การประเมินความเสี่ยงการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทย

พรพรรรณ อนุศาสนี[1] ชนิพรรณ บุตรยี่[2] ปรัญรัชต์ ธนวิยุทธ์ภัคดี[2] วีรยา การพานิช[2,*]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพิษวิทยาและโภชนาการเพื่ออาหารปลอดภัย สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

[2]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักและผลไม้ คำนวณปริมาณการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต โดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย และปริมาณสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างจำนวน 7 ชนิด ได้แก่ คาร์บาริล คาร์โบ-ซัลแฟน คาร์โบฟูราน เมทิโอคาร์บ เมโทมิล ออกซามิล และอัลดิคาร์บ จากรายงานผลวิเคราะห์สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างในตัวอย่างผักผลไม้ จำนวน 55 ชนิด รวม 948 ตัวอย่าง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ผลการศึกษาไม่พบความเสี่ยงเกินค่าความปลอดภัยทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ในการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับแบบเฉียบพลัน พบความเสี่ยงสูงสุดจากการได้รับคาร์โบ-ฟูรานจากการบริโภคส้ม คิดเป็นร้อยละ 74 ของค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพแบบเฉียบพลัน (ARfD) นอกจากนี้พบว่าค่าความเสี่ยงของการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคฝรั่งและถั่วฝักยาว คิดเป็นร้อยละ 20 และ14 ของค่า ARfD ตามลำดับ ผลการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีแบบเรื้อรัง พบว่ามีความเสี่ยงต่ำมาก โดยค่าความเสี่ยงของการได้รับสารเคมีทุกชนิดต่ำกว่าร้อยละ 1 ของค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพตลอดช่วงชีวิต (ADI) เมื่อประเมินความเสี่ยงรวมจากการบริโภคผักและผลไม้ที่ระดับเฉลี่ย พบว่ามีความเสี่ยงต่ำมาก โดยพบความเสี่ยงจากการได้รับคาร์โบฟูราน จากการบริโภคผักและผลไม้รวม เพียงร้อยละ 4.5 ของค่า ADI อย่างไรก็ตามเมื่อประเมินความเสี่ยงโดยใช้รูปแบบผู้บริโภคสูง ผลการประเมินพบความเสี่ยงจากการได้รับคาร์โบฟูราน สูงถึงร้อยละ 91 ของค่า ADI รองลงมาคืออัลดิคาร์บ (ร้อยละ 10 ของ ADI)

คำสำคัญ: การประเมินความเสี่ยง การประเมินการได้รับสัมผัส สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช คาร์บาเมต

รับบทความ: *19 พฤษภาคม 2564* ***แก้ไข:*** *8 มิถุนายน 2564* ***ตอบรับ:*** *10 มิถุนายน 2564*

[*]ผู้รับผิดชอบบทความ

วีรยา การพานิช

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

โทรศัพท์ 0-2800-2380 ต่อ 311 โทรสาร 0-2441-9344

อีเมล: weeraya.kar@mahidol.ac.th

Risk Assessment of Carbamate Pesticides through Vegetable and Fruit Consumption in Thai Population

Pornphan Anusasanee[1] Chaniphun Butryee[2] Pharrunrat Tanaviyutpakdee[2] Weeraya Karnpanit[2,*]

[1]Master of Science Program in Toxicology and Nutrition for Food Safety, Institute of Nutrition, Mahidol University

[2]Institute of Nutrition, Mahidol University

Abstract

This study aimed to characterize risk of carbamates exposure from fruit and vegetables consumption. Estimation of carbamates exposure via fruits and vegetables intake was calculated from food consumption data of Thai people and seven carbamates residues (carbaryl, carbosulfan, carbofuran, methiocarb, methomyl, oxamyl and aldicarb). The test reports on carbamate residues in 55 commodities (948 samples) were obtained as a courtesy of the Food and Drug Administration, Thailand. The results show that there were no risk of carbamates exposures exceeding safety levels both from acute and chronic models. For acute exposure model, the highest risk was found from exposure to carbofuran from orange consumption as 74% of acute reference dose (ARfD). In addition, hazard quotient of carbofuran exposures were found from consumption of guava and yardlong bean as 20 and 14% of ARfD, respectively. For chronic exposure model, hazard quotient values of individual carbamate was extremely low at lower than 1% of acceptable daily intake (ADI) from consumption of single commodity. Risk characterization from total consumption of fruits and vegetables at average level was considerably low, which hazard quotient of carbofuran exposure from fruits and vegetables consumption was only 4.5% of ADI. However, risk estimation from modelling high consumers showed high risk from exposure to carbofuran up to 91% of ADI, following by exposure to aldicarb (10% of ADI).

Keywords: Risk Assessment, Exposure Assessment, Pesticides, Carbamate

Received: *19 May 2021,* ***Revised:*** *8 June 2021,* ***Accepted:*** *10 June 2021*

[*]Corresponding author

Weeraya Karnpanit

Institute of Nutrition, Mahidol University, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Tel. 0-2800-2380 Ext. 311 Fax. 0-2441-9344

Email: weeraya.kar@mahidol.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตสินค้าเกษตรรายใหญ่ของโลก[1] อย่างไรก็ตามประเทศไทยมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรกรรมปริมาณมาก เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชและเพิ่มผลผลิต[1,2] นอกจากนี้เกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับคำแนะนำในการใช้ ข้อควรระวังในการใช้ และการเว้นช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ที่ปรากฏอยู่บนฉลากของบรรจุภัณฑ์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช จึงทำให้ใช้สารเคมีเหล่านี้ในการเกษตรกรรมอย่างไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคได้[1,2] สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรรายงานข้อมูลการนำเข้าปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (คิดเป็นสารออกฤทธิ์) ในปี พ.ศ. 2562 สูงถึงประมาณ 74 ล้านกิโลกรัม โดยกลุ่มสารเคมีที่นำเข้ามากที่สุด คือ สารกำจัดวัชพืช รองลงมาคือสารกำจัดเชื้อรา และสารกำจัดแมลง โดยมีปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลง (คิดเป็นสารออกฤทธิ์) ในปี พ.ศ. 2562 ประมาณ 5.4 ล้านกิโลกรัม สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ คาร์บาริล และคาร์โบซัลแฟน เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีปริมาณการนำเข้าสูงอยู่ใน 5 ลำดับแรกของปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดแมลงทั้งหมด[1]

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตถูกใช้แพร่หลายในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชในหลายประเทศ อย่างไรก็ตามสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้มีการจำกัดการใช้สารกลุ่มนี้ เนื่องจากอาจมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพตั้งแต่ปี ค.ศ. 2006[3] นอกจากนี้ประเทศจีนได้มีการห้ามใช้สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตได้แก่ คาร์โบฟูราน เบนฟูราคาร์บ และคาร์โบซัล-แฟน ในการเพาะปลูกผัก ผลไม้ ชา และสมุนไพร อย่างไรก็ตามสารเคมีกลุ่มนี้ยังถูกใช้ได้อย่างถูกกฎหมายในการเพาะปลูกธัญพืชและฝ้ายในประเทศจีน[3] สำหรับประเทศไทยสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตส่วนใหญ่ เช่น ออกซามิล เมโทมิล คาร์บาริล คาร์โบฟูราน เมทิโอคาร์บ และคาร์โบซัลแฟน ถูกจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีวัตถุอันตราย พ.ศ. 2556 คือ วัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาต[4] นอกจากนี้พบว่าสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตหลายชนิดถูกจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายสูงมาก (extremely hazardous) ได้แก่ ออกซามิล อัลดิคาร์บ และกลุ่มสารเคมีที่มีความเป็นอันตรายสูง (highly hazardous) ได้แก่ เมโทมิล คาร์โบฟูราน และเมทิโอคาร์บ อ้างอิงตามการแบ่งประเภทสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชขององค์การอนามัยโลก (WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard)[5] สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตเป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บามิกซึ่งส่วนใหญ่เป็น N-methylcarbamates สามารถถูกดูดซึมได้จากทุกช่องทางการได้รับสัมผัส และสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสได้[6] ปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของคาร์บาเมตและเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสเกิดขึ้นโดยปฏิกิริยา carbamylation ของ serine ที่ active site ของเอนไซม์ นำไปสู่การสะสมของอะซิทิลโคลีนที่ปลายประสาท (synapse) เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถไฮโดรไลส์อะซิติลโคลีนให้เป็นโคลีน

