

ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะออกซิไดส์และรีดิวซ์ต่อการลดสารฆ่าแมลงตกค้างและการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในถั้วฝักยาว

Effect of Electrolyzed Oxidizing and Reducing Water on the Reduction of Pesticide Residue and Microbial Contamination in Yardlong Bean

อมรรัตน์ ตามจะโปะ¹ จามงค์ อุทัยบุตร^{1,2} และกานดา หวังชัย^{1,2}
AmonratTanjapo¹, Jamnong Uthaibutra^{1,2} and Kanda Whangchai^{1,2}

Abstract

The comparison of electrolyzed oxidizing (EO) water and electrolyzed reducing (ER) water to reduce pesticide residue and microbial contamination in Yardlong bean was carried out. Electrolyzed water was generated by electrolysis from 5% NaCl solution, which produced the EO water [pH 3.3 : ORP 233 mV] and ER water [pH 11.6 : ORP 260 mV]. Reduction percentage of pesticide residue, total microbial count and *Escherichia coli* after Yardlong bean washing with both EO and ER for 5, 10, 15, and 30 minutes and with distilled water (control) were investigated. The highest efficacy of using ER water washing for 30 minutes was found to reduce pesticide residue by 75.63% and decontamination of total microbial count and *E.coli* by 5.52 CFU/ml and 0.14 CFU/ml, respectively. EO water treatment could reduce pesticide 20.91% and could achieve highest efficacy on decontamination of total microbial growth with absence of *E.coli*. However, the control could reduce pesticide 34.41% and had still high microbial population (16.8 CFU/ml). There were no significant changes on percentage of weight loss, vitamin C, chlorophyll content and visual appearance in all treatments. Thus, ER water could be used for a combined usage with EO water to enhance microbial reduction and eliminate pesticides in vegetables.

Keywords: electrolyzed water, pesticide residues, *E.coli*

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบน้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะออกซิไดส์และรีดิวซ์ในการลดสารฆ่าแมลงตกค้างและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในถั้วฝักยาว โดยใช้สารละลายเกลือแกง (NaCl) ความเข้มข้น 5% มาแยกด้วยกระแสไฟฟ้าจะได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะออกซิไดส์ [Electrolyzed Oxidizing (EO)Water] จากขั้วบวกซึ่งมีค่าพีเอช (pH) 3.3 และค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) 233 มิลลิโวลต์ (mV) และน้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะรีดิวซ์ [Electrolyzed Reducing (ER)Water] ซึ่งมีค่าพีเอช 11.56 และค่า ORP -260 มิลลิโวลต์ โดยนำน้ำอิเล็กโทรไลต์ทั้ง 2 ชนิดมาล้างถั้วฝักยาวเป็นเวลา 5, 10, 15, และ 30 นาที โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นนำถั้วฝักยาวไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้าง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *Escherichia coli* ผลการทดลองพบว่าการล้างด้วยน้ำ ER เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ดีที่สุดเท่ากับ 75.63% และลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E.coli* เท่ากับ 5.52 CFU/ml และ 0.14 CFU/ml ตามลำดับ ส่วนการใช้น้ำ EO ลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ 20.91% แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยไม่พบเชื้อ *E.coli* ในขณะที่ชุดควบคุมลดปริมาณสารฆ่าแมลง 34.41% และปริมาณจุลินทรีย์สูง (16.8 CFU/ml) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางด้านคุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก, ปริมาณวิตามินซี, ปริมาณคลอโรฟิลล์ และคะแนนลักษณะปรากฏภายนอกในทุกชุดการทดลอง ดังนั้นการใช้น้ำ ER สามารถนำมาใช้ร่วมกับน้ำ EO เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์และกำจัดสารฆ่าแมลงในถั้วฝักยาวได้

คำสำคัญ: น้ำอิเล็กโทรไลต์, สารฆ่าแมลงตกค้าง, *E.coli*

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ 10400

² Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok, 10400

คำนำ

การบริโภคผักและผลไม้สดนั้นถึงแม้ว่าจะได้รับสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้เนื่องจากปัญหาการตกค้างของยาฆ่าแมลงจากการผลิตที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค และพบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการผลิต ทำให้คุณค่าทางโภชนาการอาหารลดลงและอายุการวางจำหน่ายที่สั้น โดยเฉพาะในถั่วฝักยาวพบว่าการปนเปื้อนจากสารตกค้างที่เป็นยาฆ่าแมลง และจุลินทรีย์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยใช้วิธีที่เหมาะสมที่มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงและจุลินทรีย์ในถั่วฝักยาวหลังการเก็บเกี่ยว

