

# ผลของสารล้างผิวต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยวของมะนาว

## Effects of Washing Agents on Shelf-life and Postharvest Qualities of Lime

ภฤชนชัย คลอดเพ็ง<sup>1/</sup> ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข<sup>1/</sup> และมณีฉัตร นิกorpันธุ์<sup>1/</sup>  
Krisanachai Klodpeng<sup>1/</sup>, Tanachai Pankasemsuk<sup>1/</sup> and Maneechat Nikornpun<sup>1/</sup>

**Abstract:** The various washing agents were used to study their effects on shelf-life and postharvest qualities of lime (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle). Completely Randomized Design (CRD) with 4 replications was used in this study. The experiment consisted of 8 treatments (kind of washing agents) as following: no washing (control), distilled water, Clorox 1.0%, Clorox 1.5%, Clorox 2.0%, ozone 40 mg/hr, ozone 70 mg/hr and ozone 100 mg/hr. The results showed that lime washed with ozone at any concentrations had longer shelf-life (>27 days) and significantly difference when compared with the other washing agents and control. Clorox with every concentrations gave the shortest shelf-life (14-17 days) of lime. Moreover, lime washed with ozone gave the better postharvest qualities.

**Keywords:** Lime, shelf-life, postharvest quality, Clorox, ozone

**บทคัดย่อ:** สารล้างผิวผลไม้หลายชนิดได้ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านอายุการเก็บรักษาและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะนาว (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (RCD) มี 4 ซ้ำ การทดลองประกอบด้วย 8 กรรมวิธีของการล้างผิว คือ ไม่มีการล้าง (ชุดควบคุม) การล้างด้วยน้ำกลั่น คลอโรกซ์ 1.0% คลอโรกซ์ 1.5% คลอโรกซ์ 2.0% สารละลายไอโชน 40 มิลลิกรัม/ชั่วโมง สารละลายไอโชน 70 มิลลิกรัม/ชั่วโมง และสารละลายไอโชน 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ผลการการศึกษาพบว่า การล้างผลมะนาวด้วยสารละลายไอโชนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่า และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับ การล้างด้วยสารล้างผิวชนิดอื่น ๆ รวมถึงชุดควบคุมด้วย โดยมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 27 วัน ในขณะที่การล้างผิวด้วยการคลอโรกซ์ทุกความเข้มข้นจะทำให้อายุการเก็บรักษาน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ โดยมีอายุการเก็บรักษาในช่วง 14-17 วัน นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อล้างผลมะนาวด้วยสารละลายไอโชนยังทำให้คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวหลายอย่างของมะนาวดีกว่าการล้างผลด้วยสารล้างผิวชนิดอื่น ๆ เช่นเดียวกัน

**คำสำคัญ:** มะนาว อายุการเก็บรักษา คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว คลอโรกซ์ ไอโชน

<sup>1/</sup>ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

<sup>1/</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

## คำนำ

มะนาว (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) เป็นไม้ผลชนิดหนึ่งที่คนไทยได้นิยมนำมาใช้ในการประกอบอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติ โดยมะนาวจะให้รสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม มะนาวมีอยู่มากมายหลายสายพันธุ์ เช่น มะนาวหนัง มะนาวไซ้ มะนาวแป้น มะนาวพม่า มะนาวตาวีติ และมะนาวหวาน เป็นต้น แต่ที่คนไทยนิยมปลูกและนำมาใช้ในการประกอบอาหารมากที่สุด ได้แก่มะนาวแป้น เนื่องจากให้ผลดกและออกผลได้ตลอดปี มีผลขนาดปานกลาง ทรงมนแป้น เปลือกบางใสมีสีเขียวอมเหลือง ไม่ค่อยมีเมล็ดมาก มีน้ำมากและมีกลิ่นหอม (ศุภกิจ, 2540)

