

การตรวจประเมินปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

กลุ่มคาร์บาเมตที่ตกค้างในเมลอน

Evaluation of Carbamate Pesticide Residues in Melons

พันธิพิทย์ หินหุ้มเพชร*

สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองจังหวัดพิษณุโลก 65000

วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ

ภาควิชาชีววิทยา และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Pantip Hinhumpatch*

Division of Environmental Health, Faculty of Public Health,

Naresuan University, Tha Pho, Muang, Phitsanulok 65000

Wandee Wattanachaiyingcharoen

Department of Biology and Center of Center of Excellence in Biodiversity,

Faculty of Science, Naresuan University, Tha Pho, Muang, Phitsanulok 65000

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารเคมีตกค้างกลุ่มคาร์บาเมต และตรวจประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่น โดยเก็บรวบรวมเมลอนญี่ปุ่น 9 ตัวอย่าง จากสวนเพาะปลูกเมลอน 3 แห่งในจังหวัดพิษณุโลก วิเคราะห์การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต 11 ชนิด ด้วยเทคนิค QuEChERS (quick, easy cheap, effective, rugged and safe) และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-QTOF-MS (high performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry) ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างสูงสุดที่ตรวจพบ คือ สาร carbaryl (0.574 ± 0.020 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รองลงมา คือ สาร aldicarb sulfoxide (0.310 ± 0.622 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตที่ตรวจพบในตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่นในเบื้องต้นพบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่าบ่งชี้อันตรายที่สูงสุดพบในการตกค้างของสาร aldicarb sulfoxide ($HQ = 0.268$) และค่าบ่งชี้อันตรายที่ต่ำสุดพบในการตกค้างของสาร methomyl ($HQ = 0.007$) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการดำเนินการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ในเมลอนญี่ปุ่นเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยทางอาหารต่อไป

*ผู้รับผิดชอบบทความ : pantiph@nu.ac.th

คำสำคัญ : เมล่อน; สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต; การประเมินความเสี่ยง

Abstract

This study aimed to determine the contamination of carbamate pesticides in Japanese melons, and to investigate health risk assessment from Japanese melons consumption. A total of 9 Japanese melons from 3 melon farms in Phitsanulok was collected and tested for 11 carbamate pesticide residues using QuEChERS (quick, easy cheap, effective rugged and safe) technique with HPLC-QTOF-MS (high performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry). The highest detected carbamate pesticide residue in Japanese melon samples was carbaryl (0.574 ± 0.020 mg/kg), followed by aldicarb sulfoxide (0.310 ± 0.622 mg/kg). Carbamate residues detected in Japanese melons did not exceed the standard of agricultural products of Thailand. The hazard quotient (HQ) of carbamate pesticides had a range of acceptable risk in which the highest HQ was aldicarb sulfoxide (HQ = 0.268), and the lowest HQ was methomyl (HQ = 0.007). Therefore, relevant agencies should monitor and determine other pesticide residues in Japanese melons for food safety.

Keywords: melon; carbamate pesticide; risk assessment

1. บทนำ

เมล่อนหรือแตงเทศ (*Cucumis melo* L.) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ปัจจุบันเมล่อนไม่เพียงเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในประเทศไทยเท่านั้น แต่ยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในหลาย ๆ ประเทศ ทั้งในแถบเอเชียและยุโรป [1] ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศมีศักยภาพในการผลิตแตงเทศเพื่อการบริโภคภายในประเทศและการส่งออกพื้นที่การเพาะปลูกส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณลุ่มแม่น้ำตอนกลางของประเทศ [2,3] ข้อมูลเมื่อปี พ.ศ. 2560 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกแตงเทศ 3,191.5 ไร่ และมีผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมากถึง 3,191,287 กิโลกรัม [4] แตงเทศที่นิยมปลูกและรับประทานในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ หนึ่งในพันธุ์ที่ได้รับความนิยมใน

