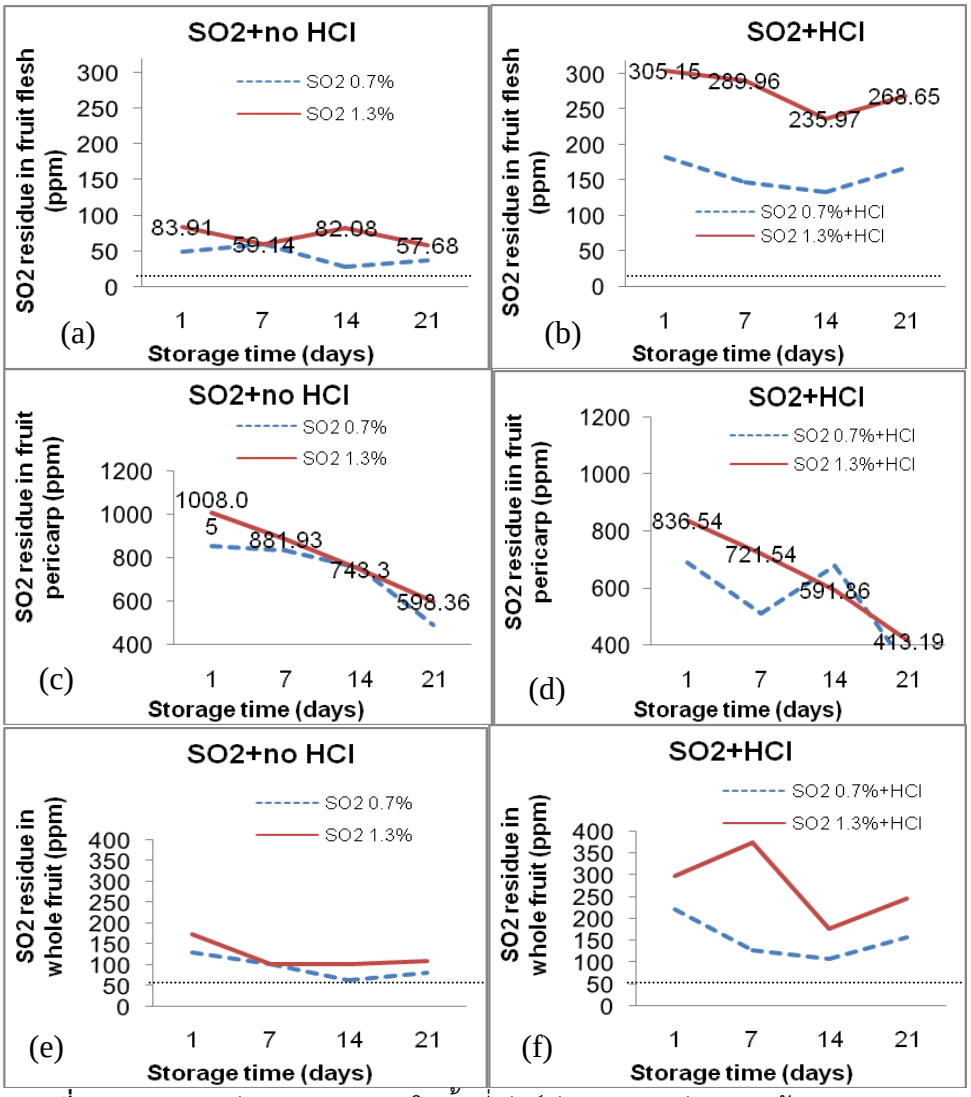


ภาพที่ 3 ผลของชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการสลายตัวของ SO_2 ในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในเนื้อผล (a) เปลือกผล (b) ทั้งผล (c) ค่าสีแดงของผิวเปลือกค่า a* (d) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 °C, 45% RH นาน 21 วัน

3) ทดสอบการรมควันลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิส่งออก คุณภาพผลและการสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่าการรม SO_2 0.7 – 1.3% นาน 45 นาที กับลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิทุกกรรมวิธีพบค่า SO_2 ตกค้างในเนื้อเกินค่ามาตรฐาน EU (10 ppm) (ภาพที่ 4a-b) การรมกับพันธุ์จักรพรรดิควรลดความเข้มข้น SO_2 ให้ต่ำลง หรือลดเวลาการรมให้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ฮงฮวย การรม SO_2 นาน 45 นาที+แช่ HCl 5% ค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการรม SO_2 อย่างเดียว (ภาพที่ 4a-b) สอดคล้องกับผลการทดสอบกับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยการทดลองที่ผ่านมา ส่วนการตกค้างในเปลือกผลและการตกค้างเมื่อคำนวณทั้งผลพบว่าผลลิ้นจี่รม SO_2 อย่างเดียวพบค่าสูงกว่าการแช่กรดหลังรม (ภาพที่ 4 c-f) นั้นสอดคล้องกับการทดสอบกับลิ้นจี่ฮงฮวยในการทดลองที่ผ่านมาเช่นเดียวกับค่าพีเอชเปลือกพบว่าผลแช่กรดพบค่าต่ำกว่าผลรม SO_2 อย่างเดียว

การยอมรับคุณด้านสีผิวเปลือกนอกพบว่าการรม SO_2 + แช่กรด HCl พบค่าการยอมรับสูงตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับรมอย่างเดียว การใช้ SO_2 0.7 %+HCl และ SO_2 1.3%+HCl ทั้งสองกรรมวิธีพบค่าคะแนนการยอมรับด้านสีผิวยอมรับได้นาน 3 และ 4 สัปดาห์ตามลำดับ ในขณะการรม SO_2 อย่างเดียวทุกความเข้มข้นพบการยอมรับของผู้บริโภคต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับ (3.0) ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษาเนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากผลการฟอกสีของ SO_2 การแช่กรดเกลือเพื่อคืนสีทำให้การยอมรับสูงขึ้นสอดคล้องกับการทดสอบกับพันธุ์ฮงฮวย ในขณะที่การยอมรับด้านรสชาติพบว่าการรม SO_2 0.7% +HCl และ SO_2 1.3% +HCl ทั้งสองความเข้มข้นพบค่าต่ำกว่าการรม SO_2 อย่างเดียวในสัปดาห์แรกแต่อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงและ

ไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาผ่านไปสองสัปดาห์เป็นต้นไป เนื่องจากผลลำไยพันธุ์จักรพรรดิมีน้ำมากกว่าพันธุ์ฮงฮวย ทำให้ผลบุบเร็วขึ้นกว่า ค่าการยอมรับจึงต่ำลงกว่าปกติ ผลสอดคล้องกับเบญจมาสและคณะ (2550) พบว่าการมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิรมด้วย SO_2 และทำ cold treatment ระหว่างขนส่งไปประเทศออสเตรเลีย จะพบปัญหาเมื่อถึงตลาดปลายทางคือ ผลลิ้นจี่กว่า 20% จะมีการยุบตัวคาดว่ารมด้วยความเข้มข้นสูงเกินไป นอกจากนี้พบว่าการใช้ SO_2 1.3% อย่างเดียวและ SO_2 1.3%+HCl ลดการเกิดโรคได้ดีกว่าทุกกรรมวิธี



ภาพที่ 4 การสลายตัวของสาร SO_2 ในลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิหลังการรมด้วย SO_2 0.7 และ 1.3% + แช่หรือไม่แช่กรดเกลือในเนื้อผล (a-b) ในเปลือกผล (c-d) ทั้งผล (e-f) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 45% RH.

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การส่งออกลิ้นจี่ตลาดที่สำคัญ คือ เอเชีย และภายในประเทศ โดยโรงคัดบรรจุด้วยวิธีการยืดอายุ คือ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (hydrocooling) เพื่อลดความร้อนภายในผลและขนขึ้นตู้คอนเทนเนอร์โปะทับด้วยน้ำแข็งให้ผลสดตลอดเวลาและขนส่งทางเรือ/จำหน่ายภายใน 10 วัน แต่มีข้อกำจัด คือ ตลาดจีนจะจำหน่ายได้เฉพาะ 1 เดือนช่วงเมษายน-พฤษภาคม (ก่อนที่ลิ้นจี่จากประเทศจีนจะเก็บเกี่ยวซึ่งมีคุณภาพสูงกว่าเนื้อหนาและเมล็ดลีบเล็กกว่าลิ้นจีไทย) และนำมาจำหน่ายตลาดอาเซียน และที่ อ.หาดใหญ่ ปัญหาการปนเปื้อนในน้ำเมื่อแช่ซ้ำซึ่งผู้ประกอบการแก้ไขด้วยการสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิด บางโรงคัดฯ ใช้โอโซนสามารถช่วยลดปัญหาได้จะทำให้อายุการเก็บรักษาและคุณภาพผลลิ้นจี่ดีขึ้น และการรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 พบน้อยลงเพราะการส่งไปยุโรปโรงคัดบรรจุต้องได้รับรอง HACCP

2. โรงรมใช้อัตราการใช้กำมะถันเมื่อใช้ความเข้มข้น SO_2 เท่ากับ 0.9% รมนาน 45 นาที พบว่าค่าตกค้างในเปลือกหลังรมเท่ากับ 1,802.02 ppm เป็นค่าที่เหมาะสม และผลมีคุณภาพดีเมื่อเปรียบเทียบกับโรงรมที่ใช้กำมะถันสูงหรือต่ำเกินไป และค่าตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 10 ppm เมื่อเก็บรักษานาน 30 วันเพียงพอต่อการส่งไป EU ได้ และค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อและเปลือกขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ผลลิ้นจี่ที่ใช้ อัตราส่วนที่ว่างในห้องรม ความเข้มข้น เวลาที่ใช้รม และการดูดบำบัด การเป่าระบายแก๊ส อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องจึงจะควบคุมความแปรปรวนและค่าตกค้างไม่เกินมาตรฐาน Codex

3. การทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยพบว่าการรม SO_2 0.73% รมนาน 45 นาที +แช่กรดเกลือพบค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกมีค่าสูง และรักษาคุณภาพเนื้อ ที่สำคัญพบค่าตกค้างต่ำกว่า 10 ppm เมื่อเก็บรักษานาน 7 วันที่ 8 °C และ การรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วย SO_2 ความเข้มข้น 0.7% ไม่ควรทิ้งไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมารมในวันถัดไป เพราะทำให้ค่าการตกค้างในเนื้อสูงเกินมาตรฐาน โดยพบว่าการรม SO_2 และเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกห่อกระดาษเหมาะสมที่สุดเพราะทนทานต่อการขนส่งมากกว่ากล่องกระดาษ

4. การทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วย SO_2 ความเข้มข้น 0.7-1.3% รมนาน 45 นาทีร่วมกับการแช่กรดหรือไม่แช่ พบค่า SO_2 หลังรมเกินมาตรฐาน EU (10 ppm) โดยควรลดความเข้มข้นของการใช้ SO_2 ให้ต่ำกว่า 0.7% หรือลดเวลาการรมให้น้อยลง

5. ใช้เป็นแนวทางในการจัดทำมาตรฐานการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่แต่ละสายพันธ์เพื่อการส่งออกต่อไป สามารถส่งออกไปทางเรือไปต่างประเทศได้ เช่น ประเทศที่เข้มงวดได้แก่ EU หรือออสเตรเลีย

กิจกรรมที่ 2
การทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับใช้ทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ส่งออก
Technological Testing and Development on Sulfur Dioxide Fumigation in Litchi for Export

วิทยา อภัย[1/] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง[1/] สมเพชร เจริญสุข[1/]

คำสำคัญ : ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้าง กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ คลอรีนไดออกไซด์ ลิ้นจี่

บทคัดย่อ

การทดสอบหาสารทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์การทดลองได้ดำเนินการตั้งแต่ตุลาคม 2556 ถึงกันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรเขตที่ 1 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ การทดสอบการแช่กรดบางชนิดต่อสีผิวลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยทั้งตะกร้าขนาด 3-11.5 กก. โดยเก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิ 5 °C, 85% RH ไว้ 1 คืนและแช่ในสารละลายปริมาตรปริมาตร 5 - 60 ลิตรในวันถัดไป พบว่าการแช่ในกรดเกลือเข้มข้น 5% นาน 5 นาทีช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30 วันที่ 5 °C, 85% การแช่ในสารละลายกรดมีประสิทธิภาพในการฟอกสีผิวเปลือกได้ดีกว่าการพ่นฝอยกรดด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ การพ่นฝอยด้วยเครื่องพ่นดัดแปลงจากชุดเครื่องแก้ว การพ่นฝอยด้วยเครื่อง ultrasonic aerosol generator และการพ่นหมอกด้วยเครื่องพ่นยาขนาดเล็ก อีกหนึ่งวิธีที่ได้ผลดีคือ การแช่ใน HCl ที่ผสมในโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่พบว่าการแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในสารผสมระหว่างกรดเกลือ (HCl) เข้มข้น 1% ผสมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 3% นาน 5 นาที และบรรจุในกล่อง clamshell ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 28 วันที่ 5 °C, 85% RH พบค่าการตกค้างของ SO_2 ตกค้างต่ำกว่า 10 ppm ในเนื้อผล และต่ำกว่าเมื่อคำนวณค่าการตกค้างทั้งผล คือ 50 ppm ขณะที่การแช่คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) 6,000 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลแต่มีผลกับคุณภาพเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับ ClO_2 5,000 ppm

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสารผสมกรด HCl + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) และคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ต่อคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลาย HCl 1% + SMS 1% นาน 5 นาที เปรียบเทียบกับการแช่ใน ClO_2 เข้มข้น 0.5% นาน 4 นาที ผึ่งให้แห้งนาน 2 ช.ม. บรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกความจุ 3 กก. และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน ชุดควบคุมได้แก่ การรมด้วย SO_2 และผลไม่แช่สาร พบว่าการแช่ใน HCl+SMS ช่วยรักษาสีผิวเมื่อประเมินจากค่าความสว่าง L* และค่าสีแดง a* ที่สูงและคืนสีเป็นสีชมพูได้เร็วกว่าวิธีรม SO_2 ภายใน 7 วัน ขณะที่การแช่ใน ClO_2 สีผิวเป็นสีแดงส้มตลอดอายุการเก็บรักษา การทดลองที่ 2 เป็นการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 184 คน การทดสอบทั้งสามกรรมวิธีได้แก่ ผลลิ้นจี่ที่แช่ใน HCl 1%+SMS 3%, ClO_2 0.6% และ SO_2 ตามลำดับ พบว่าการแช่ใน HCl 1%+SMS 3% ผู้บริโภคยอมรับรสชาติของเนื้อผลสูงที่สุด แต่การยอมรับสีผิวเปลือกต่ำกว่า ClO_2 แต่อย่างไรก็ตามการใช้ HCl + SMS เหมาะสมที่สุดในการนำไปยืดอายุลิ้นจี่สำหรับส่งออกในอนาคต

[1/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

Research Activity II
Technological Testing and Development on Sulfur Dioxide Fumigation in Litchi for Export

Wittaya Apai[1/] Suttinee Likhittragulrung[1/] Sompetch Jaroensuk[1/]

Key words: sulfur dioxide (SO_2) residue, hydrochloric acid (HCl), sodium metabisulfite (SMS), chlorine dioxide (ClO_2) litchi.

