รายงานโครงการวิจัย

พัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย

Technological Development of Postharvest Management in Longan

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายวิทยา อภัย

Mr.Wittaya Apai

ปี พ.ศ. 2556

รายงานโครงการวิจัย

พัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย

Technological Development of Postharvest Management in Longan

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายวิทยา อภัย

Mr.Wittaya Apai

ปี พ.ศ. 2556

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

ลำไยจัดเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเช่นเดียวกับทุเรียน ผลิตผลส่วนใหญ่กว่า 30% ใช้บริโภคภายในประเทศ นอกจากนั้นส่งออกไปยังสาธารณรัฐประชาชนจีน, ฮ่องกง, อินโดนีเซีย, มาเลเซีย, อินโดนีเซีย, สิงคโปร์, แคนาดา, ออสเตรเลีย และประเทศต่างๆ ในกลุ่มประชาคมยุโรป ลำไยมีอายุการเก็บรักษาสั้น โดยทั่วไปมีอายุการวางจำหน่ายเพียง 2-3 วัน สาเหตุสำคัญที่ทำให้ลำไยเสื่อมสภาพ และไม่เป็นที่ต้องการของตลาด เกิดจากการเน่าเสียอันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์, นอกจากนี้ลำไยมีการสูญเสียน้ำที่ผิวเปลือกอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลลำไยแข็ง และสีผิวเปลี่ยนจากสีเหลืองแกมน้ำตาลไปเป็นสีน้ำตาลเข้ม

ผลการวิจัยการรมลำไยด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในปริมาณที่เหมาะสม สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 2-3 เดือน ที่อุณหภูมิ 2-5 °C ส่งผลให้อุตสาหกรรมการส่งออกเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เท่าตัว ลำไยที่ผ่านการรมควันจะมีสีสันที่สวยงาม แต่อย่างไรก็ตาม 4-5 ปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมการส่งออกลำไยประสบปัญหา สาเหตุสำคัญส่วนหนึ่งเกิดจากมีผู้ประกอบการส่งออกรายใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย บางรายขาดความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนของการใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ปริมาณสารตกค้างเกินมาตรฐานก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค จนทำให้บางประเทศมีมาตรการกีดกันไม่ยอมรับ ทำให้ภาพรวมของอุตสาหกรรมการส่งออกซบเซาลง กรมวิชาการเกษตร เองมิได้นิ่งนอนใจ ได้ประสานงานกับผู้ประกอบการโรงรม และหน่วยงานในกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเข้าช่วยเหลือและแก้ไขสถานการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้ กรมวิชาการเกษตร ยังได้ดำเนินการรับรองการผลิตลำไยในระบบการเกษตรที่ดี และเหมาะสม (GAP) และให้การรับรองขึ้นทะเบียนโรงรมโดยความร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออก นำหลักการ GFP และ GMP มาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อควบคุมปริมาณการตกค้างให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และเป็นที่ยอมรับ

จากสถานการณ์โลกปัจจุบัน ผู้บริโภคเริ่มหันมาให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แนวโน้มการใช้สารเคมีมีพิษตกค้างร้ายแรงลดลง เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงความนิยมของผู้บริโภค กรมวิชาการเกษตรจึงได้ทำการศึกษาโครงการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย เพื่อศึกษาพัฒนาการยอมรับและการใช้สารทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ คือ กรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดเกลือ ในผลลำไยส่งออกมาต่อยอดเพื่อเป็นคำตอบให้ผู้ประกอบการได้นำไปใช้ประโยชน์ ด้วยวิธีการดังกล่าวคาดว่าจะสามารถใช้ทดแทนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
คณะผู้วิจัย	2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	3
บทนำ	4
โครงการพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย	5
บทคัดย่อ	5
บทนำ	7
ระเบียบวิธีวิจัย	8
ผลการทดลองและอภิปราย	11
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	19
บรรณานุกรม	21
ภาคผนวก	22

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยสำเร็จลุล่วงได้โดยได้รับความร่วมมือจากคณะนักวิจัยจากหลายหน่วยงานของกรมวิชาการเกษตรทั้งกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต และเจ้าหน้าที่จากศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ รวมทั้งผู้ประกอบการโรงรมควันและผู้ส่งออกนำเข้าลำไย เป็นต้น และหน่วยงานสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือ/อุปกรณ์ต่างๆ ดร.นิพัฒน์ สุขวิบูลย์ หัวหน้าชุดโครงการวิจัยและพัฒนาลำไยและผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านการจัดการพืชที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ (ภาคเหนือตอนบน) สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 นายอุทัย นพคุณวงษ์ ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 และบริษัทส่งออกได้แก่ บริษัทหยวนเชิงเฟรชจำกัด บริษัทพงษ์เจริญเทรดดิ้งหาดใหญ่ และบริษัทโอเคอินเตอร์เฟรชจำกัด บริษัทนำเข้าของประเทศสิงคโปร์ สาธารณรัฐประชาชนจีนและประเทศอินโดนีเซียทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานต่างๆ ของโครงการ คณะทำงานโครงการฯ ขอบคุณทุกๆ ท่านมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

1. นายวิทยา อภัย	นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ	หัวหน้าโครงการ
	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	หัวหน้าการทดลองที่ 1
2. นายสนอง อมฤกษ์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ	ผู้ร่วมงาน
	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	หัวหน้าการทดลองที่ 2
3. นายสมเพชร เจริญสุข	นักวิชาการเกษตรชำนาญการ	ผู้ร่วมงาน
	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	
4. นางสาวสุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง	นักวิชาการเกษตรปฏิบัติการ	ผู้ร่วมงาน
	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1	
5. นายสถิตพงศ์ รัตนคำ	วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ	ผู้ร่วมงาน
	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	
6. นายชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์	วิศวกรการเกษตรชำนาญการ	ผู้ร่วมงาน
	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	
7. นายปรีชา ชมเชียงคำ	นายช่างกลการเกษตรชำนาญการ	ผู้ร่วมงาน
	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่	
8. นายสนอง จรินทร	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย	ผู้ร่วมงาน
9. นายมานพ หาญเทวี	ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาการ	ผู้ร่วมงาน
	เกษตรเชียงใหม่	

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

SO_2	=	Sulphur dioxide	GRAS	=	Generally Recognized as Safe
HCl	=	Hydrochloric acid	ml	=	milliliters
N	=	Normality	L	=	liters
GMP	=	Good Manufacturing Practice	BI	=	Browning index
°C	=	Degree Celsius	Rinse	=	การล้างสารออก
MRL	=	Maximum residue limit	Non-rinse	=	ไม่ล้างสารออก
O_2	=	Oxygen	Drained	=	การผึ่งให้สะเด็ดน้ำ
Kg	=	Kilogram	L*	=	Lightness
CRD	=	Completely randomized design	C*	=	Chroma
ppm	=	Part per million	h°	=	Hue angle
TA	=	Titratable acidity	PPO	=	Polyphenol oxidase
pH	=	ความเป็นกรดเป็นด่าง	H^+	=	Hydrogen ion
Pericarp pH	=	ความเป็นกรดเป็นด่างของเปลือกผล	CI	=	Chilling injury
PVC	=	Polyvinyl chloride	mg/kg	=	Milligram per kilogram
GAP	=	Good agricultural practice			
GFP	=	Good Fumigation practice			
% RH	=	Relative humidity percentage			
SMS	=	Sodium metabisulphite			
กพป.	=	กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต			
สวพ.1	=	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1			

บทนำ

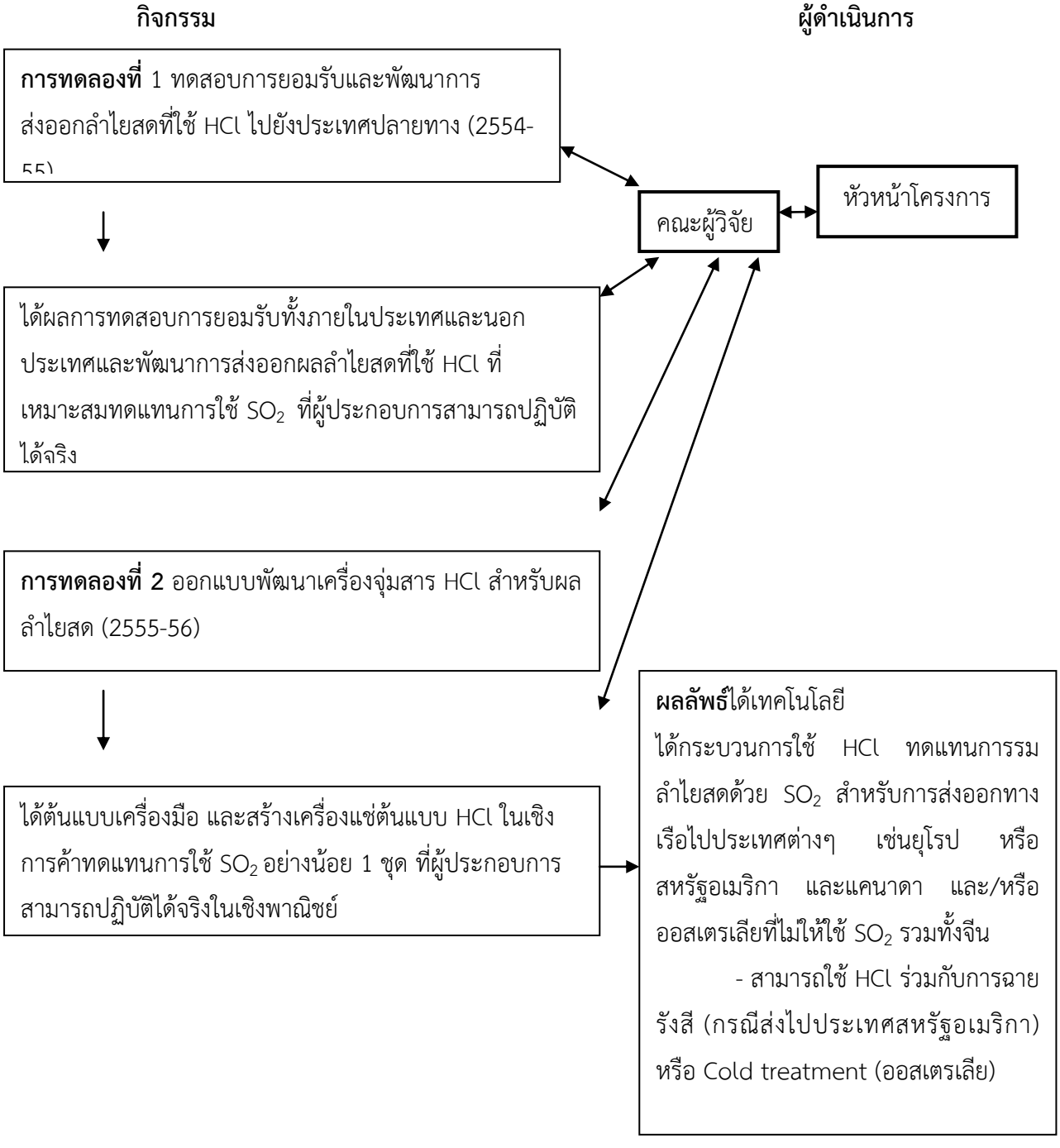
1. ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

โครงการพัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเป็นโครงการหนึ่งที่อยู่ภายใต้แผนงานวิจัยและพัฒนาลำไย ดำเนินการตั้งแต่ปี 2554-56 ตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันการส่งออกลำไยให้มีศักยภาพและปริมาณการส่งออกสูงขึ้น จนสามารถแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้

2. วัตถุประสงค์

โครงการมีเป้าหมายเพื่อทดสอบการยอมรับและพัฒนาการส่งออกผลลำไยสดที่ใช้ HCl และออกแบบพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด

3. วิธีการวิจัย



พัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย

Technological Development of Postharvest Management of Longan

วิทยา อภัย[1/] สมเพชร เจริญสุข[1/] สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง[1/] นิพัฒน์ สุขวิบูลย์[1/] อุทัย นพคุณวงศ์[1/]
สนอง อมฤกษ์[2/] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[2/] ชัยวัฒน์ เผ่าสันทัดพาณิชย์[2/]
มานพ หาญเทวี[3/] สนอง จรินทร[4/]

คำสำคัญ : ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) ลำไย

บทคัดย่อ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย แต่เก็บรักษาได้เพียง 2-3 วันเนื่องจากสีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเน่าเสีย การรมลำไยด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาระหว่างส่งออกได้นาน 30-40 วัน แต่บ่อยครั้งที่พบปัญหาการตกค้างของ SO_2 ในผลเกินค่ามาตรฐานกำหนดของสาธารณรัฐประชาชนจีนและมีบางประเทศไม่ยอมรับผลไม้ที่ผ่านการรมก๊าซ SO_2 ทำให้เป็นข้อจำกัดในการส่งออกลำไยของไทย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) จังหวัดเชียงใหม่ จึงได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเพื่อการส่งออกระหว่างปี 2554-2556 โดยวิจัยหาเทคโนโลยีใหม่ทดแทนการรมก๊าซ SO_2 ผลการดำเนินงานได้วิจัยจนได้คำแนะนำลดการตกค้างของ SO_2 เช่น ผลที่เปียกน้ำฝนควรแช่กรดเกลือ 1 เปอร์เซ็นต์ผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 5% นาน 5 นาที พบว่า การตกค้างของ SO_2 ต่ำกว่าการรมก๊าซ SO_2 ปกติ การวิจัยหาเทคโนโลยีทดแทนการรมก๊าซ SO_2 เพื่อยืดอายุเก็บรักษาลำไย พบว่า การแช่ผลในกรดไฮโดรคลอริก 6.4% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพสูงสุด ทำให้เก็บรักษาลำไยที่ 2-5°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90%ได้นาน 35 วัน มีการตกค้างต่ำและปลอดภัยต่อผู้บริโภค ผู้ประกอบการส่งออกและผู้บริโภคยอมรับร้อยละ 82 และ 80 ตามลำดับ คณะวิจัยจึงได้พัฒนาเครื่องต้นแบบแช่กรดไฮโดรคลอริกแทนแรงงานคนที่มีขีดความสามารถ 10 ตะกร้าพลาสติกต่อ 5 นาที ซึ่งผลงานวิจัยและพัฒนานี้ผู้ประกอบการส่งออกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการส่งออกลำไยได้ต่อไป

[1/] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
[2/] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ. เมือง จ. เชียงใหม่
[3/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ ต. ม่อนปิน อ. ฝาง จ. เชียงใหม่
[4/] ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ต.รอบเวียง อ.เมือง จ. เชียงราย

Technological Development of Postharvest Management of Longan

Wittaya Apai[1/] Sompetch Jaroensuk[1/] Suttinee Likhittragulrung [1/] Nipat Sukhvibul [1/]
Uthai Noppakoonwong [1/] Sanong Amaroek[2/] Satippong Rattanakam[2/] Kriangsak Nukphuk[2/]
Chaiwat Paosantanpanid[2/] Manop Hantavee[3/] Sanong Jarinthorn[4/]

Key words: sulfur dioxide (SO_2), hydrochloric acid (HCl), longan.

