Academic article

Situation of Pesticide Contamination in Vegetables and Fruits Sold in Thailand

Sompon Wanwimolruk [1*], Chaniphun Butryee [2], Chonticha Wanwimolruk [1]

[1] Faculty of Medical technology, Mahidol University, Salaya, Phuthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand [2] Institute of Nutrition, Mahidol University, Salaya, Phuthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand

ABSTRACT

Pesticides are widely used in agriculture and can be harmful to human health. In developed countries, maximum residue limits (MRL) for vegetables and fruits are well established to protect consumers' health. In Thailand, MRL has been promulgated but not well implemented. The aim of this review is to determine the presence and severity of pesticide contamination/residues in vegetables and fruits in Thailand. It also provides information on how to minimize the risks from these pesticide residues/contamination. Findings from the project entitled "Food safety in Thailand" conducted by Mahidol University, were presented. Various vegetables and fruits were randomly purchased from different markets, and tested for pesticide residues using the Gas Chromatography Mass Spectrometer (GC-MS) method. During the first 4 years (2016-2020) of the project, we monitored 9 varieties of vegetables and 14 varieties of fruits. We found that there were considerably contamination with pesticide residues in the vegetables and fruits studied. The occurrence of pesticide detection ranged from 57% in salad vegetables to 100% in many vegetables and fruits, e.g., cabbage, orange, and guava. The study also revealed that large numbers of the produce sold domestically were of low quality, since there were high pesticide residues at levels exceeding the Thai MRL. For example, the incidence of exceeding MRL was 100% for cabbage, 99% for orange, and 81% for tomato. Watermelon and durian could be safe as they contained pesticide residues below the MRL. Pesticide residues did not differ between produce sold in supermarkets and those sold in fresh markets. Ways and means to minimize risks associated with harmful pesticide residues in vegetables and fruits, such as, thorough washing, cooking and peeling of vegetables and fruits have been demonstrated in the literature. In conclusion, this review provided evidenced-base information to demonstrate that pesticide residues contamination in vegetables and fruits in Thailand were significant and could be an important public health problem. It is strongly recommended that Thai government authorities implement an effective routine pesticide residues surveillance program to monitor pesticide residues in domestic produce to curb the potential health risk to Thai consumers.

Key words: Food Safety, Pesticide Residues, Vegetables, Fruits

Received: 16 April 2022 Accepted: 8 September 2022 Available online: 21 September 2022

*Corresponding author's e-mail: sompon.wanwimolruk@gmail.com

บทความทางวิชาการ

สถานการณ์การปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่ขายในตลาดไทย

สมพนธ์ วรรณวิมลรักษ์[1*], ชนิพรรณ บุตรยี่[2], ชลธิชา วรรณวิมลรักษ์[3]

[1] ข้าราชการเกษียณ อดีตหัวหน้าห้องปฏิบัติการอาหารปลอดภัย และหัวหน้าโครงการพัฒนาเกษตรปลอดภัย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม

[2] สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม

[3] อดีตนักวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการ อาหารปลอดภัย คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม

บทคัดย่อ

การใช้สารกำจัดศัตรูพืช (ยาฆ่าแมลง) ในการเกษตรกรรมได้กระทำกันอย่างแพร่หลาย ถึงแม้ว่าจะรู้ว่าสารเหล่านี้มีพิษต่อสุขภาพ ในประเทศที่เจริญแล้วได้มีการกำหนดค่า MRL (Maximum Residue Limits) เพื่อปกป้องสุขภาพของผู้บริโภค แต่ในประเทศไทยข้อกำหนดเหล่านี้ยังมิได้ใช้กันอย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอหลักฐานมาสรุปว่า การปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่ขายในเมืองไทยมีอยู่จริงหรือไม่ และสถานการณ์ในปัจจุบันรุนแรงแค่ไหน โครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดลได้ดำเนินการ ในเวลา 4 ปีแรกได้ทำการสุ่มตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของสารตกค้างฯ ในผัก 9 ชนิด และผลไม้ 14 ชนิด โดยใช้วิธี GC-MS ผลการวิจัยพบว่าผักและผลไม้ทุกชนิดที่ทำการศึกษา มีการปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง อัตราการตรวจพบสารตกค้างฯ เท่ากับ 57% ในผักสลัดถึง 100% ในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น กะหล่ำปลี ส้ม และฝรั่ง ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เรามีผลการวิจัยที่มีหลักฐานแน่ชัดว่า ผักและผลไม้ที่ขายอยู่ในเมืองไทยมีการปนเปื้อนของสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่จริง และยังพบว่าคุณภาพของผักและผลไม้ที่ขายอยู่ในตลาดของเมืองไทยยังต่ำกว่ามาตรฐานมาก เพราะพบว่าผักและผลไม้หลายชนิด มีปริมาณของสารตกค้างฯ อยู่มากเกินค่ามาตรฐาน MRL นอกจากนี้ยังตรวจพบว่าผักและผลไม้ที่ซื้อจาก Supermarkets มีสารตกค้างยาฆ่าแมลงปนเปื้อนและมีอยู่ในปริมาณที่ตกมาตรฐาน คล้ายคลึงกับที่พบในผักผลไม้ซึ่งซื้อมาจากตลาดสด ผลการวิจัยนี้ชี้ชัดได้ว่าทางภาครัฐ (อย. และกรมวิชาการเกษตรฯ) จำเป็นต้องให้ความสนใจเรื่องอาหารปลอดภัยของผักและผลไม้ การบริหารงานด้านแผนเฝ้าระวังผักและผลไม้อย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ ย่อมจะช่วยลดความเสี่ยงของผู้บริโภค ส่วนด้านผู้บริโภคควรดูแลตัวเองในเรื่องการลดปริมาณสารตกค้างฯ ที่จะเข้าสู่ร่างกายสามารถกระทำได้โดยการล้างผักและผลไม้ หรือวิธีการหุงต้ม ก็เป็นวิธีการที่จะลดความเสี่ยงได้

คำสำคัญ: ความปลอดภัยของอาหาร สารตกค้างยาฆ่าแมลง ผัก ผลไม้

*Corresponding author's e-mail: sompon.wanwimolruk@gmail.com

บทนำ

ถึงแม้ว่าประเทศไทยและทั่วโลกกำลังประสบภัยจากวิกฤตการณ์การระบาดของโรคไวรัส COVID-19 การเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อร่างกายเป็นมาตรการการดูแลสุขภาพที่สำคัญ อาหารโดยเฉพาะผักและผลไม้ต้องปราศจากพิษต่อสุขภาพจากสารตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรทั่วโลกรวมถึงเกษตรกรไทยนิยมใช้สารกำจัดศัตรูพืช หรือ ยาฆ่าแมลง เพื่อกำจัดศัตรูพืชและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร โดยไม่ตระหนักถึงอันตรายจากการใช้สารเคมีเหล่านี้ซึ่งเป็นสารที่มีพิษต่อร่างกาย การได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง ทั่วโลกตระหนักถึงพิษร้ายของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างอยู่ในผักและผลไม้เพื่อลดความเสี่ยงของผู้บริโภค ประเทศไทยมีแผนเฝ้าระวังความปลอดภัยของผักและผลไม้ แต่มีข้อมูลการปนเปื้อนสารตกค้างในผักและผลไม้อยู่น้อยมาก[1-6] การปกป้องดูแลสุขภาพของผู้บริโภคจำเป็นต้องมีข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับการปนเปื้อนดังกล่าว ในปี พ.ศ. 2558 ทางคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้เริ่มโครงงการวิจัยชื่อโครงการผักและผลไม้ที่ปลอดภัยเพื่อครัวโลก: การตรวจวัดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่ขายในท้องตลาดของไทยในปี พ.ศ. 2558-2559 ซึ่งโครงการวิจัยนี้ริเริ่มขึ้นตามแนวพระราชดำริของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนด้วยสารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้ สถานการณ์และความรุนแรงของการปนเปื้อนด้วยระเบียบวิธีและวิธีการตรวจวิเคราะห์ที่เหมาะสม บททบทวนทางวิชาการนี้ ประกอบด้วยการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช การตกค้างในผักและผลไม้ และผลกระทบต่อสุขภาพ แนวทางการลดการปนเปื้อนก่อนการบริโภค สถานการณ์และความรุนแรงของการปนเปื้อนสารเคมีตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่ขายในท้องตลาดในประเทศไทย

ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides)

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) หรือ ยาฆ่าแมลง แยกตามวัตถุประสงค์ของการใช้เพื่อการเกษตรกรรม แบ่งออกเป็นกลุ่มๆได้ ดังนี้

(i) สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticides) ที่นิยมใช้ได้แก่ Chlorpyrifos, Fenobucarb และ Cypermethrin เป็นต้น

