

การลดสารคาร์เบนดาซิมในใบกุยช่ายและการดูดสารกลับ
จากการล้างด้วยวิธีของกรมวิชาการเกษตร
Reduction of Carbendazim in Chinese Chives
and Re-absorption from Washing Solution
Using Methods of Department of Agriculture

ชนิดสรา งามศักดิ์ประเสริฐ และอัจฉริยา สุริยะวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

สิทธิสุนทร สุโพธิณะ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ภารดี ช่วยบำรุง*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Chanitsara Ngamsakpasert and Achariya Suriyawong

Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,

Wangmai, Pathumwan, Bangkok 10330

Sitthisuntorn Supothina

National Metal and Materials Technology Center (MTEC), Thailand Science Park,

Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Paradee Chuaybamroong*

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้เปรียบเทียบวิธีการล้างผักตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร เพื่อลดสารตกค้างคาร์เบนดาซิมในใบกุยช่ายทั้งหมด 6 วิธี คือ การแช่น้ำประปา การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก St. Andrew การแช่น้ำผสมด่างทับทิม การแช่น้ำไหลวน และการล้างน้ำไหลผ่านตะแกรง นาน 5-60 นาที โดยศึกษา

ทั้งหมด 3 ซ้ำ การสกัดคาร์เบนดาซิมใช้วิธี matrix solid phase dispersion (MSPD) และวิเคราะห์ความเข้มข้นด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูง โดยความเข้มข้นที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ (maximum residue limits, MRLs) ซึ่งประเทศไทยกำหนดความเข้มข้นคาร์เบนดาซิมในใบกุยช่ายไว้ไม่เกิน 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) ผลการศึกษาพบว่าวิธีการล้างน้ำไหลผ่านตะแกรงโดยไม่มีการชั่งของน้ำที่ใส่แช่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการลดสารคาร์เบนดาซิม โดยสามารถลดเหลือเพียง 0.1-1.2 มก./กก.กุยช่ายในเวลา 60 นาที จากปริมาณคาร์เบนดาซิมเริ่มต้น 17.3-27.2 มก./กก.กุยช่าย คิดเป็นร้อยละ 72.3-94.9 ในขณะที่วิธีที่เหลือสามารถลดสารคาร์เบนดาซิมได้ร้อยละ 54.1-99.1 โดยระยะเวลาของการแช่ในน้ำประปา การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผักและการแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมที่สุดคือ 10 นาที เมื่อแช่ 15 นาที กลับพบปริมาณคาร์เบนดาซิมเพิ่มขึ้น ในขณะที่การแช่น้ำไหลผ่านและน้ำผสมต่างทั้งหมั ระยะเวลาในการแช่ที่เหมาะสม คือ 5 นาที เมื่อแช่นาน 10 นาที พบว่ามีปริมาณคาร์เบนดาซิมเพิ่มขึ้นแสดงว่าอาจมีการดูดซึมกลับของสารคาร์เบนดาซิมเข้าสู่ใบกุยช่ายใหม่อีกครั้งหนึ่ง มีเพียงการล้างด้วยวิธีเปิดน้ำไหลผ่านตะแกรงเท่านั้นที่ไม่พบการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมกลับเข้าสู่ใบกุยช่ายเมื่อเวลาผ่านไป

คำสำคัญ : สารกำจัดรา; คาร์เบนดาซิม; ใบกุยช่าย; วิธีการล้างผัก

Abstract

A comparison among 6 washing methods as recommended by the Department of Agriculture for carbendazim reduction in Chinese chives had been made in this study. The methods were soaking the Chinese chives in i) tap water, ii) diluted vinegar, iii) St. Andrew vegetable washing solution, iv) potassium permanganate solution, v) overflowed water, and vi) running tap water through the Chinese chives in a basket without soaking. Each method was repeated 3 times for 5-60 min. Carbendazim in the Chinese chives was extracted using the matrix solid phase dispersion (MSPD) method and analyzed with an ultra-high performance liquid chromatography. The obtained carbendazim concentration was compared with the maximum residue limits: MRLs of Thailand, which is 3 mg/kg. The results revealed that running tap water through the Chinese chives in a basket without soaking yielded the highest efficiency of cleaning (72.3-94.9 %) in 60 min. This method could reduce the carbendazim from 17.3-27.2 mg/kg to 0.1-1.2 mg/kg, which was below the MRLs, while the rests yielded 54.1-99.1 % efficiency. In cases of soaking the Chinese chives in tap water, in St. Andrew solution, and in diluted vinegar, the best reductions were found in 10 min. With a 15-min soaking test; however, the carbendazim residues in the Chinese chives were increased. In cases of soaking in the overflowed water and in potassium permanganate solution, the best reductions were in 5 min and the concentration increases were also found in a 10 min soaking test. This may imply that the re-absorption of carbendazim into the Chinese chives was occurred. However, the re-absorption was not observed when the tap water was running through the Chinese chives in the basket without soaking.

Keywords: fungicide; carbendazim; Chinese chives; vegetable washing method

1. บทนำ

ปัจจุบันภาคการเกษตรของไทยนิยมใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและโรคพืชเป็นจำนวนมาก เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชสูงถึง 134,377 ตัน คิดเป็นมูลค่า 19,357 ล้านบาท [1] คาร์เบนดาซิมจัดอยู่ในกลุ่มสารป้องกันและกำจัดเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคพืช (fungicide) เป็นสารเคมีชนิดดูดซึม (systemic fungicide) โดยพืชสามารถดูดซึมผ่านรากและเนื้อเยื่อไปส่วนต่าง ๆ ได้ [2] มีพิษเมื่อถูกผิวหนัง ระคายเคืองต่อดวงตา และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม [3] คาร์เบนดาซิมเป็นสารที่นิยมใช้มากในผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด เช่น องุ่น เงาะ ต้นหอม หอมใหญ่ ถั่วเหลือง กุยช่าย มะเขือเทศ ฯลฯ ทำให้มีปริมาณการนำเข้าสูงเป็นอันดับสามของกลุ่มสารป้องกันและกำจัดโรคพืชในปี พ.ศ. 2557 คือ 1,347,522 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่ากว่า 137,829,547 ล้านบาท [4] จึงมีรายงานการพบสารคาร์เบนดาซิมตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรเกินปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่มีได้ (maximum residue limits, MRLs) อยู่บ่อยครั้ง เช่น กล้วยมาศ และคะน้า [5] สุ่มตรวจกุยช่ายที่ซื้อจากตลาดค้าส่งและห้างสรรพสินค้าในเขตปริมณฑลในช่วงปี พ.ศ. 2553-2554 จำนวน 24 ตัวอย่าง พบคาร์เบนดาซิมตกค้าง 6.4-13.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (มก./กก.) ซึ่งเกินค่ามาตรฐาน MRLs ของไทยที่กำหนดไว้ที่ 3 มก./กก. หรือการสุ่มตรวจของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (ไทยแพน) [6] ในห้างค้าปลีกและตลาดสด เขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ ขอนแก่น ยโสธร และสงขลา พบสารคาร์เบนดาซิมตกค้างในแอปเปิ้ล 0.03-0.16 มก./กก. ในสตรอว์

