Agricultural Sci. J. 42 : 3 (Suppl.) : 157-160 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 3 (พิเศษ) : 157-160 (2554)

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำโอโซนที่อุณหภูมิต่าง ๆกันในการลดปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออน

Efficiency of ozonated water at various temperatures in pesticide (ethion) reduction

นันทิยา วงศ์ศิริศักดิ์[1,2] ธนะชัย พันธ์เกษมสุข[1,3] และกานดา หวังชัย[1,4]
Nantiya Wongsirisak[1,2], Tanachai Phankasemsuk[1,3] and Kanda Whangchai[1,4]

Abstract

The reduction of pesticide (ethion), an important pesticide used in tangerine production, using ozone gas with flow rate 25 ml min^{-1} at various temperatures (5,15 and 25°C) was investigated. It was found that Iodine liberation was directly measured of oxidation by ozone effect and the iodine production of all treatments increased with reaction times. At 60 min, ozonation at 15 °C had the highest level of iodine production. When ethion standard solution with initial concentration 1 mg L^{-1} was treated with ozone at different temperatures and analyzed the concentration by gas chromatography (GC-FPD), the lower temperature (5°C) ozonation was the most effective in ethion removal (55.1%) within the first 15 min and then dramatically decreasing until 15.81%. However, applying ozone at 15 °C enhanced the efficiency in pesticide removal. The maximal degradation was detected within 45 min (80.56%). Therefore, application of ozone at optimum condition of temperature could be considered as a useful method for washing tangerine fruit to reduce the residual ethion.

Keywords: ozone, ethion, temperature

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออน ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงที่ใช้กันมากในผลส้ม โดยใช้ก๊าซโอโซนที่มีอัตราไหล 25 มล.ต่อนาที ที่อุณหภูมิต่างๆ (5, 15 และ 25°C) จากการศึกษาพบว่าปฏิกิริยาออกซิเดชั่นโดยโอโซนสามารถวัดได้โดยตรงจากค่าการปลดปล่อยไอโอดีน ซึ่งทุกชุดการทดลองมีการผลิตไอโอดีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น และการให้โอโซนที่อุณหภูมิ 15 °C มีค่าการผลิตไอโอดีนมากที่สุดที่เวลา 60 นาที เช่นเดียวกับการศึกษาการลดปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออนที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 1 มก.ต่อลิตร โดยการใช้โอโซนที่อุณหภูมิต่างๆ กัน และนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟฟี (GC-FPD) พบว่าการใช้โอโซนในสภาวะอุณหภูมิ 5 °C ทำให้อัตราการสลายตัวของสารอีไทออนเพิ่มมากที่สุดในช่วง 15 นาทีแรก เท่ากับ 55.1 % แต่เมื่อเวลาผ่านไปมีค่าเปอร์เซ็นต์การสลายลดลงเหลือ 15.81 % ในขณะที่โอโซนในสภาวะอุณหภูมิ 15 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การสลายตัวเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป 45 นาที โดยมีค่าการสลายตัว 80.56 % ดังนั้นการใช้โอโซนในสภาวะอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงน่าจะนำมาใช้ประโยชน์ในการล้างผลส้มเพื่อลดการตกค้างของสารฆ่าแมลงอีไทออน

คำสำคัญ: โอโซน อีไทออน อุณหภูมิ

คำนำ

อีไทออนเป็นสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตรจัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟส ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยอ่อน, เพลี้ยไฟ เป็นต้น โดยมีการพบปัญหาสารฆ่าแมลงอีไทออนตกค้างบริเวณผิวและเนื้อเยื่อของผลผลิตส้มเขียวหวาน ซึ่งในประเทศไทยได้มีพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร ปี 2551 กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits : MRL) ที่มีได้ในส้มคือ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา,กรุงเทพ 10400
[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai university, Chiang Mai 50200 / Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok,10400
[2] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[2] The Graduate School Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[3] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] Department of Plant science and Natural resource, Faculty of Agriculture, Chiang Mai university, Chiang Mai 50200
[4] ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[4] Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai university, Chiang Mai 50200
Corresponding author: kanda@chiangmai.ac.th