(ii) สารเคมีกำจัดวัชพืช หรือยาฆ่าหญ้า (Herbicides) ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันได้แก่ Glyphosate, Paraquat, Ametryn และAtrazine

(iii) สารเคมีกำจัดเชื้อรา (Fungicides) เป็นสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและสปอร์ของเชื้อรา

(iv) สารเคมีกำจัดหอยและหอยทาก (Molluscicides) ที่นิยมใช้ได้แก่ Methiocarb, Metadehyde และAluminium sulfate เป็นต้น แต่ถ้าแยกตามโครงสร้างและลักษณะทางเคมี และการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผลผลิตทางการเกษตรผักและผลไม้ นิยมจำแนกกลุ่มของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ Organochlorines, Organophosphates, Carbamates, Pyrethroids และ Fungicides[6,7] Organochlorines เป็นสารประกอบอินทรีย์ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสูง แต่มีค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ที่ยาวนาน สลายตัวช้าในสิ่งแวดล้อมจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบนิเวศ สารประกอบเหล่านี้สามารถส่งผ่านจากมารดาไปสู่ทารกในครรภ์ได้โดยผ่านทางสายสะดือ (Placental Transfer) และผ่านทางน้ำนมมารดา ดังนั้นสารเคมีหลายชนิดในกลุ่มนี้จึงถูกประกาศห้ามใช้ในหลายประเทศรวมถึงประเทศไทย ตัวอย่างของ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช Organochlorines ได้แก่ DDT, Atrazine, Captan, Chlorothalonil และ Endosulfan ในประเทศไทยมีการออกกฎหมายห้ามนำเข้าและห้ามใช้ DDT มาเป็นเวลากว่า 38 ปี[8] สาเหตุใหญ่ที่ห้ามใช้ DDT ใน

การเกษตร เนื่องจาก DDT มีความเป็นพิษที่ร้ายแรง เสี่ยงต่อการกลายพันธุ์ของยีนส์ (gene mutation) และเป็นมะเร็ง[9-10] ผลการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่สุ่มตรวจในโครงการวิจัย ฯ ของมหาวิทยาลัยมหิดล (จะกล่าวถึงต่อไป) ไม่เคยตรวจพบสารตกค้าง DDT และอนุพันธ์ (4,4-DDD และ 4,4-DDE)

Organophosphates เป็นสารเคมีที่มีผลต่อระบบประสาทโดยจะไปยับยั้งเอนไซม์ AChE (Acetylcholine esterase) ซึ่งเอนไซม์ดังกล่าวทำหน้าที่หยุดการส่งคลื่นประสาทโดยการไปทำลายสารสื่อประสาท (neurotransmitters) ที่มากเกินไป เมื่อแมลงสัมผัสสารเคมีดังกล่าวจะทำให้เกิดการหลั่งของสารสื่อประสาทบริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ประสาทและส่งผลให้เกิดอาการผิดปกติของแมลงตามมา สารเคมีกำจัดศัตรูพืช Organophosphates มีการใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีการตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่ากลุ่ม Organochlorines แต่สารเคมีกลุ่มนี้มีพิษแบบเฉียบพลันต่อสัตว์มีกระดูกสันหลังมากกว่ากลุ่ม Organochlorines สารเคมีในกลุ่ม Organophosphates ที่เกษตรกรนิยมใช้ ได้แก่ Chlorpyrifos, Dichlorvos, Malathion, Omethoate, Profenofos และ Parathion

Carbamates, Thiocarbamates และ Dithiocarbamates สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้มีพิษต่อระบบประสาทของแมลงโดยมีผลไปยับยั้งเอนไซม์ AChE เช่นเดียวกับสารเคมีในกลุ่ม Organophosphates และกลุ่ม Organochlorines แต่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตน้อยกว่า และสลายตัวในสิ่งแวดล้อมได้เร็วกว่า โดยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันในประเทศไทย ได้แก่ Carbaryl, Carbofuran, Carbosulfan, Fenobucarb, Methomyl, Mancozeb, Propineb และ Zinab

Pyrethroids เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นให้มีโครงสร้างและสมบัติคล้ายกับสารเคมีที่สกัดจากธรรมชาติที่มีชื่อว่า Pyrethrin ซึ่งสกัดได้มาจากดอกไม้จำพวกดอกเบญจมาศ (Chrysanthemum morifolium Ramat) คล้ายดอกเก๊กฮวย สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Pyrethroids ที่สังเคราะห์ขึ้นมานี้ออกฤทธิ์ได้รวดเร็ว และรุนแรงที่เซลล์ประสาท ทำให้แมลงตายได้ง่ายและรวดเร็วมาก ข้อดีของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม Pyrethroids คือมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นน้อยมาก นอกจากนั้นยังไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่มีฤทธิ์และมีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้ดีมาก ข้อเสียของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้คือมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่ากลุ่มอื่น จึงทำให้มีราคาแพงสำหรับเกษตรกรไทย สารเคมีในกลุ่ม Pyrethroids ที่นิยมใช้ในการเกษตร ได้แก่ Bifenthrin, Cypermethrin, Deltamethrin, ʎ-Cyhalothrin และ Permethrin

Fungicides เป็นสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดเชื้อราหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และสปอร์ของเชื้อรา สารเคมีกำจัดเชื้อราถูกนำมาใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการติดเชื้อราในพืช ตัวอย่างของสารเคมีกำจัดเชื้อรา เช่น Dicloran, Difenoconazole, Metalaxyl, Pyraclostrobin และ Thiabendazole ความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Fungicides ได้แก่ ก่อให้เกิดการระคายเคืองทางผิวหนัง ระบบหายใจ ระบบประสาท และ Fungicides บางตัวเป็นสารก่อมะเร็ง และก่อให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์และต่อมไร้ท่อ[11]

การได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายเราได้โดยตั้งใจ เกิดจากการใช้ยาฆ่าแมลงเพื่อฆ่าตัวตายหรือการฆาตกรรม ผู้ป่วยมักได้รับสารในปริมาณมากและเกิดอาการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ส่วนการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายโดยไม่ได้ตั้งใจ มักเกิดจากการสัมผัสในการประกอบอาชีพ ได้แก่ เกษตรกร ผู้ทำหน้าที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ผู้ทำงานในโรงงานผลิตสารเคมี ฯ เป็นต้น เกษตรกรเป็นประชากรกลุ่มหลักที่สัมผัสกับยาฆ่าแมลง โดยสารเคมีเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายทางผิวหนัง การหายใจ การรับประทาน ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพตามมา ส่วนอีกกลุ่มได้รับสารเคมีเหล่านี้จากการ

สัมผัสยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม และผลผลิตทางการเกษตร โดยเฉพาะผักและผลไม้ การฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชในไร่นา พบว่าประมาณ 70-80 % ของยาฆ่าแมลงที่ฉีดพ่นจะพลาดเป้าหมาย คือไม่โดนผักหรือผลไม้ที่ตั้งใจจะฉีดพ่น แต่ยาฆ่าแมลงที่ฉีดจะฟุ้งกระจายไปในอากาศ สะสมในดินและไหลลงสู่แหล่งน้ำได้ ส่วนยาฆ่าแมลงที่ฉีดโดนเป้าหมายพบการตกค้าง (Pesticide residues) อยู่ในผักและผลไม้ชนิดนั้นๆ ดังนั้น ผู้บริโภคหรือประชาชนจึงมีความเสี่ยงที่จะได้รับยาฆ่าแมลงจากการรับประทานผักและผลไม้ที่ปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชยังเข้าสู่ร่างกายทางระบบหายใจ โดยสูดดมสารที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศ แม้ว่าบุคคลผู้นั้นจะมิได้เป็นเกษตรกรหรือทำหน้าที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก็ตาม โดยทั่วไปแล้วผู้บริโภคจัดว่าเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับอันตรายจากสารตกค้างยาฆ่าแมลงที่มีอยู่ในผักและผลไม้จากการบริโภคในชีวิตประจำวัน อาการเป็นพิษจากสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผู้บริโภคจะเกิดขึ้นแบบเรื้อรัง เช่น ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง องค์การอนามัยโลกได้แนะนำให้บริโภคผักและผลไม้ วันละ 400 กรัม เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งและเส้นเลือดตีบในสมอง[12] แต่ในผักและผลไม้ที่รับประทาน (ประมาณ 60-70 % ของอาหารจะเป็นผักและผลไม้) ถ้ามีการปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลงก็กลายเป็นปัจจัยเสี่ยงได้เช่นกัน

ผลกระทบต่อสุขภาพของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักและผลไม้