เบอร์รี่ 0.22-1.39 มก./กก. ในส้มจีน 0.18 มก./กก. ในสัสน้ำผึ้ง 0.01-0.41 มก./กก. และในฝรั่ง <0.01-0.03 มก./กก. ซึ่งแม้ว่าความเข้มข้นที่พบนั้นไม่เกินค่า MRLs ของประเทศไทยแต่การบริโภคเป็นประจำอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวได้เช่นกัน

ทั้งนี้กรมวิชาการเกษตร [7] มีข้อเสนอแนะในการลดปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรก่อนนำไปบริโภคหรือนำไปประกอบอาหารด้วยวิธีที่สามารถปฏิบัติได้ง่าย เช่น การล้างโดยใช้น้ำไหลผ่านสามารถลดสารพิษลงได้ร้อยละ 25-63 การแช่ผักในน้ำที่ผสมน้ำส้มสายชูโดยใช้กรดน้ำส้มเข้มข้น 5 % ในอัตราส่วนน้ำส้มสายชู 1 ส่วนต่อน้ำ 10 ส่วน นาน 10-15 นาที สามารถลดปริมาณสารพิษได้ร้อยละ 60-84 การใช้ด่างทับทิมผสมในน้ำ 4 ลิตร แช่นาน 10 นาที ลดสารพิษได้ร้อยละ 35-43 แต่คำแนะนำเหล่านี้ไม่ชัดเจนว่าประสิทธิภาพที่ระบุนั้นเป็นการลดสารพิษตกค้างชนิดใด ขณะที่งานวิจัยของสมสมัย และคณะ [8] ศึกษาการลดปริมาณสารเมทิลพาราไรออนและเมทิลโทรมิลตกค้างในพุทราด้วยการล้าง 9 วิธี ได้แก่ การล้างด้วยน้ำไหลผ่าน การแช่น้ำ การล้างด้วยน้ำขาวข้าว การล้างด้วยน้ำส้มสายชู การล้างด้วยน้ำปูนใส การล้างด้วยน้ำเกลือ การล้างด้วยน้ำยาไลบอเนอ และการปอกเปลือก พบว่าการลดสารเมทิลพาราไรออนวิธีการปอกเปลือกมีประสิทธิภาพมากที่สุด (ร้อยละ 92) ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดได้ร้อยละ 2.7-33.3 ส่วนการแช่น้ำเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดสารเมทิลโทรมิล โดยลดได้ร้อยละ 60 ส่วนวิธีอื่น ๆ ลดได้เพียงร้อยละ 4-49

อย่างไรก็ตาม สารพิษตกค้างแต่ละชนิดมีลักษณะสมบัติที่แตกต่างกันไป คำแนะนำที่ระบุข้างต้นจึงอาจใช้ไม่ได้ผลกับสารตกค้างทุกชนิด โดยคาร์เบน

ดาซิมเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีเมื่อมีค่าความเป็นกรด-เบส เท่ากับ 4 ซึ่งละลายน้ำได้ถึง 28-36 มิลลิกรัมต่อลิตร (มก./ล.) และที่ค่าความเป็นกรด-เบส 7-8 ละลายน้ำได้ 5-7 มก./ล. [9] นอกจากนี้สารคาร์เบนดาซิมจัดอยู่ในกลุ่มสารที่ถูกดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชโดยตรงซึ่งน่าจะลดปริมาณได้ยาก และเป็นไปได้ว่าการแช่ผลผลิตทางการเกษตรไว้ในน้ำที่คาดว่ามีการละลายของคาร์เบนดาซิมจากผลผลิตออกมาสู่แล้ว เมื่อเวลาผ่านไปสารคาร์เบนดาซิมอาจถูกดูดซึมกลับเข้าสู่ผลผลิตอีกครั้งหนึ่งได้ งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาวิธีการล้างผลผลิตทางการเกษตรตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ การแช่น้ำ การล้างน้ำไหลผ่านตะแกรง การล้างน้ำไหลล้นจากภาชนะที่แช่ การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก และการแช่น้ำผสมต่างทับทิม โดยศึกษาทั้งการละลายของสารคาร์เบนดาซิมออกมาจากผักและการดูดซึมกลับเข้าสู่ผักอีกครั้งหนึ่ง ในช่วงเวลาต่าง ๆ กันตั้งแต่ 5-60 นาที โดยเลือกใช้ใบกุยช่ายเป็นตัวแทนผลผลิตทางการเกษตร

2. วิธีการวิจัย

2.1 การล้างใบกุยช่ายด้วยวิธีต่าง ๆ

การศึกษานี้ใช้กุยช่ายที่เพาะปลูกจนมีอายุ 50 วันขึ้นไป ฉีดพ่นสารคาร์เบนดาซิมยี่ห้อการค้าคาร์เบนดาซิม 50 ตามสัดส่วนที่ระบุไว้ข้างขวด คือ ปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่น 1 ครั้งแล้วเว้นระยะ 3 วัน จึงตัดใบกุยช่ายที่มีขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร โดยประมาณไปทดลอง โดยในแต่ละชุดการทดลองมีการละใบกุยช่ายจากแต่ละแปลงให้เข้ากันก่อนสุ่มแบ่งกุยช่ายไปสกัดหาความเข้มข้นสารคาร์เบนดาซิมตกค้างตั้งต้น (C_0) ตามที่พบจริงในแต่ละวัน จำนวนอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง กุยช่ายส่วนที่เหลือจัดแบ่งเป็นกองแล้วสุมนำไปล้างด้วยวิธีการ

ต่าง ๆ ที่กรมวิชาการเกษตรแนะนำ ทั้งหมด 6 วิธี ดังนี้



รูปที่ 1 การไล่สารคาร์เบนดาซิมออกจากตัวดูดซับ diatomaceous earth

วิธีที่ 1 การแช่น้ำ นำใบกุยช่ายที่คละผสมกันแล้วแบ่งเป็น 5 กอง กองละ 10 กรัม แช่ในกระเบะทดลองที่บรรจุน้ำประปา 200 มิลลิตร (มล.) จำนวน 5 กระเบะ โดยกระเบะที่ 1 แช่นาน 5 นาที กระเบะที่ 2 แช่นาน 10 นาที และกระเบะอื่น ๆ แช่นาน 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ เมื่อครบเวลาตามกำหนดจึงนำกุยช่ายขึ้นมาผึ่งให้แห้งแล้วสกัดหาคาร์เบนดาซิมตกค้างด้วยวิธี matrix solid phase dispersion (MSPD) ซึ่งคิดค้นโดย Barker [10] โดยนำกุยช่ายจำนวน 10 กรัม มาหั่นละเอียด ชั่งน้ำหนักมา 1 กรัม ผสมกับตัวดูดซับ diatomaceous earth (EXTRELUT[®], Merck) จำนวน 4 กรัม ตำในโกร่งแก้วเป็นเวลา 5 นาที ก่อนนำไปบรรจุในกระบอกฉีดยาที่ทำจากแก้ว ต่อเข้ากับปั๊มสุญญากาศ (รูปที่ 1) แล้วค่อย ๆ เทเมทานอล (HPLC grade, RCI Labscan) ปริมาตร 40 มล. พร้อมทั้งเปิดปั๊มแรงดูดต่ำเพื่อไล่ (elute) สารคาร์เบนดาซิมที่ถูกจับอยู่ในตัวดูดซับออกมาและนำไปประเหยแห้งด้วยชุดเครื่องหมุนระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator, IKA รุ่น RV 10 Digital) หลังจากนั้นใช้เมทานอลอีก 5 มล. ชะขุดระเหยแห้ง กรองด้วยกระดาษกรองไนลอน

