

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากสารพิษตกค้างในพืชผัก
จากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน
Health Risk Assessment of Pesticide Residues in Vegetables
Collected from Upper Northeast Thailand

จารุพงศ์ ประสพสุข^{1/*} วัชรพร ศรีสว่างวงศ์^{1/} ปกัสนร์ สีลารักษ์^{1/} ณัฐชัยธร ชัตติยะพุดิเมธ^{1/}
Jarupong Prasopsuk^{1/*} Watcharaporn Srisawangwong^{1/} Papatsorn Seelarak^{1/}
Natchayathon Khattiyaphutthimet^{1/}

Received 27 Dec. 2023/Revised 22 Sep. 2024/Accepted 30 Sep. 2024

ABSTRACT

This study aimed to monitor and assess the health risk from pesticide residue in vegetables planted in upper Northeast Thailand. Three types of vegetables, Chinese kale, tomato, and chili, were collected from 19 villages in Khon Kaen province, Nong Bua Lam Phu, Chaiyaphum, Bueng Kan, Nong Khai, Nakhon Phanom, Mukdahan, and Sakon Nakhon province for pesticide residue analysis. All vegetables were sampled at the harvesting period from November 2021 to October 2022. A total of 80 vegetable samples were extracted using the quick easy cheap effective rugged and safe (QuEChERS) multi-residue extraction and analyzed for the presence of 228 pesticides using liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) at the laboratory of the Office of Agricultural Research and Development Region 3. Assessing the risk of pesticide residues in vegetables was done by 2 methods: 1) assessing based on the type and amount of pesticide residues detected in vegetables compared to the maximum residue limit (MRL) and 2) assessing based on hazard index (HI) obtained by calculating of the estimated dietary intake (EDI) compared to the acceptable daily intake (ADI). The results showed that pesticide residues were found in 43 samples (53.75%) from 80 samples collected. Pesticide residues exceeded MRL in 12 samples (15.0%). There were 19, 12, and 5 types of pesticide residues found from samples of Chinese kale, chili, and tomato, respectively, and their amounts were detected at the range of 0.01-0.91, 0.01-1.81, and 0.01-0.05 mg/kg, respectively. The assessment of consumption risk in terms of HI showed that the HI of Chinese kale, chili, and tomato were 51.19, 6.66, and 21.30%, respectively. The results indicated that these vegetables could be considered as acceptable for food safety.

Keywords: risk; pesticide residues; Chinese kale; chili; tomato

^{1/} สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

^{1/} Office of Agricultural Research and Development Region 3, Department of Agriculture, Khon Kaen 40000, Thailand

* Corresponding author: ja.prasopsuk@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามและประเมินความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยเก็บตัวอย่างพืชผัก 3 ชนิด คือ คื่นช่าย มะเขือเทศ และพริก จากแปลงปลูกพืชใน 19 หมู่บ้าน ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น หนองบัวลำภู ชัยภูมิ บึงกาฬ หนองคาย นครพนม มุกดาหาร และสกลนคร เพื่อวิเคราะห์สารพิษตกค้าง เก็บตัวอย่างในช่วงการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือน พ.ย. 2564 – ต.ค. 2565 สกัดตัวอย่างด้วยวิธี QuEChERS วิเคราะห์หาสารพิษตกค้างจำนวน 228 ชนิดสาร ด้วยเครื่อง LC-MS/MS ณ ห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ประเมินความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างในผักต่อความปลอดภัยทางอาหาร 2 วิธี คือ 1) ประเมินจากชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบในพืชผักเทียบกับปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (MRL) และ 2) ประเมินจากดัชนีความเสี่ยงต่อ (HI) จากการคำนวณค่าการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายด้วยการบริโภคต่อวัน เทียบกับปริมาณที่ยอมรับบริโภคได้ต่อวัน ผลการศึกษาจากตัวอย่างทั้งหมด 80 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 43 ตัวอย่าง มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL 12 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้างจำนวน 19 12 และ 5 ชนิดสารในตัวอย่างคื่นช่าย พริก และมะเขือเทศ ตามลำดับ และปริมาณที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01-0.91 0.01-1.81 และ 0.01-0.05 มก./กก. ตามลำดับ เมื่อนำผลวิเคราะห์สารพิษตกค้างมาประเมินความเสี่ยงต่อการบริโภค โดยใช้ค่า HI พบว่า คื่นช่าย พริก และมะเขือเทศ HI มีค่า 51.19 6.66 และ 21.30% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ

คำสำคัญ: ความเสี่ยง; สารพิษตกค้าง; คื่นช่าย; พริก; มะเขือเทศ

บทนำ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนเป็นพื้นที่ปลูกผักและไม้ผลที่สำคัญของประเทศไทย มีปริมาณผลผลิตผักและผลไม้ส่งออกสู่ตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ เกษตรกรมักพบปัญหาการระบาดของศัตรูพืช ทำให้มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องและมักตรวจพบสารพิษตกค้างทั้งในผลผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นและมีการปลูกหลายรอบต่อปี จากรายงานการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชผักและผลไม้ที่ขอรับการรับรองการจัดการพืชตามหลักการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (GAP) รายใหม่ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปี พ.ศ 2561-2565 พบสารพิษตกค้าง 453 ตัวอย่าง จากจำนวนทั้งหมด 1,062 ตัวอย่าง หรือคิดเป็น 42.7% โดยพบเกินค่ามาตรฐาน (maximum residue limit: MRL) จำนวน 94 ตัวอย่าง หรือ 8.9% ชนิดพืชที่ตรวจพบสารพิษตกค้างเกินค่า MRL ได้แก่ พุทรา พริก คื่นช่าย แก้วมังกร เมล่อน มะเขือเทศ และ ถั่วฝักยาว (จารุพงศ์, 2565) การที่ตรวจพบสารพิษตกค้างในพืชผักและผลไม้ในพื้นที่ จำเป็นต้องเฝ้าระวังและตรวจติดตามอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระดับพื้นที่สำหรับแนะนำเกษตรกรนำไปใช้ปรับเปลี่ยนวิธีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชให้มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคตามข้อกำหนด GAP (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556)

การตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างในอาหารและการประเมินความเสี่ยงจากการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้นเป็นสิ่งจำเป็นในการคุ้มครองสุขภาพของผู้บริโภค รวมทั้งการปรับปรุงวิธีการจัดการทางเกษตรและป้องกันความเสียหายทางเศรษฐกิจ (Wotejko et al. 2014) ในการประเมินความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเบื้องต้นใช้เกณฑ์ความปลอดภัยของพืชอาหารโดยเทียบกับค่า MRL และค่าการ

บริโภคต่อวันที่ยอมรับได้ (acceptable daily intake: ADI) โดยอ้างอิงข้อมูลจากคณะกรรมการอาหาร โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (2023) และฐานข้อมูลนานาชาติสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช PPDB: Pesticide Properties DataBase (Agriculture and Environment Research Unit, 2023)

การประเมินความเสี่ยงจากสารพิษตกค้างในผักและผลไม้ที่ใช้อย่างแพร่หลาย คือ ดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพ (hazard index: HI) ซึ่งคำนวณจากผลรวมของค่าความเป็นอันตราย (hazard quotient: HQ) ผ่านการคำนวณอัตราส่วนระหว่าง ปริมาณที่บริโภคต่อวันโดยประมาณ (estimated daily intake: EDI) และ ปริมาณที่ยอมรับบริโภคได้ต่อวัน (Akoto et al., 2016; Łozowicka et al., 2013) การใช้ค่า HI ในการประเมินความเสี่ยงมีตัวอย่างงานวิจัย เช่น Alla et al. (2015) ได้ศึกษาดัชนีความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารพิษตกค้างในประเทศอียิปต์จากตัวอย่างแตงกวา กรีนพาสเลย์ ผักกาดหอม พริก มะเขือเทศ และ วอเตอร์เครส ผลการประเมินความเสี่ยงแบบเรื้อรังอยู่ในช่วง 0.01-15.04% ของ ADI หรือ Liu et al. (2023) ได้ใช้ HI ประเมินความเสี่ยงสารพิษตกค้างจากการบริโภคผลไม้สี่ชนิด คือ พีชเหลือง (yellow peach) แพร์ (pear) โลควอท (loquat) และแทนเจโล (tangelo) ในประเทศจีนพบว่า มีค่าน้อยกว่า 100 ซึ่งไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ และ Hawari et al. (2019) ได้วิเคราะห์สารพิษตกค้างในแอปเปิลของประเทศเลบานอนพบสารพิษตกค้าง 77% ของตัวอย่าง ในจำนวนนี้ 61% พบปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL สารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบบ่อยที่สุด คือ chlorpyrifos methidathion cypermethrin lambda-cyhalothrin myclobutanil และ diazinon เมื่อประเมินความเสี่ยงการได้รับสารพิษจากการบริโภคแบบเรื้อรัง พบว่า อยู่ในช่วง

0.1-8.0% ของ ADI จึงสรุปว่าการบริโภคแอปเปิลไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ

ดังนั้น การวิเคราะห์สารพิษตกค้าง และการประเมินความเสี่ยงในพืชผักกลุ่มที่มีความเสี่ยง คือ กระบี่ พริก และมะเขือเทศ ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ถือเป็นการเฝ้าระวังและตรวจติดตามชุมชนเกษตรเชิงพาณิชย์ที่เป็นแหล่งปลูกพืชผักกลุ่มใหญ่ในพื้นที่ แม้มีเกษตรกรหลากหลายกลุ่มพยายามปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตพืชเพื่อเข้าสู่มาตรฐาน GAP แต่ยังคงขาดการรับรู้ข้อมูลเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การคงอยู่ของสารพิษตกค้างในพืชผล และระดับความเสี่ยงต่อผู้บริโภค จึงดำเนินการสำรวจและติดตามการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรในชุมชนเกษตรเชิงพาณิชย์ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ด้วยความร่วมมือจากหน่วยงานผู้นำชุมชน และผู้นำกลุ่มเกษตรกรในการให้ข้อมูลและวางแผนเก็บตัวอย่าง ประเมินความเสี่ยงจากการบริโภคแบบเรื้อรังต่อวัยผู้ใหญ่ โดยวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในพืชผักที่มีการตรวจพบสารพิษตกค้างในพื้นที่บ่อยครั้ง ได้แก่ กระบี่ พริก และมะเขือเทศ ในแหล่งปลูกสำคัญแต่ละชนิดพืชแล้วนำข้อมูลชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างมาประเมินความเสี่ยงจากการบริโภค ตามเกณฑ์ความปลอดภัยของพืชอาหารโดยเทียบกับค่า MRL ค่า ADI และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้วยค่า HI เพื่อเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวังความปลอดภัยของพืชผักในพื้นที่และการสื่อสารข้อมูลด้านความเสี่ยงแก่เกษตรกรเพื่อลดความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การสุ่มเก็บตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) จากแหล่งปลูกผักเชิงพาณิชย์จำนวน 19 หมู่บ้านในพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น หนองบัวลำภู ชัยภูมิ