การเก็บรักษาผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวมาแล้วนับว่ามีปัญหาอยู่พอสมควร เนื่องจากจะมีเชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายผล ทำให้ผลมีความเสียหายไม่สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานเชื้อเหล่านี้สามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่อยู่ในแปลงและภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ในขณะคัดเลือกหรือบรรจุหีบห่อหรือขณะทำการขนส่งเชื้อเหล่านี้จะเข้าทำลายผลผ่านทางเลนติเซล รอยแตก รอยขีด หรือบาดแผลที่เกิดขึ้นขณะเก็บเกี่ยว มะนาวเป็นผลไม้ที่มีสารคิวตินเคลือบผิวอยู่ จึงช่วยในการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้ แต่ถ้าชั้นคิวตินบางส่วนถูกทำลายไป ทำให้เกิดช่องทางการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้ง่ายขึ้น (จริงแท้, 2544) การฆ่าเชื้อสาเหตุของโรคที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวทำได้หลายวิธี เช่น การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อหรือใช้โอโซนมาล้างผลก่อนทำการเก็บหรือบรรจุและขนส่ง ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับกันในปัจจุบัน ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลของการใช้สารล้างต่าง ๆ ที่มีต่อคุณภาพและอายุในการเก็บรักษาของผลมะนาว

## อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลมะนาวแป้นที่ได้ผ่านการคัดเลือกเป็นผลที่ปราศจากบาดแผลและมีเชื้อโรคเข้าทำลายมาผ่านการล้างผลตามกรรมวิธีต่าง ๆ โดยการแช่และไม่มีกรดซัลฟิวไรน์ 1 ชั่วโมง ผึ่งให้แห้งในร่มแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่ม

สมบูรณ์ (CRD) มี 4 ซ้ำ (replications) การทดลองประกอบด้วย 8 กรรมวิธี (treatments) คือ 1). ไม่ล้างผล (ชุดควบคุม) 2). ล้างด้วยน้ำกลั่น 3). ล้างด้วยคลอโรกซ์เข้มข้น 1.0% 4). ล้างด้วยคลอโรกซ์เข้มข้น 1.5% 5). ล้างด้วยคลอโรกซ์เข้มข้น 2.0% 6). ล้างด้วยโอโซนอัตรา 40 มิลลิกรัม/ชั่วโมง 7). ล้างด้วยโอโซนอัตรา 70 มิลลิกรัม/ชั่วโมง และ 8). ล้างด้วยโอโซนอัตรา 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง แล้วทำการบันทึกผลทุก ๆ 3 วันเป็นเวลา 27 วัน โดยทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. อายุการเก็บรักษา (shelf-life) การหาค่าอายุการเก็บรักษาเมื่อผลมะนาวมีสีน้ำตาลและเกิดโรคมากกว่าครึ่งหนึ่งของผลทั้งหมด

2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (loss in weight percentage) โดยการชั่งน้ำหนัก

3. การเกิดสีน้ำตาลที่ผิว (brown spot) โดยการพิจารณาปริมาณสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นหลังการเก็บรักษา โดยให้คะแนนดังนี้คือ 0 = ไม่เกิดสีน้ำตาล 1 = มีสีน้ำตาล 0.01-5.00% 2 = มีสีน้ำตาล 5.01-25.00% 3 = มีสีน้ำตาล 25.01-50.00% 4 = มีสีน้ำตาล 50.01-80.00% และ 5 = มีสีน้ำตาล มากกว่า 80.00%

4. การเน่าเสียเนื่องจากเชื้อโรคเข้าทำลาย (rot) โดยพิจารณาปริมาณการเข้าทำลายของโรคที่ผิวของผล โดยการให้คะแนนเป็น 5 ระดับเช่นเดียวกับการเกิดสีน้ำตาลที่ผิว

5. ความแน่นเนื้อ (firmness) โดยวัด 3 จุดต่อผล โดยใช้เครื่อง Firmness tester และอ่านค่าเป็นนิโคกรัม

6. การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผล (colour change) โดยใช้เครื่อง Chroma meter วัดสีเปลือกของผลบริเวณกึ่งกลางผล โดยแสดงผลค่า Chroma ( $C^*$ ) และค่า Hue ( $h^{\circ}$ )

7. ปริมาณน้ำคั้น (juice quantity) โดยนำผลมะนาวมาคั้นน้ำทั้งหมดแล้ววัดด้วยกระบอกตวง

8. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS) นำน้ำมะนาวที่คั้นได้มาหยดลงบนปริซึมของเครื่อง Hand refractometer แล้วอ่านค่าออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์

9. ปริมาณวิตามินซี (vitamin C) นำน้ำมะนาวที่คั้นได้ 2 มิลลิลิตร เติมกรดเมตาฟอสฟอริก อะซิติก 5 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลาย 2,6-ไดคลอโรอินโดฟินอล แล้วคำนวณตามวิธีของ AOAC (2000)

10. ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (titratable acidity: TA) โดยไตเตรทด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N และใช้ฟีนอล์ฟทาลีน 1% (w/w) เป็นอินดิเคเตอร์ แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณกรดโดยใช้สมมูลย์ของกรดซิตริก

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. อายุการเก็บรักษา

ผลมะนาวจะหมดอายุการเก็บรักษาเมื่อเชื้อราปรากฏให้เห็นที่ผล และผิวของสีผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลมากกว่า 50% ของจำนวนผลที่ทำการเก็บรักษา จากการศึกษาพบว่า ผลมะนาวที่ล้างด้วยสารละลายไฮโซนทุกความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกัน แต่จะยืดการเก็บรักษาได้นานกว่าการล้างด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) ในขณะที่การล้างด้วยคลอโรอกซ์จะมีการอายุในการเก็บรักษาสั้นกว่าการล้างด้วยวิธีอื่น ๆ เนื่องจากไฮโซนเป็นสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าคลอรีน 52% จึงสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และสิ่งมีชีวิตที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้เป็นอย่างดี (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) Hunt and Marinas (1999) พบว่า ระยะเวลาและความเข้มข้นของไฮโซนก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ ส่วนการล้างผลมะนาวด้วยคลอโรอกซ์นั้น ถ้าหากมีการแช่ผลมะนาวไว้นานและความเข้มข้นของคลอโรอกซ์สูง จะเป็นการทำลายผิวของผลมะนาวทำให้เกิดความเสียหาย จึงเป็นสาเหตุให้เน่าเสียเร็วหรือมีอายุในการเก็บรักษาสั้นกว่าการล้างด้วยวิธีอื่น ๆ

### 2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักจะเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี เนื่องจากกระบวนการทางชีวเคมีของผลมะนาวยังคงเกิดขึ้นหลังจากเก็บเกี่ยว ทำให้ผลมะนาวสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำและสูญเสียน้ำในกระบวนการหายใจ ผลของการล้างผลมะนาวในระยะ 3 วันแรกจะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการล้างด้วยน้ำกลั่นและไม่ล้างผลจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงไปคือการล้างด้วยไฮโซน และการล้างด้วยคลอโรอกซ์จะมีการ

สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด แต่เมื่ออยู่ในช่วง 6-12 วันจะไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และจะเกิดความแตกต่างทางสถิติเกิดขึ้นอีกในช่วง 15-21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2 ในช่วงนี้การล้างผลด้วยไฮโซนจะมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด ในขณะที่การล้างด้วยคลอโรอกซ์จะมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการล้างด้วยคลอโรอกซ์จะทำให้ชั้นไขหรืออนุกรมชาติถูกทำลายลง จึงมีการสูญเสียน้ำได้ง่ายและมากขึ้น (สายชล, 2528) โดยไฮโซนจะมีผลในทางด้านนี้ น้อยและจะมีในระยะแรกเท่านั้น ส่วนในระยะหลังไฮโซนมีการสลายตัวไปในชั่วระยะเวลาไม่นาน (Graham, 1997)