นักวิจัยชาวญี่ปุ่นได้พัฒนาและใช้ประโยชน์ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ (electrolyzed water) ซึ่งปัจจุบันนำไปฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในโรงพยาบาลและยังได้ศึกษาวิจัยเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่างๆ เช่น ใช้ในการล้างเนื้อ, ผลไม้และผัก น้ำอิเล็กโทรไลต์เป็นน้ำที่ผลิตมาจากน้ำและเกลือแกง โดยใช้หลักการแยกเกลือแกงด้วยประจุไฟฟ้าให้เกิดการแตกตัวของไฮดรอกไซด์ไอออนโดยขั้วบวกได้สาร HOCl (hypochlorous) โดยสารนี้อยู่ในสภาวะออกซิไดส์ (Electrolyzed Oxidizing; EO Water) ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า OCl⁻ ที่ได้จากการแตกตัวจาก NaOCl (sodium hypochlorite) และ Ca(OCl)₂ (calcium hypochlorite) (Grech and Rijkenberg, 1992; Kim *et al.*, 2000) ส่วนขั้วลบได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในสภาวะรีดิวซ์ (Electrolyzed Reducing; ER Water) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีทั้งในสภาวะออกซิไดส์และรีดิวซ์มาทดลองใช้ในการลดสารฆ่าแมลงตกค้างและการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในถั่วฝักยาว

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์และ 8 โวลต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 5% มาแยกด้วยกระแสไฟฟ้าได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะออกซิไดส์ [Electrolyzed Oxidizing (EO) Water] จากขั้วบวกและน้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะรีดิวซ์ [Electrolyzed Reducing (ER) Water] จากขั้วลบ (Figure 1) นำไปวัดค่า pH และค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) หลังจากนั้นนำน้ำอิเล็กโทรไลต์ทั้ง 2 ชนิดมาล้างถั่วฝักยาวที่มีการปนเปื้อนของสารคลอโรไพริฟอสและจุลินทรีย์เป็นเวลา 5, 10, 15, และ 30 นาที โดยใช้น้ำกลั่นเป็นชุดควบคุม หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ปริมาณคลอโรไพริฟอสตกค้าง โดยวิธี GT pesticide test kit และวิเคราะห์หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และ *Escherichia coli* ตามวิธี (Bacteriological Analysis Manual) นอกจากนี้วิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนัก, ปริมาณวิตามินซี, ปริมาณคลอโรฟิลล์ และคะแนนลักษณะปรากฏภายนอกโดยมีระดับความพึงพอใจ 5 ระดับ (5:มากที่สุด และ 1: น้อยที่สุด) ในถั่วฝักยาวหลังการล้าง

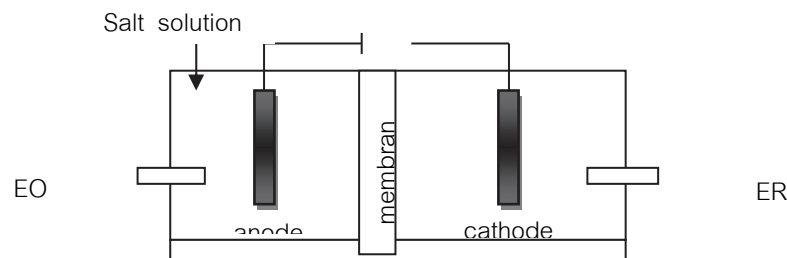


Figure 1 Schematic presentation of the Electrolyzed water system

ผลการทดลอง

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่อยู่ในสภาวะออกซิไดส์และรีดิวซ์ในการลดสารฆ่าแมลงตกค้างในถั่วฝักยาว โดยใช้สารละลาย NaCl ความเข้มข้น 5% มาแยกด้วยกระแสไฟฟ้าได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะออกซิไดส์ [Electrolyzed Oxidizing (EO) Water] จากขั้วบวกซึ่งมีค่าพีเอช เท่ากับ 3.3 และค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) เท่ากับ 233 mV และน้ำ อิเล็กโทรไลต์ในสภาวะรีดิวซ์ [Electrolyzed Reducing (ER) Water] ซึ่งมีค่าพีเอช เท่ากับ 11.56 และค่า ORP เท่ากับ -260 mV พบว่าการล้างด้วยน้ำ ER เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้างได้ดีที่สุดเท่ากับ 75.63 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) และลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ *E.coli* ได้เท่ากับ 5.52 CFU/ml และ 0.14 CFU/ml ตามลำดับ ส่วนการใช้น้ำ EO สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ 20.91% แต่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด (Figure 3A) โดยไม่พบเชื้อ *E.coli* (Figure 3B) ในขณะที่ชุดควบคุมลดสารฆ่าแมลงตกค้างได้ 34.41% และยังคงพบ

