**Agricultural Sci. J. 33 : 6 (Suppl.) : 143-146 (2002)** **ว. วิทย. กษ. 33 : 6 (พิเศษ) : 143-146 (2545)**

# การศึกษาความเป็นไปได้ในการลด/กำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ตกค้างในลำไยด้วยวิธีการใช้ระบบโอโซน

# Feasibility Study on the Sulfite Reduction / Elimination from Longan by Ozonation

**จิรวัฒน์ กันต์เกรียงวงศ์[1] ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์[1] พิเชษฐ์ ลิ้มสุวรรณ[1]**
**วรพจน์ สุนทรสุข[1] นิตยา เกตุแก้ว[1] และ แสงเงิน ไกรสิงห์[2]**

**Abstract**

Treatments of longan fruit with sulfur dioxide, for bleaching and prolonged shelf-life, have been widely practice among farmers in Thailand. However, the residues of the sulfiting agent in both longan peel and flesh have been unfavorable to consumers and may be prohibited for exportation to many countries. This research was aimed for reducing or eliminating the sulfite residues in longan fruits by ozonation. It was found that the sulfite residues in dried flesh longan and peel were reduced by 39.22% and 44.89%, respectively with ozonation at 350 ppm for 4 h. For fresh longan, the reduction by ozonation was as high as 77.87%, while vacuum system (20 inHg for 3 h) reduced the sulfite by only 36.84%. Ozonation was appeared to be promising for the reduction of sulfite residues in longan flesh and peel.

**บทคัดย่อ**

การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเป็นวิธีการปฏิบัติที่นิยมทำกันอยู่ในปัจจุบันเพื่อฟอกสีและยืดอายุการเก็บรักษาลำไย ในขณะที่มีแนวโน้มว่าประเทศผู้นำเข้าลำไยจะห้ามไม่ให้ใช้สารซัลไฟท์ (sulfiting agents) หรือให้ใช้ในปริมาณน้อยในขณะที่ประเทศไทย ยังไม่สามารถหาวิธีการอื่นมาทดแทนการใช้สารซัลไฟท์นี้ได้ การวิจัยนี้จึงเน้นการประยุกต์ใช้โอโซนในการลด/กำจัด สารซัลไฟท์ในลำไย โดยนำลำไยที่ผ่านการรมซัลไฟท์แล้ว มาผ่านการฟอกด้วยระบบโอโซน 350 ppm เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับระบบความดันสุญญากาศที่ 20 นิ้วปรอท เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำลำไยไปวิเคราะห์หาปริมาณซัลไฟท์ที่ตกค้าง พบว่าการใช้โอโซนสามารถลดปริมาณซัลไฟท์ในลำไยอบแห้งในส่วนเปลือกและเนื้อลำไยได้เท่ากับ 39.22% และ 44.89% ตามลำดับ ส่วนในลำไยสด โอโซนสามารถลดปริมาณซัลไฟท์ได้ถึง 77.87% ขณะที่การใช้ความดันสุญญากาศลดได้เล็กน้อยเพียง 36.84% การใช้โอโซนจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะลดปริมาณซัลไฟท์ทั้งที่เปลือกและเนื้อลำไยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## คำนำ

ลำไยเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท โดยมีมูลค่าการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของสินค้าประเภทผักและผลไม้ทั้งหมดของประเทศ โดยมีปริมาณ 81,872 ตัน มูลค่าประมาณ 2,134 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2541) แต่เนื่องจากลำไยเป็นพืชที่ต้องเก็บเมื่อสุกเต็มที่แล้ว (non-climacteric) ทำให้เน่าเสียได้ง่าย อายุการเก็บสั้นเพราะมีน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ หากขั้วหลุดก็จะทำให้จุลินทรีย์เข้าไปทำให้เน่าเสียได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ปัจจุบันได้มีการใช้สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย และยังเป็นการช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (browning) ของเปลือกลำไยอีกด้วย ซิงซิง (2535) รายงานว่าการรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก ใช้อัตราส่วนปริมาตรที่ว่างของห้องรมควันต่อลำไยเท่ากับ 5:1 อัตราการรมควัน 200-300 มล/กก ทำให้ควันถูกดูดโดยลำไยประมาณร้อยละ 30-65 จากน้ำหนักทั้งผลนั้น มีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างประมาณ 200-300 ppm จึงจะมีผลต่อการจำกัดการเจริญของเชื้อราบนเปลือก แต่อาจมีความเสียหายของเปลือกเนื่องจากการรมควันนี้ ทั้งนี้ขึ้นกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ใช้ อย่างไรก็ตามการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีข้อจำกัดคือมีการตกค้างในเปลือกและเนื้อลำไยทำให้มีปัญหาการค้าระหว่างประเทศตามมา เนื่องจากการค้าระหว่างประเทศเริ่มไม่ยอมรับสารซัลไฟท์ เนื่องจากเกิดอาการแพ้ของผู้บริโภคหากมีปริมาณตกค้างจำนวนมาก แม้ว่าจะรายงานว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสองวันแรก แต่ยังพบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเนื้อและผิวของลำไยอยู่

โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียรที่อุณหภูมิและความดันในชั้นบรรยากาศ มีกลุ่นฉุนเฉพาะตัว เป็นก๊าซมีสีฟ้า จุดหลอมเหลวที่ –192.5 °ซ. จุดเดือดที่ 111.9 °ซ. โดยอยู่ในรูปของของเหลวสีน้ำเงินเข้ม ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิด เช่น N-pentane, carbon tetrachloride และ dioxane ละลายน้ำได้เล็กน้อย 0.57 ppm ที่ 20 °ซ. มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรงมาก

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140
[2] ศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร

สามารถเกิดการระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อนสูง การใช้งานจึงต้องเจือจางด้วยอากาศหรือออกซิเจน แต่โอโซนจะสลายตัวได้อย่างรวดเร็วโดยเปลี่ยนเป็นก๊าซออกซิเจน เมื่อสัมผัสกับตัวรีดิวส์ หรือใช้โลหะทรานสิชั่นเป็นตัวเร่ง

โอโซนเป็นสารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ในชั้นโทรโพสเฟียร์มีการสร้างโอโซน โดยผลจากปฏิกิริยา photochemical ระหว่างไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน ซึ่งปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม ท่อไอเสียรถยนต์ การระเบิดของภูเขาไฟ และป่าไม้ และส่วนที่อยู่ในชั้นสตราโตเฟียร์ (stratophere) สูงจากพื้นโลก 20 กิโลเมตร โดยเกิดจากปฏิกิริยาของแสงอัลตราไวโอเลต กับ ออกซิเจน ซึ่งชั้นโอโซนทำหน้าที่กรองแสง UV ในช่วงคลื่น 290-320 nm จากแสงอาทิตย์ให้ผ่านมายังผิวโลกน้อยลง ในธรรมชาติบนพื้นโลกก็พบโอโซน เช่นบริเวณชายทะเลและบนยอดภูเขาซึ่งมีปริมาณเพียง 0.01-0.05 ppm โดยเกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างก๊าซออกซิเจนในอากาศกับแสง UV หรือสายฟ้าแลบ เนื่องจากโอโซนมีเสถียรภาพต่ำ จึงสลายเป็นออกซิเจนได้ง่าย แต่ปริมาณเพียงเล็กน้อยนี้สามารถทำให้มลพิษที่มีอยู่ในอากาศบริเวณโดยรอบถูกทำลาย อากาศบริเวณชายทะเลและบนภูเขาจึงมีความบริสุทธิและสดชื่นมากกว่าอากาศในเมืองใหญ่ซึ่งมีมลพิษสูง

