Agric. Sci. Innov. J. 55 : 1 (Suppl.) : 60 - 63 (2024) ว. วิทย. นวัต. กษ. 55 : 1 (พิเศษ) : 60 - 63 (2567)

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต เพื่อลดปริมาณสารตกค้างในพริกชี้ฟ้า

Micro-nano Bubbles Technology with Sodium Bicarbonate on Reducing Pesticides Residues of Chili

อนุวัฒน์ รัตนชัย[1] ทวีศักดิ์ แสงอุดม[1] เพราพิลาส ขวาสระแก้ว[2] ผดุงรัตน์ ธูปเมือง[2] ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ[3] และวาริช ศรีละออง[3]

Anuwat Rattanachai[1], Thaveesak Sangudom[1], Praopilas Kwasakaew[2], Padungrat Toopmuang[2], Nutthachai Pongprasert[3] and Varit Srilaong[3]

Abstract

Micro-nano bubbles technology incorporated with sodium bicarbonate for washing on reducing pesticide residues of chili were studied. This research aimed to study the efficacy of air micro- and nano-bubbles in combination with sodium bicarbonate on reduced pesticides residues in chili. The experimental design was RCB, 4 replications, 7 treatments; treatment 1: no wash water (control), treatment 2: wash water, treatment 3: micro-nano bubble, treatment 4-7: micro-nano bubbles incorporated with sodium bicarbonate at 100, 500, 1000, and 1,500 ppm, respectively. The results showed no effect on bruising and color changes of all treatments. The pesticides residues analysis in all samples detected only the organophosphate group with diazinon, ethion, and profenofos residues. The results showed diazinon 19-55 µg/kg, ethion 19-34 µg/kg, and profenofos 0-17 µg/kg. It was found that the micro-nano bubbles incorporated with sodium bicarbonate at 100 and 500 ppm were found to reduce the pesticides residues of chili. However, the amount of residues detected is at the safe level (Maximum Residue Limits; MRLs) for consumers.

Keywords: chili, micro-nano bubbles, pesticides residues

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเทคโนโลยีในการทำให้เกิดฟองก๊าซขนาดเล็กในน้ำ ได้ถูกนำมาใช้ในการทำความสะอาดพริกชี้ฟ้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อได้วิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างในพริกชี้ฟ้า วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ จำนวน 7 กรรมวิธี 1.ชุดควบคุม (ไม่ได้ล้าง) 2. กรรมวิธีล้างน้ำ 3. กรรมวิธีใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน กรรมวิธีที่ 4-7 ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 1,500 ppm ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีผลต่อคุณภาพด้านลักษณะปรากฏ วิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 25 สาร และกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 สาร พบเฉพาะสารตกค้างกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต ได้แก่ ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส แต่ไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน พบสารไดอะซีนอน 19-55 µg/kg อีไทออน 19-34 µg/kg และโปรฟีโนฟอส 0-17 µg/kg การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้างได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ถึงแม้ตรวจพบแต่ปริมาณสารตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในระดับปลอดภัยไม่เกินปริมาณสารพิษสูงสุด (MRLs) ต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ : พริกชี้ฟ้า ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน สารพิษตกค้าง

[1] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1] Horticulture Research Institute, Department of Agriculture, Bangkok, 10900

[2] กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[2] Plant Standard and Certification Division, Department of Agriculture, Bangkok, 10900

[3] สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

[3] Division of Postharvest Technology, School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok. 10140

คำนำ

เกษตรกรผู้ปลูกพริก ประสบปัญหาโรคแอนแทรคโนสในระยะที่พริกออกผลทำให้พริกเสียหาย พริกมีโรคระบาดที่สำคัญ อาทิ โรคกุ้งแห้ง โรคเหี่ยว และโรคผลเน่า (จานุลักษณ์, 2541) ในช่วงพริกให้ผลผลิตจะเกิดโรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง สาเหตุของโรคได้แก่ เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), *C. capsici* (Syd.) และ *Collectotrichum* spp. (อรพรรณ, 2551) การป้องกันความเสียหายจึงใช้สารเคมีกำจัดโรคพืชเป็นจำนวนมาก การใช้สารเคมีในการป้องกันโรคและแมลงเพื่อผลิตผักให้ได้คุณภาพและปริมาณตามความต้องการของตลาดทำให้มีสารพิษตกค้างในผลผลิตและส่งผลต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม Kobayashi *et al*. (2009a, 2009b) รายงานว่าการใช้ฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขนาดไมโครและนาโนสามารถช่วยลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในต้นหอม ซึ่งฟองก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ราเมศ และ พิมพ์ใจ (2559) ได้ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด พบว่าการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนต ประมาณ 1,500 ppm มีประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมากที่สุด โดยปริมาณของสารเคมีกำจัดแมลงที่ขจัดได้ในผัก คะน้า กวางตุ้ง และผักกาดขาวปลี คิดเป็นร้อยละ 71.9, 74.2 และ 74.6 ตามลำดับ และการล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอเนตมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมากที่สุดเช่นกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อได้วิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างในพริกชี้ฟ้า