และกรดอะซิติกได้ จึงทำให้เกิดการกระตุ้นปลายประสาทเพิ่มขึ้น[6]

มีรายงานการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้ที่จำหน่ายในประเทศไทยในระดับที่น่ากังวล คือร้อยละตัวอย่างที่ตรวจพบการตกค้างสูง และร้อยละของตัวอย่างที่เกินค่ามาตรฐานจำนวนมาก Wanwimolruk และคณะ[7] ทำการศึกษาการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 12 ชนิด ในผักคะน้าที่เก็บจากตลาดในจังหวัดนครปฐม จำนวน 117 ตัวอย่าง พบว่าตัวอย่างที่ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสูงถึงร้อยละ 85 และตัวอย่างร้อยละ 29 มีการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสูงเกินค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (maximum residue limits; MRLs)[7] นอกจากนี้พบว่าปริมาณเฉลี่ย และปริมาณสูงสุดของคาร์โบฟูราน ซึ่งเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างผักคะน้า มีค่าสูงถึง 0.55 และ 62.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่า MRLs นอกจากนี้ยังมีรายงานการตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช 28 ชนิด ในผักที่นิยมบริโภค 3 ชนิด ได้แก่ ผักคะน้า (137 ตัวอย่าง) ผักกวางตุ้ง (125 ตัวอย่าง) และผักบุ้ง (135 ตัวอย่าง) มากกว่าร้อยละ 95 ของตัวอย่างทั้งหมด[8] โดยปริมาณเฉลี่ยการตกค้างของสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ คาร์บาริล ในผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักบุ้ง มีค่าสูงถึง 5.72, 5.59 และ 93 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณเฉลี่ยการตกค้างของคาร์โบฟูราน ในผักคะน้า ผักกวางตุ้ง และผักบุ้ง มีค่าสูงถึง 6.05, 0.50 และ 0.67 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเฉลี่ยสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตตกค้างทั้ง 2 ชนิด มีค่าสูงกว่าค่า MRLs การศึกษาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวน 42 ชนิด ตกค้างในกะหล่ำปลี 82 ตัวอย่าง และมะเขือเทศ 100 ตัวอย่าง ที่เก็บจาก 7 จังหวัด ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึง ตุลาคม 2558 พบว่าทุกตัวอย่างมีการปนเปื้อนสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ศึกษา โดยพบว่ากะหล่ำปลีทุกตัวอย่างมีปริมาณสารเคมีตกค้างสูงกว่า MRLs และร้อยละ 82 ของมะเขือเทศมีปริมาณสารเคมีตกค้างสูงกว่า MRLs[9]

ปัจจุบันหลายองค์กรได้สนับสนุนให้ประชากรบริโภคผักผลไม้เพิ่มขึ้นเพื่อลดอุบัติการณ์เกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (non-communicable diseases; NCDs) มีรายงานว่าประมาณ 1.7 ล้านคน (ร้อยละ 2.8) ของการเสียชีวิตทั่วโลกเป็นผลมาจากการบริโภคผักและผลไม้ในปริมาณต่ำ[10] นอกจากนี้การบริโภคผักและผลไม้ไม่เพียงพอ คาดว่าจะทำให้ประชากรโลกเสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งทางเดินอาหาร ร้อยละ 14 โรคหัวใจขาดเลือด ร้อยละ 11 และเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดสมองร้อยละ 9[10] ดังนั้นองค์การอนามัยโลกและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติจึงได้แนะนำให้ประชากรบริโภคผักผลไม้ประมาณ 400 กรัม/วัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการบริโภคผักและผลไม้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ และการบริโภคอย่างเพียงพอในแต่ละวันสามารถช่วยป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือดและมะเร็งบางชนิดได้[10] แต่การบริโภคผักผลไม้ที่มีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างปริมาณสูงอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

หลักการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคต่อการได้รับสารเคมีต่างๆ รวมถึง

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน[11] ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การบ่งชี้อันตราย (hazard identification) ขั้นตอนที่ 2 การแสดงลักษณะอันตราย (hazard characterization) ซึ่งเป็นขั้นตอนการศึกษาความเป็นพิษ ทั้งพิษจลนศาสตร์ (toxicokinetics) ได้แก่ การดูดซึมสารพิษ การกระจายสารพิษ การเปลี่ยนรูปสารพิษ และการกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย และพิษพลศาสตร์ (toxicodynamics) คือ ผลของสารพิษที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมีต่อเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบต่างๆของร่างกาย เป็นการศึกษาความเป็นพิษของสาร ทั้งแบบความเป็นพิษเฉียบพลัน ความเป็นพิษระยะสั้น ความเป็นพิษระยะยาว และอาจรวมถึงการศึกษาทางระบาดวิทยา[11] สำหรับสารเคมีที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง จะได้ค่าขนาดหรือปริมาณที่ปลอดภัยต่อการได้รับสัมผัสตลอดช่วงชีวิตในมนุษย์ (health-based guidance value; HBGV)[11] ขั้นตอนที่ 3 การประเมินการได้รับสัมผัสสารพิษจากการบริโภคอาหาร (dietary exposure assessment) ทำการประเมินโดยนำข้อมูลการบริโภคอาหารมาคำนวณร่วมกับข้อมูลการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในอาหารชนิดนั้นๆ[11] และขั้นตอนที่ 4 การแสดงลักษณะความเสี่ยง (risk characterization) โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณการได้รับสัมผัสสารพิษที่คำนวณได้กับค่าความปลอดภัยของสารพิษนั้นๆ หากปริมาณการได้รับสัมผัสสารพิษมีค่ามากกว่าค่าความปลอดภัย แปลว่าอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรเกิดขึ้นได้[11]

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงของการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักและผลไม้ในประชากรไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้จาก “โครงการจัดทำฐานข้อมูลระบบการเชื่อมโยงและการแชร์ข้อมูลร่วมกันด้านการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้” สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2560 เพื่อได้ข้อมูลความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรไทยจากการได้รับสารกลุ่มนี้และเป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานด้านการจัดการความเสี่ยงเพื่อความปลอดภัยของอาหาร ในการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่อาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อผู้บริโภค ซึ่งถือเป็นข้อมูลสำคัญในการทบทวนนโยบายความปลอดภัยของอาหาร เพื่อลดความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีผ่านการบริโภคอาหารของประชากร

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ทำการประเมินความเสี่ยงการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไปโดยใช้การประเมินแบบจุด (deterministic assessment) จากข้อมูลสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง และข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย[12]

ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง

การศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้แต่ละตัวอย่าง จากห้องปฏิบัติการที่ใช้วิธี QuEChERS (quick, easy, cheap, effective,

rugged and safe) ในการสกัดสารเคมีจากตัวอย่าง และนำไปวิเคราะห์โดยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS/MS) ในรูปแบบใบรายงานผล (hard copy) จาก “โครงการจัดทำฐานข้อมูลระบบการเชื่อมโยงและการแชร์ข้อมูลร่วมกันด้านการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้” โดยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา พ.ศ. 2560 ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างผักและผลไม้ ที่เก็บจากตลาด และห้างสรรพสินค้า ใน 65 จังหวัด โดยสำนักงานสาธารณสุขของแต่ละจังหวัดเป็นผู้ดำเนินการเก็บตัวอย่าง การศึกษานี้ทำการประเมินแบบขอบเขตบน (upper-bound scenario) โดยแทนค่าปริมาณสารเคมีที่ไม่พบในตัวอย่างด้วยค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (limit of determination; LOD) และแทนค่าความเข้มข้นที่ตรวจพบน้อยกว่าค่าขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (limit of quantitation; LOQ) ด้วยค่า LOQ คำนวณค่าเฉลี่ย และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้แต่ละชนิด เพื่อนำไปประเมินการได้รับสัมผัส

ข้อมูลการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทย

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน) จากเอกสารเผยแพร่ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย พ.ศ. 2559 ซึ่งจัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช)[12] โดยทำการสำรวจในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป จากกรุงเทพมหานคร และ 4 ภูมิภาค รายงานเป็นปริมาณการบริโภคเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของประชากรทั้งหมด (per capita) และเฉพาะผู้ที่บริโภค (eater only)[12]

การประเมินการได้รับสัมผัส

ดำเนินการประเมินการได้รับสัมผัสสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทย รูปแบบการได้รับสัมผัสเฉียบพลัน และการได้รับสัมผัสระยะยาว โดยใช้สมการ[11]

$$\text{ปริมาณการได้รับสัมผัส} = \frac{\text{ปริมาณสารเคมีตกค้าง} \times \text{ปริมาณการบริโภคผักผลไม้}}{1000}$$

โดยกำหนดให้

- ปริมาณการได้รับสัมผัสสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตแต่ละชนิด หน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน
- ปริมาณสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตแต่ละชนิด หน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัม
- ปริมาณการบริโภคผักผลไม้ หน่วยเป็น กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ต้องแปลงค่าเป็นกิโลกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน โดยหาร 1000

การประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสเฉียบพลันทำการประเมินจากกรณีเลวร้ายที่สุด (worst-case scenario) โดยคำนวณจากปริมาณสารเคมีตกค้างที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และปริมาณการบริโภคผักผลไม้ที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของเฉพาะผู้ที่บริโภค ส่วนการประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสระยะยาว คำนวณจากปริมาณสารเคมีตกค้างที่ระดับเฉลี่ย และปริมาณการบริโภคผักผลไม้ที่ระดับเฉลี่ยของ

ประชากรทั้งหมด[12] ทำการประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่ม คาร์บาเมตรวมจากการบริโภคผักผลไม้ทุกชนิด โดยรวมปริมาณการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตแบบระยะยาวจากการบริโภคผักผลไม้ชนิดต่างๆ และประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตโดยใช้รูปแบบผู้บริโภคสูง (modelling high consumers) คือ พิจารณาปริมาณการได้รับสารเคมีที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของเฉพาะผู้บริโภค ว่ารายการผักและผลไม้ใดมีค่าสูงที่สุด (กลุ่มอาหารละ 1 รายการ) และนำมาคำนวณรวมกับปริมาณเฉลี่ยการได้รับสารเคมีจากผักและผลไม้รายการอื่น[11]

การแสดงลักษณะความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทย บ่งชี้ได้จากการคำนวณค่าความเสี่ยง (hazard quotient) ของปริมาณการได้รับสัมผัสสารเคมีเทียบเป็นร้อยละของค่าความปลอดภัย[11] ค่าความปลอดภัยของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต 7 ชนิด ที่ทำการศึกษาแสดงในตารางที่ 1 ในการประเมินความเสี่ยงรูปแบบการได้รับสัมผัสเฉียบพลันใช้ค่าความปลอดภัยจากการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลัน (acute reference dose; ARfD)[13] และการประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสระยะยาวใช้ค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต(acceptable daily intake; ADI)[13] โดยค่าความเสี่ยงคำนวณได้จากสมการ[11]

$$\text{ค่าความเสี่ยง} = \frac{\text{ปริมาณการได้รับสัมผัสสารเคมี}}{\text{ค่าความปลอดภัย}} \times 100$$

โดยกำหนด

- ค่าความเสี่ยง หน่วยเป็น ร้อยละของค่าความปลอดภัย
- ปริมาณการได้รับสัมผัสสารเคมี หน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน
- ค่าความปลอดภัย หน่วยเป็น มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน

หากค่าความเสี่ยงมีค่ามากกว่า 100 หมายความว่า ประชากรอาจมีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารเคมีชนิดนั้นๆ หากค่าความเสี่ยงมีค่าน้อยกว่า 100 หมายความว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพที่น่ากังวล[11]

การขอรับการพิจารณารับรองโครงการวิจัยในคน

เนื่องจากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการบริโภคอาหารในประชากรไทย ดังนั้นจึงดำเนินการขอรับการพิจารณารับรองโครงการวิจัยในคน จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน ชุดกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564

ตารางที่ 1. ค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพแบบเฉียบพลัน (Acute Reference Dose; ARfD) และค่าความปลอดภัยต่อสุขภาพตลอดช่วงชีวิต (Acceptable Daily Intake; ADI) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

Pesticide	ARfD (mg/kg bw/day)	ADI (mg/kg bw/day)	อ้างอิง*
ออกซามิล	0.009	0.009	JMPR, 2017
อัลดิคาร์บ	0.003	0.003	JMPR, 2002
เมโทมิล	0.02	0.02	JMPR, 2001
คาร์บาริล	0.20	0.008	JMPR, 2001
คาร์โบฟูราน	0.001	0.001	JMPR, 2008
เมทิโอคาร์บ	0.02	0.02	JMPR, 1998
คาร์โบซัลแฟน	0.02	0.01	JMPR, 2003

* Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR)

ผลการวิจัย

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้ใน “โครงการจัดทำฐานข้อมูลระบบการเชื่อมโยงและการแชร์ข้อมูลร่วมกันด้านการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้” เลือกชนิดผักผลไม้ที่มีข้อมูลอยู่ในเอกสารเผยแพร่ ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย พ.ศ. 2559 และเลือกจำนวนตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์อย่างน้อย 3 ตัวอย่างขึ้นไป รวม 55 ชนิด จำนวน 948 ตัวอย่าง จำแนกเป็นผลไม้ 17 ชนิด จำนวน 237 ตัวอย่าง จำแนกเป็นผัก (รวมถึงสมุนไพรและเห็ด) 38 ชนิด จำนวน 711 ตัวอย่าง ทำการศึกษาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต เฉพาะชนิดที่มีค่าความปลอดภัยจากการได้รับสัมผัสแบบเฉียบพลัน (ARfD) และค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (ADI) ได้แก่ คาร์บาริล คาร์โบซัลแฟน คาร์โบฟูราน เมทิโอคาร์บ เมโทมิล ออกซามิล และอัลดิคาร์บ เพื่อให้สามารถแสดงลักษณะความเสี่ยงของการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ได้ จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตในตัวอย่างผักผลไม้พบว่า ตัวอย่างผลไม้ 8 ชนิด และผัก 23 ชนิด ตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 7 ชนิด ทั้งนี้ร้อยละของตัวอย่างผลไม้ที่ตรวจพบการตกค้างของ คาร์บาริล คาร์โบซัลแฟน คาร์โบฟูราน เมทิโอคาร์บ เมโทมิล ออกซามิล และอัลดิคาร์บ เท่ากับ 2.11, 0, 4.22, 0, 1.69, 0 และ 0 ตามลำดับ ร้อยละของตัวอย่างผักที่พบการตกค้างของ คาร์บาริล คาร์โบซัลแฟน คาร์โบฟูราน เมทิโอคาร์บ เมโทมิล ออกซามิล และอัลดิคาร์บ เท่ากับ 0.70, 0.14, 1.55, 0.42, 0.56, 0.14 และ 0 ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างส้ม จำนวน 26 ตัวอย่าง พบตัวอย่างที่มีการตกค้างของคาร์โบฟูรานสูงถึงร้อยละ 50 และพบการตกค้างคาร์โบฟูรานสูงสุดในตัวอย่างส้มที่ระดับ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.02 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง[14]