ขนาดรูพรุน 0.22 ไมครอน (nylon syringe filter, Membrane Solution) และวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่องโครมาโตกราฟของเหลวสมรรถภาพสูง (ultra-high performance liquid chromatography, Shimadzu รุ่น Nexera LC-30A) ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัย วิธีนี้ให้ประสิทธิภาพการคืนกลับของสารคาร์เบนดาซิม (% recovery) ร้อยละ 103.4-104.1



รูปที่ 2 การล้างแบบน้ำไหลผ่านตะแกรง



รูปที่ 3 การล้างแบบน้ำไหลผ่าน

วิธีที่ 2 การล้างน้ำไหลผ่านตะแกรง กระทำโดยนำใบกุยช่าย 10 กรัม ใส่ตะแกรง แล้วเปิดน้ำ

ประปาไหลผ่านกุยช่าย ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยไม่ให้น้ำประปาค้างหรือแช่อยู่ในตะแกรง ทั้งหมด 5 ใบ แต่ละใบเปิดน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำกุยช่ายมาผึ่งให้แห้งและมาสกัดหาคาร์เบนดาซิมตกค้างตามวิธี MSPD ดังกล่าวข้างต้น

วิธีที่ 3 การล้างน้ำไหลผ่าน กระทำโดยแช่ใบกุยช่าย 10 กรัม ในกระบอกที่มีปริมาตรความจุ 6 ลิตร แล้วเปิดน้ำประปาไหลสู่กระบอกจนน้ำท่วมและล้นออก ดังรูปที่ 3 โดยใช้กระบอกทดลองทั้งหมด 5 ใบ แต่ละใบเปิดน้ำไหลนาน 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที จากนั้นจึงนำใบกุยช่ายมาผึ่งให้แห้งและสกัดหาคาร์เบนดาซิมตกค้างตามวิธี MSPD

วิธีที่ 4 การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู กระทำโดยนำใบกุยช่าย 10 กรัม แช่ในกระบอกที่บรรจุน้ำประปาสมน้ำส้มสายชูความเข้มข้นกรดน้ำส้ม 5 % ในอัตราส่วนน้ำส้มสายชู 20 มล. ต่อน้ำ 200 มล. รวมทั้งหมด 5 กระบอก แช่นาน 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ จากนั้นจึงนำใบกุยช่ายมาผึ่งให้แห้งและสกัดหาคาร์เบนดาซิมคงเหลือตามวิธี MSPD

วิธีที่ 5 การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก ซึ่งมีสารลดแรงตึงผิวในกลุ่ม sodium lauryl ether sulfate 4.8 % (w/w) กระทำโดยนำใบกุยช่าย 10 กรัม แช่ในกระบอกทดลองที่มีน้ำประปาสมน้ำยาล้างผักยี่ห้อ St. Andrew ในอัตราส่วนน้ำยาล้างผัก 0.25 มล. ต่อน้ำ 200 มล. รวม 5 กระบอก แช่นาน 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ เมื่อครบเวลาจึงนำใบกุยช่ายจากแต่ละกระบอกขึ้นมาผึ่งให้แห้งแล้วสกัดหาคาร์เบนดาซิมคงเหลือตามวิธี MSPD

วิธีสุดท้าย การแช่น้ำผสมต่างทาบทิมี กระทำโดยนำใบกุยช่าย 10 กรัม แช่ในกระบอกที่มีน้ำประปาสมต่างทาบทิมีในอัตราส่วนต่างทาบทิมี 2 มก. ต่อน้ำ 200 มล. รวม 5 กระบอก แช่นาน 5, 10,

15, 30 และ 60 นาที ตามลำดับเมื่อครบเวลาจึงนำไป ทยอยจากแต่ละกระบอกฝั่งให้แห้งและมาสกัดหา คาร์เบนดาซิมคงเหลือตามวิธี MSPD ดังกล่าวข้างต้น สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UHPLC ใช้คอลัมน์ ชนิด C18 (Knauer) ความยาวคอลัมน์ 250 มิลลิเมตร (มม.) เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มม. ขนาดอนุภาค 5 ไมโครเมตร ใช้อัตราส่วนตัวนำพาเป็นเมทานอล (HPLC grade) ร้อยละ 60 ต่อ น้ำปราศจากไอออน ร้อยละ 40 อัตราเร็วในการฉีด 1 มล./นาที การสร้าง กราฟสารละลายคาร์เบนดาซิมมาตรฐาน (standard calibration curve) กระทำโดยใช้สารละลายคาร์เบน

ดาซิมบริสุทธิ์ 99 % (Dr. Ehrenstorfer) ละลายด้วย เมทานอล (HPLC grade) ให้มีความเข้มข้น 200 ไมโครกรัม/มล. แล้วเจือจางให้อยู่ในช่วง 0.03-10 ไมโครกรัม/มล. นำไปฉีดเข้าเครื่อง UHPLC จากนั้นนำ ค่าพื้นที่ใต้กราฟจากเครื่อง UHPLC มาสร้างกราฟเป็น แขน y ส่วนแกน x คือความเข้มข้นสารละลายคาร์เบน ดาซิมมาตรฐานที่ใช้ ความเข้มข้นสารคาร์เบนดาซิมตก ค้างในใบกุ่มย่ายแต่ละช่วงเวลาทราบได้จากการแทน ค่าพื้นที่ใต้กราฟในกราฟมาตรฐานและคำนวณเป็น ความเข้มข้นของคาร์เบนดาซิม มก./กก.ของกุ่มย่าย จากสมการดังนี้

$$\text{ปริมาณสารคาร์เบนดาซิม (}\frac{\text{มิลลิกรัม}}{\text{กิโลกรัม}}\text{)} = \frac{C \left(\frac{\text{ไมโครกรัม}}{\text{มิลลิลิตร}} \right) \times V (\text{มิลลิลิตร}) \times \frac{1 \text{ มิลลิกรัม}}{1000 \text{ ไมโครกรัม}}}{\text{กุ่มย่าย 1 กรัม} \times \frac{1 \text{ กิโลกรัม}}{1000 \text{ กรัม}}}$$

โดย C = ความเข้มข้นของสารคาร์เบนดาซิมได้จากกราฟมาตรฐาน (ไมโครกรัม/มล.)

V = ปริมาตรของสารสกัดที่ปรับปริมาตรสุดท้ายในขวดระเหยแห้ง = 5 มล.