บึงกาฬ หนองคาย นครพนม มุกดาหาร และสกลนคร รวม 80 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างคะน้า พริก และ มะเขือเทศ จำนวน 24 30 และ 26 ตัวอย่าง ตามลำดับ เก็บตัวอย่างในช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ผลผลิต นำตัวอย่างใส่ในถุงพลาสติกติดฉลาก รายละเอียด ตัวอย่างนำส่งห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง สุ่มตัวอย่างตามวิธีชักตัวอย่างเพื่อตรวจ วิเคราะห์สารพิษตกค้าง (สำนักงานมาตรฐานสินค้า เกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2551)

การวิเคราะห์สารพิษตกค้าง

ใช้วิธีการสกัดแบบ QuEChERS (BSI, 2008) ตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้าง จำนวน 228 ชนิดสาร ครอบคลุมสารกำจัดวัชพืช สาร กำจัดแมลง และสารป้องกันกำจัดโรคพืช ด้วยเครื่อง liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) โดยใช้ acetonitrile สกัดแบบขั้นตอนเดียวและทำการแยกน้ำในตัวอย่าง ด้วย $MgSO_4$ ทำให้สะอาดขึ้นด้วย dispersive-solid-phase extraction (dispersive-SPE) เพื่อกำจัดกรด อินทรีย์ น้ำส่วนเกินและส่วนประกอบอื่น ๆ ด้วย primary secondary amine (PSA) และ $MgSO_4$ กำจัดสารรบกวนชนิดที่ไม่มีขั้วด้วยสาร C18 (เป็นสาร ดูดซับแบบไม่มีขั้วชนิดหนึ่ง) ทำให้เป็นกรดโดยการเติมกรดฟอร์มิกในขั้นสุดท้ายก่อนนำไปวิเคราะห์ ด้วย LC-MS/MS สำหรับตัวอย่างรอวิเคราะห์เก็บใน สภาวะเย็นที่อุณหภูมิ $-20^{\circ}C$ และทำการวิเคราะห์ ภายใน 24 ชั่วโมง

การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

ประเมินระดับความเสี่ยงต่อผู้บริโภค โดยใช้ ผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างที่พบใน คะน้า พริก และมะเขือเทศ แทนในสมการเพื่อหาค่า HI ซึ่งได้จากผลรวมของ HQ (Alla et al., 2015; Łozowicka et al., 2013) คำนวณจาก EDI เทียบกับ ค่า ADI ตามสมการที่ 1 และ 2

$$EDI = \sum (Fi * RLi / BW) \quad (1)$$

เมื่อ Fi : อัตราการบริโภคอาหาร (กก./วัน) คะน้า 0.056 กก./วัน พริก 0.012 กก./วัน มะเขือเทศ 0.088 กก./วัน อ้างอิงค่าเฉลี่ยปริมาณ การบริโภคผักคะน้า พริกและมะเขือเทศ ค่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 97.5 ของปริมาณอาหารที่ บริโภค เฉพาะผู้ที่บริโภค (eater only) ในช่วงอายุ 18-64.9 ปี : กรัม/คน/วัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหาร แห่งชาติ, 2559ก)

RLi : ปริมาณสารพิษตกค้างในผัก (มก./กก.)

BW : ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว (กก.) คนไทย อายุ 16 ปี ขึ้นไป น้ำหนักเฉลี่ย 63.15 กก. (ผู้หญิง 57.4 กก., ผู้ชาย 68.9 กก.) (สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2555) คำนวณหาค่า HQ ตามสมการที่ 2

$$HQ = (EDI/ADI) * 100 \quad (2)$$

เมื่อ EDI: estimate daily intake หน่วย มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน

ADI: acceptable daily intake หน่วย มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน ได้จากข้อมูลสารเคมีกำจัด ศัตรูพืชตกค้างในอาหาร Codex online databases (FAO/WHO, 2023) และ Pesticide Properties DataBase: PPDB, An international database for pesticide risk assessments (Agriculture and Environment Research Unit, 2023)