ตารางที่ 2. ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในตัวอย่าง คำนวณแบบขอบเขตบน (upper-bound scenario)

พืช	N	ระดับ	ออกซามิล	อัลดิคาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟู-ราน	เมทิโอ-คาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
ผลไม้									
แอปเปิ้ล	24	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
กล้วยหอม	27	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0062	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.0162	0.005	0.005	0.005
แคนตาลูป เมลอน	19	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
สาลี่	12	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
กล้วยน้ำว้า	11	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
แก้วมังกร	14	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0054	0.005	0.0055	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0084	0.005	0.0097	0.005	0.005
องุ่น	12	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0184	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.1217	0.005	0.005	0.005
ฝรั่ง	16	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0066	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0206	0.005	0.005
ลำไย	5	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0095	0.005	0.005	0.005	0.005
มะม่วงดิบ	12	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0069	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0186	0.005	0.005	0.005	0.005
มะม่วงสุก	23	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
มังคุด	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้ง ส้ม	26	เฉลี่ย	0.005	0.0079	0.005	0.0101	0.0298	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.035	0.005	0.06	0.1	0.005	0.005
มะละกอสุก	9	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0056	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.009	0.005	0.005
สับปะรด	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

ตารางที่ 2. ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในตัวอย่าง คำนวณแบบขอบเขตบน (upper-bound scenario) (ต่อ)

พืช	N	ระดับ	ออกซามิล	อัลดิคาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟู-ราน	เมทิโอ-คาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
เงาะ	4	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0105	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.0254	0.005	0.005	0.005
แตงโม	17	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ผัก สมุนไพร เห็ด									
ถั่วงอก	5	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
พริกหยวก	4	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0235	0.005	0.005
พริกขี้หนู	28	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0052	0.005	0.0053	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0066	0.005	0.0076	0.005	0.005
บรอกโคลี่	13	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0054	0.0062	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0085	0.0155	0.005
กะหล่ำปลี	42	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0051	0.0052
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.007
แครอท	23	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
กะหล่ำดอก	9	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0078	0.005	0.0083	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.025	0.005	0.026	0.005	0.005
ผักกาดขาว ผักกาดเขียว	39	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0051	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0052	0.005	0.005	0.005	0.005
ขึ้นฉ่าย	5	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ใบกุยช่าย	10	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0075	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0244	0.005	0.005
ผักคะน้า	51	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0051	0.005	0.0051	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ผักบุ้งจีน	41	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ผักกวางตุ้ง	12	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
แตงกวา แตงร้าน	50	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0058	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

ตารางที่ 2. ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในตัวอย่าง คำนวณแบบขอบเขตบน (upper-bound scenario) (ต่อ)

พืช	N	ระดับ	ออกซามิล	อัลดิคาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟู-ราน	เมทิโอ-คาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
มะเขือยาว	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ข่าอ่อน ขิงอ่อน ขมิ้นขาว	24	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
กระเทียม	18	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ใบบัวบก	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ถั่วลันเตา	6	เฉลี่ย	0.0092	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.0269	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ใบแมงลัก	5	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ใบกะเพรา	23	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.0685	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.6925	0.005	0.005	0.005
ตำลึง	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
เห็ดหูหนู	5	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ผักกาดหอม ผักสลัด	46	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.056	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ผักบุ้งไทยต้นขาว	9	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
หอมหัวใหญ่	3	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
มะละกอดิบ	6	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดออรินจิ เห็ดเข็มทอง	16	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ฟักทอง	13	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005

ตารางที่ 2. ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ในตัวอย่าง คำนวณแบบขอบเขตบน (upper bound scenario) (ต่อ)

พืช	N	ระดับ	ออกซามิล	อัลดิคาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟู-ราน	เมทิโอ-คาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
มะเขือเปราะ	37	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0065	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0105	0.005	0.005
หอมแดง	18	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ปวยเล้ง	4	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ต้นหอม	18	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.0075	0.005	0.0058	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.0309	0.005	0.0136	0.005	0.005
พริกชี้ฟ้า	7	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ใบโหระพา	20	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
พริกหวาน	10	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.0202	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.1156	0.005	0.005
มะเขือเทศ	48	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
ถั่วฝักยาว	34	เฉลี่ย	0.005	0.005	0.1194	0.0054	0.013	0.005	0.005
		97.5 PCTL	0.005	0.005	0.7016	0.0076	0.1067	0.005	0.005

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผักผลไม้จากโครงการวิจัยข้างต้น รายงานค่า LOD และ LOQ ของสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตทั้ง 7 ชนิด เท่ากับ 0.005 และ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ การศึกษานี้ทำการประเมินการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตแบบขอบเขตบน ดังนั้นจึงใช้ค่า LOD ที่ 0.005 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในการแทนค่าสำหรับตัวอย่างที่ตรวจไม่พบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต และใช้ค่า LOQ ที่ 0.01 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในการแทนค่าสำหรับตัวอย่างที่ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตน้อยกว่าค่า LOQ ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย และ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งจะถูกนำไปคำนวณปริมาณการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตแต่ละชนิดจากการบริโภคผักและผลไม้ ในขั้นตอนการประเมินการได้รับสัมผัส

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป จากข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย โดยเป็นผลสำรวจการบริโภคในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้น

ไป จำนวน 7,267 คน จากกรุงเทพมหานคร และ 4 ภูมิภาค (เหนือ กลาง ใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ) รายงานเป็นปริมาณการบริโภคเฉลี่ย และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของประชากรทั้งหมด (per capita) และเฉพาะผู้ที่บริโภค (eater only) ผลการพิจารณารับรองโครงการวิจัยในคน จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนชุดกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล ตามเอกสารเลขที่ อว 78.0130/00524 ลงวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 พิจารณาว่าไม่จัดเป็นการวิจัยในคน จึงไม่จำเป็นที่จะต้องได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

ผลการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป โดยคำนวณปริมาณการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์-บาเมตจากปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตตกค้าง และข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย และคำนวณค่าความเสี่ยง (hazard quotient) จากปริมาณการได้รับสัมผัสสารเคมีแต่ละชนิดเทียบเป็นร้อยละของค่าความปลอดภัยของสารเคมีชนิดนั้นๆ (ตารางที่ 3) ผลการประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสเฉียบพลันทำการประเมินจากกรณีเลวร้ายที่สุด (worst-case scenario) ซึ่งคำนวณจากปริมาณสารเคมีตกค้างที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ และปริมาณการบริโภคผักผลไม้ที่ระดับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ของเฉพาะผู้ที่บริโภค พบว่าความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต 7 ชนิด จากการบริโภคผักและผลไม้แต่ละชนิดมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 100 โดยความเสี่ยงจากการได้รับออกซามิล คาร์บาริล เมทิโอคาร์บ และคาร์โบซัลแฟน มีค่าต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 1 ของ ARfD) อย่างไรก็ตามจากการประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสเฉียบพลัน มีสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด ที่พบความเสี่ยงมากกว่าร้อยละ 1 ในบางรายการผักผลไม้ ได้แก่ อัลดิคาร์บ เมโทมิล และคาร์โบฟูราน สำหรับความเสี่ยงจากการได้รับอัลดิคาร์บ พบสูงสุดจากการบริโภคส้ม (ร้อยละ 8.67 ของ ARfD) รองลงมาคือ แตงโม (ร้อยละ 1.72 ของ ARfD) และฝรั่ง (ร้อยละ 1.63 ของ ARfD) ความเสี่ยงจากการได้รับเมโทมิล พบสูงสุดจากการบริโภคถั่วฝักยาว (ร้อยละ 4.51 ของ ARfD) ความเสี่ยงจากการได้รับคาร์โบฟูราน พบสูงสุดจากการบริโภคส้ม (ร้อยละ 74.30 ของ ARfD) รองลงมาคือ ฝรั่ง (ร้อยละ 20.10 ของ ARfD) และถั่วฝักยาว (ร้อยละ 13.7 ของ ARfD) ส่วนการประเมินรูปแบบการได้รับสัมผัสระยะยาว คำนวณจากปริมาณสารเคมีตกค้างที่ระดับเฉลี่ย และปริมาณการบริโภคผักผลไม้ที่ระดับเฉลี่ยของประชากรทั้งหมด พบว่าความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต 7 ชนิด จากการบริโภคผักผลไม้แต่ละชนิดมีค่าต่ำมาก พบว่าค่าความเสี่ยง (hazard quotient) น้อยกว่าร้อยละ 1 ของ ADI ทุกรายการ