Abstract

The objective to find some alternative to SO_2 was investigated. Experiments were conducted from October 2013 to September 2015 at the laboratory of Office of Agricultural Research and Development Region 1, Knong Han, Sansai, Chiang Mai. Dipping Hong Hauy' litchi in some acids was tested. Litchi packed in between 3 and 11.5 kg were kept in overnight at 5 °C, 85% RH prior dipping. They were dipped in 5-60 liters of solution volume. It was found that dipping in HCl 5% for 5 min could prolong shelf life for 30 days at 5 °C, 85% RH. Dipping in HCl had the best effectiveness to bleach pericarp in compared with the acid application with the other methods, i.e. mist straying from modified glass tube set, ultrasonic aerosol generator and mist machine. In addition, dipping in HCl mixed in sodium metabisulfite (SMS) had been investigated as another way of the alternative to SO_2 to prolong shelf life and decreased SO_2 residue in fruit flesh. Results found that dipping in combination between HCl 1% mixed in SMS 3% for 5 min packed in clamshell prolong shelf life for 28 days at 5 °C, 85% RH. SO_2 residue in fruit flesh was found less than 10 ppm (EU MRLs = 10 ppm in fruit flesh) and below than 50 ppm in whole fruit calculation (Codex ML = 50 ppm in whole fruit). Whereas dipping in ClO_2 6000 ppm decreased pericarp browning but increased flesh discoloration as compared with ClO_2 5000 ppm.

The comparative effectiveness between HCl+SMS and chlorine dioxide (ClO_2) on fruit quality during cold storage was studied. The fruit was dipped in solution of HCl 1%+SMS 1% for 5 min as compared with dipping in ClO_2 0.5% for 4 min. The fruit allowed to air dry for 2 h then packed in 3 kg perforated plastic basket and stored at 5 °C, 85% RH for 28 days. This was compared with SO_2 and untreated fruit. It was found that dipping in HCl+SMS maintained high value of pericarp color, i.e. L* and a* value and it had restored pinkish red pericarp color faster than SO_2 within a week whereas ClO_2 showed orange red color thought out period of time. The experiment II was to survey consumer acceptance by questionnaire by using 184 people. It was found that dipping in HCl 1%+SMS 3% showed the highest percentage of flesh taste acceptance

but low percentage in pericarp acceptance less than ClO_2. In nevertheless, dipping in HCl+SMS could be used in extending shelf life of litchi for export in the future.

[1/]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai

บทนำ

ลิ้นจี่เป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย พื้นที่การผลิต เช่น เชียงใหม่ เชียงราย และ พะเยา ลิ้นจี่ร้อยละ 70% ให้ผลผลิตประมาณช่วงเดือนพฤษภาคม และ 25% ในช่วงเดือนมิถุนายนของทุกปี ปัญหาลิ้นจี่ล้นตลาดจึงมักจะเกิดขึ้นในช่วงมิถุนายนที่ลิ้นจี่ออกมาตรงกันผลไม้อื่นๆ พันธุ์ส่งออกที่สำคัญ คือ พันธุ์ฮงฮวย ลิ้นจี่ใช้บริโภคภายในประเทศประมาณ 70% ส่งออก 15% และที่เหลือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปริมาณการส่งออกลิ้นจี่สดของประเทศไทยปี 2552-53 อยู่ระหว่าง 6,496-16,811 ตัน คิดเป็นมูลค่า 110-358 ล้านบาท ปัจจุบันประเทศคู่ค้ามีกฎระเบียบในการนำเข้าเพิ่มเติมตัวอย่างเช่น EU กำหนดให้ลิ้นจี่จากประเทศไทยนอกจากต้องผ่านการคัดจากโรงคัดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน GMP แล้วต้องใช้ HACCP ด้วย และกำหนดค่าตกค้าง SO_2 ในเนื้อผลให้มีได้ไม่เกิน 10 ppm นอกจากนั้น EU ยังกำหนดค่า MRLของสารพิษตกค้างจาก pesticides ที่มีค่าต่ำอีกด้วย ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วันและอุณหภูมิต่ำภายใน 7 วันเนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การรมด้วยแก๊ส SO_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 60 วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee, 1994) ปัญหาหนึ่งที่สำคัญจากผลการใช้ SO_2 ในลิ้นจี่และปัญหาเดียวกับลำไย คือ การตกค้าง SO_2 ในเนื้อผลเป็นประเด็นสำคัญที่ให้ประเทศปลายทางเข้มงวดการใช้สารนี้ แต่พบรายงานถึงความเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคภูมิแพ้เป็นต้น

การใช้ SO_2 ยังอาจจะถูกกีดกันมากยิ่งขึ้นถ้าเข้าสู่ AEC ในปี 2558 สารทดแทนเป็นความต้องการของภาคเอกชนโดยตรง รวมทั้งต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยมาก ได้แก่ กรดเกลือ (HCl) กรดออกซาลิก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น รัมม์พัน และ วีรภรณ์ (2554) พบว่า กรรมวิธีที่แช่ในกรด 0.10 M citric และ 40 mM oxalic ทำให้ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิมีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุดและมีค่าความสว่าง สีแดงสูงสุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่แช่ในกรด 40 mM oxalic ทำให้ลิ้นจี่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุด การแช่กรด HCl ที่ใช้กับลิ้นจี่มานานพบว่ามีปัญหามีเชื้อราบางชนิด คือ *Penicillium* sp. ขึ้นบนผลได้ นอกจากนั้นพบการใช้ HCl ร่วมกับวิธีการอื่นๆ ได้แก่ การใช้ความร้อน Hot water Brushing ร่วมกับการแช่ HCl 4 % (สดศรี, 2547) และการผสม prochloraz ลงไปในกรด HCl แช่ป้องกันเชื้อราชนิดนี้พบในประเทศอิสราเอล และพบการใช้ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite เช่น จำนงค์ (2542) พบว่าการควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกลิ้นจี่หลังการเก็บเกี่ยวทำได้โดยใช้สาร sodium metabisulfite เข้มข้น 1% นาน 5 นาที และ HCl 1 N นาน 1 นาที แต่ยังคงต้องมีการศึกษาถึงสารตกค้างและการยอมรับของผู้ซื้อเพื่อให้มั่นใจอีกต่อไป Yu *et al*.

(2012) พบว่าการแช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ Feizixiao ในสารประกอบเกลือซัลไฟต์ คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เข้มข้น 60 g/L และตามด้วยแช่กรดเกลือ 1.1 M เก็บรักษาที่ 20 °C, 95% RH นาน 18 วัน ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลและการเน่าเสีย เพิ่มปริมาณสารประกอบแอนโทไซยานิน และลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องการเปลี่ยนสีน้ำตาล คือ PPO และPOD ในเปลือก ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (แช่น้ำ) ไม่พบการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล แต่พบในเปลือกเท่ากับ 97.7 mg/kg และตรวจไม่พบหลังผ่านไป 18 วัน ดังนั้นการทดสอบและการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การประยุกต์ใช้และความปลอดภัย การทดสอบการยอมรับของผู้ประกอบการส่งออก และการทดสอบการส่งออกไปประเทศปลายทางเป็นสิ่งจำเป็น

นอกจากนั้นปัจจุบันงานวิจัยสารทดแทนพบว่าพยายามพัฒนาและปรับปรุงเทคนิคการใช้ให้สามารถใช้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นกว่าวิธีการแช่สาร เช่น การพ่นหมอกให้คล้ายคลึงการรมแก๊ส และพัฒนาการใช้แก๊สทีปลอดภัยรมควันโดยรมได้ปริมาณผลผลิตจำนวนมากต่อครั้ง เป็นต้น ปัจจุบันเริ่มมีบางประเทศส่งออกลิ้นจี่ใช้สารทดแทนมากขึ้น เช่น ประเทศเม็กซิโกส่งลิ้นจี่ไปประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา ที่ห้ามใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้ทุกชนิด ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ สารทดแทนเตรียมไว้ใช้ในอนาคต และการทดสอบการส่งออกสารทดแทนโดยมีผู้ประกอบการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเนื่องจากเป็นหน่วยงานในพื้นที่สามารถเข้าถึงผู้ประกอบการได้รวดเร็ว เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้กรดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

1) การทดสอบการแช่กรดต่อสีผิวลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย ได้ทดสอบแช่กรดหลายชนิด ได้แก่ กรดออกซาลิก กรดซิตริก กรดฟอสฟอริก และกรด HCl พบว่าแช่ใน HCl 5% นาน 5 นาที ต้นทุนต่ำและรักษาสีผิวได้ดีที่สุดจึงนำมาทดสอบการแช่ตั้งแต่แบบช่อถึงแช่ทั้งตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 ก.ก. ในสารละลาย 2-60 ลิตร

1.1) ทดสอบแช่กรดเกลือในตะกร้าขนาด 3 kg ในถังพลาสติกขนาดเล็ก วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 6 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำ (1 กก.) โดยบรรจุลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยทั้งช่อในตะกร้าพลาสติกขนาด 3 kg แช่ในสารละลายกรด HCl เข้มข้น 5, 6 และ 6.4% นาน 5 นาที เปรียบเทียบวิกับวิธีทางการค้า ได้แก่ รมควันด้วย SO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 60 min + แช่กรด HCl 5% นาน 5 นาที และรม SO_2 เข้มข้น 1.5% นาน 60 min + ไม่แช่กรด HCl และผลลิ้นจี่ที่ไม่แช่สารและรมควัน นำไปเก็บในถุงพลาสติกเจาะรู รวมกรรมวิธีละ 2 ซ้ำ (ถุง) ตรวจวัดคุณภาพภายหลังเก็บรักษาที่ 5 °C, 85% RH ครบ 10 วัน และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 3 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล สีเนื้อ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

1.2) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค แช่ผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยใน HCl เข้มข้น 5% นาน 5 นาที รวม 4 ตะกร้า รมกำมะถัน 6 ตะกร้าเปรียบเทียบกับไม่แช่สาร 6 กล่องกระดาษขนส่งจากห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จ.เชียงใหม่ ไปกรุงเทพฯ ฝากแช่ที่ 10° C ที่ห้องเย็นของสำนักวิจัยวิทยาการหลังการ

เก็บเกี่ยวและแปรรูป กทม. นำมาจำลองสภาพวางจำหน่ายที่นิทรรศการงานเปิดบ้านวิชาการเกษตร บางเขน กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 29-30 พฤษภาคม 2557 ทดสอบให้ผู้เข้าร่วมชมงานชิมและถามผลการยอมรับทั้งสีผิวและรสชาติ

2) การทดสอบการผสมกรดเกลือ (HCl) ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่

2.1) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ HCl+SMS กับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยร่วมกับการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่

วางแผนการทดลองแบบ 3x4x2+2 Factorial in CRD รวม 26 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ถุงฟิล์มพลาสติก) ๆ ละ 20 ผล

ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของ HCl ได้แก่ 1 3 และ5%

ปัจจัยที่ 2 ระดับความเข้มข้นของ SMS ได้แก่ 0 1 3 และ5%

ปัจจัยที่ 3 ชนิดของบรรจุภัณฑ์ได้แก่ กล่อง chamshell เจาะรู และ active & breathable bag ยี่ห้อ A® หนา 25 ไมครอน ผลิตจากฟิล์มพลาสติก LDPE ขนาดกว้างxยาว (8x15 นิ้ว) ที่ปรับให้มีอัตราส่วนของก๊าซ O_2 ต่อ CO_2 เท่ากับ 5-10% ต่อ 2-15%

เตรียมสารทดแทนตามกรรมวิธีด้านบนโดยละลายสาร SMS ให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการและเติมกรดเกลือที่ระดับความเข้มที่ต้องการลงไปผสมปรับปริมาตร 2 ลิตร นำลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่ผ่านกรรมวิธีต่างๆ โดยการแช่กรรมวิธีละ 5 นาที ผึ่งให้แห้งจากนั้นบรรจุใส่ถุงพลาสติกหรือกล่องพลาสติกจำนวน 20 ผลต่อซ้ำ และนำไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 5 °C, 85-90% RH นาน 7 วัน การบันทึกข้อมูล สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพในวันแรกของการทดลอง และภายหลังการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 5 °C, 85-90% RH และวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน ได้แก่ การตกค้างของ SO_2 ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°) และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

2.2) ผลของกรดต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ในรูปแบบการค้า

คัดเลือกนำเทคโนโลยีที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 2.2.1) มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุมาทดสอบซ้ำอีกครั้ง กรรมวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (กล่อง chamshell) ได้แก่ การแช่ใน 1%HCl ที่ผสมกับ SMS เข้มข้น 1, 3 และ 5% เปรียบเทียบกับวิธีการทางการค้า (SO_2) โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย จังหวัดเชียงใหม่ ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก แช่ในสารที่มีประสิทธิภาพในการทดลองข้อที่ 2.2.1) ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 7 และ 28 วัน ได้แก่ วัดการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005), คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

1) ผลของการพัฒนาการพ่นฝอยและการทดสอบการรมด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ระดับห้องปฏิบัติการ

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำ (กล่องพลาสติก)ๆ ละ 20 ผล ได้แก่ วิธีการรมควันก๊าซ ClO_2 ความเข้มข้น 20,000 และ 10,000 ppm โดยเตรียมแก๊ส ClO_2 จากปฏิกิริยาระหว่างกรดเกลือ 9%+และโซเดียมคลอไรต์ 7.5% ในตู้ดูดควัน รมลิ้นจี่ในตู้กระจก 2 ความเข้มข้นๆ ละ 3 ซ้ำ (20 ผล), วิธีการแช่ 2 ความเข้มข้นที่ดี ได้แก่ 6,000 และ 5,000 ppm, การพ่นหมอกสาร ClO_2 ในรูปสารละลายเข้มข้น 6000 ppm ใช้วิธีพ่นฝอยเป็นหมอกด้วยชุดพ่นในห้องรมจำลอง เปรียบเทียบกับแช่ SMS 5%+HCl 1% และผลลิ้นจี่ไม่รมสาร โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยจากจังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว กรรมวิธีที่ 1-2 รมควันในตู้กระจกที่มีผลลิ้นจี่นานเท่ากัน 60 นาที ปล่อยให้แก๊สสลายตัว 1 ชั่วโมง กรรมวิธีที่ 3-4 แช่ในสารละลายนาน 5 นาทีและปล่อยให้แห้ง และกรรมวิธีที่ 5 รมผลลิ้นจี่ด้วยวิธีการพ่นหมอกด้วยอุปกรณ์พ่นในตู้กระจกที่ผ่านการทดสอบคัดเลือกรูปแบบที่ดีจำนวน 1 วิธีการมาใช้ในการทดลองนี้ พ่นฝอยนาน 10 นาที รมต่อนาน 30 นาที ผึ่งให้แห้งและบรรจุในกล่องพลาสติกเจาะรู (clamp shell) จำนวน 2 กล่อง (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธีรวมทั้งหมด 14 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 90% RH นาน 21 วัน

2) ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่

คัดเลือกนำเทคโนโลยีที่ได้ผลดีจากการทดลองที่ 2.1 มีประสิทธิภาพสูงในการยืดอายุมาทดสอบในขนาดการทดลองที่ใหญ่ขึ้น วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกขนาด 3 kg) ได้แก่ การแช่ใน ClO_2 0.5% แช่นาน 3, 4 และ5 นาที เปรียบเทียบกับวิธีการทางการค้า (รม SO_2) โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยจากจังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg และผ่านการทำ precooling ด้วยวิธีแช่น้ำแข็งแล้ว นำมาทดสอบต่อที่ห้องปฏิบัติการ กพป. สวพ.1 แช่ในสารที่มีประสิทธิภาพในกรรมวิธีที่ 1-3 ระวังขณะแช่ในตู้ดูดควันและต้องใส่หน้ากากกันสารพิษ ผึ่งให้แห้ง จำนวน 3 ตะกร้า (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธีรวมทั้งหมด 12 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 28 วัน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล และการสูญเสียน้ำหนัก การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°) การตกค้างของ ClO_2 ในผล (Saengnil et al., 2014) และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 3 ทดสอบการส่งออกผลลิ้นจี่ที่ใช้สารทดแทน