ผู้บริโภค ได้แก่ เมล่อนญี่ปุ่น เนื่องจากมีรสชาติหอมหวานและลักษณะของผลสวยงาม อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่มักพบในการเพาะปลูกแตงเทศ ได้แก่ โรคและแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแพร่ระบาดของเพลี้ยไฟและด้วงเต่าแตง ซึ่งเป็นแมลงศัตรูพืชที่สร้างความเสียหายแก่ผลผลิต ทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก ซึ่งอาจเกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคได้ [5] โดยการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพืชกลุ่มแตงพบว่าสัดส่วนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่พบสูงสุด คือ สารในกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate pesticide) คือ methomyl โดยพบถึง 30 % จากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งหมด สารกลุ่มคาร์บาเมตที่ใช้ในสัดส่วนรองลงมา คือ carbosulfan พบ 10 % [6] นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตชนิดอื่น ๆ ในพืชตระกูล

แดง ได้แก่ carbofuran [7] carbaryl เป็นต้น

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตมีกลไกการออกฤทธิ์ คือ ยับยั้งการทำงานของอะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase inhibitor, AchE inhibitor) แบบย้อนกลับได้ (reversible) ทำให้สารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีนถูกทำลายลดลง จึงเกิดอาการพิษเนื่องจากการทำงานของระบบสื่อประสาทโคลิเนอร์จิก (cholinergic neurotransmission) ทำงานมากเกินไปปกติ [8] การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าหนูเพศผู้เมื่อได้รับสัมผัสสาร methomyl จากการกินที่ปริมาณ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อน้ำหนักตัว เป็นเวลา 65 วัน จะเกิดผลกระทบเชิงลบต่อระบบสืบพันธุ์ของหนู โดยมีผลกระทบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การลดลงของดัชนีการเจริญพันธุ์ การลดลงของน้ำหนักของอวัยวะ การลดลงของระดับฮอร์โมนเพศชายในเลือด การช้าลงของการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ และมีผลทำให้เกิดความผิดปกติของเซลล์อสุจิเพิ่มขึ้น [9] นอกจากนี้การรับสัมผัสสารกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ methiocarb ทางการกินอย่างซ้ำ ๆ ติดต่อกันเป็นระยะเวลาานาน อาจทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation) การเปลี่ยนแปลงของระบบต่อต้านอนุมูลอิสระ และการเสื่อมสภาพเนื้อเยื่อในตับและไตของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม [10] สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มนี้บางตัว เช่น carbofuran ยังอาจทำให้ทารกในครรภ์เกิดความผิดปกติได้ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตบางชนิดมีพิษต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับในปริมาณสูงและเป็นระยะเวลายาวนาน อาจเกิดผลกระทบได้ทั้งต่อเกษตรกรและผู้บริโภคได้โดยตรง

สถานการณ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงโอกาสการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอน ซึ่งมีผลกระทบกับทุกภาคส่วนไม่ว่าจะเป็นปัญหาสุขภาพของผู้บริโภคและเกษตรกร ปัญหาด้าน

คุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรและการส่งออก ตลอดจนการปนเปื้อนของสารเคมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร การตรวจวัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิค QuEChERS (quick, easy cheap, effective rugged and safe) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน ทั้งในด้านการเป็นการตรวจหาสารสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเบื้องต้น (screening method) และเป็นวิธีมาตรฐาน (standard method) เนื่องจากเป็นวิธีตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างที่รวดเร็ว สามารถตรวจวิเคราะห์สารเคมีได้หลายชนิด (multiresidue method) [11] ร่วมกับการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-QTOF-MS (high performance liquid chromatography coupled with quadrupole time-of-flight mass spectrometry) ซึ่งสามารถตรวจสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างในระดับต่ำมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอนญี่ปุ่นด้วยวิธีการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าว จากตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นที่มาจากสวนเพาะปลูกเมลอนในจังหวัดพิษณุโลกโดยตรง ซึ่งจังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคเหนือตอนล่างที่มีความนิยมในการทำสวนเพาะปลูกเมลอนญี่ปุ่นในหลายพื้นที่ของจังหวัด และประเมินความเสี่ยงในการบริโภคเมลอนญี่ปุ่นเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของหน่วยงานสากล เพื่อเป็นการเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอนที่ปลูกในจังหวัดพิษณุโลก และเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ดำเนินการตรวจสอบเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยทางอาหารต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเก็บตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสำรวจสวนเพาะปลูกเมลอน

