

ผลของไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกต่อการลดปริมาณสารอีไธออนตกค้าง ในส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

Effect of Microbubble Ozone and Ultrasonic Wave on Ethion Residue Reduction of Tangerine cv. Sai Nam Pung

นบชุลี นวลอ่อน^{1,2} Hideki Aoyagi³ จำนงค์ อุทัยบุตร^{1,4} และ กานดา หวังชัย^{1,4}
Nobchulee Nuanaon^{1,2}, Hideki Aoyagi³, Jamnong Uthaibutra^{1,4} and Kanda Whangchai^{1,4}

Abstract

The effect of microbubble ozone and ultrasonic wave on the reduction of ethion residue in tangerine cv. Sai Nam Pung at various times (15, 30, 45 and 60 min.) was investigated. The iodine liberation and hydrogen peroxide (H₂O₂) production were directly used to measure of oxidation efficiency. The iodine liberation and H₂O₂ production of all treatments increased with reaction times. The highest level of iodine liberation and H₂O₂ production occurred at 60 min. Ethion residue in tangerine was also treated by microbubble ozone water combined with ultrasonic wave (frequency 1000 kHz) at different times. The results also showed that when fruits were washed by those treatments, the percentage of ethion degradation increased as well as the rising of reaction time. Microbubble ozone in combination with ultrasonic wave showed the highest rate of reduction occurring within 15 min. Ethion was reduced 73% after microbubble ozone treatment with ultrasonication for 60 min. Moreover, there were no significant changes on fruit quality in all treatments after storage at room temperature (25 °C) for 7 days.

Keywords: Microbubble Ozone, Ultrasonic Wave, Ethion

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการลดปริมาณสารอีไธออนตกค้างในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยการใชไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกที่ระยะเวลาต่างๆ (15, 30, 45 และ 60 นาที) โดยศึกษาประสิทธิภาพการออกซิเดชันซึ่งวัดได้โดยตรงจากค่าการปลดปล่อยไอโอดีนและการเพิ่มขึ้นของปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H₂O₂) พบว่าทุกชุดการทดลองมีการผลิตไอโอดีนและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการทำปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น โดยที่ระยะเวลา 60 นาที มีค่าการปลดปล่อยไอโอดีนและการผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สูงที่สุด เช่นเดียวกับการศึกษาการลดปริมาณสารตกค้างอีไธออนในผลส้ม พบว่าการล้างผลส้มในน้ำที่ใส่ไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับอัลตราโซนิกความถี่ 1000 kHz สามารถลดสารอีไธออนตกค้างในผลส้มได้มากขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการสลายของสารสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลา 15 นาที และมีค่าสูงสุดที่เวลา 60 นาที (73%) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางด้านคุณภาพของผลส้มในทุกชุดการทดลองภายหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (25°C) เป็นเวลา 7 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: ไมโครบับเบิลโอโซน, อัลตราโซนิก, อีไธออน

คำนำ

ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง (*Citrus reticulata* cv. Sai Nam Pung) จัดเป็นผลไม้ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภคโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามปัญหาในการเพาะปลูกส้มสายน้ำผึ้งส่วนใหญ่คือ การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ย และไรส้ม ส่งผลให้เกษตรกรต้องใช้สารฆ่าแมลงในการกำจัดศัตรูพืช โดยสารเคมีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ อีไธออน (ethion) ซึ่งเป็นสารกำจัด

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200 / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ 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 Life Science and Bioengineering, Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan

⁴ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

⁴ Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai university, Chiang Mai 50200

แมลงในกลุ่ม organophosphate ออกฤทธิ์โดยการรบกวนการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ในระบบประสาทของแมลง (พันทิพา, 2549) ผลจากการใช้สารฆ่าแมลงเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม รวมถึงอันตรายต่อผู้บริโภค จากรายงานของเกรียงไกร และคณะ (2552) พบสารอีไทออนที่เปลือกผลส้มมีค่าเกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด หรือ MRLs (Maximum Residue Limits) คือ 1.0 มก/กก.

