

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาลำไย
2. โครงการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไย
3. ชื่อการทดลองที่ 1.1

(ภาษาไทย) ทดสอบการยอมรับและพัฒนาการส่งออกลำไยสดที่ใช้ HCl ไปยังประเทศปลายทาง (ปี 2554-55)

(ภาษาอังกฤษ) Acceptance Testing and Development on Fresh Exported Longans Treated with HCl to Exporting Countries

### 4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายวิทยา อภัย	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1
ผู้ร่วมงาน	นายสมเพชร เจริญสุข	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1
	นางสาวสุทธินี ลิขิตตระกูลรุ่ง	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1
	นายสนอง อมฤกษ์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายชัยวัฒน์ เผ่าสันทัตพาณิชย์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นาย มานพ หาญเทวี	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่

### 5. บทคัดย่อ

พัฒนาการใช้กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) หรือกรดเกลือในลำไยสดเพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งในอนาคตสำหรับยืดอายุลำไยส่งออกทดแทน  $SO_2$  โดยศึกษาผลการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ.1) และความเป็นไปได้ในเชิงการค้า ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.1 ระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงกันยายน 2555 โดยใช้ผลลำไยจากสวนเกษตรกรที่รับรอง GAP (Good Agricultural Practice) ที่มาส่ง ณ โรงคัดบรรจุ โดยบรรจุใส่ตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 กก. จำนวน 15-36 ตะกร้าต่อครั้ง โดยพักผลลำไยไว้ที่ร้อนหรืออุณหภูมิ  $5^\circ C$  นาน 1 คืนเพื่อป้องกันผลแตกจากการแช่กรด และนำมาแช่กรด HCl ปริมาตร 60 - 200 ลิตรต่อครั้ง การแช่ผลลำไยในน้ำร้อนอุณหภูมิ  $60^\circ C$  นาน 1 นาที ก่อนแช่กรด HCl เข้มข้น 6% นาน 30 นาที และล้างออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง และเป่าผลให้แห้งสนิทด้วยพัดลม นาน 60 นาที พบว่าการยอมรับของผู้บริโภคในคุณภาพเนื้อต่ำกว่าผลลำไยที่ไม่แช่น้ำร้อนก่อนการแช่กรด HCl ขณะที่กรรมผลด้วยแก๊ส  $SO_2$  มีคะแนนการยอมรับทั้งในด้านสีผิวเปลือกและเนื้อสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษานาน 20 วัน ที่  $3^\circ C$  การปรับลดขั้นตอนเป่าแห้ง นาน 60 นาที หลังแช่กรดและล้างผลโดยเปลี่ยนเป็นการผึ่งทิ้งตะกร้านาน 10 นาที แทน และเก็บรักษาที่  $3^\circ C$  พบว่ามีคุณภาพผลไม่แตกต่างกันได้แก่ สีผิวเปลือก การเน่าเสีย และการยอมรับของผู้บริโภค การทดสอบเพิ่มความเข้มข้นของกรด HCl และลดเวลาแช่เหลือ 5 นาทีโดยนำผลลำไยมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ  $3^\circ C$  นาน 1 คืน มาล้างผล

ลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ผลลำไยสดทั้งตะกร้าในสารละลาย HCl เข้มข้น 4 - 12% ปริมาตร 60 ลิตร ที่เติม สารลดแรงตึงผิว คือ Tween 20 เข้มข้น 0.1% แช่นานเท่ากัน 5 นาที ขยับตะกร้าไปมาระหว่างแช่เพื่อให้กรดซึม เข้าเปลือกได้ทั่วถึงเนื่องจากลำไยในตะกร้าความจุ 11.5 kg เรียงตัวกันแน่น จากนั้นผึ่งไว้นาน 10 นาทีและนำไป เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 °C ทั้งนี้ พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นเป็น 6.4% เหมาะสมกับการแช่ผลลำไยเปลือกบางที่มี ส่องออกมากในปัจจุบัน ส่วนผลเปลือกหนาควรใช้ HCl เข้มข้น 7% นาน 5 นาที คุณภาพผลลำไยดีขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับวิธีการเดิม คือ การแช่ผลใน HCl 6% นาน 35 นาที+ล้างให้สะอาด+ผึ่งนาน 10 นาทีและขึ้นตู้ ทั้งนี้ การแช่ใน HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาทีช่วยลดการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาล สีผิวมีความสม่ำเสมอ และการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกดีขึ้น คณะแนวความผิดปกติของเนื้อลดต่ำลงตลอดอายุการเก็บรักษานาน 42 วันที่ 3 °C มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทุกด้านดีขึ้นรองจาก SO<sub>2</sub> และช่วยลดความยุ่งยากในการปฏิบัติ หลังการเก็บเกี่ยวในขั้นตอนการล้างและเวลาแช่ที่สั้นลง และการศึกษาอายุการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่างๆ กัน ได้แก่ 3, 10 และ 30 °C พบว่าการใช้ HCl 6.4% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C มีคุณภาพผลที่ดีที่สุด รองลงมา คือ 10 °C และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำตลอดอายุการเก็บรักษา 30-40 วัน โดยผลที่รม SO<sub>2</sub> มี คุณภาพผลและคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคสูงที่สุด ขณะที่ 30 °C ผลลำไยแช่กรด HCl และรมด้วย SO<sub>2</sub> เริ่ม เน่าเสียหลังผ่านไป 5 และ 10 วัน ผลลำไยที่ใช้ HCl และ SO<sub>2</sub> มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อได้แก่ pH, Titratable acidity, Total soluble solid ระหว่างการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน การปรับปรุงเทคนิคการใช้ HCl ร่วมกับวิธีอื่นพบว่าการผสม HCl 1%+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพพอกสีผิว ควบคุม โรคและมีการยอมรับของผู้บริโภคไม่แตกต่างจากวิธีทางการค้า คือ SO<sub>2</sub> รองลงมา คือ HCl 6.4%+NaCl 1% นาน 5 นาที การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนเปลือกที่มีค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธี

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคลำไยในเขตภาคเหนือตอนบนจำนวน 300 คนในผลลำไยแช่ HCl 6% นาน 30 นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งไว้นาน 10 นาที เปรียบเทียบกับ SO<sub>2</sub> พบว่ากลุ่มผู้บริโภค ได้แก่ ภาครัฐ นักศึกษา ผู้ประกอบการ ค้าขาย เกษตรกร และอื่นๆ ให้การยอมรับ HCl สำหรับเตรียมไว้เป็นสาร ทดแทนร้อยละ 84.7 และยอมรับ HCl เพื่อใช้ยืดอายุการเก็บรักษาร้อยละ 71.3 ผู้บริโภคแนะนำให้ปรับปรุงสีผิว เปลือกนอกให้สม่ำเสมอ รวมทั้งกลิ่นของเนื้อ และรสชาติ การปรับปรุงวิธีการแช่ HCl โดยลดเวลาการแช่ให้ต่ำกว่า 5.0 นาทีโดยเพิ่มความเข้มข้น การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคลำไยในเขตภาคเหนือตอนบนในผลลำไยแช่กรด HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที ครั้งที่ 1 จำนวน 433 คน พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพผลโดยรวม 90.30% และครั้งที่ 2 จำนวน 200 คนพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับคุณภาพโดยรวม 70% การทดสอบการ ส่งออกลำไยที่แช่ HCl ไปประเทศปลายทาง ทดสอบการส่งออกพร้อมกับ 3 บริษัท คือ บริษัท ก.ข. และ ค. จำนวน 6 ครั้ง ได้แก่ ประเทศสิงคโปร์, จีนและอินโดนีเซียจำนวน 2, 3 และ 1 ครั้งตามลำดับ โดยขอความร่วมมือ ผู้ประกอบการไทยประสานงานกับพ่อค้านำเข้าที่ปลายทางที่แจ้งจำหน่ายเพื่อตรวจสอบคุณภาพและส่งผลกลับ ประเทศไทยทางโทรศัพท์และemail พบว่าภายหลังการขนส่งทางเรือนาน 7-10 วัน เมื่อเปิดตะกร้าประเมินผล ผู้ประกอบการนำเข้าสรุปผลเป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง ผลการตอบรับการส่งออกปลายทางประเทศสิงคโปร์ในลำไย ที่ตัดขั้วผลเดี่ยวบรรจุใส่กล่องพลาสติกใสเจาะรูขนาด 1 kg (Champ shell) ได้ผลการตอบรับที่น่าพอใจทั้ง 2 ครั้ง ในเดือนมี.ค. และส.ค. 2555 ส่วนการส่งออกไปประเทศจีนและอินโดนีเซียที่แช่ทั้งตะกร้าขนาด 11.5 Kg และ

ส่งออกทันทีพบว่าผลเป็นที่น่าพอใจ 1 ครั้ง (จาก 4 ครั้ง) และต้องปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติในเทคนิควิธีการแช่ ควรให้ผลลำไยแห้งก่อนเก็บรักษา และการบรรจุผลลำไยไม่ควรสวมฟิล์มพลาสติกปิดทับทั้งตะกร้า (high humidity packaging)

การแช่ใน HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาทีโดยไม่ต้องล้างผลและเป่าแห้งมีผลดีต่อการประยุกต์ใช้ในเชิงการค้าในขนาดที่ได้ ต้นทุนการใช้ HCl 6.4% ต่อลิตรเท่ากับ 2.11 บาท ผู้ประกอบการส่วนมากชอบสีผิวผลลำไยรมควันด้วย SO<sub>2</sub> ที่มีสีเหลืองซีดจนจางมากกว่าผลที่แช่กรด HCl ที่มีสีเหลืองส้ม แต่ส่วนมากเห็นด้วยกับการเตรียม HCl ไว้ทดแทน SO<sub>2</sub> ในอนาคต พร้อมทั้งสนใจทดลองการส่งออกลำไยแช่ HCl ส่งไปประเทศปลายทาง เช่น ประเทศจีนและประเทศอื่นๆ ที่เข้มงวดการใช้ SO<sub>2</sub>

## 6. คำนำ

ลำไยพันธุ์ตอเป็นผลไม้ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ประเทศผลิตเพื่อการส่งออกถึง 70% การผลิตลำไยผลิตได้ทั้งนอกฤดูและในฤดู อายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานนาน 6-7 เดือน ลำไยปลูกมากที่ภาคเหนือ จ. เชียงใหม่ และลำพูนและภาคตะวันออก คือ จ.จันทบุรี การผลิตลำไยนอกฤดูผลิตส่งออกมากในช่วงธันวาคม-กุมภาพันธ์ และลำไยในฤดูกาลกรกฎาคม-สิงหาคม พื้นที่เพาะปลูกรวม 967,292 ไร่ ให้ผลผลิตสดรวม 549,422 ตัน คิดเป็นมูลค่า 6,703 ล้านบาทประเทศส่งออกที่สำคัญ คือ ประเทศจีน รองลงมาได้แก่ อินโดนีเซีย, ฮองกง, สิงคโปร์, มาเลเซีย, แคนาดา, อเมริกา และยุโรป ปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวลำไย คือ อายุการเก็บรักษาสั้น ได้แก่ การเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลภายใน 2-3 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและภายใน 5-7 วันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 °C จากนั้นเกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเก็บรักษานานๆ (Jiang *et al.*, 2002) การรมควันด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วันที่อุณหภูมิห้องและนาน 45-60 วันเมื่อเก็บรักษาที่ 2-5 °C ช่วยเพิ่มปริมาณการส่งออกลำไยได้มากหลายเท่าตัว (Tongdee, 1994) แต่การตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยส่งออกกลายเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าของประเทศคู่ค้า และรายงานถึงความเป็นพิษต่อผู้ป่วยโรคมะเร็งทำให้เกิดการศึกษาหาเทคโนโลยีทดแทนเป็นเรื่องเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการ

เทคโนโลยีการรมควันด้วยแก๊สเป็นเทคโนโลยีหนึ่งของผู้ประกอบการสนใจสำหรับทดแทนแต่พบว่ายังไม่มีวิธีการใดวิจัยเป็นผลสำเร็จในเชิงการค้า เช่น การใช้แก๊สไอโซนช่วยพอกสีผิวและฆ่าเชื้อบนผลได้ดีแต่พบว่าเปลือกเปลี่ยนสีน้ำตาลเร็วขึ้น แก๊สคลอรีนไดออกไซด์พบว่ารมในอัตรา 10 และ 25% นาน 10 นาทีช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ แต่พบว่าเป็นเพียงการชะลอการเปลี่ยนสีผิวและยังต้องการข้อมูลที่มากขึ้นในเรื่องของเวลาและความเข้มข้นที่เหมาะสมมากกว่านี้ การใช้รมด้วยสารระเหยเฮกซานอลช่วยฆ่าเชื้อได้ดีแต่เปลือกคล้ำเร็วเช่นกันและเกิดกลิ่นที่ผิดปกติบนผล การใช้ฟิล์มพลาสติกชนิด active film เหมาะสมสำหรับใช้เก็บรักษาลำไยผลเดี่ยวตัดขั้วในช่วงการค้าปลีก (Retail market) หรือตลาดชั้นสูง (Niche market) ที่ปลายทางเท่านั้น ยังไม่พบการวิจัยนำมาใช้กับผลลำไยปริมาณมากๆ ได้ การเก็บรักษาแบบควบคุมบรรยากาศพบว่ามีต้นทุนสูงเมื่อเคลื่อนย้ายผลลำไยมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องและสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนผิวดำคล้ำอีกครั้งหนึ่ง การแช่กรดเป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ไม่

อาจมองข้าม กรดหลายชนิดสามารถใช้อุตสาหกรรมอาหารได้ เช่น กรดออกซาลิก กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดฟอสฟอริก เป็นต้น กลุ่มสารแอนติออกซิแดนส์ ได้แก่ N-acetyl-L-cysteine, L-cysteine เป็นต้น กลุ่มสารประกอบอื่นๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น พบว่ากรด HCl ให้ผลดีที่สุดมีประสิทธิภาพสูงกว่ากรดฟอสฟอริก กรดอะซิติก กรดออกซาลิก, กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก เป็นต้น ( Apai, 2010; Apai *et al.*, 2011; Drinan, 2004) การใช้ความเข้มข้นต่ำ เช่น การใช้กรดความเข้มข้นต่ำๆ สารจะมีฤทธิ์เพียง Disinfectant และชะลอการเปลี่ยนสีน้ำตาลเท่านั้นแต่เปลือกยังเปลี่ยนสีผิวเป็นสีน้ำตาลเมื่อเก็บนานขึ้น การใช้ความเข้มข้นสูง ได้แก่ HCl 1-2 N หรือ 3-6% แช่นาน 1.5-15 นาที จะช่วยฟอกสีผิว (Bleaching agent) จะยืดอายุได้นานขึ้น และปรับลดพีเอชเปลือกให้ต่ำลงซึ่งคล้ายกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้ช่วยยืดอายุได้นาน แต่อาจจะมีผลกระทบต่อคุณภาพเนื้อข้างหากกรดนั้นมีกลิ่นฉุนและสะสมมากที่เปลือก การแช่ผลลิ้นจี่ในกรด HCl ทำในเชิงการค้ามาหลายปีโดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (Tongdee *et al.*, 1998) การรมควันด้วย SO<sub>2</sub> เข้มข้น 2% นาน 25 นาที สีเปลือกจะซีดเหลืองจึงนำมาแช่กรดเกลือ เข้มข้น 1.0 N นาน 15 นาทีพบว่ารักษาสีแดงของเปลือกได้นาน 49 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) พบว่าในปัจจุบันมีผู้ประกอบการลิ้นจี่เคยแช่กรด HCl เพื่อคืนสีแดงและรักษาสีผิวให้คงทนหลังหรือไม่หลังรมควันด้วย SO<sub>2</sub> มีจำนวน 3-4 ราย (ข้อมูลจากการสอบถาม) การใช้ในต่างประเทศ ได้แก่ ประเทศจีน, อิสราเอล, มอริเชียส ส่งไปปลายทางยุโรป, อเมริกา บางครั้งแช่น้ำร้อนหรือแช่ผิวด้วยแปรกก่อนแช่กรด HCl ทั้งไว้นาน 20 นาทีก่อนแช่กรด HCl ช่วยเพิ่มช่องว่างของเซลล์เปลือก เปลือกไม่แตก กรดซึมเข้าเร็วสม่ำเสมอขึ้น โดยใช้เครื่องมือแต่พบว่ามีปัญหาเรื่องเชื้อรา *Penicillium sp.* เข้าทำลายหลังการเก็บรักษานานขึ้นเนื่องจากเปลือกเป็นกรดสูง จึงผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา Prochloraz ทำให้สารตกค้างมากยิ่งขึ้น (Lichter *et al.*, 2000) การใช้กรด HCl สามารถนำมาใช้ในเชิงการค้าได้แต่การศึกษาถึงอันตรายจากการตกค้างบนผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเป็นสิ่งจำเป็น (สดศรี, 2547)

การทดสอบแช่ผลลำไยในกรด HCl พบครั้งแรกโดย Drinan (2004) พบว่ากรด HCl มีประสิทธิภาพที่สุทธองจาก SO<sub>2</sub> สำหรับฟอกสีผิวลำไยในประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ความเข้มข้น 5.0% นาน 20 นาที ยืดอายุได้นาน 40-60 วันที่ 2 °C Apai (2010) แช่ผลลำไยพันธุ์ดอในกรด HCl เข้มข้น 1.5 N นาน 20 นาที และล้างสารออกด้วยน้ำสะอาดพบว่ายืดอายุได้นาน 60 วันที่ 3 °C และคุณภาพการบริโภคดีกว่าการแช่นานเท่ากันและไม่ล้างสารออก แต่การแช่นานเกินไปจึงไม่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ทดแทนสาร SO<sub>2</sub> ดังนั้นการลดขั้นตอนและลดเวลาแช่ จึงเป็นสิ่งจำเป็น การวิจัย postharvest handling เป็นสิ่งสำคัญต่อการลดการปนเปื้อนก่อนส่งออก การแช่น้ำร้อน+กรด HCl กับลิ้นจี่พบว่าสีแดงผิดธรรมชาติ กระตุ้นการสูญเสียน้ำและการเน่าเสียเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้แช่สารจึงต้องศึกษาความปลอดภัยของวิธีการ (Olesen *et al.*, 2003) และควรประยุกต์ใช้กับเทคนิคอื่นหรือสารอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกับลำไย โดยวิธีการยืดอายุสารทดแทนจะซับซ้อนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ SO<sub>2</sub>