ตารางที่ 3. การแสดงค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) คำนวณเป็นร้อยละของ ARfD หรือ ADI ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากแบบจำลองการได้รับสัมผัสเฉียบพลันและเรื้อรังในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป

พืช	รูปแบบ	ออกซามิล	อัลดิ-คาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟูราน	เมทิโอคาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
ผลไม้								
แอปเปิ้ล	เฉียบพลัน	0.3840	1.1500	0.1730	0.0173	3.4600	0.1730	0.1730
	เรื้อรัง	0.0156	0.0467	0.0070	0.0175	0.1400	0.0070	0.0140
กล้วยหอม	เฉียบพลัน	0.2580	0.7740	0.1160	0.0376	2.3200	0.1160	0.1160
	เรื้อรัง	0.0063	0.0188	0.0028	0.0087	0.0564	0.0028	0.0056
แคนตาลูป	เฉียบพลัน	0.2430	0.7280	0.1090	0.0109	2.1800	0.1090	0.1090
เมลอน	เรื้อรัง	0.0028	0.0084	0.0013	0.0031	0.0251	0.0013	0.0025
สาลี่	เฉียบพลัน	0.4360	1.3100	0.1960	0.0196	3.9200	0.1960	0.1960
	เรื้อรัง	0.0034	0.0101	0.0015	0.0038	0.0302	0.0015	0.0030
กล้วยน้ำว้า	เฉียบพลัน	0.2180	0.6530	0.0980	0.0098	1.9600	0.0980	0.0980
	เรื้อรัง	0.0247	0.0741	0.0111	0.0278	0.2220	0.0111	0.0222
แก้วมังกร	เฉียบพลัน	0.3270	0.9800	0.2460	0.0147	5.7200	0.1470	0.1470
	เรื้อรัง	0.0121	0.0363	0.0058	0.0136	0.1200	0.0054	0.0109
องุ่น	เฉียบพลัน	0.2320	0.6950	0.1040	0.2540	2.0800	0.1040	0.1040
	เรื้อรัง	0.0061	0.0183	0.0027	0.0252	0.0548	0.0027	0.0055
ฝรั่ง	เฉียบพลัน	0.5420	1.6300	0.2440	0.0244	20.1000	0.2440	0.2440
	เรื้อรัง	0.0196	0.0587	0.0088	0.0220	0.2310	0.0088	0.0176
ลำไย	เฉียบพลัน	0.1390	0.4180	0.1190	0.0063	1.2600	0.0628	0.0628
	เรื้อรัง	0.0073	0.0219	0.0040	0.0082	0.0658	0.0033	0.0066
มะม่วงดิบ	เฉียบพลัน	0.2710	0.8140	0.4540	0.0122	2.4400	0.1220	0.1220
	เรื้อรัง	0.0175	0.0526	0.0109	0.0197	0.1580	0.0079	0.0158
มะม่วงสุก	เฉียบพลัน	0.4870	1.4600	0.2190	0.0219	4.3900	0.2190	0.2190
	เรื้อรัง	0.0343	0.1030	0.0154	0.0385	0.3080	0.0154	0.0308
มังคุด	เฉียบพลัน	0.3820	1.1500	0.1720	0.0172	3.4400	0.1720	0.1720
	เรื้อรัง	0.0121	0.0363	0.0055	0.0136	0.1090	0.0055	0.0109
ส้มเขียวหวาน ส้มสายน้ำผึ้ง ส้ม	เฉียบพลัน	0.4130	8.6700	0.1860	0.2230	74.3000	0.1860	0.1860
	เรื้อรัง	0.0169	0.0801	0.0076	0.0384	0.9080	0.0076	0.0152
มะละกอสุก	เฉียบพลัน	0.3670	1.1000	0.1650	0.0165	5.9400	0.1650	0.1650
	เรื้อรัง	0.0188	0.0563	0.0085	0.0211	0.1880	0.0085	0.0169
สับปะรด	เฉียบพลัน	0.4090	1.2300	0.1840	0.0184	3.6800	0.1840	0.1840
	เรื้อรัง	0.0160	0.0479	0.0072	0.0180	0.1440	0.0072	0.0144

ตารางที่ 3. การแสดงค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) คำนวณเป็นร้อยละของ ARfD หรือ ADI ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากแบบจำลองการได้รับสัมผัสเฉียบพลันและเรื้อรังในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป (ต่อ)

พืช	รูปแบบ	ออกซามิล	อัลดิ-คาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟูราน	เมทิโอคาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
เงาะ	เฉียบพลัน	0.2450	0.7340	0.1100	0.0558	2.2000	0.1100	0.1100
	เรื้อรัง	0.0099	0.0295	0.0044	0.0233	0.0886	0.0044	0.0089
แตงโม	เฉียบพลัน	0.5730	1.7200	0.2580	0.0258	5.1600	0.2580	0.2580
	เรื้อรัง	0.0358	0.1070	0.0161	0.0402	0.3220	0.0161	0.0322
ผัก สมุนไพร เห็ด								
ถั่วงอก	เฉียบพลัน	0.0328	0.0984	0.0148	0.0015	0.2950	0.0148	0.0148
	เรื้อรัง	0.0035	0.0104	0.0016	0.0039	0.0311	0.0016	0.0031
พริกหยวก	เฉียบพลัน	0.0535	0.1610	0.0241	0.0024	2.2600	0.0241	0.0241
	เรื้อรัง	0.0012	0.0036	0.0005	0.0013	0.0213	0.0005	0.0011
พริกขี้หนู	เฉียบพลัน	0.0100	0.0301	0.0060	0.0005	0.1370	0.0045	0.0045
	เรื้อรัง	0.0013	0.0038	0.0006	0.0014	0.0119	0.0006	0.0011
บรอกโคลี่	เฉียบพลัน	0.0917	0.2750	0.0413	0.0041	1.4000	0.1280	0.0413
	เรื้อรัง	0.0017	0.0051	0.0008	0.0019	0.0164	0.0009	0.0015
กะหล่ำปลี	เฉียบพลัน	0.0573	0.1720	0.0258	0.0026	0.5160	0.0258	0.0361
	เรื้อรัง	0.0042	0.0125	0.0019	0.0047	0.0376	0.0019	0.0039
แครอท	เฉียบพลัน	0.0378	0.1130	0.0170	0.0017	0.3400	0.0170	0.0170
	เรื้อรัง	0.0018	0.0053	0.0008	0.0020	0.0158	0.0008	0.0016
กะหล่ำดอก	เฉียบพลัน	0.0917	0.2750	0.2060	0.0041	4.2900	0.0413	0.0413
	เรื้อรัง	0.0031	0.0092	0.0022	0.0035	0.0461	0.0014	0.0028
ผักกาดขาว	เฉียบพลัน	0.0726	0.2180	0.0343	0.0033	0.6530	0.0327	0.0327
ผักกาดเขียว	เรื้อรัง	0.0074	0.0222	0.0034	0.0083	0.0666	0.0033	0.0067
ขึ้นฉ่าย	เฉียบพลัน	0.0251	0.0753	0.0113	0.0011	0.2260	0.0113	0.0113
	เรื้อรัง	0.0013	0.0039	0.0006	0.0015	0.0118	0.0006	0.0012
ใบกุยช่าย	เฉียบพลัน	0.0656	0.1970	0.0295	0.0030	2.8800	0.0295	0.0295
	เรื้อรัง	0.0005	0.0014	0.0002	0.0005	0.0064	0.0002	0.0004
ผักคะน้า	เฉียบพลัน	0.0535	0.1610	0.0241	0.0024	0.4820	0.0241	0.0241
	เรื้อรัง	0.0044	0.0133	0.0020	0.0051	0.0399	0.0020	0.0040
ผักบุ้งจีน	เฉียบพลัน	0.0573	0.1720	0.0258	0.0026	0.5160	0.0258	0.0258
	เรื้อรัง	0.0049	0.0146	0.0022	0.0055	0.0437	0.0022	0.0044
ผักกวางตุ้ง	เฉียบพลัน	0.0478	0.1430	0.0215	0.0022	0.4300	0.0215	0.0215
	เรื้อรัง	0.0019	0.0056	0.0008	0.0021	0.0169	0.0008	0.0017