### 3. การเกิดสีน้ำตาลที่ผิว

จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นผลมะนาวจะเกิดสีน้ำตาลที่ผิวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3) การล้างผลด้วยคลอโรอกซ์จะทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นเร็วกว่าการล้างด้วยวิธีอื่น ๆ โดยเริ่มเกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาได้เพียง 9 วัน และเกิดขึ้นมากกว่า 80% เมื่อเก็บไว้ถึง 21 วัน ในขณะที่การไม่ล้างผลและการล้างด้วยน้ำกลั่นจะเกิดขึ้นในวันที่ 18 และเกิดขึ้นมากกว่า 80% เมื่อเก็บไว้ 27 วัน ส่วนการล้างด้วยไฮโซนจะเริ่มเกิดขึ้นในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา แต่จะเกิดไม่เกิน 25% เมื่อเก็บไว้ถึง 27 วันแล้วก็ตาม เนื่องจากการล้างด้วยคลอโรอกซ์เป็นการทำลายชั้นไขของผิวผลมากกว่าการล้างด้วยวิธีอื่น ๆ จึงทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นได้ง่ายและเร็ว และจะเกิดมากเมื่อมีการเก็บรักษาไว้ 21 วันขึ้นไป อย่างไรก็ตามพบว่า การล้างด้วยไฮโซนจะเก็บรักษาไว้ได้นาน ถึงแม้จะมีอายุการเก็บรักษาถึง 27 วันแล้ว การเกิดสีน้ำตาลก็ยังไม่มากและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการล้างด้วยวิธีอื่น ๆ

### 4. การเน่าเสียเนื่องจากโรคเข้าทำลาย

การเข้าทำลายของเชื้อโรคจะพบและรุนแรงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเมื่อล้างผลมะนาวด้วยคลอโรอกซ์ที่ความเข้มข้น 1% ผลจะเริ่มเน่าเมื่อเก็บรักษาไว้เพียง 12 วัน ส่วนที่ความเข้มข้น 2.0 และ 1.5% จะเริ่มเน่าเสียเมื่อเก็บรักษาไว้ 15 และ 18 วัน ตามลำดับ ส่วนการล้างผลด้วยวิธีอื่นจะไม่พบการเน่าเสียของผลมะนาวถึงแม้จะเก็บรักษาไว้ถึง 27 วันแล้วก็ตาม

Table 1 Effect of washing agents on shelf-life (days) of lime at room temperature.

Treatment	Shelf-life (day) <sup>1/</sup>
Control	18.75bc
Distilled water	21.75b
Clorox, 1.0 %	17.25cd
Clorox, 1.5 %	16.50cd
Clorox, 2.0 %	14.25d
Ozone, 40 mg/hr	27.00a
Ozone, 70 mg/hr	27.00a
Ozone, 100 mg/hr	27.00a
LSD <sub>0.05</sub>	3.69
C.V. (%)	11.56

<sup>1/</sup> Means with different letters within column are significantly difference at  $P \leq 0.05$  by least significant difference.

Table 2 Effect of washing agents on loss in weight percentage of lime at room temperature.

Treatment	Shelf-life (day) <sup>1/</sup>									
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
Control	4.02a	9.81a	14.10a	17.01a	21.11c	27.22c	29.20d	37.11a	42.71a	
Distilled water	3.91a	9.69a	14.09a	16.01a	19.40b	26.91c	29.25e	39.24a	41.01a	
Clorox, 1.0 %	5.13d	10.03a	16.12a	18.12a	22.53d	28.27e	31.02f	40.20a	45.32a	
Clorox, 1.5 %	5.11d	10.51a	16.71a	18.31a	23.15e	28.21e	32.02g	40.24a	45.71a	
Clorox, 2.0 %	5.16d	10.01a	15.41a	19.88a	23.33e	27.64d	33.01h	40.45a	46.83a	
Ozone, 40 mg/hr	4.53b	9.21a	12.71a	15.72a	17.82a	22.76ab	28.15b	34.16a	39.61a	
Ozone, 70 mg/hr	4.65b	9.01a	12.71a	15.11a	17.71a	22.57a	28.05a	34.01a	38.41a	
Ozone, 100 mg/hr	4.86c	9.12a	12.91a	15.40a	17.91a	23.05b	28.73c	35.29a	38.41a	
LSD <sub>0.05</sub>	0.15	-	-	-	0.28	0.39	0.04	-	-	
C.V. (%)	2.24	7.91	10.08	10.64	0.94	1.03	0.10	2.66	1.44	

<sup>1/</sup> Means with different letters within column are significantly difference at  $P \leq 0.05$  by least significant difference.