ประเด็นความปลอดภัยของ HCl ต่อผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับกฎหมายการค้าที่มีใช้ภายในและต่างประเทศ HCl โดย FDA (Food and Drug) จัดเป็น GRAS (Good Recognized As Safe) ชนิดหนึ่ง (FDA, 1979) คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เป็นกรดแก่ มีกลิ่นฉุน สีใส กรดที่จำหน่ายมีความเข้มข้น 35-38% ได้แก่ เกรดสำหรับห้องปฏิบัติการ อุตสาหกรรม และเกรดสำหรับอาหาร เป็นต้น

HCl เป็นกรดแก่และเป็นอันตรายในขณะผสมใช้เพื่อเจือจางควรปฏิบัติตามคู่มือการปฏิบัติงาน (MSDS) อย่างเคร่งครัด การปฏิบัติงานควรแต่งกายให้รัดกุม สวมแว่นตา ถุงมือยาง ปิดจมูกกันกรด การผสมกรดควรทำในอากาศโปร่งและอยู่เหนือลมขณะใช้พัดลมเป่าช่วงเปิดถังกรด การใช้ประโยชน์ของกรดเกลือโดย CODEX, EU, FDA, ประเทศไทย ให้ใช้กรดเกลือเป็นวัตถุกันเสียชนิดหนึ่งใช้เป็น acidulate agent และไม่กำหนดอัตราการใช้ แต่ให้ใช้ในความเข้มข้นที่เหมาะสมในขบวนการ GMP ในเชิงการค้าและมีสิทธิบัตรใช้แช่ผลลีนจีให้มีสีแดงร่วมกับวิธีการอื่น และยืดอายุการเก็บรักษาในหลายประเทศ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศจีน อิสราเอล ประเทศไทย เป็นต้น กรดเกลือมีอยู่แล้วในกระเพาะอาหารของมนุษย์จึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค ดังนั้นการพัฒนารายการยอมรับของการใช้ HCl ต่อผู้บริโภคและผู้ประกอบการส่งออกจึงเป็นสิ่งจำเป็นต้องวิจัยว่าเป็นไปได้หรือไม่

### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและทดสอบการยอมรับและพัฒนารายการส่งออกผลลีนจีที่ใช้ HCl

### 7. วิธีดำเนินการ

ดำเนินการทดลองเดือนตุลาคม 2553 ถึงกันยายน 2555 ลำไยใช้ลำไยพันธุ์ดอกจากแปลงเกษตรกรที่ได้รับรองระบบ GAP ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน บรรจุลำไยทั้งข้อในตะกร้าพลาสติกขนาดความจุ 11.5 กก. โดยไปขอซื้อจากผู้ประกอบการส่งออก กรณีเปรียบเทียบกับวิธีทางการค้า คือ การรมผลด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) แบ่งผลลำไยนำไปฝากรมที่โรงรม SO<sub>2</sub> ในช่วงเย็น และนำผลลำไยทั้งหมดไปเก็บรักษาที่ 5 °C และวันถัดมาดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ดำเนินการทดลองรวม 3 การทดลอง ได้แก่

#### 7.1 การปรับปรุงวิธีการแช่กรด HCl ผลต่อการตกค้าง และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา รวม 6 การทดลองย่อย ได้แก่

##### 1) ผลของการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนก่อนแช่กรด HCl ต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

การทดลองวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 5 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ การแช่น้ำร้อน + HCl, HCl, SO<sub>2</sub> และ/หรือผลลำไยไม่แช่สาร ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg ล้างทำความสะอาดในน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง แช่ผลลำไยทั้งตะกร้าจำนวน 1 ตะกร้าในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60 °C นาน 1 นาที ตามด้วยการแช่ใน 6% HCl (pH 0.14) ปริมาตร 60 ลิตร นาน 30 นาที ล้างสารออก เป่าให้ผลแห้งสนิทด้วยพัดลมนาน 60 นาที เปรียบเทียบกับผลที่แช่ใน 6% HCl เพียงอย่างเดียว จากนั้นบรรจุผลกลับใส่ตะกร้าพลาสติกขนาด 3 กก. ชุดควบคุม คือ การรมด้วย SO<sub>2</sub> และ/หรือ ผลไม่แช่สาร รวม 3 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ (ตะกร้าขนาด 3 kg) รวม 45 ตะกร้า จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 85% บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลทุก 1, 10, 20 วัน และเก็บรักษาต่ออีก 60 วันเพื่อตรวจวัดการเกิดโรค สุ่มวัดผลครั้งละ 15 ตะกร้า ตรวจวัดคุณภาพได้แก่ คะแนนการเปลี่ยนสีน้ำตาล 5 ระดับ (1 = ผิวเปลือกด้านในปกติ, 3 = เกิดสีน้ำตาลน้อยกว่า 25%, 5 = เกิดมากกว่า 50%), คะแนนความผิดปกติของสีเนื้อ 3 ระดับ (1 = เนื้อปกติ, 2 = ผิดปกติเล็กน้อย และ 3 = ผิดปกติมากและไม่

ยอมรับ), การเกิดโรค (%), ความเป็นกรด/ด่าง (pH) ของเปลือกและเนื้อ, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการยอมรับของผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling คะแนน 1-9 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบ 30 คนต่อซ้ำ ได้แก่ สีส้มเปลือก และคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ลักษณะภายนอก, กลิ่น, ความแน่นเนื้อ, รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

2) การลดขั้นตอนการเป่าแห้งหลังการแช่กรด โดยเตรียมลำไยส่งออกจากสถานโรงรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แบ่งครึ่งรมควัน  $\text{SO}_2$  และนำลำไยทั้งหมดพักไว้ที่ร่ม 1 คืน การทดลองวางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 5 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ HCl+เป่าด้วยพัดลมนาน 60 นาที, HCl+ผึ่งนาน 10 นาที,  $\text{SO}_2$  และ/หรือผลลำไยไม่แช่สาร ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg และนำมาแช่ผลลำไยจำนวน 4 ตะกร้า (น้ำหนักผลโดยรวม 46 กก.) ใน 6% HCl ปริมาตร 200 ลิตร นาน 35 นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด ผึ่งลำไยทั้งตะกร้านาน 10 นาที (โดยไม่เป่าผลให้แห้งด้วยพัดลม) และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85% นาน 30 วัน เปรียบเทียบกับผลที่แช่ HCl เช่นเดียวกัน แต่เป่าผลให้แห้งสนิทนาน 60 นาที และการรมด้วย  $\text{SO}_2$  รวม 3 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำ (ตะกร้า) รวม 15 ตะกร้า จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 85% นาน 30 วัน บันทึกการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลทุก 1, 10 และ 30 วัน สุ่มวัดผลตะกร้าละ 1 kg ตรวจวัดคุณภาพในด้านต่างๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 7.1.1)

3) การลดเวลาแช่เหลือ 5 นาที และเพิ่มความเข้มข้นกรด HCl วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 2 ซ้ำ 8 กรรมวิธี คือ การแช่ผลใน HCl ความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ 12% นานเท่ากัน 5 นาที โดยไม่ล้างสารออก เปรียบเทียบกับแช่ HCl 6% นาน 35 นาที + ล้างสารออก,  $\text{SO}_2$  และผลลำไยที่ไม่แช่สารเคมี ทุกกรรมวิธีนำผลลำไยที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg ล้างผลลำไยด้วยน้ำสะอาด จากนั้นแช่ผลลำไยทั้งตะกร้าในสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ 12% ปริมาตร 60 ลิตร ที่เติมสาร ลดแรงตึงผิว Tween 20 ความเข้มข้น 0.1% นานเท่ากัน 5 นาที ขยับตะกร้าไปมาระหว่างแช่เพื่อให้กรดซึมเข้าเปลือกได้ทั่วถึง หลังแช่ผึ่งไว้ นาน 10 นาทีและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 °C ทันที เปรียบเทียบกับมาแช่ผลใน 6% HCl นาน 35 นาที+ล้างให้สะอาด+ผึ่งนาน 10 นาทีและขึ้นตู้ทันที และ  $\text{SO}_2$  รวม 8 กรรมวิธีๆ ละ 2 ซ้ำๆ ละ 11.5 kg นำไปเก็บรักษาที่ห้องเย็น สุ่มปริมาณ 1.5 kg ต่อตะกร้า (ซ้ำ) ทุก 7 วันจนครบ 21 วัน วิเคราะห์คุณภาพได้แก่ ประเมินให้คะแนนสีผิวเปลือกด้านใน, เปอร์เซ็นต์ผลบวบ, ผลนิ่ม, ผลแข็งเปราะ การขึ้นเชื้อราที่ผิว การเน่าของเนื้อ และการเกิดโรค, สีเนื้อพีเอชเปลือกและเนื้อ, การตกค้างของกรด HCl ในผล (ดัดแปลงวิธีของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11, 2554; AOAC, 2012), สารประกอบ total phenolic compound ในเปลือกผล (Singleton and Rossi, 1996), วิเคราะห์หาชนิดของสารระเหยในผลด้วยเครื่อง gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 13 คน ต่อซ้ำ

4) ผลของ HCl ต่อคุณภาพ และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD รวมจำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 11.5 kg ดังนี้ คือ ปัจจัยที่ 1 กรรมวิธีทดสอบจำนวน 2 กรรมวิธี ได้แก่ ผลลำไยที่รมแก๊ส  $\text{SO}_2$  และแช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที และปัจจัยที่ 2 อุณหภูมิสำหรับการเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 3, 10 และ 30 °C ซึ่ผลลำไยสดจากสวนเดียวกันมาส่งที่สถาน

ประกอบการรวม 18 ตะกร้า แบ่งรวม  $\text{SO}_2$  จำนวน 9 ตะกร้าที่โรงรม จากนั้นนำลำไยทั้งหมดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ ต่ำเพื่อคงความสด การแช่กรดเตรียมน้ำล้างผลลำไยที่ฆ่าเชื้อในน้ำด้วยคลอรีนไว้ 1 ถึง (โซเดียมไฮโปคลอไรต์ 200 ppm, pH 6.5-7.5) และเตรียมภาชนะพลาสติกสำหรับใช้แช่ได้ครั้งละ 4 ตะกร้าไว้ ความเข้มข้น HCl 6.4% (pH 0.03) ผสมสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% ไว้ประมาณ 200 ลิตร จะแช่ได้ถึงละ 4 ตะกร้า จดบันทึก ตะกร้าและครั้งที่แช่ในถังนั้นๆ และบันทึกการเปลี่ยนแปลง pH กรดก่อนแช่และหลังแช่ แช่เสร็จจึงผึ่งไว้นาน 10 นาที และจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ ที่กำหนดไว้ ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทุก 1, 5, 10, 20 และ 30 วัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลเปลือกด้านในและนอก 5 ระดับ, เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโดยรวม แบ่งเป็นการขึ้นรา และการเน่าของเนื้อ, เปอร์เซ็นต์ผลนิ่ม ผลบวบ ผลแข็ง, คะแนนการผิปกติของสีเนื้อ 3 ระดับ, วัดพีเอชเปลือกและเนื้อ, การตกค้างของกรด HCl ในผล (ดัดแปลงวิธีของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11, 2554; AOAC, 2012), ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้, ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity, TA), ปริมาณ โคลโรฟิลล์ที่ผิวเปลือกผล (Whangchai *et al.*, 2006) และจำแนกปริมาณเชื้อรา ส่วนการยอมรับผู้บริโภคใช้วิธี hedonic scaling 9 ระดับ โดยการทดสอบชิมลำไยสดระหว่างการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน ภายหลังจากสุ่มจากอุณหภูมิต่ำใช้ผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 2 ปีรวมจำนวน 13 คนต่อซ้ำ ได้แก่ สีมิวเปลือก และคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ลักษณะภายนอก, กลิ่น, ความแน่นเนื้อ, รสชาติ และการยอมรับโดยรวม

#### 5) ผลของ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite ต่อการตกค้างของกรดเกลือในผลและคุณภาพผล ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

วางแผนการทดลองแบบ CRD รวม 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 1 ตะกร้าขนาด 11.5 kg ได้แก่ แช่ลำไย ทั้งตะกร้าในสารละลาย HCl 1%+sodium metabisulfite 1% นาน 5 นาที เปรียบเทียบกับการแช่ใน HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที, วิธีการรมควัน  $\text{SO}_2$  และผลลำไยไม่แช่สาร ตามลำดับ ผึ่งให้แห้งและเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 6 °C นาน 60 วัน สุ่มวัดการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อผล และเปลือกทุก 7 วันด้วยวิธี Modified Monier Williams Method (AOAC, 2012) เมื่อเก็บรักษาที่ 6 °C ทำการบันทึกคุณภาพผลต่างๆ 7 วันจนครบ 60 วัน ได้แก่ การวัดสีผิวเปลือกนอก ค่า L, a และ b ด้วยเครื่องวัดสี ประเมินผลการเปลี่ยนสีน้ำตาล (1-5 คะแนน) และสีเนื้อด้วยคะแนน 1-3, เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงทางเคมีคือ พีเอชเปลือกและ เนื้อ และการตกค้างของกรด HCl ในผล (ดัดแปลงวิธีของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11, 2554; AOAC, 2012) การยอมรับของผู้บริโภคด้วยการทดสอบชิมอย่างน้อย 13 คนต่อซ้ำด้วยวิธี hedonic scaling และประเมินอายุ การเก็บรักษา

6) การปรับปรุงการใช้กรด HCl ร่วมกับวิธีอื่นๆ ต่ออายุการเก็บรักษา เพื่อปรับปรุงสีผิวให้เหลืองซีด คล้ายคลึงกับการใช้  $\text{SO}_2$  ตามความต้องการของผู้ประกอบการ และเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและการยอมรับของผู้บริโภคได้แก่

1) การผสมกรด HCl กับสารอื่นๆ ศึกษากรดหรือสารชนิดอื่นๆ ร่วมกับกรด HCl เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการควบคุมโรค ความสว่างของสีผิว และการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ กรดฟอสฟอริก, กรดซิตริก,

กรดแอสคอร์บิก, กรดออกซาลิก, L-cysteine, N-acetyl-L-cysteine, sodium chlorite เป็นต้น ด้วยการแช่ นาน 5 นาทีและทดสอบผลต่อสีผิว การนำเสีย และการยอมรับ เป็นต้น

2) การพ่นฝอย HCl ทดสอบการพ่นฝอยเบื้องต้นกับลำไยด้วยชุดพ่น เพื่อประเมินผลเปรียบเทียบกับการแช่กรด HCl 6.4% นาน 5 นาที

3) การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก

## 7.2 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการในเขตสวพ.1

1) การสำรวจด้วยแบบสอบถาม รวม 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 การทดลองดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต. หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ระหว่างเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม 2554 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเตรียมจากลำไยสดพันธุ์ตองนอกฤดูกาล และบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 kg พักไว้ที่ร่มนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน 6% HCl (pH 0.14) ปริมาตร 60 ลิตร นาน 30 นาที ล้างสารออกด้วยน้ำสะอาด 1 ครั้ง ผึ่งลำไยทิ้งตะกร้านาน 10 นาที (โดยไม่เป่าผลให้แห้งด้วยพัดลม) และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °C และ 85%RH นำตัวอย่างทดสอบมาทำการสำรวจกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 300 คน จังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน แบบสอบถามดัดแปลงจากแบบสอบถามเกี่ยวกับการทดสอบการยอมรับในทุเรียนกวนของพิสิฐ (2544) วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของประชากรในรูปของค่าเฉลี่ย, ร้อยละ, ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานด้วย SPSS นอกจากนี้ในแบบสอบถามยังมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับผู้ประกอบการลำไยสดส่งออก และได้นำผลลำไยที่แช่กรด HCl ไปให้ผู้ประกอบการประเมินผลโดยมีข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงในเรื่องเทคนิคการแช่ และคุณภาพผลลำไย และข้อมูลการยอมรับในการส่งออกต่างประเทศและการขอความร่วมมือทดสอบการส่งออก

ครั้งที่ 2 เป็นการศึกษาร่วมกับผู้ประกอบการ โดยเข้าไปสัมภาษณ์และนำผลลำไยที่แช่สาร HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที นำผลลำไยไปให้ผู้ประกอบการทดสอบชิมและให้คะแนน ประเมินผลการยอมรับทำการทดสอบที่โรงรมของผู้ประกอบการในฤดูกาล และขอความร่วมมือผู้ประกอบการสำหรับทดสอบการส่งออก