ในจังหวัดพิษณุโลก และสุ่มตัวอย่างจากสวนเพาะปลูกเมลอน จำนวน 3 แห่ง ซึ่งตัวอย่างถูกคัดเลือกแบบตามสะดวก (accidental sampling) โดยเก็บตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นจากเมลอนที่ปลูกภายนอกโรงเรือนของเกษตรกร รวมทั้งสิ้น 9 ตัวอย่าง เก็บผลเมลอนที่มีอายุเฉลี่ย 80-85 วัน และหยุดพ่นสารเคมีทุกชนิดก่อนเก็บผลผลิต 7-10 วัน จำนวนสวนละ 3 ผล หลังจากนั้นนำเมลอนตัวอย่างจากแต่ละสวนมาผ่าครึ่ง เอาเมล็ดออกแล้วแบ่งตัวอย่างเป็น 4 ส่วน เลือก 2 ส่วน บดให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องปั่น และสุ่มตัวอย่างมา ตัวอย่างละ 10 กรัม นำมาตรวจสอบหาสารเคมีตกค้างคาร์บาเมตด้วยเทคนิค QuEChERS และตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-QTOF-MS ตามการศึกษาก่อนหน้านี้ [12,13]

2.2 สารเคมีและสารมาตรฐาน

2.2.1 สารเคมี

acetonitrile methanol และ น้ำ (LC-MS grade) เป็นผลิตภัณฑ์ของ RCI Labscan ประเทศไทย formic acid (analytic grade) เป็นผลิตภัณฑ์ของ Merck ประเทศเยอรมนี และชุดสกัดสารเคมี QuEChERS เป็นผลิตภัณฑ์ของ Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา triphenyl phosphate (TPP) ใช้เป็น internal standard เป็นผลิตภัณฑ์ของ AccuStandard ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.2 สารมาตรฐาน (standards)

N-methyl carbamate pesticide จำนวน 11 สาร ได้แก่ alicarb sulfoxide, aldicarb sulfone, oxamyl, methomyl, carbofuran-3-hydroxy, aldicarb propoxur, carbofuran, carbaryl และ methiocarb เป็นผลิตภัณฑ์ของ AccuStandard ประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน (stock solution)

เตรียมสารละลายของสารมาตรฐานทั้ง 11 ชนิด ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในน้ำที่ผสม acetonitrile อัตราส่วน 10:90 และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า -4 °C เมื่อทดลองทุกครั้งจะมีการเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ความเข้มข้น 0.01-2.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำ : acetonitrile (10:90) และเตรียม internal standard (TPP) ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัม ในน้ำ : acetonitrile (10:90)

2.3 การเตรียมตัวอย่างเมลอน และการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

ซึ่งเมลอนที่บดละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณ 10 กรัม นำไปสกัดและตรวจวิเคราะห์หาสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต โดยใช้ชุดสกัด QuEChERS (QuEChERS extraction and dispersive kits) ตามวิธีการของบริษัทผู้ผลิต (Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยมีวิธีการโดยสังเขป ดังนี้ เติมสารละลาย acetonitrile 10 มิลลิลิตร ผสมกับตัวอย่างเมลอนบดละเอียดจำนวน 10 กรัม เขย่าให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมสาร MgSO₄ จำนวน 4 กรัม สาร NaCl จำนวน 1 กรัม สาร trisodium citrate dehydrate 1 กรัม และสาร disodium hydrogen-citrate sesquihydrate 0.5 กรัม เขย่าส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันเป็นเวลา 1 นาที แล้วนำส่วนผสมไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เก็บตัวอย่างสารละลายใสส่วนบน (supernatant) หลังจากนั้นเติมสารละลายที่ได้ลงในหลอดทดลอง QuEChERS dispersive ที่ประกอบด้วย primary secondary amine 150 มิลลิกรัมและ magnesium sulfate 900 มิลลิกรัม เพื่อขจัดสารประเภทกรดอินทรีย์มีขี้ผึ้ง น้ำตาล และไขมันออกจากสารละลาย นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อ นาทีเป็นเวลา 5 นาที นำไปประเหยด้วยเครื่องระเหยจน

