

Determination and health risk assessment of pesticide residues through fresh vegetables and fruits consumption in northeast of Thailand

*Chiradet Nasuk, Pussarat Jannarong and Sasithorn Sukreeta

Regional Medical Sciences Center 9 Nakhon Ratchasima, Department of Medical Sciences,
Ministry of Public Health

*Corresponding author : chiradet.n@dmsc.mail.go.th

Received
24/06/2023

Reviewed
24/07/2023

Revised
27/08/2023

Accepted
31/08/2023

Abstract

The purposes of this research were to determination of pesticide residues through the consumption of fresh vegetables and fruit and health risk assessment of population in the northeast of Thailand. There were 100 samples of fresh vegetables and fruits were analyzed for the 132 pesticide residues by GC-MS/MS and LC-MS/MS techniques. For the results, it was found that 28 samples (28.0%) were detected with pesticide residues. The highest detected pesticide residues were Kale (21.4%), Oranges (17.9%) and Fresh chilies (14.3%), which came from Chaiyaphum, Nongkhai and Udonthani (10.3%). There samples which had been contaminated with Profenofos, Carbendazim and Carbamate. The samples of detected pesticide residue were exceeded of the MRLs and Default limit of Ministry of Public Health Notification (Pesticide Residues in Food). For the results, the health risk assessment of pesticide residues through fresh vegetables and fruits consumption of ADI shown the highest HQ was Triazophos in oranges with 6.70×10^{-1} and 7.54×10^{-1} while the highest HI was Organophosphates with 8.82×10^{-1} and 9.91×10^{-1} that both male and female respectively. Considering of the health risk assessment found that the consumption of pesticide residues through fresh vegetables and fruits were not a risk form consumption (HQ and HI ≤ 1). In order to protect consumers and reduce the risk from pesticide residues in fresh vegetables and fruits, continuous monitoring system should be done.

Keyword : Pesticide residues; Health risk assessment; Fresh vegetables and fruits

การวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

*จิระเดช นาสุข, ผุสรรัตน์ จันณรงค์ และ ศศิธร สุกรีธา

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 นครราชสีมา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

*ผู้รับผิดชอบหลัก : chiradet.n@dmsc.mail.go.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ผลการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 132 ชนิด ในผักสดและผลไม้จำนวน 100 ตัวอย่าง ด้วยวิธี GC-MS/MS และ LC-MS/MS ตรวจพบสารตกค้าง 28 ตัวอย่าง (ร้อยละ 28.0) พบสูงสุดในคะน้า (ร้อยละ 21.4) ส้ม (ร้อยละ 17.9) และพริกสด (ร้อยละ 14.3) โดยจังหวัดที่พบสูงสุด คือ ชัยภูมิ หนองคาย อุตรดิตถ์ (ร้อยละ 10.3) นอกจากนี้พบว่าสารตกค้างที่ตรวจพบสูงสุด คือ Profenofos Carbendazim และ Cypermethrin และตรวจพบปริมาณสารตกค้างเกินค่า MRLs และ Default limit จำนวน 25 ตัวอย่าง (ร้อยละ 25.0) ซึ่งไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่สารพิษตกค้าง ผลการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารตกค้างจากค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (ADI) พบค่า HQ สูงสุดเป็นสาร Triazophos ในส้ม มีค่า 6.70×10^{-1} และ 7.54×10^{-1} และค่า HI สูงสุด เป็นสารกลุ่ม Organophosphates คือ 8.82×10^{-1} และ 9.91×10^{-1} ในเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ เมื่อพิจารณาความเสี่ยงต่อสุขภาพพบว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภค (ค่า HQ, HI ≤ 1.0) ทั้งนี้ เพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคและลดความเสี่ยงต่อสุขภาพ จึงควรเฝ้าระวังสารตกค้างในผักสดและผลไม้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง; ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ; ผักสดและผลไม้