2) กลุ่มผู้บริโภคภาคสนาม ครั้งที่ 1 เดือนสิงหาคม 2554 ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบเตรียมจากลำไยสดพันธุ์ตองนอกฤดูกาล และบรรจุไว้ในตะกร้าพลาสติกขนาด 11.5 kg เป็นลำไยส่งออก ซื้อจากผู้ประกอบการโรงรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นำไปรมควันด้วย SO<sub>2</sub> และขนส่งกลับมาห้องปฏิบัติการพักไว้ที่ห้องเย็นนาน 1 คืน จากนั้นล้างผลในน้ำสะอาดและแช่ผลลำไยจำนวน 1 ตะกร้า ใน HCl 6.4% (pH 0.03) ปริมาตร 60 ลิตร นาน 5 นาที ผึ่งลำไยทิ้งตะกร้านาน 10 นาที และเก็บรักษาทันทีที่อุณหภูมิ 3 °C และ 85% RH นาน 10 วัน และนำตัวอย่างทดสอบ HCl เปรียบเทียบกับ SO<sub>2</sub> มาทำการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 433 คนในงานนิทรรศการปทุมมาแก้วไกลเฉลิมพระเกียรติ 84 พรรษา วันที่ 9 สิงหาคม 2554 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรแพร่ ต.หนองหงส์ อ.สูงเม่น จ.แพร่ ด้วยวิธีการนำเสนอตัวอย่าง HCl ที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 11.5 kg วางบนโต๊ะคู่กับ SO<sub>2</sub> และเชิญผู้บริโภคที่มาเยี่ยมชมงานเข้ามาชิมและประเมินการยอมรับหรือไม่ยอมรับ ด้วยการหย่อนลงตะกร้าที่เขียนระบุว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ วิเคราะห์ข้อมูลในรูปของค่าเฉลี่ย และร้อยละการยอมรับ หรือไม่ยอมรับ และข้อเสนอแนะต่างๆ



ครั้งที่ 2 เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 สํารวจการยอมรับของผู้บริโภคในเขตภาคเหนือจำนวน 200 คนในงานนิทรรศการพืชไร่ 80 ปี วันที่ 12-13 กุมภาพันธ์ 2556 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ด้วยวิธีการนำเสนอตัวอย่าง HCl ที่บรรจุในตะกร้าพลาสติก 3 kg วางบนโต๊ะคู่กับ SO<sub>2</sub> และ เชิญผู้บริโภคที่มาเยี่ยมชมงานเข้ามาชิม และประเมินการยอมรับหรือไม่ยอมรับ ด้วยการหย่อนลงตะกร้าที่เขียนระบุว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ วิเคราะห์ข้อมูลในรูปของความถี่ และร้อยละการยอมรับ หรือไม่ยอมรับ และข้อเสนอแนะต่างๆ

**7.3 การทดสอบการส่งออกลำไยที่แช่ HCl ไปประเทศปลายทาง รวม 6 ครั้ง ได้แก่ ประเทศสิงคโปร์ รวม 2 ครั้ง ประเทศจีน รวม 3 ครั้ง และประเทศอินโดนีเซีย รวม 1 ครั้ง**

ดำเนินการทดสอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือร่วมกับผู้ประกอบการ โดยทดสอบต่อเนื่องจากปี 2554 โดยคัดเลือกผู้ประกอบการโรงรมควันส่งออกลำไยนอกและในฤดูกาลจำนวน 3 บริษัทที่ให้ความร่วมมือดีส่งผลลำไยที่แช่กรด HCl ทดสอบส่งออกระหว่างเดือนพ.ย. 54 – ส.ค. 55 ร่วมกับผู้ประกอบการ ในเขต จ.เชียงใหม่ และลำพูน ได้แก่ บริษัท ก. คือ โอเค อินเตอร์เฟรช เทรดิง (ประเทศไทย), บริษัท ข. คือ หยวนเชิงเฟรช จำกัด และบริษัท ค. คือ รอยัล อินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด รวมจำนวน 6 ครั้งในการส่งออกไปประเทศจีน, อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ จำนวน 3, 1 และ 2 ครั้งตามลำดับ รวมทั้งหมด 6 ครั้ง

- การเตรียมลำไยสด คัดเลือกผลลำไยสดจากสวนเดียวกันที่สถานประกอบการนำผลลำไยทั้งหมดไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำที่ห้องเย็นที่กพ. และ/หรือ ห้องเย็นศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่เพื่อรอนำมาทดลองช่วงเช้า

- ขั้นตอนการแช่ และการขนส่ง เตรียมน้ำล้างผลลำไยที่ฆ่าเชื้อในน้ำด้วยคลอรีนไว้ 1 ถัง (คลอรีน 200 ppm, pH 6.5-7.5) และเตรียมภาชนะพลาสติกสำหรับใช้แช่ได้ครั้งละ 3-4 ตะกร้า ความเข้มข้น HCl 6.4% ผสมสารลดแรงตึงผิว tween 20 เข้มข้น 0.1% (pH 0.03) แช่ลำไยตามกรรมวิธีด้านบน ผึ่งไว้นาน 10 นาที ตรวจสอบคุณภาพหลังแช่ และจากนั้นขนส่งไปที่สถานประกอบการในช่วงเย็น ลำเลียงตะกร้าขึ้นตู้สินค้าในวันถัดไป จากนั้นขนถ่ายตู้สินค้าขึ้นเรือที่ท่าเรือแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี อุณหภูมิขณะขนส่ง 2 °C จนถึงปลายทาง ภายหลังผ่านพิธีการทางศุลกากร และการกักกันพืชแล้ว ผู้ประกอบการนำเข้าตอบรับทางอีเมลพร้อมเปิดตู้ดูคุณภาพผลทั้งเปลือกและเนื้อ บันทึกภาพและข้อมูลไว้เป็นหลักฐานและตอบกลับทางอีเมล การทดลองดูผลตอบรับ (feed back) จากผู้ส่งออกและนำเข้า และผู้บริโภค สรุปการยอมรับของประเทศปลายทางที่ส่งออก

### การบันทึกข้อมูล

1. การเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลลำไยสดทั้งด้านนอกและในผล ด้วยการประเมินการเปลี่ยนสีน้ำตาลแบบให้คะแนน (Browning index) บนผล 5 ระดับ ตามวิธีของ Jiang and Li (2001) ผลลำไยที่มีระดับคะแนนของการเกิดสีน้ำตาลที่พื้นที่ผิวเปลือกสูงกว่า 3.0 ถือว่าไม่ยอมรับด้านสีผิว

2. ความผิดปกติของเนื้อผล (Flesh discoloration) ด้วยการประเมินการเปลี่ยนที่เนื้อผลแบบให้คะแนน 3 ระดับ เนื้อผลที่มีคะแนนความผิดปกติสูงเกิน 2.0 ถือว่าไม่ยอมรับ

3. เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโดยรวม (Disease incidence percentage) เป็นผลรวมของ 1) เปอร์เซ็นต์การขึ้นราบนผิวเปลือกและซั้ว (Fungal occurrence percentage) และ 2) เปอร์เซ็นต์การเน่าละของเนื้อ (Flesh rot percentage) การตรวจนับผลลำไยที่มีลักษณะต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาได้แก่ เปอร์เซ็นต์ผลดี (Good fruits) เป็นผลที่สภาพดีไม่พบเชื้อรา ไม่มีตำหนิ บุบ แดก น้ำไหล และนิ่มเมื่อกดด้วยนิ้วมือ, ผลนิ่ม (Softy fruits) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะนิ่ม และผลแข็ง (Hardy fruits) เมื่อกดด้วยนิ้วมือผลจะแข็งเพราะแตกง่ายเนื่องจากสูญเสียน้ำมากผลไม่สด

4. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเปลือกผลและเนื้อ โดยสุ่มลำไยมาวัด 10 ผล/ซั้ว ได้แก่ pericarp pH ทำการแยกเปลือกผลลำไย แล้วนำส่วนเปลือกผลลำไยมาวัดการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของพีเอชโดยนำเปลือกที่บดละเอียดน้ำหนัก 4 กรัมนำมาบ่นผสมในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (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 ในรูปกรดซิตริก (AOAC, 2012) และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid; %TSS) ด้วย Digital refractometer (Pocket PAL-1, Japan) และการตกค้างของกรด HCl ในเปลือกและเนื้อผล (ดัดแปลงวิธีของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11, 2554; AOAC, 2012)

5. การยอมรับของผู้บริโภค ประเมินการยอมรับของผู้บริโภคทั้งสีผิวเปลือกผลด้านนอกและในด้วย Hedonic scaling 9 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ระดับที่ 5 เฉยๆ และระดับที่ 9 ชอบมากที่สุด คุณภาพเนื้อทำการประเมินลักษณะสีเนื้อ, กลิ่น, รสชาติ และความชอบโดยรวม Hedonic scaling 9 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 ไม่ชอบมากที่สุด ระดับที่ 5 เฉยๆ และระดับที่ 9 ชอบมากที่สุด (Lawless and Heymann, 1998) ด้วยผู้ทดสอบที่มีประสบการณ์มาแล้วไม่ต่ำกว่า 2 ปีจำนวน 30 คนต่อซั้ว ส่วนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคในภาคสนามโดยการนำผลลำไยที่แช่กรด HCl ที่ได้ผลดี และชุดเปรียบเทียบกับกลุ่มเป้าหมายโดยตรง ได้แก่ ผู้ประกอบการส่งออกลำไยสด ผู้บริโภคในเขตภาคเหนือและคำนวณผลเป็นร้อยละของการยอมรับ หรือไม่ยอมรับ

6. อายุการเก็บรักษา พิจารณาจากการเกิดสีน้ำตาลของเปลือกผลเมื่อคะแนนนี้น้ำตาลมากกว่า 3.0 (Jiang and Li, 2001) คะแนนนการยอมรับของเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก, กลิ่น, รสชาติ และความชอบโดยรวม อย่างไรก็ตามหนึ่งน้อยกว่า 5 คะแนนนหรือมีเปอร์เซ็นต์ยอมรับที่คะแนนนมากกว่า 5.0 เกิน 50% (Lawless and Heymann, 1998) และมีการเกิดโรคขึ้นระหว่างการเก็บรักษามากกว่า 25% ถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา

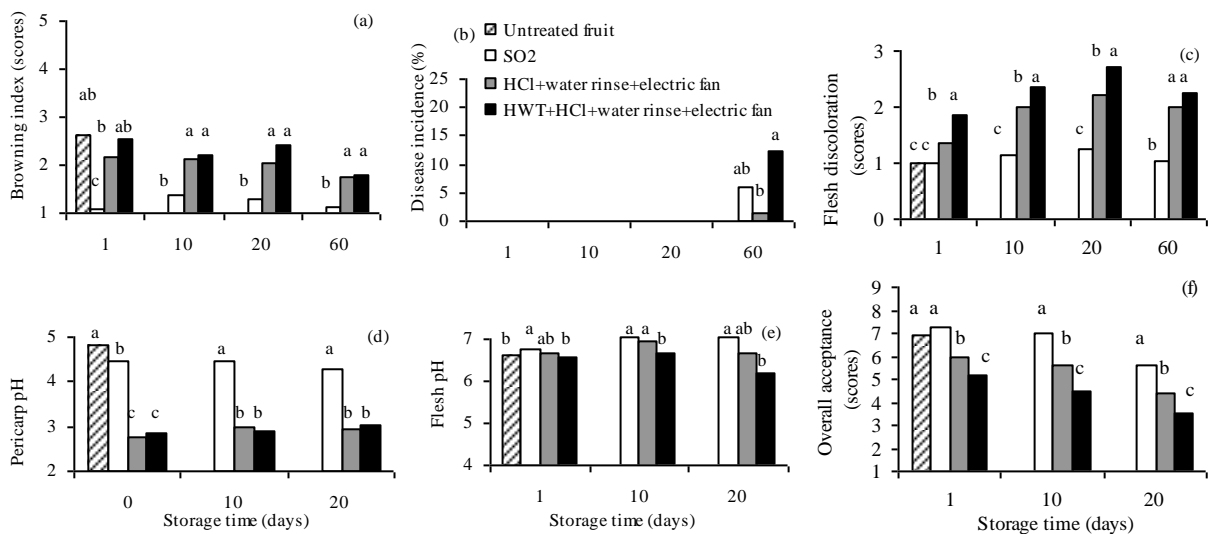
ระยะเวลา ตุลาคม 2553 ถึงกันยายน 2555 (รวม 2 ปี)

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

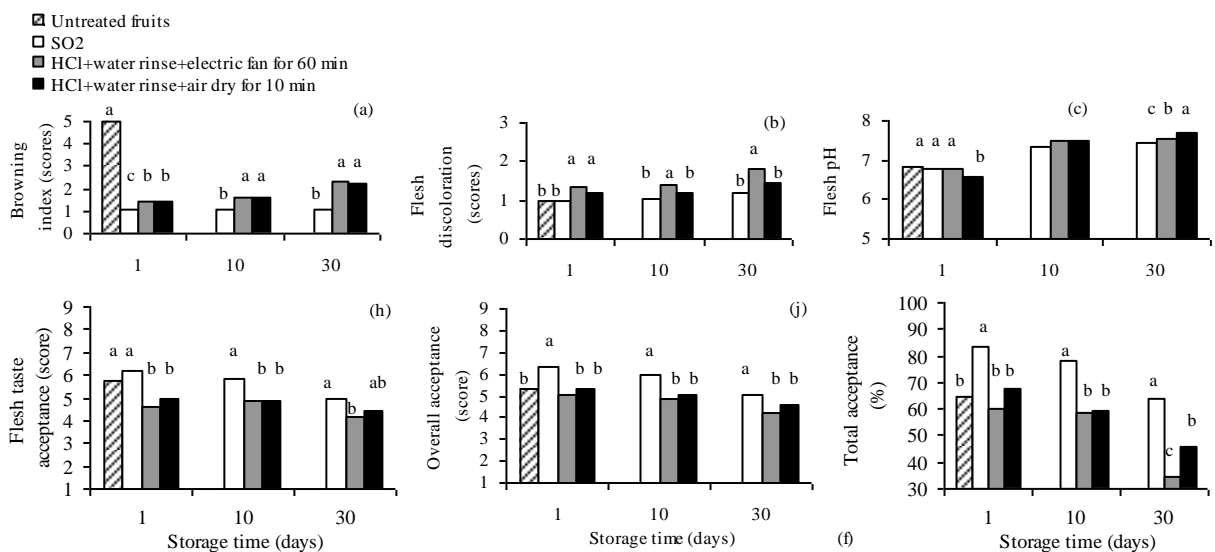
8.1 การปรับปรุงวิธีการแช่กรดเกลือ ผลต่อการตกค้าง และคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

1) ผลของการแช่ผลลำไยในน้ำร้อนก่อนแช่กรด HCl ต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค ทุกกรรมวิธีได้แก่ HCl 6%, HWT+HCl 6% และ SO<sub>2</sub> ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลและการเกิดโรคได้นานตลอดอายุการเก็บรักษา 60 วัน โดย SO<sub>2</sub> มีประสิทธิภาพลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีที่สุด ขณะที่ผลลำไยไม่แช่สารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลภายใน 10 วัน (ภาพที่ 1a) ทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 30 วัน แต่เริ่มพบเมื่อเก็บรักษานาน 60 วัน การแช่ HWT+HCl พบการเกิดโรคมามากที่สุด 13.3 เปอร์เซ็นต์ แต่ค่ายังต่ำกว่าระดับที่ยอมรับ (เท่ากับ 25 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา SO<sub>2</sub> และ HCl (ภาพที่ 1b) การแช่ HCl ทั้งสองกรรมวิธี นาน 30 นาทีเพื่อให้กรดซึมเข้าเปลือกได้สม่ำเสมอ และสีเปลือกเหลืองทั้งผลนั้น มีผลทำให้กรดซึมเข้าเนื้อเป็นแผลสีแดงซีดประปรายในบางผล พบชัดเจนเมื่อเก็บรักษานาน 10 วันขึ้นไป ขณะที่ SO<sub>2</sub> มีสีชมพูรอบขั้วผล การแช่ HWT+HCl มีคะแนนความผิดปกติของเนื้อสูงที่สุดเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 10 วัน รองลงมา HCl และ SO<sub>2</sub> ตามลำดับ (ภาพที่ 1c) ส่วนคุณภาพการยอมรับนั้น ผู้บริโภคให้การยอมรับสีผิวเปลือกเมื่อใช้ HCl, HWT+HCl และ SO<sub>2</sub> ตลอดอายุการเก็บรักษา โดยผู้ทดสอบให้การยอมรับ SO<sub>2</sub> สูงกว่าเนื่องจากชอบสีผิวเปลือกที่เหลืองนวลสวยกว่า HCl ที่ผิวเปลือกมีสีเหลืองส้ม การแช่น้ำร้อนก่อนแช่ HCl มีค่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านเนื้อในทุกด้านต่ำกว่าการแช่ HCl เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ การแช่น้ำร้อนทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเนื้อผลมากขึ้นเมื่อผ่านไป 10 วัน (ภาพที่ 1c) และมีกลิ่นเนื้อที่ผิดปกติส่งผลให้คุณภาพการยอมรับด้านรสชาติต่ำลง (ภาพที่ 1f) ผลสอดคล้องกับสดศรี (2547) พบว่าผลของการจุ่มผลลำไยสองพันธุ้ใน HCl 4% นาน 4 นาที ภายหลังจากขัดผิวด้วยระบบ hot water brushing (HWT) ที่ 50 °C นาน 1 นาที วิธีดังกล่าวไม่สามารถนำไปใช้กับลำไยพันธุ์ฮวงฮวยได้ เนื่องจากคุณภาพของเนื้อมีการเปลี่ยนแปลง และผู้บริโภคไม่ยอมรับ แต่วิธีนี้สามารถใช้ยืดอายุการเก็บรักษาและสีผิวลำไยพันธุ์คอมได้ 4 สัปดาห์ ส่วน SO<sub>2</sub> มีค่าการยอมรับของผู้บริโภคทุกด้านสูงที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 1f) แต่อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อผลจะหดตัวเนื่องจากสูญเสียน้ำทำให้มีช่องว่างระหว่างเปลือกและเนื้อ บางผลเปลือกแข็งขึ้นและบางผลนิ่มลงเมื่อกดด้วยนิ้วมือ และคุณภาพการยอมรับต่ำลง ดังนั้นเมื่อพิจารณาคุณภาพรวมการแช่ HCl เพียงอย่างเดียวจะเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้



ภาพที่ 1 ผลของการแช่ผลลำไยในน้ำร้อน (hot water treatment, HWT) ร่วมกับการแช่ HCl ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาล (a), เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (b), คะแนนความผิดปกติของเนื้อ (c), พีเอชเปลือก (d), พีเอชเนื้อ (e) และการยอมรับของผู้บริโภคต่อคุณภาพเนื้อผลโดยรวม (f) ของลำไยระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 85% RH นาน 1, 10, 20 - 60 วัน (Dot line represented limit of acceptance).