ABSTRACT

Longan 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. Fruit fumigated with sulfur dioxide (SO_2) could commercially extend shelf life during export for 30-40 days but it frequently detected SO_2 residue problem over than limit standard in imported countries, i.e. P.R.China. Some restricted countries have not accepted fruit fumigated SO_2 thus it limited contents of fresh Thai longan for export. Office of Agricultural Research and Development Region 1, Chiang Mai province conducted the research and development on postharvest management of longan for exporting from 2011-2013. Development on HCl as the new alternative to SO_2 was investigated. The results found that some advices on decreasing SO_2 residue in fruit flesh for export, i.e. fruit wetting from rain should be dipped in HCl 1% containing sodium metabisulfite 5% for 5 minutes. The results found that SO_2 residue in fruit flesh was significantly less than the conventional method. The researches on the alternative to replace SO_2 were studied. The results found that dipping in HCl 6.4% for 5 minutes showed the highest efficacy and prolonged shelf life for 35 days at 2-5°C and 85-90% RH. This treatment had low HCl residue in fruit flesh and thus safe for consumer. The exporter and consumer acceptances had 82 and 80%, respectively. Therefore, original dipping machine was developed 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

[3/]Chiang Mai Agricultural Research and Development Center, Monpin, Muaeng Chiang Mai

[4/] Chiang Rai Horticultural Research Center, Robviang, Muaent Chiang Rai.

บทนำ

ปัญหาสำคัญที่ทำให้ผลลำไยมีอายุเก็บรักษาสั้น ได้แก่ สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเพราะสูญเสียน้ำภายใน 2-3 วันหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อาการสะท้านหนาวภายใน 7-10 วันหลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°ซ และปัญหาการเน่าเสียจากการเข้าทำลายของเชื้อรา (Jiang *et al*., 2002) การรมผลด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ช่วยฟอกสีผิวเปลือกให้มีสีเหลืองทองและฆ่าเชื้อที่ผิวเปลือก จึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 30-40 วันที่อุณหภูมิ 2-5 °ซ (Tongdee, 1994) แต่อย่างไรก็ตามพบปัญหาที่ตามมาจากการใช้ก๊าซ SO_2 ในเชิงการค้า ปัญหาการตรวจพบค่าตกค้างเกินค่ามาตรฐานของประเทศคู่ค้า โดยเฉพาะสาธารณรัฐประชาชนจีนตรวจพบเกินค่ากำหนดในเนื้อผล (50 มก/กก.) ที่ปลายทางบ่อยครั้งและได้แจ้งเตือนกลับมาประเทศไทย สาเหตุอาจเกิดจากตัวอย่างผลลำไยที่สุ่มตรวจวิเคราะห์สารตกค้างไม่ใช่ตัวแทนที่แท้จริง การปรับปรุงระบบการสุ่มตัวอย่างจึงเป็นสิ่งจำเป็นในแต่ละพื้นที่โรงคัดบรรจุ นอกจากนี้ยังพบว่า มีโรงรมก๊าซ SO_2 ที่ไม่ผ่านการรับรองจำนวนหนึ่งที่อาจเผากำมะถันผงเกินอัตราที่กำหนดไว้ในตารางการใช้กำมะถัน (S-Table) และข้อปฏิบัติตามระบบ GFP (Good Fumigation Practice) และ GMP (Good Manufacturing Practice) ที่ผ่านการรับรองแล้ว แม้กรมวิชาการเกษตรจะมีมาตรฐานรับรองและออกใบรับรองสุขอนามัยให้ผู้ส่งออก แต่ยังพบปัญหาการตกค้างและยังขาดข้อมูลขั้นตอนการปฏิบัติของโรงรมและผลลำไย ซึ่งปัจจุบันสำนักพัฒนามาตรฐานสินค้าเกษตรแห่งชาติกำลังประกาศใช้มาตรฐานบังคับ ดังนั้นโรงรมต้องปรับปรุงระบบ GFP และให้ความร่วมมือที่ดีกับผู้เกี่ยวข้อง จึงควรมีการหาโรงรมต้นแบบ ควบคู่กับการฝึกอบรมให้ความรู้ ปัจจุบันพบว่าโรงรมก๊าซ SO_2 มีหลายแบบ ได้แก่ ห้องรม SO_2 แบบเดิมที่ดัดแปลงจากสถาบันอาหารปี 2540 (สถาบันอาหาร, 2541) ซึ่งพบน้อยที่สุด ต่อมาผู้ประกอบการได้ดัดแปลงจนมีหลากหลายแบบและวัสดุที่ใช้ ห้องรมแบบพัดลมกระจายก๊าซพบมากที่สุด รองลงมาใช้มอเตอร์ดูดวน และการใช้ระบบหล่อเย็นตามลำดับ ห้องรมของผู้ประกอบการเล็กๆ ยังนิยมการเผากำมะถันในห้องรมควัน ทำให้เกิดความร้อนขึ้น พบว่าค่าตกค้างในลำไยสุ่มจากตะกร้าชั้นบนในห้องรมสูงกว่าชั้นกลางและล่างแต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลเชิงวิชาการยืนยันถึงความสม่ำเสมอของการกระจายก๊าซ SO_2 (สมเพชร และคณะ, 2554) ข้อมูลการสำรวจและวัดความสม่ำเสมอของลมที่ไหลผ่านชั้นตะกร้าแต่ละพาเลทและก๊าซจึงเป็นสิ่งสำคัญ การใช้พัดลมหมุนวนในห้องรมพบว่ามีความเร็วสูง 0.5 m/s ทำให้ก๊าซหมุนวนไหลผ่านตะกร้าดีขึ้นพบค่าตกค้างในเนื้อสูงขึ้นในห้องรมที่ใช้พัดลม 2 ตัว เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมในห้อง 1 ตัว (สมเพชร และคณะ, 2555) การสร้างหอบำบัดก๊าซ SO_2 และวิธีการบำบัดก๊าซที่ถูกต้องและมีมาตรฐานสำหรับผู้ประกอบการโดยเกรียงศักดิ์ และคณะ (2555) พบว่าน้ำปูนใสเหมาะสมกว่าน้ำโซดาไฟที่ค่าพีเอช 11 เท่ากัน และดีกว่าน้ำเปล่า (พีเอช 7) สัมพันธ์กับชั้น packing media ที่มากกว่า 2,500 ลูกในหอบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดก๊าซ 87% การปรับใช้ในโรงรมควันพบว่าช่วยลดปัญหาก๊าซ SO_2 ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมได้เกินค่ามาตรฐาน 400 ppm ได้

ปัจจัยในผลผลิตลำไยเป็นสิ่งหนึ่งที่มีผลต่อการตกค้างในผล เช่น ผลที่มีความสุกแก่เกินไป และผลที่เปียกน้ำฝนหรือหมอกความชื้นมีผลต่อการตกค้าง (พงษ์พันธุ์และคณะ, 2551) ส่วนมากผู้ประกอบการไม่รับซื้อลำไยเปียกฝนช่วงฤดูกาลผลิตเพราะรมควันแล้วอาจจะตกค้างสูงเกินค่ากำหนด กรณีรับซื้อมาต้องเป่าแห้ง 1 คืนแล้วรมควัน ผิวเปลือกลำไยจะแห้งรมควันอาจจะขาดประสิทธิภาพ การพัฒนาเทคนิคการแช่เป็นเทคนิคหนึ่งที่ผู้ประกอบการสนใจเพราะสามารถนำมาแช่ได้ทันทีได้และอาจพบค่าตกค้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับการรมควันใน

ปัจจุบัน พรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่าการผสม sodium metabisulfite (SMS) เข้มข้น 7.5% กับกรด oxalic acid เข้มข้น 5% แช่นาน 5 นาที ช่วยทำให้สีผิวเปลือกลำไยมีความสม่ำเสมอขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ SMS ที่ไม่ผสมกรด แต่ขาดข้อมูลยืนยันถึงการตกค้างในผล ดังนั้นการศึกษาการใช้กรด HCl ที่ต้นทุนต่ำมาปรับพีเอชเกลือซัลไฟต์ให้ต่ำลง นอกจากยืดอายุการเก็บรักษาได้นานเท่ากันการรมควันแล้ว และอาจจะทำให้การตกค้างในเนื้อผลลดลงได้ต่ำกว่าวิธีการรมควัน จึงเป็นรูปแบบที่น่าสนใจสำหรับทดแทนการรมควันในอนาคต

การวิจัยเพื่อหาสารเคมีหรือเทคโนโลยียืดอายุการเก็บรักษาลำไยทดแทนการรมก๊าซ SO_2 เป็นสิ่งหนึ่งที่ผู้ประกอบการมีความต้องการ เพื่อเตรียมการสำหรับในอนาคตหากประเทศคู่ค้ายกเลิกหรือเข้มงวดต่อการใช้ก๊าซ SO_2 ในลำไย ที่ผ่านมาการวิจัย เช่น การแช่สารเคมี การเคลือบผิว การเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศและควบคุมบรรยากาศตลอดจนการใช้ความร้อนและความเย็นในการยืดอายุเก็บรักษาลำไย (วิชชาและคณะ, 2546; Jiang *et al*., 2002; Jiang and Li, 2001) ยังด้อยประสิทธิภาพและมีต้นทุนสูงกว่าการรมก๊าซ SO_2 แต่สำหรับกรดไฮโดรคลอลิก (HCl) เป็นสารเคมีที่ใช้แช่ผลเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่ (สดศรีและคณะ, 2547; Lichter *et al*., 2000) และลำไย (Apai, 2010; Drinan, 2004) ซึ่งการแช่ HCl มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการรมก๊าซ SO_2 แต่การหาเทคโนโลยีหรือสารทดแทนก๊าซ SO_2 จะต้องมีประสิทธิภาพลดเปลือกผลเปลี่ยนสีน้ำตาล ควบคุมการเน่าเสีย คุณภาพผลเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออก วัตถุประสงค์การทดลองได้แก่ ทดสอบการยอมรับและพัฒนาการส่งออกผลลำไยสดที่ใช้ HCl และออกแบบพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด สำหรับใช้ในอนาคต

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองที่ 1 ทดสอบการยอมรับและพัฒนาการส่งออกลำไยสดที่ใช้ HCl ไปยังประเทศปลายทาง

1.1 ผลของ HCl ต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล

วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 2 ซ้ำ 8 กรรมวิธี คือ การแช่ผลใน HCl ความเข้มข้น 6.4 7 8 9 และ12% นาน 5 นาที โดยไม่ล้างสารออก เปรียบเทียบกับแช่ HCl 6% นาน 35 นาที + ล้างสารออก, SO_2 และผลลำไยที่ไม่แช่สารเคมี ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ผลลำไยสดทั้งตะกร้าในสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 6.4 7 8 9 และ12% ปริมาตร 60 ลิตร ที่เติมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% นานเท่ากัน 5 นาที ขยับตะกร้าไปมาระหว่างแช่เพื่อให้กรดซึมเข้าเปลือกได้ทั่วถึง หลังแช่ผึ่งไว้นาน 10 นาทีและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3°ซ, 85% RH ทันที เปรียบเทียบกับมาแช่ผลใน 6% HCl นาน 35 นาที+ล้างให้สะอาด+ผึ่งนาน 10 นาทีและขึ้นตู้ทันที และ SO_2 รวม 7 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. สุ่มปริมาณ 1.5 กก. ต่อตะกร้า (ซ้ำ) ทุก 7 วันจนครบ 21 วัน วิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ประเมินให้คะแนนสีผิวเปลือกด้านใน เปอร์เซ็นต์ผลดี (Good fruit) และผลมีตำหนิ (Defected fruit) เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คะแนนสีเนื้อ พีเอชเปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรดเกลือในผล และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling 9 ระดับ จำนวน 13 คน

1.2 ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD จำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 11.5 กก. ดังนี้ คือ ปัจจัยที่ 1 มี 2 กรรมวิธี ได้แก่ ผลที่รมก๊าซ SO_2 และผลที่แช่ HCl 6.4% นาน 5 นาที ปัจจัยที่ 2 มี 3 กรรมวิธี

ได้แก่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 10 และ 30°ซ ผลลำไยสดจากสวนเดียวกันมาส่งที่สถานประกอบการรวม 18 ตะกร้า แบ่งเป็น SO_2 จำนวน 9 ตะกร้ารมก๊ามะถัน จากนั้นนำลำไยทั้งหมดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อคงความสด การแช่กรดล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด แช่ผลลำไยในกรดHCl 6.4% (pH 0.03) ผสมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% ไว้ประมาณ 300 ลิตร จะแช่ได้ถังพลาสติกละ 4 ตะกร้า ผึ่งให้แห้ง และจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ที่กำหนดไว้ บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 1 5 10 20 และ 30 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลเปลือกด้านในและนอก เปอร์เซ็นต์ผลดีและผลมีตำหนิ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค คะแนนการผิดปกติของสีเนื้อ pH เปลือกและเนื้อ การตกค้างของกรด HCl ในผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA) ส่วนการยอมรับผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling 9 ระดับ โดยการทดสอบชิมลำไยสดระหว่างการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน ภายหลังจากสุ่มจากอุณหภูมิต่ำใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 2 ปีรวมจำนวน 13 คน ได้แก่ สีผิวเปลือก และคุณภาพเนื้อ และอายุการเก็บรักษา

1.3 การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

1.3.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม รวม 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 การทดลองดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1ระหว่างเมษายนถึงพฤษภาคม 2554 ใช้ลำไยสดพันธุ์ดอนอกฤดู บรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. พักไว้ที่ร่มนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน 6% HCl ปริมาตร 60 ลิตร นาน 30 นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งลำไยทั้งตะกร้านาน 10 นาที (โดยไม่เป่าผลให้แห้งด้วยพัดลม) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3°ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85% นำตัวอย่างทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 300 คน ในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน แบบสอบถามดัดแปลงจากแบบสอบถามเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับในทุเรียนกวนของพิสิฎฐ์ (2544) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของประชากร ในรูปของความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย SPSS