แห้ง และใช้น้ำ : acetonitrile (10:90) ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ละลายสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชกลับมา และนำไปตรวจวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช กลุ่มคาร์บาเมตใช้เครื่อง HPLC (Agilent series 1260 Infinity HPLC Instrument) ของบริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีคอลัมน์ชนิด Luna C18 (ขนาด 4.6 mm x 150 mm x 100Å 5 µm) เฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ประกอบด้วย 0.1 % formic acid และ methanol ซะและพาสาร ให้เคลื่อนที่ด้วยการใช้สัดส่วนของเฟสเคลื่อนที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการวิเคราะห์ โดยมีอัตราส่วนดังนี้ ที่นาทีที่ 0 เฟสเคลื่อนที่มีอัตราส่วน 95:5 (0.1 % formic acid : methanol) ที่นาทีที่ 5 เฟสเคลื่อนที่มีอัตราส่วน 10:90 และที่นาทีที่ 15 เฟสเคลื่อนที่มีอัตราส่วน 10:90 ใช้เวลาวิเคราะห์ทั้งสิ้น 15 นาทีต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นวิเคราะห์สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตด้วยเครื่อง mass spectrometer (Agilent 6540 QTOF mass spectrometer) ของบริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีพารามิเตอร์ที่ควบคุมดังตารางที่ 1 ระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ระบบ MassHunter software ของบริษัท Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา

การสกัดและการวิเคราะห์หามีค่าเฉลี่ยของ ร้อยละการกลับคืน (percent of recovery) ที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ 0.10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม อยู่ในช่วงร้อยละ 81-16 และมีค่า %CV อยู่ในช่วงร้อยละ 0.28-7.89 และค่าจำกัดของการตรวจจับ (limit of detection) ≤ 0.0075 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2.4 การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภค เมล่อน

Table 1 Mass spectrometry parameters

Modes	Positive electrospray (ESI)
Gas temperature	350 °C
Gas flow	10 L/min
Nebulizer	30 psig
Capillary	3500 V
Fragmentor	100 V
Skimmer	65 V
OCT	1RF Vpp 750 V

การประเมินโอกาสการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคเมล่อนนั้น คำนวณตามวิธีการคำนวณแสดงดังสมการที่ 1 เมื่อได้ค่าการประเมินโอกาสการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตแล้ว นำไปใช้ในการประเมินดัชนีบ่งชี้อันตราย (hazard quotient, HQ) โดยแสดงวิธีการคำนวณตามสมการที่ 2

$$ADD = (C \times IR \times EF \times ED) \div (AT \times BW) \quad (1)$$

เมื่อ ADD = ปริมาณรับสัมผัสต่อวัน (average daily dose) (มิลลิกรัมต่อวัน); C = ปริมาณสารตกค้างในเมล่อน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม); IR = อัตราการบริโภคเมล่อน (กิโลกรัมต่อวัน); EF = ความถี่ของการรับสัมผัส (วันต่อปี); ED = ระยะเวลาการรับสัมผัสรวม (ปี); AT = เวลาเฉลี่ยที่รับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (วัน); BW = น้ำหนักประชากร (กิโลกรัม)

$$HQ = ADD \div RfD \quad (2)$$

เมื่อ HQ = ค่าบ่งชี้อันตราย; ADD = ปริมาณรับสัมผัสต่อวัน; RfD = ค่าเปรียบเทียบ

โดยมีการแปลผลดังนี้ ค่า HQ < 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย (no harm exist) ค่า HQ 0.1-1.0 หมายถึง อันตรายต่ำ (low) ค่า HQ 1.1-10 หมายถึง อันตรายปานกลาง (moderate) และค่า HQ > 10 หมายถึง อันตรายมาก (high) [14]