2) การลดขั้นตอนการเป่าแห้งหลังแช่กรด การแช่ HCl 6% นาน 35 นาที และผึ่งนาน 10 นาทีช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาล (ภาพที่ 2a) และการเกิดโรค คะแนนความผิดปกติของสีเนื้อ (ภาพที่ 2b) และมีค่าพีเอชเปลือกและเนื้อ (ภาพที่ 2c) และค่าการยอมรับของผู้บริโภคทั้งในการยอมรับสีผิวเปลือก และการยอมรับคุณภาพเนื้อได้แก่ ลักษณะภายนอก, กลิ่น, ความแน่นเนื้อ, รสชาติ และการยอมรับโดยรวม (ภาพที่ 2h-j) ไม่แตกต่างจากการใช้ HCl 6% นาน 35 นาที และเป่าผลให้แห้งสนิทนาน 60 นาที แต่คะแนนการยอมรับของคุณภาพเนื้อในทุกด้านของการใช้ HCl ทั้งสองกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่า 5.0 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน เนื่องจากเนื้อเริ่มมีกลิ่นรสชาติ และสีเนื้อเริ่มเปลี่ยนในขณะการรมด้วย SO<sub>2</sub> มีคุณภาพที่ดีที่สุดตลอดอายุการเก็บรักษา ในด้านเปอร์เซ็นต์การยอมรับพบว่าการใช้ HCl และผึ่งนาน 10 นาที มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับดีขึ้นเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน (ภาพที่ 2k) มีเปอร์เซ็นต์การยอมรับสูงในคุณภาพเนื้อด้านสีเนื้อ, กลิ่น, รสชาติ และการยอมรับโดยรวมเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ HCl และเป่าให้แห้งนาน 60 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ



ภาพที่ 2 ผลของการแช่ผลลำไยในกรด HCl และกรรมวิธีการเป่าแห้งด้วยพัดลมนาน 60 นาทีต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพผลได้แก่ การเปลี่ยนสีน้ำตาล (a) ความผิดปกติของเนื้อ (b) พีเอชเนื้อ (c) การยอมรับของผู้บริโภคได้แก่ สีผิวเปลือกนอก (h), สีเนื้อ (j), ความแน่นเนื้อ (k) ของผลลำไยระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C, 85% RH นาน 1, 10 และ 30 วัน (Dot line represented limit of acceptance).

### 3) การลดเวลาแช่เหลือ 5 นาที และเพิ่มความเข้มข้นกรด HCl

- การเปลี่ยนสีน้ำตาล พบว่าการแช่ผลลำไยเปลือกบางที่พบมากในลำไยส่งออกในกรด HCl ทุกกรรมวิธีผสมด้วยสารลดแรงตึงผิว Tween 20 เข้มข้น 0.1% นาน 5 นาที ผึ่งไว้ 10 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3

°C มีคะแนนสีน้ำตาลต่ำรองจากการรมด้วย SO<sub>2</sub> และมีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาครบ 21 วัน (ภาพที่ 3a) ขณะผลลำไยไม่แช่สารสีผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลภายใน 7 วัน

- **ความผิดปกติของเนื้อ** การแช่ผลใน HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที มีคะแนนความผิดปกติต่ำรองจาก SO<sub>2</sub> เมื่อเก็บรักษาครบ 21 วัน (ภาพที่ 3b) และอยู่ในระดับยอมรับได้ รองลงมา คือ การแช่ใน HCl เข้มข้น 7% นาน 5 นาที ส่วนการแช่ใน HCl ความเข้มข้นสูงขึ้น 8% นาน 5 นาทีมีคะแนนความผิดปกติเกินค่าการยอมรับที่ 14 วัน คะแนนความผิดปกติสีเนื้อสูงกว่าระดับที่ยอมรับเพียงวันแรกหลังแช่กรดเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ HCl สูงมากขึ้น 9, 12% และกรรมวิธีแช่ 6% นาน 35 นาที โดยในวันแรก การแช่ในกรด HCl 12% นาน 5 นาทีมีคะแนนความผิดปกติของเนื้อสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีแช่ใน HCl 6% นาน 35 นาที เนื่องจากผลลำไยที่ใช้ทดลองเป็นพันธุ์ต่อเปลือกบางจึงมีผลการทดลองที่แตกต่างกับลำไยเปลือกหนากว่า ดังนั้นความเข้มข้นที่ใช้จึงไม่จำเป็นต้องใช้สูงมาก สามารถใช้ความเข้มข้นใกล้เคียงกับการแช่ผลลิ้นจี่ได้

- **การเปลี่ยนแปลงทางเคมี** ผลลำไยเปลือกบางเมื่อแช่กรดทุกกรรมวิธีพบค่าพีเอชเปลือกมีค่าใกล้เคียงกับ 3.0 การแช่ใน HCl เข้มข้น 6.4 และ 7.0% มีค่าพีเอชเปลือกไม่แตกต่างกันในวันแรก และมีค่าต่ำกว่า 3.0 เมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้นและระยะเวลาการแช่นานขึ้น ส่วนค่าพีเอชของเนื้อการแช่ใน HCl เข้มข้น 6.4, 7, 8, 9% นาน 5 นาที และการรม SO<sub>2</sub> มีค่าพีเอชไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับผลลำไยไม่แช่สาร มีค่าระหว่าง 6.36 – 7.58 ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 21 วัน (ภาพที่ 3f) และมีค่าไม่แตกต่างกับการแช่น้ำกลั่น แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของเนื้อที่บริโภค และเมื่อความเข้มข้นของกรดสูงถึง 12% แช่นาน 5 นาทีและแช่ใน HCl 6% นาน 35 นาทีพบว่ามีความค่าระหว่าง 4.13 – 5.38 เนื่องจากกรดซึมเข้าเนื้อมากขึ้นจึงมีผลต่อรสชาติผลจึงตรงข้ามกับการทดลองกับลำไยเปลือกหนา

การตกค้างของกรด HCl พบมากที่สุดในส่วนเปลือกมากกว่าส่วนเนื้อ โดยยังไม่พบรายงานของการวิเคราะห์หากรดเกลือตกค้างในผลไม้เนื่องจากเป็นกรดที่ปลอดภัยพบในกระเพาะอาหารมนุษย์มีค่าพีเอช 1-2 ส่วนมากจะรายงานตัวชี้วัดค่าความปลอดภัยของ HCl ด้วยระดับค่าพีเอชเนื้อ การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อสูงขึ้นเมื่อระดับความเข้มข้นที่ใช้สูงขึ้น (ภาพที่ 3g) การตกค้างของกรดในเนื้อหลังแช่ใน HCl เข้มข้น 6.4, 7, 8% นาน 5 นาทีและการรม SO<sub>2</sub> มีค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน การแช่นานขึ้นหรือความเข้มข้นสูง 9% มีแนวโน้มทำให้ค่าการตกค้างสูงขึ้น ส่วนค่าพีเอชของน้ำคั้น (ภาพที่ 3f) การแช่ใน HCl เข้มข้น 6.4, 7, 8, 9% นาน 5 นาทีและการรม SO<sub>2</sub> มีค่าไม่แตกต่างกัน และค่าปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของน้ำคั้นพบค่าแตกต่างกันทางสถิติในวันแรกของการเก็บรักษาและหลังจากนั้นพบค่าไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน การใช้ HCl ความเข้มข้นสูงถึง 12% พบค่าสูงกว่าทุกกรรมวิธี รองลงมาได้แก่ HCl 6% นาน 35 นาทีและกรรมวิธีการแช่ใน HCl 9% ตามลำดับ ส่วนค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้พบว่ามีค่าระหว่าง 18.10 – 21.10 ตามเกณฑ์ของลำไยเป็นผลไม้ชนิดบ่มไม่สุก (non-climacteric fruits) จึงมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าแปรผกผันตลอดอายุการเก็บรักษา ค่าเปอร์เซ็นต์ความนิ่มของผลลำไยสูงขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นสูง 12% หรือแช่ในกรดนาน 35 นาที เนื่องจากกรดเมื่อสัมผัสส่วนหรือความเข้มข้นสูงเกินไปมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของผลสอดคล้องกับรายงานของ Olesen *et al.*

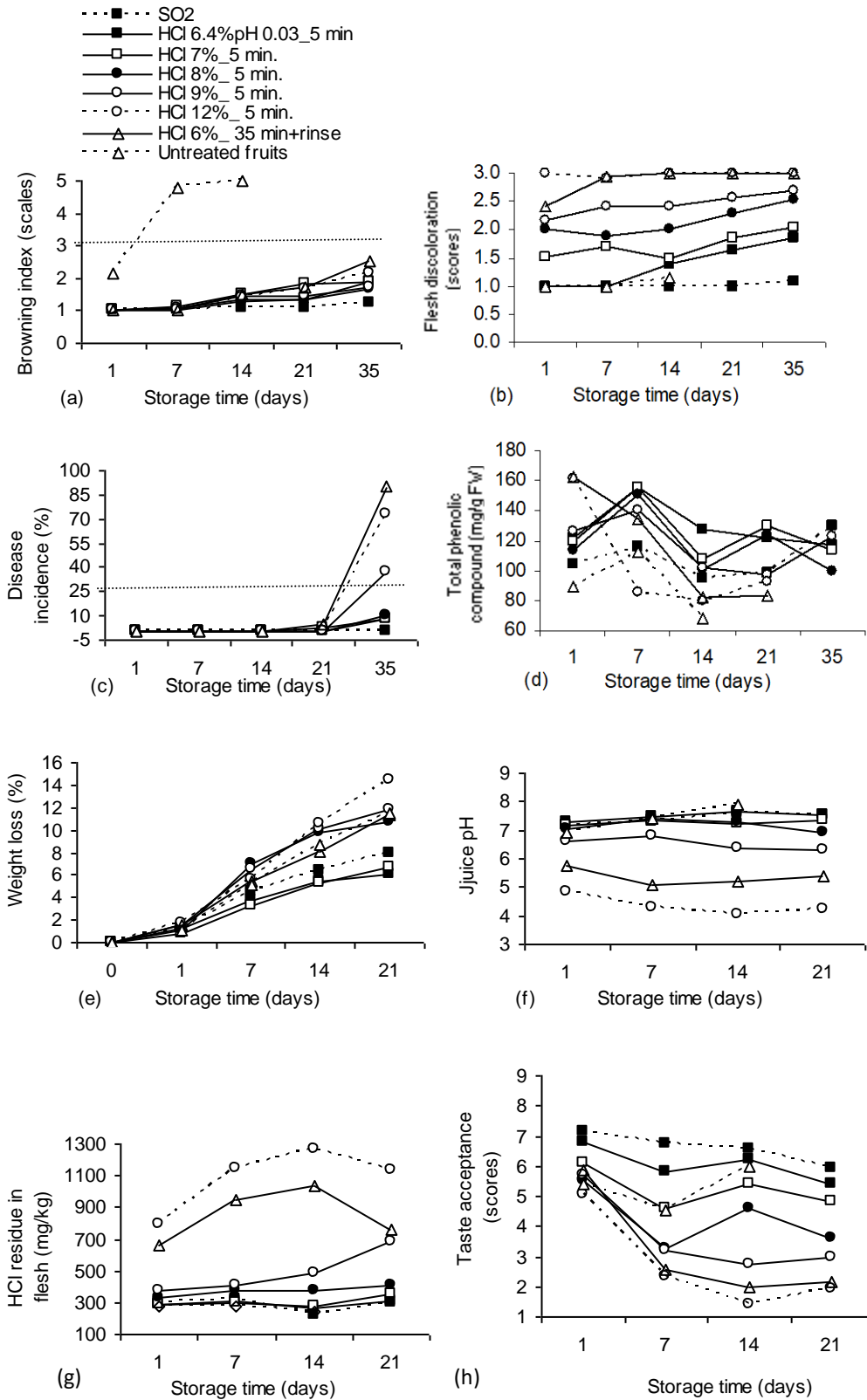
(2003) ในการแช่ผลลึนจีในกรดเกลือ สัมพันธ์กับค่าการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มพบค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้นกว่า 8% (ภาพที่ 3e)

- **การยอมรับของผู้บริโภค** พบว่า กรรมวิธีที่ได้ผลดีคือ การใช้ HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที สามารถนำมาใช้ได้ มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคทุกด้านทั้งสีผิวเปลือกและเนื้อผลสูงรองจากวิธีการค้า SO<sub>2</sub> (ภาพที่ 3h) รองลงมาคือ HCl 7% ส่วนการใช้ HCl 8% ขึ้นไปหรือแช่ในกรด HCl นานถึง 35 นาทีกับผลลำไยเปลือกบางมีปัญหาคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในคุณภาพเนื้อมีค่าต่ำลง ดังนั้นการแช่กรด HCl ในเวลา 5 นาทีที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน คือ HCl 6.4% (pH 0.03) เนื่องจากผลลำไยพันธุ์ดอส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่เปลือกบาง หรือดอกำอ่อน

#### 4) ผลของ HCl ต่อคุณภาพ และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา

- **การเปลี่ยนสีน้ำตาล** การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 และ 10 °C มีอายุการเก็บรักษานานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ HCl เข้มข้น 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที ช่วยลดการเปลี่ยนสีผิวเปลือกผลเป็นน้ำตาลได้ดีที่สุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ คือ 3 °C ได้นานถึง 40 วัน รองลงมา คือ 10 °C โดยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลได้ดีทั้งเปลือกนอก (ภาพที่ 4a, ภาพที่ 4h) และเปลือกใน และมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำรองจากการใช้ SO<sub>2</sub> ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลสูงที่สุด อย่างไรก็ตามการใช้ HCl และ SO<sub>2</sub> ลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) ได้นาน 5 และ 10 วัน ตามลำดับ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องผลลำไยเน่าเสียทำให้อายุสั้นลงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิต่ำ (ภาพที่ 4c)

- **ความผิดปกติของเนื้อผล** กรรมวิธีการรมควันด้วย SO<sub>2</sub> มีคะแนนความผิดปกติของเนื้อต่ำว่าการแช่ HCl อย่างนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 และ 10 °C (ภาพที่ 4b) การแช่กรดมีโอกาที่สารซึมเข้าเนื้อได้มากกว่าการรมควัน เนื่องจากแก๊สจะเคลื่อนที่ช้ากว่าน้ำ ทิศทางไม่แน่นอน ความเร็วของการเคลื่อนที่ของกรดในน้ำขึ้นอยู่กับความเข้มข้น, อุณหภูมิตัวกลาง, ปริมาตรสารละลายที่ใช้ต่อผลลำไยที่แช่ การเคลื่อนที่ของตัวกลาง พื้นที่ผิวสัมผัสของผลลำไย รูพรุนของผิวลำไย การเคลื่อนไหวของตะกั่วที่มีลำไย และระยะเวลาการสัมผัส เป็นต้น อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นมีผลต่อการเกิดสีเนื้อที่ผิดปกติพบมากขึ้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมี



ภาพที่ 3 ผลของการแช่ลำไยใน HCl ความเข้มข้น 6.4, 7, 8, 9 และ 12% นาน เปรียบเทียบกับแช่ HCl 6% นาน 35 นาที + ล้างสารออก, SO<sub>2</sub> และผลลำไยที่ไม่แช่สารเคมีต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (a) คะแนนความผิดปกติของ

เนื้อ (b) การเกิดโรค (c) สารประกอบพีนอล (d) การสูญเสียน้ำหนัก (e) พีเอชของน้ำคั้น (f) ปริมาณกรด HCl ตกค้างในเนื้อผล (g) และการยอมรับคุณภาพด้านเนื้อ (h) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C นาน 21 วัน

ผลช่วยชะลอการเกิดสีเนื้อที่ผิดปกติได้ภายหลังการแช่หรือรมควัน การเกิดชัดเจนบนส่วนผิวผลสีชมพูแดงโดยสารเคมีซึมเข้าได้เพราะบริเวณผิวผลมีรูพรุนอากาศมาก (Suwanakood, 2004) เมื่อเก็บรักษาครบ 40 วัน การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 °C มีคะแนนความผิดปกติของเนื้ออยู่ในระดับที่ยอมรับได้และต่ำกว่าการเก็บรักษาที่ 10 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาที่ 3 °C จึงน่าจะเหมาะสมที่สุดเมื่อขนส่งในระยะไกลๆ ทางเรือ

- **เปอร์เซ็นต์คุณภาพผล** อุณหภูมิการเก็บรักษาที่ต่ำลงมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ผลติมากขึ้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30 °C) ผลติลดลงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากการเน่าเสียมากขึ้นระหว่าง 5 – 10 วัน รวมทั้งผลนี้มลกกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ผลติแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 1-20 วัน การใช้ SO<sub>2</sub> ร่วมกับการเก็บรักษาที่ 3 °C มีผลดีครบ 100% มากกว่าทุกกรรมวิธีในวันแรก และมีค่าลดลงไม่แตกต่างกัน ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ผลติไม่แตกต่างกันเมื่อเก็บรักษานาน 30-40 วัน