บทนำ

ปัจจุบันประชาชนนิยมบริโภคผักสดและผลไม้มากขึ้น เนื่องจากมีคุณประโยชน์เป็นแหล่งสารอาหารหลักและสารอาหารรองที่จำเป็นของมนุษย์ เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม แร่ธาตุและวิตามินบางชนิด สารต้านอนุมูลอิสระ และช่วยลดการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases; NCD) เป็นต้น (Thamwiriyasati et al., 2022) จากความต้องการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้มีการเพาะปลูกเพื่อการบริโภคและการจำหน่ายมีเพิ่มขึ้น เกษตรกรจึงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณสูง สำหรับการควบคุม ป้องกัน และกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพได้ปริมาณเพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งหากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ขาดความรู้ หรือมีการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินที่เพาะปลูกหรือในแหล่งน้ำ และเกษตรกรตลอดจนผู้บริโภคได้บริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง เมื่อเกิดการสะสมในร่างกายปริมาณสูง เป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพได้ เช่น เกิดภาวะไขมันในเลือดผิดปกติ โรคเบาหวาน โรคตับ ไต และโรคหลอดเลือดหัวใจ เป็นต้น (Sivaperumal et al., 2022; Anusasane et al., 2021, Li et al., 2021) จากการศึกษาของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai -PAN) ในปี พ.ศ. 2565 ได้รายงานผลการสุ่มตรวจสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างพืช ผัก ผลไม้ ที่จำหน่ายในท้องตลาดภายในประเทศ จำนวน 268 ตัวอย่าง ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ร้อยละ 67 โดยตัวอย่างที่ตรวจพบสารตกค้างทั้งหมดพบเกินค่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด (Maximum residue levels :MRLs) (Greennews agency, 2023) และในปีเดียวกัน กรมวิชาการเกษตร (Department of agriculture, 2021) ได้ตรวจติดตามเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก ผลไม้ จากแปลงเพาะปลูกและแหล่งจำหน่ายที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน GAP จำนวน 543 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวอย่างจากแปลงเพาะปลูก 200 ตัวอย่าง และ ตัวอย่างจากแหล่งจำหน่าย 343 ตัวอย่าง ผลการศึกษาตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างเกินค่า MRLs ในตัวอย่างจากแปลงเพาะปลูกและตัวอย่างจากแหล่งจำหน่าย ร้อยละ 7.5 และ 13.7% ตามลำดับค่า MRLs เป็นเพียงการบอกปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างอาหาร สำหรับการควบคุมปริมาณสารตกค้างเท่านั้น (Ministry of Public Health Notification No.387, 2017) ซึ่งยังไม่สามารถบ่งชี้ถึงระดับความปลอดภัยในร่างกายได้ ดังนั้นจึงต้องประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในร่างกายซึ่งต้องพิจารณาจากปริมาณการได้รับสารแต่ละชนิดเข้าสู่ร่างกายต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัมในหนึ่งวัน (Average daily intake dose:ADD) และคำนวณค่าบ่งชี้อันตราย (Hazard quotient:HQ) ตามลักษณะการได้รับสัมผัส คือ การได้รับสัมผัสเฉียบพลัน โดยใช้ค่าความปลอดภัยจากการได้รับสัมผัสระยะยาวจะใช้ค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (Acceptable daily intake:ADI) จึงจะสามารถบอกถึงความปลอดภัยต่อสุขภาพได้ การประเมินความปลอดภัยหรือความเสี่ยงต่อสุขภาพถือเป็นกระบวนการประเมินโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่อสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายซึ่งถือเป็นข้อมูลสำคัญที่จะใช้ในการสื่อสารความเสี่ยงหรือเป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการออกมาตรการต่าง ๆ

เพื่อการคุ้มครองสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค (Seo et al., 2013; Cholumpai et al., 2021; Anusasane et al., 2021)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและผลไม้ที่จำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย
2. ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

วิธีการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและผลไม้ และการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

2. ตัวอย่างผักสดและผลไม้

ตัวอย่างผักสดและผลไม้ ที่จำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด จังหวัดละ 5 ตัวอย่าง รวมจำนวน 100 ตัวอย่าง เก็บในเดือนมกราคม ถึง เมษายน 2565 ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Type and number of samples of fresh vegetables and fruits

ชนิดตัวอย่าง	จำนวน	ชนิดตัวอย่าง	จำนวน	ชนิดตัวอย่าง	จำนวน
คะน้า	22	มะเขือเปราะ	3	กล้วย	1
ถั่วฝักยาว	7	มะเขือเทศ	3	กะหล่ำดอก	1
สั้ม	6	แคนตาลูป	2	ขึ้นฉ่าย	1
พริกสด	6	ชมพู	2	ผักกาดขาว	1
ฝรั่ง	6	ต้นหอม	2	ผักกาดหอม	1
แอปเปิ้ล	5	กวาดตุ้ง	2	ผักชี	1
กะหล่ำปลี	4	มะละกอ	2	ผักบุ้ง	1
โหระพา	4	แก้วมังกร	2	มันแกว	1
มะม่วง	3	สาหร่าย	2	หอมแดง	1
แตงกวา	3	พุทรา	1	ละมุด	1
แตงโม	3				

3. สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมี: ชนิด HPLC grade ได้แก่ acetonitrile, toluene, n- hexane, methanol, ethyl acetate ชนิด AR grade ได้แก่ QuEChERS extraction kit และ dispersive-SPE

สารมาตรฐาน: สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ที่มีความบริสุทธิ์ >95% จำนวน 132 สาร ประกอบไปด้วย สารที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS/MS จำนวน 122 สาร คือ acephate, alachlor, aldrin, alpha-BHC, alpha-endosulfan, ametryn, atrazine, azinphos-ethyl, azinphos-methyl, bendiocarb, beta-BHC, beta-endosulfan, bifenazat, bifenthrin, bromacil, bromophos-ethyl, bromopropylate, buprofezin, butachlor, cadusafos, carboxin, chlorfenapyr, chlorfenvinphos, chlorobenzilate, chloroneb, chlorothalonil, chlorpropham, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, cis-chlordane, cis-heptachlor epoxide, cyanophos, cyfluthrin, cypermethrin, DCPA , DEET, delta-BHC, deltamethrin, demeton-s-methyl, diazinon, dichlorvos, dicofol, dicrotophos, dieldrin, dimethoate, dioxathion, disulfoton, ditalimfos, endosulfan sulfate, endrin, EPN, ethion, ethoprophos, etrimfos, fenchlorphos, fenitrothion, fenobucarb, fenpropathrin, fenthion, fenvalerate, fipronil, folpet, fosthiazate, gamma-BHC, heptachlor, heptenophos, hexachlorobenzene, hexazinone, isofenphos, isoprocab, isoxathion, L-cyhalothrin, malathion, methacrifos, metalaxyl, methamidophos, methidathion, methoxychlor, metolachlor, metribuzin, mevinphos, monocrotophos, naled, omethoate, oxy-chlordane, parathion, parathion-methyl, permethrin, phenthoate, phorate, phosalone, phosmet, phosphamidon, picoxystrobin, pirimiphos-ethyl, pirimiphos-methyl, pp'-DDE, pp'-DDT, pp'-TDE, profenofos, propachlor, propargite, propetamphos, prothiofos, pyrimethanil, quinalphos, quintozone, simazine, tebufenpyrad, tecnazene, terbacil, terbufos, tetrachlorvinphos, tetradifon, tolclofos-methyl, tolylfluanid, trans-chlordane, trans-heptachlor, epoxide, thiometon, triadimefon, triazophos และ trifluralin สารที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง LC-MS/MS จำนวน 10 สาร คือ aldicarb, carbaryl, carbendazim, carbofuran, 3-OH carbofuran, methiocarb, methomyl, oxamyl, thiabendazole และ thiophanate-methyl