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอนญี่ปุ่นจากสวนเพาะปลูกเมลอน จำนวน 3 แห่ง ในจังหวัดพิษณุโลก พบว่าเมลอนญี่ปุ่นจากทั้งสามสวนเพาะปลูกมีปริมาณและชนิดการตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตต่างกัน เมื่อการวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตทั้งสิ้น 11 ชนิด ตรวจพบ 5 ชนิด โดยส่วนใหญ่ ได้แก่ aldicarb,

sulfoxide และ carbofuran ซึ่งตรวจพบในตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นจากทุกสวนเพาะปลูกคิดเป็นร้อยละ 100 สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ปริมาณสูงสุด คือ carbaryl (เมลอนจากสวนที่ 3, 0.574 ± 0.020 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) พบร้อยละ 66.67 รองลงมา คือ aldicarb sulfoxide (เมลอนจากสวนที่ 1, 0.310 ± 0.622 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) พบร้อยละ 100 ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Carbamate insecticide residues and MRLs (mg/kg) in the melons

Melon samples (n = 3)	Insecticides (mg/kg)				
	Methomyl	Carbaryl	Carbofuran	Methiocarb	Aldicarb sulfoxide
Farm no. 1	0.062 ± 0.334^a	0.018 ± 0.013	0.081 ± 0.144	0.034 ± 0.014	0.310 ± 0.622
Farm no. 2	ND	ND	0.064 ± 0.001	ND	0.055 ± 0.009
Farm no. 3	0.015 ± 0.118	0.574 ± 0.020	0.043 ± 0.054	0.077 ± 1.778	0.258 ± 0.132
MRL (TAS 9002-2016)	0.100	2.000	-	-	-

^aThe values are expressed as mean \pm SD; ND = non-detectable; n represents number of samples in each group.

เมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวิเคราะห์สารกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างในเมลอนตัวอย่าง และค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limit for pesticide; MRL) และค่ามาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 9002-2559) ของประเทศไทยที่ได้กำหนดไว้สำหรับผักบร็อกโคลี [15] พบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบในตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นปริมาณการตกค้างของ methomyl ตรวจพบในตัวอย่างเมลอนเมื่อเทียบกับค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของ methomyl ที่ยอมรับได้ (0.100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) สวนเพาะปลูกที่ 1 และสวนเพาะปลูกที่ 3 มีค่าต่ำกว่าค่ากำหนดปริมาณพิษตกค้างสูงสุดประมาณ 2 และ 6 เท่า เช่นเดียวกับ carbaryl ในเมลอนญี่ปุ่น

ตัวอย่างจากสวนเพาะปลูกที่ 1 และ 2 พบว่ามีค่าต่ำกว่าค่ากำหนดปริมาณพิษตกค้างสูงสุด (2.000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ประมาณ 111 และ 4 เท่า สำหรับ carbofuran, methiocarb และ aldicarb sulfoxide ซึ่งเป็นสารตกค้างที่พบในตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นเช่นกัน โดยการค้นคว้าของผู้วิจัยยังไม่พบค่ามาตรฐาน MRL สำหรับสารสามชนิดนี้ที่ประเทศไทยกำหนดไว้ในผักบร็อกโคลีแดง อย่างไรก็ตาม ปริมาณการตกค้างของสารสามชนิดนี้เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น ๆ ที่ตรวจพบ พบว่ามีปริมาณสูง carbofuran ซึ่งเป็นหนึ่งใน metabolite ของ carbosulfan (carbosulfan มีค่ามาตรฐาน MRL ของผักบร็อกโคลีแดงเท่ากับ 0.500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม [15]) และ methiocarb สารสองชนิดดังกล่าวถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชที่มีอันตรายรุนแรงต่อสุขภาพ (highly hazardous, Ib) โดยกำหนดค่าที่ยอมรับได้ต่อวัน (acceptable daily intake, ADI) ที่ระดับ 0.001 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน สำหรับ carbofuran และที่ระดับ 0.020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน สำหรับ methiocarb นอกจากนี้ aldicarb sulfoxide ซึ่งเป็นหนึ่งใน metabolite ของ aldicarb ถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีที่มีอันตรายรุนแรงต่อสุขภาพมาก (extremely hazardous, Ia) และมีค่าที่ยอมรับได้ต่อวัน ที่ระดับ 0.003 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน [16,17]