ในทางปฏิบัติสามารถผลิตโอโซนได้จากออกซิเจนในระดับความเข้มข้นที่สูงคือร้อยละ 0.25-6.0 โดยน้ำหนักออกซิเจนในบรรยากาศ แต่การผลิตโอโซนในอุตสาหกรรมมีสองวิธีคือ

- Ultra Violet method: เป็นการฉายรังสีอัลตราไวโอเลตหรือ UV ความยาวคลื่น 185 nm ไปยังออกซิเจน โมเลกุลออกซิเจนจะรับพลังงานจากแสง UV และเปลี่ยนเป็นโอโซนดังสมการ

$$3O_2 + h \longrightarrow 2O_3 \qquad (H^0_f = 144.8 \text{ kJ/mol})$$

- Corona electric discharge method: เป็นวิธีที่ใช้ผลิตโอโซนที่ความเข้มข้นสูงถึงร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก โดยอาศัยการฉายลำแสงอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูง (6-7 eV) ลงบนออกซิเจน ทำให้โมเลกุลออกซิเจนแตกออกเป็น 2 อะตอมออกซิเจน จากนั้นแต่ละอะตอมออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนอีกทีหนึ่ง ทำให้เกิดโมเลกุลของโอโซน ดังสมการ

$$O_2 + e \text{ (high energy)} \longrightarrow 2O + e \text{ (low energy)}$$

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

โอโซนมีความสามารถในการใช้ทดแทนสารเคมีหลายๆ ชนิด ในการกำจัดโลหะหนัก โดยออกซิไดส์โลหะหนักให้อยู่ในรูปตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดสาร organic surfactant ที่พบมากในน้ำเสียจากบ้านเรือนทั้งพวก anionic, cationic และ non-ionic เช่น sodium alkyl-benzene sulfonate, alkyl benzene dimethyl ammonium chloride, poly ethylene glycol alkyl-ether เป็นต้น นอกจากนี้โอโซนยังสามารถ กำจัดสาร polynuclear aromatic hydrocarbons, chlorinated hydrocarbons, cyanide, sulfate, ยาฆ่าแมลง, รวมถึงกลิ่นและสี นอกจากนี้โอโซนยังสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์รวมถึงเชื้อโรคต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย เชื้อรา ทั้งในน้ำและอากาศ จึงนิยมใช้กับน้ำดื่มมาก

อย่างไรก็ตาม โอโซนก็มีความเป็นพิษสามารถก่อให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสัตว์ได้ ประเทศสหรัฐอเมริกาโดย Occupational Safety and health Administration (OSHA) กำหนดให้ปริมาณก๊าซโอโซนในอากาศต้องไม่เกิน 0.1 ppm หากได้รับโอโซนในระดับ 0.1-1.0 ppm เป็นเวลา 8 นาที จะทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ คอแห้ง และแสบตา ถ้าสัมผัสโอโซนมากกว่า 1 ppm ขึ้นไปจะทำให้เกิดอาการคล้ายโรคหืด เจ็บคอ ไอ และหัวใจเต้นแรง อาการจะรุนแรงมากขึ้นเมื่อปริมาณของโอโซนมากกว่า 100 ppm ทำให้เกิดโรคน้ำท่วมปอด โรคผิวหนัง โรคทางเดินหายใจ และอาจถึงแก่ความตายได้ (www.apc-ozone.com)

ในการวิจัยนี้ จึงได้มีแนวคิดที่จะใช้โอโซนในการลดและกำจัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากเปลือกและเนื้อของลำไยภายหลังจากที่ผ่านการรมไอกำมะถันมาแล้ว เนื่องจากยังไม่มีสารเคมีใดๆ ที่จะมาทดแทนการรมกำมะถันอย่างมีประสิทธิภาพทัดเทียมกัน และต่างประเทศก็เริ่มมีมาตรการห้ามการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยรวมถึงพืชและอาหารอื่นๆ อีกด้วย การใช้โอโซนจึงเป็นการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้านี้ได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### ศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยแห้ง