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1

1) การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการทดแทน วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ (ตะกร้าขนาด 3 kg) ได้แก่ การแช่ใน ClO_2 0.5% แช่นาน 4 นาที ผลการทดลองจากการทดลองที่ 2, 1%HCl+SMS 1% ผลการทดลองจากการทดลองที่ 1 ชุดควบคุมได้แก่ วิธีการทางการค้า (รม SO_2) และ Pre-

cooling ด้วยน้ำแข็ง วิธีการค้าส่งไปจีน การแช่ในสารที่มีประสิทธิภาพในกรรมวิธีที่ 1-2 ระวังตอนแช่ต้องทำในตู้ดูดควันและใส่หน้ากากกันสารพิษ ผึ่งให้แห้ง จำนวน 3 ตะกร้า (ซ้ำ) ต่อกรรมวิธีรวมทั้งหมด 12 ซ้ำ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 85% RH นาน 21-28 วัน สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และนำมาบดตรวจวัด pH ของเปลือกและเนื้อผล การสูญเสียน้ำหนัก, การวัดสีด้วยเครื่องวัดสีโดยวัดสีของเปลือกผลบริเวณแก้มผลสองข้าง บันทึกค่าที่ได้ในรูป L* และ a* value ซึ่งแสดงถึง ความสว่างและความมีสีแดงของเปลือกผล ตามลำดับ และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

2) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือตอนบนในสารทดแทนฯ โดยใช้แบบสอบถามทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการ รวม 184 คน นำเทคโนโลยีสารทดแทนที่ได้จากการทดลองที่ 3.1) มาทดสอบการยอมรับด้วยแบบสอบถามกลุ่มผู้บริโภค และผู้ประกอบการ ได้แก่ การแช่ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยใน HCl 1%+SMS 3% แช่นาน 5 นาที แช่ใน ClO_2 0.6% แช่นาน 4 นาที (เพิ่มความเข้มข้นจากเดิม 0.5%) นำไปเก็บรักษานาน 7 วันที่ 8 ˚C มาทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีทางการค้า คือ รมควันด้วย SO_2 กับกลุ่มประชากรเขตภาคเหนือตอนบนพื้นที่สำรวจได้แก่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ และโรงคัดบรรจุจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ กลุ่มภาครัฐ ผู้ประกอบการ พ่อค้า นักศึกษา เกษตรกร เป็นต้น วิเคราะห์ความถี่ และค่าร้อยละโดยเฉลี่ย

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้กรดต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

1) การทดสอบการแช่กรดต่อสีผิวลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวย

1.1) ทดสอบแช่กรดเกลือในตะกร้าขนาด 3 kg ในถังพลาสติกขนาดเล็ก พบว่าคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคในสีผิวการแช่กรด HCl 5, 6, 6.4 และ รม SO_2 +แช่กรด HCl 5.0% ดีกว่าการรม SO_2 อย่างเดียวที่มีสีผิวเหลืองอมเขียว แต่คุณภาพในเนื้อผลไม่แตกต่างกันระหว่างการแช่กรด และวิธีทางการค้าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีค่าต่ำกว่า 5.0 ในทุกด้าน (ตารางที่ 1) การแช่กรด HCl 5% นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทางการค้า ได้แก่ รม SO_2 และรม SO_2 + แช่กรด HCl 5.0% รวมทั้งลิ้นจี่ที่ไม่ได้รม+ไม่ได้แช่สาร (ตารางที่ 2) การแช่กรด HCl ความเข้มข้นสูงขึ้น คือ 6.4% นาน 5 นาทีมีผลทำให้ pH ของเปลือกผลมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 2.17 ทำให้มีผลต่อคะแนนความผิดปกติของเนื้อมีค่าสูงและผลนิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบวิธีทางการค้าระหว่าง รม SO_2 และรม SO_2 + แช่กรด HCl 5.0% เมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน คุณภาพผลดีที่สุด ผลไม่นิ่ม โดยสรุปแล้ว การแช่กรด HCl 5% นาน 5 นาทีจึงนำไปใช้แช่ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยได้พบว่าผู้บริโภคยอมรับสีผิวเปลือก สีเนื้อ ความแน่นเนื้อ กลิ่น รสชาติ และโดยรวมพบค่าสูง และคะแนนสีเนื้อมีค่า 1.2 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สอดคล้องกับเบญจมาส และคณะ (2546) พบว่าสำหรับคุณภาพการรับประทานนั้นพบว่าลิ้นจี่ที่ไม่รม SO_2 แต่จุ่มกรด HCl (pH 0.4) นาน 1.5 หรือ 3.5 นาที และ control ยังมีคุณภาพการรับประทานเป็นที่ยอมรับแม้จะเก็บรักษาไว้นาน 3 สัปดาห์ที่ 2°C เมื่อเปรียบเทียบกับ ลิ้นจี่ที่รม SO_2 และจุ่ม HCl มีคุณภาพการรับประทานที่ด้อยกว่า และผลลิ้นจี่นิ่มลง อาจเกิดจากการแช่ HCl ทำให้ SO_2 ซึมเข้าเนื้อได้มากขึ้นเนื่องจาก SO_2

ทำงานได้ดี เมื่อ pH เป็นกรด (Paull *et al*., 1998) แต่ไม่สอดคล้องกับสดศรี (2546) พบว่าการแช่ HCl ไม่สามรถใช้กับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยได้พบว่าการแช่ 4% HCl นาน 4 นาที ภายหลังการขัดผิวด้วยระบบ HWB ที่ 50˚C นาน 1 นาที คุณภาพของเนื้อมีการเปลี่ยนแปลง และผู้บริโภคไม่ยอมรับ แต่ใช้กับพันธุ์ค่อมได้

ตารางที่ 1 คุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคหลังการเก็บรักษาผ่านไป 10 วันที่ 5 ℃, 85% RH.

กรรมวิธี	การยอมรับของผู้บริโภค					
	สีเปลือก	สีเนื้อ	ความแน่นเนื้อ	กลิ่น	รสชาติ	โดยรวม
T1=แช่กรด HCl 5.0%	7.10 a	6.30 a	6.30 a	6.60 a	6.60 a	6.70 a
T2=แช่กรด HCl 6.0%	6.70 a	6.40 a	5.80 a	6.10 a	6.10 a	6.10 a
T3=แช่กรด HCl 6.4%	6.70 a	6.20 a	6.00 a	6.10 a	6.00 a	6.20 a
T4=รม SO_2 +แช่กรดHCl 5.0%	7.00 a	6.30 a	6.50 a	6.40 a	6.30 a	6.30 a
T5=รม SO_2	4.20 b	5.90 a	6.30 a	6.20 a	6.30 a	6.20 a
T6= Control ไม่ได้รม,แช่กรด	1.50 c	4.80 b	4.80 b	4.70 b	4.40 b	4.20 b
F-test	*	*	*	*	*	*
%CV	5.11	5.01	5.04	5.34	4.65	6.36

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 2 คุณภาพผลหลังการเก็บรักษาผ่านไป 10 วันที่ 5 ℃, 85% RH

กรรมวิธี	คะแนนการเกิดสีน้ำตาล	คะแนนความผิดปกติเนื้อ	pH เปลือก	pH เนื้อ
T1=แช่กรด HCl 5.0%	1.15 bc	1.20 ab	2.44 d	4.12
T2=แช่กรด HCl 6.0%	1.40 b	1.15 bc	2.32 d	4.11
T3=แช่กรด HCl 6.4%	1.60 b	1.35 a	2.17 e	4.16
T4=รม SO_2 + แช่กรด HCl 5.0%	1.00 c	1.05 bc	2.55 c	3.94
T5=รม SO_2	1.00 bc	1.00 c	4.68 b	4.50
T6= Control ไม่ได้รม,แช่กรด	5.00 a	1.00 c	5.00 a	4.45
F-test	*	*	*	NS
%CV	17.59	6.79	1.63	5.26

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2) ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผลที่ไม่แช่สารเคมีสีผิวเปลือกคล้ำลงแต่ผู้บริโภคเกือบทั้งหมดให้การยอมรับด้านคุณภาพและรสชาติ แนวโน้มระหว่างผลที่แช่สาร HCl 5% กับผลที่รม SO_2 พบว่าสีเปลือกนอกของผลที่แช่ HCl 5% ผู้บริโภคให้ความสนใจมากกว่าผลที่รมด้วย SO_2 และการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แต่จะมีจุดด้อยคือผู้บริโภคพบว่าผลที่แช่ HCl 5% เปลือกจะบางและนิ่มกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่าง 2 ชนิดข้างต้น ด้านรสชาติ ผู้บริโภคให้การยอมรับผลที่รมด้วย SO_2 มากกว่าผลที่แช่ด้วย HCl 5% ซึ่งผลที่รมด้วย SO_2 จะมีรสชาติหวานใกล้เคียงกับตัวอย่างธรรมชาติ (control) กว่าผลที่แช่ด้วย HCl 5% ที่มีรสชาติอมเปรี้ยวชัดเจน และผู้บริโภคก็ไม่มั่นใจว่าเกิดจากสารที่ใช้ทดสอบหรือเป็นรสชาติธรรมชาติ

2) การทดสอบการผสมกรดเกลือ (HCl) ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ต่อการลดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่

2.1) การทดสอบเทคโนโลยีการแช่ HCl+SMS กับลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยร่วมกับการเก็บรักษาในกล่องพลาสติกต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลิ้นจี่ พบว่าการใช้ HCl 1% + SMS 1-5% และการใช้ HCl 3% + SMS 1% แช่นาน 5 นาที ค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลในวันแรกของการเก็บรักษาพบค่าต่ำกว่า 10 ppm เกณฑ์ของ EU (ตารางที่ 3) เมื่อเก็บรักษาต่ออีก 7 วันที่ 5˚C ในภาชนะบรรจุที่นิยมใช้จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า พบว่าการเก็บรักษาในกล่อง clamshell ที่เจาะรูพบค่าตกค้าง SO_2 ต่ำกว่า ถุง Active film ยี่ห้อ A (ไม่เจาะรูแต่ออกแบบให้มีระดับ O_2 และCO_2 เท่ากับ 5 และ10%) ทั้งในเปลือกและเนื้อ เนื่องจากก๊าซ SO_2 สลายตัวได้เร็วกว่า (ตารางที่ 4) การใช้ HCl 1% + SMS 1-5% แช่นาน 5 นาทีร่วมกับการเก็บรักษาในกล่อง clamshell จึงเหมาะสมกว่า Active film

- การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล พบว่าส่วนการแช่กรด HCl อย่างเดียวกับร่วมกับการเก็บรักษาใน clamshell พบว่าการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่า HCl+SMS อย่างมีนัยสำคัญ ข้อสังเกต ในสีผิวหลังกรรมวิธีในวันแรกในการแช่สารละลายผสม HCl + SMS นั้น พบว่าการเก็บรักษาใน Clamshell เหมาะสมกว่าการเก็บรักษาใน Active film ผลลิ้นจี่หลังแช่มีสีเหลืองเขียวเช่นเดียวกับการรม SO_2 แต่สีผิวเปลือกคืนกลับเป็นสีแดงชมพูได้เร็วกว่า เพราะสารละลาย HCl + SMS มีค่า pH เป็นกรด และเจาะรูกล่องจึงสัมผัสกับก๊าซ O_2 แต่มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า

- การทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าการใช้ HCl และ SMS ความเข้มข้นสูงมีคะแนนการยอมรับสีผิวเปลือกนอกสูงกว่าการใช้ความเข้มข้นต่ำ โดยเฉพาะการใช้ HCl 5% ผสมกับ SMS 0-5% พบค่าการยอมรับด้านสีผิวเปลือกสูงที่สุด โดยพบค่าระหว่าง 2.87-3.12 (จาก 5 คะแนน) การใช้ร่วมกับ champ shell มีคะแนนการยอมรับด้านรสชาติและคุณภาพโดยรวมสูงกว่า Active film การใช้ HCl ร่วมกับ SMS ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีกว่าการใช้สารใดสารหนึ่งอย่างเดียว ไม่ความแตกต่างในสีเนื้อทุกกรรมวิธี การใช้ HCl+SMS ร่วมกับการเก็บรักษาใน clamshell เหมาะสมที่สุด ส่วนผลลิ้นจี่ที่ไม่แช่สารใดเลย (Control 1 และ2) แนะนำให้เก็บในถุง Active film พบว่ามีคุณภาพด้านสีผิวเปลือกและเนื้อดีกว่า clamshell และช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5˚C และวางจำหน่ายนาน 3 วัน การใช้ HCl 3% + SMS 1% แช่นาน 5 นาที พบว่าสีผิวมีค่า 2.75 (จาก 5 คะแนน) เพราะสีเปลือกมีสีแดงมากกว่าการใช้การใช้ HCl 1% + SMS 1-5% แช่นาน 5 นาที พบค่าระหว่าง 1.75-2.25 เนื่องจากมีส่วนผสมของกรด HCl มากกว่านั่นเอง ในขณะผลลิ้นจี่ที่ไม่แช่สารเคมี สามารถเก็บรักษาในถุง Active film ได้พบคะแนนการยอมรับหลังผ่านไป 7 วันค่าเท่ากับ 2.75 สูงกว่ากล่อง clamshell แต่เมื่อนำออกจากถุงสัมผัสกับออกซิเจนสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 3 ผลของ HCl ผสมกับ SMS ต่อการตกค้างของ SO_2 ในวันแรกของการเก็บรักษา

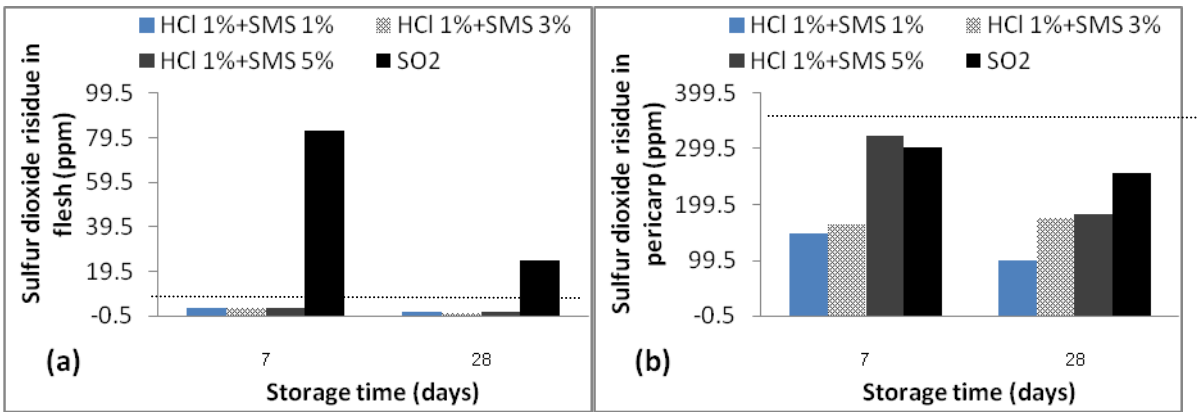
HCl (%)	SMS (%)	SO_2 residue in flesh (ppm)	SO_2 residue in pericarp (ppm)	SO_2 residue in whole fruit (ppm)
1	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f
1	1	1.29 d	545.40 c	111.26 de
1	3	1.09 d	497.94 cd	93.95 e
1	5	1.77 d	1,676.10 a	374.50 a
3	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f
3	1	2.13 d	354.72 cd	93.92 e
3	3	47.39 b	858.94 b	211.53 c
3	5	136.80 ab	1,524.30 a	368.74 a
5	0	0.00 d	0.00 e	0.00 f
5	1	38.32 c	272.51 d	70.35 e
5	3	114.56 ab	423.30 cd	139.41 d
5	5	157.12 a	1,079.20 b	284.35 b