ประเมินความเสี่ยงจากค่า HI ตามสมการที่ 3

$$HI = \sum HQ_i \quad (3)$$

เมื่อ HQ_i : hazard quotient ของสารพิษแต่ละชนิด i
HI: hazard index มีหน่วย %

มีเกณฑ์การพิจารณา คือ

HI > 100 หมายถึง สารพิษตกค้างอยู่ใน
ระดับเสี่ยงต่อผู้บริโภค

HI ≤ 100 หมายถึง สารพิษตกค้างอยู่ใน
ระดับยอมรับได้

ผลการทดลองและวิจารณ์

สารพิษตกค้างในตัวอย่างพืชผัก

ตัวอย่างคะน้า พริก และมะเขือเทศ จำนวน 80 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 43 ตัวอย่าง คิดเป็น 53.8 % ของจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ มีตัวอย่างที่ตรวจพบปริมาณสารพิษเกินค่า MRL 12 ตัวอย่าง คิดเป็น 15.0 % ของจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ ตัวอย่างพืชที่มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL จัดอยู่ในเกณฑ์ไม่ปลอดภัย และไม่ผ่านข้อกำหนดพืชที่ขอรับรองมาตรฐาน GAP (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2559) ซึ่งการตรวจติดตามสารพิษตกค้าง ระหว่างปี พ.ศ. 2561-2565 พบว่าจำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (จารุงศ์, 2565) ทั้งนี้ปัจจัยจากสภาพอากาศและการแพร่ระบาดของศัตรูพืช เมื่อความถี่ในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้น ทำให้มีโอกาสพบสารพิษตกค้างในผลผลิตเกินค่ามาตรฐานได้ เพื่อลดปัญหานี้เกษตรกรจำเป็นต้องปฏิบัติตามคำแนะนำข้อมูล PHI (pre-harvest interval) หรือระยะปลอดภัยก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังการพ่นสารครั้งสุดท้ายซึ่งระบุในฉลากผลิตภัณฑ์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรนำมาใช้

เมื่อจำแนกผลวิเคราะห์ตามชนิดตัวอย่างพบว่า คะน้า จำนวน 24 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 12 ตัวอย่าง โดยชนิดสารพิษที่ตรวจพบในคะน้ามี 19 ชนิดสาร ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01-0.91 มก./กก. จำแนกตามประเภทการใช้งาน ประเภทที่พบมากที่สุดเป็นสารกำจัดแมลง 13

ชนิด ได้แก่ acetamiprid chlorantraniliprole chlorfenapyr cypermethrin dinotefuran fipronil indoxacarb lambda-cyhalothrin methoxyfenozide profenofos thiamethoxam tolfenpyrad และ triazophos สารกำจัดโรคพืช 5 ชนิด ได้แก่ difenoconazole dimethomorph metalaxyl propiconazole และ pyraclostrobin สารกำจัดวัชพืช 1 ชนิด คือ ametryn พบสารในกลุ่มมีความเป็นพิษสูง Ib (highly hazardous) 1 ชนิด คือ triazophos มีชนิดสารที่พบปริมาณสารพิษเกินค่า MRL จำนวน 11 ชนิดสาร (Table 1) เนื่องจากชนิดสารในกลุ่ม Ib มีระดับความเป็นพิษสูง เมื่อพบการตกค้างในพืชผักจึงมีอาจมีเสี่ยงต่อสุขภาพผู้บริโภคได้

การตรวจพบสารพิษตกค้างในคะน้าหลายชนิด และมีบางชนิดสารที่ปริมาณเกินค่า MRL เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกคะน้าใช้สารเคมีจัดการกำจัดศัตรูพืชเป็นหลัก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารกำจัดแมลง เช่น กรณศึกษาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรปลูกผักคะน้า อ.เมือง จ.ขอนแก่น เกษตรกรใช้สารกำจัดวัชพืช 3 ชนิด ได้แก่ alachlor haloxyfop-p-methyl และ oxadiazon ใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืช 1 ชนิด คือ mancozeb ส่วนสารกำจัดแมลงใช้ 11 ชนิด ได้แก่ abamectin acetamiprid carbaryl chlorfenapyr chlorantraniliprole cypermethrin dichlorvos imidacloprid profenofos spinetoram และ tolfenpyrad (จารุงศ์ และคณะ, 2562) การปลูกคะน้ามักพบการระบาดของด้วงหมัดผัก และหนอนกระทู้ โดยระบาดหนักในฤดูฝน ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นและตรวจพบสารพิษตกค้างมากกว่าฤดูกาลอื่น สำหรับปัจจัยที่ทำให้เกิดการตกค้างของสารพิษในผักคะน้าจะขึ้นอยู่กับชนิดสารเคมีที่เกษตรกรเลือกใช้ อุปกรณ์การฉีดพ่น อัตราการฉีดพ่นและความถี่การฉีดพ่นสารเคมีด้วย (จารุงศ์, 2562)

ผลวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพริก 30 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 24 ตัวอย่าง โดยชนิดสารพิษที่ตรวจพบในพริก มี 12 ชนิดสาร ปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในช่วง 0.01-1.81 มก./กก. เป็นสารกำจัดแมลง 8 ชนิด ได้แก่ acetamiprid chlorantraniliprole clothianidin dinotefuran imidacloprid methomyl pyridaben และ triazophos สารกำจัดโรคพืช 4 ชนิด ได้แก่ azoxystrobin carbendazim metalaxyl และ pyraclostrobin พบสารในกลุ่มมีความเป็นพิษสูง lb 2 ชนิดคือ methomyl และ triazophos ชนิดสารที่ตรวจพบปริมาณสารพิษเกินค่า MRL จำนวน 2 ชนิดสาร (Table 1) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มปลูกพริกในพื้นที่ จ.ขอนแก่น หนองคาย สกลนครและชัยภูมิ พบว่า ปลูกเพื่อจำหน่ายให้กับตลาดในท้องถิ่นเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีเงื่อนไขในการตรวจสอบสารพิษตกค้างพริกที่ปลูกในพื้นที่จำหน่ายได้ทั้งหมด และบางช่วงฤดูกาลพริกไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดเกษตรกรยังต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มั่นใจว่าจะได้เก็บเกี่ยวผลผลิตและสร้างรายได้ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 แนะนำให้เกษตรกรใช้ชีวภัณฑ์บาซิลลัส ซับทิลิส เพื่อควบคุมโรคแอนแทรกโนสในพริก ทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งเป็นอีกแนวทางที่ช่วยลดสารพิษตกค้างในพริก