ตารางที่ 3. การแสดงค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) คำนวณเป็นร้อยละของ ARfD หรือ ADI ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากแบบจำลองการได้รับสัมผัสเฉียบพลันและเรื้อรังในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป (ต่อ)

พืช	รูปแบบ	ออกซามิล	อัลดิ-คาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟูราน	เมทิโอคาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
แตงกวา แตงร้าน	เฉียบพลัน	0.2430	0.7300	0.1090	0.0109	2.1900	0.1090	0.1090
	เรื้อรัง	0.0219	0.0658	0.0099	0.0285	0.1970	0.0099	0.0197
มะเขือยาว	เฉียบพลัน	0.0955	0.2870	0.0430	0.0043	0.8600	0.0430	0.0430
	เรื้อรัง	0.0030	0.0089	0.0013	0.0033	0.0266	0.0013	0.0027
ข่าอ่อน ขิงอ่อน ขมิ้นขาว	เฉียบพลัน	0.0618	0.1850	0.0278	0.0028	0.5560	0.0278	0.0278
	เรื้อรัง	0.0014	0.0043	0.0006	0.0016	0.0129	0.0006	0.0013
กระเทียม	เฉียบพลัน	0.0153	0.0459	0.0069	0.0007	0.1380	0.0069	0.0069
	เรื้อรัง	0.0022	0.0066	0.0010	0.0025	0.0197	0.0010	0.0020
ใบบัวบก	เฉียบพลัน	0.0135	0.0405	0.0061	0.0006	0.1220	0.0061	0.0061
	เรื้อรัง	0.0002	0.0006	0.0001	0.0002	0.0017	0.0001	0.0002
ถั่วลันเตา	เฉียบพลัน	0.3390	0.1890	0.0284	0.0028	0.5670	0.0284	0.0284
	เรื้อรัง	0.0012	0.0020	0.0003	0.0007	0.0059	0.0003	0.0006
ใบแมงลัก	เฉียบพลัน	0.0135	0.0405	0.0061	0.0006	0.1220	0.0061	0.0061
	เรื้อรัง	0.0007	0.0022	0.0003	0.0008	0.0065	0.0003	0.0007
ใบกะเพรา	เฉียบพลัน	0.0134	0.0401	0.0060	0.0834	0.1200	0.0060	0.0060
	เรื้อรัง	0.0017	0.0051	0.0008	0.0261	0.0152	0.0008	0.0015
ตำลึง	เฉียบพลัน	0.0420	0.1260	0.0189	0.0019	0.3780	0.0189	0.0189
	เรื้อรัง	0.0029	0.0086	0.0013	0.0032	0.0257	0.0013	0.0026
เห็ดหูหนู	เฉียบพลัน	0.0497	0.1490	0.0224	0.0022	0.4470	0.0224	0.0224
	เรื้อรัง	0.0009	0.0027	0.0004	0.0010	0.0080	0.0004	0.0008
ผักกาดหอม ผักสลัด	เฉียบพลัน	0.0309	0.0926	0.0139	0.0014	0.2780	0.0139	0.0139
	เรื้อรัง	0.0011	0.0032	0.0054	0.0012	0.0096	0.0005	0.0010
ผักบุ้งไทยต้นขาว	เฉียบพลัน	0.0726	0.2180	0.0327	0.0033	0.6530	0.0327	0.0327
	เรื้อรัง	0.0024	0.0073	0.0011	0.0027	0.0218	0.0011	0.0022
หอมหัวใหญ่	เฉียบพลัน	0.0573	0.1720	0.0258	0.0026	0.5160	0.0258	0.0258
	เรื้อรัง	0.0031	0.0092	0.0014	0.0034	0.0275	0.0014	0.0028
มะละกอดิบ	เฉียบพลัน	0.0726	0.2180	0.0327	0.0033	0.6530	0.0327	0.0327
	เรื้อรัง	0.0099	0.0296	0.0044	0.0111	0.0887	0.0044	0.0089
เห็ดนางฟ้า เห็ดนางรม เห็ดออรินจิ เห็ดเข็มทอง	เฉียบพลัน	0.0573	0.1720	0.0258	0.0026	0.5160	0.0258	0.0258
	เรื้อรัง	0.0026	0.0079	0.0012	0.0029	0.0236	0.0012	0.0024

ตารางที่ 3. การแสดงค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient) คำนวณเป็นร้อยละของ ARfD หรือ ADI ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากแบบจำลองการได้รับสัมผัสเฉียบพลันและเรื้อรังในประชากรไทยอายุ 3 ปีขึ้นไป (ต่อ)

พืช	รูปแบบ	ออกซามิล	อัลดิ-คาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟูราน	เมทิโอคาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
ฟักทอง	เฉียบพลัน	0.1110	0.3320	0.0498	0.0050	0.9960	0.0498	0.0498
	เรื้อรัง	0.0040	0.0119	0.0018	0.0045	0.0358	0.0018	0.0036
มะเขือเปราะ	เฉียบพลัน	0.0955	0.2870	0.0430	0.0043	1.8100	0.0430	0.0430
	เรื้อรัง	0.0107	0.0320	0.0048	0.0120	0.1250	0.0048	0.0096
หอมแดง	เฉียบพลัน	0.0120	0.0361	0.0054	0.0005	0.1080	0.0054	0.0054
	เรื้อรัง	0.0018	0.0054	0.0008	0.0020	0.0161	0.0008	0.0016
ปวยเล้ง	เฉียบพลัน	0.0478	0.1430	0.0215	0.0022	0.4300	0.0215	0.0215
	เรื้อรัง	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001	0.0008	0.0000	0.0001
ต้นหอม	เฉียบพลัน	0.0154	0.0463	0.0429	0.0007	0.3790	0.0070	0.0070
	เรื้อรัง	0.0020	0.0059	0.0013	0.0022	0.0207	0.0009	0.0018
พริกชี้ฟ้า	เฉียบพลัน	0.0116	0.0347	0.0052	0.0005	0.1040	0.0052	0.0052
	เรื้อรัง	0.0004	0.0013	0.0002	0.0005	0.0038	0.0002	0.0004
ใบโหระพา	เฉียบพลัน	0.0135	0.0405	0.0061	0.0006	0.1220	0.0061	0.0061
	เรื้อรัง	0.0014	0.0041	0.0006	0.0016	0.0124	0.0006	0.0012
พริกหวาน	เฉียบพลัน	0.0463	0.1390	0.0208	0.0021	9.6400	0.0208	0.0208
	เรื้อรัง	0.0002	0.0006	0.0001	0.0002	0.0067	0.0001	0.0002
มะเขือเทศ	เฉียบพลัน	0.0849	0.2550	0.0382	0.0038	0.7640	0.0382	0.0382
	เรื้อรัง	0.0058	0.0175	0.0026	0.0066	0.0525	0.0026	0.0053
ถั่วฝักยาว	เฉียบพลัน	0.0714	0.2140	4.5100	0.0049	13.7000	0.0321	0.0321
	เรื้อรัง	0.0080	0.0239	0.0854	0.0097	0.1860	0.0036	0.0072

ผลการประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตรวมแบบระยะยาว จากการบริโภคผักผลไม้ทุกชนิด และการประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตโดยใช้รูปแบบผู้บริโภคสูง แสดงในตารางที่ 4 ผลการประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตรวมจากการบริโภคผักผลไม้ทุกชนิดโดยรวมปริมาณการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์-บาเมตแบบระยะยาวจากการบริโภคผักผลไม้ชนิดต่างๆ พบว่า ค่าความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตเกือบทุกชนิดจากการบริโภคผักผลไม้มีค่าต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 1 ของ ADI) ยกเว้นความเสี่ยงจากการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคผลไม้ (ร้อยละ 3.17 ของ ADI) ผัก (ร้อยละ 1.32 ของ ADI) และผลไม้และผัก (ร้อยละ 4.49 ของ ADI) และความเสี่ยงจากการได้รับอัลดิคาร์บจากการบริโภคผลไม้และผัก (ร้อยละ 1.18 ของ ADI) ผลการประเมินการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตโดยใช้รูปแบบผู้บริโภคสูง คือ รวมปริมาณการได้รับสารเคมีสูงสุด 1 รายการของผักและผลไม้ที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ไทล์ เฉพาะผู้บริโภคกับ

ปริมาณเฉลี่ยการได้รับสารเคมีจากอาหารรายการอื่น พบความเสี่ยงของการได้รับคาร์บาริล เมทิโอ-คาร์บ และคาร์โบซัลแฟน มีค่าต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 1 ของ ADI) ส่วนความเสี่ยงของการได้รับออกซามิล อัลดิคาร์บ และเมโทมิล จากการบริโภคผักผลไม้รูปแบบผู้บริโภคสูงมีค่าเท่ากับร้อยละ1.26, 10.9 และ 5.13 ของ ADI ตามลำดับ แต่พบค่าความเสี่ยงสูงจากการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคผลไม้ (ร้อยละ 76.56 ของ ADI) และจากการบริโภคผัก (ร้อยละ 14.83 ของ ADI) และเมื่อรวมการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคผักและผลไม้ มีค่าความเสี่ยงสูงถึง ร้อยละ 91.39 ของ ADI

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้ใน “โครงการจัดทำฐานข้อมูลระบบการเชื่อมโยงและการแชร์ข้อมูลร่วมกันด้านการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้” พบว่าตัวอย่างผักผลไม้ส่วนใหญ่ตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต และพบตัวอย่างส้มเพียง 1 ตัวอย่างที่มีการตกค้างของคาร์โบฟูรานสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด ร้อยละของตัวอย่างที่ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตมีค่าต่ำกว่าการศึกษาอื่น ตัวอย่างฝรั่งที่ตรวจพบสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตชนิดคาร์บาริล และคาร์โบฟูราน เพียงร้อยละ 0 และ 6.25 ตามลำดับ ขณะที่การศึกษาของ Wanwimolruk และคณะ (2019)[15] ทำการเก็บตัวอย่างฝรั่งจากตลาดและซุปเปอร์มาร์เก็ตใน 10 จังหวัดของประเทศไทย พบร้อยละของตัวอย่างที่ตรวจพบคาร์บาริล และคาร์โบฟูรานสูงถึงประมาณร้อยละ 40 และ 80 ตามลำดับ[15] จากรายงานผลการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ ตัวอย่างผักคะน้า 51 ตัวอย่าง ตรวจพบสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตเพียงร้อยละ 2 ขณะที่การศึกษาของ Wanwimolruk และคณะ (2015)[7] รายงานผลการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตได้แก่ คาร์บาริล และคาร์โบฟูราน ในตัวอย่างผักคะน้า 117 ตัวอย่างที่เก็บจาก 12 ตลาดในจังหวัดนครปฐม พบร้อยละตัวอย่างที่ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตร้อยละ 15[7] จากรายงานผลการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ ตัวอย่างถั่วฝักยาวที่ตรวจพบสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตเพียงร้อยละ 6 ขณะที่การศึกษาของ Suntudrob และคณะ (2018)[16] ทำการเก็บตัวอย่างถั่วฝักยาว 248 ตัวอย่าง จากกรุงเทพมหานครและ 76 จังหวัด พบร้อยละตัวอย่างที่ตรวจพบการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตร้อยละ 13[16] นอกจากนี้ปริมาณสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตที่ตรวจพบในผักผลไม้จากรายงานผลการวิเคราะห์มีค่าต่ำกว่าการศึกษาก่อนหน้า ทั้งนี้มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการรายงานปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จากการศึกษาต่างกัน เช่น พื้นที่เก็บตัวอย่าง ฤดูกาลเก็บตัวอย่าง การขนส่ง เก็บรักษา และเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ รวมถึงเทคนิค/เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ค่า hazard quotient ซึ่งบ่งชี้ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับสัมผัสสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทย มีค่าต่ำกว่ากว่าการศึกษาก่อนหน้าโดย Suntudrob และคณะ (2018)[16] รายงาน

ความเสี่ยงแบบระยะยาวต่อการได้รับคาร์โบฟู-ราน จากการบริโภคผักของประชากรไทยที่ค่ากลาง และค่าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 13 และ 269 ของค่า ADI ตามลำดับ ขณะที่การศึกษานี้ พบความเสี่ยงที่ระดับเฉลี่ย และรูปแบบผู้บริโภคสูง เท่ากับ ร้อยละ 1 และ 15 ของค่า ADI ตามลำดับ นอกจากนี้ยังรายงานค่าความเสี่ยงต่อการได้รับเมโทมิล จากการบริโภคผักของประชากรไทยที่ค่ากลาง และค่าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 1 และ 12 ของค่า ADI ตามลำดับ[16] เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษานี้ พบความเสี่ยงที่ระดับเฉลี่ย และรูปแบบผู้บริโภคสูง เท่ากับ ร้อยละ 0.1 และ 5 ของค่า ADI ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาของ Suntudrob และคณะ (2018)[16] ใช้ข้อมูลปริมาณการบริโภคผักเท่ากับ 155.2 กรัม/คน/วัน และน้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กิโลกรัมมาคำนวณ จากรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย (National Health Examination Survey Office; NHESO)[16] ขณะที่การศึกษานี้ใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย ของ หน่วยงาน มกอช. ที่รายงานปริมาณการบริโภคผักผลไม้แต่ละชนิด เป็น กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ผลการประเมินความเสี่ยงที่ต่างกันอาจมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ระยะเวลาการตกค้าง คุณสมบัติทางเคมีของสารเคมี)[17] ปริมาณการบริโภคผักผลไม้ กลุ่มประชากร น้ำหนักตัวของประชากร ที่นำมาใช้ในการประเมินการได้รับสัมผัส