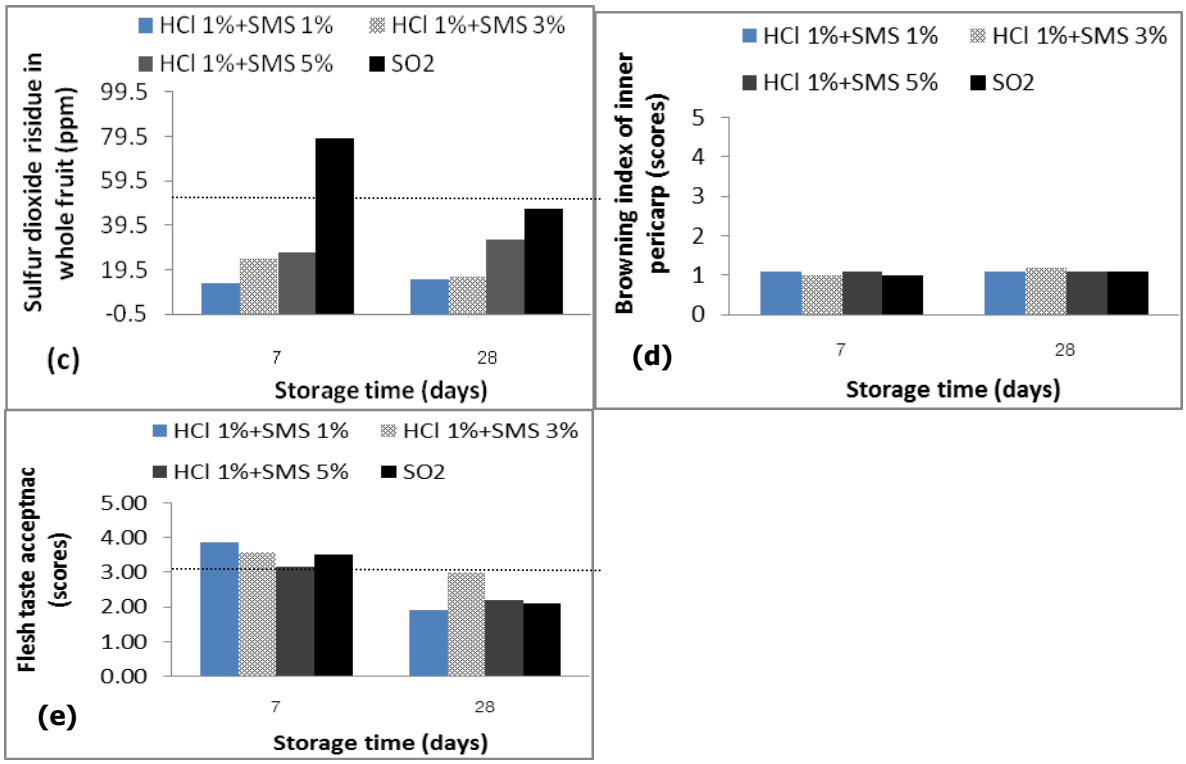
ตารางที่ 4 ผลของ HCl ผสมกับ SMS และบรรจุภัณฑ์ต่อการตกค้างของ SO_2 ระหว่างการเก็บรักษานาน 7 วันที่ 5˚C

HCl (%)	SMS (%)	Packaging	SO_2 residue in flesh (ppm)	SO_2 residue in pericarp (ppm)
1	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
1	1	Clamshell	1.95 c	216.44 de
1	3	Clamshell	2.34 c	190.41 de
1	5	Clamshell	1.73 c	447.44 bc
3	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
3	1	Clamshell	2.05 c	98.57 def
3	3	Clamshell	4.50 c	134.02 def
3	5	Clamshell	1.82 c	164.75 def
5	0	Clamshell	0.00 c	0.00 f
5	1	Clamshell	1.64 c	96.98 def
5	3	Clamshell	1.65 c	91.70 def

5	5	Clamshell	18.73 c	166.16 def
1	0	Active film	5.00 c	3.73 f
1	1	Active film	3.28 c	419.20 bc
1	3	Active film	1.87 c	479.89 b
1	5	Active film	27.03 c	1.00 f
3	0	Active film	3.60 c	3.00 f
3	1	Active film	1.39 c	279.38 cd
3	3	Active film	98.71 b	452.07 bc
3	5	Active film	248.36 a	813.32 a
5	0	Active film	2.60 c	1.80 f
5	1	Active film	91.88 b	127.58 def
5	3	Active film	124.17 b	433.24 bc
5	5	Active film	248.16 a	516.61 b

2.2) ผลของกรดต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่ในรูปแบบการค้า พบว่าการใช้ 1%HCl+SMS 1-5% ทุกกรรมวิธีพบค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลต่ำกว่าวิธีการรมควัน SO_2 อย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการเก็บรักษานาน 28 วันพบค่าตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 10 ppm (เกณฑ์ของ EU) (ภาพที่ 1a) เมื่อเปรียบเทียบกับการรมด้วย SO_2 ที่การตกค้างในเนื้อพบค่าสูงเกิน 50 ppm นอกจากนั้นการพิจารณาค่าการตกค้าง SO_2 ทั้งผลหากส่งออกไปประเทศสิงคโปร์ที่อ้างอิงค่าของ Codex พบว่าการใช้ 1%HCl+SMS 1-5% ทุกกรรมวิธีพบค่าต่ำกว่า 50 ppm (เกณฑ์ของสิงคโปร์ทั้งผลต่ำกว่า 50 ppm) ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน (ภาพที่ 1c) การใช้ 1%HCl+SMS 3% มีคะแนนการเกิดสีตาลในเปลือกนอกต่ำไม่แตกต่างจากการใช้ SO_2 (ภาพที่ 1d) แต่พบคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าด้านรสชาติสูงกว่าทุกกรรมวิธี เมื่อเก็บรักษานาน 28 วัน (ภาพที่ 1e) ขณะที่สีเนื้อพบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันพบค่าต่ำ 1.0





ภาพที่ 1 ผลของการแช่ 1%HCl+SMS 1-5% ต่อการตกค้างในเนื้อผล (a) ในส่วนเปลือกผล (b) และคำนวณทั้งผล (c) ของผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษานาน 7 และ 28 วันที่ 5 °C, 85% RH (เส้นปะ คือ ระดับการยอมรับ)

การทดลองที่ 2 การทดสอบเทคโนโลยีการใช้คลอรีนไดออกไซด์ต่อการยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

1) ผลของการพัฒนาการพ่นฝอยและการทดสอบการรมด้วยคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าการแช่สารละลาย ClO_2 ความเข้มข้น 6,000 ppm ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 7 วันดีกว่าแช่ ClO_2 5,000 ppm ประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากแช่ SMS 5%+HCl 1% นาน 5 นาที ขณะที่ผลลิ้นจี่ไม่รมสาร และกรรมวิธีอื่นๆ การเกิดสีน้ำตาลสูงเมื่อเก็บรักษานาน 3 วัน แต่อย่างไรก็ตามการแช่ ClO_2 6,000 ppm นาน 5 นาทีมีผลกับสีเนื้อเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ความเข้มข้นที่ต่ำลง การแช่ SMS 5%+HCl 1% มีคุณภาพที่ดีไม่แตกต่างกับผลไม่แช่สาร การเปลี่ยนแปลงทางเคมี พบว่าการแช่ ClO_2 5,000 และ 6,000 ppm นาน 5 นาทีลดพีเอชของเปลือกให้ต่ำกว่า 4.00 ในขณะการแช่ SMS 5%+HCl 1% มีผลทำให้พีเอชเนื้อมีค่าต่ำลง ส่วนปริมาณคลอไรด์(Cl^-) ตกค้างพบว่ากรรมวิธีที่มีสาร Cl ในองค์ประกอบพบตกค้างในเปลือกสูงกว่าผลลิ้นจี่ไม่แช่สาร ขณะที่ในเนื้อมีค่าต่ำใกล้เคียงกัน

2) ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อคุณภาพผลและอายุการวางจำหน่ายลิ้นจี่

การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านในพบว่าการรม SO_2 มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ ClO_2 5,000 ppm ทุกกรรมวิธีพบค่าระหว่าง 1.0-1.2 ส่วนการแช่ ClO_2 มีค่าเกิน 3 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 3 สัปดาห์ (ภาพที่ 2) ขณะที่การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกด้านนอกพบว่าการแช่ ClO_2 มีค่าต่ำกว่า 3.0 ในวันแรก ส่วนวันที่ 7 14 และ 21 มีค่าเกิน 3 แต่ไม่แตกต่างจากการรมด้วย SO_2 และความผิดปกติของสีเนื้อพบว่าทุกกรรมวิธีไม่มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสีเนื้อไม่เปลี่ยนแปลงโดยพบค่าต่ำกว่า 2.5 การแช่ ClO_2 นาน 3 และ 4 นาที พบค่าสูงมากกว่า 3.0 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน ซึ่งสูงกว่าการรม SO_2 แต่ไม่แตกต่างกันกับการรม SO_2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การยอมรับด้านประสาทสัมผัสในเปลือกในพบว่าการรม SO_2 พบค่าสูงเกิน 3.0 ตลอดอายุการเก็บรักษาเมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ ClO_2 การยอมรับด้านประสาทสัมผัสในคุณภาพเนื้อได้แก่ สีเนื้อ ความแน่นเนื้อ รสชาติ กลิ่น และโดยรวม พบทุกกรรมวิธีมีค่าสูงและไม่แตกต่างกัน ในส่วนรสชาติและโดยรวมพบว่าการแช่ การแช่ ClO_2 3 และ 4 นาที ให้คะแนนสูงกว่าการรม SO_2 และการสูญเสียน้ำหนักพบว่าสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา การตกค้างของ ClO_2 ในผลพบว่าในเปลือกมีการตกค้างอยู่ในช่วง 0.5-1.5 ppm ส่วนในเนื้อ มีค่าการตกค้างต่ำ ทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 5) ค่าตกค้างค่ำสอดคล้องกับ Saengnil et al. (2014) ที่ไม่พบการตกค้างในเนื้อผลจากการรมผลลำไยเข้มข้นระหว่าง 5-25 ppm ระหว่างการเก็บรักษา

ภาพที่ 2 สีผิวภายนอกผลหลังแช่วันแรก (a) และวันที่ 21 (b) ระหว่าการเก็บรักษาที่ 5˚C นาน 21 วัน

ตารางที่ 5 การตกค้างของคลอรีนไดออกไซด์ในเปลือก และเนื้อลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 ºC, 85% RH

กรรมวิธี	Day2		Day 3		Day 5	
	เปลือก(ppm)	เนื้อ	เปลือก(ppm)	เนื้อ	เปลือก(ppm)	เนื้อ
ClO_2 5,000 ppm นาน 3 นาที	0.81	nd	0.92	nd	0.51	nd
ClO_2 5,000 ppm นาน 4 นาที	0.95	nd	1.42	nd	1.32	nd
ClO_2 5,000 ppm นาน 5 นาที	1.26	nd	1.42	nd	1.43	nd
รม SO_2 (วิธีการทางการค้า)	-	-	-	-	-	-
ผลไม่แช่สาร	0.40	nd	0.64	nd	0.22	nd

การทดลองที่ 3 ทดสอบการส่งออกผลลิ้นจี่ที่ใช้สารทดแทน

1) การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการทดแทน

การรม SO_2 ClO_2 และการแช่ HCl+SMS พบคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกนอกต่ำที่สุด พบค่าระหว่าง 1.2-2.3 (จาก 5 คะแนน) และต่ำกว่าเกณฑ์คะแนนการยอมรับ 3.0 ระหว่างการเก็บรักษานาน 7- 21 วัน

(ภาพที่ 3) แต่สีผิวพบว่าการแช่ ClO_2 ความเข้มข้น 0.5% นาน 4 นาทีพบค่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลในเปลือกด้านในสูงกว่า HCl+SMS และ SO_2 ตามลำดับ จึงควรเพิ่มความเข้มข้นของสารจาก 0.5% เป็น 0.6% ในขณะที่ความผิดปกติของสีเนื้อพบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยสีเนื้อไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้นาน 21 วัน กลไกในการยับยั้งการเปลี่ยนสีน้ำตาลระหว่าง SO_2 และการแช่ HCl+SMS คล้ายคลึงกัน คือ SO_2 เป็นสารรีดิวซิ่งเอเจนส์ที่ยับยั้งเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Tongdee, 1994) แต่ SMS+HCl ค่าพีเอชสารละลายเป็นกรดทำให้สีผิวคืนสีเป็นสีชมพูเร็วกว่า SO_2 ภายหลังผ่านไป 7 วัน ส่วนการเน่าเสียพบว่าการใช้ HCl+SMS และ ClO_2 พบต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี การรม SO_2 การแช่ HCl+SMS และ ClO_2 พบคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกนอกต่ำที่สุดสอดคล้องกับค่าความสว่าง คือ L* จากการวัดสีผิวของเปลือกผลที่มีค่าสูงตลอดตลอดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน ส่วนค่าสีแดงเมื่อวัดจากค่า a* ที่เป็นบวก พบว่าการแช่ HCl+SMS และ ClO_2 พบค่าสูงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 28 วันเมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 และผลลิ้นจี่ที่ทำ precooling อย่างเดียว โดยการแช่ HCl+SMS จะระเหยได้ก๊าซ SO_2 ภายหลังการแช่นั้นพบว่าช่วงสัปดาห์แรกสีผิวจะเป็นสีเหลืองแกมชมพูสังเกตจากค่า a* ต่ำกว่า ClO_2 แต่สูงกว่า SO2 ทีสีผิวเหลืองเขียวชัดเจน จากนั้นสีผิวเริ่มเปลี่ยนเป็นสีชมพูเมื่อวัดจากค่า a* ไม่แตกต่างจากการแช่ ClO_2 ในสัปดาห์ที่สอง และค่าสูงกว่า SO_2 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 28 วัน

ClO_2 0.5% นาน 4 นาที

SO_2 (วิธีการค้า)

HCl 1%+SMS 1% นาน 5 นาที

Precooling and no treated

ภาพที่ 3 สีผิวภายนอกผลหลังแช่ ClO_2 เปรียบเทียบกับ HCl+SMS และ SO_2 ในวันแรก (a) และวันที่ 21 (b) ของผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 °C, 85% RH นาน 21 วัน

การยอมรับของผู้บริโภค พบว่าสีผิวเปลือกนอก การแช่ ClO_2 และการแช่ HCl+SMS มีคะแนนสูงกว่า 3.0 ใน เมื่อเก็บรักษานาน 7- 21 วัน สูงกว่าการแช่ SO_2 ในวันที่ 21 สีผิวเปลือกในพบว่า การรม SO_2 และแช่ HCl+SMS มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าการแช่ ClO_2 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน ในคุณภาพด้านสีเนื้อ ความแน่นเนื้อ รสชาติ กลิ่น โดยรวมพบว่าทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันพบค่าสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้ ClO_2 มีคะแนนของกลิ่น รสชาติ และโดยรวมสูงกว่าการรม SO_2 พีเอชของเปลือกและเนื้อผลพบว่าการแช่ ClO_2 พบค่าพีเอชเปลือกลดต่ำกว่าทุกกรรมวิธี รองลงมาได้แก่ HCl+SMS SO_2 และผลทำ precooling ตามลำดับ ในขณะพีเอชเนื้อพบว่าการแช่ HCl+SMS พบค่าต่ำลงเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วันแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ และการสูญเสียน้ำหนัก พบว่าสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาและไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2) ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือตอนบนในสารทดแทนฯ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามรวม 184 คน ส่วนมากเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายเท่ากับ 103 คิดเป็นร้อยละ 56 และเป็นกลุ่ม