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดสูง (16.8 CFU/ml) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างทางด้านคุณภาพได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก , ปริมาณวิตามินซี , ปริมาณคลอโรฟิลล์ และคะแนนผลการประเมินลักษณะปรากฏภายนอกในทุกชุดการทดลอง (Table 1)

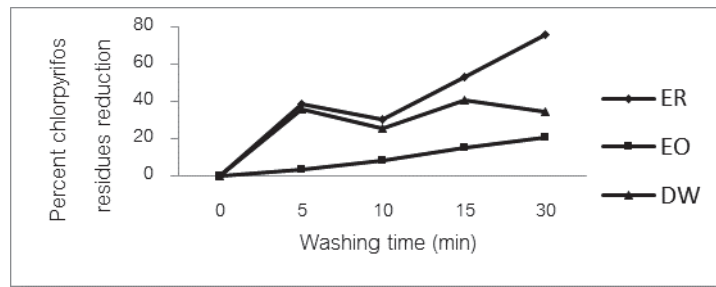


Figure 2 Effect of electrolyzed oxidizing (EO) water and electrolyzed reducing (ER) water to reduce pesticide residue in Yardlong bean

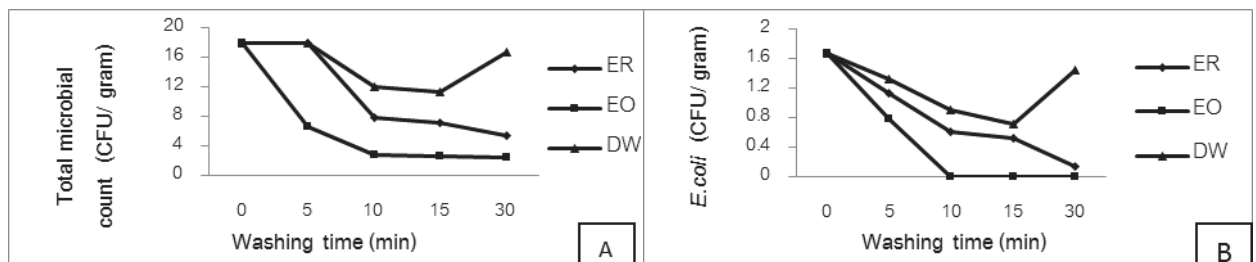


Figure 3 Effect of electrolyzed oxidizing (EO) water, electrolyzed reducing (ER) water and control (DW) to inactivate total microbial growth (A) and *E.coli* (B)

Table 1 Percentage of weight loss, vitamin C, chlorophyll content , and visual appearance in Yardlong bean after washing with EO water, ER water and control (DW).

Treatment	Washing time					
	0 (min)	5 (min)	10 (min)	15 (min)	30 (min)	
% Weight loss	Control (DW)	0.22a	0.27a	0.38a	0.23a	0.27a
	ER	0.26a	0.26a	0.36a	0.26a	0.42a
	EO	0.25a	0.39a	0.32a	0.39a	0.30a
Vitamin C (mg/100g)	Control (DW)	31.31a	30.20a	30.87a	29.87a	30.40a
	ER	30.64a	30.48a	30.69a	31.04a	30.78a
	EO	30.61a	30.79a	31.34a	29.71a	30.28a
Chlorophyll content (mg/100FW)	Control (DW)	0.03a	0.02a	0.02a	0.02a	0.02a
	ER	0.03a	0.02a	0.02a	0.02a	0.03a
	EO	0.02a	0.02a	0.03a	0.03a	0.02a
Visual appearance	Control (DW)	4.67a	4.33a	4.33a	4.00a	4.00a
	ER	4.67a	3.67a	3.67a	3.33a	3.33a
	EO	4.67a	3.67a	3.67a	3.67a	3.67a

Values are the means of 3 replicated measurements the different letters indicate significant differences ($P < 0.05$) and comparison of means was performed using Duncan's multiple comparison test.

วิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงคลอไพริฟอสตกค้าง พบว่าการล้างด้วยน้ำ ER เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดสารฆ่าแมลงตกค้างได้ดีที่สุดคือ 75.63% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hao *et al.* (2011) ที่พบว่าการใช้น้ำ ER เป็นเวลา 30 นาที สามารถลด acephate ได้ดีที่สุดคือ 86 % ในผักโขม ซึ่งน้ำ ER มีค่าพีเอช 11.56 และค่า ORP -260 mV จึงทำให้น้ำอิเล็กโทรไลต์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักสดได้ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีส่วนใหญ่ของยาฆ่าแมลงประกอบด้วย organic phosphorus ด้วยพันธะ P = O และ C = O เป็นส่วนใหญ่ โดยสามารถถูกทำลายได้ในสภาวะที่เป็นกรดและต่างที่เกิดจากปฏิกิริยา bimolecular nucleophilic (Chuchi and Yuchang, 1998) ดังนั้นการลดสารฆ่าแมลงประเภท organophosphate ด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ในสภาวะรีดิวซ์จึงมีความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามกลไกของการย่อยสลายสารกำจัดศัตรูพืชด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์จำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไป

ส่วนผลการทดลองน้ำ EO ต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในถั่วฝักยาวพบว่า การแช่ถั่วฝักยาวในน้ำ EO เป็นเวลา 30 นาที ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีที่สุดโดยไม่พบเชื้อ *E.coli* ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Venkitanarayanan *et al.* (1999) ที่รายงานว่าน้ำ EO สามารถยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, และ *Listeria monocytogenes* นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำ EO ที่ความเข้มข้น 30, 50, และ 70 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ทั้งหมดในปลาหมึก, เนื้อปลานิล, และกุ้งขาวได้ (Sankom *et al.*, 2012)

นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์คุณภาพของถั่วฝักยาวภายหลังการล้างด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์สภาวะออกซิไดส์และรีดิวซ์เมื่อเปรียบเทียบการล้างด้วยน้ำกั้น ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนักสด, ปริมาณวิตามินซี, ปริมาณคลอโรฟิลล์ และคะแนนผลการประเมินลักษณะปรากฏภายนอกในทุกชุดการทดลองไม่พบว่ามีผลแตกต่างกัน สอดคล้องกับ Hao *et al.* (2011) ที่ได้รายงานว่าการใช้น้ำ EO และน้ำ ER ในการล้างผักและผักผลไม้ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณวิตามินซีและไม่สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ ดังนั้นจึงจำเป็นไปได้ที่จะใช้น้ำทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดทั้งสารฆ่าแมลงตกค้างและการปนเปื้อนจุลินทรีย์

สรุป

การล้างด้วยน้ำ ER เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารฆ่าแมลงได้ดีที่สุดเท่ากับ 75.63 % มากกว่าการล้างด้วยน้ำ EO และน้ำกั้นมีค่าเท่ากับ 20.91% และ 34.41% ตามลำดับ ส่วนการใช้น้ำ EO มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยไม่พบเชื้อ *E.coli* และไม่พบความแตกต่างทางด้านคุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี ปริมาณคลอโรฟิลล์ และลักษณะปรากฏภายนอกของถั่วฝักยาวในทุกชุดการทดลอง

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำหรับการเชื้อเพื่อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Grech, N.M. and F.H.J. Rijkenburg. 1992. Injection of electronically generated chlorine into citrus micro-irrigation systems for the control of certain waterborne root pathogens. *Plant Disease* 76: 457-461.
- Hao, J., Wuyundalai, H. Liu, T. Chen, Y. Zhou, Y. C. Su and L. Li. 2011. Reduction of pesticide residues on fresh vegetables with electrolyzed water treatment. *Journal of Food Science* 76: 520-524
- Kim, C., Y-C. Hung and R.E. Brackett. 2000. Roles of oxidation-reduction potential (ORP) in electrolyzed oxidizing (EO) and chemical modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Journal of Food Protection* 63: 19-24.
- Sankom, A. 2012. Application of oxidation agent on washing process to reduce organophosphate residues on fresh vegetable. Master's Thesis. Food Science, Major Field: Food Science, Department of Food Science and Technology, Kasetsart University.
- Chuchi, T. and L. Yuchang. 1998. Pesticide Chemistry. Nanakai University. Publications, Tianjin (in Chinese).
- Venkitanarayanan, K. S., G. O. Ezeike, Y. C. Hung and M. P. Doyle. 1999. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Protection* 62: 857-860.