ผลวิเคราะห์สารพิษตกค้างในมะเขือเทศจำนวน 26 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 7 ตัวอย่าง และไม่มีปริมาณสารพิษเกินค่า MRL ชนิดสารพิษที่ตรวจพบในมะเขือเทศมี 5 ชนิด ปริมาณอยู่ในช่วง 0.01- 0.05 มก./กก จำแนกเป็นสารกำจัดแมลง 4 ชนิด ได้แก่ diazinon chlorantraniliprole profenofos และ imidacloprid สารกำจัดวัชพืช 1 ชนิด คือ alachlor ไม่พบสารในกลุ่มมีความเป็นพิษสูง lb (Table 1) จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศใน จ.หนองคาย บึงกาฬ และสกลนคร

พบว่า ส่วนใหญ่เป็นมะเขือเทศที่ส่งเข้าโรงงานผลิตซอสมะเขือเทศ ซึ่งมีเงื่อนไขการรับซื้อและการเผาระวังสารพิษตกค้าง ส่วนพื้นที่ปลูก จ.มุกดาหาร มีตลาดรับซื้อในท้องถิ่น ช่วงฤดูกาลปลูกระหว่างเดือนพ.ย.-เม.ย. ซึ่งการระบาดของแมลงศัตรูพืชน้อยเกษตรกรจึงใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเท่าที่จำเป็น โดยกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกมะเขือเทศ มีข้อกำหนดการใช้สารเคมีภายในกลุ่ม นอกจากนี้ยังได้รับการสนับสนุนให้ใช้วิธีจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสานจากภาครัฐ

การประเมินความเสี่ยงจากการบริโภค

ตัวอย่างที่พบสารพิษตกค้างเมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อการบริโภคในภาพรวมของพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนจำแนกตามชนิดพืชและชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เมื่อใช้ปริมาณสารที่พบมากที่สุดมาใช้ในการคำนวณ พบว่า สารที่มีค่า HQ มากที่สุดในคณะนี้ คือ lambda-cyhalothrin (24.48%) รองลงมา คือ fipronil (8.87 %) chlorfenapyr (5.38%) cypermethrin (4.61%) ตามลำดับ (Table 2) เมื่อจำแนกตามจังหวัดแหล่งปลูก พบว่า จ.ขอนแก่น นครพนม และหนองบัวลำภู HI มีค่า 49.38 1.77 และ 0.04% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (HI $\leq$ 100%)

สำหรับพริก พบว่า ชนิดสารที่มีค่า HQ มากที่สุด คือ triazophos (3.80%) รองลงมา คือ carbendazim (1.15%) และ methomyl (0.76%) ตามลำดับ พริกจาก จ.ขอนแก่น หนองคาย สกลนคร และชัยภูมิ HI มีค่า 3.84 1.29 1.02 และ 0.51% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Table 3) ส่วนมะเขือเทศ พบว่า ชนิดสารที่มีค่า HQ มากที่สุด คือ diazinon (20.90%) profenofos (0.23%) และ alachlor (0.14%) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายจังหวัด พบว่า หนองคาย สกลนคร มุกดาหาร และบึงกาฬ HI มีค่า 20.90 0.37 0.02 และ 0.001% ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์การยอมรับ (Table 4)

Table 1 Frequency of pesticides detected in Chinese kale, chili, and tomato samples in Upper Northeast Thailand