ไมโครบับเบิลโอโซน (microbubble ozone) เป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการละลายในน้ำของก๊าซโอโซน ไมโครบับเบิลทำให้ขนาดของฟองอากาศที่ได้รับโอโซนมีขนาดเล็กลงน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โอโซน โดยเพิ่มความสามารถในการออกซิไดส์ทำให้โครงสร้างของสารพิษแตกตัว ความเป็นพิษจึงลดลง คลื่นอัลตราโซนิก (ultrasonic wave) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยทำให้โมเลกุลของน้ำเกิดจุดที่มีอุณหภูมิและความดันสูง (sonolysis) ก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (radical species) ได้แก่ H, \cdot OH, \cdot OOH ที่สามารถเข้าทำลายโครงสร้างของสารเคมีในสารละลายได้โดยตรง งานวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกในการลดสารอีไทออนตกค้างในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งระหว่างการล้างผลส้ม

อุปกรณ์และวิธีการ

1 การศึกษาประสิทธิภาพการออกซิเดชันของไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก

นำสารละลาย KI 2% มาศึกษาประสิทธิภาพการออกซิเดชันไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 1000 kHz ที่เวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที สุ่มตัวอย่างมาตรวจค่าการปลดปล่อยไอโอดีนโดยนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 354 nm และปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ตามวิธีการของ Great Ships Initiative:GSI (2009)

2 ผลของการใช้ระบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับอัลตราโซนิกต่อการลดสารฆ่าแมลงอีไทออนตกค้างในผลส้มและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยว

นำตัวอย่างผลส้มมาจุ่มในสารละลายยาฆ่าแมลงอีไทออนความเข้มข้น 10 ppm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ผิวนอกแห้ง จากนั้นนำตัวอย่างที่มีสารละลายยาฆ่าแมลงอีไทออนที่เคลือบติดผิวส้มไปล้างในเครื่องที่มีระบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 1000 kHz เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างผลส้มมาวิเคราะห์หาปริมาณสารอีไทออนตกค้าง โดยวิธี GT pesticide test kit บันทึกค่าที่ได้ จากนั้นนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของสารฆ่าแมลงอีไทออนตกค้าง นอกจากนี้ได้นำผลส้มไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพดังนี้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกโดยใช้เครื่อง chroma meter รายงานผลเป็นค่า L*, Hue (h°) และ chroma, การสูญเสียน้ำหนัก, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำ (TSS), ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก

ผล

ผลการศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งวัดได้โดยตรงจากการปลดปล่อยค่าไอโอดีนและการเพิ่มขึ้นของปริมาณ H_2O_2 พบว่าทุกชุดการทดลองมีการผลิตไอโอดีนและ H_2O_2 เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น (Figure 1) โดยที่ระยะเวลา 60 นาทีที่มีการปลดปล่อยค่าไอโอดีนและการผลิต H_2O_2 สูงที่สุด สอดคล้องกับการลดลงของปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออนตกค้างในผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าผลส้มที่ผ่านการล้างด้วยระบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกมีปริมาณการลดลงของสารฆ่าแมลงอีไทออนเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้น โดยที่เวลา 15 นาที สามารถลดปริมาณสารอีไทออนตกค้างในผลส้มได้เท่ากับ 42% และที่เวลา 60 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้สูงสุดเท่ากับ 73% ในขณะที่ชุดควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นมีอัตราการลดลงของสารอีไทออนตกค้างในผลส้มเพียง 1.5% เมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที (Figure 2)

เมื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพหลังการเก็บรักษาพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางด้านคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน ผลส้มทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำและปริมาณกรดแอสคอร์บิกในทุกชุดการทดลองนั้นมีความลดลงเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาลิ้นสุดลง ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในทุกชุดการทดลองจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (Table 1)