4. เครื่องมือและอุปกรณ์

4.1 เครื่อง Gas Chromatograph-Mass Spectrometer-Triple Quadupole; GC-MS/MS (GC;Thermo scientific™TRACE™ 1300 Series Mass Spectrometer-Triple Quadupole-TSQ) สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 122 ชนิดสาร ซึ่งมีสภาวะของเครื่องมือ ดังนี้ analytical column ชนิด DB-5 MS column ขนาด 30 m x 0.25 mm i.d., 0.25 µm, Carrier gas: Helium, Constant pressure mode: 15.8 psi, PTV mode: Splitless, Inlet temperature: 80°C, Inlet flow: 3.0 mL/min, Inlet splitless time: 0.8 min, Septum purge flow: 3 mL/min, Injector phases: Initial temperature 80°C, hold time 0.1 min, transfer rate

5°C/sec to 300°C, Oven: Initial temperature 70°C, hold time 1 min, GC oven temperature program: rate 50°C/min to final 150°C hold 0 min, rate 6°C /min to final 200°C hold 0 min, rate 16 °C /min to final 280°C hold 8.5 min, rate 50°C /min to final 300°C hold 0.5 min, Equilibration time: 0.5 min, Injection volume: 2 µl, Ionization mode: EI, Transfer line temp: 280°C, Ion source temperature: 280°C

4.2 เครื่อง Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry: LC-MS/MS (HPLC; Agilent รุ่น 1260 Series, Triple quadrupole-Mass Spectrometer; Applied Biosystems รุ่น API 4000) สำหรับการตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 10 ชนิดสาร ซึ่งมีสภาวะของเครื่องมือ ดังนี้ analytical column ชนิด Agilent poroshell 120 Bonus-RP, 2.1X100 mm, 2.7 µm, Mobile phase A = 5 mM ammonium acetate (ในน้ำ) + 0.05% formic acid, Mobile phase B = 0.05% formic acid ใน acetonitrile (gradient system), Time/Gradient A%:B%: 0 min/95:5, 0.5 min/70:30, 3.0 min/60:40, 17 min/0:100, 1.8 min/95:5, 225.0 min/95:5, Flow rate: 0.5 ml/min, Injection volume: 5 µl, Temperature column 40°C, Ion Source: Turbo Spray, Polarity: Negative, Scan type: Multiple reaction monitoring (MRM)

5. การสกัดและตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง

5.1 การสกัดและตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS/MS โดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 10 กรัม ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 50 ml เติม Acetonitrile 10 ml เขย่าอย่างแรง 1 นาที จากนั้นเติม QuEChERS extraction kit เขย่านาน 1 นาที นำไปปั่นตกตะกอนด้วยเครื่อง centrifuge ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ดูดสารละลายใส 5 ml ใส่ลงใน centrifuge tube ขนาด 15 ml แล้วนำไป clean up โดยการเติม dispersive-SPE ผสมให้เข้ากัน 1 นาที และปั่นตกตะกอนด้วยความเร็ว 4000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ดูดสารละลายใส 4 ml ใส่ขวดขนาด 6 ml นำไประเหยจนเกือบแห้ง แล้วปรับปริมาตร ด้วย n-Hexane : ethyl acetate (3:1) จำนวน 1 ml และนำไปตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 122 ชนิดสาร ด้วยเครื่อง GC-MS/MS

5.2 การสกัดและตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี LC-MS/MS จะดำเนินการสกัดตัวอย่างเหมือนข้อ 5.1 แล้วนำสารละลายส่วนใสมา clean up ด้วยการเติม dispersive-SPE จากนั้นเปิดสารละลายส่วนใสใส่ micro-spin filters 0.45 µm ชนิด nylon นำไปปั่นตกตะกอนด้วยความเร็วประมาณ 4,000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที จากนั้นจะนำสารละลายส่วนใสไปตรวจวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 10 ชนิดสาร ด้วยเครื่อง LC-MS/MS

6. การประเมินการได้รับสัมผัสและการประเมินความเสี่ยงของการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

6.1 การประเมินโอกาสการรับสัมผัสสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศึกษาโดยคำนวณปริมาณการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและผลไม้เข้าสู่ร่างกายต่อน้ำหนักตัวหนึ่งกิโลกรัม ในหนึ่งวัน ซึ่งจะจำแนกตามเพศอายุ 3 ปี ขึ้นไป โดยใช้ข้อมูลการบริโภคอาหารของประชากรไทย สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2559

(National bureau of agricultural commodity and food standards, 2016) ซึ่งการประเมินการได้รับสัมผัสสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะประเมินจากการได้รับสัมผัสที่ระดับเฉลี่ยในกลุ่มเฉพาะผู้ที่บริโภคเท่านั้น และจะนำค่าความเข้มข้นสูงสุดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดที่ตรวจพบมาคำนวณเพื่อประเมินการได้รับสัมผัสกรณีร้ายแรงที่สุด (Cholumpai et al., 2021) ตามสมการที่ 1

$$\text{สมการที่ 1 ADD} = (C_{\max} \times IR)/BW$$

เมื่อ ADD คือ ปริมาณการได้รับสารแต่ละชนิดเข้าสู่ร่างกายต่อน้ำหนักตัวหนึ่ง กิโลกรัมในหนึ่งวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)