เนื่องจากปัจจุบันได้มีการใช้ก๊าซโอโซนในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวางเช่น การฆ่าเชื้อโรค, การกำจัดสารพิษ และการดับกลิ่น เป็นต้น ซึ่งก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์อย่างแรงในบรรดาตัวออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมาย ซึ่งสูงกว่าคลอรีน 1.52 เท่า และประสิทธิภาพของโอโซนยังไม่ก่อให้เกิดสารพิษตกค้างที่เป็นอันตรายเหมือนกับการใช้สารเคมีอย่างอื่น ดังมีรายงานการนำโอโซนมาใช้ในการลดสารตกค้าง เช่น การลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในลำไย(กานดา และคณะ, 2547) หรือการใช้โอโซนเพื่อลดสารตกค้างคลอไพริฟอสในลิ้นจี่ (Whangchai *et al.*,2011) แต่พบว่าประสิทธิภาพของโอโซนยังค่อนข้างต่ำและใช้เวลาในการทำปฏิกิริยากับสารเป็นเวลานานเกินไป ดังนั้นในการทดลองนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโอโซนในการลดปริมาณสารอีไทออนให้ดีขึ้นเพื่อสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการนำมาล้างผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ในทุกชุดการทดลองนี้ใช้ก๊าซโอโซนที่มีอัตราไหล 25 มล.ต่อนาทีที่อุณหภูมิต่างๆ(5, 15 และ 25 °C) เป็นเวลา 0, 15, 30, 45 และ 60 นาที การศึกษาการปลดปล่อยไอโอดีนโดยใช้สารละลายฆ่าแมลงอีไทออนความเข้มข้น 1 ppm ผสมกับ potassium iodide 2% และปล่อยก๊าซโอโซนในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer (OD 354 nm) การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสลายตัวของอีไทออนในหลอดทดลอง โดยใช้สารละลายฆ่าแมลงอีไทออนความเข้มข้น 1 ppmและปล่อยก๊าซโอโซนในน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ จากนั้นนำไปวัดปริมาณสารพิษตกค้างด้วยเครื่อง Gas chromatograph ชนิด GC-FPD

ผล

จากการศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจากการวัดค่าการปลดปล่อยไอโอดีน (Figure 1) พบว่า ทุกชุดการทดลองมีการผลิตไอโอดีนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยการให้โอโซนที่อุณหภูมิ 15°C มีการผลิตไอโอดีนมากที่สุดที่เวลา 60 นาที

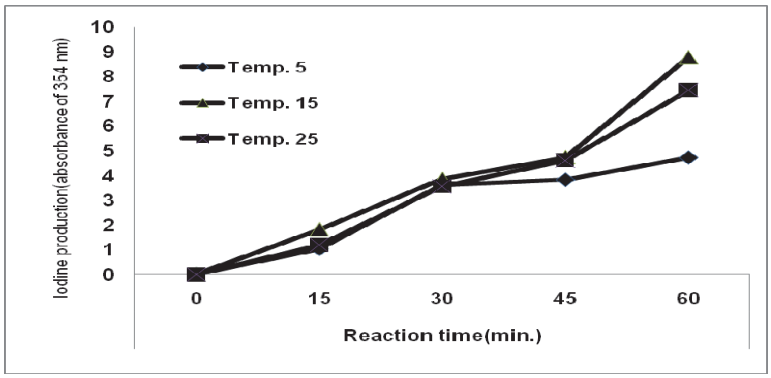

Figure 1 Iodine production changes after ozonation at different temperatures during exposure to ozone for 60 min.