ครั้งที่ 2 เป็นการศึกษาร่วมกับผู้ประกอบการ โดยเข้าไปสัมภาษณ์และนำผลลำไยที่แช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที เป็นกรรมวิธีที่ปรับลดเวลาแช่ ให้ผู้ประกอบการทดสอบชิมและให้คะแนน

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม รวม 2 ครั้ง

ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม 2554 ตัวอย่างที่ใช้เป็นลำไยพันธุ์ดอในฤดูกาล และบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. เป็นลำไยที่จะส่งออก นำไปรมก๊าซ SO_2 และขนส่งกลับมาห้องปฏิบัติการพักไว้ที่ห้องเย็นนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน HCl 6.4% ปริมาตร 60 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งลำไยทั้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °C และ 85% RH นาน 10 วัน และนำตัวอย่างทดสอบ HCl เปรียบเทียบกับการรม SO_2 มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 433 คนในงานวันปทุมมาที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่

ครั้งที่ 2 เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 200 คนในงานนิทรรศการพืชไร่ 80 ปี วันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2556 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่

1.3.2 การทดสอบการส่งออก

การทดสอบการส่งออกลำไยที่แช่กรด HCl ส่งออกไปสิงคโปร์ 2 ครั้ง สาธารณรัฐประชาชนจีน 3 ครั้ง และอินโดนีเซีย 1 ครั้ง รวม 6 ครั้ง ดำเนินการทดสอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือร่วมกับผู้ประกอบการแช่ผลที่

ห้องปฏิบัติการสวพ.1 โดยทดสอบต่อเนื่องจากปี 2554 โดยคัดเลือกผู้ประกอบการโรงรมควันส่งออกลำไยนอกและในฤดูกาลจำนวน 3 บริษัทที่ให้ความร่วมมือ ส่งผลลำไยที่แช่กรด HCl ทดสอบส่งออกระหว่างเดือน พ.ย. 54 – ส.ค. 55 ร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ และลำพูน ได้แก่ บริษัทโอเค อินเตอร์เฟรช เทรดดิ้ง (ประเทศไทย), บริษัทหยวนเชิงเฟรช จำกัด และบริษัทรอยัล อินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด จำนวน 1 4 และ 2 ครั้ง ตามลำดับ รวมจำนวน 6 ครั้งในการส่งออกไปประเทศจีน และ อินโดนีเซียรวม 4 ครั้ง ใช้ลำไยแบบช่อบรรจุตะกร้า 11.5 กก. จำนวน 44 ตะกร้าพลาสติก (คิดเป็นน้ำหนัก 506 กก.) แบ่งเป็น 2 ชุด คือ สวมถุงพลาสติกและไม่สวม และประเทศสิงคโปร์ รวม 2 ครั้ง ใช้ลำไยผลเดี่ยวบรรจุในกล่องพลาสติกใส (champ shell) ความจุ 1 กก. บรรจุ 12 กล่องต่อลัง จำนวน 4 ลังกระดาษ (คิดเป็นน้ำหนัก 48 กก.) ตามลำดับ ส่งผ่านด่านประเทศไทยที่แหลมฉบัง จ.ระยอง และส่งต่อไปประเทศปลายทาง ควบคุมอุณหภูมิ 2 ๐ซ และผู้ประกอบการที่ต้นทางประสานข้อมูลที่ประเทศปลายทางส่งผลให้ทางไปรษณีย์อิเล็คโทรนิก

1.4 การแช่โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับกรดเกลือ

1.4.1 ผลของ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ร่วมกับกรดเกลือต่อคุณภาพ การยอมรับผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้าขนาด 11.5 กก. ได้แก่ 1) แช่ใน HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที 2) แช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที 3) รมด้วย SO_2 และ4) ไม่แช่สารเคมี ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่ 5°ซ นาน 60 วัน สุ่มวัดการตกค้าง SO_2ในเนื้อ ผล และเปลือกทุก 7 วัน ด้วยวิธี Optimized Monier Williams Method (AOAC, 2005a) เมื่อเก็บรักษาที่ 5 $^{\circ}$ซ ครบ 7 วัน และจนครบ 60 วัน ทำการบันทึกคุณภาพผลทุกๆ 7 วันจนครบ 60 วัน ได้แก่ การวัดสีผิวเปลือกนอก ค่า L, a, b, ประเมินผลการเปลี่ยนสีน้ำตาล และสีเนื้อด้วยคะแนน เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงทางเคมีคือ พีเอช เปลือกและเนื้อ และปริมาณกรดเกลือตกค้าง (AOAC, 2005b) การยอมรับของผู้บริโภคอย่างน้อย 13 คนด้วยวิธี hedonic scaling คะแนน 1-9 ระดับ

1.4.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง

การทดสอบการส่งออกที่ห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 2 ครั้งร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ คือ บริษัทหยวนเชิงเฟรช จำกัด ได้แก่ ครั้งแรกลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศจีน ในเดือนพฤศจิกายน 2556 รวม 40 ตะกร้า แช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที ตรวจวัดค่า pH หลังแช่ทุกครั้ง สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และครั้งที่ 2 นำลำไยสีผิวไม่สวยสำหรับส่งไปประเทศอินโดนีเซียที่ค้างคืน 1 คืน ในเดือนธันวาคม 2556 รวม 20 ตะกร้าสำหรับส่งออกมาทดสอบแช่ในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาที แบ่งเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 แช่ทั้งตะกร้าโดยไม่เอาสายรัด+bubbles (แผ่นกันกระแทก) ออก และชุดที่ 2 แช่ทั้งตะกร้าแต่เอาสายรัดตะกร้า+bubblesออกก่อน หลังแห้งจึงนำ bubbles ใส่กลับคืนมัดสายรัดตะกร้า แบ่งเก็บรักษาที่ห้องเย็นห้องปฏิบัติการสวพ.1 รวม 12 ตะกร้า สุ่มวัดค่าตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผล และคุณภาพผลระหว่างการเก็บรักษาที่ 6 ๐ซ และตะกร้าที่เหลือนำกลับไปเก็บรักษาที่ห้องเย็นบริษัทหยวนเชิงเฟรช จำกัด

การทดลองที่ 2 ออกแบบพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด

ดำเนินการทดลองเดือนตุลาคม 2554 ถึงกันยายน 255**6** ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ได้แก่

2.1 สร้างเครื่องแช่ต้นแบบ ศึกษาดูงานเครื่องแช่ลิ้นจี่ และออกแบบ ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงต้นแบบให้แล้วเสร็จ และทดสอบการทำงานของเครื่องแช่ต้นแบบปรับปรุงแก้ไขให้แล้วเสร็จ

2.2 ทดสอบเครื่องแช่โดยเปรียบเทียบกระบวนการใช้ HCl กับใช้ SO_2 ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้แก่ ทดสอบเครื่องจุ่มสาร HCl ต้นแบบปี 2555 โดยแช่ได้ครั้งละ 10 ตะกร้า (machine) เปรียบเทียบกับแบบแช่ถังพลาสติก (manual) ซึ่งแช่ได้ครั้งละ 4 ตะกร้า ปี 2554 และเปรียบเทียบกับแบบวิธีการค้า คือ การรมผลลำไยด้วย SO_2 ข้อมูลพื้นฐานของกระบวนการจุ่มสาร HCl ศึกษาคุณภาพภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสีผิว การเกิดโรค และการยอมรับของผู้บริโภคระหว่างการเก็บรักษา และการยืดอายุการเก็บรักษา

การบันทึกข้อมูล

1.การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยสดทั้งเปลือกผลด้านนอกและใน ด้วยการประเมินให้คะแนนด้วยสายตา (Browning index) บนผล 5 ระดับ ตามวิธีของ Jiang and Li (2001) ได้แก่ 1 คือ ผลปกติไม่เปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาล, 2 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลเล็กน้อย 3 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลน้อยกว่า 25% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด 4 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลระหว่าง 25-50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด และระดับ 5 คือ ผลเปลี่ยนสีน้ำตาลมากกว่า 50% ของพื้นที่ผิวเปลือกทั้งหมด ผลลำไยที่มีระดับคะแนนของการเกิดสีน้ำตาลที่พื้นที่ผิวเปลือกสูงกว่า 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับด้านสีผิว

2. เปอร์เซ็นต์ผลลักษณะต่างๆ ได้แก่ ผลดี (Good fruit) เป็นผลที่สภาพดีไม่พบเชื้อรา ไม่พบตำหนิ บุบแตก น้ำไหล และนิ่มพอดีเมื่อกดด้วยนิ้วมือ ผลนิ่ม (Softy fruit) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะนิ่มชัดเจนและบุบ และผลแข็ง (Hardy fruit) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะแห้งและแกะเปลือกยาก

3. ความผิดปกติของเนื้อผล (Flesh discoloration) ด้วยการประเมินการเปลี่ยนที่เนื้อผลแบบให้คะแนนด้วยสายตา 3 ระดับได้แก่ 1 คือ ปกติ คะแนนระดับ 2 คือ สีเนื้อเปลี่ยนสีเล็กน้อยและยอมรับได้ และระดับ 3 คือ สีเนื้อเปลี่ยนมากไม่ยอมรับ เนื้อผลที่มีคะแนนความผิดปกติสูงเกิน 2.0 ถือว่าไม่ยอมรับ

4. เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (Disease incidence percentage) ตรวจนับผลลำไยที่มีลักษณะอาการ ได้แก่ ผลขึ้นราบนผิวเปลือกและขั้วด้วยสายตาหรือแว่นขยาย และตรวจดูผลที่มีเนื้อเน่าเละและคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค การเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าไม่ยอมรับ

5. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเปลือกผลและเนื้อ โดยสุ่มลำไยมาวัด 10 ผล/ซ้ำ ได้แก่ pericarp pH ทำการแยกเปลือกผลลำไย และเนื้อ แล้วนำส่วนเปลือกผลลำไยมาวัดการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชโดยนำเปลือกที่บดละเอียดน้ำหนัก 4 กรัม นำมาปั่นผสมในน้ำกลั่นปราศจากอิออน (deionized water) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร นำไปวัดด้วย pH meter ในขณะสภาพที่กำลังหมุนด้วย magnetic stirrer (Joas *et al*., 2005) และวัด pH ของน้ำคั้น (pH of flesh juice), วัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (titrable acidity; TA) ด้วยการไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH เป็นตัวทำปฏิกิริยา และรายงานผลเป็น %TA (AOAC, 2005b) และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; %TSS) ด้วย Digital refractometer (Pocket PAL-1, Japan) และปริมาณกรด HCl

ตกค้างในเปลือกและผล ด้วยการไทเทรตด้วย 0.1 N NaOH เป็นตัวทำปฏิกิริยา และรายงานผลเป็น % HCl (ดัดแปลงจากวิธี AOAC, 2005b)

6. การยอมรับของผู้บริโภค ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทั้งสีผิวเปลือกผลด้านนอกและในและคุณภาพเนื้อทำการประเมินลักษณะสีเนื้อ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม Hedonic scaling 9 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ระดับที่ 5 เฉยๆ และระดับที่ 9 ชอบมากที่สุด (Lawless and Heymann, 1998) ด้วยผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์มาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปี ส่วนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในภาคสนามโดยการนำผลลำไยที่แช่กรด HCl ที่ได้ผลดี และชุดเปรียบเทียบไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายโดยตรงได้แก่ ผู้ประกอบการส่งออกลำไยสด ผู้บริโภคในเขตภาคเหนือและคำนวณผลเป็นร้อยละของการยอมรับ หรือไม่ยอมรับสารทดแทน

6. อายุการเก็บรักษา พิจารณาจากการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลเมื่อคะแนนมากกว่า 3.0 (Jiang and Li, 2001) คะแนนการยอมรับของเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างใดอย่างหนึ่งน้อยกว่า 5 คะแนนหรือ (Lawless and Heymann, 1998) และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

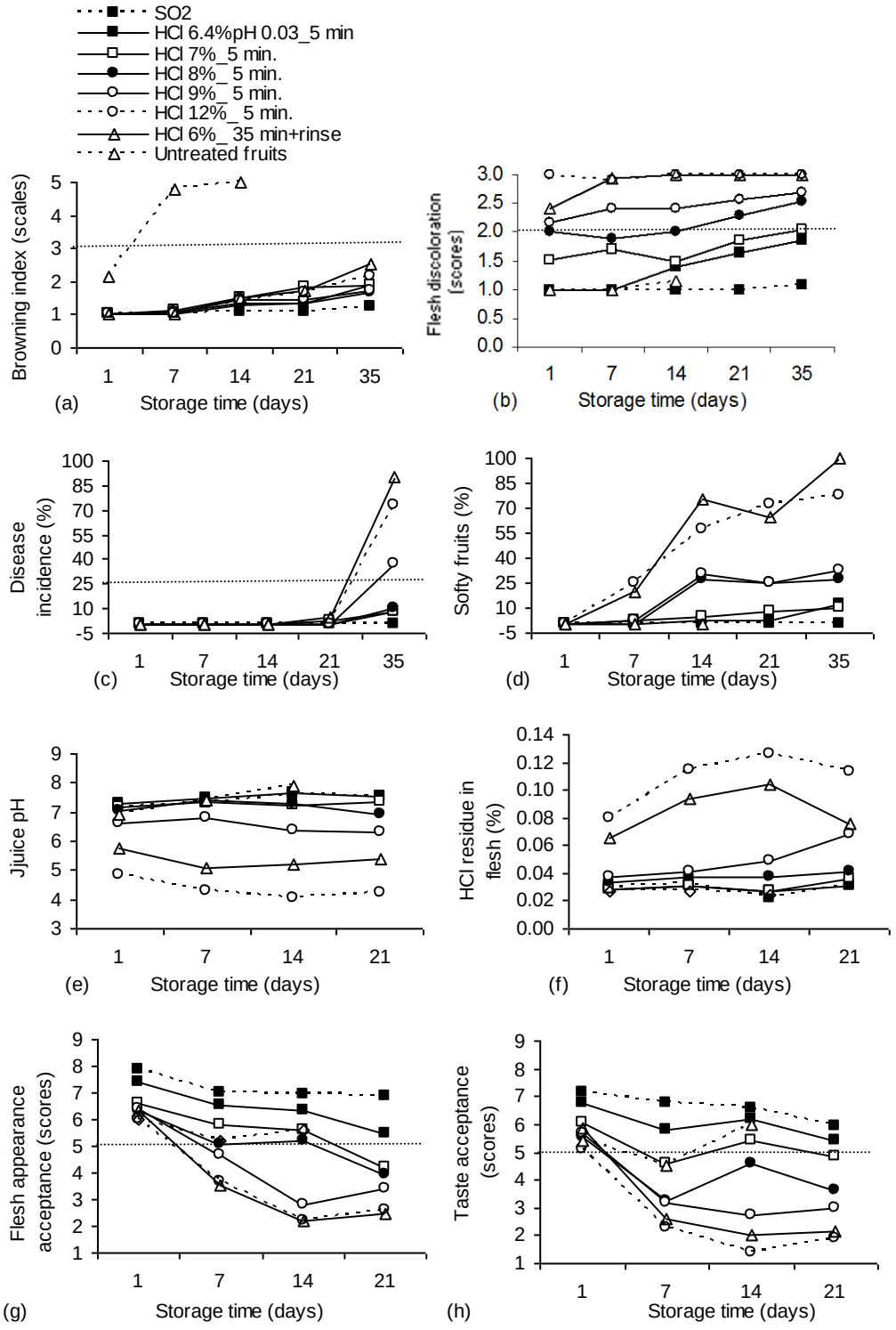
7. เวลาและสถานที่ 1 ตุลาคม 2553 ถึง 30 กันยายน 2556 ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ทดสอบการยอมรับและพัฒนาการส่งออกลำไยสดที่ใช้ HCl ไปยังประเทศปลายทาง