2.2 การดูลักษณะสารคาร์เบนดาซิมของใบ กุ่มย่าย

เนื่องจากสารคาร์เบนดาซิมเป็นสารชนิดดูด ซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อของพืช การศึกษาจึงทดสอบว่าใน ระหว่างที่มีการแช่ใบกุ่มย่ายซึ่งอาจมีคาร์เบนดาซิม ละลายออกมาจากใบกุ่มย่ายลงไปใต้น้ำแล้วนั้น จะมี การดูดกลับเข้าสู่ใบกุ่มย่ายใหม่อีกครั้งหนึ่งหรือไม่ การศึกษาใช้ใบกุ่มย่ายที่ปลูกโดยไม่มีการฉีดพ่นสาร คาร์เบนดาซิม แบ่งเป็นกอง กองละ 10 กรัม แบ่งไป สกัดสารคาร์เบนดาซิมตั้งต้น (C_0) จำนวน 3 ซ้ำ ที่ เหลือนำไปแช่ในบีกเกอร์ที่มีสารละลายคาร์เบนดาซิม เข้มข้น 5, 10 และ 20 มก./ล. (เตรียมโดยละลายสาร คาร์เบนดาซิมยี่ห้อการค้าคาร์เบนดาซิม 50 จำนวน 2, 4 และ 8 มก. ในน้ำประปา น้ำผสมน้ำส้มสายชู น้ำ ผสมน้ำยาล้างผัก และน้ำผสมต่างทับทิม ปริมาตร 200 มล. ตามลำดับ) แช่ทิ้งไว้นาน 5, 10, 15, 30 และ 60

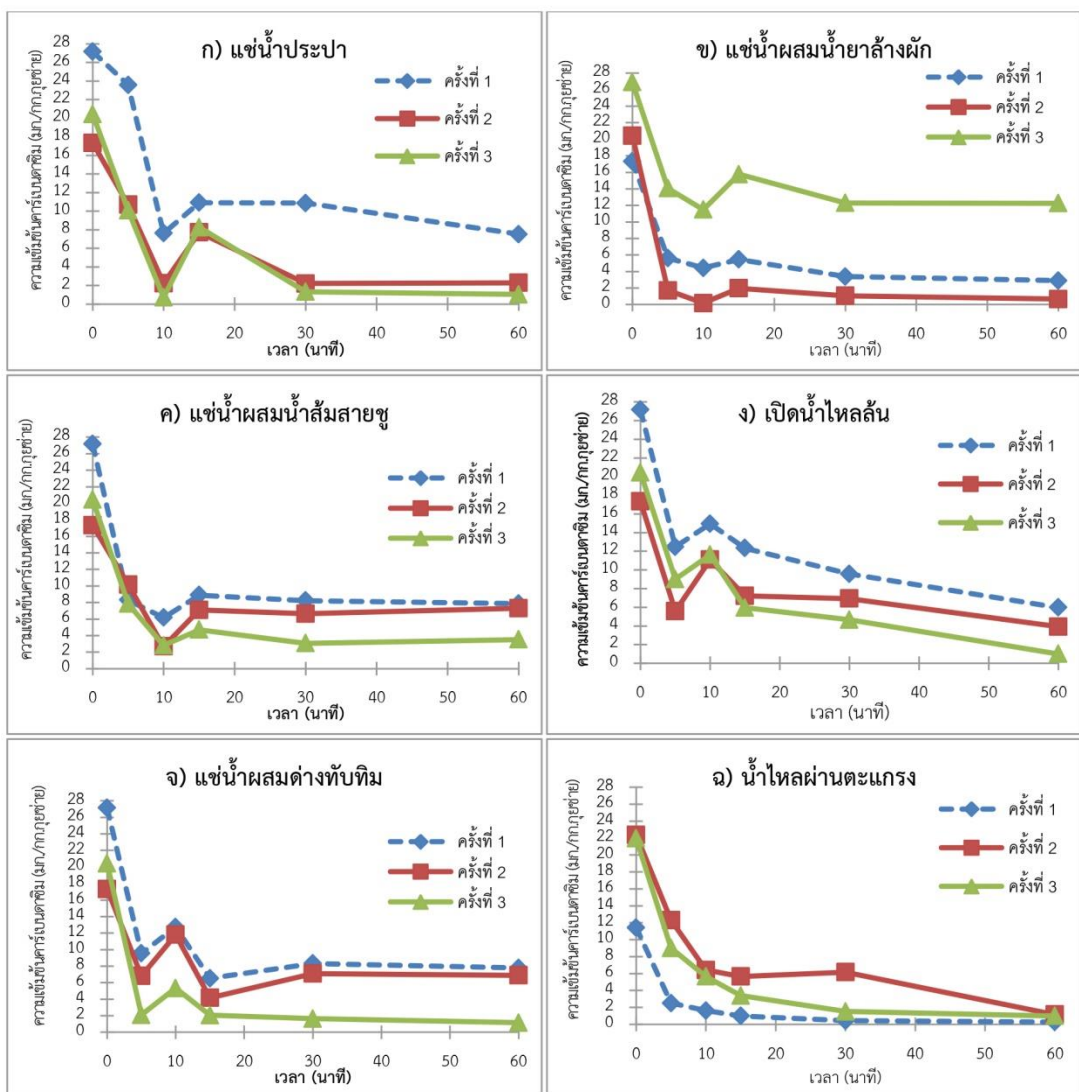
นาที (รูปที่ 4) เมื่อครบแต่ละช่วงเวลาจึงนำไปกุ่มย่าย จากแต่ละบีกเกอร์ขึ้นแกว่งน้ำประปา 1 ลิตร ก่อนฝั่ง ให้แห้งแล้วสกัดหาปริมาณสารคาร์เบนดาซิมในใบ กุ่มย่ายด้วยวิธี MSPD

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของวิธีการล้างใบ กุ่มย่ายที่มีสารคาร์เบนดาซิมตกค้างด้วยวิธีที่แตกต่าง กันทั้ง 6 วิธี คือ การแช่น้ำ การล้างน้ำไหลผ่านตะแกรง การล้างน้ำไหลล้น การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู การแช่ น้ำผสมต่างทับทิม และการแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก St. Andrew จำนวนทั้งหมด 3 ซ้ำ แสดงดังรูปที่ 5 โดย แขน y คือ ความเข้มข้นของสารคาร์เบนดาซิมคงเหลือ ในใบกุ่มย่าย (มก./กก.กุ่มย่าย) และแกน x คือช่วงเวลา ที่แช่ตั้งแต่ 5-60 นาที โดยความเข้มข้นที่เวลา 0 นาที คือความเข้มข้นตั้งต้นที่พบในกุ่มย่าย (C_0) ก่อนการแช่