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Organophosphates (OPs) และ Carbamates (CBs) ออกฤทธิ์โดยไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ AChE โดย OPs จะออกฤทธิ์ในลักษณะเป็น competitive inhibitors ของเอนไซม์ AChE ทำให้เกิด phosphorylation ของ AChE โดยการรวมตัวกันอย่างถาวร (Covalent binding or Irreversible binding) ระหว่าง AChE กับ OPs ส่งผลให้เอนไซม์ AChE ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ทำให้เกิดการสะสมของสารสื่อประสาท Acetylcholine ขึ้นภายในระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอก ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นเกินกว่าปกติ สำหรับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม CBs จะมีสูตรโครงสร้างที่ประกอบด้วย carbamic acid จึงสามารถจับตัวกับเอนไซม์ AChE ได้เช่นเดียวกันกับสารเคมีฯกลุ่ม OPs ส่งผลทำให้เกิดการสะสมของ Acetylcholine ที่รอยต่อประสาทและเกิดการกระตุ้นระบบประสาท ในระดับที่มากกว่าปกติ อย่างไรก็ตามการจับตัวของสารเคมีฯกลุ่ม CBs กับเอนไซม์ AChE เป็นปฏิกิริยาแบบย้อนกลับได้ (Reversible binding) ส่วนสารกำจัดแมลงในกลุ่ม Organochlorines จะกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลางผ่านกลไกต่างๆ ทำให้เกิดความเป็นพิษ โดยกระตุ้นให้เกิดอาการชัก และเกิดความผิดปกติทางระบบประสาทได้ การใช้ยาฆ่าแมลงในเกษตรกรรม เกษตรกรนิยมใช้ยาฆ่าแมลงหลายชนิด และใช้ปริมาณมากขึ้น เนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น มีแมลงหรือวัชพืชรบกวนการปลูก ความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น หรือผู้บริโภคต้องการสินค้าที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น เมื่อเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก ทำให้มีปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลง (Pesticide residues) เหลืออยู่ในผักและผลไม้มาก จึงทำให้ผู้ปริโภคได้รับสารพิษยาฆ่าแมลงจากการรับประทานผักและผลไม้ และส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสุขภาพอันเกิดจากสารตกค้างยาฆ่าแมลง ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท[6] คือ ผลกระทบที่เป็นพิษแบบเฉียบพลัน โดยที่ผู้ป่วยจะมีอาการในทันทีหลังจากสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เช่น ระคายเคืองผิวหรือตา อ่อนเพลีย วิงเวียน หน้ามืดคลื่นไส้อาเจียน ปวดหัวและท้องร่วง เป็นต้น ส่วนผลกระทบที่เป็นพิษแบบเรื้อรังจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งจะเกิดขึ้นกับคนที่ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณน้อย และได้รับเป็นระยะเวลานานอย่างต่อเนื่อง มักพบในเกษตรกรที่ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ผู้ที่ทำงานในโรงงานผลิตสารเคมีฯ รวมถึงประชาชนทั่วไปที่บริโภคผักและผลไม้ที่

ปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง โดยที่ยาฆ่าแมลงที่ได้รับจะเข้าไปสะสมในร่างกาย ทำให้เกิดความผิดปกติและโรคต่างๆ เช่น โรคทางระบบประสาท (อัมพฤกษ์ อัมพาต โรค Parkinson) ซึ่งกลไกของการเกิดโรคได้กล่าวไว้แล้วในเบื้องต้น นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคที่ร้ายแรง คือ มะเร็ง และทำให้เกิดความผิดปกติของระบบสืบพันธุ์ ระบบต่อมไร้ท่อ และการพิการของทารกแรกเกิด ตัวอย่างเช่น สารกำจัดศัตรูพืช Carbofuran มีพิษแบบเรื้อรังโดยไปยับยั้ง enzyme AChE ทำให้มีผลต่อระบบประสาท อาจมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้ เกิดการแท้งในผู้หญิง และ ทำให้เป็นหมันในเพศชาย และอาจก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ ทำให้เป็นมะเร็งได้[6,9-10,13] จากสถิติของกระทรวงสาธารณสุข ชี้ให้เห็นว่า มะเร็งเป็นโรคที่ทำให้คนไทยเสียชีวิต เป็นอันดับ 1 มากกว่าโรคอื่นๆ[14] และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี ถึงแม้จะไม่มีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ยืนยันชัดเจนว่า สารตกค้างยาฆ่าแมลงเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดโรคมะเร็งในคนไทย แต่ปริมาณการใช้สารเคมียาฆ่าแมลงในประเทศไทยสูงมาก การได้รับสารกำจัดศัตรูพืชผ่านทางการรับประทานผักและผลไม้ที่ปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งในคนไทย

สถิติการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย

ข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กรมวิชาการเกษตร แสดงสถิติปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2563 (**ตารางที่ 1**)[15-16] ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่นำเข้ามาใช้ในการเกษตรกรรมของไทย ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช (Herbicides) หรือนิยมเรียกว่า ยาฆ่าหญ้า เช่น Paraquate และ Glyphosate ฯลฯ ซึ่งปริมาณของการนำเข้าของสารกำจัดวัชพืช มีแนวโน้มที่สูงกว่าสารกำจัดศัตรูพืชประเภทอื่นๆ เช่น ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยได้นำเข้ายาฆ่าหญ้าสูงถึง 148,979 ตัน มีมูลค่าถึง 13,686 ล้านบาท แต่มีแนวโน้มลดลงเหลือ 88,846 ตันในปีพ.ศ. 2562 และ 57,007 ตันในปีพ.ศ. 2563 ซึ่งสอดคล้องกับการรณรงค์ต่อต้านและให้ภาครัฐรับพิจารณาห้ามการนำเข้ายาฆ่าหญ้า 2 ชนิด คือ Paraquate และ Glyphosate สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มถัดมาที่มีการนำเข้ารองจากยาฆ่าหญ้า ได้แก่ สารกำจัดแมลง (Insecticides) ซึ่งมีการนำเข้ามาใช้ในการเกษตรค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยมีปริมาณการนำเข้าประมาณ 18,000 ตัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เกษตรกรไทยยังนิยมใช้สารกำจัดแมลงในการทำเกษตรกรรมแบบต่อเนื่อง ส่วนสารป้องกันและกำจัดโรคพืช (Fungicides) ก็เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการทำการกสิกรรม โดยมีปริมาณการนำเข้าสูงพอๆกับกลุ่มสารกำจัดแมลง (Insecticides) คือ 12,915 ตันในปีพ.ศ. 2559 และสูงสุดถึง 21,004 ตันในปีพ.ศ. 2561 ข้อมูลการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งหลายเหล่านี้ แสดงให้เห็นได้ชัดว่าประเทศไทยมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชอย่างมากและแพร่หลาย ในปี พ.ศ. 2557 ได้มีการขนานนามว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่ใช้สารกำจัดศัตรูพืชอยู่ในลำดับแรกๆ ในทวีปเอเชีย[16] โดยมีการใช้/หรือปริมาณการนำเข้าของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตามลำดับ ดังนี้ Malaysia > Thailand > Republic of Korea > Vietnam > Philippines โดยสรุปประเทศไทยมีการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูงมากเพื่อใช้ในการทำการเกษตรแบบธรรมดา (Conventional Agriculture) ในภาพรวม มูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายสารกำจัดศัตรูพืชทุกประเภทตั้งแต่พ.ศ. 2559-2563 รวมทั้งสิ้น 135,747 ล้านบาท โดยเป็นสารเคมีกำจัดวัชพืช 9,689 ล้านบาท และสารเคมีกำจัดแมลง 3,899 ล้านบาท อนึ่งสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมีพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิต เช่น Carbofuran, Methomyl, Dicrotophos และ EPN ซึ่งสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และหลายประเทศในเอเชีย เช่น อินเดีย ลาว กัมพูชา เมียนมาร์ อินโดนีเซีย ได้ยกเลิกการใช้หรือไม่รับขึ้นทะเบียน เนื่องจากมีข้อมูลความปลอดภัยไม่เพียงพอ แต่ประเทศไทยยังคงมีการนำเข้าและในแต่ละปีมีแนวโน้มสูงขึ้น[15-16] ประเทศไทยควรเร่งการสนับสนุน

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2559 – 2563 [15]

ปี	สารเคมี									
	สารกำจัดวัชพืช (Herbicide)		สารกำจัดแมลง (Insecticide)		สารป้องกันและกำจัดโรคพืช (Fungicide)		อื่น ๆ		รวม	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
2559	125,596	9,688	16,056	3,899	12,915	4,503	6,120	2,487	160,824	20,618
2560	148,979	13,686	21,601	6,166	19,923	6,974	7,814	1,096	198,317	27,922
2561	125,280	14,744	18,057	5,481	21,004	6,935	6,591	9,138	170,932	36,298
2562	88,846	8,055	16,897	5,548	19,334	6,942	6,231	623	131,308	21,168
2563	57,007	10,294	18,946	12,953	15,170	4,960	7,326	1,534	98,449	29,741