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตที่ใช้ในการเกษตรกรรมสามารถหมุนเวียนได้ในสิ่งแวดล้อมโดยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม เช่น ระยะเวลา การย่อยสลายของแบคทีเรีย อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และความชื้น มีผลต่อการสลายตัวและการหมุนเวียนของสารกลุ่มนี้ในสิ่งแวดล้อม [18] นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตสามารถตกค้างอยู่ในพืช และมีค่าครึ่งชีวิตโดยเฉลี่ย 1-2 สัปดาห์ [19] การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตมีความเป็นพิษต่อระบบประสาทและการทำงานของระบบต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อได้รับสัมผัสทางการกิน เนื่องจากสารเคมีกำจัดศัตรูในกลุ่มคาร์บาเมตส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมได้ดีที่ระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นความเป็นพิษของสารชนิดนี้ต่อร่างกาย ยังขึ้นอยู่กับชนิดของสารในกลุ่มนี้ร่วมกับปริมาณที่ได้รับ อัตราการดูดซึมและอัตราการเมแทบอลิซึมของสารพิษในร่างกาย (xenobiotic metabolism) รวมทั้งการสัมผัสกับสารที่ยับยั้ง cholinesterase อื่น ๆ ร่วมด้วย นอกจากนี้สารในกลุ่มนี้ยังสามารถกระตุ้นทำให้เกิดอนุมูลออกซิเจนอิสระ (reactive oxygen species) ในร่างกาย ซึ่งนำไปสู่การเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวโมเลกุลของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอีก

ด้วย [9,10]

ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงความเสี่ยงในเบื้องต้นจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่น โดยนำข้อมูลจากผลการวิจัยในครั้งนี้ร่วมกับข้อมูลจากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 ประจำปี พ.ศ. 2557 มาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่น โดยจากข้อมูลพบว่าปริมาณการบริโภคผลไม้ของประชากรไทยอายุ 15 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยในเพศหญิงและเพศชายเท่ากับ 1.5 ส่วนมาตรฐาน [20] ประมาณ 264 กรัมต่อวัน (เมลอน 5 ชิ้นค่า เท่ากับ 110 กรัม) [21] น้ำหนักเฉลี่ยของผู้บริโภคเท่ากับ 53.5 กิโลกรัม [22] และอายุเฉลี่ยของผู้บริโภคเท่ากับ 70 ปี [23] เมื่อดำเนินการหาปริมาณรับสัมผัสต่อวันแล้ว จึงนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับค่ากำหนดความปลอดภัยทางอาหาร โดยองค์การมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ [17] ดังตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่นพบว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่าบ่งชี้อันตรายที่ต่ำสุดพบในการตกค้างของ methomyl (HQ = 0.007) และค่าบ่งชี้อันตรายที่สูงสุดพบในการตกค้างของ aldicarb sulfoxide (HQ = 0.268) จากการจำแนกผลค่าบ่งชี้อันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิด พบว่าสารที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ไม่มีอันตราย ได้แก่ methomyl และ methiocarb สารที่จัดอยู่ในกลุ่มมีอันตรายต่ำ ได้แก่ carbaryl, carbofuran และ aldicarb sulfoxide (จาก HQ น้อยไปมาก ตามลำดับ) ดังนั้นผู้บริโภคจึงไม่มีความเสี่ยงต่อ

การรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอนญี่ปุ่น อย่างไรก็ตาม aldicarb sulfoxide และ carbofuran เป็นสารที่มีความเป็นพิษสูง และตรวจพบทุกตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่น ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบนั้นหากเปรียบเทียบกับค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดของหน่วยงานความปลอดภัยอาหารของยุโรป (aldicarb sulfoxide เท่ากับ 0.020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ carbofuran เท่ากับ 0.010 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) [24] พบว่าในตัวอย่างเมลอนญี่ปุ่นมีค่าสูงกว่าถึงประมาณ 10 เท่า สำหรับ aldicarb sulfoxide และประมาณ 6 เท่า สำหรับ carbofuran ซึ่งอาจทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ หากได้รับสัมผัสอย่างต่อเนื่องและในปริมาณสูง โดยอาจเกิดจากสัดส่วนใน