รูปที่ 1 การทดสอบการดูดกลืนสารคาร์เบนดาซิมของใบกุยช่าย



รูปที่ 5 ปริมาณสารคาร์เบนดาซิมตกค้างในใบกุยช่ายจากการล้างวิธีต่าง ๆ กัน

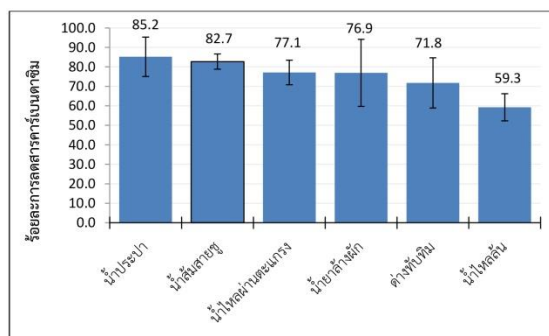
รูปที่ 5 พบว่าการแช่ใบกุยช่ายในน้ำประปา (รูปที่ 5ก) นาน 10 นาที ให้ผลในการลดสารคาร์เบนดาซิมตกค้างได้ดีที่สุดโดยลดสารคาร์เบนดาซิมให้เหลือต่ำที่สุด 7.6, 2.2 และ 0.7 มก./กก.กุยช่าย จากปริมาณคาร์เบนดาซิมตั้งต้น 27.2, 17.3 และ 20.4 มก./กก.กุยช่าย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละการกำจัด 71.9, 87.1 และ 96.5 จากการศึกษา 3 ครั้ง (ต่างวันและเวลา) ในขณะที่การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก (รูปที่ 5ข) สามารถลดคาร์เบนดาซิมจากปริมาณตั้งต้น 17.3, 20.4 และ 26.9 มก./กก.กุยช่าย ให้เหลือ 4.4, 0.2 และ 11.5 มก./กก.กุยช่ายตามลำดับ ที่เวลา 10 นาที เช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 74.4, 99.1 และ 57.3 ตามลำดับ ส่วนการแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู (รูปที่ 5ค) สามารถลดสารคาร์เบนดาซิมได้เหลือ 6.2, 2.7 และ 2.8 มก./กก.กุยช่าย จากปริมาณคาร์เบนดาซิมตั้งต้น 27.2, 17.3 และ 20.4 มก./กก.กุยช่าย ตามลำดับ ที่เวลา 10 นาที คิดเป็นร้อยละ 77.3, 84.5 และ 86.3 ให้ผลสอดคล้องกันทั้งหมด อย่างไรก็ตาม หากแช่กุยช่ายในน้ำประปา ในน้ำผสมน้ำยาล้างผัก และในน้ำผสมน้ำส้มสายชูนาน 15 นาที กลับพบว่าปริมาณคาร์เบนดาซิมตกค้างอยู่ในใบกุยช่ายมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยสันนิษฐานว่าอาจมีการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมที่ละลายออกแล้วมากกลับเข้าสู่เนื้อเยื่อของใบกุยช่ายใหม่

กรณีของการเปิดน้ำไหลผ่าน (รูปที่ 5ง) และการแช่น้ำผสมต่างทาบิหม (รูปที่ 5จ) พบว่าการแช่นาน 5 นาที ให้ผลในการลดสารคาร์เบนดาซิมตกค้างได้ดีกว่าการแช่นาน 10 นาที โดยการเปิดน้ำไหลผ่านสามารถลดสารคาร์เบนดาซิมเหลือเพียง 12.5, 5.6 และ 9.0 มก./กก.กุยช่าย จากปริมาณคาร์เบนดาซิมตั้งต้น 27.2 17.3 และ 20.4 มก./กก.กุยช่าย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละการกำจัด 54.1, 67.8 และ 55.9 ขณะที่การแช่น้ำผสมต่างทาบิหมสามารถลดสารคาร์เบนดาซิมจากปริมาณตั้งต้น 27.2, 17.3 และ 20.4 มก./กก.กุยช่าย เหลือเพียง

9.5, 6.8 และ 2.1 มก./กก.กุยช่าย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 64.9, 60.6 และ 89.8 แต่หากแช่นาน 10 นาที กลับพบปริมาณคาร์เบนดาซิมตกค้างมากขึ้น โดยเป็นไปได้ว่ากุยช่ายมีการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมกลับเข้าสู่เนื้อเยื่อเช่นกัน ในขณะที่เมื่อทดลองล้างแบบเปิดน้ำไหลผ่านตะแกรงโดยไม่ให้น้ำประปาค้างหรือแช่อยู่ในตะแกรง (รูปที่ 5ฉ) พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของสารคาร์เบนดาซิมตกค้างในใบกุยช่ายดังเช่นที่ปรากฏในการแช่น้ำชนิดต่าง ๆ เลย โดยระยะเวลาในการล้างยังนานขึ้น ปริมาณสารคาร์เบนดาซิมยังลดลงจนเหลือเพียง 0.3, 1.2 และ 0.1 มก./กก.กุยช่าย เมื่อครบเวลา 60 นาที ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน MRLs ทั้งหมดจากปริมาณคาร์เบนดาซิมเริ่มต้น 27.2, 17.3 และ 20.4 มก./กก.กุยช่าย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละการกำจัด 72.3, 86.8 และ 94.9 จากการศึกษาข้างต้นสามารถนำมาสรุปเป็นร้อยละของการกำจัดสารคาร์เบนดาซิมและขีดแสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ดังรูปที่ 6 โดยการแช่น้ำประปา การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู และการเปิดน้ำไหลผ่านตะแกรงได้ใช้ค่าร้อยละการลดของสารคาร์เบนดาซิมเมื่อแช่นาน 10 นาที ในส่วนของการเปิดน้ำไหลผ่านและการแช่น้ำผสมต่างทาบิหมใช้ค่าร้อยละการลดลงของสารคาร์เบนดาซิมเมื่อแช่นาน 5 นาที

รูปที่ 6 พบว่าลำดับการล้างที่ช่วยลดสารคาร์เบนดาซิมเรียงจากลดมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ การแช่น้ำประปา > การแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู > การแช่น้ำไหลผ่านตะแกรง > การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก > การแช่น้ำผสมต่างทาบิหม > การแช่น้ำไหลผ่าน เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษานี้กับการศึกษาอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน พบว่าผลที่ได้ค่อนข้างสอดคล้องกันในแง่ของร้อยละการกำจัดสารพิษตกค้าง เช่น การศึกษาของเออนก และธวัชชัย [11] ที่แช่ผักคะน้าในน้ำผสมต่างทาบิหมความเข้มข้น 0.1 % เปรียบเทียบกับการแช่ใน

น้ำผสมน้ำยาล้างผัก 3 ยี่ห้อ นาน 15 นาที เพื่อกำจัดสารตกค้างเมทโรนิล ผลการศึกษาพบว่า การแช่น้ำต่างหัตถิสามารถลดเมทโรนิลได้ร้อยละ 68.9 ขณะที่การล้างน้ำผสมน้ำยาล้างผักลดได้ร้อยละ 46.6-52.2 โดยต่างหัตถิเป็นสารออกซิไดซ์ซึ่งช่วยสลายสารกำจัดศัตรูพืชได้ดี ขณะที่น้ำยาล้างผักมีสารลดแรงตึงผิวในกลุ่ม sodium lauryl ether sulfate จึงช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกและแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ หรือการศึกษาของ Satpathy และคณะ [12] ที่ลดสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออกาโนฟอสเฟต ได้แก่ พาราไรออน เมทิลพาราไรออน มาลาไรออน เฟนิโตรไรออน ฟอโมไรออน และคลอไพริฟอส โดยแช่มะเขือม่วง กระเจี๊ยบเขียว มะเขือเทศ ถั่ว กระหล่ำดอกและพริกแดงในน้ำ เปรียบเทียบกับน้ำผสมต่างหัตถิความเข้มข้น 0.001 % และน้ำผสมกรดน้ำส้ม (อะซิติก) ความเข้มข้น 0.1 % และอื่น ๆ นาน 15 นาที พบว่าการแช่น้ำให้ประสิทธิภาพในการลดสารกำจัดศัตรูพืชได้ต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 20±2 ถึง 45±1 ขณะที่การแช่น้ำผสมกรดน้ำส้มมีประสิทธิภาพร้อยละ 40±2 ถึง 91±2 และการแช่น้ำผสมต่างหัตถิมีประสิทธิภาพร้อยละ 34±5 ถึง 92.6±2 โดยสารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดถูกกำจัดได้แตกต่างกันไป และผักแต่ละชนิดให้ผลในการลดสารกำจัดศัตรูพืชที่ต่างกันอีกด้วย โดยผู้วิจัยสรุปว่าน้ำผสมต่างหัตถิให้ผลดีที่สุดสำหรับการกำจัดสารเฟนิโตรไรออน เนื่องจากต่างหัตถิเป็นสารออกซิไดซ์ซึ่งอย่างแรง จึงมีศักยภาพสูงในปฏิกิริยารีดอกซ์กับสารกำจัดศัตรูพืชดังกล่าว ในขณะที่กรดน้ำส้มให้ประสิทธิภาพที่สูงเนื่องจากมีความเป็นกรด (pH 3.74) และมีค่า oxidation reduction potential (ORP) ที่สูงถึง 617 มิลลิโวลต์ จึงสามารถลดสารคลอไพริฟอสและมาลาไรออนได้มากใกล้เคียงกับต่างหัตถิ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยกลุ่มนี้พบว่าความสามารถในการละลายน้ำของสารกำจัดศัตรูพืชไม่มีส่วน