นักเรียนนักศึกษามีการศึกษาระบบชั้นมัธยมร้อยละ 47.8 และมีกลุ่มผู้ประกอบการร้อยละ 3.0 ผู้ตอบสอบถามส่วนมากชอบทานลิ้นจี่ร้อยละ 87 พบว่าผู้บริโภคชอบผลลิ้นจี่ที่ใช้ ClO_2 0.6% มากที่สุดเท่ากับ 93 คน คิดเป็นร้อยละ 52.6 รองลงมาได้แก่ SO_2 และ HCl+SMS เท่ากับ 46 และ 38 คน คิดเป็นร้อยละ 26 และ 21.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) เมื่อทดสอบแยกโดยให้ผู้บริโภคประเมินแยกระหว่างเปลือกกับเนื้อผลทดสอบชิมกับ 3 กรรมวิธี พบว่าผู้บริโภคที่ชอบลิ้นจี่ที่ใช้ ClO_2 0.6% มีความถี่ของการยอมรับภายหลังการทดสอบชิมสีเปลือกและเนื้อคะแนนมากกว่า 3.0 โดยคิดคะแนนคะแนน 3.0-5.0 เท่ากับ 164 และ 155 คน ตามลำดับ พบว่าผู้บริโภคชอบสีแดงของผิวเปลือกหลังแช่ ClO_2 มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนกรรมวิธี HCl+SMS พบว่ามีความถี่ของการยอมรับภายหลังการทดสอบชิมสีเปลือกและเนื้อคะแนนมากกว่า 3.0 โดยคิดคะแนนคะแนน 3.0-5.0 เท่ากับ 138 และ 161 คนตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการค้า SO_2 มีความถี่ของการยอมรับภายหลังการทดสอบชิมสีเปลือกและเนื้อคะแนนมากกว่า 3.0 โดยคิดคะแนนคะแนน 3.0-5.0 เท่ากับ 131 และ 154 คนตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยสรุปแล้วผู้บริโภคชอบสีผิวสีแดงของผลที่แช่ ClO_2 มากที่สุด จำนวน 164 คน และคุณภาพเนื้อชอบผลที่แช่ HCl+SMS มากที่สุดรวม 161 คน ดังนั้นทั้งสองกรรมวิธีจึงสามารถนำไปทดสอบการส่งออก แต่ในที่นี่วิธีที่น่าจะนำไปทดสอบได้ดีในเชิงการค้า คือ HCl+SMS เพราะมีต้นทุนต่ำกว่า ClO_2 และคุณภาพเนื้อดีกว่า

ตารางที่ 6 การยอมรับในกรรมวิธีสำหรับยืดอายุลิ้นจี่ส่งออก

	SMS+HCl	SO_2	ClO_2
ความถี่ (คน)	38	46	93
ร้อยละ	21.5	26	52.6

ตารางที่ 7 ความถี่ของความชอบที่มีต่อการยอมรับด้านสีผิวเปลือกและคุณภาพเนื้อ

คุณภาพผล	**ระดับคะแนน**	**SMS+HCl**	**SO_2**	**ClO_2**
สีผิวเปลือก	1	12	15	5
	2	28	29	11
ผลรวม 1-2		**40**	**44**	**16**
	3	37	33	26
	4	87	80	76
	5	14	18	62
ผลรวม 3-5		**138**	**131**	**164**
รสชาติ	1	3	7	7
	2	17	11	18
ผลรวม 1-2		**20**	**18**	**25**
	3	26	25	27
	4	100	91	75
	5	35	38	53
ผลรวม 3-5		**161**	**154**	**155**

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่า HCl 1%+SMS 1-3% ยืดอายุได้นาน 21 วันที่ 5 ºC, 85% RH โดยช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกได้ดีทั้งด้านนอก และด้านใน สีเนื้อเกิดความผิดปกติน้อย ลดการเน่าเสียได้ดี และพบคะแนนการยอมรับสูงระหว่างการเก็บรักษา ส่วนวิธีการที่ไม่มีสารประกอบ SO_2 ผสมเลยเหมาะสำหรับส่งออกประเทศที่เข้มงวดได้แก่ แช่ HCl 5% นาน 5 นาที และ ClO_2 0.6% นาน 5 นาทีตามลำดับ ผลการสำรวจผู้บริโภคจำนวน 184 คนพบว่าชอบสีผิวสีแดงของผลที่แช่ ClO_2 มากที่สุด จำนวน 164 คน และคุณภาพเนื้อชอบผลที่แช่ HCl 1%+SMS 3% มากที่สุดรวม 161 คน ดังนั้นทั้งสองกรรมวิธีจึงสามารถนำไปทดสอบการส่งออก แต่ในที่นี่วิธีที่น่าจะนำไปทดสอบได้ดีในเชิงการค้า คือ HCl+SMS เพราะมีต้นทุนต่ำกว่า ClO_2 0.6% และคุณภาพเนื้อดีกว่า

2. สามารถนำไปทดสอบการส่งออกไปประเทศปลายทางที่เข้มงวดได้ เช่น ประเทศสิงคโปร์ที่กำหนดค่า SO_2 ตกค้างในลิ้นจี่ทั้งผลตาม Codex กำหนดไว้ไม่เกิน 50 ppm และ EU กำหนดไว้ในเนื้อผล 10 ppm หรือประเทศที่ห้ามใช้ เช่น สหรัฐอเมริกาและแคนาดาได้

3. การผสมกรดและ SMS ต้องทดสอบการผสมที่ปลอดภัยเพราะมีแก๊ส SO_2 เกิดขึ้น และมีเครื่องมือดูดสาร เช่น ปั้มทนกรดเป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

4.สามารถนำไปทดสอบการแช่ลิ้นจี่ที่จำหน่ายภายในประเทศได้ทั้งจำหน่ายมัดปุกหรือในกล่อง clamshell ลดปัญหาผิวคล้ำเนื่องจากการสูญเสียน้ำของเปลือกได้

5. การทดสอบการส่งออกเบื้องต้น ได้ดำเนินการแนะนำกรรมวิธีสำหรับรักษาสีผิวลิ้นจี่ส่งออก ได้แก่ การใช้กรด HCl เพื่อรักษาสีผิวกับลิ้นจี่ส่งออกไปสาธารณรัฐประชาชนจีนจำนวน 2 บริษัท ได้แก่

- บริษัท ก. ทดสอบการผสมกรด HCl เข้มข้น 1% ลงในน้ำเย็นที่ผสมน้ำแข็งในรางเลื่อนแสตนเลสในลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยที่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ส่งออกจำนวน 1 ตู้คอนเทนเนอร์ พบว่าปัญหาที่พบ คือ ความคุ้นเคยของผู้ปฏิบัติงานที่เน้นวิธีที่ง่าย การผสมกรด HCl 1% ไม่สามารถใช้มือจุ่มลงในน้ำเย็นได้ และไม่ควรมีฟองน้ำหรือใบวางบนตะกร้าเพราะจะทำให้สีผิวลิ้นจี่ด้านบนตะกร้าผิดปกติ

- บริษัท ข. ทดสอบผสม HCl จำนวน 1 ลิตร ในเย็นในรางเลื่อนแสตนเลสปริมาตรน้ำ 1000 ลิตร สำหรับ precooling ลิ้นจี่พันธุ์ค่อม อ.อัมพวา จ.สมุทรสาคร ส่งออกหลายตู้จากการสอบถามพบว่าช่วยรักษาสีผิวได้ดี ผู้ประกอบการไม่กล้าผสมกรดลงไปในน้ำเย็นจำนวนมาก เพราะขาดปั้มดูดกรด และกรด HCl เป็นไอระเหย

กิจกรรมที่ 3
การทดสอบเครื่องมือต้นแบบในลิ้นจี่ส่งออก
Original dipping machine testing in Litchi for Export

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[1/] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง[2/] วิทยา อภัย[2/] เกรียงศักดิ์ นักผูก[1/] และปรีชา ชมเชียงคำ[1/]

คำสำคัญ : เครื่องมือต้นแบบ กรดไฮโดรคลอริก โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ คลอรีนไดออกไซด์ ลิ้นจี่

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเครื่องมือต้นแบบในลิ้นจี่ส่งออกใน 2 ประเด็น 1) ทดสอบสารทดแทนที่มีประสิทธิภาพในการเก็บรักษาลิ้นจี่ คือ การแช่ในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ที่ความเข้มข้น 3% ผสมกับกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาที โดยนำมาทดสอบกับเครื่องแช่ต้นแบบที่ต่อเติมระบบการแช่ด้วยหอดูดบำบัดก๊าซ SO_2 ที่ระเหยภายหลังการผสมเพื่อป้องกันอันตรายให้กับผู้ปฏิบัติงานระหว่างแช่ จำนวน 4 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 kg/ครั้งการแช่) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ลิ้นจี่ที่รมด้วยก๊าซ SO_2 ที่ความเข้มข้น 0.7% รมนาน 25 นาที และผลลิ้นจี่ไม่แช่สาร จำนวน 4 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติก) ต่อกรรมวิธี พบว่า เครื่องมือต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 5.67 นาที/ตะกร้า การแช่ SMS+HCl พบว่าค่าตกค้างของสาร SO_2 ในเนื้อผลต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของสหภาพยุโรป (10 ppm) และต่ำกว่าวิธีการรมลิ้นจี่ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในสัปดาห์แรกแต่ลดลงไม่แตกต่างกันเมื่อผ่านไปสองสัปดาห์ ค่าการตกค้าง SO_2 ในเปลือกผลทั้งสองกรรมวิธีไม่แตกต่างกันและค่าทั้งผลลดต่ำกว่าเกณฑ์ของ codex (กำหนดไว้ 50 ppm ในลิ้นจี่ทั้งผล) เมื่อเก็บรักษาผ่านไปสัปดาห์ที่สอง คะแนนการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการแช่ SMS+HCl และรม SO_2 ค่าต่ำไม่แตกต่างกัน แต่การแช่ SMS+HCl พบค่าสีแดงผิวเปลือก (a*) สูงกว่าเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 2 สัปดาห์ และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงทั้งสองกรรมวิธีเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สารตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วันที่ 5 °C, 45% RH

2) การทดสอบสารลดการปนเปื้อนของน้ำเย็นสำหรับใช้ลดอุณหภูมิ โดยใช้คลอรีนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารหนึ่งที่อนุญาตให้ใช้ลดการเปื้อนในน้ำเย็น การทดสอบพัฒนาการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นสำหรับการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วยสารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) โดยทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็น ได้แก่ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นที่ผสมสารฆ่าเชื้อ ClO_2 เข้มข้น 0, 50, 240 ppm เปรียบเทียบกับการลดด้วยน้ำเย็นที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา คือ คาร์เบนดาซิม และผลไม่ใช้วิธีการลดอุณหภูมิ พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03 °C อุณหภูมิเนื้อในผลลิ้นจี่เฉลี่ย 11.55 °C และการใช้สารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ที่ความเข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 8 °C, 55-65% RH และการทดสอบเปรียบเทียบเชิงการค้าด้วยลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นด้วยสารคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ที่ความเข้มข้น 300 ppm กับ

วิธีทางการค้าของบริษัท พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0 ° C อุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70 ° C ช่วยรักษาคุณภาพผลและอายุการเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C, 45% RH

[1/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
[2/]สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่

Research Activity III
Original dipping machine testing in Litchi for Export

Satippong Rattanakam[1/] Suttinee Likhittragulrung [2/] Wittaya Apai[2/]
Kriangsak Nukphuk[1/] and Preecha Chomchiangkam[1/]

Key words: Original dipping machine, hydrocooling, hydrochloric acid, chlorine dioxide, litchi.

Abstract

The main objective of this research was to test original dipping machine for two technologies, 1) testing of the selected alternative method to SO_2 by dipping in sodium metabisulfite 3% mixed in HCl 1% for 5 min. Original dipping machine testing added with SO_2 wet scrubber to remove SO_2 gas evaporated during mixing between reaction of SMS and HCl to avoid harmful for the worker was used. Four 11.5 kg plastic perforated plastic basket was dipped in SMS 3% + HCl 1% for ~5 min. This was compared with two control treatments, i.e. fruit fumigated with sulfur dioxide (SO_2) at 0.7% concentration for 25 min and untreated fruit. It comprised of 4 replicate (basket) per treatment. It was found that original dipping machine showed the time of contact average at 5.67 min/time. Dipping in SMS 3% + HCl 1% showed SO_2 residue in fruit flesh less than EU tolerance (10 ppm) in the 1st week of storage and lower than that of SO_2 as conventional method but showed not significant result after 2nd week of storage thought out period of time. Moreover there was not significant in pericarp among two treatments and SO_2 residual in whole fruit showed less than Codex (50 ppm in whole fruit) after 2nd week of storage. Browning score of two treatments was not significant but fruit dipping in SMS+HCl had found higher value of a* as a red color in pericarp than SO_2 after two weeks of storage time. The consumer acceptance of two treatment maintained high score as compared with untreated fruit thought out period of time for 21 day at 5 °C, 45% RH.

2) Testing on a disinfectant for decontamination in cooling water with hydrocooling technique in extending shelf life of litchi for export was studied. It has commercially been used for litchis for a long time, however, one of disadvantage method was cooling water easily

contaminated from diseases after dipping repeated. Chlorine dioxide (ClO_2), one of approved disinfectants in water was one of interesting sanitizer. Testing to reduce microorganism contamination in the cold water for cooling fruit with ClO_2 was studied in Emperor' litchi. Cooling water containing as a sanitizer: ClO_2 0, 50, 240 ppm compared with cooling water containing fungicide: carbendazim and without precooling method. The results showed that the cooling time average was at 11.95 minutes. Water and fruit flesh temperature average was at 0.03 °C and 11.55 °C, respectively. The use of ClO_2 at a concentration of 50 and 240 ppm could decrease the amount of microbes in the cooling water and delay the fruit quality changes and spoilage during storage for up to 11 days at 8 °C, 55-65% RH.

[1/]Agricultural Engineering Research Institute, Mae Hea, Muaeng, Chiang Mai

[2/]Office of Agricultural Research and Development Region 1, Muaeng, Mae Hea, Chiang Mai

For the comparative testing with the commercial scale, the use of precooling Emperor' litchi with ClO_2 at a concentration of 300 ppm and the commercial. The results showed that the cooling time average was 12.29 minutes. Water and flesh temperature averages was 0 ° C and 5.70 ° C respectively. Precooling containing ClO_2 could maintain fruit quality and prolong shelf life during storage at 5 °C, 45% RH .