การรับประทานเมลอนที่มากขึ้น หรือจากการรับประทานผักหรือผลไม้อื่น ๆ ที่มีสารดังกล่าวปนเปื้อน ซึ่งเป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารในกลุ่มนี้ และอาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ ดังนั้น อาจต้องมีการพิจารณาควบคุมการใช้ ชนิด และ ปริมาณตกค้างที่อนุญาตให้มีได้ในสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มสารคาร์บาเมต และกลุ่มอื่นที่มีการออกฤทธิ์คล้ายคลึงกับสารคาร์บาเมตในเมลอนญี่ปุ่น และ/หรือ มีการเฝ้าระวังการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ในผักผลไม้อื่น ๆ อีกทั้งอาจมีการลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีการทางความหลากหลายทางชีวภาพมาปรับใช้ทดแทน [25] เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคของประชาชนอย่างยั่งยืนต่อไป

Table 3 Health risk assessment for the ingestion exposure to carbamate insecticide residues in the melons

	Methomyl	Carbaryl	Carbofuran	Methiocarb	Aldicarb sulfoxide
Insecticide residues (mg/kg)	0.039	0.296	0.063	0.056	0.208
IR (mg/day)	0.264	0.264	0.264	0.264	0.264
EF (day)	365	365	365	365	365
ED (year)	55	55	55	55	55
AT (day)	25550	25550	25550	25550	25550
BW (kg)	53.5	53.5	53.5	53.5	53.5
ADD ($\times 10^{-4}$ mg/kg/day)	1.493	11.476	2.431	2.152	8.052
RfD (mg/kg/day)	0.020	0.008	0.001	0.020	0.003
HQ	0.007	0.143	0.243	0.011	0.268

5. สรุป

การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตในเมลอนญี่ปุ่น พบว่าอยู่ในระดับที่ไม่เกินค่ากำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดและค่ามาตรฐานสินค้าเกษตรของประเทศไทย carbaryl (0.574 ± 0.020 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เป็นสารตกค้างที่ตรวจพบใน

ปริมาณสูงสุด รองลงมา คือ aldicarb sulfoxide (0.310 ± 0.622 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) เมื่อพิจารณาถึงความเสี่ยงจากการบริโภคเมลอนญี่ปุ่นในเบื้องต้นพบว่ามีสารเคมีกำจัดศัตรูที่ตรวจพบมีค่าดัชนีบ่งชี้อันตรายอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยค่าบ่งชี้อันตรายที่สูงสุดพบในการตกค้างของสาร aldicarb sulfoxide (HQ =

0.268) และอันตรายที่ต่ำสุดพบในการตกค้างของสาร methomyl (HQ = 0.007) ดังนั้นเพื่อเป็นการเฝ้าระวังสารเคมีตกค้างในเมลอนญี่ปุ่น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการดำเนินการตรวจสอบและเพิ่มชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตที่ควบคุมมาตรฐานในเมลอนญี่ปุ่น นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบปริมาณการบริโภคผักและผลไม้ประเภทต่าง ๆ ตามการบริโภคในแต่ละช่วงกลุ่มวัย เพื่อใช้ประเมินความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในอาหาร และเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคในกลุ่มต่าง ๆ ให้มีความปลอดภัยทางอาหารต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพ (โครงการวิจัย BDC-PG1-159007) และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

7. References

- [1] David, A., 2015, Varieties of Melons, Available Source: <https://goo.gl/n9w5ot>, July 1, 2016.
- [2] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2017, Agricultural Product Standards MELON, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 19 p. (in Thai)
- [3] Weepien, T., 2011, Effect of Plant Nutrients and Soil Moisture on Growth and Quality of 4 Melon Cultivars (*Cucumis melo* L.). Master Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 95 p. (in Thai)
- [4] Department of Agricultural Extension, 2017, Plant Production Report (r.t.01) Yearly Report 2017/2018, Available Source: http://production.doae.go.th/report/report_main2.php?report_type=1, 15 June 2018 (in Thai)
- [5] Tira-umphon, A., and Ketudat-Cairns, M., 2015, Genetic Variation and Morphological Traits in Melon and Pickling Melon from ISSR, Research Report, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 74 p. (in Thai)
- [6] Guaman, V., 2009, Monitoring and Pest Control of Fruit Flies in Thailand: New Knowledge for Integrated Pest Management, p. 42, Examensarbete, Institutionen for Ekologi, Uppsala.
- [7] Wanwimolruk, S., Kanchanamayoon, O., Boonpangrak, S. and Prachayasittikul, V., 2015, Food safety in Thailand 1: It is safe to eat watermelon and durian in Thailand, Environ. Health Prev. Med. 20: 204-215.
- [8] Matthews, G.A., 2016, Pesticides: Health, Safety and the Environment, 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 266 p.
- [9] Shalaby, M., Zorba, H. and Ziada, R., 2010, Reproductive toxicity of methomyl insecticide in male rats and protective effect of folic acid, Food Chem. Toxicol. 48: 3221-3226.
- [10] Ozden, S., Catalgol, B., Gezginci-Oktayoglu, S., Arda-Pirincci, P., Bolkent, S. and Alpertunga, B., 2009, Methiocarb-