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

พริกชี้ฟ้า เครื่อง micro- and nano-bubbles generator โซเดียมไบคาร์บอเนต กระบอกตวง บีกเกอร์ เครื่องชั่ง ตะกร้าพลาสติก ถังพลาสติก

วิธีการ

แผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ พริกชี้ฟ้า 1 กิโลกรัม/หน่วยทดลอง จำนวน 7 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้ล้างด้วยน้ำ กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำ เป็นเวลา 10 นาที กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 10 นาที (MNBs) กรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+100 ppm $NaHCO_3$) กรรมวิธีที่ 5 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+500 ppm $NaHCO_3$) กรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 1,000 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+1,000 ppm $NaHCO_3$) กรรมวิธีที่ 7 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 1,500 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+1,500 ppm $NaHCO_3$)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำตัวอย่างพริกชี้ฟ้าล้างทำความสะอาดตามกรรมวิธี ผึ่งให้แห้ง บันทึกข้อมูล ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น นำตัวอย่างพริกชี้ฟ้าวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างโดยดัดแปลงจากวิธีของ Steinwandter (1985) วิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 25 สาร ได้แก่ azinphos-methyl, azinphos-ethyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, diazinon, dichlorvos, dicrotophos, dimethoate, O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate (EPN), ethion, fenitrothion, malathion, mevinphos, methamidophos, methidathion, monocrotophos, omethoate, parathion-ethyl, parathion-methyl, phosalone, pirimiphos-ethyl, pirimiphos-methyl, profenofos, prothiofos และ triazophos กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 3 สาร ได้แก่ endosulfan sulfate, alpha-endosulfan และ beta-endosulfan เนื่องจากสารตกค้างใน 2 กลุ่มนี้เคยมีการตรวจพบในพริก โดยวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 17025 นำข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลอง

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของพริกชี้ฟ้า ได้แก่ ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Figure 1) สำหรับการวิเคราะห์สารตกค้าง พบสารตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ ไดอะซีนอน อีไทออน และ โปรฟีโนฟอส ส่วนกลุ่มออร์กาโนคลอรีนไม่พบสารตกค้างในทุกกรรมวิธีการทดลอง จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100, 500, 1,000 และ 1,500 ppm และกรรมวิธีล้างน้ำ ตรวจพบไดอะซีนอนต่ำ โดยมีปริมาณเท่ากับ 19, 14, 28, 24 และ 22 µg/kg ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ได้ล้างน้ำ) และกรรมวิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนที่ไม่ได้ใส่สารสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต มีปริมาณสูง เท่ากับ 55 และ 52 µg/kg ตามลำดับ ปริมาณอีไทออน กรรมวิธีที่ 1-7 ตรวจพบ 25, 34, 24, 22, 21, 24 และ 19 µg/kg ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับปริมาณโปรฟีโนฟอส กรรมวิธีที่ 2, 3, 4, 5 และ 7 มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 กับกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 6 โดยการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm ตรวจไม่พบโปรฟีโนฟอส กรรมวิธีที่ 3 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนไม่ใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต และกรรมวิธีที่ 7 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต 1,500 ppm พบ 11 และ 13 mg/kg ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ที่ใช้สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm ส่วนกรรมวิธีที่ 1 ไม่ล้างน้ำ กรรมวิธีที่ 2 ล้างน้ำ และกรรมวิธีที่ 6 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 1,500 ppm พบ 16, 15 และ 17 µg/kg ตามลำดับ (Table 1)

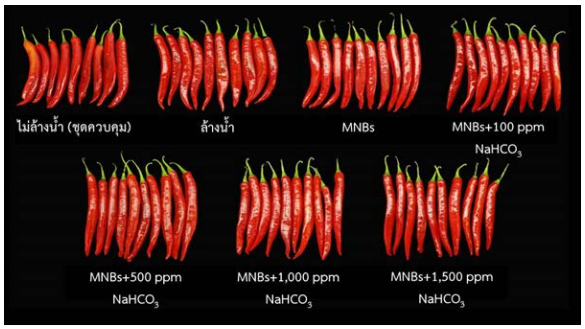

Figure1 Comparisons of bruising and color changes in chili treated micro-nano bubbles with sodium bicarbonate at 100, 500, 1000, and 1,500 ppm compared with the control sample.

Table 1 The organophosphate (diazinon, ethion and profenofos) detected in chili.