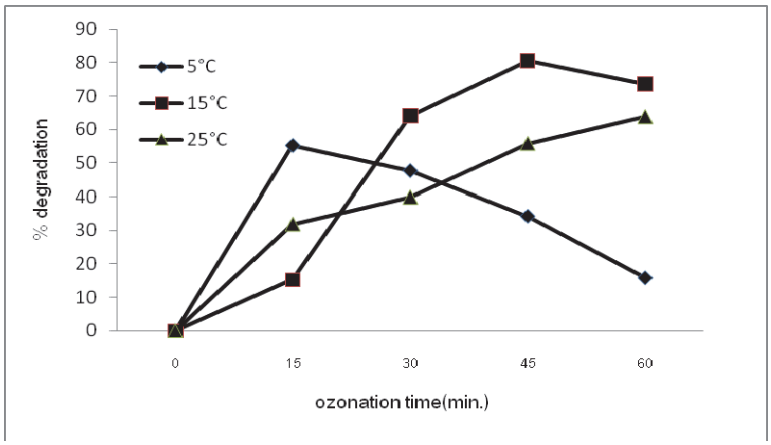

Figure 2 Percent degradation of ethion after exposure to ozone with different temperatures

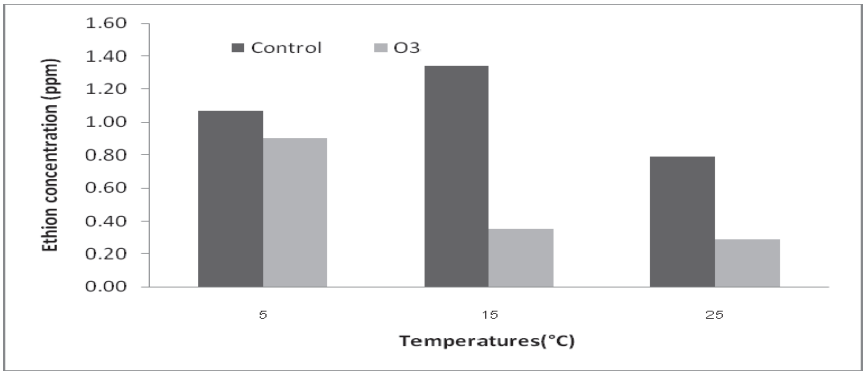

Figure 3 Ethion concentration changes by ozonation at different temperatures for 60 min.

Figure 2 ในอุณหภูมิ 15°C พบว่าเปอร์เซ็นต์การสลายตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเพิ่มสูงที่สุดเมื่อเวลา 45 นาที มีการสลายตัวของสารอีไทออน 80.56 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อุณหภูมิ 5°C เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาทีมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวสูงกว่าอุณหภูมิ 15 และ 25 °C คือ 55.10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็ค่อยๆลดลงจนมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัว 15.81 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดที่ไม่ได้รับโอโซนมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัว 0 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองใช้โอโซนเพื่อลดสารพิษอีไทออนในหลอดทดลองที่อุณหภูมิห้อง พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ความเข้มข้นของสารอีไทออนลดลงเหลือเพียง 0.29 ppm จากความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1 ppm และจากการเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้รับโอโซน (Figure 3) พบว่าสารอีไทออนเกิดการสลายตัวสูงสุดที่เวลา 60 นาที คือ 63.87 เปอร์เซ็นต์ โดยการให้โอโซนที่อุณหภูมิ 15 °C มีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพของโอโซนในการลดสารอีไทออน

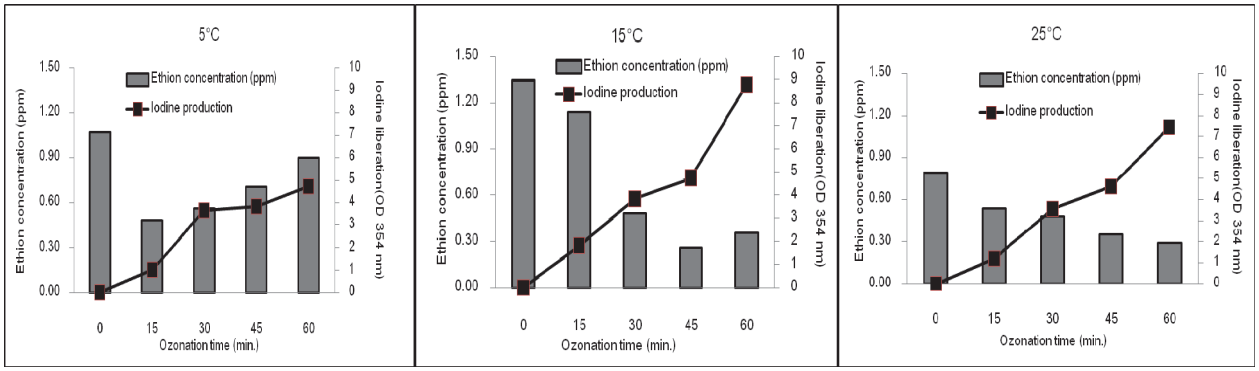

Figure 4 Correlation between iodine production (absorbance of 354 nm) after ozonation with 2 % KI solution and ethion concentration (%)

จาก Figure 4 แสดงถึงการเปรียบเทียบแนวโน้มของความเข้มข้นสารอีไทออนกับค่าการปลดปล่อยไอโอดีนเมื่อได้รับโอโซนที่อุณหภูมิต่างๆ (5, 15 และ 25°C) ในทุกๆ 15 นาทีจนถึงเวลา 60 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 15 และ 25 °C มีแนวโน้มความเข้มข้นของสารอีไทออนลดลง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าการปลดปล่อยไอโอดีนที่มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น โดยสามารถอธิบายได้ว่ายิ่งเวลาผ่านไป จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 15 °C มีความเข้มข้นของสารอีไทออนน้อยที่สุดที่ความเข้มข้น 0.26 ppm

วิจารณ์ผล

จากการทดลองในหลอดทดลองพบว่าโอโซนสามารถลดสารฆ่าแมลงได้ โดยจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของโอโซนนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาและอุณหภูมิ ซึ่งก๊าซโอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียรที่อุณหภูมิและความดันในชั้นบรรยากาศ จึงสลายตัวกลายเป็นออกซิเจนได้อย่างรวดเร็ว ทำให้โอโซนมีพิษตกค้างน้อยมาก ก๊าซโอโซนมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมีทั้งในน้ำ สารละลายและอากาศโดยตัวเองทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรงในบรรดาตัวออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมาย การทำปฏิกิริยากับสารต่างๆจะเกิดปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันไปตามชนิดของสาร สำหรับก๊าซโอโซนซึ่งละลายอยู่ในน้ำ ยังสามารถ