- induced oxidative damage following subacute exposure and the protective effects of vitamin E and taurine in rats, *Food Chem. Toxicol.* 47: 1676-1684.
- [11] Chaiyanboon, P., 2015, Expansion the Efficiency of Pesticide Multi-Residue Analysis to the International Standard, Research Project Report, Department of Agriculture, Bangkok, 74 p. (in Thai)
- [12] Ngamdokmai, N., Waranuch, N., Chootip, K., Nuengchamnong, N. and Ingkaninan, K., 2017, HPLC-QTOF-MS method for quantitative determination of active compounds in an anti-cellulite herbal compress, *Songkhlanakharin J. Sci. Tech.* 39: 463-470.
- [13] Ratpukdi, S., Srihanaj, W. and Siriwong, W., 2015, Profenofos pesticide residue in chili from Huaruea district, Ubon Ratchathani and consumption risk, *UBU Eng. J.* 8(1): 115-122. (in Thai)
- [14] Environmental Protection Agency, 1989, Risk Assessment: Guidance for Superfund Volume I Human Health Manual (Part A), Available Source: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/document/s/rags_a.pdf, June 15, 2018.
- [15] National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2016, Agricultural product standards MKS.9002-2559 Pesticide Residues: Maximum Residues, Agricultural Commodity and Food Standards Notify, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, 61 p. (in Thai)
- [16] World Health Organization, 2009, The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009, Available Source: http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf, July 11, 2018.
- [17] Codex International Food Standards, 2018, Pesticide Databases, Available Source: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticides/en>, June 29, 2018.
- [18] International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 64 Carbamate Pesticides: A General Introduction, Available Source: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc64.htm>, July 14, 2018.
- [19] Kamrin, M., 1997, Pesticide Profiles: Toxicity, Environmental Impact and Fate, Boca Raton, Lewis Publishers, Florida, 704 p.
- [20] Health System Research Institute, 2016, The 5th Surveys of Human Health by Physical Examination 2014, Aksorn Graphic and Design Publishing, Ltd., Bangkok, 277 p. (in Thai)
- [21] Thai Health Promotion Foundation, 2018, Snack: Eat well, be Useful, Available Source: <http://resource.thaihealth.or.th/media/knowledge/16907>, June 29, 2018. (in Thai)

- [22] Klaimala, P., Sujiratham, W. and Jantib, P., 2010, Risk Assessment of Pesticides Used in Chilli Growing Plot on Aquatic Animals, Aquatic Plants, Soil, Water, and Sediment, Research Report of Fiscal Year 2010, Volume 2, Agricultural Production Science Research and Development Office, Bangkok, 179-187 p. (in Thai)
- [23] U.S. Environmental Protection Agency Office of Pesticide Programs, 2000, Available Information on Assessing Exposure to Pesticides in Food-a User's Guide, Available Source: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPP-2007-0780-0001>, June 29, 2018.
- [24] European Commission, 2018, EU-Pesticides Database, Available Source: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides>, June 29, 2018.
- [25] Plodpai, P. Poralokanon, P. and Athinuwat, D., 2015, Efficiency of bioformulation to *Phyllotreta sinuate* and *Spodoptera litura* controls on Chinese kale production system, Thai Sci. Technol. J. 23(6): 914-923. (in Thai)