หมายเหตุ หน่วยนับ: ปริมาณ (ตัน) และ มูลค่า (ล้านบาท)

เกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) ซึ่งจะได้ทั้งผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ และลดการสูญเสียเงินตราไปต่างประเทศ

วิธีลดความเสี่ยงจากความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงตกค้างในผักและผลไม้

การบริโภคชนิดผักให้หลากหลายเป็นแนวทางในการลดความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากยาฆ่าแมลงได้และยังสามารถลดการตกค้างของยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้โดยการล้าง ทั้งนี้ขึ้นกับประเภทของยาฆ่าแมลงและชนิดของผักหรือผลไม้ วิธีการล้างผักบางชนิดที่มักพบการตกค้างของยาฆ่าแมลง เช่น คะน้า ผักกาดขาว กะหล่ำปลี ด้วยวิธีการล้างรูปแบบต่าง ๆ กระบวนการเตรียมหรือปรุงประกอบอาหารก่อนการบริโภค จากการศึกษาต่าง ๆ ค่าปัจจัยกระบวนการ (processing factor) เช่น การล้าง ปอกเปลือก ปรุงสุกผ่านความร้อน จะทำให้โอกาสได้รับสัมผัสยาฆ่าแมลงตกค้างที่มาสู่ผู้บริโภคลดลง[17-18] (**ตารางที่ 2**) ในระดับครัวเรือนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้เพื่อลดการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชรวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้

1) การล้างด้วยน้ำส้มสายชู 5% ที่มีในครัวเรือนโดย ใช้น้ำส้มสายชู 1 ส่วนผสมน้ำเปล่า 4 ส่วน แช่ผักทิ้งไว้ 5 นาทีแล้วล้างน้ำเปล่าอีกครั้ง สามารถลดสารพิษยาฆ่าแมลงและจุลินทรีย์ก่อโรคได้

2) น้ำยาล้างผักที่ขายโดยทั่วไปผสมน้ำตามอัตราส่วนที่กำหนดที่ฉลากแช่ทิ้งไว้ 3 นาทีแล้วแช่น้ำส้มสายชูผสมน้ำอีก 5 นาที แล้วล้างน้ำเปล่าอีกครั้งสามารถลดสารพิษและจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ผลิตภัณฑ์ล้างผักเพื่อกำจัดการตกค้างของยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีตรารับรองหรือมีเลขทะเบียนสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ซึ่งได้รับการทดสอบคุณภาพและรับรองแล้ว

3) กรณีไม่ใช้สารใด ๆในการล้าง สามารถล้างผ่านน้ำไหลโดยแยกออกเป็นใบ ๆ เอามือถูขณะล้างผ่านน้ำไหล

4) กรณีผักใบห่อ เช่น กะหล่ำปลี ให้ลอกใบส่วนนอกสุดทิ้งไป แยกเป็นใบ ๆ ล้างผ่านน้ำไหล โดยถูขณะล้าง

5) กระบวนการประกอบอาหารโดยการต้ม (boiling) การลวก (blanching) และการผัด (stir-frying) ในผักใบ เช่น คะน้า (Chinese kale) สามารถลดปริมาณการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชได้ร้อยละ 18-71, 36-100 และ 25-60 ตามลำดับ ส่วนผักชนิดกินผล เช่น ถั่วฝักยาว (Yard long beans) สามารถ

ตารางที่ 2 การศึกษาวิธีการล้างผักบางชนิดเพื่อลดการตกค้างของยาฆ่าแมลง

วิธีล้าง	ชนิดสารกำจัดศัตรูพืช	ชนิดพืช	ผลการศึกษา	อ้างอิง
น้ำไหล	โพรฟิโนฟอส	คะน้า	ล้างผ่านน้ำไหลและถูไปด้วย/2 นาที ทำให้ โพรฟิโนฟอสลดลง 55%	Sompon Wanwimolruk et al., Science of the Total Environment 532 (2015): 447–455.
น้ำส้มสายชู	ไซเปอร์มิทริน	คะน้า	½ ชชน้ำส้มสายชูละลายใน. น้ำ 5 ลิตรแช่ทิ้งไว้ 10 นาที แล้วล้างน้ำ ทำให้ ไซเปอร์มิทรินลดลง 52%	Sompon Wanwimolruk et al., Science of the Total Environment 532 (2015): 447–455.
ด่างทับทิม	กลุ่มไพรีทรอยด์	กะหล่ำปลี ผักกาดขาว	ด่างทับทิม 0.001%ต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยน้ำไหล 1 นาที สามารถลงกลุ่มไพรีทรอยด์ 64-91%	วนิดา จันทร์สม . ธรรมศาสตร์เวชสาร 13(1) 2556:71-78.
น้ำปูนใส	กลุ่มไพรีทรอยด์	กะหล่ำปลี ผักกาดขาว	น้ำปูนใสต่อน้ำ 1:1 สามารถลดกลุ่มไพรีทรอยด์ 40-63%	วนิดา จันทร์สม . ธรรมศาสตร์เวชสาร 13(1) 2556:71-78.
น้ำอิเลคโตรไลท์ (EO)	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (โพรฟิโนฟอส คลอไพริฟอส)	คะน้า ผักกาดขาว กะหล่ำปลี	EO 70 ppm /10 นาที/ 25 ºC ทำให้ โพรฟิโนฟอสลดลง 55-68%	วราภา มหากาญจนกุล และคณะ, 2555
โอโซน	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (โพรฟิโนฟอส คลอไพริฟอส	คะน้า ผักกาดขาว กะหล่ำปลี	โอโซน 1 ppm/10 นาที/ 25 ºC ทำให้ โพรฟิโนฟอสลดลง 70-75% และ คลอไพริฟอสลดลง67-70%	วราภา มหากาญจนกุล และคณะ, 2555
คลอรีนไดออกไซด์	กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (โพรฟิโนฟอส คลอไพริฟอส)	คะน้า ผักกาดขาว กะหล่ำปลี	คลอรีนไดออกไซด์ 10 ppm ทำให้ โพรฟิโนฟอสลดลง 60-64% และ คลอไพริฟอสลดลง 56-63%	วราภา มหากาญจนกุล และคณะ, 2555

ลดปริมาณการตกค้างได้ ร้อยละ 38-100, 27-28 และ 35-63 ตามลำดับ[17] ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคควรล้างผักและผลไม้ หรือประกอบอาหารโดยผ่านความร้อน จะลดปริมาณของสารตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ การเลือกบริโภคผักผลไม้ที่ให้ผลผลิตตามฤดูกาล มีแมลงรบกวนน้อย จะได้ผักและผลไม้ที่ธรรมชาติออกแบบให้เติบโตในช่วงเวลานั้น ๆ โดยไม่มีการเร่งการเจริญเติบโตจากกระบวนการผลิต ปลอดภัยกว่าและมีสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ตัวอย่างเช่น

• ฤดูหนาว (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) มักจะเป็นผักที่ชอบอากาศเย็น และผักตระกูลกินใบ เช่น แครอท ตะลิงปลิง ผักสลัด ฟักข้าว มะรุม ลูกเหรียง สะเดา กะหล่ำดอก บล็อคโคลี่ ผักกาดหอม กะหล่ำปลี ผักกาดขาว ปวยเล้ง ถั่วลันเตา กวางตุ้ง ดอกแค ส่วนผลไม้ เช่น ฝรั่ง ชมพู่ ส้มเขียวหวาน มะละกอ

• ฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม) มักเป็นผักที่ทนแล้งหรือชอบน้ำน้อย เช่น ใบเหลียง แตงโมอ่อน ผักหวานป่า บีทรูท มะเขือเทศ ฟักทอง มะระ กระเจี๊ยบเขียว แตงกวา กะเพรา ใบแมงลัก ส่วนผลไม้ เช่น มะละกอ มะม่วง เงาะ ลำไย ลองกอง

• ฤดูฝน (มิถุนายน-ตุลาคม) มักเป็นผักน้ำเยอะหรือผักในน้ำ เช่น ผักแว่น ผักกระเฉด หัวปลี น้ำเต้า ดอกโสน ใบขี้เหล็ก สะระแหน่ กะเพรา ใบแมงลัก กุยช่ายดอก กุยช่ายใบ กระเจี๊ยบเขียว ดอกขจร ปลัง ผักบุ้งจีน ผักบุ้งนา มะเขือส้ม ผักโขม ผักหวานบ้าน ตำลึง สายบัว ผักกูด ถั่วฝักยาว บัวบก หน่อไม้ ชะอม ส่วนผลไม้ เช่น ส้มโอ ลิ้นจี่ สับปะรด มะเฟือง กล้วย