Pesticides	Type	Hazard class	ADI (mg/kg BW/day)	Chinese kale (N=24)				Chili (N=30)				Tomato (N=26)			
				Detected samples (no.)	RL (mg/kg)	MRLs (mg/kg)	>MRLs samples (no.)	Detected samples (no.)	RL (mg/kg)	MRLs (mg/kg)	> MRLs samples (no.)	Detected samples (no.)	RL (mg/kg)	MRLs (mg/kg)	> MRLs samples (no.)
Alachlor	HBC	II	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.01	0.01 ^{3/}	0
Acetamiprid	INS	II	0.025	2	0.01-0.04	0.7 ^{2/}	0	10	0.01-0.26	0.1 ^{2/}	4	-	-	-	-
Azoxystrobin	FUC	U	0.2	-	-	-	-	1	0.01	3 ^{2/}	0	-	-	-	-
Ametryn	HBC	II	0.05	1	0.02	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbendazim	FUC	U	0.03	-	-	-	-	6	0.29-1.81	2 ^{1/}	0	-	-	-	-
Chlorantraniliprole	INS	U	1.56	1	0.03	20 ^{2/}	0	1	0.03	0.05 ^{3/}	0	3	0.01	5 ^{2/}	0
Chlorfenapyr	INS	II	0.015	1	0.91	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Clothianidin	INS	II	0.097	-	-	-	-	2	0.02-0.03	0.05 ^{2/}	0	-	-	-	-
Cypermethrin	INS	II	0.005	2	0.06-0.26	1 ^{1/}	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Diazinon	INS	II	0.0002	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.03	0.5 ^{2/}	0
Difenoconazole	FUC	II	0.01	1	0.19	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethomorph	FUC	III	0.05	1	0.05	3 ^{3/}	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethofuran	INS	III	0.02	2	0.01	2 ^{1/}	0	1	0.02	0.05 ^{3/}	0	-	-	-	-
Fipronil	INS	II	0.0002	1	0.02	0.005 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Imidacloprid	INS	II	0.06	-	-	-	-	14	0.01-0.34	1 ^{2/}	0	1	0.01	0.5 ^{2/}	0
Indoxacarb	INS	II	0.005	1	0.07	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Lambda-cyhalothrin	INS	II	0.0025	1	0.69	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Metaxyl	FUC	II	0.08	1	0.13	2 ^{1/}	0	1	0.16	1 ^{2/}	0	-	-	-	-
Methomyl	INS	II	0.0025	-	-	-	-	1	0.1	1 ^{1/}	0	-	-	-	-
Methoxyfenozide	INS	U	0.1	2	0.24-0.68	0.01 ^{1/}	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Profenofos	INS	II	0.03	1	0.12	0.5 ^{1/}	0	-	-	-	-	3	0.02-0.05	10 ^{2/}	0
Propiconazole	FUC	II	0.07	2	0.02-0.09	0.01 ^{1/}	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyraclostrobin	FUC	Not listed	0.03	1	0.06	1 ^{2/}	1	1	0.06	0.5 ^{2/}	0	-	-	-	-
Pyridaben	INS	II	0.01	-	-	-	-	3	0.01-0.02	0.5 ^{2/}	0	-	-	-	-
Thiamethoxam	INS	II	0.08	1	0.01	0.01 ^{1/}	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Tolfenpyrad	INS	Not listed	0.006	1	0.1	0.01 ^{1/}	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Triazophos	INS	II	0.001	1	0.02	0.01 ^{1/}	1	4	0.01-0.19	0.07 ^{3/}	2	-	-	-	-

Note: Type of pesticides shown as INS=insecticide, FUC=fungicide, HBC=herbicide, N=number of samples,

Hazard class according to WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition (World Health Organization, 2020),

Hazard class shown as Ib=Highly hazardous, II=Moderately hazardous, III=Slightly hazardous, U=Unlikely to present an acute hazard (World Health Organization, 2020),

ADI values according to the Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2023), RL = amount of pesticide detected, MRL = maximum residue limit,

^{1/} Thai Agricultural Standard TAS 9002-2016 (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2016),

^{2/} Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2023),

^{3/} European Commission Pesticides database MRLs (EU) 2022/1343 (European Commission, 2023)

Table 2 Assessment of consumption risk of Chinese kale in Upper NE Thailand

Province	Pesticide	EDI (mg/kg BW/day)	HQ (%)	HI (%)	Health risk*
Khon Kaen	Acetamiprid	3.5×10^{-5}	0.14		
	Chlorantraniliprole	2.7×10^{-5}	0.002		
	Chlorfenapyr	8.1×10^{-4}	5.38		
	Cypermethrin	2.3×10^{-4}	4.61		
	Difenoconazole	1.7×10^{-4}	1.68		
	Dimethomorph	4.4×10^{-5}	0.09		
	Dinotefuran	8.9×10^{-6}	0.004		
	Fipronil	1.8×10^{-5}	8.87		
	Indoxacarb	6.2×10^{-5}	1.24		
	Lambda -cyhalothrin	6.1×10^{-4}	24.48	49.38	Accept
	Metalaxyl	1.2×10^{-4}	0.14		
	Methoxyfenozide	6.0×10^{-4}	0.60		
	Profenofos	1.1×10^{-4}	0.35		
	Propiconazole	8.0×10^{-5}	0.11		
	pyraclostrobin	5.3×10^{-5}	0.18		
	Thiamethoxam	8.9×10^{-6}	0.01		
	Tolfenpyrad	8.9×10^{-5}	1.48		
Nakhon Phanom	Triazophos	1.8×10^{-5}	1.77	1.77	Accept
Nongbua Lamphu	Ametryn	1.8×10^{-5}	0.04	0.04	Accept
Total				51.19	Accept

* HI > 100 = risk to consumers, HI ≤ 100 = accept

ข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางการลดความเสี่ยงเมื่อพบว่าชนิดสารที่มี HQ สูง เกษตรกรจะสามารถปรับปริมาณการใช้ลงหรือเปลี่ยนชนิดสารที่มีความเป็นพิษน้อยเพื่อให้มีความปลอดภัยมากที่สุด

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าความเสี่ยง นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารที่พบตกค้างในพืชแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วย เช่น สารเคมีกำจัดแมลงชนิดที่จัดอยู่ในระดับความเป็นพิษ Ib หรือมีความเป็นพิษสูง เช่น triazophos และ methomyl มีค่า ADI ต่ำ (0.001 และ 0.0025 มก./กก. น้ำหนักตัว/วัน) สารเคมีกำจัดแมลงระดับความเป็นพิษ II หรือ มีพิษปานกลาง หลายชนิดที่มีค่า ADI ต่ำ ได้แก่ fipronil diazinon lambda-cyhalothrin indoxacarb และ cypermethrin รวมทั้งสารเคมี