- **เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และการจำแนกชนิดของเชื้อรา** การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 5 และ 10 °C ลดการเน่าเสียได้นานกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ การใช้ HCl และ SO<sub>2</sub> ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ 3 และ 10 °C ลดการเน่าเสียได้นานตลอดอายุการเก็บรักษา 40 วัน การใช้ SO<sub>2</sub> มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราบนผลได้ดีกว่ากรด HCl ที่อุณหภูมิห้องเนื่องจาก SO<sub>2</sub> มีประสิทธิภาพสูงกว่าและผลลำไยไม่เปียกน้ำ โดยการใช้ SO<sub>2</sub> และ HCl ควบคุมเชื้อราได้นาน 10 และ 5 วันโดยพบเปอร์เซ็นต์การขึ้นราบนผลเท่ากับ 34.72 และ 48.61% ตามลำดับ (ภาพที่ 4c) ส่วนเปอร์เซ็นต์การเน่าของเนื้อผลนั้นพบต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์การขึ้นรา การใช้ SO<sub>2</sub> และ HCl พบว่ามีค่าเท่ากับ 9.72 และ 18.75% การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเน่าเร็วเนื่องจากสภาพตู้ incubator ที่ใช้มีอุณหภูมิสูง ตู้อบ และผลลำไยที่ใช้ HCl เปลือกมีความเป็นกรดสูงกว่า SO<sub>2</sub> ทำให้เชื้อราบางชนิดเข้าทำลายได้เร็วขึ้น มีลักษณะอาการเน่า คือ มีเส้นใยสีขาวปกคลุมเมื่อกดด้วยนิ้วมือเนื้อและเน่ามีน้ำไหลและมีกลิ่นหมักของแอลกอฮอล์ ดังนั้นการนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องควรเก็บในที่โปร่งและสภาพอากาศถ่ายเทดีไม่อับจะเก็บรักษาได้นานขึ้น (Lichter *et al.*, 2004; วิทยาและคณะ, 2553) ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ผิวเปลือกนอกเมื่อตรวจนับโคโลนีบนผิวผลลำไย พบว่ามีปริมาณโคโลนีเริ่มต้นเท่ากับ 5.09 และมีค่าลดลงอย่างชัดเจนเมื่อผ่านการรมควันด้วย SO<sub>2</sub> และแช่ HCl และมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณโคโลนีของจุลินทรีย์สูงขึ้นภายใน 5 วัน ปริมาณโคโลนีทุกกรรมวิธีมีค่าแปรปรวนและไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษานาน 40 วัน การจำแนกชนิดเชื้อราด้วยวิธี tissue transplanting (ไม่แสดงข้อมูล) พบว่าชนิดเชื้อราบนผิวเปลือกและเนื้อเยื่อส่วนผิวผล และเปลือก ได้แก่ *Penicillium* sp. จะพบที่อุณหภูมิ 10 °C มากกว่า 3 °C

- **การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของผลลำไย** พบว่าอุณหภูมิการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่าพีเอชเปลือกและเนื้อ การใช้ SO<sub>2</sub> และ HCl มีค่าพีเอชเปลือกของลำไยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(ภาพที่ 4d) ตลอดอายุการ

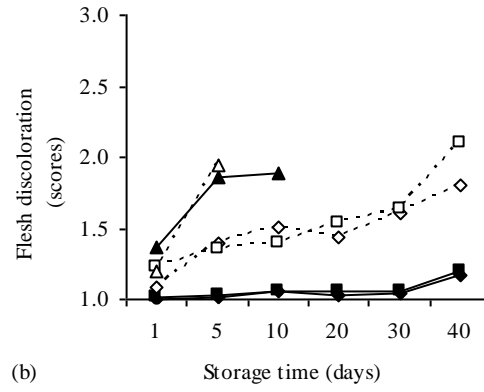
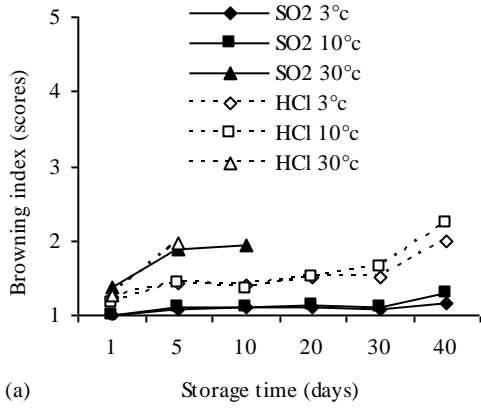


เก็บรักษา 30 วัน เปลือกผลลำไยแช่ HCl มีค่าต่ำกว่า SO<sub>2</sub> มีค่าระหว่าง 2.92 – 3.51 ส่วนเปลือกกรมควันด้วย SO<sub>2</sub> มีค่าระหว่าง 4.05 – 4.69 ค่าที่ได้คล้ายคลึงกับรายงานของ Apai (2010) แสดงถึงปริมาณซัลไฟต์อิสระที่สะสมที่เปลือกส่วนมากเป็นกรดซัลฟูรัส ส่วนปริมาณกรด HCl ส่วนมากดูดซับที่เปลือกทำให้เปลือกมีพีเอชต่ำลงเข้าใกล้เคียง 3.0 ค่าพีเอชเปลือกสอดคล้องกับผลการทดลองที่ผ่านมา คือ การแช่ผลในกรด HCl 1.5 N นาน 20 นาที และล้างสารออก และเป่าให้แห้ง (Apai, 2010) ส่วนพีเอชของเนื้อจากน้ำคั้นมีค่าแตกต่างกันเฉพาะวันแรกแต่หลังจากนั้นกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน เนื้อผลกรม SO<sub>2</sub> มีค่าระหว่าง 6.86 – 7.31 และ HCl มีค่าระหว่าง 6.84 – 7.34 (ภาพที่ 4e) ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ หรือค่าความหวานทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติตลอดอายุการเก็บรักษา 30 วันมีค่าระหว่าง 16.97 -19.93 ค่ามีการเปลี่ยนแปลงน้อยเนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ประเภทไม่สุก (non-climacteric fruits) และมีการหายใจต่ำจึงดึงน้ำตาลไปใช้ในกระบวนการหายใจน้อย (Jiang *et al.*, 2002) ส่วนการตกค้างของกรด HCl พบในเปลือกมากกว่าในเนื้อ การตกค้างทุกกรรมวิธีในเนื้อมีค่าไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน เช่นเดียวกับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (วัดในรูปกรดซิตริก) และมีค่าต่ำลง (ภาพที่ 4f)

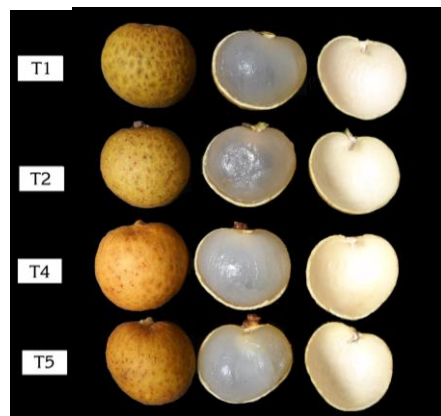
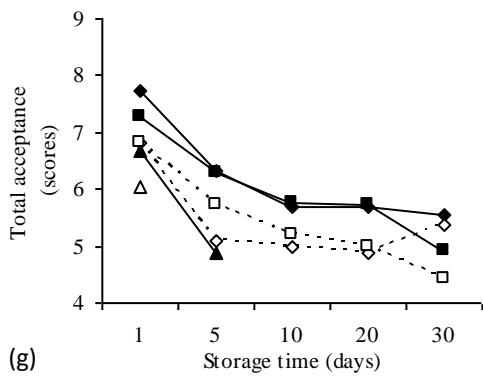
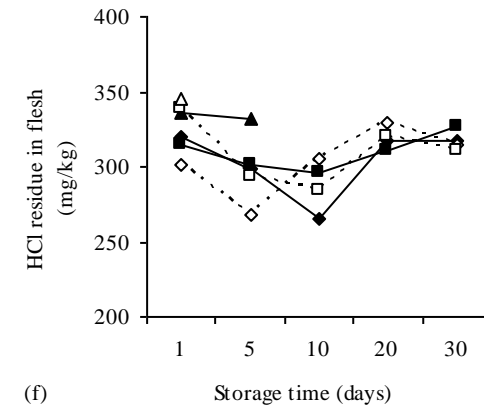
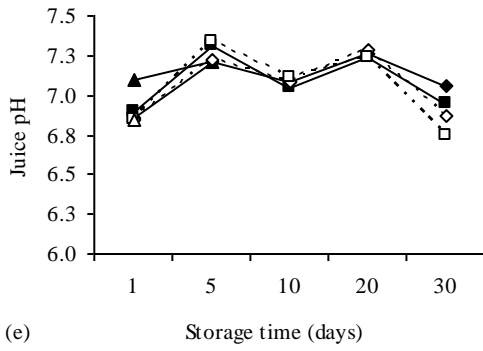
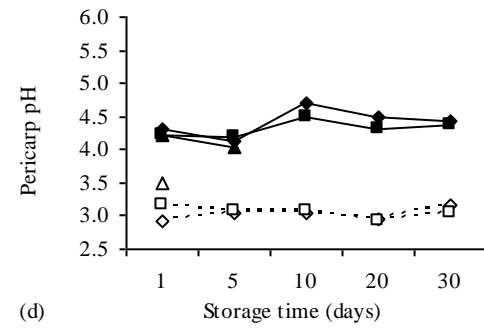
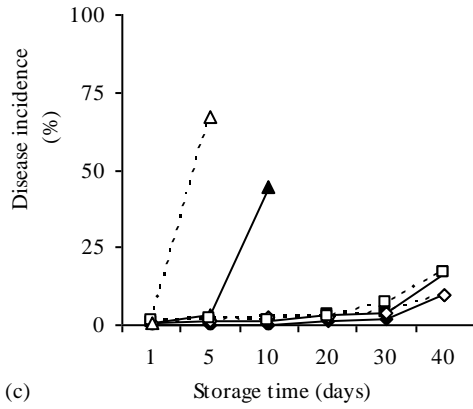
- **การยอมรับของผู้บริโภค** คะแนนการยอมรับในสีผิวเปลือกด้านนอก และด้านในมีผลไปในทางเดียวกัน โดย SO<sub>2</sub> มีคะแนนสูงกว่าการใช้ HCl ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน การเก็บรักษา SO<sub>2</sub> ที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนการยอมรับด้านสีเปลือกด้านในต่ำลง เมื่อจำลองสภาพการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องทุกกรรมวิธีมีค่าความชอบสีผิวเปลือกนอกและในอยู่ได้นานอย่างน้อย 2-3 วันภายหลังจากย้ายการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตลอดอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน

คะแนนการยอมรับสีเนื้อและกลิ่น เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำการใช้ SO<sub>2</sub> มีค่าการยอมรับสูงกว่าการใช้ HCl เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 20 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 °C ผ่านไป 30 วัน คะแนนของการยอมรับในสีเนื้อระหว่าง SO<sub>2</sub> และ HCl มีค่าสูงไม่แตกต่างกัน เมื่อจำลองสภาพการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง SO<sub>2</sub> ทุกกรรมวิธีมีค่าความชอบสีเนื้อผลระหว่างการวางจำหน่ายได้นานอย่างน้อย 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้องตลอดอายุการเก็บรักษานาน 30 วัน ในขณะที่ HCl มีค่าความชอบระหว่างการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องในวันแรกอย่างน้อย 2-3 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 5 วัน ที่อุณหภูมิต่ำมีอายุการวางจำหน่ายระหว่าง 1 - 2 วันตลอดอายุการเก็บรักษา

คะแนนการยอมรับในรสชาติ (ภาพที่ 4g) การใช้ HCl และ SO<sub>2</sub> มีคะแนนความชอบระหว่างการเก็บรักษาที่ 3 °C ได้นาน 30 วัน แต่อายุการวางจำหน่ายของ HCl อยู่ได้นาน 2 – 3 วันเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 10 วัน หลังจากนั้น 20 – 30 วัน การใช้ HCl มีอายุการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้องเพียง 1-2 วัน และคะแนนการยอมรับโดยรวมนั้น การใช้ SO<sub>2</sub> มีความสม่ำเสมอของคะแนนสูงกว่าการใช้ HCl อย่างมีนัยสำคัญ และมีอายุการวางจำหน่ายได้นานอย่างน้อย 2 – 3 วันเมื่อเก็บรักษาผ่านไป 30 วัน



(Continue)



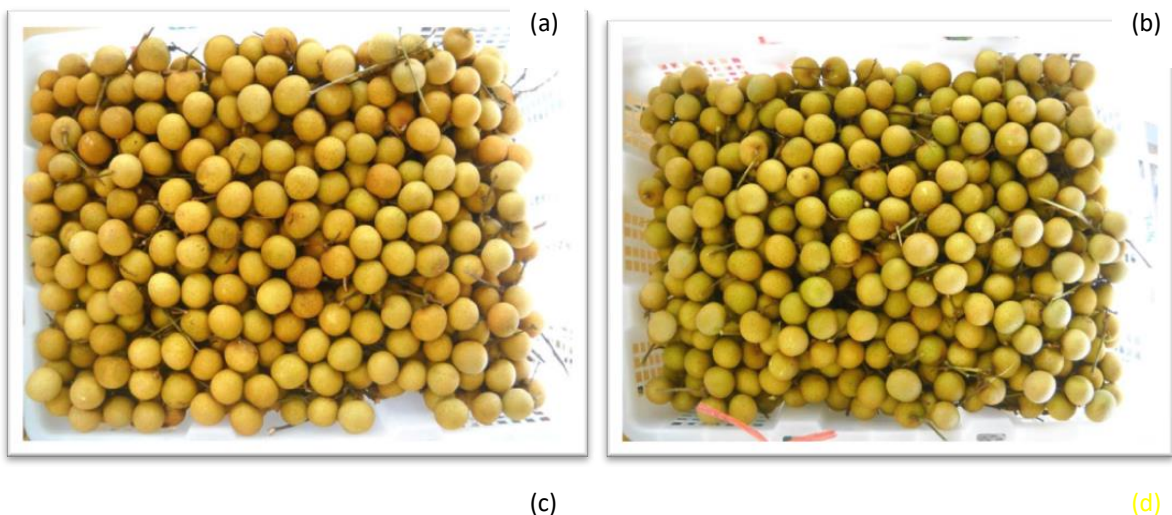
(h)

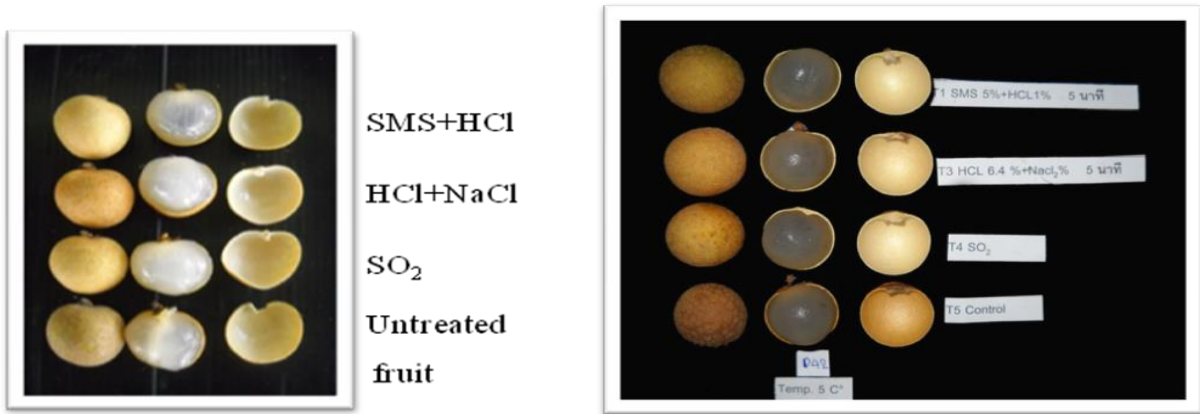
**ภาพที่ 4** ผลการแช่ลำไยใน HCl ความเข้มข้น 6.4% นาน 5 นาทีเปรียบเทียบกับ  $SO_2$  ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (a) ความผิดปกติของเนื้อ (b) การเกิดโรค (c) พิเอชเปลือก (d) พิเอชน้ำคั้น (e), ปริมาณกรด HCl ตกค้างในเนื้อผล (f), การยอมรับของผู้บริโภคด้านคุณภาพเนื้อโดยรวม (g) และภาพลักษณะผลวันที่ 42 ของการเก็บรักษา (h) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3, 10 และ 30 °C นาน 30 วัน ( $T1 = SO_2 + 3\text{ °C}$ ,  $T2 = SO_2 + 10\text{ °C}$ ,  $T3 = SO_2 + 30\text{ °C}$ ,  $T4 = HCl + 3\text{ °C}$ ,  $T5 = HCl + 10\text{ °C}$ ,  $T6 = HCl + 30\text{ °C}$ )

**5) ผลของ HCl ร่วมกับ sodium metabisulfite ต่อการตกค้างของกรด HCl ในผลและคุณภาพผล ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ**