$C_{\max}$ คือ ความเข้มข้นสูงสุดของสารที่ตรวจพบ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

BW (Body weight) คือ น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กิโลกรัม)

เพศชาย = 59.35 กิโลกรัม เพศหญิง = 56.03 กิโลกรัม อายุ 3 ปี ขึ้นไป

IR (Ingestion rate) คือ อัตราการบริโภคผักสดและผลไม้ (กิโลกรัม/วัน) เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณที่บริโภคเฉพาะผู้ที่บริโภค (eater only) อายุ 3 ปี ขึ้นไป แสดงตาม Table 2

Table 2 Consumption rates classified by gender, age 3 years and older (Kilogram/Day)

ตัวอย่าง ที่ตรวจพบ	อัตราการบริโภค (กิโลกรัม/วัน)		ตัวอย่าง ที่ตรวจพบ	อัตราการบริโภค (กิโลกรัม/วัน)	
	ชาย	หญิง		ชาย	หญิง
คะน้า	0.0049	0.0045	กวาดตุง	0.0019	0.0021
ถั่วฝักยาว	0.0084	0.0081	มะละกอ	0.0094	0.0111
ส้ม	0.0172	0.0182	แก้วมังกร	0.0135	0.0119
พริกสด	0.0005	0.0004	สาเล่	0.0026	0.0043
ฝรั่ง	0.0182	0.0221	พุทรา	0.0020	0.0025
แอปเปิ้ล	0.0145	0.0175	กล้วย	0.0295	0.0228
กะหล่ำปลี	0.0042	0.0045	กะหล่ำดอก	0.0042	0.0048
โหระพา	0.0015	0.0014	ขึ้นฉ่าย	0.0011	0.0016
มะม่วง	0.0356	0.0361	ผักกาดขาว	0.0079	0.0076
แตงกวา	0.0230	0.0225	ผักกาดหอม	0.0009	0.0013
แตงโม	0.0390	0.0361	ผักชี	0.0011	0.0011
มะเขือเปราะ	0.0113	0.0111	ผักบุ้ง	0.0086	0.0053
มะเขือเทศ	0.0055	0.0066	มันแกว	0.0015	0.0016
แคนตาลูป	0.0024	0.0034	หอมแดง	0.0019	0.0019
ชมพู	0.0111	0.0114	ละมุด	0.0035	0.0045
ต้นหอม	0.0020	0.0021			

6.2 การประเมินความเสี่ยงของการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ศึกษาโดยนำค่าการประเมินโอกาสการรับสัมผัสสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการบริโภคผักสดและผลไม้มาคำนวณค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) ตามการได้รับสัมผัสระยะยาวจะใช้ค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (ADI) ที่แสดงใน Table 2 (สมการที่ 2) และคำนวณ ค่าดัชนีความเสี่ยง (HI) ได้จากการรวมค่า HQ ที่เป็นกลุ่มสารหรือ สารที่มีการออกฤทธิ์ในกลุ่มเดียวกัน (สมการที่ 3) (Cholumpai et al., 2021; Anusanee et al., 2021; Hinhumpatch & Wattanachaiyingcharoen, 2021; Prasopsuk et al., 2019)

$$\text{สมการที่ 2 Hazard quotient (HQ)} = \text{ADD/ADI}$$

เมื่อ ADD คือ ปริมาณการได้รับสารแต่ละชนิดเข้าสู่ร่างกายต่อ น้ำหนักตัวหนึ่ง กิโลกรัมในหนึ่งวัน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน)

ADI หมายถึง ค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว กิโลกรัม/วัน)

$$\text{สมการที่ 3 Hazard Index (HI)} = \sum \text{HQ}_1 + \dots + \text{HQ}_n$$

เมื่อ HI (Hazard Index) คือ ค่าดัชนีความเสี่ยง

$\sum \text{HQ}_i + \dots + \text{HQ}_n$ คือ ผลรวมของค่า HQ ของสารกลุ่มที่ 1 ถึง n

การแปลผลจากการคำนวณ ค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) และ Hazard Index (HI) สามารถแปลได้ดังนี้ ค่า HQ หรือ HI ≤ 1.0 หมายถึง ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือไม่มีความเสี่ยงต่อการบริโภค ค่า HQ หรือ HI >1.0 หมายถึง ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างเป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือมีความเสี่ยงต่อการบริโภค

Table 3 Acceptable Daily Intake (ADI)

ชนิดสารเคมีป้องกัน กำจัดศัตรูพืช	ค่า ADI (mg/kg BW/day)*	ชนิดสารเคมีป้องกัน กำจัดศัตรูพืช	ค่า ADI (mg/kg BW/day)*
Profenofos	0.03	Metalaxyl	0.08
Carbendazim	0.03	Triazophos	0.001
Cypermethrin	0.02	Diazinon	0.005
Chlorpyrifos	0.01	Pirimiphos methyl	0.03
Ethion	0.002	Carbaryl	0.008
Fipronil	0.0002	Carbofuran	0.001
Chlorfenapyr	0.03	Methomyl	0.020
L-cyhalothrin	0.02		