สถานการณ์การปนเปื้อนของสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2553 สหภาพยุโรปสั่งแบนผักและผลไม้ 16 ชนิด ที่ส่งออกจากประเทศไทยไปประเทศยุโรป ทางสหภาพยุโรปได้ตรวจพบสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้เหล่านี้ โดยพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพืช 16 ชนิด เช่น ใบกะเพรา ใบโหระพา ใบแมงลัก ใบยี่หร่า พริก มะระจีน มะระขี้นก มะเขือเปราะ มะเขือยาว มะเขือม่วง มะเขือขื่น และ ผักชีฝรั่ง สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบเป็นสารที่จัดเป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตร หรือ เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชซึ่งทางสหภาพยุโรปสั่งห้ามใช้ในการเกษตร เช่น Carbofuran (Furadan) และ O-Ethyl O-(4-nitrophenyl) phenylphosphonothioate (EPN) ภาครัฐ คือ กรมวิชาการเกษตร ได้พยายามแก้ไขปัญหาที่สำคัญนี้ โดยมีการตรวจเฝ้าระวังสำหรับผักที่ได้รับ Good Agricultural Practices (GAP) เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อเกษตรกรไทยจากการขาดรายได้ในการส่งสินค้าผักและผลไม้ไปขายยังต่างประเทศ ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าการขายผลผลิตภายในประเทศ โดยมีนโยบายให้มีการตรวจหาสารตกค้างยาฆ่าแมลงในทุกตัวอย่างของผักและผลไม้ ที่จะส่งออกไปขายยังประเทศเครือสหภาพยุโรป กรมวิชาการเกษตรได้จัดตั้งห้องปฏิบัติการกลาง (Central Laboratory)สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของสารตกค้างยาฆ่าแมลง ที่มีศักยภาพและประสิทธิภาพในการตรวจหาปริมาณสารตกค้างฯในตัวอย่างผักและผลไม้ ได้อย่างแม่นยำ ถูกต้องเชื่อถือได้ และได้ผลการตรวจวิเคราะห์อย่างรวดเร็วทันต่อเวลาที่จะส่งสินค้าออก การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้ใช้วิธีที่มาตรฐานตามหลักสากล คือ วิธีการวิเคราะห์แบบ GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry) และวิธีการแบบ LC-MS (Liquid Chromatography-Mass Spectrometry)

ปัญหาการปนเปื้อนของสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ในประเทศไทยยังเป็นเรื่องสำคัญที่ได้รับความสนใจและได้มีการศึกษาวิจัยในเรื่องนี้อยู่บ้างโดยเครือข่ายอิสระ ชื่อ เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thailand Pesticide Alert Network, Thai-PAN) เรียกร้องให้รัฐบาลประกาศเลิกใช้สารเคมีที่มีอันตรายบางชนิดเพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชน และต่อมาได้ร่วมบทบาทในการเก็บตัวอย่างผักและผลไม้ไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณ

สารตกค้างยาฆ่าแมลง เป็นประจำปีละ 1 ครั้ง นอกจากนี้ มีการศึกษาวิจัยโดยสถาบันการศึกษา เช่น มหาวิทยาลัย แต่ไม่มีการจัดทำอย่างเป็นระบบ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนอยู่ในผักและผลไม้ เพื่อส่งต่อข้อมูลให้ภาครัฐ เช่น คณะกรรมการอาหารและยา (อย.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) กระทรวงสาธารณสุข และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ นำไปกำหนดนโยบาย แผนการเฝ้าระวังผักและผลไม้ของชาติ โดยทำการเก็บตัวอย่างผัก 9 ชนิด และผลไม้ 14 ชนิด จากแหล่งจำหน่ายต่างๆ ในจังหวัดของภาคกลางและภาคเหนือ และได้เก็บตัวอย่างในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ระยะเวลาในการสุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่ 3 – 12 เดือน จำนวนตัวอย่างในแต่ละชนิดที่นำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างฯ มีจำนวนตั้งแต่ 31 - 256 ตัวอย่าง ซึ่งจำนวนตัวอย่าง และระยะเวลาในการสุ่มตัวอย่างของโครงการวิจัยนี้ครอบคลุมมากกว่าการศึกษาแบบสำรวจของ Thai-PAN การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในตัวอย่างผักและผลไม้โดยวิธีการวิเคราะห์แบบมาตรฐานสากล ใช้เครื่อง GC-MS สามารถตรวจวิเคราะห์สารตกค้างยาฆ่าแมลงได้ถึง 105 ชนิด

ผักและผลไม้นั้นปนเปื้อนด้วยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่ ในประเทศที่พัฒนาได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของความปลอดภัย (Maximum Residue Limit, MRL) ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพืชผักและผลไม้แต่ละชนิด ค่าความปลอดภัย (MRL) คือ ค่าความเข้มข้นหรือปริมาณของสารตกค้างยาฆ่าแมลงที่อนุญาตที่ให้มีได้สูงสุดในอาหาร (ผักและผลไม้) หน่วยเป็น มิลลิกรัม (มก.) ของสารพิษตกค้างต่อกิโลกรัม (กก.) ของผลิตภัณฑ์อาหาร (mg/kg หรือ ppm) ค่า MRL ของสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ใช้ค่าอ้างอิงค่ามาตรฐานของความปลอดภัยจาก Codex (Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standards Program)

การคำนวณอุบัติการณ์ หรืออัตราการตรวจพบสารตกค้างยาฆ่าแมลงในตัวอย่างผักและผลไม้ที่นำมาตรวจ และอุบัติการณ์ของตัวอย่างฯที่มีปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลง อยู่เกินค่าความปลอดภัย (MRL) ซึ่งคำนวณคิดเป็น% ตัวอย่างที่ตกมาตรฐานได้ทำดังนี้

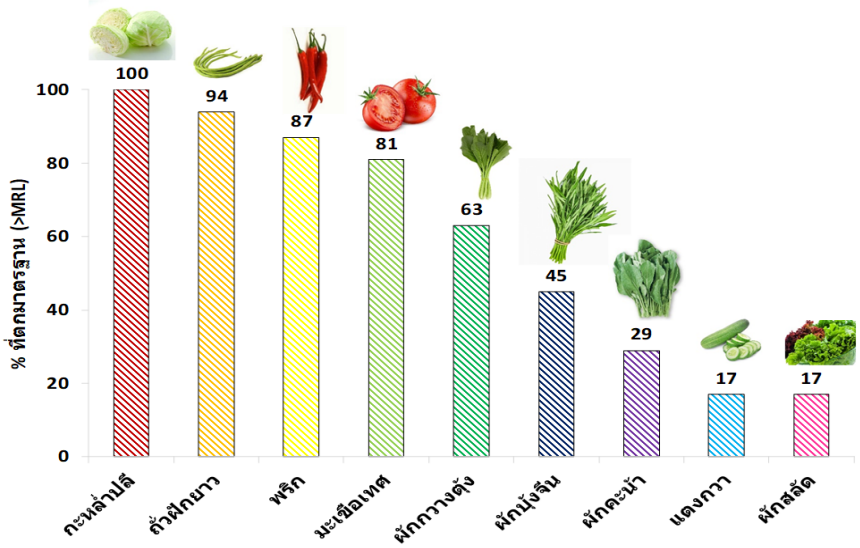
$$\text{อุบัติการณ์ของการตรวจพบยาฆ่าแมลง} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่ตรวจพบสารตกค้างฯ}}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาตรวจ}} \times 100$$

$$\%\ \text{ตัวอย่างที่ตกมาตรฐาน} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณของสารตกค้างฯอยู่เกินค่า MRL}}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาตรวจ}} \times 100$$