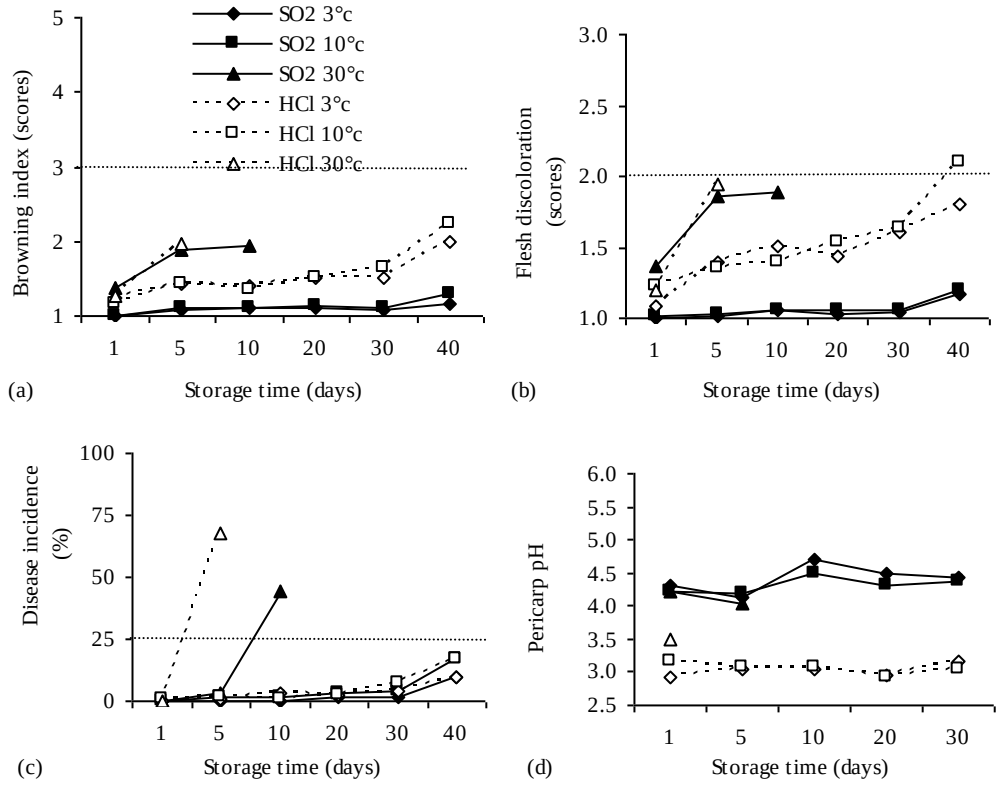
1.1 ผลของ HCl ต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างในผล

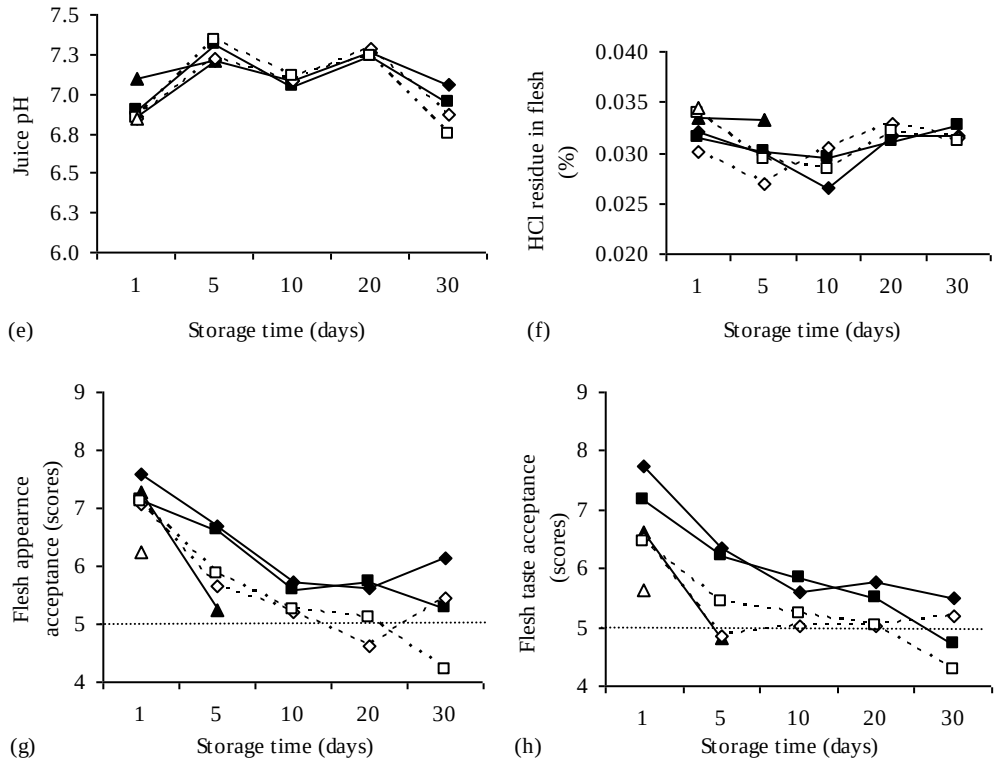
การแช่ผลในกรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาทีลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีไม่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบผลไม่แช่สาร (ภาพที่ 1a) พบคะแนนการเปลี่ยนสีเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับนาน 35 วัน (ค่าต่ำกว่า 2.0) เมื่อเปรียบกับ HCl ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นหรือแช่นานเกินไป (ภาพที่ 1b) และความเข้มข้น HCl ที่สูงขึ้นกว่า 8% หรือแช่ HCl 6% นาน 35 นาทีพบว่า เปอร์เซ็นต์ผลนิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 1d) และยุบตัว ทำให้ผลเกิดการเน่าเสียจากเชื้อราบางชนิดมากขึ้น (ภาพที่ 1c) เกิดจากการดูดซับของกรดในผลที่มากเกินไป และตกค้างในเนื้อมากขึ้น การใช้ HCl ระหว่าง 6.4-8% และรม SO_2 พบว่าการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบระหว่าง 0.028 – 0.041 % (ภาพที่ 1f) ค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (ไม่แสดงข้อมูล) และ juice pH พบระหว่าง 6.81 – 7.58 (ภาพที่ 1e) พบว่าค่าไม่แตกต่างกันและยังพบว่าไม่แตกต่างจากผลไม่แช่สาร แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบรายงานของกรดเกลือตกค้างในผลไม้ เนื่องจากเป็นกรดที่ปลอดภัยพบในกระเพาะอาหารมนุษย์มีค่าพีเอช 1-2 ส่วนมากจะรายงานตัวชี้วัดค่าความปลอดภัยของ HCl ด้วยระดับค่าพีเอชเนื้อควรเป็นกลางใกล้เคียงกับพีเอชน้ำ (~ 7.0) และเนื้อผลไม่แช่สาร พบการตกค้างของกรด HCl ในเนื้อสูงขึ้นเมื่อแช่นานขึ้นหรือความเข้มข้นสูง 9% มีค่าสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 1f) สันนิษฐานว่ากรดซึมจากเปลือกเข้าเนื้อหรือเนื้อหดตัวลงทำให้คุณภาพการบริโภคลดลง เมื่อพิจารณาคุณภาพการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าการแช่ใน HCl 6.4% นาน 5 นาที มีคะแนนการยอมรับทั้งสีเนื้อและรสชาติรองจากการใช้ SO_2 มีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับ (มากกว่า 5.0) นาน 21 วัน ที่อุณหภูมิ 3 °ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 85%



ภาพที่ 1 ผลของการแช่ใน HCl 6.4, 7, 8, 9 และ 12% นาน 5 นาทีต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผล (browning index) (a), flesh discoloration (b), disease incidence (c), softy fruit (%) (d), juice pH (e), การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อผล (f), flesh appearance acceptance (g) และ flesh taste acceptance (h) ของลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่ 3 °C, 85% RH. Note: browning index = 1: lowest and 5: highest score of browning area in pericarp (dot line represented limit of acceptance). Consumer acceptance = 1: dislike extremely, 5: neither like nor dislike and 9: like extremely (dot line represented limit of acceptance).

1.2 ผลอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อคุณภาพผล การยอมรับของผู้บริโภค และการตกค้างระหว่างการเก็บรักษา การใช้ HCl มีคุณภาพผลดีรองจากวิธีทางการค้า เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาพบว่าการใช้กรดเกลือเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาทีช่วยยืดอายุที่อุณหภูมิ 3 10 และ 30 C ได้นาน 30 20 และต่ำกว่า 5 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 นาน 30 20 และ 5 วัน ตามลำดับ เมื่อย้ายผลลำไยแช่กรดเกลือและเก็บรักษาที่ 3 ซ มาวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องโดยการสุ่มตัวอย่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษานาน 1 5 10 20 และ 30 วัน พบว่าจะคุณภาพบริโภคด้านรสชาติจะเก็บรักษาได้ไม่เกิน 3 วัน ในขณะ SO_2 นานมากกว่า 3 วัน (ไม่แสดงข้อมูล) การใช้ HCl และเก็บรักษาที่ 3 และ10 ˚ซ ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลทั้งเปลือกและการเน่าเสียนานเท่ากัน คือ 40 วัน (ภาพที่ 2a, c, ภาพที่ 2b ภาคผนวก) การชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อนาน 30 และ40 วัน (ภาพที่ 2b) และพบการตกค้างกรด HCl ในเปลือกสูง 0.25 - 0.38 % (ไม่แสดงข้อมูล) ค่าพีเอชเปลือกต่ำระหว่าง 2.92 - 3.16 (ภาพที่ 2d) เมื่อเปรียบเทียบกับ SO_2 แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางของพีเอชเนื้อพบระหว่าง 6.75 – 7.34 (ภาพที่ 2e) และการตกค้างของกรดเกลือในเนื้อไม่แตกต่างกันระหว่าง 0.027 – 0.034 % (ภาพที่ 2f) ค่าที่วัดใกล้เคียงกับการทดลอง 2.2 ส่วนอุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำลงมีผลการช่วยชะลอการเน่าเสีย (ภาพที่ 2c) และการเปลี่ยนแปลงสีเนื้อได้นานขึ้น (ภาพที่ 2b) ระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาผลลำไยที่แช่กรดเกลือช่วยยืดอายุได้นานที่สุดเมื่อพิจารณาจากสีเนื้อเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ˚ซ และความชื้นสัมพัทธ์ 90% รองลงมา คือ 10 ˚ซ และ 30 ˚ซ ตามลำดับ





ภาพที่ 2 ผลของแช่ใน HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาทีต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (browning index) (a), ความผิดปกติของเนื้อผล (flesh discoloration) (b), disease incidence (c), pericarp pH (d), juice pH (e), การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อผล (f) การยอมรับด้านลักษณะสีเนื้อผล (flesh appearance acceptance) (g) และด้านรสชาติ (flesh taste acceptance) (h) ของลำไยระหว่างการเก็บรักษาที่ 3, 10 และ 30 °C, 85% RH (dot line represented limit of acceptance).

1.3 การทดสอบการยอมรับผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือ

1.3.1 ผู้บริโภค และผู้ประกอบการส่งออก

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม

ครั้งที่ 1 จำนวน 300 คนในผลลำไยแช่ HCl 6% นาน 30 นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งไว้นาน 10 นาที เปรียบเทียบกับ SO_2 พบว่ากลุ่มผู้บริโภค ได้แก่ ภาครัฐ นักศึกษา ผู้ประกอบการ ค้าขาย เกษตรกร และอื่นๆ คะแนนการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยต่อลำไยสดที่แช่ HCl และรม SO_2 มีค่า 5.86 ± 2.13 และ 5.95 ± 1.9 (จาก 9 คะแนน) (ตารางที่ 1) ให้การยอมรับ HCl สำหรับเตรียมไว้เป็นสารทดแทนร้อยละ 84.7 และยอมรับ HCl เพื่อใช้ยืดอายุการเก็บรักษาร้อยละ 71.3 ผู้บริโภคแนะนำให้ปรับปรุงสีผิวเปลือกนอกให้สม่ำเสมอ รวมทั้งกลิ่นของเนื้อ และรสชาติ การปรับปรุงวิธีการแช่ HCl โดยลดเวลาการแช่ให้ต่ำกว่า 5.0 นาที โดยเพิ่มความเข้มข้น การทดลองได้นำลำไยที่แช่กรด HCl เข้มข้น 6% แช่นาน 35 นาทีและล้างออก 1 ครั้ง ผึ่งนาน 10 นาที มาให้ผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกนอกฤดูกาล จำนวน 15 ราย จาก 9 บริษัท ทดสอบการชิม (ตารางที่ 2) พบว่าให้การยอมรับลำไยที่ใช้เป็นสารทดแทน SO_2 จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 86.67 เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากมีความเห็นตรงกันว่าควรมีสารทดแทนเตรียมไว้ในอนาคตกรณีมีการเลิกใช้สาร SO_2 ครั้งที่ 2 ได้ปรับการแช่ผลใน HCl 6.4% นาน 5 นาที มาให้ผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกในฤดูกาล จำนวน 9 ราย จาก 8 บริษัท

ผู้ประกอบการส่วนมากร้อยละ 77.78 เตรียม HCl ไว้ใช้เป็นสารทดแทน SO_2 (ตารางที่ 2) ค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.22 2) <u>กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม</u> <u>ครั้งที่ 1</u> การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคลำไยในเขตภาคเหนือตอนบนในผลลำไยแช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที จำนวน 433 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพผลโดยรวม 90.30%

<u>ครั้งที่ 2</u> จำนวน 200 คนพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพโดยรวม 70% ค่าเฉลี่ยร้อยละ 80.15 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ข้อมูลด้าน ทัศนคติ การยอมรับ ของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลลำไยที่ใช้สารทดแทนซัลเฟอร์ฯซึ่งใช้เป็นเทคโนโลยีการยืดอายุการเก็บรักษาทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
คะแนนความชอบตามความรู้สึกโดยเฉลี่ย		
ผลที่ใช้ SO_2	5.95[1] ± 1.90[2]	
ผลลำไยสดที่แช่ด้วย HCl	5.86 ± 2.13	
ท่านเห็นด้วยหรือไม่ กับการนำสารทดแทน SO_2 เตรียมไว้ใช้เป็นสารทดแทน SO_2 สำหรับลำไยสด?		
เห็นด้วย	254	84.47
ไม่เห็นด้วย	46	15.3
ท่านยอมรับสารทดแทน SO_2 ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เพื่อสำหรับใช้ยืดอายุผลลำไยสดหรือไม่?		
ยอมรับ	214	71.3
ไม่ยอมรับ	86	28.7
ท่านเห็นว่าคุณภาพผลลำไยที่ใช้ HCl ควรปรับปรุงคุณลักษณะอะไรบ้าง?		
สีผิวเปลือกนอก	165	55.0
สีผิวเปลือกนอก	57	19.0
สีเนื้อ	78	26.0
ความแน่นเนื้อ	82	27.3
รสชาติ	96	32.0
กลิ่นของเนื้อ	106	35.3
การยอมรับโดยรวม	49	16.3
อื่นๆ	23	7.7

Note: [1/]1 = the lowest score, 5 = neither dislike nor like (limit of acceptance) and 9 = the highest score. [2/]SD = standard deviation,

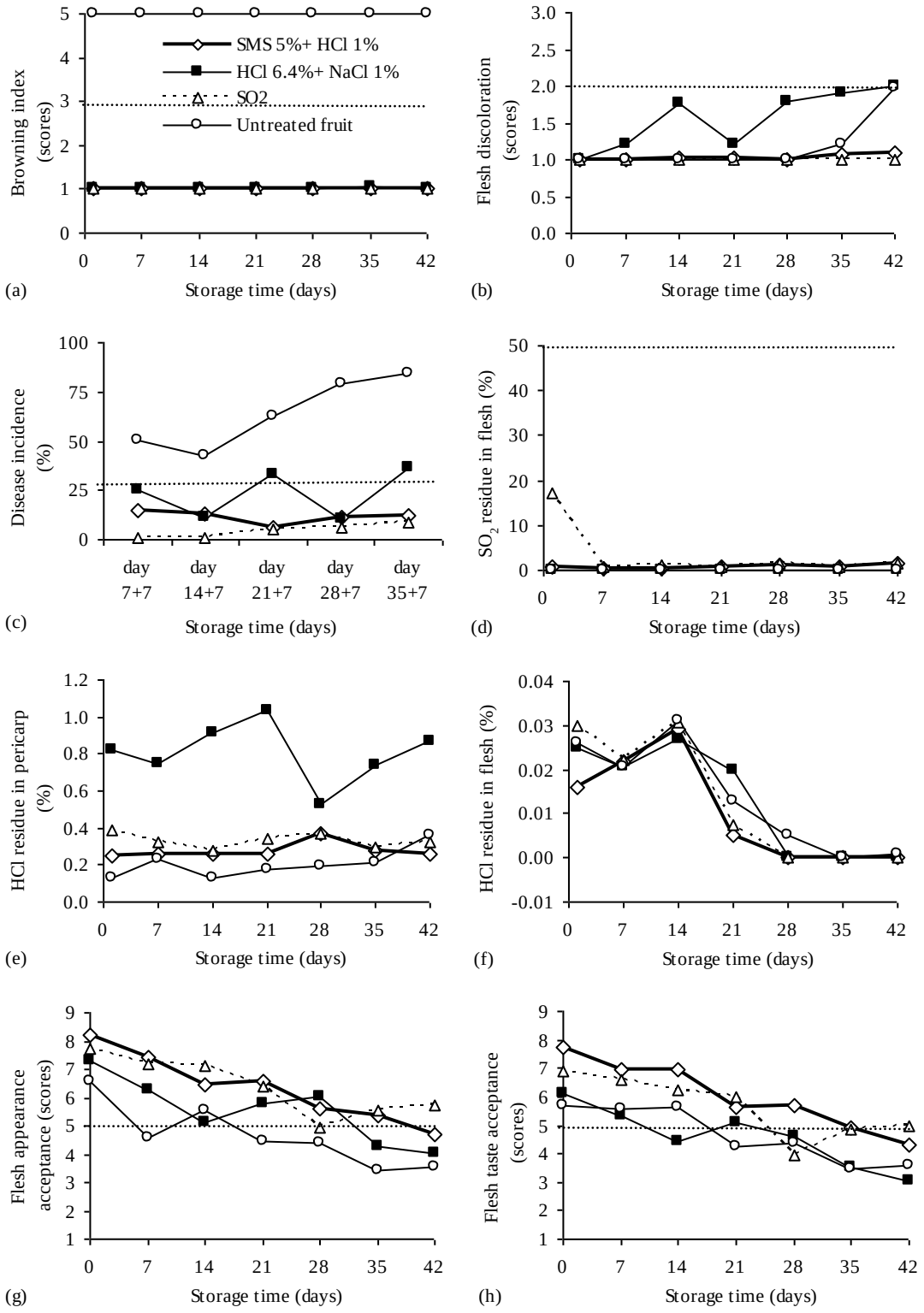
ตารางที่ 2 การสำรวจการยอมรับของผู้ประกอบการและผู้บริโภคต่อผลลำไยที่แช่ HCl รวม 2 ครั้ง และทดสอบการส่งออก 6 ครั้ง

การประเมิน	การยอมรับของผู้ประกอบการ		การยอมรับของผู้บริโภค	
	ผู้ประกอบการ (ราย)	ผลการยอมรับคุณภาพ (%)	ผู้บริโภค (คน)	ผลการยอมรับคุณภาพ (%)
ครั้งที่ 1	15	13 (86.7%)	433	90.3%
ครั้งที่ 2	9	7 (77.8%)	200	70.0%
		82.2%		80.0%

1.3.2 การทดสอบการส่งออก ภายหลังการขนส่งทางเรือนาน 7-10 วัน เมื่อเปิดตะกร้าประเมินผลรวม 6 ครั้ง ผู้ประกอบการนำเข้าสรุปผลเป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง ผลการตอบรับการส่งออกไปปลายทางประเทศสิงคโปร์ที่ตัดขั้วผลเดี่ยวบรรจุใส่กล่องพลาสติกขนาด 1 kg ได้ผลการตอบรับที่มีความเป็นไปได้ผลการประเมินคุณภาพ ผ่านทั้ง 2 ครั้ง (ตารางที่ 1 ภาคผนวก, ภาพที่ 1 ภาคผนวก) ส่วนการส่งออกไปประเทศจีนและอินโดนีเซียที่แช่ทั้งตะกร้าและส่งออกทันทีพบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 1 ครั้ง จาก 4 ครั้ง พบว่าต้องปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติในเทคนิควิธีการแช่ ควรให้ผลลำไยแห้งก่อนเก็บรักษา และการบรรจุผลลำไยไม่ควรสวมฟิล์มพลาสติกปิดทึบทั้งตะกร้าผลลำไยจะมีคุณภาพดีขึ้น การสวมตะกร้าด้วยถุงพลาสติกทำให้อับชื้นกระตุ้นการเน่าเสียเร็วขึ้นและเนื้อผลคุณภาพต่ำลง

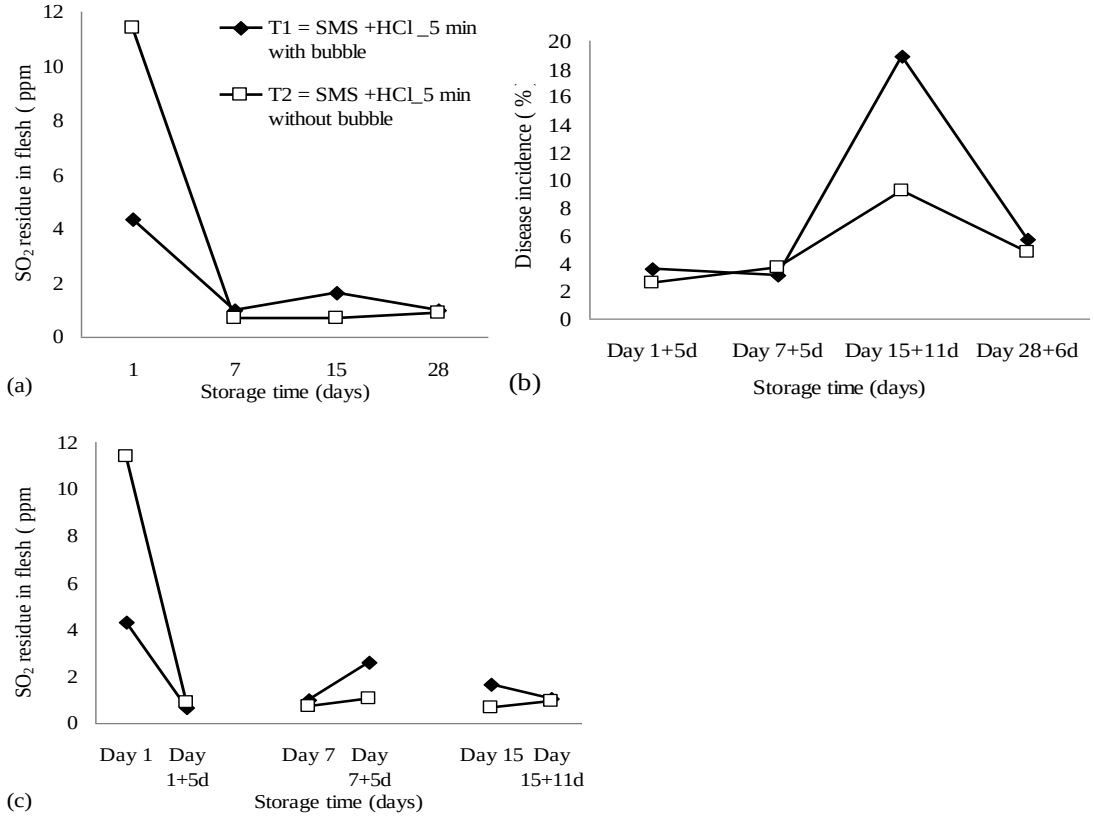
1.4 การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1.4.1 ผลของ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite ต่อคุณภาพผล การยอมรับผู้บริโภค และการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดเกลือในผลระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ การแช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้นาน 42 วัน ไม่แตกต่างจากวิธีทางการค้า คือ การรมด้วย SO_2 และกรรมวิธีทดแทน HCl (ภาพที่ 3a, ภาพที่ 3 ภาคผนวก) เมื่อเปรียบเทียบกับผลไม่แช่สาร ผลการทดลองสอดคล้องกับพรรณทิพา และคณะ (2549) พบว่า SMS 7.0% ถ้ามีส่วนผสมของกรด oxalic acid 5% จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในการฟอกสีผิวเปลือกผลได้สม่ำเสมอขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สาร SMS เพียงอย่างเดียวเมื่อประเมินจากค่า Browning index เพราะสารประกอบซัลไฟต์เมื่ออยู่ในสภาพพีเอชเป็นกรดสารประกอบซัลไฟต์จะปลดปล่อยกรดซัลฟุรัสออกมามากกว่าพีเอช SMS ปกติที่ไม่ผสมกรดที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน นอกจากนั้นพบค่าการเปลี่ยนสีเนื้อมีค่าต่ำไม่แตกต่างจากวิธีรม SO_2 นาน 1 ชั่วโมง มีค่าระหว่าง 1.0-1.1 เมื่อเปรียบเทียบกับ HCl และผลไม่แช่สาร (ภาพที่ 3b) ขณะที่ค่าการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อพบค่าต่ำกว่ากรรมวิธีทางการค้า SO_2 ในวันแรก (ภาพที่ 3d) และลดลงไม่แตกต่างกันภายหลังการเก็บรักษานาน 7 วันขึ้นไป ค่าตกค้างที่ต่ำกว่าค่ากำหนดจึงเป็นผลดีต่อการส่งออกลำไยไปประเทศจีน ทำให้ไม่ต้องโดนแจ้งเตือนหรือยกเลิกการนำเข้าลำไยกรณีพบค่าเกินมาตรฐานกำหนด การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อพบค่าต่ำทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันค่าลดลงต่ำเท่ากับ 0.00 ภายหลังการเก็บรักษาผ่านไป 21 วัน ที่ 5 ˚ซ การลดลงเนื่องจากสารทำปฏิกิริยากันในการหายใจ (Jiang *et al*., 2000) และไอออนบวกของกรดต่างๆ ในเนื้อทำปฏิกิริยากับสารประจุลบ (neutralized) ทำให้ปริมาณต่ำลง (FDA, 1979) การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% มีค่าไม่แตกต่างจากผลไม่แช่สาร (ภาพที่ 3f) ค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกรด HCl ในกระเพาะมนุษย์มีค่า 0.5% แต่จากข้อมูล FDA (1979) ได้สรุปผลแล้วถือว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค ส่วนการตกค้างในเปลือกมีค่า 0.53 – 1.03% (ภาพที่ 3e) ค่าสอดคล้องการทดลองที่ 2.6 ส่วนค่าการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การใช้ HCl+SMS, SO_2, HCl และผลไม่แช่สารผู้บริโภคยอมรับคุณภาพด้านรสชาตินาน 35 21 21 และ14 วันตามลำดับ (ภาพที่ 3h) ขณะที่การยอมรับด้านสีเนื้อนาน 35 42 35 และ 7 วันตามลำดับ (ภาพที่ 3g) ผลลำไยไม่แช่สารค่าต่ำลงลงเนื่องจากสีผิวเปลือกเริ่มคล้ำและคุณภาพเนื้อเริ่มเปลี่ยน ขณะที่คุณภาพเนื้อของทั้งสามกรรมวิธียังยอมรับได้เพียงพอต่อการส่งออก



ภาพที่ 3 ผลของการแช่ HCl+SMS ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (browning index) (a), flesh discoloration (b), disease incidence (c), การตกค้างของ SO_2 ในเนื้อ (d), การตกค้างของ HCl ในเปลือกผล (e), การตกค้างของ HCl ในเนื้อผล (f), การยอมรับของลักษณะสีเนื้อ (flesh appearance acceptance) (g) และด้านรสชาติ (flesh taste acceptance) (h) ระหว่างการเก็บรักษาที่ 5 °C, 85-90% RH นาน 42 วัน. Disease incidence percentage during simulated display for sale for 7 days at room temperature after taken from cold storage at 5 °C. Dot line represents limit of acceptance.