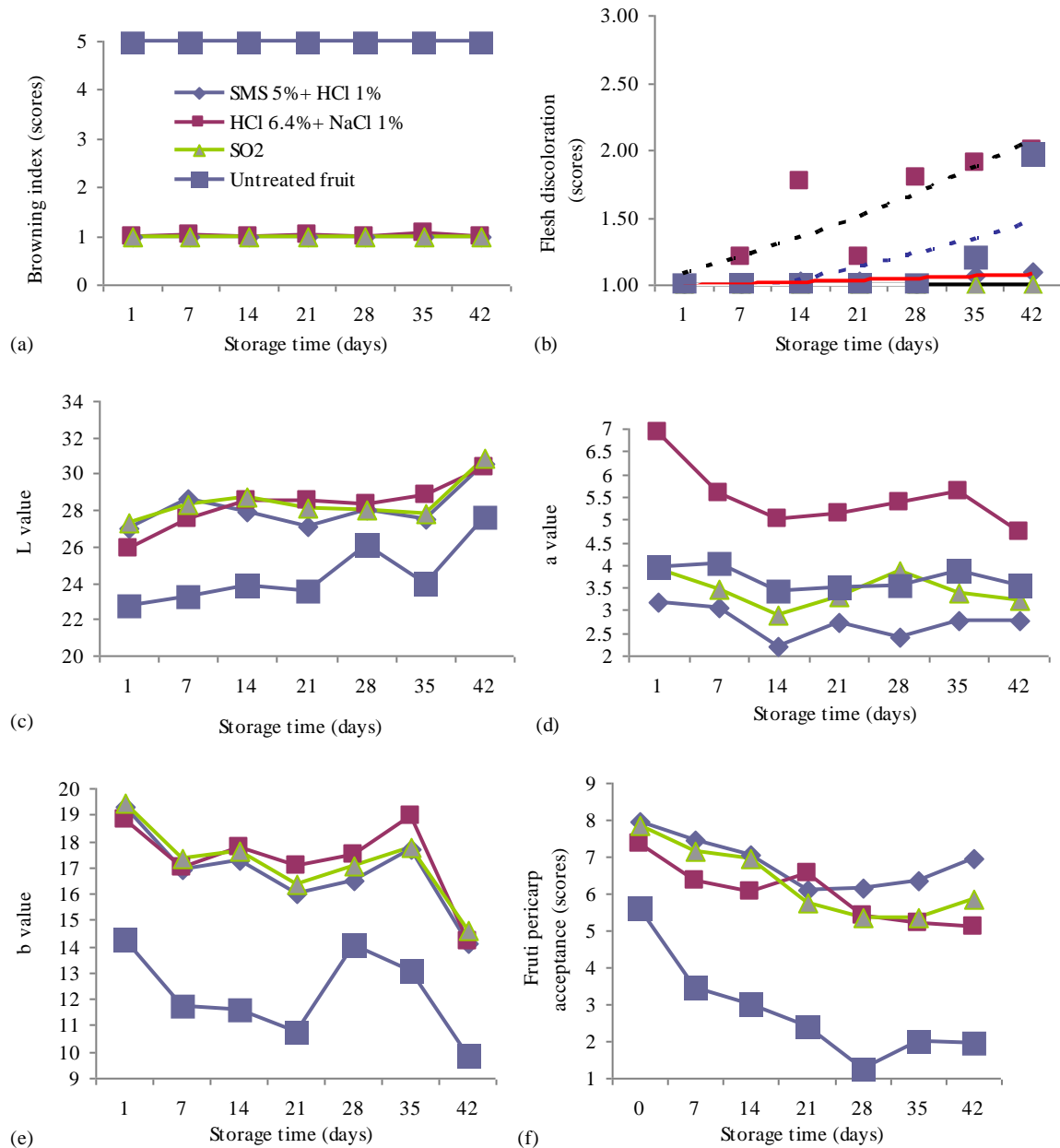
- การเปลี่ยนสีน้ำตาลและการเปลี่ยนแปลงค่าสีผิวเปลือกจากเครื่องวัดสี การแช่ผลใน HCl 1%+SMS 5%, HCl 6.4% นานเท่ากัน 5 นาทีและวิธีทางการค้า  $SO_2$  มีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่า 2.0 (ภาพที่ 5d, 6a) ตลอดอายุการเก็บรักษานาน 42 วันสอดคล้องกับค่าความสว่าง (L) สีผิวเปลือกนอกและค่าการยอมรับของผู้บริโภคมีค่าสูงสุดที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่แช่สาร (ภาพที่ 6c) การแช่ HCl 5% พบว่าค่า a มีค่าค่อนข้างไปทางสีแดง (ภาพที่ 6d) คือ สังเกตหลังแช่ผิวเปลือกมีสีส้มเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ที่ค่า a ต่ำกว่าและค่าเข้าใกล้สีเขียว สังเกตจากเปลือกแช่เกลือซัลไฟต์และรม  $SO_2$  สีเปลือกเหลืองปนเขียว เนื่องจากมี HCl ผลต่อแอนโทไซยานินที่จะเสถียรเมื่อพีเอชเปลือกต่ำกว่า 3.0 คล้ายกับผิวสีแดงลิ้นจี่(ภาพที่ 6e) ส่วนค่า b พบว่าทั้งสามกรรมวิธีมีค่าไม่ต่างกันออกไปทางสีเหลืองและมีค่าสูงกว่าชุดควบคุมไม่แช่สารอย่างน้อยสำคัญ

- ความผิดปกติของสีเนื้อ พบว่าการแช่ใน HCl 1%+SMS 5% (pH 0.93) นาน 5 นาทีและวิธีทางการค้า  $SO_2$  มีคะแนนต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกัน ส่วนการแช่ใน HCl 6.4%+NaCl 1% (pH 0.00) นั้นพบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนสีของเนื้อมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 14 วันและค่าเกินเกณฑ์การยอมรับมากกว่า 2.0 เมื่อเก็บรักษานาน 42 วัน (ภาพที่ 6b) ส่วนชุดควบคุมไม่แช่สารพบว่าค่าต่ำในช่วงแรกและเมื่อผ่านถึงวันที่ 42 สีเนื้อมีค่าเกินเกณฑ์การยอมรับเนื่องจากสีเนื้อคล้ำลง





ภาพที่ 5 สีส้มผลลำไยแช่กรดเกลือ 6.4%+เกลือแกง 1% (pH 0.03) นาน 5 นาที ในวันแรกหลังแช่ (a) เปรียบเทียบกับการแช่กรดเกลือ 1% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 5% นาน 5 นาที (b) ภาพเปรียบเทียบทั้ง 4 กรรมวิธีหลังแช่วันแรก (f) และเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, 85% RH (d)

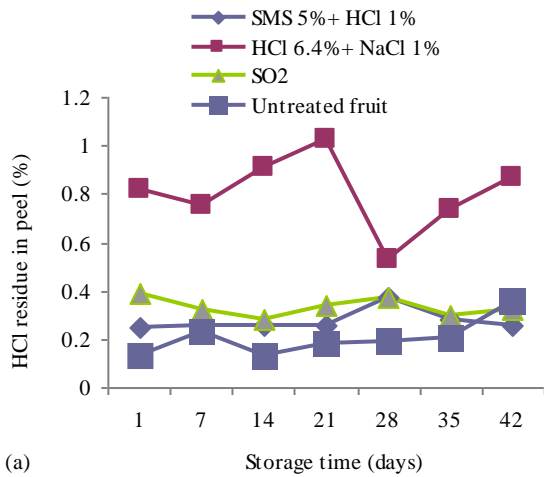


ภาพที่ 6 ผลของการแช่กรดเกลือ 1% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 5% นาน 5 นาทีเปรียบเทียบกับแช่กรดเกลือ 6.4%+เกลือแกง 1% (pH 0.03) นาน 5 นาที การใช้ SO<sub>2</sub> และผลไม้แช่สาร ต่อการเปลี่ยนสีน้ำตาล (a), ความผิดปกติของเนื้อ (b) ค่าความสว่าง (c) ค่า a (d) ค่า b (e) และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านสีผิวเปลือกผล (f) เมื่อเก็บรักษานาน 42 วันที่อุณหภูมิ 6 °C, 85% RH

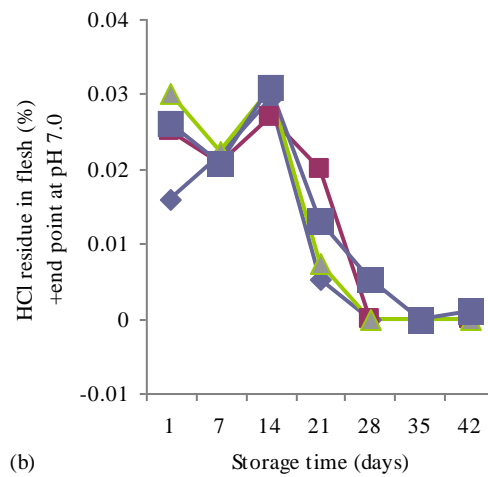
- การตกค้างของกรด HCl ในเนื้อผลและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี การแช่ใน HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที พบว่ากรด HCl ส่วนมากพบตกค้างในเปลือกผลมีค่าระหว่าง 0.53 – 1.03% (ภาพที่ 7a) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น และพบว่ากรด HCl ตกค้างในเนื้อผลต่ำมีค่าระหว่าง 0.00 – 0.025% (ภาพที่ 7b) ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตกค้างในเนื้อผลมีค่าลดลงต่ำเข้าใกล้ศูนย์ภายหลังเก็บ

รักษานาน 21 วัน สำหรับการตกค้างของสาร  $\text{SO}_2$  ในเนื้อผลพบว่าการใช้  $\text{SO}_2$  มีค่าสูงกว่า HCl+SMS ในวันแรก แต่ค่าตกค้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานส่งไปประเทศจีน (ต่ำกว่า 50 mg/kg) ทุกกรรมวิธี (ภาพที่ 7c)

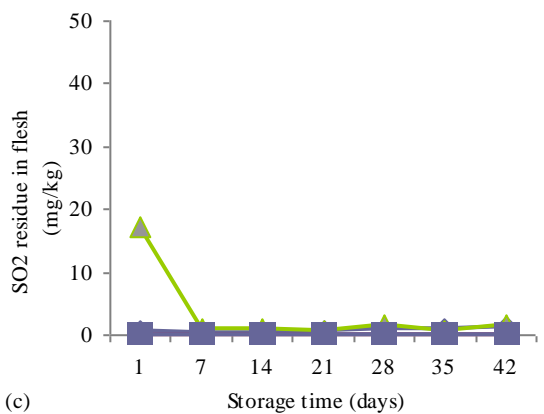
- การยอมรับของผู้บริโภค การใช้ HCl 6.4% (pH 0.03) นาน 5 นาที พบว่าการยอมรับของผู้บริโภคด้านเนื้อผลนาน 21 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C ส่วนการใช้ HCl+SMS และ  $\text{SO}_2$  มีคะแนนการยอมรับนาน 35 และ 21 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 7d)



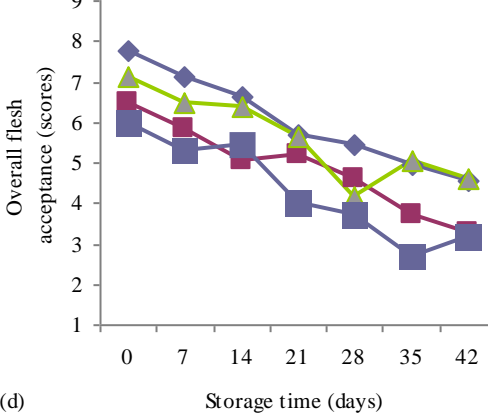
(a)



(b)



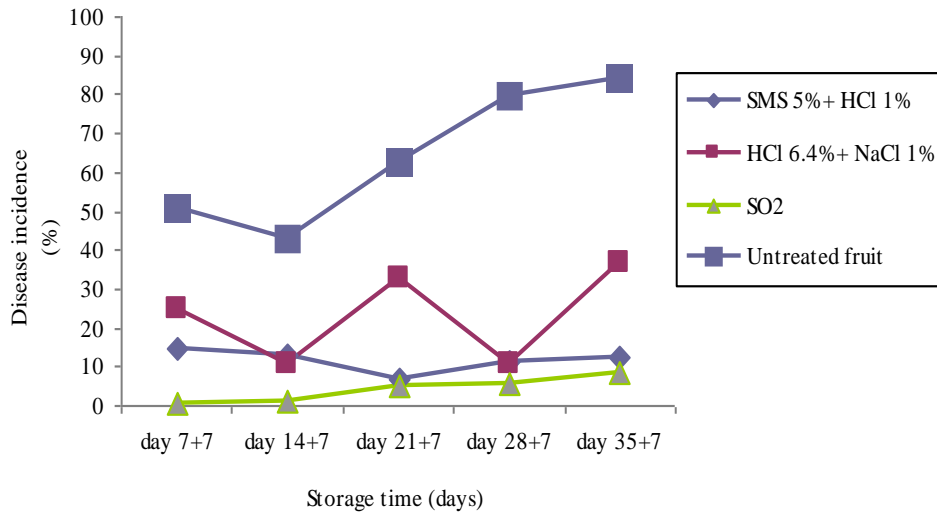
(c)



(d)

ภาพที่ 7 ผลของการแช่กรดเกลือ 1% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 5% นาน 5 นาทีที่เปรียบเทียบกับแช่กรดเกลือ 6.4%+เกลือแกง 1% (pH 0.03) นาน 5 นาที การใช้  $\text{SO}_2$  และผลไม่แช่สาร ต่อการตกค้างของกรด HCl ในเปลือก (a), การตกค้าง HCl ในเนื้อผล (b) การตกค้างของ  $\text{SO}_2$  ในเนื้อผล (c) และคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคด้านคุณภาพเนื้อโดยรวม (d) เมื่อเก็บรักษานาน 42 วัน ที่อุณหภูมิ 6 °C, 85% RH

- เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค พบว่าทุกกรรมวิธีไม่เกิดโรคเมื่อเก็บรักษานาน 42 วันจึงต้องย้ายมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วันเพื่อประเมินผลพบว่ากรรมวิธีชุดควบคุมไม่แช่สารเกิดโรคสูงที่สุดมีค่าสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา การใช้ HCl+SMS และ  $\text{SO}_2$  มีค่าต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใช้  $\text{SO}_2$  มีค่าต่ำที่สุดเนื่องจากใช้ในรูปแก๊สและผลไม่เปียกน้ำ ขณะที่การแช่ HCl 6.4% มีค่าสูงขึ้นกว่าสองกรรมวิธีเล็กน้อย (ภาพที่ 8)



**ภาพที่ 8** ผลของการแช่กรดเกลือ 1% + โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (SMS) 5% นาน 5 นาทีเปรียบเทียบกับแช่กรดเกลือ 6.4%+เกลือแกง 1% (pH 0.03) นาน 5 นาที การใช้ SO<sub>2</sub> และผลไม้แช่สาร ต่อการเน่าเสียเมื่อสุ่มจากอุณหภูมิต่ำและเก็บรักษาต่อ 7 วันที่อุณหภูมิห้อง (30 °C)

#### 6) การปรับปรุงการใช้กรด HCl ร่วมกับวิธีอื่นๆ ต่ออายุการเก็บรักษา

1) การผสมกรด HCl กับสารอื่นๆ พบว่าการผสมกรด HCl 5%+sodium chlorite 1% ช่วยฟอกสีผิวได้เหลืองใกล้เคียงกับ SO<sub>2</sub> และphosphoric acid 5%+HCl 3%, phosphoric acid 10%+HCl 1%, ช่วยฟอกสีผิวได้ดี แต่ยังคงศึกษาในสเกลใหญ่ขึ้น

2) การพ่นฝอย HCl ผลเบื้องต้นพบว่าการพ่นฝอยยังต้องศึกษาเทคนิคให้หลากหลายมากขึ้น เทคนิคพ่นฝอยยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย ส่วนมากใช้กับทางสาธารณสุข

3) การใช้ HCl ร่วมกับการเก็บรักษาในฟิล์มพลาสติก ไม่ควรใช้ผลลำไยที่แช่กรดเกลือในฟิล์มพลาสติกและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพราะเชื้อราเข้าทำลายได้ ควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

#### 8.2 ผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการในเขตสวพ.1

1) การสำรวจด้วยแบบสัมภาษณ์ (รวม 2 ครั้ง) ครั้งที่ 1 ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง 171 คน (ร้อยละ 57.0) โดยมีอายุ 36 ปีขึ้นไปมากที่สุด (ร้อยละ 56.0) การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 40.3) รายได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5,000 ถึง 10,000 บาท ร้อยละ 45.3 และมีอาชีพทำงานในส่วนราชการมากที่สุด คือ ร้อยละ 53.0 กลุ่มที่เลือกร้อยละ 47.0 ได้แก่ กลุ่มทำงานในโรงคัดบรรจุลำไยสดส่งออก ร้อยละ 14.0, กลุ่มนักศึกษา ร้อยละ 8.3%, กลุ่มค้าขาย ร้อยละ 6.7%, กลุ่มเกษตรกร ร้อยละ 5.3% และกลุ่มอื่นๆ ร้อยละ 12.7% เนื่องจากภาคราชการเป็นส่วนที่พบได้มากที่สุด ส่วนผู้ประกอบการลำไยนอกฤดูค่อนข้างจะมีน้อยราย

พฤติกรรมผู้บริโภคส่วนใหญ่ในเขตภาคเหนือสามารถหาลำไยรับประทานได้เองโดยไม่ต้องซื้อ ร้อยละ 69.3 เนื่องจากปลูกอยู่แล้วถึงร้อยละ 53.3 เนื่องจากลำไยส่วนมากปลูกในเขตภาคเหนือ และให้ผลตลอดทั้งปี โดยจะรับประทานลำไยน้ำหนัก 1 กก.หมดภายใน 1 สัปดาห์ (ร้อยละ 52.0) เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับความชอบระหว่างชนิดของผลไม้ 3 ชนิดในช่วง 3 เดือน พบว่าผู้บริโภคชอบรับประทานส้ม มากที่สุด รองลงมาลิ้นจี่ และลำไย ร้อยละ 74.3, 54.3 และ 48.0 ตามลำดับ เนื่องจากรสชาติหวานอมเปรี้ยวจึงชอบเนื่องจากรับประทานได้มากกว่า ส่วน