นำตัวอย่างผลลำไยแห้งพันธุ์อีดอที่รมควันแล้วมีจำนวนผลประมาณ 70-80 ผลต่อกิโลกรัม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.85-4.05 ซม. จากโรงงานรมควันลำไยที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูนประมาณ 50-60 ผล เข้าในถังทดลองที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดโอโซน ปรับการระบายก๊าซออกในอัตรา 1.25 ลิตร / ชั่วโมง ทำการทดลองที่เวลา 1 3 และ 4 ชั่วโมง นำตัวอย่างที่ได้ทำการแกะเปลือกและเนื้อ วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้วิธี Optimized Monier-Williams (AOAC, 1995 และแสงเงิน, 2544) ทั้งก่อนและหลังการทดลอง

### ศึกษาผลของการใช้โอโซนและการลดความดันต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด

นำตัวอย่างผลลำไยสดที่ผ่านการรมควันแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 1 กก. โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 treatment ได้แก่

Treatment 1 ลำไยที่วางไว้ ณ อุณหภูมิห้องทดลอง โดยให้สัมผัสอากาศ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

Treatment 2 นำผลลำไยใส่ลงในถังทดลองที่เชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดโอโซนขนาดกำลัง 250 มก./ ชั่วโมง โดยให้มีการระบายก๊าซออกในอัตรา 1.25 ลิตร / ชั่วโมงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

Treatment 3 นำลำไยใส่ในถังที่ต่อเชื่อมกับปั๊มสุญญากาศและทำให้เกิดสุญญากาศภายในถังขนาด 790 ลบ.ซม$^3$ ที่ความดัน 20 นิ้วปรอท เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

นำตัวอย่างลำไยทั้ง 3 treatment แกะเปลือก และเนื้อ วิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และวัดสีในค่า L* a* และ b* ด้วยเครื่อง Colorimeter (Hunter Lab รุ่น Ultra Scan XE)

## ผลการทดลอง

### ผลของการใช้โอโซนต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยแห้ง

**ตารางที่ 1** ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยแห้งที่ผ่านการ treated ด้วยโอโซนในเวลาต่างๆ

| $O_3$ treatment | เปลือก (ppm) | | | เนื้อ (ppm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ก่อน | หลัง | % การลด | ก่อน | หลัง | % การลด |
| 1 ชั่วโมง | 2342.60 | 1836.60 | 21.60 | 121.80 | 103.60 | 14.94 |
| SD. | (474.61) | (377.60) | | (41.72) | (16.55) | |
| 3 ชั่วโมง | 2067.20 | 1329.21 | 35.70 | 78.33 | 45.04 | 42.50 |
| SD. | (97.02) | (296.83) | | (25.55) | (25.12) | |
| 4 ชั่วโมง | 1826.80 | 1110.10 | 39.22 | 42.24 | 23.28 | 44.89 |
| SD | (394.0) | (349.59) | | (15.50) | (9.93) | |

จากตารางที่ 1 พบว่าลำไยที่ผ่านการใช้โอโซนมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง โดยโอโซนสามารถลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ส่วนเปลือกของลำไยลงได้ถึง 35.70% และส่วนเนื้อลำไยสามารถลดลงถึง 42.50% เมื่อใช้เวลา 3 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มเวลานานขึ้นเป็น 4 ชั่วโมง พบว่าอัตราการลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ค่อนข้างคงที่ไม่แตกต่างจากการใช้โอโซน 3 ชั่วโมงมากนัก ซึ่งเปอร์เซ็นต์การลดลงในชั่วโมงแรกเปลือกจะลดลงได้มากกว่า แต่เมื่อให้ contact time กับโอโซนเป็น 3 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าการลดลงของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเนื้อจะมีลดได้มากกว่า อย่างไรก็ตาม ถ้าหากลำไยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างเริ่มต้นในปริมาณที่สูงมากอาจต้องเพิ่มเวลาการใช้โอโซนให้นานขึ้น โดยถ้าจะกำจัดให้หมดไปภายใน 4 ชั่วโมง เนื้อลำไยแห้งจะต้องมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เกิน 45 ppm. ซึ่งตาม ADI ( Admissible Daily Intake ) ของ FAO / WHO (1990) ได้กำหนดปริมาณ sulfite intake เท่ากับ 0.7 มก. / น้ำหนักตัว (กก.) / วัน หรือเท่ากับ 45.5 มก. / วัน ของผู้ที่มีน้ำหนักตัว 65 กก.