* IUPAC, 2023

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างผักสดและผลไม้

ผลการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างผักสดและผลไม้ ที่เก็บจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 จังหวัด จำนวน 100 ตัวอย่าง พบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 28 ตัวอย่าง (ร้อยละ 28.0) ได้แก่ตัวอย่าง ผักคะน้า 6 ตัวอย่าง (ร้อยละ 21.4) ส้ม 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 17.9) พริกสด 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 14.3) ฝรั่ง 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10.7) พุทรา กล้วย กะหล่ำดอก ขึ้นฉ่าย ผักกาดขาว ผักกาดหอม ผักชี ผักบุ้ง มันแกว และ หอมแดง ชนิดละ 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 3.5) สำหรับตัวอย่างผักสดและผลไม้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเป็นตัวอย่างจากจังหวัดชัยภูมิ หนองคาย อุดรธานี จังหวัดละ 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 32.1) นครพนม นครราชสีมา ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ มุกดาหาร สุรินทร์ หนองบัวลำภู และอำนาจเจริญ จังหวัดละ 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 57.1) บึงกาฬ สกลนคร มหาสารคาม จังหวัดละ 1 ตัวอย่าง (ร้อยละ 10.7) จังหวัดที่ตรวจไม่พบสารตกค้างในตัวอย่าง คือ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ร้อยเอ็ด เลย ยโสธร และ อุบลราชธานี นอกจากนี้พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่ตรวจพบใน 28 ตัวอย่าง มีจำนวน 60 รายการ และพบว่า 41 รายการ มีปริมาณสารที่ตรวจพบเกินค่า MRLs และ ค่า Default limit ซึ่งปริมาณที่ตรวจพบดังกล่าวไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่สารพิษตกค้าง ฉบับที่ 387 พ.ศ.2560 ฉบับที่ 393 พ.ศ.2561 และ ฉบับที่ 419 พ.ศ.2563 (Ministry of Public Health Notification No.387, 2017; No.393, 2018, No.419, 2010) (Table 4)

Table 4 Types and amounts of residues detected classified by province.

จังหวัด	ตัวอย่าง ที่ตรวจพบ	ชนิดสาร ที่ตรวจพบ	ตรวจพบ (mg/kg)	ค่ามาตรฐาน (mg/kg) MRLs Default limit	
ชัยภูมิ	พริกสด	Carbendazim	0.02	2	-
	ฝรั่ง	Carbendazim	<u>0.16</u>	-	0.1
	ถั่วฝักยาว	Carbendazim	<u>0.02</u>	-	0.1
หนองคาย	คะน้า	Cypermethrin	0.03	1	-
		Fipronil	<u>0.02</u>	-	0.005
	พริกสด	Carbendazim	<u>0.27</u>	2	-
		Profenofos	0.03	3	-
		Chlorfenapyr	<u>0.03</u>	-	0.01
		Ethion	0.08	3	-
	ชมพู	Carbendazim	<u>0.17</u>	-	0.1
		Methomyl	<u>0.03</u>	-	0.01
		L-cyhalothrin	0.02	-	0.05
		Cypermethrin	<u>0.74</u>	-	0.02
		Metalaxyl	<u>0.02</u>	-	0.01
อุดรธานี	ส้ม	Pirimiphos-methyl	<u>0.03</u>	-	0.01
		Triazophos	<u>0.03</u>	-	0.01
		Cypermethrin	<u>1.1</u>	0.3	-
	พริกสด	Diazinon	<u>0.09</u>	-	0.01
		Profenofos	0.2	3	-
		Chlorfenapyr	<u>0.23</u>	-	0.01
		Ethion	0.11	3	-
		L-cyhalothrin	0.02	0.3	-
		Cypermethrin	0.65	2	-
		Chlorpyrifos	<u>0.3</u>	0.005	-
	มะม่วง	Pirimiphos-methyl	<u>0.02</u>	-	0.01
นครพนม	ส้ม	Profenofos	0.03	-	0.1
		Cypermethrin	<u>0.43</u>	0.3	-
	กะหล่ำปลี	Triazophos	<u>0.02</u>	-	0.01
		Metalaxyl	<u>0.11</u>	-	0.01

จังหวัด	ตัวอย่าง ที่ตรวจพบ	ชนิดสาร ที่ตรวจพบ	ตรวจพบ (mg/kg)	ค่ามาตรฐาน (mg/kg) MRLs Default limit	
นครราชสีมา	คะน้ำ	Profenofos	0.17	0.5	-
		Chlorpyrifos	<u>0.03</u>	0.005	-
		Cypermethrin	0.32	1	-
	ส้ม	Profenofos	0.02	0.1	-
		L-cyhalothrin	0.03	-	0.05
		Cypermethrin	<u>0.48</u>	0.3	-
		Fipronil	<u>0.02</u>	-	0.005
บุรีรัมย์	คะน้ำ	Diazinon	<u>0.84</u>	0.05	-
		Profenofos	0.38	0.5	-
		Chlorfenapyr	<u>0.06</u>	-	0.01
	ฝรั่ง	Chlorpyrifos	<u>0.02</u>	0.005	-
มุกดาหาร	ส้ม	Profenofos	<u>0.04</u>	0.1	-
		Ethion	0.12	2	-
	พุทรา	Triazophos	<u>2.32</u>	-	0.01
		Carbendazim	<u>0.2</u>	-	0.1
ศรีสะเกษ	คะน้ำ	Chlorpyrifos	<u>0.03</u>	0.005	-
	แคนตาลูป	Fipronil	<u>0.02</u>	-	0.005
สุรินทร์	คะน้ำ	Profenofos	0.05	0.5	-
	โหระพา	Chlorpyrifos	<u>0.26</u>	0.005	-
		Metalaxyl	<u>0.14</u>	-	0.01
หนองบัวลำภู	คะน้ำ	Cypermethrin	<u>3.37</u>	1	-
	มะละกอ	Carbendazim	<u>1.5</u>	-	0.1
อำนาจเจริญ	พริกสด	Carbaryl	<u>1.53</u>	0.5	-
	กวาดตุง	Fipronil	<u>0.02</u>	-	0.005
สกลนคร	ส้ม	Carbofuran	<u>0.13</u>	-	0.01
		Profenofos	<u>0.62</u>	0.1	-
		Chlorfenapyr	<u>0.13</u>	-	0.01
		Ethion	1.24	2	-
		Fipronil	<u>0.1</u>	-	0.005
บึงกาฬ	ต้นหอม	carbendazim	0.33	3	-
มหาสารคาม	ฝรั่ง	Ethion	<u>0.05</u>	-	0.01