ลำไยรับประทานมากเกินไปจะเจ็บคอและร้อนใน ลำไยส่วนมากส่งออกประเทศจีนเนื่องจากชาวจีนนิยมรับประทานเพราะเนื้อลำไยให้ความร้อนทำให้ร่างกายอบอุ่น โดยผู้บริโภคส่วนมากมีความถี่ของการรับประทานบ่อยมากที่สุดในทุกสัปดาห์ ร้อยละ 20.3 รองลงมาลำไย และลิ้นจี่ ร้อยละ 15.0 และ 13.7 ตามลำดับ และผู้บริโภคส่วนมากมีลักษณะการบริโภคลำไย และลิ้นจี่เป็นครั้งคราว 1-2 สัปดาห์ต่อครั้ง ร้อยละ 19.3, 18.0 และ 17.7 ตามลำดับ ปัจจัยสำคัญที่ผู้บริโภคใช้ในการเลือกบริโภคลำไยสดได้แก่ ความสดใหม่โดยรวม, พันธุ์, ขนาดผล, รสชาติ และสีผิวเปลือกนอก คะแนน 2.61, 3.17, 3.45, 4.24 และ 4.98 ตามลำดับ

คะแนนความชอบของผู้บริโภคจำนวน 300 คน โดยรวมเฉลี่ยต่อลำไยสดที่แช่ HCl และรม SO<sub>2</sub> มีค่า  $5.86 \pm 2.13$  และ  $5.95 \pm 1.9$  (จาก 9 คะแนน) (ตารางที่ 1) ผู้บริโภคยอมรับต่อผลลำไยที่แช่ HCl เตรียมไว้เป็นสารทดแทนร้อยละ 84.7 โดยยอมรับ HCl เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยร้อยละ 71.3 และผู้บริโภคให้ข้อเสนอแนะว่าควรปรับปรุงผลลำไยที่แช่ HCl ตามปัจจัยต่างๆ ดังนี้ คือ สีผิวเปลือกนอกมากที่สุด, กลิ่นของเนื้อ, รสชาติ, ความแน่นเนื้อ, สีเนื้อ, สีเปลือกด้านใน มีค่าร้อยละ 55.0, 35.3, 32.0, 30.3, 27.3 และ 19.0 ตามลำดับ

### ความคิดเห็นของผู้ประกอบการส่งออกลำไยสดนอกฤดูกาลไปต่างประเทศ

ในส่วนข้อมูลเชิงพฤติกรรมของผู้ประกอบการส่งออกลำไยสดนอกฤดูกาลและผู้เกี่ยวข้องจำนวน 15 ราย ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน รวมทั้งหมด 9 บริษัท ได้แก่

1. พงศ์เจริญ เทรดดิ้ง หาดใหญ่จำกัด อ.ป่าซาง จังหวัดลำพูน
2. บริษัท อุทัยพืชผล อินเตอร์เทรด จำกัด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
3. ปาริฉัตร พัวปรีวัฒน์ อ.ป่าซาง จ.ลำพูน
4. ทวีศักดิ์ สงวนเรือง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน
5. บริษัท เบสท์ฟรุ๊ต จำกัด (เจ้ออ้อย) อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
6. หจก.สุริยาไทย ฟรุ๊ตส์ อ.หางดง จ.เชียงใหม่
7. มาโนชการค้า (อู๊ด-ราณี) อ.เมือง จ.ลำพูน
8. นายทวี สมบูรณ์กิตติกุล อ.ป่าซาง จ.ลำพูน
9. บริษัท OK อินเตอร์ เทรดดิ้ง (ประเทศไทย) อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

ส่วนมากส่งออกปลายทางประเทศจีน และอินโดนีเซียร้อยละ 100.0 รองลงมา คือ สิงคโปร์ ร้อยละ 46.7 และยุโรปร้อยละ 26.7 ตามลำดับ โดยทุกรายขนส่งผ่านทางเรือเป็นหลัก ทางเครื่องบิน และทางบก ร้อยละ 20 และ 16.7 ตามลำดับ ผู้ประกอบการส่วนมากร้อยละ 80.0 รู้สึกพึงพอใจและมั่นใจกับวิธีการยืดอายุด้วย SO<sub>2</sub> และผู้ประกอบการบางส่วนพอใจแต่ยังไม่มั่นใจร้อยละ 13.3 ส่วนวิธีการรมควันด้วยวิธีเผาผงกำมะถันของโรงรม ปัจจุบันผู้ประกอบการมีความเห็นว่าไม่ต้องปรับปรุงกรรมร้อยละ 73.3 และต้องปรับปรุงร้อยละ 26.7 ลักษณะคุณภาพลำไยสดที่ลูกค้าต้องการในตลาดประเทศจีน ต้องการลำไยขนาดใหญ่ ผิวสวยเหลืองอมเขียววาวจาง และรสชาติหวาน ส่วนอินโดนีเซียมีคุณภาพรองลงมา ผิวต้องไม่เปลี่ยนสีเป็นน้ำตาลไม่เนิ่นคุณภาพสูงเหมือนจีน ผู้ประกอบการร้อยละ 86.7 มีความเห็นว่าเพื่อป้องกันความเสี่ยงเรื่องปัญหาการตกค้างต้องเตรียมเทคโนโลยีไว้



ทดแทน SO<sub>2</sub> ในอนาคต ลักษณะสารทดแทนที่ผู้ประกอบการต้องการได้แก่ ยืดอายุการเก็บรักษาได้นานใกล้เคียงกับ SO<sub>2</sub> และไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อเท่ากันที่ร้อยละ 93.3, ควรพอกสีผิวให้เหลืองนวล และควบคุมการเน่าเสียได้เท่ากันที่ร้อยละ 86.7 และมีผลต่อคุณภาพเนื้อได้เล็กน้อยและไม่ต้องพอกสีผิวเปลือกให้เป็นสีเหลืองนวลก็ได้ ร้อยละ 46.7 และ 26.7 ตามลำดับ ผู้ประกอบการรู้จักชื่อเทคโนโลยีทดแทน SO<sub>2</sub> มากที่สุด เป็นวิธีการลดอุณหภูมิเพื่อคงความสดด้วยน้ำเย็น (hydrocooling) ร้อยละ 93.3 เนื่องจากเคยใช้เป็นวิธีทางการค้าสมัย 20 กว่าปีก่อน รองลงมาได้แก่ การแช่กรดหรือสารที่ปลอดภัยและการใช้ฟิล์มพลาสติก ร้อยละ 53.3 เนื่องจากผู้ประกอบการเคยใช้วิธีการแช่ผลลึนจีในกรดเกลือ (HCl) ภายหลังรมควันด้วย SO<sub>2</sub> เพื่อให้เปลือกผลคืนกลับเป็นสีแดง ส่วนการใช้ฟิล์มพลาสติกพบเห็นได้ทั่วไปในท้องตลาด และวิธีการฉายรังสีพบในการใช้กำจัดหนอนแมลงวันทอง และการใช้โอโซน ร้อยละ 46.7 และ 40.0 ตามลำดับ สารทดแทนที่นำมาใช้ทดแทน SO<sub>2</sub> ผู้ประกอบการมีความเห็นตรงกันว่าควรมีความรวดเร็ว และทำได้ครั้งละมากๆ เท่ากัน ร้อยละ 93.3 รองลงมาควรมีต้นทุนต่ำ และใช้ง่ายเท่ากัน ร้อยละ 86.7 ปัญหาเรื่องผลลึนจีแตกต่างจากการแช่กรดเกลือ และป้องกันได้ด้วยการรับซื้อและพักเก็บไว้ 1 คืนก่อนแช่ ในช่วงเช้านั้น ผู้ประกอบการร้อยละ 86.7 ไม่เห็นด้วยกับวิธีการพักลึนจีไว้ 1 คืน เนื่องจากต้องรีบส่งออก การเก็บเอาไว้ทำให้เสียเวลา และผลสูญเสียความสดใหม่

**ตารางที่ 1** ข้อมูลด้าน ทักษะคนติ การยอมรับ ของผู้ตอบแบบสอบถามต่อผลลึนจีที่ใช้สารทดแทนซัลเฟอร์ซึ่งใช้เป็นเทคโนโลยีการยืดอายุการเก็บรักษาทดแทนซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
คะแนนความชอบตามความรู้สึกโดยเฉลี่ย		
ผลที่ใช้ SO <sub>2</sub>	5.95 <sup>1</sup> ± 1.90 <sup>2</sup>	
ผลลึนจีแช่ด้วย HCl	5.86 ± 2.13	
ท่านเห็นด้วยหรือไม่ กับการนำสารทดแทน SO <sub>2</sub> เติร์ยม		
ไว้ใช้เป็นสารทดแทน SO <sub>2</sub> สำหรับลึนจี?		
เห็นด้วย	254	84.47
ไม่เห็นด้วย	46	15.3
ท่านยอมรับสารทดแทน SO <sub>2</sub> ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้		
เพื่อสำหรับใช้ยืดอายุผลลึนจีหรือไม่?		
ยอมรับ	214	71.3
ไม่ยอมรับ	86	28.7
ท่านเห็นว่าคุณภาพผลลึนจีที่ใช้ HCl ควรปรับปรุง		
คุณลักษณะอะไรบ้าง?		
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: <sup>1</sup>/1 = the lowest score, 5 = neither dislike nor like (limit of acceptance) and 9 = the highest score. <sup>2</sup>/SD = standard deviation,

การทดลองได้นำลำไยที่แช่กรด HCl เข้มข้น 6% แช่นาน 35 นาทีและล้างออก 1 ครั้ง ผึ่งนาน 10 นาทีมาให้ผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกจำนวน 15 รายทดสอบการชิม พบว่าให้การยอมรับลำไยที่ใช้เป็นสารทดแทน SO<sub>2</sub> จำนวน 13 ราย คิดเป็นร้อยละ 86.67 เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากมีความเห็นตรงกันว่าควรมีสารทดแทนเตรียมไว้ในอนาคตกรณีมีการเลิกใช้สาร SO<sub>2</sub> ส่วนการยอมรับในการใช้ HCl ยึดอายุการเก็บรักษาสำหรับการส่งออกนั้น ผู้ประกอบการเห็นด้วยร้อยละ 73.33 แต่ผู้ประกอบการได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ โดยผู้ประกอบการชอบสีผิวของผลรวม SO<sub>2</sub> มากกว่าผลที่แช่กรด HCl และเนื้อผลแช่กรดยังมีกลิ่นกรดเล็กน้อย การส่งออกไปประเทศจีนสีผิวเปลือกต้องเหลืองกว่านี้สีผิวเปลือกลักษณะนี้เหมาะสมส่งออกไปประเทศอินโดนีเซียมากกว่า เวลาที่แช่กรด HCl 6% นาน 30-40 นาทีนานเกินไปสำหรับการประยุกต์ใช้ มีผลต่อคุณภาพผลเนื้อมีสีขุ่นขาว มีจุดสีแดงบนเนื้อบางผล โดยเฉพาะผลที่ก้านขั้วหลุด กรดซึมเข้าทางบาดแผลทำให้เนื้อบางผลมีกลิ่นกรดเวลาควรลดเหลือเพียง 5 นาที โดยจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มข้นหรือไม่ล้างกรดออกเพื่อลดขั้นตอนให้น้อยลง โดยการล้างผลหลังแช่ไปลดความเข้มข้นของกรดบนเปลือกทำให้สีผิวไม่สม่ำเสมอ ผู้ส่งออกให้ความสนใจให้ความร่วมมือในการทดสอบการส่งออกลำไยใช้สารทดแทนหลายบริษัทในประเทศจีนและประเทศที่เข้มงวดการใช้ SO<sub>2</sub> แต่ให้ไปปรับปรุงก่อน ผลลำไยที่ใช้ทดสอบส่งออกในล็อตนั้นๆ ควรคัดเลือกให้ดี และมีข้อเสนอที่น่าสนใจในเชิงการค้าผู้ประกอบการบางส่วนแนะนำว่าในขั้นแรกนี้การใช้ประโยชน์น่าจะเหมาะสมกับการส่งออกไปสิงคโปร์ที่เข้มงวดโดยห้ามตรวจพบ SO<sub>2</sub> ในเนื้อ แต่ให้พบ SO<sub>2</sub> ตกค้างที่เปลือกผลไม่เกิน 350 mg/kg และข้อมูลเบื้องต้นหน่วยงานตรวจสอบสินค้าอาหารนำเข้าของสิงคโปร์ คือ Agri-Food & Veterinary Authority of Singapore (AVA) ได้ยืนยันไม่เข้มงวดการใช้ HCl ในลำไยสด แต่กระบวนการต้องปฏิบัติตามมาตรฐาน GMP (Mr.Toh Soon Huat, ติดต่อส่วนตัว) โดยค่าพีเอชเปลือกหลังแช่กรด 3.10 และเนื้อมีค่า 7.0 นั้น แสดงว่า HCl ส่วนมากตกค้างในเปลือก และในเนื้อมีค่าต่ำ ในประเด็นการตกค้างของ HCl ในผลไม้ Codex เองยังไม่กำหนดค่า จึงปลอดภัย และอนุญาตให้ใช้เป็น food additives ชนิดหนึ่ง

**ครั้งที่ 2** การทดลองได้นำลำไยที่แช่กรด HCl เข้มข้น 6.4% (pH 0.03) แช่นาน 5 นาที ผึ่งนาน 10 นาทีมาให้ผู้ประกอบการลำไยสดส่งออกจำนวน 9 ราย รวมจำนวน 8 บริษัท ได้ทดสอบการชิมพบว่าผู้ประกอบการจะยอมรับการใช้ HCl ก็ต่อเมื่อมีการเลิกใช้ SO<sub>2</sub> เลิกใช้ในอนาคตสอดคล้องกับผลการสำรวจการยอมรับในลำไยนอกฤดูกาลแต่ผู้ประกอบการต้องการความมั่นใจในการนำสารทดแทนไปใช้งานในอนาคต ต้องการให้ภาครัฐลงทุนวิจัย

และทดสอบการส่งออกในปริมาณมากๆ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นกรณีการส่งออกไปประเทศจีนโดยส่งเป็นตู้ใหญ่ตู้ละ 2,184 ตะกร้าควบคุมอุณหภูมิชื้นสง  $2^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากผู้ประกอบการส่วนมากร้อยละ 77.78 มีความเห็นตรงกันว่าควรมีสารทดแทนเตรียมไว้ในอนาคตกรณีมีการเลิกใช้สาร  $\text{SO}_2$  (ตารางที่ 2) ยอมรับเตรียมไว้ใช้เป็นสารทดแทน  $\text{SO}_2$  และผลการยอมรับในการ ใช้ HCl ยืดอายุการเก็บรักษาสำหรับการส่งออกนั้น ผู้ประกอบการให้การยอมรับลำไยทั้งสีผิวเปลือกและเนื้อ, ไม่ยอมรับสีผิวเปลือกแต่ยอมรับคุณภาพเนื้อ และไม่ยอมรับคุณภาพทั้งสองด้าน จำนวน 5, 2 และ 2 ราย คิดเป็นร้อยละ 55.56, 22.22 และ 22.22 ผู้ประกอบการได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์โดยเห็นตรงกันว่าสิ่งที่ควรปรับปรุงเน้นสีผิวเปลือกถ้าส่งไปประเทศจีนต้องมีสีเหลืองนวลเพราะประเทศจีนจะทานลำไยสีผิวเป็นปัจจัยแรก ถัดมาจึงเป็นรสชาติ แต่สีผิวลำไยที่แช่กรด HCl มีสีเหลืองส้ม ผู้บริโภคจะยังไม่คุ้นเคยกับสีผิวเปลือก เพราะติดในสีผิวผลรวมแก๊สนี้มานานแล้ว เป็นเรื่องพฤติกรรมของผู้บริโภคที่ต้องใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนพอสมควร จึงควรสร้างกลุ่มผู้บริโภคที่นิยมบริโภคลำไยที่ใช้สารทดแทนโดยเน้นจุดแข็งผลไม่มีสารตกค้าง  $\text{SO}_2$  ผู้ประกอบการเห็นตรงกันว่าสีผิวเปลือกเหลืองส้มของผลที่แช่ HCl ลักษณะนี้เหมาะสมส่งออกไปประเทศอินโดนีเซียมากกว่า ส่วนในคุณภาพเนื้อกลิ่นของลำไยหายไปผู้ประกอบการยังยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับลำไยรม  $\text{SO}_2$  ยังคงมีกลิ่นลำไยอยู่ แต่ผลลำไยแช่กรด HCl เนื้อแน่น รสชาติหวานกว่าสามารถส่งเสริมให้จำหน่ายในไทยได้ ในช่วงนี้ลำไยสดส่งออกจะใช้วิธีการรมแก๊สไปก่อน แต่อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการสนใจในการทดสอบการส่งออกลำไยแช่กรดเกลือไปประเทศปลายที่เข้มงวดการใช้  $\text{SO}_2$  เช่น การส่งออกไปสิงคโปร์ เป็นต้น และสนใจร่วมมือทดสอบการส่งลำไยใช้สารทดแทนไปประเทศจีน และมีบางบริษัทยังกังวลเมื่อตรวจ  $\text{SO}_2$  ไม่ผ่าน และควรมีการทดลองสารทดแทนอย่างต่อเนื่อง

**ตารางที่ 2** ร้อยละการยอมรับเตรียมไว้ใช้เป็นสารทดแทนและการยอมรับส่งออก

ผลการยอมรับ	การยอมรับผู้ประกอบการ	ความถี่	ร้อยละ
1. เตรียมไว้ใช้เป็นสารทดแทน $\text{SO}_2$	-ยอมรับ	7	77.78
	-ไม่ยอมรับ	2	22.22
2. การยืดอายุส่งออก	-ยอมรับสีผิวและเนื้อ	5	55.56
	-ไม่ยอมรับสีผิวแต่ยอมรับคุณภาพเนื้อ	2	22.22
	-ไม่ยอมรับสีผิวและคุณภาพเนื้อ	2	22.22