ทำให้เกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นทางอ้อมจากอนุมูลอิสระ โดยโมเลกุลของน้ำบางส่วนแตกตัวเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล (OH^-) แล้วทำปฏิกิริยากับโอโซนกลายเป็นอนุมูลอิสระพวกซูเปอร์ออกไซด์ (Superoxide radical) และอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่าโอโซน แล้วจึงเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นอีกที นอกจากจะขึ้นกับสารที่จะทำปฏิกิริยาแล้วยังขึ้นกับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลาในการสัมผัส อุณหภูมิและความชื้น (สุรพล, 2543) Ong *et al*.,(1999) ได้ศึกษาการล้างผลแอปเปิ้ลด้วยโอโซนในน้ำที่อัตราการไหล 0.25 มิลลิลิตรต่อลิตร พบว่า สามารถลดปริมาณสาร azinphos-methyl, captan และ formetanate hydrochloride ได้ 50-100 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Hwang *et al*.,(2001) ที่พบว่าการจุ่มแอปเปิ้ลในสาร mancozeb ความเข้มข้น 1และ 10 กรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปล้างด้วยน้ำโอโซนสามารถลดปริมาณสาร mancozeb ได้ 56-97 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของ Ku *et al*.,(1998) พบว่าการใช้โอโซนในน้ำสามารถทำให้สาร diazinon สลายตัวได้ภายใน 1 ชั่วโมง Wu *et al*.,(2007) ได้ศึกษาการใช้น้ำโอโซนที่ความเข้มข้นต่ำ(1.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) กำจัดสารปราบศัตรูพืชในผักกวางตุ้ง 4 ชนิด ได้แก่ methyl-parathion, cypermethrin, parathion และ diazinon พบว่า โอโซนสามารถสลายสารทั้ง 4 ชนิดได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโอโซนและอุณหภูมิ Benitez *et al*.,(2002) ได้ศึกษาการสลายตัวของสาร carbofuran โดยใช้โอโซนและรังสียูวี พบว่าการใช้โอโซนร่วมกับรังสียูวีทำให้อัตราการสลายตัวของสาร hydroxyl radical เพิ่มและมีประสิทธิภาพในการลดสาร carbofuran ได้ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้โอโซนลดความเป็นพิษของอะฟลาทอกซิน B1 ในพริกแดง ซึ่งการได้รับโอโซนความเข้มข้น 33 และ 66 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 60 นาที สามารถลดได้ 80 และ 93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพและสี(Inan *et al*,2007) ดังนั้นการใช้โอโซนจึงเป็นอีกทางเลือกที่น่าจะนำมาใช้ลดปริมาณสารพิษอีไทออนในส้มเขียวหวานต่อไป

สรุป

การให้โอโซนอุณหภูมิที่ 15°C ทำให้โอโซนมีประสิทธิภาพในการสลายสารอีไทออนมากที่สุด ซึ่งระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นมีแน้วโน้มทำให้เกิดการสลายตัวของสารอีไทออนเพิ่มมากขึ้นด้วย และเปอร์เซ็นต์การสลายตัวเพิ่มสูงสุดเป็น 80.56% ที่เวลา 45 นาที ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับการให้โอโซนที่อุณหภูมิ 5 และ 25 °C

เอกสารอ้างอิง

กานดา หวังชัย, พีระวุฒิ วงศ์สวัสดิ์, จักรพงษ์ พิมพ์พิมล และจำนงค์ อุทัยบุตร.2547. ผลของโอโซนต่อการลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยสด.ว.วิทย์.กษ,35 5-6(พิเศษ) : 47-50

สุรพล รักปทุม. 2543. โอโซนเพื่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์ภาพพิมพ์, กรุงเทพฯ. 143 หน้า.

Benitez, F.J., L.A. Juan and J.R. Francisco. 2002. Degradation of carbofuran by using ozone, UV radiation and advanced oxidation process. Journal of Hazardous Materials 89:51-65.

Hwang, E.S., J.N. Cash and M.J. Zabik. 2001. Postharvest treatment for the reduction of mancizeb in fresh apple. Journal of Agricultural and Food Chemistry 49(6): 3127-3132.

Inan, F., M. Pala and I. Doymaz. 2007. Use of ozone in detoxification of aflatoxin B1 in red pepper. Journal of Stored Products Research 43: 425-429.

Ku, Y., J.L. Chang, Y.S. Shen and S.Y. Lin. 1998. Decomposition of diazinon in aqueous solution by ozonation. Water research 32(6): 1957-1963.

Ong, C.K., J.N. Cash, M.J. Zabik, M. Siddig and A.L. Jones. 1999. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce. Food Chemistry 55(2): 153-160.

Wu, J.G., T.G. Luan, C.Y. Lan, T.W.H. Lo and G.Y.S. Chan. 2007. Removal of residual pesticides on vegetable using ozonated water. Food Control 18: 466-472.

Whangchai, K., J. Uthaibutra, S. Phiyanalinmat, S. Pengphol and N. Nomura. 2011. Effect of ozone treatment on the reduction of chlorpyrifos residues in fresh lychee fruits. Science and Engineering 33(3): 232-235.