ตาม ทั้งนี้เนื่องจากการล้างด้วยวิธีเหล่านี้ไม่เป็นการทำลายชั้นไขของผิวผลมะนาว และสามารถฆ่าเชื้อต่างๆที่อาจติดมาในขณะเก็บเกี่ยวได้ ส่วนการล้างด้วยคลอรีนคือการทำลายชั้นไขของผิวผลมะนาว ทำให้เชื้อโรคต่างๆ เข้าทำลายได้ง่ายขึ้น

## 5. ความแน่นเนื้อ

พบว่าความแน่นเนื้อของเปลือกผลมะนาวจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น จากการศึกษาพบว่าการล้างด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ทำให้ความแน่นเนื้อแตกต่างกันในระยะแรกของการเก็บรักษา จนกระทั่งถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษา การล้างด้วยไฮโซนที่ 40 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ยังคงทำให้ผลมะนาวรักษาความแน่นเนื้อได้มากที่สุดคือ 2.79 กิโลกรัม ในขณะที่การล้างด้วยวิธีอื่นให้ผลไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการล้างด้วยไฮโซนที่ 40 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผล (ตารางที่ 3) และการเน่าของผลต่ำที่สุด ส่วนในระยะหลังของการเก็บรักษาที่ 18 วันขึ้นไป มีการเน่าเสียของผลมะนาว โดยเฉพาะการล้างด้วยคลอรีน จึงไม่สามารถทำการทดสอบได้ การลดลงของความแน่นเนื้อเนื่องจากการสลายตัวของสารเพกตินซึ่งจะมีอยู่ในผลไม้ ขณะที่ผลไม้ยังไม่สุกสารเพกตินจะอยู่ในรูปของสารโปรเพกตินซึ่งไม่ละลายน้ำ แต่เมื่อผลสุกสารเพกตินจะอยู่ในรูปของกรดเพกติกซึ่งละลายน้ำได้ ประกอบกับสารโปรเพกตินมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เมื่อผลไม้สุกปริมาณแคลเซียมจะลดลง เป็นเหตุให้โครงสร้างของเซลล์มีการยึดเกาะกันหลวม ๆ จึงทำให้ความแน่นเนื้อลดลง (दनัย, 2540; Van Buren, 1991)

## 6. การเปลี่ยนแปลงสีผิวของผล

การวัดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผลมะนาวจะใช้ความบริสุทธิ์สีสะท้อนออกมา [chroma (C\*) : สีเทาจะมีค่าเป็นศูนย์] และค่าของสีที่สะท้อนจากวัตถุ [hue (h°) : มุม 90° เป็นกลุ่มสีเหลือง และมุม 180° เป็นกลุ่มสีเขียว] ซึ่งค่า chroma จะมีค่าเท่ากับ  $(a^2 + b^2)^{1/2}$  ส่วน hue จะมีค่าเท่ากับ  $\tan^{-1}(a/b^*)$  เมื่อ  $a^*$  และ  $b^*$  คือ Chromatic coordinates จากการศึกษาพบว่า เมื่อเก็บรักษาผลมะนาวไว้นานขึ้นถึงแม้จะมีการล้างผลด้วยวิธีต่างๆ กันก็

ตาม สีของผลจะมีค่า chroma (C\*) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า hue (h°) มีค่าลดลง และเป็นที่น่าสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงค่า chroma (C\*) เมื่อมีการล้างด้วยวิธีต่างๆ นั้นจะเกิดขึ้นทุก 6 วัน ในขณะที่ค่า hue (h°) จะมีความแตกต่างเกิดขึ้นในระยะหลังของการเก็บรักษา (ตารางที่ 4 และ 5) การที่ผลมะนาวมีการเปลี่ยนสีผิวเป็นสีเหลืองมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีเขียวและเกิดสารพวกคาโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น (จริงแท้, 2544) จากข้อมูลพบว่า เมื่อล้างผลมะนาวด้วยสารคลอรีนก็จะทำให้ผลมีสีเหลืองเร็วกว่าการล้างด้วยวิธีอื่นๆ