## 2) การสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคภาคสนาม รวม 2 ครั้ง

**ครั้งที่ 1** ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่ไปร่วมงานปทุมมาแก้วไกลได้ร่วมพระบารมีเฉลิมพระเกียรติพระชนม์มายุ 84 พรรษา ผู้ทดสอบได้แก่ ประชาชนทั่วไป นักวิชาการในภาครัฐ นักเรียน นักศึกษา โดยให้ผู้ทดสอบชิมทันทีและประเมินผลคุณภาพโดยภาพรวมว่ายอมรับหรือไม่ยอมรับ มีผู้บริโภคมาทดสอบรวมทั้งหมด 433 คน ให้การยอมรับผลลำไยที่แช่กรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที (pH 0.03) ถึงร้อยละ 90.30% และไม่ยอมรับร้อยละ 9.70% ผู้ทดสอบที่ไม่ยอมรับให้คำแนะนำดังนี้ สีผิวสีส้มเหลืองไม่เคยเห็น เนื้อมีกลิ่นทำให้รสชาติเปลี่ยน ส่วนมากเป็นผู้ชิมไม่ชอบผลลำไยที่แช่หรือรมควินสารเคมีอยู่แล้ว เป็นต้น ผลการทดสอบจึงเป็นที่น่าพอใจสำหรับการนำมาใช้ในเชิงการค้าในอนาคต

ครั้งที่ 2 ทดสอบรวมทั้งหมด 200 คน ให้การยอมรับผลล้าโยที่แช่กรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที (pH 0.03) ถึงร้อยละ 70% และไม่ยอมรับร้อยละ 30%

**8.3 การทดสอบการส่งออกล้าโยที่แช่ HCl ไปประเทศปลายทาง** พบว่าภายหลังการขนส่งทางเรือนาน 7-10 วัน เมื่อเปิดตะกร้าประเมินผล ผู้ประกอบการนำเข้าสรุปผล ผลเป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง (ตารางที่ 3) สันนิษฐานว่าปัญหาเรื่องความสดใช้ล้าโยค้ำคั้นมาแช่ช่วงเช้าหรือขาดการเนบพลาสติกเจาะรูไว้รอบๆ ด้านข้างตะกร้าพลาสติกควรทำเหมือนตะกร้าลีนจี และการหุ้มด้วยถุงพลาสติกที่คลุมทั้งตะกร้าพบว่าบางผลพบสีเนื่อรอบขั้วผิดปกติ ผลมีสีขุ่นขึ้น ควรปรับแก้ไขวิธีการใหม่ และควรทดสอบส่งออกต่อเนื่องในล้าโยล็อตใหญ่ที่มีปริมาณตะกร้ามากกว่านี้ ผลการตอบรับการส่งออกไปปลายทางประเทศสิงคโปร์ที่ตัดขั้วผลเดี่ยวบรรจุใส่กล่องพลาสติกขนาด 1 kg ได้ผลการตอบรับที่มีความเป็นไปได้ผลการประเมินคุณภาพ ผ่านทั้ง 2 ครั้ง ส่วนการส่งออกไปประเทศจีนและอินโดนีเซียที่แช่ทั้งตะกร้าและส่งออกทันทีพบว่าผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจต้องปรับปรุงแก้ไขวิธีการเพิ่มเติม ผลเป็นที่น่าพอใจเพียง 1 ครั้งจากการส่งออก 4 ครั้ง

**ตารางที่ 3** จำนวนครั้งที่ทดสอบการส่งออกโดย 3 บริษัท คือ บริษัท ก.ข. และ ค. รวม 6 ครั้ง โดยขอความร่วมมือผู้ประกอบการจากต้นทางประสานงานกับพ่อค้าปลายทางที่แจ้งจำหน่ายเพื่อตรวจดูคุณภาพและส่งผลกลับประเทศไทยทางโทรศัพท์และemail

ครั้งที่	ชื่อโรงแรมวันที่ส่งออก/ประเทศปลายทาง	ห้องเย็นกพ. เพื่อยืนยันผล	การขนส่งไปประเทศปลายทาง	ผลการยอมรับของปลายทางและข้อเสนอแนะ
1.	บริษัท ก. (บริษัท OK อินเตอร์เฟรช เทรด ดิง (ประเทศไทย) ส่งไปประเทศจีน รวม 2 ตะกร้าขนาด 11.5 kg	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุม อุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านห้องงักเข้ากวางเจา ประเทศจีนใช้เวลา 7 วันและ เปิดตะกร้าเพื่อประเมินคุณภาพและบันทึกภาพส่งกลับประเทศไทย (ภาพที่ 2a-d)	No สีผิวเปลือกเหลืองแต่ผลขาดความสด บริเวณเนื่อรอบขั้วบางผลเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อเปรียบเทียบกับผลรมก้ามะถัน ควรปรับปรุงเรื่องความสด คัดเลือกเฉพาะผลล้าโยสดที่เก็บเกี่ยวภายในวันเดียว มาทดสอบไม่ควรใช้ล้าโยค้ำคั้น
2.	บริษัท ข. (บริษัท หยวนเซิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศจีน รวม 2 ตะกร้าขนาด 11.5 kg	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุม อุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านห้องงักเข้ากวางโจว ประเทศจีนใช้เวลา 7 วันพ่อค้าจำหน่ายพร้อมกับล้าโยรมก้ามะถัน (ไม่บอกรายละเอียด)	Yes จำหน่ายพร้อมล้าโยรมก้ามะถันทั้ง 2 ตะกร้า ราคา 40 หยวนต่อตะกร้า ข้อเสนอแนะควรทดสอบการยอมรับผู้บริโภคในลักษณะนี้เมื่อผู้บริโภคไม่ยอมรับจะนำล้าโยมาส่งคืนผู้จำหน่ายที่แจ้ง
3.	บริษัท ข. (บริษัท หยวนเซิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศจีน รวม 25 ตะกร้า	2 ตะกร้าได้แก่ หุ้มและไม่หุ้มพลาสติก เปิดตะกร้าเมื่อผ่านไป 10	ขนส่งทางเรือควบคุม อุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านห้องงักเข้ากวางโจวใช้เวลา 7 วันถึงตลาดเมืองกวางโจว ประเทศ	No ผลล้าโยเก็บในพลาสติกผลจะเน่าเสียมากกว่าตะกร้าที่ไม่หุ้มพลาสติก เนื่องจากความชื้นสูง ทำให้บางผลพบสีเนื่อมีสีแดงมากขึ้นบริเวณขั้วผล เมื่อเปรียบเทียบกับล้าโยที่ไม่หุ้มพลาสติก การปรับปรุงคือการส่งออกไม่ควรหุ้มพลาสติก และคัดเลือก

	ขนาด 11.5 kg - หุ้มพลาสติก 13 ตะกร้า  -ไม่หุ้มพลาสติก 12 ตะกร้า	วันที่ 3 °C: หุ้มฟิล์มเนื้อมีสีขุ่นกว่า	จีน เปิดตะกร้าเพื่อประเมินคุณภาพและบันทึกภาพส่งกลับประเทศไทย (ภาพที่ 2e-f)	เฉพาะผลลำไยสดที่เก็บเกี่ยวภายในวันเดียวมาทดสอบไม่ควรใช้ลำไยค้างคืนเอง
4.	<b>บริษัท ข.</b> (บริษัท หยวนเชิงเฟรช จำกัด) ส่งไปประเทศอินโดนีเซีย รวม 15 ตะกร้า (หุ้มพลาสติก)	N/A	ขนส่งทางเรือควบคุมอุณหภูมิ 2 °C ขนส่งผ่านเมืองจกาทาร์ถึงตลาดเมืองสุราบายา อินโดนีเซียใช้เวลา 10 วัน (ภาพที่ 3)	<b>No</b> ผลลำไยเก็บในพลาสติกบางผลพบสีเนื้อมีสีเข้มบริเวณรอบขั้วผล และเนื้อขุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับผลรมกำมะถัน การปรับปรุง คือ การส่งออกไม่ควรหุ้มพลาสติก
5.	<b>บริษัท ค.</b> (บริษัท รอยัลอินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด) ส่งไปประเทศสิงคโปร์ รวม 2 กล่องกระดาษ ๑ ละ 12 กล่องพลาสติก ๑ ละ 1 kg	2 กล่องพลาสติก เปิดดูเมื่อผ่านไป 10 วันที่ 3°C: คุณภาพผลยอมรับได้	ขนส่งทางเรือนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 2 °C และเก็บไว้ต่อที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วันที่บริษัทนำเข้าทดสอบเปิดกล่องและประเมินที่ประเทศสิงคโปร์ (ภาพที่ 4)	<b>Yes</b> บริษัทตัวแทนจำหน่ายในสิงคโปร์ยอมรับสีผิวเปลือกเหลืองเช่นเดียวกับผลรมกำมะถัน และยอมรับคุณภาพเนื้อในระดับปานกลางในแบบสอบถามและสามารถจำหน่ายในประเทศสิงคโปร์ได้ แต่ควรขยายผลทดสอบส่งออกซ้ำๆ อย่างต่อเนื่อง
6.	<b>บริษัท ค.</b> (บริษัท รอยัลอินเตอร์ กรุ๊ป 88 จำกัด) ส่งไปประเทศสิงคโปร์ รวม 2 กล่องกระดาษ ๑ ละ 12 กล่องพลาสติก ๑ ละ 1 kg	N/A	ขนส่งทางเรือนาน 7 วันที่อุณหภูมิ 2 °C บริษัทนำเข้าทดสอบเปิดกล่องและประเมินแบบสอบถามที่ประเทศสิงคโปร์ (ภาพที่ 5)	<b>Yes</b> บริษัทตัวแทนจำหน่ายในสิงคโปร์ยอมรับสีผิวเปลือกเหลืองเช่นเดียวกับผลรมกำมะถัน และยอมรับคุณภาพเนื้อในระดับดีขึ้นไปแบบสอบถามและสามารถจำหน่ายในประเทศสิงคโปร์ได้ แต่ควรขยายผลทดสอบส่งออกซ้ำๆ อย่างต่อเนื่อง

หมายเหตุ Yes = ผลเป็นที่พอใจ No = ผลยังไม่เป็นที่น่าพอใจ

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. **ผลต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค** พบว่าการแช่ผลลำไยในกรด HCl เข้มข้น 6.4% นาน 5 นาที เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสม ช่วยลดการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือกผลได้นานเท่ากับวิธีรม SO<sub>2</sub> แต่ประสิทธิภาพในการควบคุมโรคต่ำกว่าวิธีรมควัน ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่าการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการการใช้ HCl มีคะแนนการยอมรับในคุณภาพเนื้อผลนาน 21-28 วันที่ 2-10 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ขณะที่ SO<sub>2</sub> มีคะแนนการยอมรับนาน 28-35 วัน การใช้ HCl+sodium metabisulfite 5% นาน 5 นาทีมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับวิธีทางการค้า คือ การรม SO<sub>2</sub> ทั้งในสีผิว การควบคุมโรค และการยอมรับของผู้บริโภค การปรับปรุงผสมสารอื่นๆ ใน HCl พบว่าการแช่ผลใน HCl 5%+sodium chlorite 1% นาน 5 นาที สีผิวมีสีเหลืองซีดใกล้เคียงกับ SO<sub>2</sub> มีประสิทธิภาพควบคุมโรคและการยอมรับของผู้บริโภคดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ HCl 6.4% นาน 5 นาที

ผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและผู้ประกอบการรวม 300 คน พบว่าผู้บริโภคยอมรับ HCl สำหรับเตรียม ไม้ใช้ทดแทน 84.7 การปรับปรุงลดเวลาแช่เหลือ 5 นาทีที่ผู้บริโภคยอมรับจังหวัดแพร่และเชียงใหม่ ยอมรับ HCl เท่ากับ 90.33 และ 70% ตามลำดับ

**2. การทดสอบการส่งออกลำไยที่ใช้ HCl ที่ประเทศปลายทาง** เป็นทดสอบการส่งออกสเกลเล็กคุณภาพผล เป็นที่น่าพอใจ 3 ครั้ง จากทั้งหมด 6 ครั้ง และผลการส่งออกไปสิงคโปร์เป็นที่น่าสนใจ ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุง ได้แก่

- เรื่องความสดใช้ลำไยค้างคืนมาแช่กรดเกลือช่วงเช้าทำให้ความสดลดลงสังเกตจากเปลือกแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการรมด้วย  $SO_2$  ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำตลอด
- ลำไยสดคงสภาพได้นาน 30-45 วันที่ 3-5 °C
- ไม่ควรบอกรายละเอียดสารทดแทนแก่ปลายทางมากเกินไป
- ควรร่วมเดินทางไปเพื่อศึกษาเส้นทางการขนส่งและอุณหภูมิดูแลผลและผลตอบรับที่ปลายทาง

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 12.1 พัฒนารูปแบบการใช้ HCl ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ผสมกับสารชนิดอื่นๆ เพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพ หรือการศึกษาใช้ในรูปของแก๊ส HCl แต่ต้นทุนสูงอาจทำให้เกิดแก๊ส HCl ด้วยวิธีการอื่นๆ ที่ ต้นทุนต่ำกว่า เป็นต้น
- 12.2 ทดสอบการส่งออกไปประเทศที่เข้มงวดการใช้  $SO_2$  เพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกลำไยให้มากขึ้น
- 12.3 นำกรด HCl ทำวิจัยร่วมกับหน่วยงานอื่นๆ ทั้งภายในและต่างประเทศ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และ ประสบการณ์ให้มากขึ้น
- 12.4 การนำ HCl ไปสู่ผู้ประกอบการ ควรมีการเขียนวิธีการผสมสารให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ และ วิธีการบำบัดทิ้งก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม
- 12.5 ควรวิจัยการใช้ HCl กับเครื่องแช่ต้นแบบ เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตต่อวัน และศึกษาต้นทุนต่างๆ

## 11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณสำหรับงบประมาณสำหรับทำวิจัยตลอด 2 ปี สภาวิจัยแห่งชาติ ตลอดจนเจ้าหน้าที่กฟป.สวพ. 1 ทุกคนที่ช่วยกันทำงานให้ผลการทดลองที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ได้ และคณะผู้บริหารสวพ.1 และกรมวิชาการ เกษตรทุกคน

## 12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2009. ลินจี. Available [online] <http://www.it.doa.go.th/vichakan/news.php?newsid=38> [2 Nov, 2008].

- พิสิษฐ์ ธรรมวิถี. 2544. การศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มไคโตแซนผสมโพลีแลคติกแอซิดและสารประกอบฟีนอลในการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ทุเรียนกวน ปรินญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร ม.เกษตรศาสตร์ 94 หน้า.
- วิทยา อภัย, สุทธิณี ลิขิตตระกูลรุ่ง, มานพ หาญเทวี, สอนง จรินทร์, จันท์เพ็ญ แสนพรม, สอนง อมฤกษ์. 2553. การใช้สารเคลือบผิวและขม้นชั้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาลำไยสด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 กรมวิชาการเกษตร. 26 หน้า.
- ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11. 2554. รายการทดสอบที่ 60. เอกลักษณ์และปริมาณกรดไฮโดรคลอริก วิธีทดสอบ In-house method SOP 41 02 103 based on AOAC (1996, Appendix A). (เอกสารไม่ควบคุม). ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 11, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จ.สุราษฎร์ธานี.
- สดศรี เนียมเปรม. 2547. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและระบบประกันคุณภาพผลิตผลพืชสวนเพื่อการส่งออก โครงการย่อยที่ 1 การยืดอายุการเก็บรักษาและการรักษาสีผิวของลิ้นจี่. สถาบันวิจัยวิทยาและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 62 หน้า.
- Apai, W. 2010. Effects of fruit dipping in hydrochloric acid then rinsing in water on fruit decay and browning of longan fruit. *Crop Protection*. 29: 1184-1189.
- Apai, W., M. Huntavee and S. Likhitrugulung. 2011. Effects of acid dips on pericarp browning and fruit quality of longan fruit during cold storage. *Acta Hort*. 875: 213-221.
- A.O.A.C. 2012. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, inc. Washington D.C. 47: 7-11.
- Drinnan, J. 2004. Longans postharvest handling and storage. Available [online] [http://www.rirde.gov.au/reports/NPP/03-125\\_Sum.html](http://www.rirde.gov.au/reports/NPP/03-125_Sum.html) [2 Nov, 2008].
- FDA. 1979. Hydrochloric acid. [http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogs\\_Listing&id=152](http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogs_Listing&id=152).
- 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.
- 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.

- Lawless, H.T., and H. Heymann. 1998. *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Chapman and Hall. New York. 848 pp.
- 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<sub>2</sub> fumigation for color retention of litchi fruits. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 235-244.
- Lichter, A., O. Dvir, Ackerman, M., Feygenberg, O. and E. Pesis. 2004. Acidified peel of litchi fruits selects for postharvest *Penicillium* decay. *Phytoparasitica.* 32:226–236.
- Olesen, T. and N. Willshire. 2003. Improved of postharvest handling of lychee. RIRDC Pub. No. 03;111 pp. 63-65. Available [online] [http:// www.rirde. gov.au](http://www.rirde.gov.au)
- Suwanakood, P. 2007. Development o fungal fruit rot disease on fruit peel and stem-end of postharvested longan (*Dimocarpus longan* Lour.) CV. *Daw*. Ph.D. thesis in Biology, Chiang Mai University 83 pp.
- 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.
- Tongdee, S. C., Sarpetch, C., Roe, D. J., Suwanagul, A. and Neamprem, S. 1998. Effect of heat-acid treatment on quality of lychee fruit. *Yearbook of the South African Litchi Growers' Association* 9:44-6.
- Whangchai, K., K. Saengnil, and Uthaibutra, J. 2006. Effects of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruits. *Crop Protect.* 25: 821-825.

### 13. ภาคผนวก