บทนำ

ลิ้นจี่สดหลังการเก็บเกี่ยวมีปัญหาสำคัญ คือ เปลือกเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องภายใน 2-3 วันและอุณหภูมิต่ำภายใน 7 วันเนื่องจากเป็นผลไม้เปลือกบาง และปัญหาการเน่าเสียทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง การรมด้วยแก๊ส SO_2 ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า 60 วัน ทำให้สามารถส่งออกทางเรือได้ (Tongdee, 1994) ปัญหาหนึ่งที่สำคัญจากผลการใช้ SO_2 ในลิ้นจี่และปัญหาเดียวกับลำไย คือ การตกค้าง SO_2 ในเนื้อผลเป็นประเด็นสำคัญที่ให้ประเทศปลายทางเข้มงวดการใช้สารนี้ แต่พบรายงานถึงความเป็นพิษต่อผู้ป่วยที่เป็นโรคภูมิแพ้ เป็นต้น การใช้ SO_2 ยังอาจจะถูกกีดกันมากยิ่งขึ้นถ้าเข้าสู่ AEC ในปี 2558 สารทดแทนเป็นความต้องการของภาคเอกชนโดยตรง ปัจจุบันเริ่มมีบางประเทศส่งออกลิ้นจี่ใช้สารทดแทนมากขึ้น เช่น ประเทศเม็กซิโกส่งลิ้นจี่ไปประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาที่ห้ามใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลไม้ทุกชนิด ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ การแช่สารทดแทนลิ้นจี่แทนการรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การทดสอบสารทดแทนในระดับห้องปฏิบัติการพบว่าการแช่ลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยในสารละลายสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ที่ความเข้มข้น 1-3% ผสมกับกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้น 1% นาน 5 นาทีช่วยยืดอายุได้นาน 28 วันที่ 5 °C มีประสิทธิภาพสูงกว่าคลอรีนไดออกไซด์ ดังนั้นการทดสอบด้วยเครื่องแช่ต้นแบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเพื่อเพิ่มปริมาณการแช่ต่อครั้งให้สูงขึ้นและศึกษาวิธีการผสมให้ปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

คลอรีนไดออกไซด์เป็นสารหนึ่งที่น่าสนใจมีรายงานการใช้มากขึ้นในปัจจุบันเพราะมี มีรายงานว่า Wu *et al*. (2011) พบว่าการใช้ClO_2 ฆ่าสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum gleosporioides* ได้ การทดสอบการแช่ผลลิ้นจี่ที่ให้แก๊ส ClO_2 ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น 80 และ 120 mg/l ช่วยลดการเกิดโรค การเปลี่ยนสีน้ำตาล และเอนไซม์ PPO และPOD การใช้ระดับ 120 mg/l ClO_2 เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวลิ้นจี่ในประเด็นต่างๆ ได้แก่ การปรับปรุงกระบวนการลดอุณหภูมิ และการทดสอบการส่งออกโดยมีผู้ประกอบการมีส่วนร่วมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องดำเนินการเนื่องจากเป็นหน่วยงานในพื้นที่สามารถเข้าถึงผู้ประกอบการได้รวดเร็ว เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกให้มากขึ้นในอนาคต

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 การทดสอบพัฒนาเครื่องมือต้นแบบร่วมกับสารทดแทนสำหรับผลลิ้นจี่ส่งออก

ดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 ที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ โดยปรับปรุงและพัฒนา เครื่องมือต้นแบบร่วมกับสารทดแทนสำหรับผลลิ้นจี่ส่งออกจากนั้นทำการทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบแช่ในสารทดแทนกับการรมด้วย SO_2 มี 3 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก.) ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ทดสอบการแช่ลิ้นจี่ด้วยสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ที่ความเข้มข้น 3% และกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้น 1% แช่นาน 5 นาที และกรรมวิธีที่ 2 ทดสอบการรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 ความเข้มข้น 0.7% รมนาน 25 นาที และกรรมวิธีที่ 3 ลิ้นจี่ไม่แช่สารทดแทน ผึ่งให้แห้งจากนั้นแบ่งผลลิ้นจี่ตัดขั้วผลยาวไม่เกิน 0.5 ซม. แบ่งใส่ตะกร้าพลาสติกความจุ 3 กก. จำนวน 4 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกความจุ 11.5 kg/ครั้งการแช่) หลังจากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 °C, 45% RH นาน 21 วัน สุ่มผลลิ้นจี่จำนวน 1 กก.ต่อตะกร้า (ซ้ำ) รวม 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี มาตรวจสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาทุก 7 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อ เปลือก และทั้งผลด้วยวิธี Optimized-Monier Williams Method (AOAC, 2005) และค่า pH ของเปลือกและเนื้อผล การเปลี่ยนแปลงของสีผิว, การวัดสีด้วยเครื่องวัดสีโดยวัดสีของเปลือกผลบริเวณแก้มผลสองข้าง บันทึกค่าที่ได้ในรูป L* และ a* value ซึ่งแสดงถึง ความสว่างและความมีสีแดงของเปลือกผล, การเกิดโรค และการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองที่ 2 การทดสอบพัฒนาการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นสำหรับการส่งออกในประเทศแถบเอเชีย

1) ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาใช้ แต่มีการปรับเพิ่มระยะเวลาในการแช่ เนื่องจากการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นต้องใช้เวลาในการแช่ 10 นาที/ตะกร้า ซึ่งต้นแบบเครื่องเดิมใช้เวลาการแช่ 5 นาที จึงใช้พูเล่ย์ในการทดรอบ เพิ่มฝาปิดด้านบน และปรับปรุงระบบท่อน้ำทิ้ง ท่อหมุนเวียนน้ำเย็น และท่อเติมน้ำ และดำเนินการทดลองการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง

2) ทดสอบผลการลดการปนเปื้อนต่อคุณภาพผลลิ้นจี่ระหว่างการเก็บรักษา ดำเนินการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วยน้ำเย็น ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ มี 5 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก.) ได้แก่ T1= น้ำเย็น ไม่ใช้สารลดการปนเปื้อน, T2 = น้ำเย็น เติมสารคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 50 ppm T3= น้ำเย็น เติมสารคลอรีนไดออกไซด์ความเข้มข้น 240 ppm T4 = น้ำเย็น เติมสารป้องกันและกำจัดโรคพืชคาร์เบนดาซิม และ T5 = ไม่แช่น้ำเย็น หลังจากนั้นนำผลลิ้นจี่ที่ผ่านการลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 3 - 5 ℃ เก็บข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงผลลิ้นจี่ ทุก 7 วัน เริ่มจากวันแรกจนถึง 18 วัน และการเน่าเสียเก็บที่อุณหภูมิห้อง ทุก 3 วัน เริ่มจากวันแรกจนถึงเน่าเสียหมด การบันทึกข้อมูล ได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลิ้นจี่ทั้งเปลือกผลด้านนอกและใน ความผิดปกติของเนื้อผล (Flesh discoloration) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และการสูญเสียน้ำของผลลิ้นจี่

3. ทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นกับวิธีทางการค้าของบริษัทส่งออก โดยใช้ลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรอง GAP จังหวัดเชียงใหม่นำมาคัดขนาดเกรดเอ คัดเลือกเฉพาะผลดีไม่มีตำหนิจากโรคและแมลง ตัดขั้วเป็นผลเดี่ยว และบรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg มี 2 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำ (ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 kg) ประกอบด้วย ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ทดสอบลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นที่ใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 300 ppm และกรรมวิธีที่ 2 วิธีการทางการค้า น้ำเย็นที่มาจากน้ำประปา บันทึกข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลง โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 ℃, 45% RH นาน 28 วัน วิเคราะห์และสรุปผล (การบันทึกข้อมูลคุณภาพและการเปลี่ยนแปลง เหมือนกับการทดลองที่ 2.2) สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพทุกสัปดาห์ได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (Jiang and Li, 2001) การวัดสีด้วยเครื่องวัดสี (ค่า L* C* h°) ความผิดปกติของสีเนื้อ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์ผลดี ผลนิ่ม และผลแข็ง และการสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ pH ของเปลือกและเนื้อผล และการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การทดสอบพัฒนาเครื่องมือต้นแบบร่วมกับสารทดแทนสำหรับผลลิ้นจี่ส่งออก

1) ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบร่วมกับสารทดแทนสำหรับผลลิ้นจี่ส่งออก โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) (ภาพที่ 1) และมีการสร้างหอบำบัดก๊าซ SO_2 ตามแบบหอบำบัดก๊าซ SO_2 ของโรงรมลำไยสด (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2556) (ภาพที่ 2) พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง

ภาพที่ 1 ต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ ,2556)

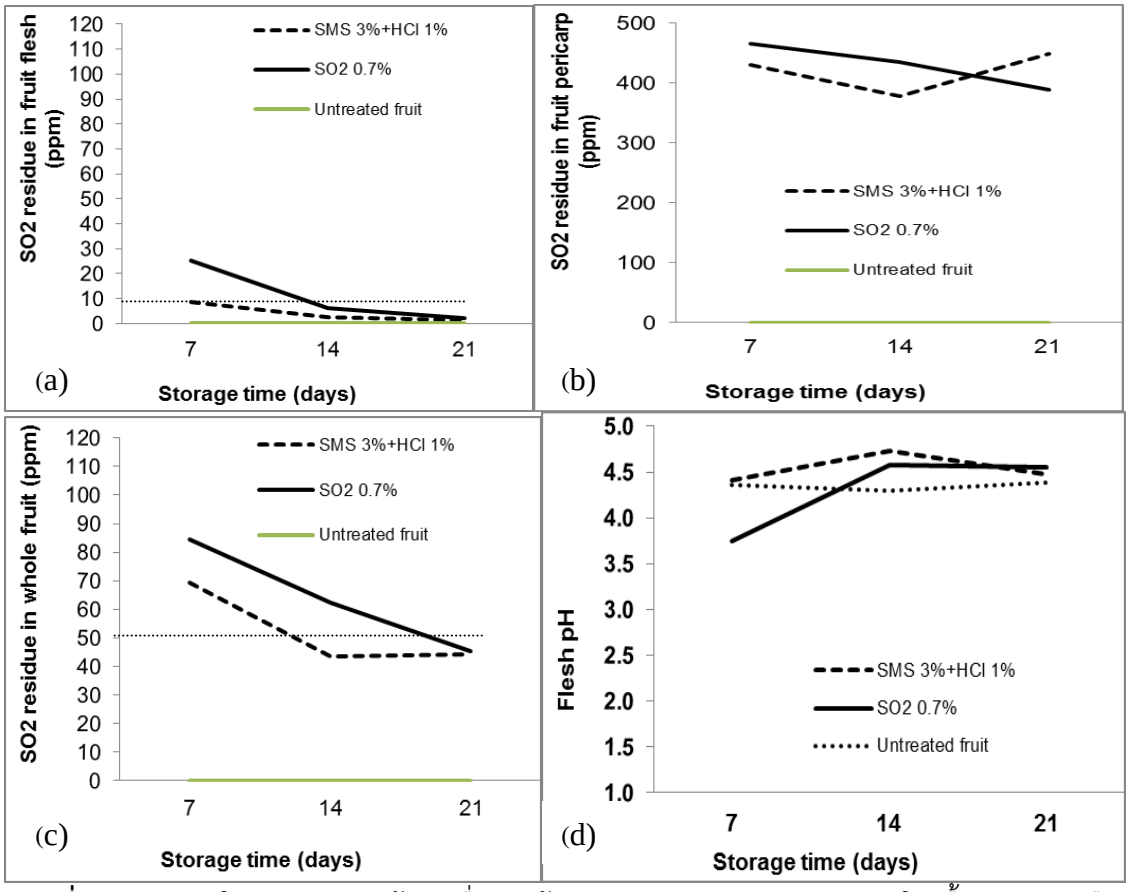
- ต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มีกระบวนการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ กระบะล้าง ชุดสเปรย์น้ำ และสายพานลำเลียง 2) ขั้นตอนการแช่สาร HCl ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ กระบะแช่ HCl ระบบหมุนเวียนสารแช่ และสายพานลำเลียง 3) ขั้นตอนการเป่าแห้ง ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ กระบะเป่าแห้ง พัดลมเป่าแห้ง สายพานลำเลียง และชุดถ่ายทอดกำลัง และ4) ขั้นตอนการเติม-บำบัดสาร HCl ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ปั๊มสแตนเลส ระบบท่อ และถังพลาสติก กระบะและระบบลำเลียงวัสดุที่ใช้ทำจะเป็นสแตนเลส เกรด 304 ส่วนระบบท่อวัสดุที่ใช้ทำจะเป็นพีวีซี

ภาพที่ 2 หอบำบัดก๊าซ SO_2 โดยใช้หลักการเกี่ยวกับหอบำบัดก๊าซ SO_2 ของโรงใช้โซดาไฟในการดักจับพ่นฝอยผ่านชั้นมีเดียที่หนา 50 ซม.

- การเพิ่มเติมหอบำบัดก๊าซ SO_2 ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดพัดลมดูดสารก๊าซ SO_2 2) หอบำบัดก๊าซ SO_2 3) อ่างสารบำบัด และ 4) ปั๊มดูดสารบำบัด ส่วนระบบท่อวัสดุที่ใช้ทำจะเป็นพีวีซี

2) ดำเนินการทดสอบเครื่องมือต้นแบบร่วมกับสารทดแทน ด้วยสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) ที่ความเข้มข้น 3% + กรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้น 1% ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ พบว่า เครื่องมือต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 5.67 นาที/ตะกร้า และดำเนินการรมลิ้นจี่ด้วยก๊าซ SO_2 โดยใช้การทดสอบด้วยห้องรมจำลองขนาด 6.9 ม^3 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลิ้นจี่ พบว่าการแช่ลิ้นจี่ด้วย SMS + HCl พบค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลต่ำกว่าวิธีทางการค้า (SO_2) ในสัปดาห์แรกแต่ลดลงไม่แตกต่างกันเมื่อผ่านไปสองสัปดาห์โดยมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน EU 10 ppm (ภาพที่ 3a) ค่าการตกค้างในเปลือกผลไม่แตกต่างกันพบค่า 400-500 ppm (ภาพที่ 3b) นอกจากนั้นพบว่าการแช่สาร SMS + HCl และรม SO_2 ค่าการตกค้างทั้งผลลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน Codex ที่กำหนดไว้ค่าตกค้างทั้งผลไม่เกิน 50 ppm ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไปสองและสามสัปดาห์ตามลำดับ (ภาพที่ 3c) คะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทั้งสองกรรมวิธีสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่สารตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วันที่ 5 ℃



ภาพที่ 3 ผลการแช่ใน SMS+HCl ด้วยเครื่องแช่ต้นแบบต่อการสลายตัวของ SO_2 ในเนื้อผล (a) เปลือกผล (b) ทั้งผล (c) และค่าพีเอชเนื้อ (d) ในผลลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยหลังภายหลังการเก็บรักษาที่ 5 ºC, 45% RH นาน 21 วัน

การเปลี่ยนสีน้ำตาล พบว่าการแช่ SMS + HCl และรม SO_2 0.7% ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีไม่แตกต่างกันเมื่อประเมินจากคะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาลในเปลือกด้านใน (ภาพที่ 4b) แต่การใช้ SMS+HCl ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลผิวเปลือกนอกค่าต่ำกว่าการรม SO_2 (ภาพที่ 4a) การประเมินสีเนื้อไม่แตกต่างกันทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 4c) การลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลสัมพันธ์กับค่า L* และค่า a* ทางตรงข้ามพบว่าการแช่ในสารละลาย SMS + HCl และ

รม SO_2 พบค่า L* มีค่าสูงสอดคล้องกับคะแนนการเกิดสีน้ำตาลที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผลลิ้นจี่ไม่แช่สารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า a* พบว่าภายหลังผ่านไป 7 วันพบค่าสูงกว่าผลลิ้นจี่ไม่แช่สารอย่างมีนัยสำคัญเพราะลิ้นจี่แช่ในสารละลาย SMS + HCl และรม SO_2 หลังแช่วันแรกสีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเขียวและค่อยคืนเป็นสีชมพูภายใน 7 วันขึ้นไป โดยพบว่าการแช่ใน SMS + HCl คืนเป็นสีชมพูเร็วกว่า SO_2 เพราะมีกรด HCl ผสมใน SMS

การทดสอบด้านประสาทสัมผัส พบว่าการแช่ใน sodium metabisulfite (SMS) 3% + HCl 1% และวิธีทางการค้ารม SO_2 ความเข้มข้น 0.7% มีคะแนนการยอมรับในสีผิวและรสชาติไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับผลลำไยไม่แช่สารเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 21 วันที่ 5 °C, 45% RH ผลลำไยไม่แช่สารสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน และคุณภาพผลต่ำลง

การทดลองที่ 2 การทดสอบพัฒนาการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นสำหรับการส่งออกในประเทศแถบเอเชีย

1) ดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาใช้ แต่มีการปรับเพิ่มระยะเวลาในการแช่ เนื่องจากการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นต้องใช้เวลาในการแช่ 10 นาที/ตะกร้า ซึ่งต้นแบบเครื่องเดิมใช้เวลาการแช่ 5 นาที จึงใช้พูเล่ย์ในการทดรอบ เพิ่มฝาปิดด้านบน และปรับปรุงระบบท่อน้ำทิ้ง ท่อหมุนเวียนน้ำเย็น และท่อเติมน้ำ และดำเนินการทดลองการทำงานเบื้องต้นของต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น พบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ต่อเนื่อง