### ผลของการใช้โอโซนและการลดความดันต่อการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสด

การใช้โอโซนสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างที่ผลลำไยสดได้ดีกว่าการใช้ Vacuum และการสลายตัวในอุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 2) โดยสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เปลือกลงได้ 57.63% และส่วนเนื้อลำไยสามารถลดลงได้ถึง 77.87% อย่างไรก็ตามปริมาณที่เหลือจากการใช้โอโซน และ Vacuum ก็ยังเกินกว่ามาตรฐานกำหนด และพบว่าการใช้ Vacuum ทำให้ผลลำไยเกิดการแตกอีกด้วย เมื่อพิจารณาถึงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ตกค้างในผลลำไยสดที่ผ่านการรมด้วย $SO_2$ ในโรงรมควันในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน (สำนักงานกองทุนวิจัยสนับสนุนการวิจัย, 2543) ที่อยู่ในช่วง 1100-5800 ppm. ในเปลือก และ 1.3–230 ppm. ในเนื้อ พบว่าส่วนใหญ่เกินมาตรฐานทั้งของมาตรฐานลำไยของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จะต้องพบในเนื้อไม่เกิน 10 ppm. ส่วนในประเทศ สิงคโปร์ มาเลเซีย สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส และแคนาดา ได้กำหนดจะต้องไม่พบในเนื้อลำไย และประเทศเนเธอร์แลนด์ และฮ่องกงจะพบได้ไม่เกิน 100 และ 350 ppm. ตามลำดับ (กรมการค้าต่างประเทศ, 2535) ดังนั้นการใช้โอโซนในการลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างให้ได้ตามมาตรฐานจะขึ้นกับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างเริ่มต้นและเวลาการใช้โอโซน ซึ่งตัวอย่างที่ทดลองดังกล่าวถ้าจะทำให้ผลลำไยมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจะต้องใช้เวลาเกิน 3 ชั่วโมง และต้องศึกษาทำสารที่เกิดขึ้นในผลลำไยขณะทำการใช้โอโซนต่อไป

**ตารางที่ 2** ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในผลลำไยสดที่อุณหภูมิห้อง การใช้โอโซน และลดความดันในเวลา 3 ชั่วโมง

| Treatment | เปลือก (ppm) | | | เนื้อ(ppm) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| (3 hr.) | ก่อน | หลัง | % การลด | ก่อน | หลัง | %การลด |
| Room temp | 1125.85 | 1004.61 | 10.77 | 82.82 | 78.28 | 5.48 |
| (SD.) | (179.96) | (52.34) | | (21.61) | (38.21) | |
| Ozone | 1125.85 | 648.85 | 57.63 | 82.82 | 18.33 | 77.87 |
| (SD.) | (179.96) | (79.83) | | (21.61) | (7.45) | |
| Vacuum at 20 inHg. | 1125.85 | 960.41 | 14.70 | 82.82 | 52.31 | 36.84 |
| (SD.) | (179.96) | (211.84) | | (21.61) | (17.38) | |