1.4.2 การทดสอบร่วมกับผู้ประกอบการสำหรับการส่งออก และค่าตกค้าง ผู้ประกอบการทั้งต้นทาง คือ บริษัทหยวนเชิงเฟรช และผู้นำเข้าที่ประเทศจีนยอมรับคุณภาพผลลำไยที่แช่ HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาที พบค่าตกค้าง SO_2 หลังแช่ 1 วันโดยเฉลี่ย 0.97 mg/kg สามารถจำหน่ายให้ลูกค้าประเทศจีนรวม 38 ตะกร้า ได้โดยลูกค้าไม่ส่งคืน บริษัทหยวนเชิงจึงนำลำไยสีผิวสำหรับส่งไปประเทศ อินโดนีเซียและค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง มาทดสอบแช่ HCl+SMS พบว่าการแช่โดยรัดตะกร้าและไม่นำแผ่นกันกระแทกออกพบค่าตกค้างต่ำไม่แตกต่างเท่ากับ 4.33 และ 11.39 mg/kg ตามลำดับ ค่าสลายตัวลดลงใกล้เคียง 1 mg/kg เมื่อเก็บรักษา 1 สัปดาห์ขึ้นไป (ภาพที่ 4a, c) ค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนด 50 mg/kg จึงพบความเสี่ยงต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมควัน และลดการเน่าเสียได้ (ภาพที่ 4b) วิธีการแช่สามารถนำไปใช้ทดแทนวิธีการรมควันได้หากประเทศจีนเริ่มเข้มงวดมากขึ้น และสามารถนำมาใช้กรณีที่ผลลำไยเปียกได้ ผู้ประกอบการที่มีเครื่องแช่ลิ้นจี่อยู่แล้ว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้



ภาพที่ 4 ผลของการแช่ใน HCl 1%+SMS 5% นาน 5 นาทีต่อการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลระหว่างการเก็บรักษาที่ 6 ˚C (a) และ disease incidence (%) (b) และการตกค้างของ SO_2 ในเนื้อผลภายหลังย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องราน 5 วัน

การทดลองที่ 2 ออกแบบพัฒนาเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด

2.1 สร้างเครื่องแช่ต้นแบบ ดำเนินการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องจุ่มสาร HCl ทำจาก สแตนเลสเกรด 304 หนา 1.2 ม.ม. (ภาที่ 5a-b) ดัดแปลงจากเครื่องแช่ลิ้นจี่ส่วนประกอบสำคัญประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ขั้นตอนการแช่สาร HCl ขั้นตอนการเป่าแห้ง และขั้นตอนการเติม-บำบัดสาร HCl (ภาพที่ 5c-d)

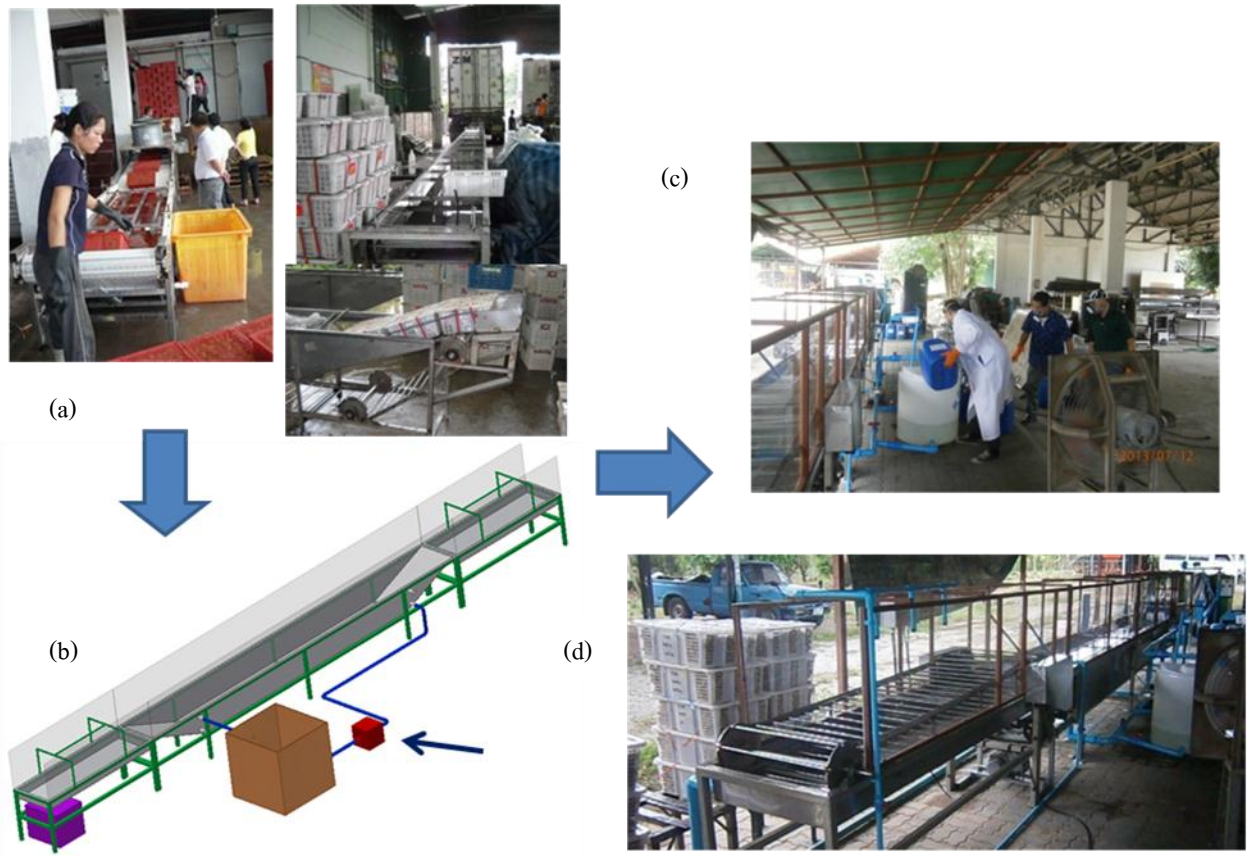
1) ขั้นตอนการล้างทำความสะอาด ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดอ่างล้าง 2) ชุดสเปรย์น้ำ มีหัวสปริงเกอร์จำนวน 3 หัว และชุดลำเลียง 3) เป็นสายพานสแตนเลส เกรด 304 ขับผ่านสายพานขั้นตอนการแช่ HCl ด้วยเฟืองเบอร์ 50 ตลอดทั้งเครื่อง (ภาพที่ 5d)

2) ขั้นตอนการแช่สาร HCl ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดอ่างแช่ HCl ขนาด กxยxส คือ 0.6 x 6 x 0.4 ม. และโครงสร้างฐานรองรับตัวถังทำจากเหล็กกล่อง ขนาด กxยxส คือ 0.6 x 6.0 x 0.8 ม. 2) ชุดหมุนเวียนกรด โดยใช้ปั๊มสแตนเลส 220 Vac ขนาด 3/4 HP อัตราไหลสูงสุด 7.2 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง หมุนเวียนสารแบบการไหลสวนทาง ผ่านท่อ PVC และมีวาล์ว เป็นตัวควบคุม และ 3) ชุดลำเลียง

3) ขั้นตอนการเป่าแห้ง ประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดอ่างเป่าแห้ง ขนาด กxยxส คือ 0.6 x 2.0 x 0.15 ม. 2) ชุดเป่าแห้ง มีพัดลมเป่าอากาศ ขนาด 12 นิ้ว 2 เครื่อง 3) ชุดลำเลียง เป็นสายพาน สแตนเลส และ4) ชุดถ่ายทอดกำลัง ใช้มอเตอร์ 2 Hp เป็นต้นกำลัง

4) ขั้นตอนการเติม-บำบัดสาร HCl (ภาพที่ 5c) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ชุดปั๊มสแตนเลส โดยใช้ปั๊มแสตนเลส (ปั๊มเดียวกับปั๊มหมุนเวียน) 2) ชุดระบบท่อ ทำจากท่อ PVC 13.5 ขนาด 1 ½ นิ้ว มีวาล์วเป็นตัวควบคุม และ 3) ชุดถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร และ 1,500 ลิตร ใช้สำหรับเติมสาร HCl และเก็บสารตามลำดับ

2.2 ทดสอบเครื่องแช่โดยเปรียบเทียบกระบวนการใช้ HCl กับใช้ SO_2 ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม เชียงใหม่ แบ่งการทดสอบครั้งละ 4 ตะกร้า จำนวน 4 ซ้ำ พบว่าเครื่องต้นแบบแช่ HCl มีความสามารถในการแช่ใช้เวลาเฉลี่ย 5.07 นาที เครื่องดังกล่าวทำงานได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับใช้แรงคนจุ่ม HCl การทดสอบการแช่ระหว่างเครื่องแช่และใช้คนแช่ HCl พบว่าคุณภาพผลการยอมรับของผู้บริโภคของการใช้คนแช่ดีกว่าการใช้เครื่องแช่ HCl เช่น สีเนื้อ รสชาติเมื่อเก็บรักษานาน 30 วันที่ 5 °ซ การใช้เครื่องแช่สีเนื้อเปลี่ยนเป็นสีแดงเร็วกว่าการใช้คนแช่ เนื่องจากเครื่องแช่ปริมาตรสารกับปริมาณผลผลิตที่แช่อาจจะไม่สมดุลกัน ควรปรับปรุงใช้ลำไยแช่ 10 ตะกร้าต่อ HCl ปริมาตร 1,200 ลิตรและการใช้คนแช่คุณภาพผลไม่แตกต่างจากการใช้ SO_2 มากนัก



ภาพที่ 5 เครื่องแช่ของไต้หวันและไทยสำหรับลดอุณหภูมิด้วยน้ำเย็นในลิ้นจี่เขตภาคเหนือ (a) นำมาออกแบบเครื่องแช่ต้นแบบ (Model of original HCl dipping machine) (b) ความยาว 10 เมตรนำมาออกแบบทำด้วยสแตนเลส (c-d) การเทกรดในถังพลาสติกต้องระมัดระวังสวมหน้ากากใส่แว่นตาและถุงมือมีพัดลมเป่าขณะแช่ (c) และเครื่องแช่ต้นแบบกำลังความจุ 10 ตะกร้าต่อครั้ง (d).

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. วิธีการแช่กรดเกลือหรือกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้งและ เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 2-5°C, 90% RH พบว่าเตรียมไว้ใช้ทดแทนสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอนาคตได้ มีอายุเก็บรักษาได้เฉลี่ยนาน 35 วัน คุณภาพการบริโภครองจากวิธีทางการค้าแต่ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่แช่สาร สีผิวเปลือกสีเหลืองอมส้ม การตกค้างของกรดในเนื้อต่ำ การทดสอบส่งออกรวม 6 ครั้งไป 3 ประเทศได้แก่ ประเทศจีน สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการในเขตภาคเหนือพบว่ายอมรับใช้ทดแทนสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย 80% การพัฒนาเครื่องแช่สารต้นแบบพบว่ามีกำลังการผลิต 10 ตะกร้าต่อครั้ง แช่ครั้งละ 5 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานคนแช่ได้ครั้งละ 3 ตะกร้าต่อครั้ง ครั้งละ 5 นาที

- สารละลายกรด HCl สามารถแช่ซ้ำได้ โดยต้องเติมกรดและปรับpH สารละลาย HCl ที่เหลือหลังการแช่สามารถเก็บไว้ใช้งานครั้งต่อไปได้ การแช่กรดควรส่งออกภายในเวลาไม่เกิน 3 วันหลังแช่กรณีต้องเก็บรักษาไว้ก่อนเพื่อรักษาความสดใหม่

- วิธีแช่กำลังการผลิตต่อครั้งต่ำกว่าวิธีทางการค้า คือ รมควัน อาจจะใช้ได้เฉพาะประเทศที่มีปริมาณการส่งออกต่ำและเข้มงวดการตรวจสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เช่น สิงคโปร์ แคนาดา ยุโรป อเมริกา เป็นต้น เปลือกต้อง

แห้งก่อนเก็บรักษา สามารถใช้ร่วมกับการฉายรังสีได้ การประยุกต์ใช้กับลำไยส่งไปประเทศจีน ต้องเพิ่มความยาวเครื่องแช่ทำให้เพิ่มกำลังการผลิตได้

- ความปลอดภัยต่อผู้บริโภค กฎระเบียบการนำเข้าแต่ละประเทศเป็นอุปสรรคต่อการใช้ HCl บางครั้งต้องมีการ Approval ก่อน การตกค้างกรด HCl ในเนื้อผลต่ำ 0.00 – 0.025% เมื่อเปรียบเทียบกับกรด HCl ในกระเพาะมีค่า 0.5% กรด HCl ผ่านการ approved จาก US-FDA ใช้เป็นfood additive เป็นสารปลอดภัย (Generally recognized as Safe, GRAS) ในอาหารได้ ในกระเพาะอาหารมนุษย์มีกรดเกลืออยู่แล้ว 0.5% อาหารบางชนิดเป็นกรดต่ำ เช่น มะนาวหรือมะขาม จึงปลอดภัย

- ความร่วมมือระหว่างประเทศสามารถใช้กรด HC1 สำหรับเตรียมไว้ทดแทนในอนาคตกรณียกเลิกการใช้ SO_2 จัดทำรายงานเสนอส่ง Postharvest Technology Department, AVA เกี่ยวกับการตกค้างของกรด HCl ในลำไย และอายุการเก็บรักษาลำไยแช่กรดเกลือส่งออกไปประเทศสิงคโปร์และการพัฒนาวิธีการตรวจหารวมทั้งปริมาณสาร cyaniding-3-glucoside และพิสูจน์ชื่อชนิดของสารแอนโทไซยานินนี้ทำได้ด้วยเทคนิคชั้นสูง เช่น LC/MS หรือ LC/MS/MS