ตารางที่ 4. การแสดงค่าความเสี่ยงรวม จากการบริโภคผักผลไม้ จากสถานการณ์รูปแบบการบริโภคเฉลี่ยทุกรายการ และรูปแบบผู้บริโภคสูง (modelling high consumers)

กลุ่มอาหาร	สถานการณ์	ออกซามิล	อัลดิคาร์บ	เมโทมิล	คาร์บาริล	คาร์โบฟู-ราน	เมทิโอ-คาร์บ	คาร์โบซัล-แฟน
ผลไม้	รูปแบบการบริโภคเฉลี่ยทุกรายการ	0.26	0.81	0.12	0.34	3.17	0.12	0.23
	รูปแบบผู้บริโภคสูง	0.80	9.40	0.56	0.53	76.56	0.36	0.46
ผัก	รูปแบบการบริโภคเฉลี่ยทุกรายการ	0.13	0.38	0.14	0.17	1.32	0.06	0.11
	รูปแบบผู้บริโภคสูง	0.46	0.70	4.57	0.23	14.83	0.16	0.20
ผลไม้และผัก	รูปแบบการบริโภคเฉลี่ยทุกรายการ	0.39	1.18	0.27	0.51	4.49	0.17	0.35
	รูปแบบผู้บริโภคสูง	1.26	10.09	5.13	0.76	91.39	0.51	0.66

ความไม่แน่นอน (uncertainty) ของการประเมินการได้รับสัมผัสของการศึกษานี้อาจเกิดในรูปแบบการประเมินสูงกว่าความเป็นจริง (overestimation) เนื่องจากไม่ได้นำค่าปัจจัยกระบวนการ (processing factor) เช่น การล้าง การปอกเปลือก การปรุงสุก มาใช้ในการแปลงค่าปริมาณสารเคมีตกค้างในผักผลไม้[18] โดยปกติหากนำค่า processing factor มาคำนวณจะทำให้การประมาณการได้รับสัมผัสมีค่าต่ำลง อย่างไรก็ตามข้อมูล processing factor ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างมีอยู่จำกัด และไม่ครอบคลุมชนิดสารเคมี และชนิดผักผลไม้ นอกจากนี้การศึกษานี้เป็นการประเมินแบบขอบเขตบน คือ แทนค่าปริมาณสารเคมีที่ไม่พบด้วยค่า LOD และแทนค่าความเข้มข้นที่ตรวจพบน้อยกว่า LOQ ด้วยค่า LOQ จึงอาจทำให้การประเมินสูงกว่าความเป็นจริง เนื่องจากรายงานผลการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างผักผลไม้ส่วนใหญ่ตรวจไม่พบการตกค้างของสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต

สรุป

ผลการประเมินความเสี่ยงแบบเฉียบพลันและระยะยาว โดยใช้การประเมินแบบขอบเขตบนของผักและผลไม้แต่ละชนิด พบว่าความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าความปลอดภัยมาก ยกเว้นการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคส้ม นอกจากนี้ผลการประเมินความเสี่ยงรวม จากการบริโภคผักผลไม้รูปแบบเฉลี่ยและรูปแบบผู้บริโภคสูง พบว่าความเสี่ยงต่ำเช่นเดียวกัน ยกเว้นความเสี่ยงของการได้รับคาร์โบฟูรานจากการบริโภคผักและผลไม้รวมกันในรูปแบบผู้บริโภคสูง จึงอาจบ่งชี้ได้ว่าความเสี่ยงแบบเฉียบพลัน และระยะยาว จากการได้รับสารกลุ่มคาร์บาเมต (ยกเว้นคาร์โบฟูราน) จากการบริโภคผักผลไม้ของประชากรไทยยังไม่เป็นที่น่ากังวล อย่างไรก็ตามการศึกษาต่อไปควรทำการประเมินความเสี่ยงแบบสะสมของกลุ่มสารเคมีที่มีกลไกความเป็นพิษร่วมกัน เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภคให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนการศึกษาเฉลิมพระเกียรติ 60 ปี ครองราชสมบัติ ประจำปีการศึกษา 2562 โดยบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักผลไม้จาก “โครงการจัดทำฐานข้อมูลระบบการเชื่อมโยงและการแชร์ข้อมูลร่วมกันด้านการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้” จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

ผลประโยชน์ทับซ้อน

คณะผู้วิจัยขอยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ

เอกสารอ้างอิง

1. Laohaudomchok W, Nankongnab N, Siriruttanapruk S, *et al*. Pesticide use in Thailand: Current situation, health risks, and gaps in research and policy. *Hum Ecol Risk Assess* 2021; 27: 1–23.
2. Sapbamrer R. Pesticide use, poisoning, and knowledge and unsafe occupational practices in Thailand. *New Solut* 2018; 28: 283–302.
3. Zhang J, Guo J, Wu C, *et al*. Exposure to carbamate and neurodevelopment in children: evidence from the SMBCS cohort in China. *Environ Res* 2019; 177: 108590.
4. สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535. (2535 29 มีนาคม). Available at https://www.diw.go.th/hawk/law/haz/Hazardous%20Substance%20Act.pdf, accessed on March 2, 2021.
5. WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition. Geneva: World Health Organization, 2020.
6. Vale A, Lotti M. Organophosphorus and carbamate insecticide poisoning. *Handb Clin Neurol* 2015; 131: 149–68.
7. Wanwimolruk S, Kanchanamayoon O, Phopin K, *et al*. Food safety in Thailand 2: Pesticide residues found in Chinese kale (*Brassica oleracea*), a commonly consumed vegetable in Asian countries. *Sci Total Environ* 2015; 532: 447–55.
8. Wanwimolruk S, Phopin K, Boonpangrak S, *et al*. Food safety in Thailand 4: comparison of pesticide residues found in three commonly consumed vegetables purchased from local markets and supermarkets in Thailand. *Peer J* 2016; 4: e2432.
9. Wanwimolruk S, Duangsuwan W, Phopin K, *et al*. Food safety in Thailand 5: The effect of washing pesticide residues found in cabbages and tomatoes. *J Consum Prot Food Saf* 2017; 12: 209–21.
10. World Health Organization. Report of a Joint FAO/WHO workshop on fruit and vegetables for health, 2004. Available at http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43143/9241592818_eng.pdf;jsessionid=071C3AD8FB150E2E03068DC6F345D56C?sequence=1, accessed on Feb 10, 2021.
11. World Health Organization. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food. EHC 240, 2009. Available at http://www.who.int/foodsafety/chem/principles/en/index1.html, accessed on Jan 18, 2021.
12. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, ข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรไทย, สำนักกำหนดมาตรฐาน, สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559.
13. World Health Organization. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR). Available at https://www.who.int/foodsafety/areas_work/chemical-risks/jmpr/en/, accessed on Jan 18, 2021.
14. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง (ฉบับที่ 387) พ.ศ. 2560. (2560, 18 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 228 ง.
15. Wanwimolruk C, Phopin K, Wanwimolruk S. Food safety in Thailand 6: How to eat guava fruits safely? Effects of washing and peeling on removing pesticide residues in guava fruits. *J Food Saf* 2019; 39: e12654.

16. Suntudrob J, Jongmevasna W, Payanan T, *et al*. Monitoring of pesticide residues in domestic vegetables in Thailand during 2015. *Asia Pac J Sci Technol* 2018; 23: 1–8.

17. Chung SW. How effective are common household preparations on removing pesticide residues from fruit and vegetables? A review. *J Sci Food Agric* 2018; 98: 2857–70.

18. Srikote R, Jongmeewasna W. Minimizing pesticide residues in fruits and vegetables. *Bull Med Sci* 2021; 63: 38–50.