2**) ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็น** ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (ตารางที่ 1 และ 2) พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03 °C อุณหภูมิเนื้อในผลลิ้นจี่เฉลี่ย 11.55 °C และเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิเฉลี่ย 4.5 °C เมื่อประเมินผลโดยรวมแล้ว การใช้คลอรีนไดออกไซด์เข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ผลการทดสอบสอดคล้องกับ Wu *et al*. (2011) พบว่าการใช้ClO_2 ฆ่าสปอร์เชื้อรา *Collectotrichum gleosporioides* ได้ การทดสอบการแช่ผลลิ้นจี่ที่ให้แก๊ส ClO_2 ในรูปแบบสารละลายเข้มข้น 80 และ 120 mg/l ช่วยลดการเกิดโรค การเปลี่ยนสีน้ำตาล และเอนไซม์ PPO และPOD การใช้ระดับ 120 mg/l ClO_2 เหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ แต่การใช้ลิ้นจี่มีเชื้อราปนเปื้อนมากควรใช้ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น

การเปลี่ยนสีเปลือกด้านนอก พบว่า การลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และการผสมคาร์เบนดาซิมช่วยชะลอการเปลี่ยนสีเปลือกทั้งด้านนอกและด้านในและสีเนื้อได้ดีค่าไม่แตกต่างกันช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวเปลือกได้นาน 11 วันที่ 8 °C เมื่อเปรียบเทียบกับไม่แช่ลดการเปลี่ยนสีผิวได้นานเพียง 4 วัน ดังนั้นการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ก่อนการเก็บรักษาในห้องเย็นช่วยชะลอการเปลี่ยนสีผิวได้ดีขึ้นและการเสื่อมสภาพของสีเนื้อได้ การเน่าเสียพบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 4 วันพบว่าผลไม่แช่สารเริ่มเน่าเสียเกิน 30% (เกณฑ์>25%) ในสัปดาห์แรก ขณะที่การลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และการผสมคาร์เบนดาซิมชะลอการเน่าเสียต่ำกว่า 25% น้ำเย็นที่มี ClO_2 ผสมช่วยชะลอการเน่าเสียได้ โดยเฉพาะ ClO_2 ที่มี ClO_2 ผสมมากขึ้นถึง 240 ppm ช่วยชะลอการเน่าเสียได้นานถึง 11 วัน การสูญเสียน้ำของผลลิ้นจี่

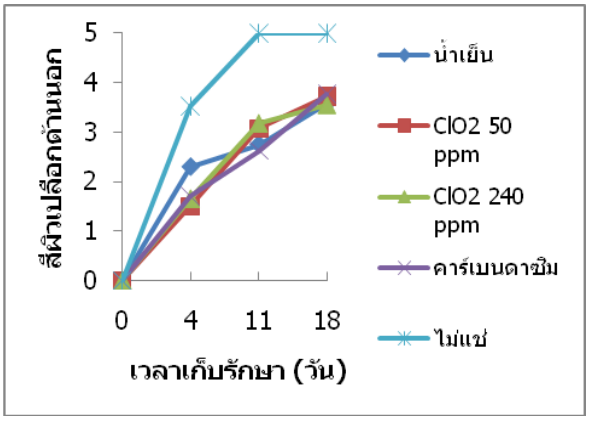
พบว่า การลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นผสมกับ ClO_2 0, 50 และ 240 ppm และการผสมคาร์เบนดาซิมช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สาร และผลการยอมรับของผู้บริโภคน้ำเย็นที่มี ClO_2 0, 50 และ 240 ppm ผสม และการผสมคาร์เบนดาซิมมีคะแนนการยอมรับด้านสีผิวและรสชาติสูงเมื่อเก็บรักษานาน 14 วัน

ตารางที่ 1 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำ

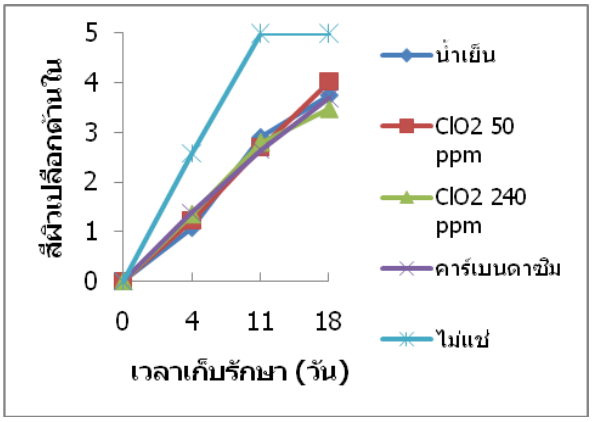
	จำนวนโคโลนีในน้ำ (cfu/ml)	
	เชื้อรา	แบคทีเรีย
น้ำเย็น	$1.0x10^3$	$2.4x10^5$
ClO_2 50 ppm	$5.0x10^2$	$6.7x10^5$
ClO_2 240 ppm	$2.0x10^3$	$1.5x10^5$
คาร์เบนดาซิม	$1.5x10^3$	$3.0x10^5$
ไม่แช่	$6.7x10^3$	$2.3x10^5$

ตารางที่ 2 ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนในเปลือกผลลิ้นจี่

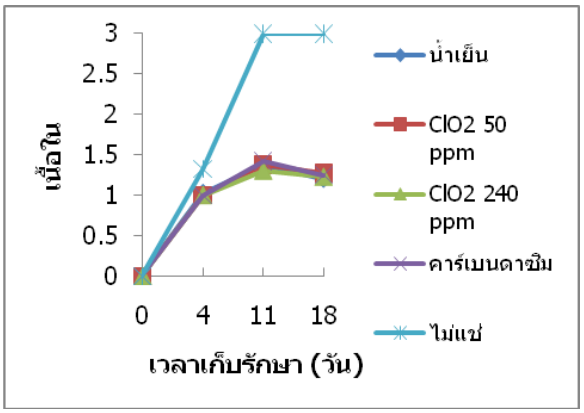
	จำนวนโคโลนีในเปลือกผล (cfu/g)	
	เชื้อรา	แบคทีเรีย
น้ำเย็น	$5.0x10^2$	$7.4x10^5$
ClO_2 50 ppm	< 100	$3.6x10^5$
ClO_2 240 ppm	$1.0x10^3$	$8.3x10^4$
คาร์เบนดาซิม	$1.3x10^3$	$7.2x10^5$
ไม่แช่	$1.0x10^3$	$2.1x10^8$



(a)



(b)



(c)

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกด้านนอก (a) การเปลี่ยนแปลงสีผิวเปลือกด้านใน (b) และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อใน (c) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 - 5 ℃, 90% RH

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกนอก หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3-5 ℃, 90% RH นาน 14 วัน

กรรมวิธี	7	14
ค่าที่ยอมรับได้		
Tr.1 = น้ำเย็น	3.88	3.63 a
Tr.2 = ClO_2 50 ppm	4	4.13 a
Tr.3 = ClO_2 240 ppm	3.88	4.13 a
Tr.4 = คาร์เบนดาซิม	3.88	3.63 a
Tr.5 = ไม่แช่	3.25	0.00 b
ค่าเฉลี่ย	3.78	3.10
F-test	NS	*
CV (%)	28.36	27.53

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ต่อการยอมรับของผู้บริโภคด้านรสชาติหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3-5 ℃, 90% RH. นาน 14 วัน

กรรมวิธี	7	14
ค่าที่ยอมรับได้		
Tr.1 = น้ำเย็น	4	4.00 a
Tr.2 = ClO_2 50 ppm	4.13	3.75 a
Tr.3 = ClO_2 240 ppm	3.75	3.88 a

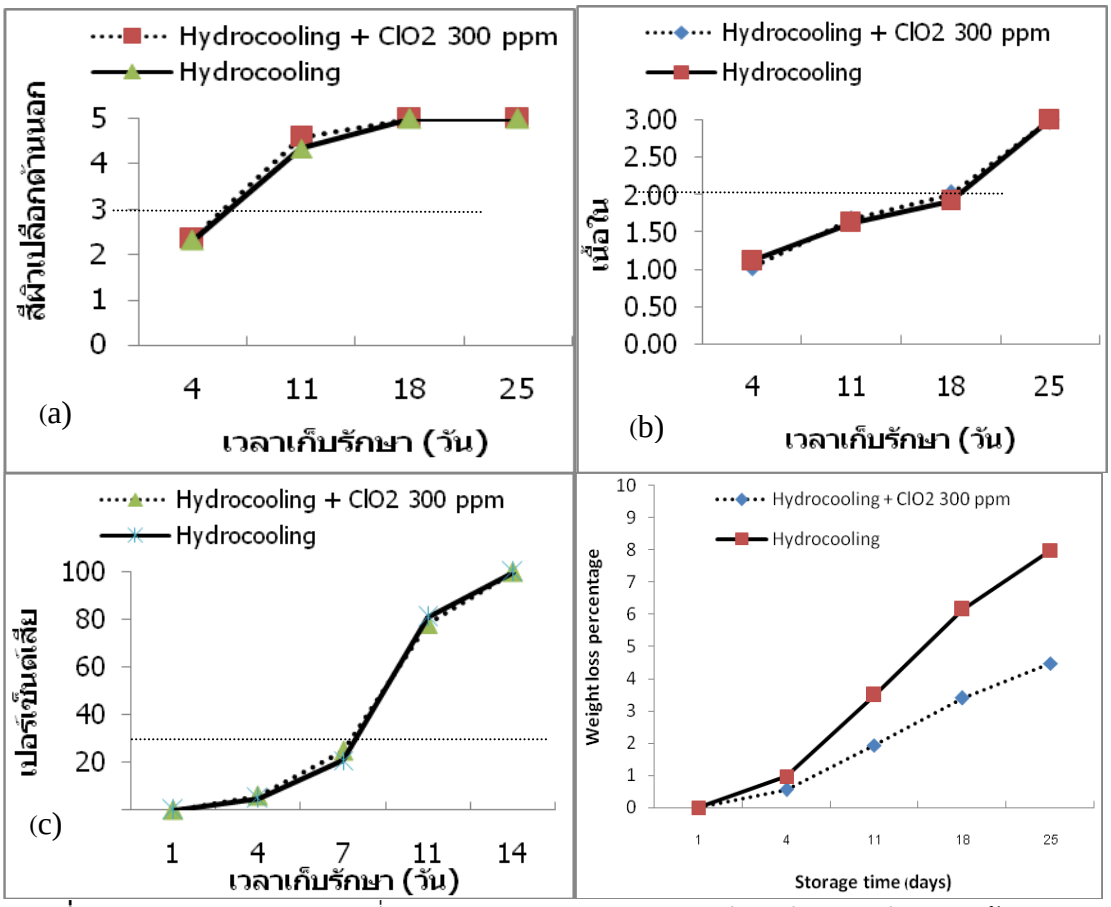
Tr.4 = คาร์เบนดาซิม	3.63	3.75 a
Tr.5 = ไม่แช่	4	0.00 b
ค่าเฉลี่ย	3.9	3.08
F-test	NS	*
CV (%)	28.83	29.02

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นกับวิธีทางการค้าของบริษัทส่งออก โดยนำต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด (สนองและคณะ, 2556) มาใช้ การลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นที่ใช้คลอรีนไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 300 ppm ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ (ตารางที่ 5) พบว่า เครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ใช้เวลาในกระบวนการล้างเฉลี่ย 3.16 นาที กระบวนการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที และกระบวนการเป่าเฉลี่ย 3.20 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้วิธีการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นที่ผสม ClO_2 300 ppm และวิธีทางการค้าพบว่าช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 5 ºC และความชื้นสัมพัทธ์ 45% (ภาพที่ 5a-c) และวิธีทางการค้าการยอมรับด้านสีผิวสูงกว่าการใช้ ClO_2 ในสัปดาห์แรกหลังจากนั้นไม่แตกต่างกัน การสูญเสียน้ำหนักพบว่าวิธีการลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็นที่ผสม ClO_2 300 ppmมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าวิธีทางการค้า (ภาพที่ 5d)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องแช่ลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ด้วยน้ำเย็น ทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่

ซ้ำที่	เวลาที่ใช้ (นาที)			อุณหภูมิ (°C)	
	กระบวนการล้าง	กระบวนการแช่	กระบวนการเป่า	น้ำเย็น	เนื้อใน
1	3.20	12.31	3.10	0	6.2
2	3.15	12.20	3.25	0	4.8
3	3.21	12.40	3.30	0	5.8
4	3.30	13.00	3.35	0	7.4
5	3.12	12.05	3.12	0	6.8
6	3.05	12.30	3.15	0	5.5
7	3.10	12.29	3.10	0	4.7
8	3.12	12.25	3.20	0	5.1
9	3.21	12.00	3.21	0	5.4
10	3.18	12.13	3.25	0	5.3
เฉลี่ย	3.16 ± 0.07	12.29 ± 0.28	3.20 ± 0.09	0 ± 0.00	5.70 ± 0.87



ภาพที่ 5 ผลของการลดอุณหภูมิที่ผสมสาร ClO_2 300 ppm เปรียบเทียบกับวิธีทางการค้าระหว่างการเก็บรักษาผ่านไป 25 วันที่ 5.12 °C, 45% RH

การทดสอบการส่งออกลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องมือแช่ต้นแบบสำหรับการลดอุณหภูมิ อย่างน้อย 1 บริษัท ประเมินผลความพึงพอใจของผู้ประกอบการ วิเคราะห์ปัญหา และหาทางแก้ไข

- ได้ประสานงานกับผู้ประกอบการไว้ 1-2 รายในการนำสารคลอรีนไดออกไซด์ไปใช้ในลดปัญหาการปนเปื้อนในน้ำเย็น ในปีถัดไป

- ตัวอย่างรูปแบบทางเลือกการใช้ ClO_2 ที่สามารถนำไปใช้ในเชิงการค้าการผสมฆ่าเชื้อในเย็นได้แก่

1. ผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hydro Bio ยี่ห้อ Green Bioxide® ที่จำหน่าย 300 บาท/ลิตร ผสมกันระหว่างสารทั้ง 2 ขวดๆ ละ ชนิด ผสมแล้วทิ้งไว้นาน 5-7 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ได้ ความเข้มข้นที่ผสมแล้วจะมีค่า ClO_2 เข้มข้น 7,500 ppm สามารถนำมาเจือจางใช้ได้ หรือผลิตภัณฑ์ของ Thai Bio Oxzine ยี่ห้อ Oxima โดยใช้สารผสมสองชนิดได้ความเข้มข้น ClO_2 ประมาณ 3,000 ppm หรือแบบเม็ด (Tablet)

2. อื่นๆ ได้แก่ การผสมแบบเครื่องผสม คือ ClO_2 Generator ต้นทุนสูง 70,000 – 350,000 บาท เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานใหญ่ๆ

- การประยุกต์ใช้กับกรรมวิธีอื่นๆ ของวิธี precooling เช่น การใช้การลดอุณหภูมิผลลิ้นจี่ (Pre-cooling) ที่10°C นาน 10 นาที + แช่ใน 0.6% sodium metabisulphite นาน 10 นาที ผึ่ง + แช่ใน 2% HCl นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง และบรรจุในถุงพลาสติกชนิด LDPE (low density polythene bag) โดยเจาะรู 0.2% ช่วยลดกิจกรรม ของเอนไซม์ PPO ต่ำที่สุด และเก็บรักษาได้นาน 9 วันที่อุณหภูมิห้อง (Neog and Saikia, 2010)