กำจัดแมลงที่ไม่จัดระดับความเป็นพิษไว้ (not listed) เช่น tolfenpyrad เกษตรกรควรหลีกเลี่ยงหรือระมัดระวังในการใช้งานให้มากขึ้น จากข้อมูลผลวิเคราะห์สารพิษตกค้างอาจพบมีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL แต่การประเมินความเสี่ยงต่อการบริโภคด้วยค่า HI อาจอยู่ในระดับยอมรับได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่นำมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ อัตราการบริโภคต่อวัน ปริมาณสารพิษตกค้าง น้ำหนักตัวของกลุ่มประชากรผู้บริโภค เป็นต้น เช่น กรณีตัวอย่างพริกในการศึกษานี้พบสารพิษตกค้างเกินค่า MRL แต่ปริมาณการบริโภคเฉลี่ยต่อวันต่ำ (0.012 กก./วัน) ค่า HI จึงอยู่ในระดับยอมรับได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Hawari et al. (2019) ที่พบปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างแอปเปิ้ลเกินค่า MRL

Table 3 Assessment of consumption risk of chili in Upper NE Thailand

Province	Pesticide	EDI (mg/kg BW/day)	HQ (%)	HI (%)	Health risk*
Khon Kaen	Chlorantraniliprole	5.7×10^{-6}	0.0004	3.84	Accept
	Pyraclostrobin	1.1×10^{-5}	0.04		
	Triazophos	3.8×10^{-5}	3.80		
Nong Khai	Acetamiprid	4.9×10^{-5}	0.02	1.29	Accept
	Clothianidin	5.7×10^{-6}	0.01		
	Carbendazim	3.4×10^{-4}	1.15		
	Imidacloprid	6.5×10^{-5}	0.11		
Sakon Nakhon	Acetamiprid	4.9×10^{-5}	0.20	1.02	Accept
	Matalaxyl	3.0×10^{-5}	0.04		
	Methomyl	1.9×10^{-5}	0.76		
	pyridaben	1.9×10^{-6}	0.02		
Chaiyaphum	Acetamiprid	1.9×10^{-6}	0.01	0.51	Accept
	Dinotefuran	3.8×10^{-6}	0.02		
	Imidacloprid	3.8×10^{-5}	0.06		
	Pyridaben	3.8×10^{-5}	0.04		
	Triazophos	3.8×10^{-6}	0.38		
Total				6.66	Accept

* HI > 100 = risk to consumers, HI ≤ 100 = accept

Table 4 Assessment of consumption risk of tomato in Upper NE Thailand

Province	Pesticide	EDI (mg/kg BW/day)	HQ (%)	HI (%)	Health risk*
Nong Khai	Diazinon	4.2×10^{-5}	20.90	20.90	Accept
Sakon Nakhon	Alachlor	1.4×10^{-5}	0.14	0.37	Accept
	Chlorantraniliprole	1.4×10^{-5}	0.001		
	Profenofos	7.0×10^{-5}	0.23		
Mukdahan	Imidacloprid	1.4×10^{-5}	0.02	0.02	Accept
Bueng Kan	Chlorantraniliprole	1.4×10^{-5}	0.001	0.001	Accept
Total				21.30	Accept

* HI > 100 = risk to consumers, HI ≤ 100 = accept

ถึง 61% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด แต่เมื่อคำนวณค่า HQ กลับอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

การใช้ประโยชน์ข้อมูลการประเมินความเสี่ยง

ข้อมูลความเสี่ยงจากการได้รับสารพิษจากการบริโภคพืชผักที่ศึกษานี้ ช่วยให้เกษตรกรได้รับทราบข้อมูลและเกิดความระมัดระวังในการใช้สารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษสูง ให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่น สาร chlorfenapyr cypermethrin diazinon fipronil lambda-cyhalothrin และ triazophos มีค่า ADI ต่ำ หากบริโภคเข้าสู่ร่างกายเพียงปริมาณน้อยก็อาจเป็นอันตรายได้ หากสามารถลดปริมาณสารเหล่านี้ได้ จะทำให้ความเสี่ยง

ต่อการบริโภคได้ เกษตรกรจึงต้องใช้สารเคมีเหล่านี้อย่างระมัดระวังหรือหาสารชนิดอื่นที่มีระดับความเป็นพิษน้อยกว่ามาใช้ทดแทน เมื่อเกษตรกรปรับเปลี่ยนการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชให้มีความปลอดภัยมากขึ้น จะตรวจพบสารพิษตกค้างในผลผลิตน้อยลง และสามารถเข้าสู่การรับรองมาตรฐานการผลิต GAP ได้ สำหรับตัวอย่างพืชที่ตรวจไม่พบสารพิษตกค้าง หรือพบปริมาณสารพิษอยู่ในระดับต่ำ หรือไม่เกินค่า MRL จะช่วยให้เกษตรกรมั่นใจในการผลิตพืชและใช้เป็นข้อมูลความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ อย่างไรก็ตามความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรยังต้องเฝ้าระวังและการตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ทราบแนวโน้มการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสถานการณ์สารพิษตกค้างในพื้นที่ ซึ่งควรดำเนินการไปพร้อมกับการศึกษาผลกระทบจากใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในในพืชกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ คะน้า พริก และมะเขือเทศ จากแปลงปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน จำนวน 80 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 43 ตัวอย่าง คิดเป็น 53.8% ของจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ มีตัวอย่างที่ตรวจพบปริมาณสารพิษเกินค่า MRL 12 ตัวอย่าง คิดเป็น 15.0% เมื่อนำมาคำนวณค่า HI เพื่อประเมินความเสี่ยงต่อการบริโภค พบว่า อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรชัยภูมิ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรหนองคาย ศูนย์วิจัย