## 7. ปริมาณน้ำคั้น

การล้างผลมะนาวด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ทำให้ปริมาณน้ำคั้นแตกต่างกันแต่อย่างใด เมื่อเก็บรักษาไว้ถึงวันที่ 18 ก็เริ่มมีการเน่าเสียเกิดขึ้น โดยเฉพาะการล้างด้วยคลอรีน 2.0% จึงทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบได้ แต่จะพบว่าปริมาณน้ำคั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความแน่นเนื้อของผลลดลง ทำให้สามารถคั้นน้ำออกมาได้มากขึ้น ประกอบกับผนังเซลล์บางส่วนถูกย่อยสลายไป ทำให้น้ำตามผนังเซลล์ถูกคั้นออกมาได้มากขึ้น

## 8. ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะนาวจะไม่ค่อยมีความเปลี่ยนแปลงมากนัก ถึงแม้จะเก็บรักษานานขึ้นก็ตาม เมื่อทำการล้างผลด้วยวิธีการต่างๆ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะมีความแตกต่างเฉพาะในช่วงแรก (3-6 วัน) ของการเก็บรักษาเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากมะนาวเป็นไม้ผลกลุ่ม non-climacteric fruit ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเพียงเล็กน้อยและต้องใช้เวลานานมากจึงจะมีการเปลี่ยนแปลง (दनัย, 2534)

## 9. ปริมาณวิตามินซีและกรดที่โตเตรทได้

การล้างผลมะนาวด้วยวิธีการต่างๆ ดังกล่าว ไม่ทำให้ปริมาณของวิตามินซีและปริมาณกรดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และระยะเวลาในการเก็บ

Table 3 Effect of washing agents on brown spot of lime at room temperature.

Treatment	Shelf-life (day) <sup>1/</sup>								
	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Control	0	0	0	0	0	1.50	2.50	2.75	5.00c
Distilled water	0	0	0	0	0	0.25	0.25	1.50	5.00c
Clorox, 1.0 %	0	0	1.00	1.00	2.25	2.25	4.00	4.50	5.00c
Clorox, 1.5 %	0	0	1.00	1.00	2.25	2.50	5.00	5.00	5.00c
Clorox, 2.0 %	0	0	1.00	2.00	2.75	3.50	5.00	5.00	5.00c
Ozone, 40 mg/hr	0	0	0	0	0	0	0	0	1.75ab
Ozone, 70 mg/hr	0	0	0	0	0	0	0	0.25	1.25a
Ozone, 100 mg/hr	0	0	0	0	0	0	0	0.50	2.50b
LSD <sub>0.05</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.76
C.V. (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	13.65

<sup>1/</sup> Means with different letters within column are significantly difference at  $P \leq 0.05$  by least significant difference.

Table 4 Effect of washing agents on colour change (chroma, C\*) of lime at room temperature.

Treatment	Shelf-life (day) <sup>1/</sup>							
	3	6	9	12	15	18	21	24
Control	38.06d	34.81a	41.36c	45.27a	45.33bc	42.41a	41.75cd	43.95
Distilled water	32.98c	28.58a	36.47bc	44.94a	48.03c	41.48a	46.74d	41.43
Clorox, 1.0 %	27.88a	27.52a	29.36a	40.53a	37.76ab	39.03a	31.89a	-
Clorox, 1.5 %	32.81c	30.58a	34.29ab	42.61a	37.54ab	33.35a	34.46ab	-
Clorox, 2.0 %	28.60ab	29.08a	30.70ab	36.63a	38.43ab	35.03a	29.51a	-
Ozone, 40 mg/hr	29.78ab	29.27a	33.63ab	35.06a	41.19abc	42.50a	46.08d	46.98
Ozone, 70 mg/hr	31.90bc	32.50a	29.76a	39.09a	36.00a	40.58a	42.49cd	47.61
Ozone, 100 mg/hr	30.64abc	29.03a	34.51ab	39.93a	33.33a	41.70a	39.18bc	45.16
LSD <sub>0.05</sub>	0.51	-	5.42	-	7.85	-	5.71	-
C.V. (%)	7.37	12.18	11.01	15.41	13.56	11.03	10.63	-

<sup>1/</sup> Means with different letters within column are significantly difference at  $P \leq 0.05$  by least significant difference.

Table 5 Effect of washing agents on colour change (hue, h°) of lime at room temperature.