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การแช่สารละลาย SMS+HCl ด้วยเครื่องมือต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 5.67 นาที/ตะกร้า การแช่ SMS+HCl พบว่าค่าตกค้างของสาร SO_2 ในเนื้อผลต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของสหภาพยุโรป (10 ppm) และต่ำกว่าวิธีการรมลิ้นจี่ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในสัปดาห์แรกแต่ลดลงไม่แตกต่างกันเมื่อผ่านไปสองสัปดาห์ ค่าการตกค้าง SO_2 ในเปลือกผลทั้งสองกรรมวิธีไม่แตกต่างกันและค่าทั้งผลลดต่ำกว่าเกณฑ์ของ codex (กำหนดไว้ 50 ppm ในลิ้นจี่ทั้งผล) เมื่อเก็บรักษาผ่านไปสัปดาห์ที่สอง คะแนนการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการแช่ SMS+HCl และรม SO_2 ค่าต่ำไม่แตกต่างกัน แต่การแช่ SMS+HCl พบค่าสีแดงผิวเปลือก (a*) สูงกว่าเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 2 สัปดาห์ และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงทั้งสองกรรมวิธีเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สารตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วันที่ 5 °C, 45% RH ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานในไอระเหยก๊าซ SO_2 กรด HCl ควรมีปั้มดูดสารเคมีมาช่วยลดการเทเองที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และการผสมสารระหว่าง 1-3% SMS+1% HCl ควรมีถังเจือจางไว้สองถัง ได้แก่ ถังที่ 1 ถังผสม SMS และถังที่ 2 กรด HCl แล้วใช้ปั้มดูดมาผสมกันในเครื่องแช่

2. เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 11.95 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0.03 °C อุณหภูมิเนื้อในผลลิ้นจี่เฉลี่ย 11.55 °C และ การใช้คลอรีนไดออกไซด์เข้มข้น 50 และ 240 ppm ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลได้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วัน และดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบลิ้นจี่ที่ใช้เครื่องแช่ต้นแบบสำหรับการลดการปนเปื้อนในน้ำเย็นด้วย ClO_2 เข้มข้น 300 ppm ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม กับวิธีทางการค้าของบริษัท พบว่า เครื่องต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 12.29 นาที อุณหภูมิน้ำเย็นเฉลี่ย 0 °C อุณหภูมิเนื้อในเฉลี่ย 5.70 °C และช่วยอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 5 °C, 45% RH

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ประกอบด้วย

1. การส่งออกลิ้นจี่ตลาดที่สำคัญ คือ เอเชีย และภายในประเทศ โดยโรงคัดบรรจุด้วยวิธีการยืดอายุ คือ การลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็น (hydrocooling) เพื่อลดความร้อนภายในผลและขนขึ้นตู้คอนเทนเนอร์โปะทับด้วยน้ำแข็งให้ผลสดตลอดเวลาและขนส่งทางเรือ/จำหน่ายภายใน 10 วัน แต่มีข้อกำจัด ปัญหาการปนเปื้อนในน้ำเมื่อแช่ซ้ำซึ่งผู้ประกอบการแก้ไขด้วยการสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิดแต่หากประเทศปลายทางตรวจพบค่าตกค้างเกินมาตรฐานอาจจะพบปัญหาได้ บางโรงคัดใช้โอโซนฆ่าเชื้อในน้ำเย็นสามารถช่วยลดปัญหาได้จะทำให้อายุการเก็บรักษาและคุณภาพผลลิ้นจี่ดีขึ้น ผลการทดลองกับเครื่องต้นแบบพบว่าคลอรีนไดออกไซด์ผสมในน้ำเย็นความเข้มข้น 300 ppm สามารถใช้ทดแทนได้ทั้งคลอรีนน้ำและสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิดทำให้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค แต่ต้นทุนอาจจะสูงกว่า พบว่าการใช้คลอรีนไดออกไซด์ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำและที่ผลลิ้นจี่ได้ ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและการเน่าเสียระหว่างการเก็บรักษาได้นานถึง 11 วันที่ 3-5 °C เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ไม่แช่สาร

2. การส่งออกตลาดไกลๆ ทางเรือที่ใช้เวลานานกว่า 10 วัน เช่น ตะวันออกกลาง ออสเตรเลีย EU และสหรัฐอเมริกา การรม SO_2 เป็นสิ่งจำเป็น พบว่าการสำรวจการรมลิ้นจี่ด้วย SO_2 พบน้อยลงเพราะการส่งไป EU โรงคัดบรรจุต้องประยุกต์ใช้ HACCP ด้วย และการทดสอบการรมที่โรงรมผู้ประกอบการในห้องรมปริมาตร 37.92 $ม^3$ รมลิ้นจี่พันธ์ฮงฮวยตัดขั้ว จำนวน 300 ตะกร้ามีอัตราส่วนที่ว่าง 1 ต่อ 13 เมื่อคำนวณใช้ความเข้มข้น SO_2 มีค่าเท่ากับ 0.9% รมนาน 45 นาที พบว่าค่าตกค้างในเปลือกหลังรมเท่ากับ 1,802.02 และ 6.47 ppm เป็นค่าที่เหมาะสม ค่าตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่า 10 ppm เพียงพอต่อการส่งไป EU ได้ และการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อและเปลือกขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ผลลิ้นจี่ที่ใช้ไม่ควรเก็บค้างคืนควรรมในวันเดียวกัน อัตราส่วนที่ว่างในห้องรม ความเข้มข้น เวลาที่ใช้รม และการดูดบำบัด การเป่าระบายแก๊ส อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งต้องควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องจึงจะควบคุมความแปรปรวนและการสลายตัวของ SO_2 ตกค้างไม่เกินมาตรฐาน Codex

3. การทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยพบว่าการรม SO_2 0.73% ในห้องรมขนาด 6.9 $ม^3$ รมนาน 45 นาที +แช่กรดเกลือ 5% นาน 3 นาทีพบค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกมีค่าสูง และรักษาคุณภาพเนื้อ พบค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อต่ำกว่า 10 ppm เมื่อเก็บรักษานาน 7 วันที่ 8 °C และ การรมลิ้นจี่พันธุ์ฮงฮวยด้วย SO_2 ความเข้มข้น 0.7% ไม่ควรทิ้งไว้ 1 คืนที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมารมในวันถัดไป เพราะทำให้ค่าการตกค้างในเนื้อสูงเกินมาตรฐาน โดยพบว่าการรม SO_2 และเก็บรักษาในตะกร้าพลาสติกด้านในห่อหุ้มผลด้วยกระดาษเหมาะสมที่สุด เพราะทนทานต่อการขนส่งมากกว่ากล่องกระดาษ และการทดสอบการรมลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิด้วย SO_2 ความเข้มข้น 0.7-1.3% รมนาน 45 นาทีร่วมกับการแช่กรดหรือไม่แช่ พบค่า SO_2 หลังรมเกินมาตรฐาน EU (10 ppm) โดยควรลดความเข้มข้นของการใช้ SO_2 ให้ต่ำกว่า 0.7% หรือลดเวลาการรมให้น้อยลงเพราะพันธุ์จักรพรรดิเปลือกผลบางและน้ำมากกว่าพันธุ์ฮงฮวย และผลบุบยุบตัวได้ง่ายกว่า ผลการทดสอบใช้เป็นแนวทางในการจัดทำมาตรฐานการรมควันด้วย SO_2 ในลิ้นจี่แต่ละสายพันธ์เพื่อการส่งออกต่อไป สามารถส่งออกไปทางเรือไปต่างประเทศได้ เช่น ประเทศที่เข้มงวดได้แก่ EU หรือออสเตรเลีย

4. การแช่สารละลาย SMS 3%+HCl 1% ด้วยเครื่องมือต้นแบบใช้เวลาในการแช่เฉลี่ย 5.67 นาที/ตะกร้า การแช่ SMS+HCl พบว่าค่าตกค้างของสาร SO_2 ในเนื้อผลต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของสหภาพยุโรป (10 ppm) และต่ำกว่าวิธีการรมลิ้นจี่ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในสัปดาห์แรกแต่ลดลงไม่แตกต่างกันเมื่อผ่านไปสองสัปดาห์ ค่าการตกค้าง SO_2 ทั้งผลลดต่ำกว่าเกณฑ์ของ codex (กำหนดไว้ 50 ppm ในลิ้นจี่ทั้งผล) เมื่อเก็บรักษาผ่านไปสัปดาห์ที่สอง คะแนนการเกิดสีน้ำตาลระหว่างการแช่ SMS+HCl และรม SO_2 ค่าต่ำไม่แตกต่างกัน แต่การแช่ SMS+HCl พบค่าสีแดงผิวเปลือก (a*) สูงกว่าเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 2 สัปดาห์ และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงทั้งสองกรรมวิธีเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สารตลอดอายุการเก็บรักษา 21 วันที่ 5 °C, 45% RH ความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานเป็นประเด็นที่สำคัญหากผสมระหว่าง HCl+SMS เพราะมีไอระเหยก๊าซ SO_2 เกิดขึ้น ควรมีตู้ดูดควันพร้อมกำจัดก๊าซติดกับเครื่องแช่ กรด HCl ควรมีปั้มดูดสารเคมีมาช่วยลดการเทด้วยแรงคนเพราะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และการผสมสารระหว่าง 1-3% SMS+1% HCl ควรมีถังเจือจางไว้สองถัง ได้แก่ ถังที่ 1 ถังผสม SMS และถังที่ 2 กรด HCl แล้วใช้ปั้มดูดมาผสมกันในถังพักสารเคมีก่อนเทลงในเครื่องแช่ต้นแบบ

5. การวิจัยหาเทคโนโลยีทดแทนที่ไม่มีองค์ประกอบของสารประกอบ SO_2 กรณีบางประเทศไม่ยอมรับ พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 5% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพสูงสุด รองลงมา คือ แช่คลอรีนไดออกไซด์ 0.6% นาน 5 นาที ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ 2-5 $^{\circ}C$ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ได้นาน 28 วัน มีการตกค้างต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 5% นาน 5 นาที เป็นกรดที่ใช้ในเชิงการค้ามานานหลายสิบปี แต่พบน้อยลงเนื่องจากการใช้ยุ่งยากและต้องเก็บรักษาไว้อุณหภูมิต่ำ 1 คืนก่อนแช่เพื่อป้องกันผลแตก กรด HCl ควรมีปั้มดูดสารเคมีมาช่วยลดการเทเองที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน เกรดสารเคมีที่ใช้ควรมีใบ certificate ว่าเป็นเกรดที่ใช้ทางอาหารได้ ส่วนการแช่คลอรีนไดออกไซด์ 0.6% นาน 5 นาทีนั้น ควรทดสอบแช่ในตู้ดูดควันเพื่อป้องกันอันตรายจากการระเหยของสารนี้จำนวนมาก

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ นักผูก, วิทยา อภัย, สมเพชร เจริญสุข, สถิตพงศ์ รัตนคำ, วีระ ศรีกระจ่าง และสมเดช ไทยแท้. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของโรงรมลำไยสดจำลองในเขตภาคเหนือตอนบน. ประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 6 ประจำปี 2556 ระหว่างวันที่ 1-4 เมษายน 2556 ณ โรงแรมหัวหินแกรนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. 614 - 620 หน้า.

จริงแท้ ศิริพานิช. 2541. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 200 หน้า.

จำนง อุทัยบุตร. 2542. การพัฒนาของแอนโทไซยานิน กลไกการควบคุมและเทคนิคในการปรับปรุงสีในลิ้นจี่. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่, 57 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และดนัย บุณยเกียรติ. 2543. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ที่รมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 31(1-6):13-24.

เบญจมาส รัตนชินกร; วีระอนงค์ คำศิริ; สุพัตรา วิชาชัย; จตุพร สิงห์โต; สายฉัตร พงศ์กระวี 2546. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลิ้นจี่ที่ผ่านการปรับสภาพสีผิว. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.* 34(4-6 (Suppl.): 72-75.

รัมม์พัน โกศลานันท์ และ วีรภรณ์ เดชนำบัญชาชัย. 2554. การใช้กรดเพื่อลดการเกิดเปลือกสีน้ำตาลของผลลิ้นจี่พันธุ์จักพรรดิ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 : 1 (พิเศษ) : 43-46.

สนองและคณะ. 2556. ทดสอบและพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด. เรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2556

สัณห์ ละอองศรี. 2538. ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพ และสีผิวของลิ้นจี่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (สาขาวิชาชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538. 233 หน้า.

สดศรี เนียมเปรม. 2547. โครงการวิจัยที่ ภ.46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและ ระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุการเก็บรักษาและการรักษาสีผิวของลิ้นจี่. สถาบันวิจัยวิทยาและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.

อธิวัฒน์ ชุ่มแย้ม, วารุณี จอมกิติชัย, จำนงค์ อุทัยบุตร และกอบเกียรติ แสงนิล. 2555. ผลการรมด้วยแก๊สคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ต่อการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว. บทคัดย่อในการประชุมพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 11 วันที่ 1-3 ก.พ. 55 โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ หน้าที่ 15.

AOAC. 2005. *Sulfites in Food Optimized Monier – Williams Methods*, Vol.2, Ch. 47, Official Method 990.28, Section 47.3.43. In Official Method of AOAC, 17th edition.

Jiang, Y.M. and Y.B. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan. *Food Chemistry*. 73, 139-143.

Lemmer, D. and Kruger, F.J. 2001. Identification and quantification of the factors influencing sulphur dioxide residue levels in South African export litchi fruit. *Acta Horticulturae* 558: 331-337.

Neog, M., and Saikia, L. 2010. Control of post-harvest pericarp browning of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J Food Sci Technol. 47(1):100–104.

Paull, R.E., M.E. Reyes, M. Reyes. 1998. Sulfite residues on litchi fruit with sulfur dioxide. *Postharv. Biol. Technol*. 14:229-233.

Saengnil, K., A. Chumyama, B. Faiyuec and J. Uthaibutra. 2014. Use of chlorine dioxide fumigation to alleviate enzymatic browning ofharvested 'Daw' longan pericarp during storage underambient conditions. *Postharvest Biology and Technology* 91: 49–56.

Tongdee, S.C. 1994. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. pp. 186-195. In: Postharvest Handling of Tropical Fruit. ACIAR Proceedings, vol. 50, Chang Mai, Thailand, July 19–23, 1993.

Wu, B., Li, X.P., Hu, H.G., Liu, A.Y. and Chen, W.X. 2011a. Effect of chlorine dioxide on the control of postharvest diseases and quality of litchi fruit. African Journal of Biotechnology. 10 (32): 6030-6039

Yu, S.L., Nan, L.C. and Lih, S.K. 2012. Influence of dipping in sodium metabisulfite on pericarp browning of litchi cv. Yu Her Pau (Feizixiao). Postharv. Biol. Technol. 68: 72-77.

ภาคผนวก

ปริมาณกำมะถันที่ใช้ในการเผาเพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ในการรมภายในห้องรมโดยเทียบการรมของลำไยตามมาตรฐานมกษ.1004-2557 ได้จากสมการ

น้ำหนัก SO_2 (กรัม) = S + M

= (A X B X C) + (D X E)

S = ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เหลือในห้องรม เมื่อสิ้นสุดการรม (กรัม)

= (A X B X C)

M = ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ลิ้นจี่ดูดซับไว้ (กรัม)

= (D X E)

โดยที่ A = ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือในห้องรม เมื่อสิ้นสุดการรม (เปอร์เซ็นต์)

B = ปริมาตรที่ว่างในห้องรม (ลูกบาศก์เมตร)

C = ความหนาแน่นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ 30 องศาเซลเซียส (2.574 กรัม/ลิตร)

D = น้ำหนักของลิ้นจี่ (กิโลกรัม)

E = อัตราการดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อลิ้นจี่ (กรัม/กิโลกรัม)