- การผสมกรดเกลือ ควรแต่งกายมิดชิด สวมหน้ากากกันสารเคมี ใส่ถุงมือ และควรมีมอเตอร์ดูดกรดเกลือจากถังบรรจุจะทำได้ปลอดภัยกว่าการใช้คนเท และต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสดต้นทุนก่อสร้าง 300,000 บาท (ตารางที่ 3 ภาคผนวก) แช่ผลผลิตได้ปริมาณมากและต่อเนื่อง ต้นทุนการใช้ HCl 6.4% ต่อลิตรเท่ากับ 2.11 บาท (ตารางที่ 2 ภาคผนวก) ถ้าผลการทดสอบดีสามารถนำไปทดสอบปรับใช้แช่ผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ลิ้นจี่ และใช้ร่วมกับวิธีการอื่นๆ เป็นต้น

- การป้องกันปัญหาผลแตกจากการแช่กรด ควรเว้นช่วงก่อนแช่ 8 ชั่วโมงหลังการเก็บเกี่ยวหรือเก็บรักษาไว้ 1 คืน สามารถนำมาแช่ช่วงเช้าได้

2. ปัจจัยผลลำไยเปียกฝนหรือหมอกน้ำค้างช่วงฤดูหนาวสร้างปัญหาให้กับผู้ประกอบการในการรมควันเพื่อส่งออก ควรเป่าผลให้แห้งก่อนรม หรือการใช้ SMS 5% +HCl 1% นาน 5 นาที สามารถใช้ทดแทนการรมควันได้ให้ผลที่น่าพอใจ เพราะ SO_2 ตกค้างในเนื้อต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดของประเทศจีน และต่ำกว่าการรมควันด้วยกำมะถันในวันแรก และวิธีปัจจุบันพบความเสี่ยงประเทศจีนได้เข้มงวดการสุ่มตรวจสาร SO_2 ตกค้างนำเข้าจากประเทศไทยที่ด่านนำเข้า
พบค่าตกค้างในเนื้อ ผลลำไยที่รมไม่ควรสุกแก่เกินไป และการเก็บรักษาไม่ควรเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีระบบการถ่ายเทไม่ดี

- การแช่ต้องระวังการสลายของก๊าซ SO_2 ต้องป้องกันใส่หน้ากาก โดยสร้างฝาครอบและให้ตะกร้าไหลในทางเดียวกัน สามารถซ้ำได้ค่าพีเอชไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ต้องวิจัยกระบวนการแช่ที่มีระบบป้องกัน และตรวจวัดก๊าซ SO_2 ขณะแช่ พบว่า มีการนำ SMS ไปฟอกสีผิวมะพร้าวควั่น และลำไยอบแห้งสีทอง ต้นทุนการใช้ SMS 5.0 % ต่อลิตรเท่ากับ 2.50 บาท (ตารางที่ 2 ภาคผนวก)

3. การพัฒนาวิธีการลดปัญหาการตกค้างของเฟอร์ไดออกไซด์เกินกำหนดในเขตภาคเหนือ ได้แก่ การพัฒนาการสุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่แท้จริงในการออกใบรับรองสุขอนามัยเพื่อการส่งออก และการพัฒนาระบบการรับรองโรงรมควัน (GFP) ให้ดีขึ้นโดยผู้ประกอบการให้ความร่วมมือใช้ปริมาณกำมะถันตาม S-Table และหมั่นดูแลการรมควันให้ถูกต้องตามฤดูกาลและปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างต่ำกว่ากำหนดนั้น สามารถทำได้ใน

ลำไยส่งออกในพื้นที่สวพ.1 โดยต้องอาศัยความร่วมมือที่ดีจากผู้มีส่วนได้เสียทุกคน ได้แก่ ภาครัฐ และภาคเอกชน ต้องช่วยเหลือกัน ทำให้ลดปัญหาการแจ้งเตือนจาก AQSIQ ประเทศจีนได้มากขึ้น การรักษาวิธีการด้วยการเฝ้าระวังการสุ่มตัวอย่างและผลวิเคราะห์เป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ต้องดำเนินการและรักษาไว้ให้ดีอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกลำไยสามารถส่งออกลำไยได้มากขึ้น ผลผลิตมีคุณภาพและปลอดภัยจากสารตกค้าง โรงรมต้องหมั่นดูแลรักษาวัสดุอุปกรณ์ในการรมควันรวมทั้งหอบำบัดก๊าซให้สภาพดีเสมอ และการบันทึกในระบบ GFP และ GMP รวมทั้งผลวิเคราะห์ SO_2 ส่งออกด้วย เพื่อสะดวกต่อการตรวจติดตามของเจ้าหน้าที่ต่อไป

- หากพบปัญหาด้านเทคนิคการรมควัน และวิธีการปฏิบัติรวมถึงกฎเกณฑ์ในการส่งออกไม่ถูกต้อง หน่วยงานควรจัดฝึกอบรมหรือสัมมนา อย่างน้อยปีละครั้ง

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ นักผูก, วิทยา อภัย, สมเพชร เจริญสุข, สถิตพงศ์ รัตนคำ, วีระ ศรีกระจ่าง และสมเดช ไทยแท้. 2555. การพัฒนาหอบำบัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยสดของโรงรมในเขตภาคเหนือตอนบน. รายงานผลวิจัยเรื่องเต็มโครงการเร่งด่วนสิ้นสุดปี 2555. ซิง ชิง ทองดี สมศักดิ์ ชัยมงคล สดศรี เนียมเปรม สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์ มานัส แจ่มจำรูญ ศิริพงษ์ พัฒนวิบูลย์ อนวัช สุวรรณกุล ยุวดี รัตนไชย จิตตา ศาสตร์เพ็ชร และน้ำเพชร ชัยวิภา. 2540. เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.กรุงเทพ. 97 หน้า.

พงศ์พันธุ์ จึงอยู่สุข, สมเพชร เจริญสุข และวิทยา อภัย. 2551. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด. หน้า 253-266. ใน: *รายงานประจำปี 2550*. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พรรณทิพา บุญอินทร์, กานดา หวังชัย, กอบเกียรติ แสงนิล และ จำนงค์ อุทัยบุตร. 2549. ผลของสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลต่อสีเปลือกและคุณภาพของผลลำไยพันธุ์ดอระหว่างการเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 37(5 (Suppl.): 144-147.

พิสิฎฐ์ ธรรมวิถี. 2544. การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มไคโตแซนผสมโปแตสเซียมซอร์เบตและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวน. ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 94 หน้า.

สถาบันอาหาร. 2541. คู่มือการอบรมควัน-อบแห้งลำไยพร้อมกรรมวิธีและแบบแปลน. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทอินโนมีเดียจำกัด. 74 หน้า.

สดศรี เนียมเปรม. 2547. โครงการวิจัยที่ ภ. 46-01 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุเก็บรักษาและการรักษาสีผิวลิ้นจี่. สถาบันวิจัยวิทยาและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.

สมเพชร เจริญสุข, พงษ์พันธุ์ จึงอยู่สุข, เกรียงศักดิ์ นักผูก และวิทยา อภัย. 2554. ศึกษาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหมาะสมในการรมควันลำไยสดไปต่างประเทศ. บทคัดย่อในการประชุมพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 10 วันที่ 18-20 พ.ค. 54โรงแรมมิราเคิลแกรนด์โฮเตล. กรุงเทพฯ

สมเพชร เจริญสุข, วิทยา อภัย, เกรียงศักดิ์ นักผูก, สนอง อมฤกษ์, ไมตรี เยาวรัตน์, สุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง ปริศนา หาญวิริยะพันธุ์ และชวนชื่น เดี่ยววิไล. 2555. การทดสอบและพัฒนาระบบการหมุนเวียนอากาศแบบ Circulated air ภายในห้องรมแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้ความสม่ำเสมอและลดการตกค้างของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด. การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 วันที่ 23-25 เมษายน 2555 ณ โรงแรมโกลเด้นท์บีช ชะอำ จ.เพชรบุรี

วิชชา สอาดสุด อุราภรณ์ สอาดสุด ปริญญา จันทรศรี และสาริณี ประสาทเขตต์กรณ์. 2546. กรรมวิธีหลังการเก็บเกี่ยวบนผลลำไยเพื่อทดแทนการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.phtnet.org/research/ViewResearch.asp?id=16

AOAC. 2005a. *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.

A.O.A.C. 2005b. *AOAC Offical Method 942.15 Acidity (Titratable) of Fruit Products*. Revision 2, 2007. Ed.: William H. and George W.L., Jr. Published by AOAC International Suite 500, USA, 18th edition.

A.O.A.C., 2005c. *pH Differential Method*. Official Method 2005.2 Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit juices, Beverages, Natural Colorants and Wines Editor: Dr.William Hortwitz and Dr.George W.Latimer, Jr. Published by AOAC International Suite 500, USA, 18th edition.

Apai W. 2010. Effects of fruit dipping in hydrochloric acid then rinsing in water on fruit decay and browning of longan fruit. *Crop Protect*. 29:1184-1189.

Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. Available [online] http: // www.rirde.qov.au /reports /NPP / 03-125 Sum.html [2 Nov, 2008].

FDA. 1979. Hydrochloric acid. http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetail Navigation.cfm

Joas, J., Y. Caro, M.N. Ducamp and M. Reynes. 2005. Postharvest control of pericarp browning of litchi fruits (Litchi chinensis Sonn cv. Kwai Mi) by treatment with chitosan and organic acids I. Effect of Ph and pericarp dehydration. *Postharvest Biol. Technol*. 38: 128-136.

Jiang, Y. M., D. C. Zhang and S. Ketsa. 2002. Postharvest Biology and Handling of Longan (*Dimorcarpus longan* Lour.) fruits. *Postharvest Biol.Technol*. 26: 241-252.

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

Kirk RS & Sawyer R. 1991. Pearson's Composition and Analysis of Foods, 9th Ed. Longman Scientific and Technical: Harlow, UK.

Lichter, A., Dvir O, Rot I, Akerman M, Regev R, Wiesblum A, Fallik E, Zauberman G and Fuchs Y. 2000. Hot water brushing: an alternative method to SO_2 fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biol. Technol*. 18: 235-244.

Lawless, H.T., and H. Heymann. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapman and Hall. New York. 848 pp.

Tipton, K.F. and H.B.F. Dixon. 1983. Effects of pH on enzymes. Pp. 97-148. *In: Contemporary Enzyme Kinetics and Mechanism*, D.L. Purich, editor. Academic Press, New York.

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.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 จำนวนครั้งที่ทดสอบการส่งออกโดย 3 บริษัท คือ บริษัท ก.ข. และ ค. รวม 6 ครั้ง โดยขอความร่วมมือผู้ประกอบการจากต้นทางประสานงานกับพ่อค้าปลายทางที่แผงจำหน่ายเพื่อตรวจดูคุณภาพและส่งผลกลับประเทศไทยทางโทรศัพท์และemail

ครั้งที่	ชื่อโรงรมควันที่ส่งออก/ประเทศปลายทาง	ห้องเย็นกพป. เพื่อยืนยันผล	การขนส่งไปประเทศปลายทาง	ผลการยอมรับของปลายทางและข้อเสนอแนะ
1.	**บริษัท ก.** (บริษัท OK อินเตอร์เฟรช เทรดดิ้ง (ประเทศไทย) ส่งไปประเทศจีน รวม 2 ตะกร้าขนาด 11.5 kg	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุมอุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านฮ่องกงเข้ากวางเจาประเทศจีนใช้เวลา 7 วันและเปิดตะกร้าเพื่อประเมินคุณภาพและบันทึกภาพส่งกลับประเทศไทย	**ไม่ผ่าน** สีผิวเปลือกเหลืองแต่ผลขาดความสด บริเวณเนื้อรอบขั้วบางผลเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อเปรียบเทียบกับผลรมกำมะถัน ควรปรับปรุงเรื่องความสด คือ คัดเลือกเฉพาะผลลำไยสดที่เก็บเกี่ยวภายในวันเดียวมาทดสอบไม่ควรใช้ลำไยค้างคืน
2.	**บริษัท ข.** (บริษัท หยวนเซิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศจีน รวม 2 ตะกร้า ขนาด 11.5 kg	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุมอุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านฮ่องกงเข้ากวางโจวประเทศจีนใช้เวลา 7 วันพ่อค้าจำหน่ายพร้อมกับลำไยรมกำมะถัน (ไม่บอกรายละเอียด)	**ผ่าน** จำหน่ายพร้อมลำไยรมกำมะถันทั้ง 2 ตะกร้า ราคา 40 หยวนต่อตะกร้า ข้อเสนอแนะควรทดสอบการยอมรับผู้บริโภคในลักษณะนี้เมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับจะนำลำไยมาส่งคืนผู้จำหน่ายที่แผง
3.	**บริษัท ข.** (บริษัท หยวนเซิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศจีน รวม 25 ตะกร้า ขนาด 11.5 kg - หุ้มพลาสติก 13 ตะกร้า -ไม่หุ้มพลาสติก 12 ตะกร้า	2 ตะกร้า ได้แก่ หุ้มและไม่หุ้มพลาสติก เปิดตะกร้าเมื่อผ่านไป 10 วันที่ 3 °C: หุ้มฟิล์มเนื้อมีสีขุ่นกว่า	ขนส่งทางเรือควบคุมอุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านฮ่องกงเข้ากวางโจวใช้เวลา 7 วันถึงตลาดเมืองกวางโจว ประเทศจีน เปิดตะกร้าเพื่อประเมินคุณภาพและบันทึกภาพส่งกลับประเทศไทย	**ไม่ผ่าน** ผลลำไยเก็บในพลาสติกผลจะเน่าเสียมากกว่าตะกร้าที่ไม่หุ้มพลาสติก เนื่องจากความชื้นสูง ทำให้บางผลพบสีเนื้อมีสีแดงมากขึ้นบริเวณขั้วผล เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยที่ไมหุ้มพลาสติก การปรับปรุง คือ การส่งออกไม่ควรหุ้มพลาสติก และคัดเลือกเฉพาะผลลำไยสดที่เก็บเกี่ยวภายในวันเดียวมาทดสอบไม่ควรใช้ลำไยค้างคืนเอง
4.	**บริษัท ข.** (บริษัท หยวนเซิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศอินโดนีเซีย รวม 15 ตะกร้า (หุ้มพลาสติก)	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุมอุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านเมืองจากาตาร์ถึงตลาดเมืองสุราบายา อินโดนีเซียใช้เวลา 10 วัน	**ไม่ผ่าน** ผลลำไยเก็บในพลาสติกบางผลพบสีเนื้อมีสีเข้มบริเวณรอบขั้วผล และเนื้อขุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับผลรมกำมะถัน การปรับปรุง คือ การส่งออกไม่ควรหุ้มพลาสติก