จาก Table 4 ปริมาณที่ตรวจพบ (mg/kg) ของตัวอย่างที่ขีดเส้นใต้ หมายถึง ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ในปริมาณที่เกินค่า MRLs หรือ Default limit ซึ่งไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารที่สารพิษตกค้าง ฉบับที่ 387 พ.ศ.2560 ฉบับที่ 393 พ.ศ.2561 และ ฉบับที่ 419 พ.ศ.2563

เมื่อพิจารณาชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ พบว่ามีจำนวน 15 ชนิดสาร คือ Profenofos 9 ตัวอย่าง Carbendazim และ Cypermethrin ชนิดละ 8 ตัวอย่าง Chlorpyrifos Ethion และ Fipronil ชนิดละ 5 ตัวอย่าง Chlorfenapyr 4 ตัวอย่าง L-cyhalothrin Metalaxyl และ Triazophos ชนิดละ 3 ตัวอย่าง Diazinon Pirimiphos-methyl ชนิดละ 2 ตัวอย่าง Carbaryl Carbofuran และ Methomyl ชนิดละ 1 ตัวอย่าง ซึ่งตรวจพบในตัวอย่าง ค่ะน้ำ ตรวจพบ 10 ชนิดสาร ส้ม และ พริกสด ตรวจพบตัวอย่างละ 9 ชนิดสาร ฝรั่ง ตรวจพบ 3 ชนิดสาร โหระพา และกะหล่ำปลี ตรวจพบตัวอย่างละ 2 ชนิดสาร กวางตุ้ง ต้นหอม ถั่วฝักยาว พุทรา มะม่วง และมะละกอ ตรวจพบตัวอย่างละ 1 ชนิดสาร จากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ที่ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสูงสุด 3 อันดับ คือ ส้ม 6 ตัวอย่าง ตรวจพบ 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 83) พริกสด จำนวน 6 ตัวอย่าง ตรวจพบ 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 66) และ ค่ะน้ำ จำนวน 22 ตัวอย่าง ตรวจพบ 6 ตัวอย่าง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Thai - PAN) ในปี พ.ศ. 2565 ได้รายงานผลการสุ่มตรวจสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ที่จำหน่ายในท้องตลาดภายในประเทศ พบว่า ส้ม ค่ะน้ำ พริกสด ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช สูงถึงร้อยละ 95 ร้อยละ 88 และ ร้อยละ 88 ตามลำดับ (Greennews agency, 2023) และสอดคล้องกับผลการศึกษาด้านการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและผลไม้สดที่จำหน่ายในประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2563 ของสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (Bureau of Quality and Safety of Food, 2019) พบว่าตัวอย่างส้ม ค่ะน้ำ พริกสด (พริกชี้หนู) ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชสูงถึงร้อยละ 100 ร้อยละ 80 และ ร้อยละ 70 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความอันตรายรุนแรงต่อสุขภาพ (Highly hazardous: Ib) (IUPAC, 2023) จำนวน 3 ชนิดสาร คือ Triazophos ตรวจพบใน ส้ม (2 ตัวอย่าง) และ กะหล่ำปลี (1 ตัวอย่าง) Carbofuran ตรวจพบใน ส้ม (1 ตัวอย่าง) และ Methomyl ตรวจพบใน ชมพู (1 ตัวอย่าง) และถึงแม้ว่าสาร Profenofos เป็นสารที่มีการตรวจพบสูงที่สุดจะเป็นสารที่มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลางต่อสุขภาพ (Moderately hazardous: III) แต่ก็แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในตัวอย่างพืชผัก ผลไม้ ยังคงน่ากังวลดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องเฝ้าระวังติดตามอย่างใกล้ชิดเพื่อลดความเสี่ยงของผู้บริโภค (Table 5)

Table 5 Types of pesticide residues detected were classified by sample type.

ชนิดสาร	จำนวน ตัวอย่าง	ปริมาณ (mg/kg)	ชนิดของตัวอย่าง (จำนวนที่ตรวจพบ)
Profenofos	9	0.02-0.62	ส้ม(4) ค่ะน้ำ(3) พริกสด(2)
Carbendazim	8	<0.02-1.50	พริกสด(2) ฝรั่ง(1) ถั่วฝักยาว(1) ชมพู(1) ต้นหอม(1) มะละกอ(1) พุทรา(1)
Cypermethrin	8	0.03-3.37	คะน้ำ(3) ส้ม(3) พริกสด(1) ชมพู(1)
Chlorpyrifos	5	<0.02-0.3	คะน้ำ(2) พริกสด(1) ฝรั่ง(1) โหระพา(1)
Ethion	5	0.05-1.24	ส้ม(2) พริกสด(2) ฝรั่ง(1)
Fipronil	5	<0.02-0.10	ส้ม(2) ค่ะน้ำ(1) แคนตาลูป(1) กวางตุ้ง(1)
Chlorfenapyr	4	0.06-0.23	ส้ม(2) ค่ะน้ำ(1) พริกสด(1)
L-cyhalothrin	3	<0.02-0.03	ส้ม(1) พริกสด(1) ชมพู(1)
Metalaxyl	3	<0.02-0.14	กะหล่ำปลี(1) โหระพา(1) ชมพู(1)
Triazophos	3	<0.02-2.32	ส้ม(2) กะหล่ำปลี(1)
Diazinon	2	0.09-0.84	คะน้ำ(1) พริกสด(1)
Pirimiphos-methyl	2	<0.02-0.03	ส้ม(1) มะม่วง(1)
Carbaryl	1	1.53	พริกสด(1)
Carbofuran	1	0.13	ส้ม(1)
Methomyl	1	0.03	ชมพู(1)

2. ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

จากข้อมูลการตรวจวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในตัวอย่างผักสดและผลไม้ สามารถนำมาใช้ในการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างได้ โดยพิจารณาผลการประเมินการได้รับสัมผัสจากค่าความปลอดภัยที่ยอมรับได้ต่อวันตลอดช่วงชีวิต (ADI) สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะประเมินจากการได้รับที่ระดับเฉลี่ยในกลุ่มเฉพาะผู้ที่บริโภคจำแนกตามเพศอายุ 3 ปี ขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง พบค่าบ่งชี้อันตราย (HQ) ของการบริโภคผักสดและผลไม้ที่มีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง จากค่าความปลอดภัยของค่า ADI พบค่า HQ สูงสุดในตัวอย่างส้ม โดยมีค่า HQ ของสาร Triazophos มีค่า 6.70×10^{-1} และ 7.54×10^{-1} ในเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ และพบค่า HQ ต่ำสุดในตัวอย่างพริกสด คือ ค่า HQ ของสาร L-cyhalothrin มีค่า 7.75×10^{-6} และ 7.50×10^{-6} ในเพศชายและเพศหญิงตามลำดับ เมื่อพิจารณา ค่า HQ พบว่ามีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่งหมายความว่า ปริมาณของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในตัวอย่างผักสดและผลไม้ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Table 5)

Table 6 HQ value from ADI security value.

ตัวอย่าง	ชนิดสาร	C _{max} (mg/kg)	ADD (mg/kg BW/d)		HQ (ADI)	
			ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ส้ม	Chlorfenapyr	0.13	3.76×10^{-5}	4.23×10^{-5}	1.25×10^{-3}	1.41×10^{-3}
	Carbofuran	0.13	3.76×10^{-5}	4.23×10^{-5}	3.76×10^{-2}	4.23×10^{-2}
	Ethion	1.24	3.58×10^{-4}	4.03×10^{-4}	1.79×10^{-1}	2.02×10^{-1}
	Fipronil	0.1	2.89×10^{-5}	3.25×10^{-5}	1.44×10^{-1}	1.63×10^{-1}
	Pirimiphos-methyl	0.03	8.67×10^{-6}	9.75×10^{-6}	2.89×10^{-4}	3.25×10^{-4}
	Profenofos	0.62	1.79×10^{-4}	2.02×10^{-4}	5.97×10^{-3}	6.72×10^{-3}
	Triazophos	2.32	6.70×10^{-4}	7.54×10^{-4}	6.70×10^{-1}	7.54×10^{-1}
	L-cyhalothrin	0.03	2.45×10^{-6}	2.38×10^{-6}	1.23×10^{-2}	1.19×10^{-2}
	Cypermethrin	1.10	3.18×10^{-4}	3.58×10^{-4}	1.59×10^{-2}	1.79×10^{-2}
พริกสด	Carbaryl	1.53	1.19×10^{-5}	1.15×10^{-5}	1.48×10^{-3}	1.43×10^{-3}
	Carbendazim	0.27	2.09×10^{-6}	2.02×10^{-6}	6.98×10^{-5}	6.75×10^{-5}
	Chlorfenapyr	0.23	1.78×10^{-6}	1.72×10^{-6}	5.94×10^{-5}	5.75×10^{-5}
	Chlorpyrifos	0.3	2.33×10^{-6}	2.25×10^{-6}	2.33×10^{-4}	2.25×10^{-4}
	L-cyhalothrin	0.02	1.55×10^{-7}	1.50×10^{-7}	7.75×10^{-6}	7.50×10^{-6}
	Cypermethrin	0.65	5.04×10^{-6}	4.87×10^{-6}	2.52×10^{-4}	2.44×10^{-4}
	Diazinon	0.09	6.98×10^{-7}	6.75×10^{-7}	1.40×10^{-4}	1.35×10^{-4}
	Ethion	0.11	8.53×10^{-7}	8.25×10^{-7}	4.26×10^{-4}	4.12×10^{-4}
	Profenofos	0.20	1.55×10^{-6}	1.50×10^{-6}	5.17×10^{-5}	5.00×10^{-5}
คะน้า	Chlorfenapyr	0.06	4.90×10^{-6}	4.77×10^{-6}	1.63×10^{-4}	1.59×10^{-4}
	Chlorpyrifos	0.03	2.45×10^{-6}	2.38×10^{-6}	2.45×10^{-4}	2.38×10^{-4}
	Cypermethrin	3.37	2.75×10^{-4}	2.68×10^{-4}	1.38×10^{-2}	1.34×10^{-2}
	Diazinon	0.84	6.86×10^{-5}	6.67×10^{-5}	1.37×10^{-2}	1.33×10^{-2}
	Fipronil	0.02	1.63×10^{-6}	1.59×10^{-6}	8.17×10^{-3}	7.94×10^{-3}
	Profenofos	0.38	3.11×10^{-5}	3.02×10^{-5}	1.04×10^{-3}	1.01×10^{-3}
ชมพู่	Carbendazim	0.17	3.17×10^{-5}	3.46×10^{-5}	1.06×10^{-3}	1.15×10^{-3}
	Methomyl	0.03	5.60×10^{-6}	6.10×10^{-6}	2.80×10^{-4}	3.05×10^{-4}
	L-cyhalothrin	0.02	3.73×10^{-6}	4.07×10^{-6}	1.87×10^{-4}	2.03×10^{-4}
	Cypermethrin	0.74	1.38×10^{-4}	1.50×10^{-4}	6.90×10^{-3}	7.52×10^{-3}
	Metalaxyl	0.02	3.73×10^{-6}	4.07×10^{-6}	4.66×10^{-5}	5.08×10^{-5}