รูปที่ 3 ร้อยละของการลดสารคาร์เบนดาซิมด้วยวิธีการล้างตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร

เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการลดสารกำจัดศัตรูพืช กล่าวคือ มาลาไรออนมีค่าการละลายน้ำ 124 มก./ล. ขณะที่เฟนิโตรไรออนมีค่าการละลายน้ำ 34 มก./ล. แต่ร้อยละการลดลงของมาลาไรออนนั้นต่ำกว่าเฟนิโตรไรออนอย่างเห็นได้ชัด เช่น ในมะเขือม่วง การแช่น้ำผสมต่างหัตถิกำจัดมาลาไรออนได้ร้อยละ 38±3 ขณะที่เฟนิโตรไรออนถูกกำจัดได้ร้อยละ 89±6 เป็นต้น ส่วน Radwan และคณะ [13] ศึกษาการลดสารตกค้างไพริมิฟอส-เมทิล ในพริกชี้หนู พริกหวานและมะเขือม่วง โดยการล้างด้วยน้ำประปา น้ำผสมต่างหัตถิ ความเข้มข้น 0.01 % และน้ำผสมกรดน้ำส้ม (อะซิติก) ความเข้มข้น 2 % เป็นเวลา 1 นาที พบว่าการแช่น้ำประปาสามารถลดสารตกค้างไพริมิฟอส-เมทิล ในพริกชี้หนู พริกหวาน และมะเขือม่วงได้น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 52.6-58.8 ในส่วนของการแช่น้ำผสมต่างหัตถิลดได้ร้อยละ 66.5-96.8 และการแช่น้ำผสมกรดน้ำส้มสามารถลดได้ใกล้เคียงกับต่างหัตถิคือ ร้อยละ 76.6-95.7 โดยผู้วิจัยไม่ได้อธิบายถึงเหตุผลที่ได้แต่อย่างใด นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Klinhom และคณะ [14] ที่ศึกษาการลดสารพิษตกค้างเมทโรนิล (สารชนิดดูดซึม) และคาร์บาริลในใบคะน้า โดยแช่คะน้าที่มีสารตกค้างในน้ำผสมต่างหัตถิความเข้มข้น

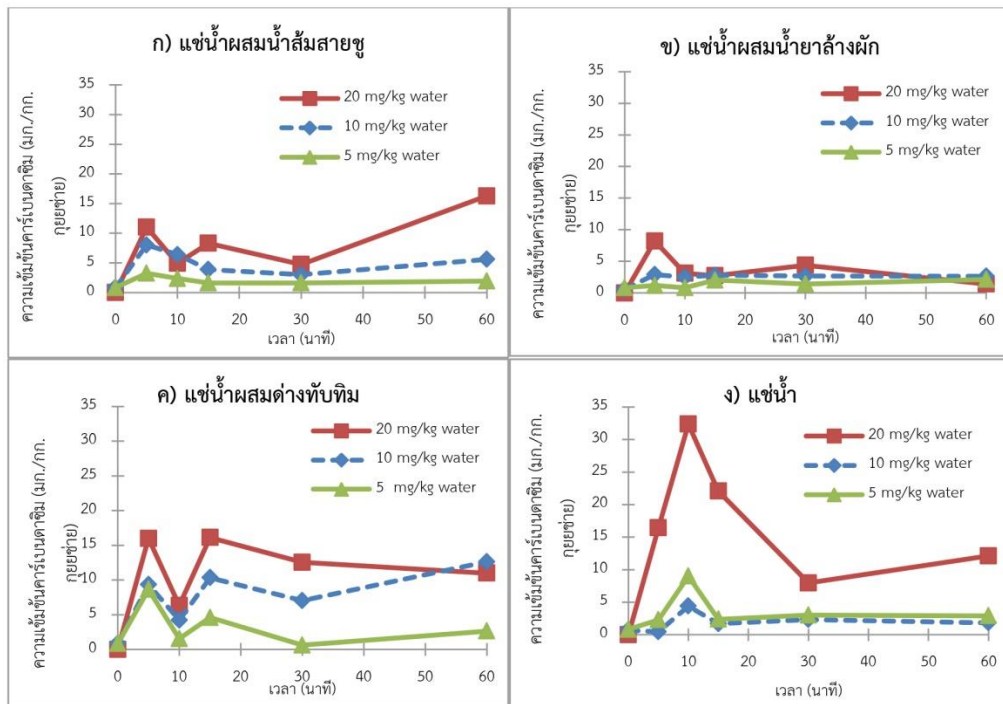
0.001 % น้ำผสมกรดน้ำส้ม (อะซิติก) ความเข้มข้น 0.1 % และอื่น ๆ เปรียบเทียบกับการแช่น้ำธรรมดาเป็นเวลานาน 15 นาทีโดยพบว่าเมทิลโมลันถูกกำจัดได้เพียงร้อยละ 2.6-21 ขณะที่คาร์บาร์ลถูกกำจัดได้ร้อยละ 20-62 ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะสมบัติทางเคมีกายภาพที่แตกต่างกันของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสอง โดยการแช่ใบค่น้ำในน้ำผสมต่างทาบิคมให้ประสิทธิภาพในการลดดีที่สุด สามารถลดเมทิลโมลันได้ร้อยละ 48 และลดคาร์บาร์ลได้ร้อยละ 93 โดยให้เหตุผลเช่นเดียวกับ Satpathy และคณะ ส่วนการแช่น้ำผสมกรดน้ำส้มลดเมทิลโมลันได้ร้อยละ 43 และลดคาร์บาร์ลได้ร้อยละ 90 ในขณะที่การแช่น้ำเพียงอย่างเดียวลดเมทิลโมลันได้ร้อยละ 38 และลดคาร์บาร์ลได้ร้อยละ 88

ทั้งนี้การศึกษาอื่น ๆ นั้นให้ผลในการลดสารกำจัดศัตรูพืชได้มากเมื่อใช้น้ำผสมต่างทาบิคมและน้ำผสมกรดน้ำส้ม ส่วนการแช่น้ำเพียงอย่างเดียวให้ประสิทธิภาพที่ค่อนข้างต่ำ ขณะที่การศึกษานี้พบว่าการแช่น้ำประปาให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับวิธีอื่น ๆ แม้ว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะค่อนข้างมากก็ตาม (± 10.1) โดยการแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชูให้ประสิทธิภาพที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันโดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำที่สุด (± 3.9) ในกรณีน้ำไหลผ่านตะแกรงนั้น เนื่องจากการเปรียบเทียบในนาที่ที่ 10 การลดลงของสารคาร์เบนดาซิมยังไม่คงที่ ประสิทธิภาพที่เปรียบเทียบในรูปที่ 6 จึงต่ำกว่าการแช่น้ำประปาและน้ำผสมน้ำส้มสายชู แต่หากใช้ปริมาณคงเหลือของคาร์เบนดาซิมในนาที่ที่ 60 การเปิดน้ำไหลผ่านตะแกรงจะให้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุด

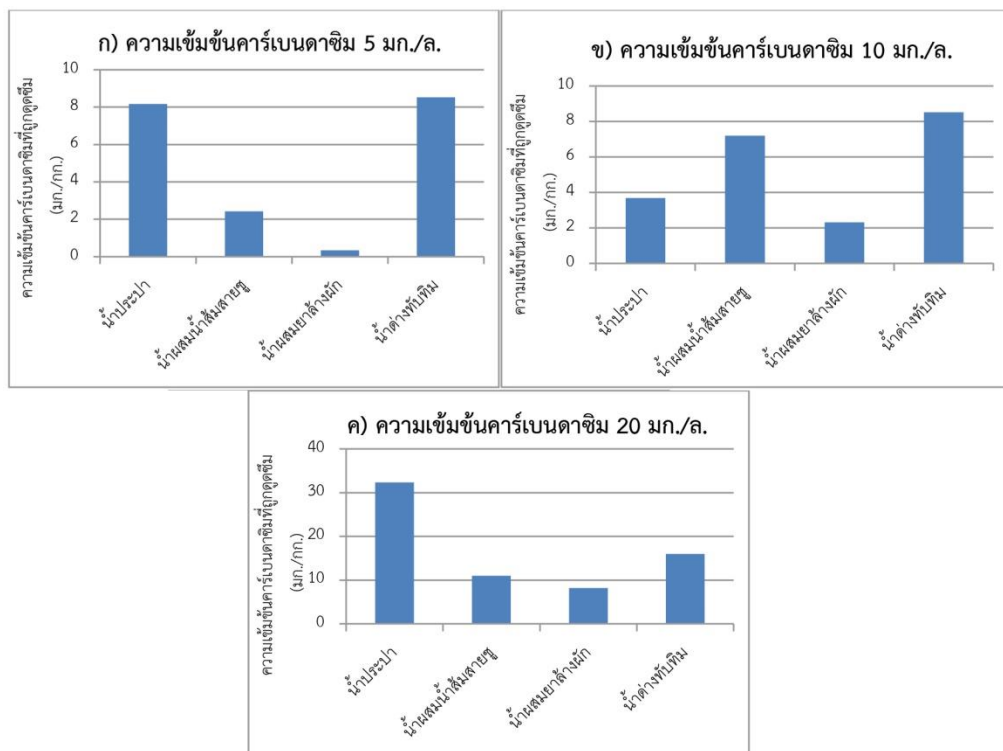
อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่าง ๆ ดังกล่าวไม่มีการแช่ผลผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาแช่ที่ดีที่สุด จึงไม่มีการสังเกตพบการเพิ่มขึ้นของสารตกค้างในผลผลิตหลังจากผ่านระยะเวลาของการแช่ที่ให้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุดไปแล้วดังที่พบในการศึกษานี้

การศึกษาลำดับต่อไปจึงเป็นการศึกษาการดูดซึมกลับของสารคาร์เบนดาซิมเข้าสู่เนื้อเยื่อของกุยช่าย เพื่อพิสูจน์ข้อสันนิษฐานถึงสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของสารคาร์เบนดาซิม โดยใช้กุยช่ายปลอดสารตกค้างคาร์เบนดาซิมแช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู น้ำผสมน้ำยาล้างผัก น้ำผสมต่างทาบิคมและน้ำประปาที่มีสารคาร์เบนดาซิมละลายอยู่ 3 ความเข้มข้น ผลการศึกษาแสดงได้ดังรูปที่ 7

การศึกษานี้ใช้ใบกุยช่ายที่ไม่มีการฉีดพ่นสารคาร์เบนดาซิมแต่จากการตรวจสอบค่าความเข้มข้นตั้งต้นของคาร์เบนดาซิม (C_0) พบว่าใบกุยช่ายมีปริมาณคาร์เบนดาซิม 0-8.3 มก./กก.กุยช่าย ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจมีการปนเปื้อนอยู่ในดิน หรือในระหว่างการเพาะปลูก การแช่ใบกุยช่ายในน้ำที่มีสารคาร์เบนดาซิมละลายอยู่ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน คือ 5, 10 และ 20 มก./กก.น้ำ (หรือมก./ล.) ในรูปที่ 7 พบว่าการแช่ในน้ำผสมน้ำส้มสายชูนาน 5 นาที่ (รูปที่ 7ก) ใบกุยช่ายมีการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 3.3, 8.0 และ 11.0 มก./กก.กุยช่าย จากการศึกษานี้ 3 ชั่วโมงตามลำดับ ในขณะที่การแช่น้ำผสมน้ำยาล้างผัก (รูปที่ 7ข) พบการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมมากในช่วง 5 นาที่เช่นกัน โดยพบว่าสามารถดูดซึมได้จนมีความเข้มข้น 1.2, 2.9 และ 8.2 มก./กก.กุยช่ายตามลำดับ และการแช่น้ำผสมต่างทาบิคม (รูปที่ 7ค) มีการดูดซึมสารคาร์เบนดาซิมมากที่สุด 5 นาที่เช่นกัน โดยสามารถดูดซึมได้ถึง 8.6, 9.4 และ 11.0 มก./กก.กุยช่ายตามลำดับ ในส่วนของการแช่น้ำประปา (รูปที่ 7ง) พบว่าคาร์เบนดาซิมมีการดูดกลับมากที่สุดในช่วง 10 นาที่ คือ 9.0, 4.4 และ 32.4 มก./กก.กุยช่าย ซึ่งมากกว่าการแช่น้ำผสมสารชนิดต่าง ๆ เมื่อนำผลของการดูดซึมกลับคาร์เบนดาซิมเข้าสู่ใบกุยช่ายในนาที่ที่ 5 สำหรับน้ำผสมน้ำส้มสายชู น้ำยาล้างผัก ต่างทาบิคม และ นาที่ที่ 10 (เฉพาะการแช่น้ำประปา) มาสรุปเปรียบเทียบใหม่ สามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 ปริมาณสารคาร์เบนดาซิมที่ดูดกลืนเข้าสู่ใบกุยช่าย



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารคาร์เบนดาซิมที่ถูกดูดซึมกลับในใบกุยช่าย