Treatments	Organophosphate		
	diazinon (µg/kg)	ethion (µg/kg)	profenofos (µg/kg)
No water (control)	55 b	25	16 b
water	22 a	34	15 b
MNBs	52 b	24	11 a
MNBs+100 ppm $NaHCO_3$	19 a	22	0 a
MNBs+500 ppm $NaHCO_3$	14 a	21	0 a
MNBs+1,000 ppm $NaHCO_3$	28 a	24	17 b
MNBs+1,500 ppm $NaHCO_3$	24 a	19	13 ab
F-test	**	ns	**
C.V. (%)	24.1	33.3	20.4

ns = not significant, ** = significant at 1% level In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

วิจารณ์ผล

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างไดอะซีนอน โดยมีปริมาณต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ล้างน้ำพบว่าปริมาณสารตกค้างไดอะซีนอนลดลงมากกว่า 60% และโปรฟีโนฟอส (ตรวจไม่พบ) ในขณะที่สารตกค้างอีไทออนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ กลไกการลดปริมาณสารตกค้างของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนอาจเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองอากาศทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการสลายยาฆ่าแมลง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Oxidizing agent ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้แล้วสลายตัวกลายเป็นสารใหม่ที่ไม่เป็นพิษหรือมีพิษลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เกิดอันตรายต่อมนุษย์ นอกจากนี้อนุมูลอิสระไฮดรอกซิลยังสามารถทำให้ผิวของผักและผลไม้ปลอดเชื้อ ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (สุชาดา และ คมกฤต, 2562) การลดปริมาณสารตกค้างของโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นผลมาจากเมื่อโซเดียมไบคาร์บอเนตละลายน้ำจะเกิดกรดคาร์บอนิค โดยอาศัยกลไกการเกิดออกซิเดชันของกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) กับสารเคมีกำจัดแมลง (Zhang *et al*., 2013) Vuthijumnonk and Shimbhanao (2019) ศึกษาการใช้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในรูปแบบ air microbubble (AMB) และ oxygen microbubble เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน คาร์บาเมต และไพรีทอยด์ในส้มและกล้วยได้ เมื่อนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซเดียมไบคาร์บอเนตในการขจัดปริมาณสารตกค้าง โดยเพิ่มความสามารถในการออกซิไดส์ทำให้โครงสร้างหรือพันธะของสารต่างๆ เกิดการแตกตัวจึงทำให้ความเป็นพิษลดลง ถึงแม้ว่าจากการทดลองตรวจพบสารตกค้าง ไดอะซีนอน อีไธออน และ โปรฟีโนฟอส ในพริกชี้ฟ้า แต่ไม่เกินค่า Maximum Residue Limits (MRLs) ซึ่งสารตกค้างดังกล่าวได้กำหนดค่า MRLs ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 ฉบับ พ.ศ.2560 เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง (พริก) ได้แก่ อีไทออน และ โปรฟีโนฟอส มีค่ากำหนดเท่ากับ 3 mg/kg ส่วนไดอะซีนอน ได้กำหนดเครื่องเทศกลุ่มผล มีค่ากำหนดเท่ากับ 0.1 mg/kg (กระทรวงสาธารณสุข, 2560)

สรุป

การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้าง ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส ในพริกชี้ฟ้าได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. 2560. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ.2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง. 30 น.

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2541. การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพ. 183 น.

ราเมศ กรณีย์ และพิมพ์ใจ ปรางสุรางค์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด. *ใน* รายงานการวิจัย FDA Journal (มกราคม-เมษายน). หน้า 34-42.

สุชาดา พันธุ์สถิตวงศ์ และคมกฤต เล็กสกุล. 2562. พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสลายยาฆ่าแมลงด้วยเทคนิคน้ำที่กระตุ้นด้วยพลาสมา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 26 (2): 147-156.

อรพรรณ วิเศษสังค์. 2551. คำแนะนำในการจัดทำแผนการทดลองประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดโรคพืช. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพ. 25 น.

Kobayashi, F., H. Ikeura, M. Tamaki and Y. Hayata. 2009a. Application of CO_2 micro- and nano-bubbles at lower pressure and room temperature to inactivate microorganisms in cut Wakegi (*Allium wakegi* Araki). Acta Horiculturae 875: 417-424.

Kobayashi, F., Y. Hayata, Y. Ikeura, M. Tamaki, N. Muto and Y. Osajima. 2009b. Inactivation of *Escherichia coli* by CO_2 microbubbles at a lower pressure and near room temperature. American Society of Agricultural Engineers 52: 1621-1626.

Vuthijumnonk, J.T. and W. Shimbhanao. 2019. Insecticide residue removal by microbubble treatment in fresh consumed agricultural product: a preliminary study. International Journal of Food Engineering 5 (3): 205-208.

Steinwandter, H. 1985. Universal 5 min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. Fresenius Journal of Analytical Chemistry 322: 752-754.

Zhang, Y.S., X.P. Li, H.M. Liu, Y.K. Zhang, F.F. Zhao, Q.L.H. Yu and J.W. Chen. 2013. Study on universal cleaning solution in removing blended pesticide residues in Chinese cabbage. Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology 5(8): 202-207.