Treatment	Shelf-life (day) <sup>1/</sup>							
	3	6	9	12	15	18	21	24
Control	98.71a	100.74a	96.72d	72.05a	87.79bc	94.52ab	94.32b	89.77
Distilled water	101.14a	102.71a	99.58abcd	76.17a	85.05c	100.60a	95.14b	95.13
Clorox, 1.0 %	99.66a	102.02a	97.33cd	73.65a	88.02bc	97.42ab	93.52b	-
Clorox, 1.5 %	99.86a	101.40a	98.39bcd	74.62a	82.11c	92.55b	84.73c	-
Clorox, 2.0 %	98.49a	102.81a	99.67abcd	73.34a	82.51c	84.42c	84.06c	-
Ozone, 40 mg/hr	102.20a	103.26a	101.16ab	78.27a	96.50a	99.42ab	95.69ab	96.25
Ozone, 70 mg/hr	101.86a	101.62a	102.48a	77.90a	93.26ab	99.64ab	94.85ab	95.19
Ozone, 100 mg/hr	102.30a	104.30a	100.58abc	80.26a	97.41a	102.22a	100.21a	95.33
LSD <sub>0.05</sub>	-	-	2.96	-	0.56	4.96	3.41	-
C.V. (%)	2.66	1.44	2.04	6.07	5.05	6.97	4.63	-

<sup>1/</sup> Means with different letters within column are significantly difference at  $P \leq 0.05$  by least significant difference.

รักษาก็ไม่ทำให้ทั้งปริมาณวิตามินซีและปริมาณกรดเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เนื่องจากมะนาวเป็นไม้ผลกลุ่ม non-climacteric fruit ซึ่งมีอัตราการหายใจและเบตาบอกลีซีมภายในผลค่อนข้างคงที่จึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดและวิตามินซีในผลเกิดขึ้นน้อย (สายชล, 2528)

### สรุป

การล้างผลมะนาวด้วยสารละลายไฮโซนสามารถยืดอายุในการเก็บรักษาผลมะนาวได้นานกว่า 27 วัน ซึ่งนานกว่าการล้างผลด้วยคลอโรกซ์ น้ำกลั่นและไม่มี การล้างผล ที่มีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 17, 22 และ 19 วันตามลำดับ และการล้างด้วยสารละลายไฮโซนยังรักษาคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะนาวได้ดีกว่าการล้างผลด้วยวิธี อื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพในด้านกรสสุญเสีย

น้ำหนัก สีผิวของผล หรือการเน่าเสียของผลมะนาวในระหว่างการเก็บรักษา

### เอกสารอ้างอิง

- จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 396 หน้า.
- ชมภูศักดิ์ พูลเกษ และ เทพนม เมืองแมน. 2540. การใช้ไฮโซนทางการแพทย์และสิ่งแวดล้อม: หลักการทฤษฎี และการประยุกต์ใช้. ไบรท์กรีน เทรดดิ้ง, กรุงเทพฯ. 136 หน้า.
- दनัย นุณยเกียรติ. 2534. ศรีวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน

- คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,  
เชียงใหม่. 220 หน้า.
- दनัย บุญเกียรติ. 2540. สรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว  
ของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะ  
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,  
เชียงใหม่. 226 หน้า.
- ศุภกิจ แก้วถนอม. 2540. การปลูกมะนาว. อักษร  
สยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 72 หน้า.
- สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการ  
เก็บเกี่ยวผักและผลไม้. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริม  
และฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, นครปฐม.  
364 หน้า.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis.  
Association of Official Analytical Chemists,  
Inc., Arlington, Virginia. 1298 pp.
- Graham, D.M. 1997. Use of ozone for food  
processing. Food Technology 51: 72-75.
- Hunt, N.K. and B.J. Marinas, 1999. Inactivation of  
*Escherichia coli* with ozone: chemicals and  
inactivation kinetics. Water Research 33:  
2633–2641.
- Van Buren, J.P. 1991. Function of pectin in plant  
tissue structure and firmness. pp. 1–22. In:  
R.H. Walter (ed.). The Chemistry and  
Technology of Pectin. Academic Press,  
Inc., New York.
-