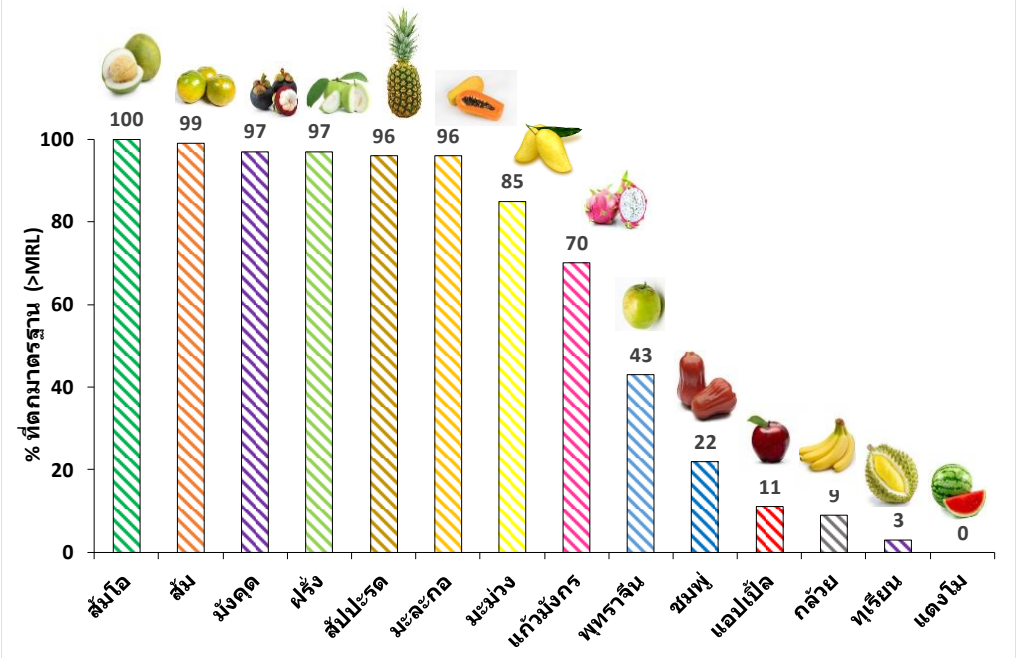
ผลการวิจัยพบว่า ผักและผลไม้ที่สุ่มตัวอย่างและนำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลง พบว่ามีสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่ในทุกชนิด (**รูปที่ 1** และ**รูปที่ 2**) สำหรับผักทั้งหมด 9 ชนิดที่นำมาตรวจพบว่าอุบัติการณ์ของการตรวจพบสารตกค้างยาฆ่าแมลง พบตั้งแต่ 57% (ในผักสลัด) จนถึง 100% (ในกะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว และมะเขือเทศ) มีผัก 5 ชนิดที่พบว่ามากกว่า 50% ของจำนวนตัวอย่างที่นำมาตรวจมีสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่ในปริมาณที่เกินค่ามาตรฐานความปลอดภัย (MRL) ผักเหล่านี้ได้แก่ กะหล่ำปลี (100%) ถั่วฝักยาว (94%) พริก(87%) มะเขือเทศ (81%) และ กวางตุ้ง (63%) ส่วนผักอีก 4 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้งจีน คะน้า แตงกวา และผักสลัด พบว่ามีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ได้มาตรฐานน้อยกว่า 50% ของตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์ (**รูปที่ 1**) โดยสรุป ผักทั้ง 9 ชนิด ที่สุ่มตัวอย่างนำมาตรวจมีการพบสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่ในผักทุกชนิด แต่เปอร์เซ็นต์ที่ตกมาตรฐาน และอัตราการมีสารปนเปื้อนไม่เท่ากัน แล้วแต่ชนิดของผัก โดยผักในกลุ่มแรกมีความเสี่ยงสูงสำหรับผู้บริโภคที่จะได้รับสารตกค้างเข้าสู่ร่างกายมากกว่าผักในกลุ่มที่ 2

สำหรับผลไม้ ได้สุ่มตัวอย่างทั้งหมด 14 ชนิด (**รูปที่ 2**) จากท้องตลาดในประเทศไทย พบว่า ผลไม้ทุกชนิดที่นำมาตรวจ มียาฆ่าแมลงตกค้าง และอุบัติการณ์ของการตรวจพบสารตกค้างมีตั้งแต่ 91% ในแตงโม[19] ถึง 100% ในส้มเขียวหวาน มังคุด และฝรั่ง[20-21] ผลไม้ 8 ชนิด ได้แก่ ส้มโอ ส้มเขียวหวาน มังคุด ฝรั่ง สับปะรด มะละกอ มะม่วง และแก้วมังกร มีตัวอย่างมากกว่า 50% ที่พบยาฆ่าแมลงตกค้างอยู่ในปริมาณที่เกินค่า MRL ส่วนผลไม้อีก 6 ชนิด ได้แก่ พุทราจีน ชมพู่ แอปเปิ้ล กล้วย ทุเรียน และแตงโม มีสัดส่วนของจำนวนตัวอย่างที่พบสารตกค้างฯ เกินค่า MRL อยู่น้อยกว่า 50% ในกรณีของแตงโม พบว่าใน 75 ตัวอย่างที่นำมาตรวจวิเคราะห์ ไม่มีตัวอย่างใดที่ตรวจพบการตกค้างของยาฆ่าแมลงเกินค่ามาตรฐาน และทุเรียน มีแค่ 3% ที่ตกมาตรฐาน แตงโมและทุเรียนจึงจัดเป็นผลไม้ที่ปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าผลไม้ชนิดอื่นๆ[19] การบริโภคผลไม้มักรับประทานผลไม้สดโดยไม่ผ่านกระบวนการปรุงอาหาร โอกาสได้รับสารตกค้างฯ เข้าสู่ร่างกายอาจจะมากกว่าการรับประทานผักโดยเฉพาะเมื่อผ่านกระบวนการปรุงอาหารความร้อนสามารถที่จะทำลายยาฆ่าแมลงที่ตกค้างได้ จึงทำให้เราได้รับความเสี่ยงน้อยลงจากการบริโภคผักที่ผ่านกระบวนการปรุงอาหารแล้ว

อีกประการหนึ่ง การปอกเปลือกผลไม้ก่อนบริโภคช่วยกำจัดหรือลดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงได้เป็นอย่างมาก แต่หลักการและวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ต้องทำตามมาตรฐานและระเบียบของ CODEX ซึ่งกำหนดให้การตรวจจากตัวอย่างของผักและผลไม้โดยไม่ปอกเปลือก สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นสารที่ละลายได้ดีในไขมันแต่ละลายได้น้อยในน้ำ ดังนั้นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือยาฆ่าแมลงจะจับตัวอยู่กับสารประกอบของเปลือกผลไม้ได้ดี เช่น สารตกค้างยาฆ่าแมลง Carbosulfan, λ-Cyhalothin และ Ethion จะสะสมหรือมีอยู่มากในตัวอย่างส้มโอที่ไม่ปอกเปลือก แต่ถ้าวิเคราะห์เฉพาะเนื้อส้มโอตามการบริโภค พบว่า มีปริมาณของสารตกค้างยาฆ่าแมลงเหล่านี้อยู่น้อยมากหรือไม่มีเลย ในตัวอย่างมังคุดก็เช่นกัน เพราะพบว่าเมื่อตรวจวิเคราะห์ฯ ตัวอย่างมังคุดทั้งผล คือ รวมทั้งเปลือก ปริมาณของสารตกค้างยาฆ่าแมลง Dimethoate Metalaxyl และ Carbofuran จะพบอยู่มากกว่าในตัวอย่างมังคุดที่นำเอาเฉพาะเนื้อมังคุด (ส่วนที่เราบริโภค) มาวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลง[20] ผลไม้มีเปลือกอีก 3 ชนิด คือ แก้วมังกร สับปะรด และกล้วย ก็พบผลการวิจัยทำนองเดียวกันสำหรับผลไม้ที่มักไม่



รูปที่ 1: ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผัก 9 ชนิด ของโครงการวิจัยผักและผลไม้ที่ปลอดภัยเพื่อครัวโลก (ข้อมูลบางส่วนยังไม่ได้ตีพิมพ์)



รูปที่ 2 : ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผลไม้ 14 ชนิด ของโครงการวิจัยผักและผลไม้ที่ปลอดภัยเพื่อครัวโลก (ข้อมูลบางส่วนยังไม่ได้ตีพิมพ์)

มีการปอกเปลือก เช่น ฝรั่ง พบอุบัติการณ์ของการตกมาตรฐาน MRLที่ 97% แต่ถ้าปอกเปลือกพบว่ากำจัดหรือลดปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงลงไปได้เป็นอย่างมาก[21] เปลือกผลไม้จึงเป็นเกราะหุ้มหรือช่วยป้องกันการดูดซึมของยาฆ่าแมลงที่จะเข้าสู่ส่วนเนื้อของผลไม้ที่รับประทาน

การศึกษาเปรียบทียบผักและผลไม้ ที่ซื้อจากห้างสรรพสินค้าและที่ซื้อจากตลาดสด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องการปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง แม้ว่าผักและผลไม้ที่จำหน่ายใน Supermarkets มีฉลากระบุว่า “ผักและผลไม้ปลอดสารพิษ” หรือ “ผักและผลไม้อินทรีย์” แต่ตรวจพบสารตกค้างในผักและผลไม้เหล่านี้ใกล้เคียงกับที่ตรวจพบในผลิตผลที่ซื้อจากตลาดสด[3,4] ทั้งในแง่ของอุบัติการณ์การปนเปื้อน และสัดส่วน (%) ที่ตกมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันนี้มีห้างสรรพสินค้าบางแห่งตื่นตัวเรื่องของเกษตรอินทรีย์และอาหารปลอดภัย และคำนึงถึงมาตรฐานสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้มากขึ้น