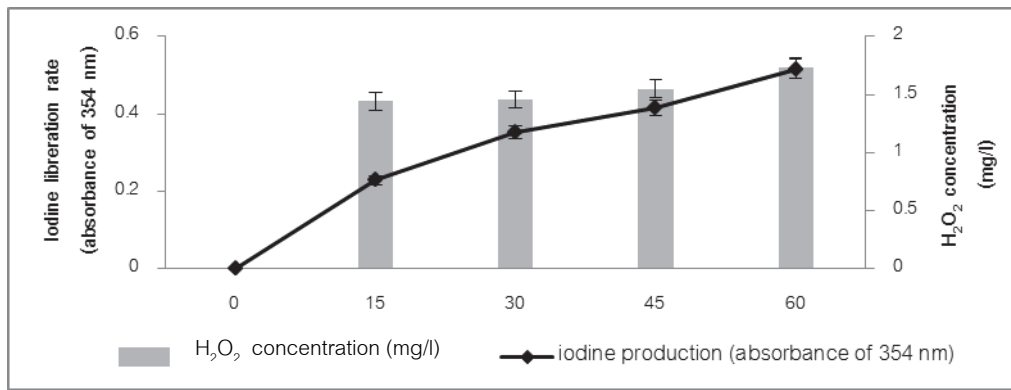


Figure 1 The iodine liberation and hydrogen peroxide (H₂O₂) concentration after being exposed to microbubble ozone in combination with ultrasonic wave at different time.

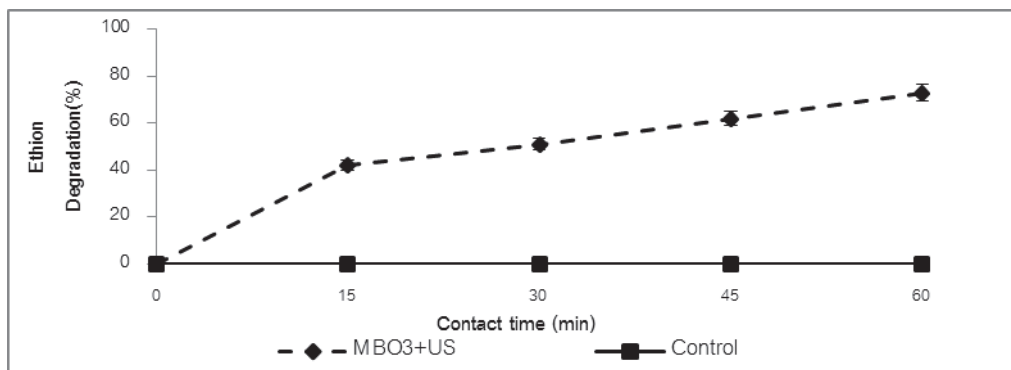


Figure 2 The percentage of ethion degradation in tangerine fruit after washing with microbubble ozone in combination with ultrasonic wave reactor (MBO₃+US)

Table 1 Changes in peel color, weight loss, TSS, TA and ascorbic content of tangerine fruits after washing with microbubble ozone in combination with ultrasonic wave (MBO₃ + US) at 15, 30 45 and 60 minutes and storage at room temperature (25°C) for 7 days

Treatment	Peel Color Change			Weight loss (%)	TSS (%)	TA (%)	Ascorbic Content (mg./ml.)
	L*	h°	chroma				
Control	40.19a	1.35a	26.05a	0.73a	9.5a	0.54a	3.70a
MBO ₃ + US 15 min.	38.91a	1.30a	25.74a	0.75a	9.4a	0.56a	3.51a
MBO ₃ + US 30 min.	39.39a	1.34a	26.04a	0.71a	9.8a	0.55a	3.48a
MBO ₃ + US 45 min.	39.49a	1.31a	25.74a	0.67a	9.6a	0.53a	3.53a
MBO ₃ + US 60 min.	40.59a	1.30a	25.74a	0.69a	9.5a	0.54a	3.71a

วิจารณ์ผล

การปลดปล่อยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และปริมาณ H₂O₂ ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการสลายตัวของอีโทอนตอก้างในผลส้มที่ผ่านกระบวนการล้างด้วยระบบไมโครบับเบิลโอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก เนื่องจากค่าการปลดปล่อยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ถึงอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นเมื่อมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกมามากแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมาก โดยปริมาณ H₂O₂ ที่เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันระหว่างไมโครบับเบิลโอโซนและคลื่นอัลตราโซนิกในการผลิต hydroxyl radicals ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มการปลดปล่อยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยประสิทธิภาพในการการปลดปล่อยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้นตาม

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา สอดคล้องกับการล้างผลส้มด้วยน้ำไมโครบีเบิลไอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก โดยความสามารถในการลดปริมาณของสารฆ่าแมลงอีไทออนตค่างในผลส้มมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการล้างผลส้ม

การใช้ไมโครบีเบิลไอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกเป็นการทำงานโดยให้ผลแบบส่งเสริมกัน (synergistic effect) เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มศักยภาพในการละลายน้ำให้กับไอโซน ไอโซนจึงทำงานได้ดียิ่งขึ้นในการออกซิไดส์สาร เช่นเดียวกับ Zhou *et al.* (2013) ได้รายงานว่าในการใช้ไอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดออกซิเดชันของไอโซน และเพิ่มการสลายตัวของสีย้อม malachite green โดยคลื่นอัลตราโซนิกช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายในน้ำให้กับไอโซน (Zhang *et al.*, 2007) และ การใช้คลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 1000 kHz ร่วมกับไอโซนเป็นเวลา 60 นาที สามารถช่วยลดปริมาณสารตกค้าง chlorpyrifos ในพริกชี้หูสดได้ 73.05% (Pengphol *et al.*, 2012).

เมื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพหลังการเก็บรักษาพบว่า ทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไป 7 วัน ผลส้มทุกชุดการทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักไม่แตกต่างกัน ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณกรดแอสคอร์บิกในทุกชุดการทดลองนั้นมียาคาลดลงเล็กน้อยเมื่อระยะเวลาเก็บรักษาสิ้นสุดลงและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและกรดส่วนมากจะเกิดขึ้นในผลส้มที่อยู่ในช่วงระยะการเจริญเติบโตบนต้นและจะมีค่าสูงสุดเมื่อถึงระยะแก่หรือระยะเก็บเกี่ยว (दनัยและนินิยา, 2535) สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก พบว่าทุกชุดการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกในทิศทางเดียวกัน โดยค่า L^* ของทุกชุดการทดลองมีค่าลดลงเล็กน้อยแสดงว่าผลมีสีคล้ำขึ้นเมื่อเวลาเก็บรักษาผ่านไป ส่วนค่า h° และ chroma มีค่าลดลง เนื่องจากก่อนการเก็บรักษาผลส้มมีสีเขียวแต่เมื่อเก็บรักษาผ่านไป ผลส้มกลายเป็นสีเหลืองเนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์

สรุป

การล้างผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วยไมโครบีเบิลไอโซนร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงอีไทออนตค่างได้ และการลดลงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการล้างเพิ่มขึ้น การล้างเป็นเวลา 60 นาทีให้ผลดีที่สุดสามารถลดสารอีไทออนตค่างในผลส้มได้ถึง 73%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับการเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา สำหรับทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงไกร จำเริญมา, ศุภ สุทธิอารมณ์, ศรีจันทร์ ศรีจันทร์, สัจญญาณี ศรีรักษา, บุษบง มั่นสมันคง, วิภาดา ปลอดครบุรี และวนาพร วงษ์นิคัง. 2552. เอกสารประกอบการบรรยายแมลงศัตรูส้มกับการใช้สารเคมี. ในการประชุมเรื่อง การผลิตส้มเปลือกอ่อนคุณภาพให้ปลอดภัย สารพิษและผลกระทบต่อชุมชน วันที่ 1 กันยายน 2552 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.
- दनัย บุญเกียรติ และนินิยา รัตนานพนธ์. 2535. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 146 หน้า.
- พันทิพา เอกทัศนาวรรณ. 2549. อันตรายจากยาฆ่าแมลงปนเปื้อนในผักและผลไม้และภัยร้ายใกล้ตัว. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 159 หน้า.
- Great Ships Initiative (GSI). 2009. Procedure for analyzing hydrogen peroxide concentrations in water. pp. 1-5
- Pengphol S., J. Uthaiutra, O.A. Arqueron, N. Nomura and K. Whangchai. 2012. Reduction of residual chlorpyrifos on harvested bird chilies (*Capsicum frutescens* Linn.) using ultrasonication and ozonation. Thai Journal Agricultural Science 44(5): 182-187.
- Zhang, H., L. Duan and D. Zhang. 2006. Absorbion kinetics of ozone in water with ultrasonic radiation. Ultrasonics Sonochemistry 14: 552-556.
- Zhou, X. J., W.Q. Guo, S.S. Yang, H.S. Zheng and N.Q. Ren. 2013. Ultrasonic-assisted ozone oxidation process of triphenylmethane dye degradation: evidence for the promotion effects of ultrasonic on malachite green decolorization and degradation mechanism. Bioresource Technology 128: 827-830.