รูปที่ 8ก พบว่าการแซ่บไถ่ช่วยในน้ำประปาและน้ำผสมต่างทั้บที่มีควมเข้มข้นคาร์เบนดาซิม 5 มก./ล. พบการดูดซึ่กลับเข้าสู่ไถ่ช่วยมากที่สุดในขณะที่การแซ่บไถ่ช่วยในน้ำผสมน้ำส้มสายชูและในน้ำยาล้างผักมีการดูดซึ่กลับที่น้อยกว่อย่างเห็นได้ชัดโดยเป็นไปได้วาค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำประปา (7.21-7.92) และน้ำต่างทั้บ (7.18-7.94) ซึ่งวัดระหว่างการศึกษาอยู่น้อยในช่วงที่คาร์เบนดาซิมมีการละลายได้ดีกว่ ขณะที่ในน้ำผสมน้ำส้มสายชูมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 2.80-3.24 ซึ่งต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการละลาย (ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมคือ 4.0) การดูดกลับจึงไม่มากเท่าการแซ่บน้ำประปาและน้ำผสมต่างทั้บ ส่วนการแซ่บในน้ำผสมน้ำยาล้างผัก St. Andrew ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.31-7.90 ใกล้เคียงกับน้ำประปาแต่พบการดูดซึ่กลับที่น้อยที่สุดเป็นไปได้วาน้ำยาล้างผักมีสารลดแรงตึงผิวเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งช่วยเคลือบผิวของไถ่ช่วยเอาไว้ การดูดซึ่สารคาร์เบนดาซิมจึงมีตัวกั้นกลาง (barrier) ขัดขวางอยู่ ขณะที่รูปที่ 8ข ความเข้มข้นของสารคาร์เบนดาซิมเพิ่มขึ้นเป็น 10 มก./ล. การดูดซึ่กลับเมื่อแซ่บไถ่ช่วยในน้ำประปามีน้อยกว่าในน้ำผสมน้ำส้มสายชูและต่างทั้บนั้นไม่ชัดเจนว่าเกิดจากสาเหตุใด ซึ่งอาจเป็นความคลาดเคลื่อนของการทดลองเนื่องจากการศึกษาในส่วนนี้กระทำเพียงซ้ำเดียว และในรูปที่ 8ค ความเข้มข้นของคาร์เบนดาซิม 20 มก./ล. พบว่าการแซ่บไถ่ช่วยในน้ำประปามีการดูดซึ่สูงสุดซึ่งน่าจะเป็นเหตุผลเดียวกันกับในรูป 8 จากค่าความเป็นกรด-ด่างที่คาร์เบนดาซิมละลายได้ อย่างไรก็ตาม การแซ่บไถ่ช่วยในน้ำผสมน้ำยาล้างผักที่มีสารคาร์เบนดาซิมละลายอยู่ในทุกความเข้มข้น (รูปที่ 8ก, 8ข และ 8ค) พบการดูดซึ่กลับที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการแซ่บน้ำผสมสารต่าง ๆ สอดคล้องกันทั้งหมด ซึ่งเหตุผลที่ชัดเจนอาจต้องมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

4. สรุป

วิธีที่ให้ประสิทธิภาพในการลดสารคาร์เบนดาซิมตกค้างมากที่สุดในการศึกษานี้ คือ การล้างน้ำไหลผ่านตะแกรงโดยยังล้างนานปริมาณคาร์เบนดาซิมตกค้างยังลดลง จนเหลือปริมาณคาร์เบนดาซิมตกค้างเพียง 0.1-1.2 มก./กก.ไถ่ช่วย ที่เวลา 60 นาที ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน MRLs ของไทยที่กำหนดไว้ที่ 3 มก./กก. ส่วนวิธีการล้างด้วยการแซ่บน้ำประปา การแซ่บน้ำผสมน้ำยาล้างผัก และการแซ่บน้ำผสมน้ำส้มสายชู พบว่าสามารถลดสารคาร์เบนดาซิมให้เหลือต่ำที่สุดที่เวลา 10 นาที โดยยังมีบางส่วนที่ไม่ผ่านค่ามาตรฐาน MRLs ของไทย และพบการดูดซึ่กลับของสารคาร์เบนดาซิมเข้าสู่เนื้อเยื่อที่เวลา 15 นาที ในขณะที่วิธีที่เหลือ คือ การเปิดน้ำไหลล้นและการแซ่บน้ำผสมต่างทั้บมีนาน 5 นาทีที่สามารถลดปริมาณสารคาร์เบนดาซิมตกค้างในไถ่ช่วยได้ดีที่สุด แต่หากแซ่บนาน 10 นาที พบว่ามีการดูดซึ่กลับของสารคาร์เบนดาซิมเช่นเดียวกัน มีเพียงเฉพาะวิธีการเปิดน้ำไหลผ่านตะแกรงเท่านั้นที่ไม่พบการดูดซึ่กลับของสารคาร์เบนดาซิม

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2558 (012/2558) การวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟของเหลวสมรรถภาพสูงได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

6. รายการอ้างอิง

- [1] กรมวิชาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุ

- อันตรายทางการเกษตรปี 2553-2557, แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146, 19 ธันวาคม 2558.
- [2] สุนีย์ ัญญโนทัย, 2533, แนะนำสารป้องกันกำจัดโรคพืชคาร์เบนดาซิม, ว.เคหการเกษตร 14(6): 105-108.
- [3] Sigma-Aldrich, Safety data sheet, Available Source: http://www.chemtrack.org/MS_DSSG/Trf/msdst/msdst10605-21-7.html, December 20, 2015.
- [4] สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2557 [10 อันดับ], แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th>, 19 ธันวาคม 2558.
- [5] ภาณุมาศ นาคเจือทอง, สุมิตรา ใจซื่อ, ชนิดสรา งามศักดิ์ประเสริฐ และการติ ช่วยบำรุง, 2554, ปริมาณคาร์เบนดาซิมในผลผลิตการเกษตรและการกำจัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลสิม, ว.วิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 16 (5): 454-467.
- [6] เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัด ศัตรูพืช (ไทย แพน), การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผัก และผลไม้ มีนาคม-พฤษภาคม 2557, แหล่งที่มา: <http://www.thaipan.org/node/722>, 25 ธันวาคม 2558.
- [7] กรมวิชาการเกษตร, จดหมายข่าว ผลิใบก้าวหน้าใหม่ วิจัยและพัฒนาการเกษตร, แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n16/v_9-oct/borkor.html, 21 ธันวาคม 2558.
- [8] สมสมัย ปาลกุล, พงศ์ศรี ไบอดุลย์, ถวิล จอมเมือง และพูลสุข หฤทัยธนาสันติ, 2531, การลดปริมาณสารมีพิษตกค้างใน/บนพุทรา, ข่าวสารวัตถุมิพิษ, ปีที่ 15(4): 156-162.
- [9] Water Framework Directive-United Kingdom Technical Advisory Group, 2009, Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: Carbendazim (For consultation), SNIFFER, Scotland.
- [10] Barker, S.A., 2007, Matrix solid phase dispersion (MSPD), J. Biochem. Biophys. Methods 70: 151-162.
- [11] เอนก หาลี้ และธวัชชัย ศุภวิทพัฒนา, 2555, การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารละลายต่าง ทับทิมและน้ำยาล้างผักทางการค้า 3 ชนิดในการลดปริมาณเมทโธมิลในผักคะน้า, ว.เกษตรพระจอมเกล้า, 30(1): 55-61.
- [12] Satpathy, G., Tyagi, Y.K. and Gupta, R.K., 2012, Removal of organophosphorus (OP) pesticide residues from vegetables using washing solutions and boiling, J. Agric. Sci. 4: 70-78.
- [13] Radwan, M.A., Shibboob, M.H., Abu-Elamayem, M.M. and Abdel-Aal, A., 2004, Pirimiphos-methyl residues on/in some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and kitchen processing, J. Agric. Biol. 6: 1560-8530.
- [14] Klinhom, P., Halee, A. and Methawiwat, S., 2008, The Effectiveness of household chemicals in residue removal of methomyl and carbaryl pesticides on Chinese-Kale, Kasetsart. J. (Nat. Sci.) 42: 136-143.