ปัญหาเรื่องการปนเปื้อนของสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ในประเทศไทยยังมีการรายงานในงานวิจัยของสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ที่จำหน่ายในประเทศไทยหลายชนิด ซึ่งผลงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าผักและผลไม้หลายชนิดที่จำหน่ายทั่วไป เช่น ส้มเขียวหวาน มังคุด คะน้า กวางตุ้ง และผักบุ้ง ฯลฯ มีการปนเปื้อนด้วยสารตกค้างยาฆ่าแมลง และการปนเปื้อนในผักและผลไม้ที่พบไม่แตกต่างกันระหว่างที่ซื้อจากตลาดสดและจากห้างสรรพสินค้า[2,4,17-19-23] แต่ผลการวิจัยที่พบนี้ไม่รวมถึงผักและผลไม้ที่ส่งออกจากประเทศไทยไปต่างประเทศ

ข้อมูลจากโครงการวิจัยมหาวิทยาลัยมหิดล VS การเฝ้าระวังขององค์กรภาคประชาสังคม Thai-PAN

ผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้จากหน่วยงานต่าง ๆ อาจมีความแตกต่างได้ขึ้นกับวิธีการศึกษา ได้แก่ จำนวนหรือขนาดของตัวอย่าง วิธีการสุ่มเลือกตัวอย่าง แหล่งที่มาของตัวอย่างและความครอบคลุมพื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง และฤดูกาล ตัวอย่าง เช่น ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในการเฝ้าระวังสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ซึ่งดำเนินการอย่างต่อเนื่องโดยองค์กรภาคประชาสังคม Thai-PAN และจากโครงการวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดล รายงานผลส่วนใหญ่สอดคล้องกัน เช่น ในปีพ.ศ. 2559 Thai-PAN ได้เก็บตัวอย่างผัก 10 ชนิดและผลไม้ 6 ชนิด (โดยเก็บตัวอย่างจากตลาดในประเทศ ชนิดละ 2-10 ตัวอย่าง เพื่อตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงโดยใช้การวิเคราะห์แบบ GC-MS[25] แต่การเก็บตัวอย่างของ Thai-PAN จำกัดพื้นที่เฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีการสุ่มตัวอย่างผักและผลไม้บางชนิดจากจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดอุบลราชธานี ผลการวิเคราะห์ฯของ Thai-PAN[25] พบว่า พริกแดง มีอัตราการพบปริมาณสารตกค้างที่สูงกว่าค่า MRL (% ตัวอย่างที่ตกมาตรฐาน) 100% เทียบกับ 87% ที่รายงานจากมหาวิทยาลัยมหิดล (**ตารางที่ 3**) ในพริกแดงมีสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่สูงมาก ในถั่วฝักยาว Thai-PAN พบตัวอย่างที่ตกมาตรฐาน 66.7% เทียบกับ 94% จากผลของมหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับผักและผลไม้ชนิดอื่นซึ่งรวมถึง แตงกวา ส้มเขียวหวาน ฝรั่ง แก้วมังกร และแตงโม ฯลฯ จำนวน % ของตัวอย่างที่ตกมาตรฐานที่รายงานโดยม.มหิดล และ Thai-PAN ใกล้เคียงหรือไปในทิศทางเดียวกัน ความแตกต่างของผลการศึกษาจากแหล่งข้อมูลทั้ง 2 แห่งนี้ น่าจะเกิดจาก ความแตกต่างในจำนวนตัวอย่าง ของผักและผลไม้ที่สุ่มตัวอย่างมาตรวจวิเคราะห์ จำนวนตัวอย่างของผักและผลไม้แต่ละชนิดที่มหาวิทยาลัยมหิดล สุ่มตัวอย่างมาตรวจมีจำนวนตั้งแต่ 31-256 ส่วนตัวอย่างของผักและผลไม้ที่ Thai-PAN นำมาตรวจในรายงานปีเดียวกันนี้ มีจำนวนประมาณ 8 ตัวอย่าง (จากการประมาณการที่แสดงในหมายเหตุของ**ตารางที่ 3**) ต่อชนิดของผักและผลไม้ ในส่วนของมหาวิทยาลัยมหิดลใช้เวลาในการสุ่มตัวอย่างผัก/ผลไม้ เป็นเวลา 3-12 เดือน เพื่อให้ครอบคลุมฤดูกาลที่ผู้บริโภคซื้อผักและผลไม้มารับประทานกันจริงๆ จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่สุ่มและนำมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้าง มีจำนวนมาก (เช่น 31 ตัวอย่างสำหรับทุเรียน และ 256 ตัวอย่างสำหรับส้มเขียวหวาน หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 81 ตัวอย่าง ต่อชนิดของผักและผลไม้ ดังนั้นผลการวิจัยของมหาวิทยาลัยมหิดลซึ่งบ่งบอกถึง % ของตัวอย่างที่ตกมาตรฐาน จึงมีความถูกต้องและความเชื่อถือได้

สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่ง คือ ความแตกต่างของอัตราที่ตกมาตรฐานในรายงานกะหล่ำปลี (**ตารางที่ 3**) โดยมหาวิทยาลัยมหิดลและThai-PAN คือ 100% และ 0% น่าจะอธิบายได้จากจำนวนตัวอย่างที่ Thai-PAN สุ่มตรวจมีจำนวนน้อยกว่ามาก ระยะเวลาที่ Thai-PAN สุ่มตัวอย่างตรวจเพียง 3 วัน และอาจเป็นช่วงที่มีสารเคมียาฆ่าแมลงตกค้างอยู่น้อยมาก สำหรับกะหล่ำปลีซึ่งเป็นผักที่มีกาบห่อรวมซ้อนกันเป็นหัว การเจริญเติบโตของกาบใหม่เกิดขึ้นจากภายในหัวกะหล่ำปลี ถ้าผู้ค้าฉีกเอากาบของกระหล่ำปลีออกทุกวันเพื่อความสวยงามและดูสดน่าซื้อ ทำให้พบสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่น้อยมากหรือไม่พบเลย จากรายงานวิจัย พบว่า ถ้าเอากาบนอกของกะหล่ำปลี 3-4 กาบมาวิเคราะห์หาปริมาณสารเคมียาฆ่าแมลงตรวจพบสารตกค้างยาฆ่าแมลง 80-95% กาบกะหล่ำปลีชั้นกลางมีสารเคมียาฆ่าแมลงที่กาบเหลืออยู่เพียง 5-20% ส่วนกาบกะหล่ำปลีชั้นในสุดเกือบจะไม่มีสารตกค้างยาฆ่าแมลงอยู่เลย[26-28]

ตารางที่ 3 : ผลการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้ แสดงเป็น % ของตัวอย่างที่ตกเกณฑ์มาตรฐาน ระหว่าง โครงการวิจัยมหาวิทยาลัยมหิดล เปรียบเทียบกับการเฝ้าระวังโดย Thai-PAN

ชนิดของผักและผลไม้	อัตราการพบตัวอย่างผัก/ผลไม้ที่ตกมาตรฐาน (%)			
	มหาวิทยาลัยมหิดล		Thai-PAN*	
	จำนวนตัวอย่าง#	อัตรา, %	จำนวนตัวอย่าง#	อัตรา, %
พริก	93	87%	8	100%
ถั่วฝักยาว	70	94%	8	66.7%
ผักบุ้งจีน	135	45%	8	22.2%
คะน้า	137	29%	8	55.6%
มะเขือเทศ	100	81%	8	11.1%
แตงกวา	75	17%	8	11.1%
กะหล่ำปลี	82	100%	8	0%
ส้มเขียวหวาน	256	99%	8	100%
ฝรั่ง	75	97%	8	100%
แก้วมังกร	79	70%	8	71.4%
มะละกอ	70	96%	8	66.7%
มะม่วง	95	85%	8	44.4%
แตงโม	75	0%	8	0%

* ข้อมูลของ % ตกมาตรฐานได้มาจากรายงานของ Thai-PAN[25] ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างผักและผลไม้ที่นำมาตรวจวิเคราะห์ฯต่อชนิดของผัก/ผลไม้ไม่ทราบจำนวนแน่ชัด เพียงแต่บ่งบอกว่าตรวจผัก 10 ชนิด และผลไม้ 6 ชนิด และจำนวนรวมที่ส่งตรวจฯ = 138 ตัวอย่าง ดังนั้นถ้าหากคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยจะได้ = 8.6 ตัวอย่างต่อผัก/ผลไม้หนึ่งชนิด หรือพูดได้ว่าประมาณ 8 ตัวอย่าง/ชนิด

จำนวนตัวอย่าง (N) ที่สุ่มมาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลง

สรุป

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า มีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ในผักและผลไม้ของไทย ชี้ให้เห็นว่าปัญหาการใช้ยาฆ่าแมลงปริมาณมากในการทำเกษตรกรรมของประเทศไทยยังไม่สามารถแก้ไขได้อย่างเห็นผล อุบัติการณ์ของการปนเปื้อนสารตกค้างยาฆ่าแมลงค่อนข้างสูงและน่าวิตก โดยเฉพาะในผักและผลไม้ที่ประชาชนรับประทานเป็นประจำ การปนเปื้อนอยู่ในระดับที่อาจมีผลกระทบต่อมาตรฐานความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคซึ่งภาครัฐโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) และกรมวิชาการเกษตร จะต้องแก้ไขปัญหานี้ โดยเฉพาะการเร่งรัดพัฒนาและยกระดับมาตรฐานของแผนเฝ้าระวังผักและผลไม้ให้มีประสิทธิภาพ สามารถตามสอบย้อนกลับไปยังแปลงปลูกเพื่อแก้ปัญหา เพื่อความมั่นใจของผู้บริโภคโดยเฉพาะผัก ผลไม้ที่มีตราสัญญลักษณ์รับรองคุณภาพและความปลอดภัย ควบคู่กับการส่งเสริมมาตรฐานการปฏิบัติที่ดีทางการเกษตร (Good Agricultural Practices, GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) ให้เข้มแข็ง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผักและผลไม้ไทยยังไม่ได้มีมาตรฐานความปลอดภัยเทียบเท่าผลิตผลในต่างประเทศ ควรมีการประเมินความเสี่ยง (risk assessment) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ปริมาณการบริโภคต่อวัน อายุและน้ำหนักตัวของผู้บริโภค ผู้บริโภคสามารถป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนมาในผักและผลไม้ โดยการล้างผักและผลไม้อย่างถูกวิธีก่อนรับประทาน กระบวนการในการปรุงอาหาร (เช่น การลวก การต้ม และผัด) ก็สามารถที่จะลดหรือกำจัดสารตกค้างออกได้ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการได้รับสารตกค้างยาฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกาย และสามารถรับประทานผักและผลไม้ให้ได้อย่างน้อยวันละ 400 กรัมตามข้อแนะนำ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้องรัง โดยไม่ต้องเกรงกลัวความเป็นพิษของสารตกค้างยาฆ่าแมลง

เอกสารอ้างอิง

1. Sapbamrer R, Hongsibsong S. Organophosphorus pesticide residues in vegetables from farms, markets, and a supermarket around Kwan Phayao Lake of Northern Thailand. Arch Environ Contam Toxicol. 2014;67(1):60-67.
2. Wanwimolruk S, Kanchanamayoon O, Phopin K, Prachayasittikul V. 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.
3. Wanwimolruk S, Phopin K, Boonpangrak S, Prachayasittikul V. Food safety in Thailand 4: comparison of pesticide residues found in three commonly consumed vegetables purchased from local markets and supermarkets in Thailand. PeerJ. 2016; 4:e2432.
4. Wanwimolruk S, Phopin K, Boonpangrak S, Kanchanamayoon O, Prachayasittikul V. Food safety in Thailand: Current situation of pesticide contamination in vegetables and fruits. Abstract book of the 10th Thailand Congress of Nutrition. 2016 October 18-20, Bangkok, Thailand.
5. ธนพงศ์ ภูผาลี, อรนุช วงศ์วัฒนาเสถียร, สมศักดิ์ อาภาศรีทองสกุล, มาลี สปุนัตี. ความชุกของการมีสารเคมีก าจัดศัตรูพืชตกค้างในผักจากตลาดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. Thai J Pharm Prac. 2016;8(2),399-409.
6. รัตนา ทรัพย์บำเรอ. สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและผลกระทบต่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์; 2557.

7. ศรัญญา พัวพลเทพ. สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดแมลง (Insecticides). สารกำจัดศัตรูพืช (หนังสืออออนไลน์). [เข้าถึงเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://www.pharmaco.vet.ku.ac.th/pdf_file/Pesticide_20161020.pdf
8. Frigo DE, Burow ME, Mitchell KA, Chiang TC, McLachlan JA. DDT and its metabolites alter gene expression in human uterine cell lines through estrogen receptor-independent mechanisms. Environ Health Perspect. 2002; 110(12):1239–1245.
9. Snedeker, S.M. Pesticides and breast cancer risk: a review of DDT, DDE, and dieldrin. Environ Health Perspect. 2001;109(Suppl1):35-47.
10. Rodgers KM, Udesky JO, Rudel RA, Brody JG. Environmental chemicals and breast cancer: an updated review of epidemiological literature informed by biological mechanisms. Environ Res. 2018;160:152-182.
11. Nicolopoulou-Stamati P, Maipas S, Kotampasi C, Stamatis P, Hens L. Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture. Front Public Health. 2016;4:148.
12. World Health Organization. Diet and nutrition in the prevention of chronic disease. Geneva. World Health Organization; 2003.
13. ผลกระทบต่อสุขภาพจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช สำนักโรคจากการประกอบอาชีพ และสิ่งแวดล้อม. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2565] เข้าถึงได้จาก: http://odpc7.ddc.moph.go.th/journal/files/06siripangunya.pdf
14. เช็คด่วน สัญญาณเตือนมะเร็งที่คุณต้องรู้ เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2565] เข้าถึงได้จาก: https://today.line.me/th/v2/article/89zOjM
15. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี 2559 – 2563 ข้อมูลจาก กรมวิชาการเกษตร, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [เข้าถึงเมื่อวันที่ 8 มีนาคม 2565] เข้าถึงได้จาก: https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%B1%E0%B8%88%E0%B8%88%E0%B8%B1%E0%B8%A2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%20/TH-TH#
16. สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายปี 2559 (หนังสือประกาศออนไลน์). 2559 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 กันยายน 2565] เข้าถึงได้จาก: https://www.doa.go.th/ard/?page_id=386
17. Phopin K, Wanwimolruk S, Norkaew C, Buddhaprom J, Isarankura-Na-Ayudhya C. Boiling, blanching, and stir-frying markedly reduce pesticide. Foods. 2022;11,1463.
18. Srikote R, Jongmeewasna W. Minimizing pesticide residues in fruits and vegetables. Bull Med Sci 2021;63:38–50.
19. Wanwimolruk S, Kanchanamayoon O, Boonpangrak S, Prachayasittikul V. Food safety in Thailand 1: it is safe to eat watermelon and durian in Thailand. Environ. Health Prev Med. 2015;20:204-15.
20. Phopin K, Wanwimolruk S, Prachayasittikul V. Food safety in Thailand. 3: Pesticide residues detected in mangosteen (*Garcinia mangostana* L.), queen of fruits. J Sci Food Agr. 2017;97(3):832–40.
21. 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 Safety. 2019;e.12654.

22. Wanwimolruk S, Prachayasittikul V, Phopin K. Food safety in Thailand 2: pesticide residues found in Chinese kale (*Brassica oleracea*). Abstract book of the 8th Thailand Congress of Nutrition. October 6-8, 2014; Bangkok Technology and Exhibition, Bangkok, Thailand.
23. Wanwimolruk S, Prachayasittikul V, Phopin K. Food safety in Thailand 4: are supermarket vegetables safe from pesticide contamination?. Abstract book of the 9th Thailand Congress of Nutrition. October 21-23, 2015; Bangkok, Thailand.
24. Syed JH, Alamdar A, Mohammad A, Ahad K, Shabir Z, Ahmed H. et al. Pesticide residues in fruits and vegetables from Pakistan: a review of the occurrence and associated human health risks. Environ. Sci. Pollut Res. 2014;21:13367-93.
25. เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thailand Pesticide Alert Network, Thai-PAN). ความจริงอันเจ็บปวด ปัญหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ปี 2559 (บทความออนไลน์). 2559 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 28 ก.ค. 2560]. เข้าถึงได้จาก: http://www.thaipan.org/node/831
26. Fujita M, Yajima T, Iijima K and Sato K. Comparison of the variability in the levels of pesticide residue observed in Japanese cabbage and grape units. J Agric Food Chem. 2012;60(6):1516-21.
27. Wanwimolruk S, Duangsuwan W, Phopin K, Boonpangrak S. Food safety in Thailand 5: the effect of washing pesticide residues found in cabbages and tomatoes. J Consum Prot Food Saf. 2017;12:209–221.
28. วรรณฤดี ดวงสุวรรณ. การวิเคราะห์หาปริมาณสารตกค้างยาฆ่าแมลงในกะหล่ำปลีและมะเขือเทศ [ภาคนิพนธ์ วท.บ (เทคนิคการแพทย์)] คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2558.