Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 303-306 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 303-306 (2554)

ผลของโอโซนต่อการควบคุมเอทิลีนเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง

Effects of Ozone on Ethylene Controlling to Extend Storage Life of Mango Fruit cv. Nam Dok Mai Si Thong

พรพรรณ จำปา[1,3], **กานดา หวังชัย**[1,2] **และจำนงค์ อุทัยบุตร**[1,2]
Pornphan Champa[1,3], Kanda Whangchai[1,2] and Jamnong Uthaibutra[1,2]

Abstract

The effects of ozone on ethylene controlling of mango fruits during storage were studied. The standard ethylene concentration at 99.5ppm was treated with ozone gas for 1, 3, 5 and 10 min. It was found that the application of ozone for 10 min was the most effective to reduce ethylene when compared with all the treatments. All the ozone treatments did not affect carbon dioxide and oxygen. In the second part, mango fruit were exposed to ozone gas every day and every second day for 10 min during storage at 13°C for 35 days. The results showed that both ozone-treatments resulted in less ethylene production than the control fruit after 28 days in storage. The respiration rate of the control fruit was dramatically increased and reached the respiratory peak at 16 day in storage then tended to decrease until the end of storage time, whereas ozone treatment was able to delay the increase of respiration rate. Moreover, ozone maintained the fruit firmer better than in control fruit and it was effective in preventing fungal decay in mango after 14 days in storage. Thus, holding fruit with continuous ozone exposure during storage could be useful in prolonging storage life of Nam Dok Mai mango fruit.

Keywords: ozone, ethylene, mango

บทคัดย่อ

จากการศึกษาผลของโอโซนต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทอง ระหว่างการเก็บรักษาโดยนำเอทิลีนมาตรฐานความเข้มข้น 99.5 ppm มาทดสอบกับก๊าซโอโซน เป็นเวลานาน 1, 3, 5 และ 10 นาที พบว่าชุดที่รมโอโซนนาน 10 นาที จะให้ผลดีที่สุดในการลดปริมาเอทิลีน โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนของทุกชุดการทดลองไม่มีผลจากการให้โอโซน ในการทดลองที่ 2 นำผลมะม่วง มารมด้วยก๊าซโอโซนแบบต่อเนื่องทุกวันและวันเว้นวัน เป็นเวลา 10 นาที ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน จากการทดลองพบว่า ชุดที่รมโอโซนทั้งแบบรมทุกวัน และวันเว้นวันมีปริมาณเอทิลีนต่ำกว่าชุดควบคุมตั้งแต่วันที่ 28 ของการเก็บรักษา ส่วนการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจพบว่า ชุดควบคุมมีค่าอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดในวันที่ 16 ของการเก็บรักษาและลดลงหลังจากนั้นจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา ขณะที่ชุดที่ได้รับโอโซนสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจได้ นอกจากนี้โอโซนมีผลทำให้ผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อมากกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำกว่าชุดควบคุม ดังนั้นการให้โอโซนแบบต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษาสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองให้นานขึ้น

คำสำคัญ: โอโซน, เอทิลีน, มะม่วง

คำนำ

ในบรรดาผลไม้ในตลาดโลก มะม่วงนับว่าเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากชนิดหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากผลมะม่วงเมื่อสุกมีรสชาติดีเยี่ยม กลิ่นหอม สีสันหลากหลายและคุณค่าทางอาหารสูงแต่ผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้น เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีการหายใจ และการผลิตเอทิลีนที่สูง ทำให้ผลมะม่วง มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพที่ไม่ดี นอกจากนี้ยังอ่อนแอต่อโรคแอนแทรกโนส (anthracnose) ทำให้เกิดโรคได้ง่าย ซึ่งเป็นอุปสรรคในการส่งออกมะม่วงพันธุ์

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
[1] Postharvest Technology Research Institute / Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[2] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2] Department of Biology, Faculty of Science / Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[3] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] The Graduate School Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