**ตารางที่ 3** ค่า L* a* b* ของเปลือกและเนื้อลำไยสดรม $SO_2$ หลังจากผ่านการใช้โอโซนและลดความดันเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิห้อง

| Treatment | เปลือก | | | | | | เนื้อ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (3 hr.) | ก่อน | | | หลัง | | | ก่อน | | | หลัง | | |
| | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ | $L^*$ | $a^*$ | $b^*$ |
| Room temp | 53.64 | 11.95 | 38.52 | 57.71 | 11.83 | 36.18 | 58.63 | -1.28 | 13.30 | 60.51 | -1.14 | 14.24 |
| SD | (4.15) | (1.28) | (1.98) | (2.82) | (1.03) | (2.27) | (5.96) | (0.86) | (1.08) | (3.31) | 0.16 | 0.96 |
| Ozone | 53.64 | 11.95 | 38.52 | 60.71 | 11.41 | 37.38 | 58.63 | -1.28 | 13.30 | 52.32 | -0.18 | 14.37 |
| SD | (4.15) | (1.28) | (1.98) | (1.95) | (0.62) | (2.39) | (5.96) | (0.86) | (1.08) | (3.14) | (0.14) | (0.86) |
| Vacuum at 20 inHg | 53.64 | 11.95 | 38.52 | 60.24 | 10.63 | 37.17 | 58.63 | -1.28 | 13.30 | 66.13 | -1.19 | 12.51 |
| SD | (4.15) | (1.28) | (1.98) | (4.53) | (1.75) | (1.66) | (5.96) | (0.86) | (1.08) | 2.15 | 0.13 | 0.53 |

จากค่า L* a* b* ที่ได้จากการทดลองพบว่า การใช้โอโซนและ Vacuum ทำให้เปลือกและเนื้อของลำไยมีค่า L* เพิ่มขึ้น คือมีความสว่างมากขึ้น (ตารางที่ 3) และการใช้ โอโซนยังทำให้ส่วนเนื้อของลำไยมีค่า a* มากขึ้น คือมีสีเขียวน้อยลง ซึ่งอาจเป็นเพราะโอโซนเป็น oxidizer สามารถฟอกสีได้ (www.apc-ozone.com) ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิห้องนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี

## เอกสารอ้างอิง


กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 2542. มาตรฐานของลำไยประเทศไทย. ศูนย์ผลักดันสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก. กรมวิชาการเกษตร. 14 หน้า.

ชิง ชิง ทองดี. 2535. เอกสารการประชุม การรมด้วยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อการส่งออก. เรื่องการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว และการรมควันแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยสดเพื่อการส่งออก 18 มีนาคม 2535 ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์. กรุงเทพมหานคร. 14 หน้า

แสงเงิน ไกรสิงห์. 2544. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร การตรวจวิเคราะห์และออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตร. เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอาหารโดยวิธี Optimized Monier-Williams. วันที่ 9-20 กรกฎาคม ณ ห้องปฏิบัติการศูนย์ตรวจสอบและออกใบรับรองคุณภาพสินค้าเกษตรเพื่อการส่งออก (ศตอ.). กองเกษตรเคมี. กรมวิชาการเกษตร.

มารศรี อุดมโชค และ สุปราณี อิ่มพิทักษ์. 2537. การสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไยเพื่อการส่งออก. การประชุมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 20. 19-21 ตุลาคม 2537 โรงแรมเซ็นทรัลพลาซ่า. กรุงเทพฯ.

สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2543. รายงานการจัดประชุมระดมสมองชุมโครงการผลิตผลพืชสวน. เครือข่ายการจัดการผลิตผลเกษตร. วันที่ 19 พฤษภาคม 2543โรงแรมมิราเดิลแกรนด์. กรุงเทพฯ.

AOAC. 1984. official Methods of Analysis. pp. 391-333.

Tongdi, S., S. Anuwat and I. Sotsi. 1988. Fumigation with Sulfur dioxide to control rot in longan. Thailand Institute of Scientific and Technological Research. Bangkok. 9(3): 27-33.

Thongdi, S. and S. Anuwat. 1986. Controlling of longan fruit rot by sulfur dioxide. Thailand Inst. of Scientific and Technological Research. Bangkok. Agriculture Magazine.(Thailand) Than Kasettrakam. 4(41): 6-9.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis Volume II Chapter 47 Association of official Analysis Chemist. Washington DC. pp. 29-31.