5.	**บริษัท ค.** (บริษัท รอยัลอินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด)ส่งไปประเทศสิงคโปร์ รวม 2 กล่องกระดาษ ๆ ละ 12 กล่อง พลาสติกๆ ละ 1 kg	2 กล่อง พลาสติกเปิดดูเมื่อผ่านไป 10 วันที่ 3°C: คุณภาพผลยอมรับได้	ขนส่งทางเรือนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 2 °C และเก็บไว้ต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วันที่บริษัทนำเข้าทดสอบเปิดกล่องและประเมินที่ประเทศสิงคโปร์	**ผ่าน** บริษัทตัวแทนจำหน่ายในสิงคโปร์ยอมรับสีผิวเปลือกเหลืองเช่นเดียวกับผลรมกำมะถัน และยอมรับคุณภาพเนื้อในระดับปานกลางในแบบสอบถามและสามารถจำหน่ายในประเทศสิงคโปร์ได้ แต่ควรขยายผลทดสอบส่งออกซ้ำๆ อย่างต่อเนื่อง
6.	**บริษัท ค.** (บริษัท รอยัลอินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด)ส่งไปประเทศสิงคโปร์ รวม 2 กล่องกระดาษ ๆ ละ 12 กล่อง พลาสติกๆ ละ 1 kg	N/A	ขนส่งทางเรือนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 2 °C บริษัทนำเข้าทดสอบเปิดกล่องและประเมินแบบสอบถามที่ ประเทศสิงคโปร์	**ผ่าน** บริษัทตัวแทนจำหน่ายในสิงคโปร์ยอมรับสีผิวเปลือกเหลืองเช่นเดียวกับผลรมกำมะถัน และยอมรับคุณภาพเนื้อในระดับดีขึ้นในแบบสอบถามและสามารถจำหน่ายในประเทศสิงคโปร์ได้ แต่ควรขยายผลทดสอบส่งออกซ้ำๆ อย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 2 Estimated cost per unit of longan treated with traditional SO_2 fumigation, SMS+HCl and HCl dip and packed in 11.5 kg perforated plastic basket (total capacity = 10 baskets).

Materials	Treatments		
	SMS+HCl(baht)	HCl dip (baht)	SO_2 fumigation (baht)
Basket (50 baht/basket) [1/]	500	500	500
11.5 kg longan fruit (35 baht/kg) [1/]	4,025	4,025	4,025
HCl 6.4% (2.11 baht/liters)	-	2,532	-
Tween 20_0.1% (0.13 baht/kg)	156	156	-
NaCl 1% (0.1 baht/kg)	-	120	-
HCl 1% (0.33 baht/liters)	396	-	-
SMS 5% (2.5 baht/liters)	3,000	-	-
Sulfur burning operation (0.09 baht/kg)[2/]	-	-	10.35
Concrete room fumigation building[3/]	-	-	144,600

HCl dip facility's operation[4/]	300,000	300,000	-
Hired SO_2 fumigation (1.1 baht/kg)	-	-	126.5
Total cost/11.5. kg x 10 baskets (115 kg)	3,552	2,808	136.85

1/ = not included cost of longan and basket.

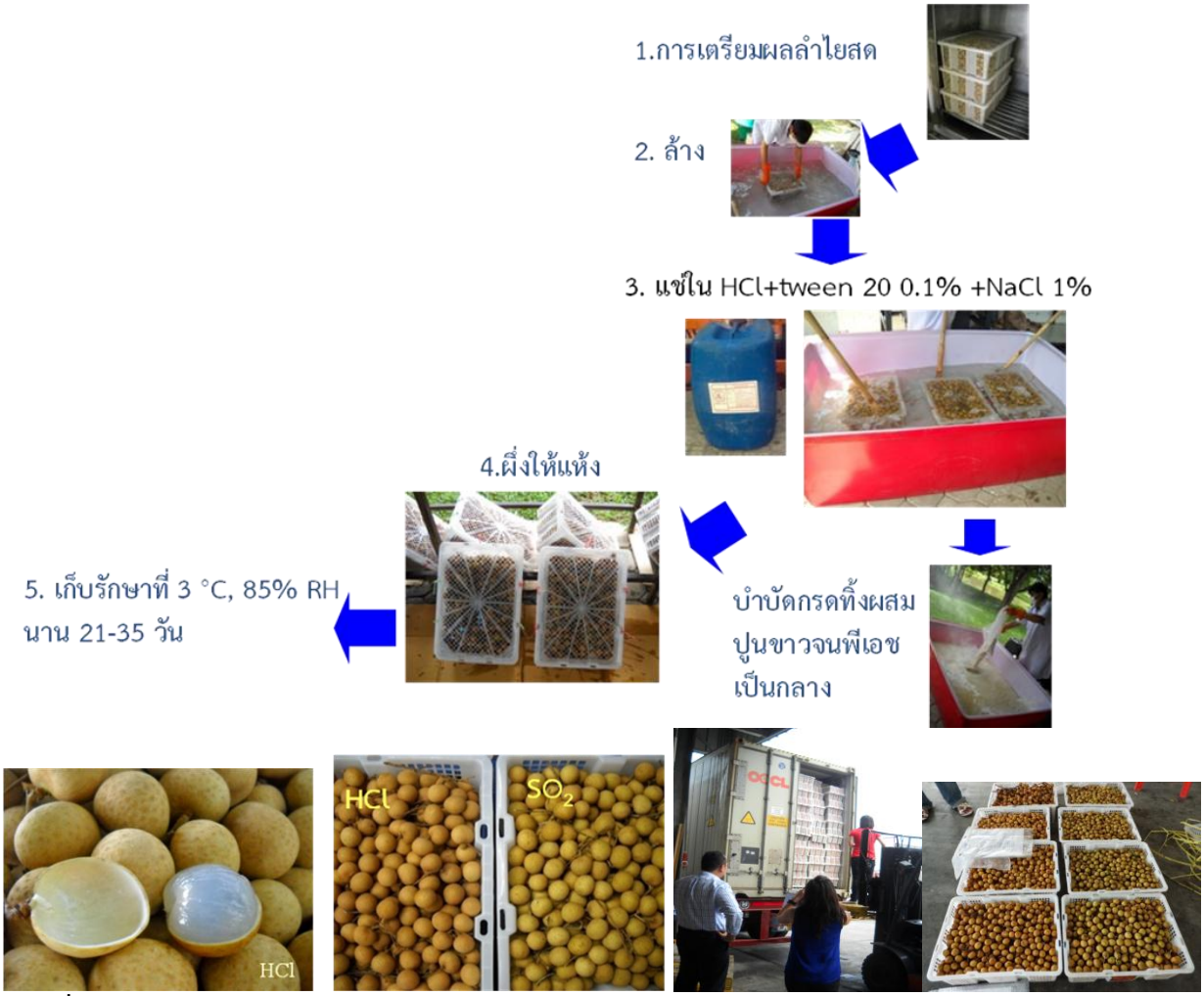
2/ = Cost of fumigating operation i.e.., Labor, electric, lime, sulfur powder etc...,

3/ = not included i.e., room fumigation, SO_2 scrubber etc.,

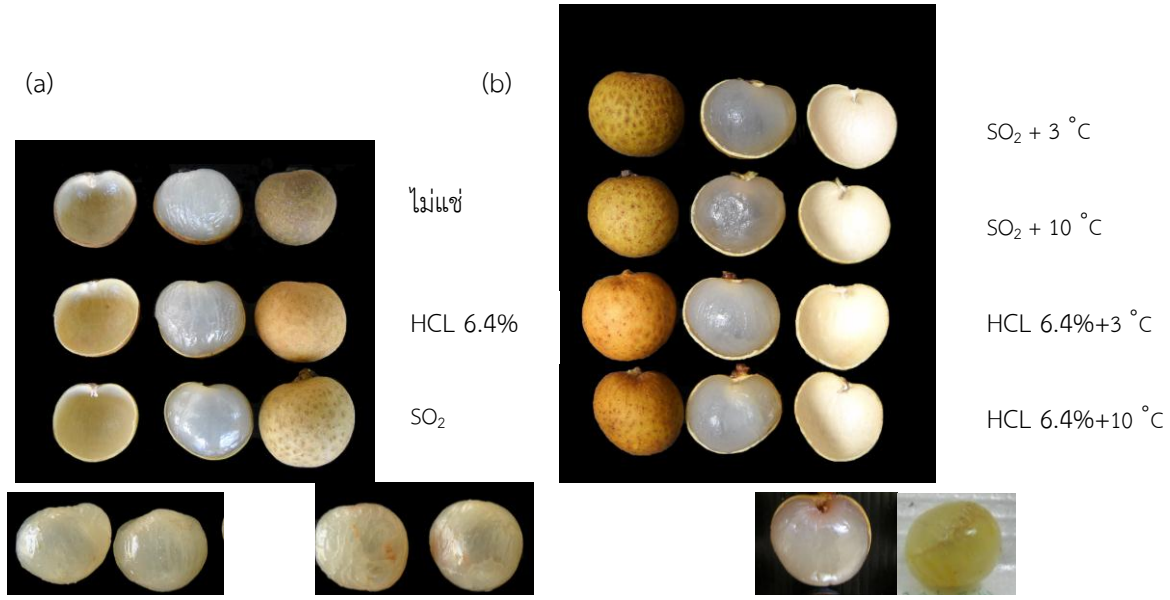
4/ = not included cost of originate dipping machine at capacity 10 baskets/1,200 L/time/5 min and former cooling machine of litchis could be used for replacing if some packing house have had ready and also decreased the cost.

ตารางที่ 3 ต้นทุนต้นแบบเครื่องจุ่มสาร HCl สำหรับผลลำไยสด

1.ค่าวัสดุ	**164,000 บาท**
- ปั๊มสแตนเลส ¾ Hp	- ถังพลาสติก
- มอเตอร์ 220 Vac 2 Hp	- แผ่นแตนเลส
- เกียร์ทดรอบ 1 : 60	- แสตนเลสแบน
- พัดลมเป่า	- แหวนสแตนเลส
- ท่อสแตนเลส	- เพลาแสตนเลส
- ฉากสแตนเลส	- ชุดโซ่ – เฟือง
- แผ่นอะครีลิค	- เหล็กกล่อง
- น๊อต –สกรู	- ระบบท่อ – วาล์ว PVC
- อื่นๆ	
2.ค่าจ้างและค่าวัสดุ	**86,000 บาท**
2.1 ค่าจ้างและค่าวัสดทำอ่างสแตนเลส	72,000 บาท
- อ่างทำความสะอาด	
- อ่างแช่สาร	
- อ่างเป่าแห้ง	
2.2 เจาะรูแผ่นแสตนเลส	14,000 บาท
3. ค่าแรงโดยประมาณ	**50,000 บาท**
4. ราคารวมทั้งสิ้น	**300,000 บาท**

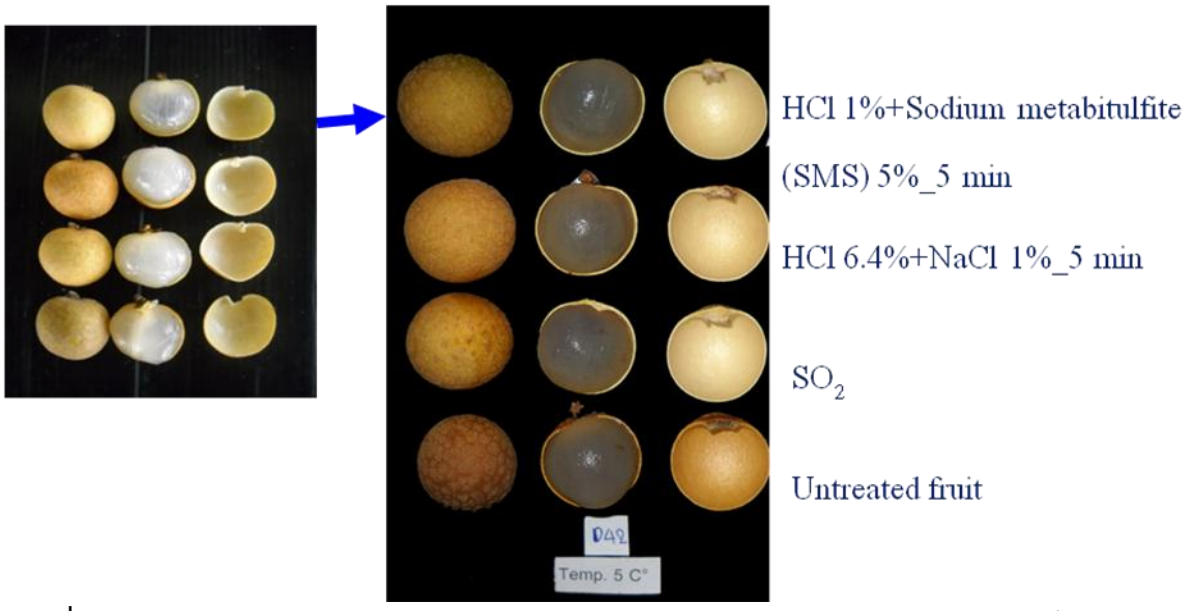


ภาพที่ 1 กระบวนการแช่กรดเกลือในลำไยสดด้วยแรงคน และการขนส่งไปประเทศสิงคโปร์ และอินโดนีเซีย



(c) Normal flesh color (d) Small red color patch on flesh. (e) Red color on top and yellow color on flesh.

ภาพที่ 2 ผลลำไยหลังแช่ในวันแรก (a) ผลลำไยหลังเก็บรักษานาน 42 วันที่ 3 และ10 ˚C (b) เนื้อผลปกติ (c) อาการผิดปกติ (disorder) จากการแช่กรด HCL ในบางผล และเก็บรักษานานมากกว่า 21-28 วัน (d) และการผิดปกติของผลรม SO_2 เมื่อเก็บรักษานาน 28-42 วัน ที่อุณหภูมิต่ำเกิดได้ง่ายเมื่อย้ายมาวางที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 3 การแช่ด้วยโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์กับกรดเกลือสำหรับทดแทนการรมควันภายหลังเก็บรักษานาน 42 วันที่ 5˚C