น้ำดอกไม้ไปยังตลาดต่างประเทศที่ต้องใช้เวลาขนส่งที่นาน โดยเฉพาะการขนส่งทางเรือทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพของมะม่วงและอายุการวางจำหน่ายสั้น โดยมีการเสื่อมคุณภาพและเน่าเสียง่าย การเก็บรักษามะม่วงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน เช่น การควบคุมบรรยากาศ หรือใช้สารดูดซับเอทิลีน ซึ่งจะมีปัญหาในการทิ้งทำลายและไม่สามารถใช้ได้อย่างต่อเนื่อง จึงหาวิธีการที่มีศักยภาพที่ดีกว่า เช่น การใช้ก๊าซโอโซน โดยสามารถนำไปใช้กับตู้ขนส่ง (container) หรือห้องที่ควบคุมความเย็นระหว่างการขนส่งและวางจำหน่าย เพื่อการควบคุมระดับของเอทิลีนในบรรยากาศ โอโซน (ozone, O_3) เป็นก๊าซที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี มีคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ จึงเกิดปฏิกิริยาได้ดีและมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติ ทำให้มีพิษตกค้างน้อย นอกจากนี้คุณสมบัติที่ดีของโอโซนในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์น่าจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ให้นานขึ้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้น่าจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาผลผลิตที่ล้นตลาดและพัฒนาเพื่อเพิ่มปริมาณการส่งออกทางเรือและลดต้นทุนในการขนส่งให้มีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนในการลดปริมาณเอทิลีนมาตรฐาน ในระบบปิด

นำก๊าซเอทิลีนมาตรฐาน (standard gas) ความเข้มข้น 99.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ฉีดเข้าไปในตู้ปิดสนิทขนาดปริมาตร 120,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสหลังจากนั้น ปล่อยก๊าซโอโซนจากเครื่อง ozone generator อัตราไหลของก๊าซออกซิเจนที่ 20 ลิตรต่อนาที โดยออกซิเจนมาจากอากาศที่อุณหภูมิห้อง เข้าไปในตู้ดังกล่าว เป็นเวลา 0, 1, 3, 5 และ 10 นาที ซึ่งมีความเข้มข้นของโอโซน 0, 94, 188, 280 และ 467 ppm ทำการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซภายในขวด เมื่อเวลาผ่านไป 0, 1, 5, 15, 30, 60 และ 120 นาที ได้แก่ เอทิลีน โดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ flame ionization detector (FID) โดย carrier gasใช้ก๊าซฮีเลียม ที่มีอัตราการไหลของก๊าซ 50 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของ column oven 50°C injector 150°C column ที่ใช้ในการหาปริมาณก๊าซเอทิลีนคือ dimethylpolysiloxane gum ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ thermal conductivity detector (TCD) โดย carrier gas ใช้ก๊าซฮีเลียม ที่มีอัตราการไหลของก๊าซ 50 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของ column oven 50°C injector 100°C column ที่ใช้ในการหาปริมาณก๊าซเอทิลีนคือ dimethylpolysiloxane gum จำนวน 3 ซ้ำต่อชุดการทดลอง โดยทำการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ในห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของสภาวะของโอโซนที่เหมาะสมต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษา

นำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองที่มีระยะความบริบูรณ์ 115 วันหลังดอกบาน ใส่ในตะกร้าพลาสติกเก็บในตู้อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส แล้วปล่อยก๊าซโอโซนเข้าไปในตู้ดังกล่าว โดยเลือกระยะเวลาในการรมโอโซนที่เหมาะสม 2 ระยะในการกำจัดเอทิลีนจากการทดลองที่ 1 โดยทำการรมแบบวันเว้นวันและทุกวัน หลังจากนั้นทำการวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณเอทิลีน โดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ flame ionization detector (FID) อัตราการหายใจ และก๊าซออกซิเจน โดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ thermal conductivity detector (TCD) ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทุกๆ 7 วัน เป็นเวลา 35 วัน ในห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การทดลองที่ 3 ผลของโอโซนต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่างการเก็บรักษา

นำผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีระยะความบริบูรณ์ 115 วันหลังดอกบาน เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 เลือกชุดการทดลองที่มีสภาวะโอโซนเหมาะสมที่สุดในการกำจัดเอทิลีนจากการทดลองที่ 2 คือการรมแบบวันเว้นวันมาทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แบ่งผลมะม่วง ออกเป็น ชุดควบคุม (ไม่รมก๊าซโอโซน) และชุดที่รมด้วยก๊าซโอโซน ทำการวัดปริมาณ เอทิลีน โดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ flame ionization detector (FID) ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจนโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่ใช้ thermal conductivity detector (TCD) ทำการวัดทุกๆ 4 วัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน ในห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นอกจากนี้ทำการวัดคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาดังนี้ 1.เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก 2.จำนวนวันที่ใช้ในการสุก 3.การเปลี่ยนสีของเปลือกและเนื้อผล 4.ความแน่นเนื้อ 5.ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 6.ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 7.เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 8.ประเมินคุณภาพในการบริโภคตลอดระยะการเก็บรักษา ในห้องปฏิบัติการทางสรีรวิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิยาลัยเชียงใหม่

ผล

การทดลองที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนในการลดปริมาณเอทิลีนมาตรฐาน ในระบบปิด

ผลของโอโซนต่อปริมาณเอทิลีนมาตรฐานในระบบปิดที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณก๊าซเอทิลีนลดลง โดยเฉพาะชุดที่รมโอโซนนาน 10 นาที สามารถลดปริมาณเอทิลีนได้ดีที่สุด รองลงมาคือ ชุดที่รมโอโซนนาน 5, 3, 1 และชุดควบคุมตามลำดับ หลังจากเวลาผ่านไป 120 นาทีปริมาณเอทิลีนลดลงเหลือเพียง 0.01, 0.34, 0.52, 0.61 และ 0.90 µl/kg/hr ตามลำดับ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ในชุดควบคุมมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าชุดที่รมโอโซน และปริมาณก๊าซออกซิเจน พบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณก๊าซออกซิเจนที่ไม่แตกต่างจากชุดที่รมโอโซน (Figure 1)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของสภาวะของโอโซนที่เหมาะสมต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนระหว่างการเก็บรักษา

ปริมาณเอทิลีนของผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ทุกชุดการทดลองมีปริมาณเอทิลีนที่ไม่แตกต่างกันมากนักในช่วงแรก แต่ชุดควบคุมมีปริมาณเอทิลีนมากกว่าชุดที่รมโอโซนเว้นวันและชุดที่รมโอโซนทุกวันอย่างชัดเจนในวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดที่รมโอโซนเว้นวันและชุที่รมโอโซนทุกวันมีการเพิ่มขึ้นในวันที่ 36 ของการเก็บรักษา แต่ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณออกซิเจนของชุดที่รมก๊าซโอโซนเว้นวัน และชุดที่รมก๊าซโอโซนทุกวันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% (Figure 2)

การทดลองที่ 3 ผลของโอโซนต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สีทองระหว่าง การเก็บรักษา

การรมโอโซนแบบวันเว้นวันซึ่งทำให้ผลดีที่สุด จากการทดลองที่ 2 ต่อการควบคุมปริมาณเอทิลีนของผลมะม่วงน้ำดอกไม้สีทองหลังจากเก็บรักษาภายในตู้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า ชุดควบคุมมีปริมาณก๊าซเอทิลีน แตกต่างจากชุดที่รมโอโซน 10 นาทีวันเว้นวันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ส่วนการเปลี่ยนแปลงอัตราการหายใจพบว่า ชุดควบคุมมีค่าอัตราการหายใจมากกว่าชุดที่รมโอโซนและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงสุดในวันที่ 16 ของการเก็บรักษาและลดลงหลังจากนั้นจนกระทั่งสิ้นสุดการเก็บรักษา ขณะที่ชุดที่ได้รับโอโซนมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้โอโซนมีผลทำให้ผลมะม่วงมีความแน่นเนื้อและค่า TA มากกว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักและ TSS ต่ำกว่าชุดควบคุม (Table 1)