และพัฒนาการเกษตรนครพนม ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสกลนคร สำนักงานเกษตรจังหวัดหนองบัวลำภู และงบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (fundamental fund) จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

เอกสารอ้างอิง

- จารุพงศ์ ประสพสุข. 2562. บทบาทของการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีต่อความเสี่ยงทางการเกษตรและการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักเชิงพาณิชย์ในจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาเกษตรเชิงระบบ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- จารุพงศ์ ประสพสุข สุวิทย์ เลหาศิริวงศ์ อรุณี พรหมคำบุตร และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย. 2562. การประเมินความเสี่ยงสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ปลูกคะน้าในจังหวัดขอนแก่น. วารสารวิชาการเกษตร. 37(3): 272-285.
- จารุพงศ์ ประสพสุข. 2565. รายงานสรุปผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในพืชผักและไม้ผลพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ปี 2561-2565. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3, ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. วิธีชักตัวอย่างเพื่อตรวจหาสารพิษตกค้าง มกอช.9025-2551. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 125 ตอนพิเศษ 139ง. 18 สิงหาคม 2551. กรุงเทพฯ. แหล่งข้อมูล: https://www.acfs.go.th/standard/download/pesticide_residues.pdf. สืบค้น: 10 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9001-2556. กรุงเทพฯ. แหล่งข้อมูล: https://www.acfs.go.th/standard/download/GAP_food%20crop.pdf. สืบค้น: 10 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559ก. ข้อมูลการบริโภคอาหารของคนไทย. แหล่งข้อมูล:

- https://www.acfs.go.th/files/files/attach-files/867_20190606145951_625162.pdf. สืบค้น: 10 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2559. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 9002-2559. กรุงเทพฯ. แหล่งข้อมูล: <https://www.acfs.go.th/standard/download/MAXIMUM-RESIDUE-LIMITS.pdf>. สืบค้น: 10 กรกฎาคม 2566.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2555. โครงการสำรวจและวิจัยมาตรฐานขนาดรูปร่างคนไทย. แหล่งข้อมูล: <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2012/20120417-SizeThailand.pdf>. สืบค้น: 14 มกราคม 2568.
- Agriculture and Environment Research Unit. 2023. Pesticide Properties DataBase (PPDB). University of Hertfordshire. Available at: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>. Accessed: July 20, 2023.
- Akoto, O., A.A. Azuure and K.D. Adotey. 2016. Pesticide residues in water, sediment and fish from Tono Reservoir and their health risk implications. SpringerPlus. 5: 1849.
- Alla, S.A.G, N.M. Loutfy, A.H. Shendy and M.T. Ahmed. 2015. Hazard index, a tool for a long-term risk assessment of pesticide residues in some commodities, a pilot study. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 73(3): 985-991.
- BSI [British Standards]. 2008. Foods of plant origin Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS-MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean up by dispersive SPE-QuEChERS-method. BS EN 15662:2008. London: BSI Group, Chiswick High Road.
- European Commission. 2023. European Commission Pesticides database MRLs (EU) 2022/1343. Available at: https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en. Accessed: July 20, 2023.
- FAO/WHO [Food and Agricultural Organization/World Health Organization]. 2023. Pesticide residues in food and feed: Codex Alimentarius. Online Database. Available at: <http://www.codexalimentarius.net/pestres/data/pesticides>. Accessed: July 20, 2023.
- Hawari, K., S. Mokh, M. Iskandarani, W. Halloum and F. Jaber. 2019. Pesticide residues in Lebanese apples and health risk assessment. Food Additives and Contaminants: Part B. 12(2): 81-89.
- Liu, Y., K. Bei, W. Zheng, G. Yu and C. Sun. 2023. Pesticide residues risk assessment and quality evaluation of four characteristic fruits in Zhejiang Province, China. Frontiers in Environmental Science. 11:1124094.
- Łozowicka, B., P. Kaczynski, E. Rutkowska, M. Jankowska and I. Hrynko. 2013. Evaluation of pesticide residues in fruit from Poland and health risk assessment. Agricultural Sciences. 4(5B): 106-111.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2016. Food Consumption Data of Thailand. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. Bangkok.
- Wojcik E., B. Łozowicka and P. Kaczyński. 2014. Pesticide residues in berries and juices and potential risk for consumers. Desalination and Water Treatment. 52(19-21): 3804-3818.
- World Health Organization. 2020. WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification, 2019 edition, Geneva. Available at: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/332193/9789240005662-eng.pdf?sequence=1>. Accessed: July 20, 2023