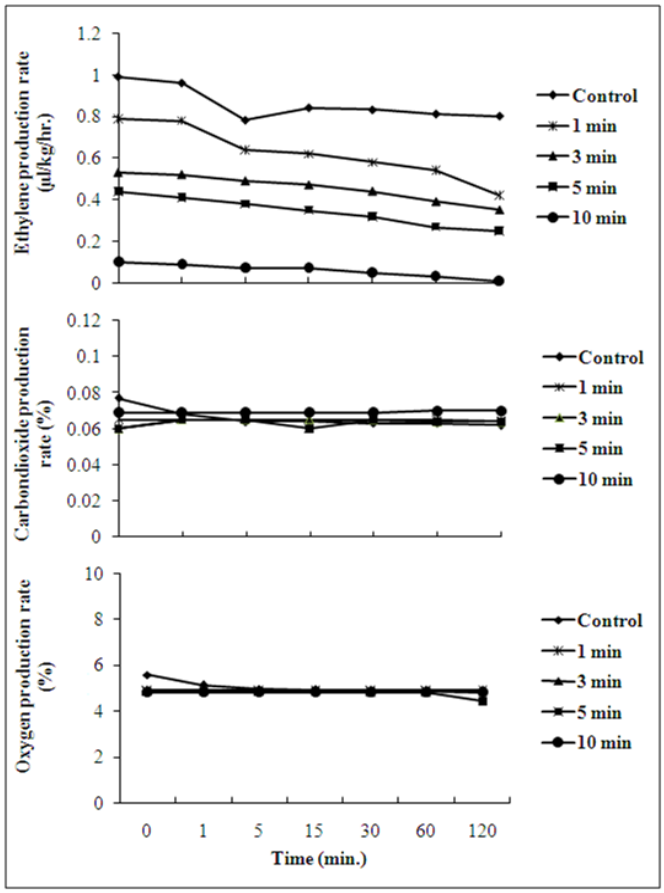

Figure 1 Effect of ozone exposure time on C_2H_4, CO_2 and O_2 concentrations

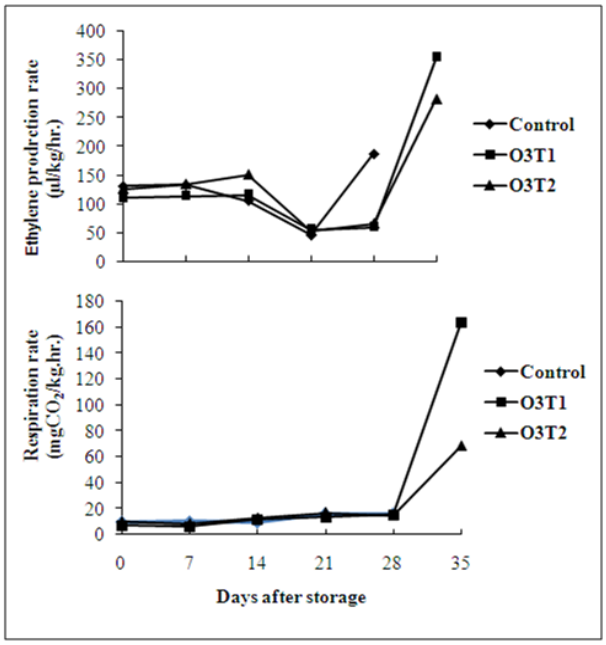

Figure 2 Changes in C_2H_4 and CO_2 inside cold storage chamber 13°C as affected by ozone exposure everyday (O_3T1) and every second day (O_3T2)

Table 1 Changes of peel color, pulp color, weight loss, firmness, TSS, TA and disease in mango fruit when exposed to ozone gas every second day for 10 min during storage at 13°C for 21 days

Treatment	Peel color	Pulp color	Weight loss (%)	Firmness (kg/cm^2)	TSS (%)	TA	Disease (%)
Control	379.2a	379.2a	6.8b	0.26	14.6b	9.8a	5a
Ozone	604.0b	576.2b	4.5a	0.17	8.3a	16.8b	10b

วิจารณ์ผล

เมื่อเวลานานขึ้น เอทิลีนมีการสลายตัวมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิสูงทำให้โอโซนทำปฏิกิริยากับเอทิลีนได้ดีขึ้น ซึ่งประสิทธิภาพของโอโซนขึ้นอยู่กับเวลา (contact time) และความเข้มข้นของโอโซน (Hunt and Marinas, 1999) ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความเข้มข้นของโอโซน 1, 3 และ 5 นาที จะมีความเข้มข้น 0, 94, 188, และ 280 ppm ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นดังกล่าวมีผลกระทบน้อยมากต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนที่อยู่ในขวดระบบปิด โอโซนสามารถทำลายก๊าซเอทิลีนให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการ $C_2H_4 + O_3 \longrightarrow CO_2 + H_2O + H^{2+}$ (U.S. FDA, 2001) ด้วยปฏิกิริยาที่สลายตัวได้เร็ว ได้แก่ การรมโอโซน ความเข้มข้น 0.4 มิลลิลิตรต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณ เอทิลีนในแอปเปิลและสาลี่ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ (Skog and Chu, 2001) การใช้โอโซนสามารถในการลดปริมาณ เอทิลีนในบรอคโคลีและแตงกวาไร้เมล็ดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 และ 17 วัน ตามลำดับ โดยบรอคโคลีชุดควบคุมมีสีเหลืองกว่าชุดที่ได้รับโอโซน

สรุป

การรมโอโซน เป็นเวลานาน 10 นาทีวันเว้นวัน สามารถควบคุมปริมาณก๊าซเอทิลีน ชะลอการเพิ่มอัตราการหายใจ และสามารถรักษาคุณภาพของผลมะม่วงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 วัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนและอุปกรณ์ในการทำวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Hunt, N.K. and B. J. Marinas 1999. Inactivation of *Escherichia coli* with ozone: chemical and inactivation kinetics. *Water Research* 33 (11): 2633-2641.

Skog, L. J. and C. L. Chu 2001. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. Canadian *Journal of Plant Science* 81: 773-778.

U.S. FDA. 2001. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption federal. Register bb (123): 33829-33830.