ตัวอย่าง	ชนิดสาร	C _{max} (mg/kg)	ADD (mg/kg BW/d)		HQ (ADI)	
			ชาย	หญิง	ชาย	หญิง
ฝรั่ง	Ethion	0.05	1.53×10^{-7}	1.97×10^{-5}	7.65×10^{-3}	9.85×10^{-3}
	Chlorpyrifos	0.02	6.12×10^{-6}	7.88×10^{-6}	6.12×10^{-4}	7.88×10^{-4}
	Carbendazim	0.16	4.90×10^{-5}	6.31×10^{-5}	1.63×10^{-3}	2.10×10^{-3}
กะหล่ำปลี	Triazophos	0.02	1.43×10^{-6}	1.60×10^{-6}	1.43×10^{-3}	1.60×10^{-3}
	Metalaxyl	0.11	7.84×10^{-6}	8.80×10^{-6}	9.80×10^{-5}	1.10×10^{-4}
โหระพา	Chlorpyrifos	0.26	6.57×10^{-6}	6.36×10^{-6}	6.57×10^{-4}	6.36×10^{-4}
	Metalaxyl	0.14	3.54×10^{-6}	3.42×10^{-6}	4.42×10^{-5}	4.28×10^{-5}
มะม่วง	Pirimiphos-methyl	0.02	1.20×10^{-5}	1.29×10^{-5}	4.00×10^{-4}	4.29×10^{-4}
ถั่วฝักยาว	Carbendazim	0.02	2.84×10^{-6}	2.89×10^{-6}	9.47×10^{-5}	9.63×10^{-5}
แคนตาลูป	Fipronil	0.02	7.95×10^{-7}	1.21×10^{-6}	3.98×10^{-3}	6.07×10^{-3}
ต้นหอม	Carbendazim	0.33	1.12×10^{-5}	1.21×10^{-5}	3.74×10^{-4}	4.04×10^{-4}
กวาดุ้ง	Fipronil	0.02	6.23×10^{-7}	7.35×10^{-7}	3.12×10^{-3}	3.68×10^{-3}
มะละกอ	Carbendazim	1.5	2.37×10^{-4}	2.98×10^{-4}	7.89×10^{-3}	9.94×10^{-3}
พุทรา	Carbendazim	0.2	6.60×10^{-6}	8.92×10^{-6}	2.20×10^{-4}	2.97×10^{-4}

จากการศึกษานี้ตรวจพบสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช จำนวน 15 ชนิด ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามประเภทของศัตรูพืชเป้าหมายได้ 2 กลุ่ม คือ 1) สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง (Insecticide) และ 2) สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (Fungicides) และแบ่งเป็น 6 กลุ่มย่อย ตามกลไกการออกฤทธิ์ คือ 1) สารกลุ่มที่ยับยั้งเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) ได้แก่ กลุ่ม Carbamates (Carbaryl Carbofuran และ Methomyl) และกลุ่ม Organophosphates (Profenofos Chlorpyrifos Ethion Triazophos Diazinon และ Pirimiphos-methyl) 2) สารกลุ่มที่หยุดการทำงานของช่องคลอไรด์ที่ทำงานโดย Gamm aminobutyric acid (GABA) ได้แก่ กลุ่ม Phenylpyrazoles (Fipronil) 3) สารกลุ่มที่ปรับการทำงานของช่องโซเดียม ได้แก่ กลุ่ม Pyrethrins/Pyrethroids (Cypermethrin และ L-cyhalothrin) 4) สารกลุ่มที่รบกวนการสร้าง ATP ได้แก่ กลุ่ม Pyrrole (Chlorfenapyr) 5) สารกลุ่มที่ขัดขวางการทำงานของ β -tubulin ในการแบ่งเซลล์ ได้แก่ กลุ่ม Benzimidazoles (Carbendazim) และ 6) สารกลุ่มที่ยับยั้งเอนไซม์ RNA polymerase I สำหรับการสังเคราะห์ rRNA ได้แก่ กลุ่ม Phenylamides (Metalaxyl) (Plant protection research and development office, 2019; FARC, 2013; IRAC, 2023; IUPAC, 2023)

จากข้อมูลดังกล่าว สามารถประเมินค่าดัชนีความเสี่ยง (HI) โดยการรวม ค่า HQ ของแต่ละสารชนิดที่มีกลุ่มและกลไกการออกฤทธิ์ประเภทเดียวกัน พบค่า HI ของสารกลุ่ม Organophosphates มีค่า HI ซึ่งพิจารณาจากค่า ADI สูงที่สุดทั้งเพศชาย และหญิง คือ 8.82×10^{-1} และ 9.91×10^{-1} ตามลำดับ

และยังพบค่า HI ของทุกตัวอย่างมีค่า ≤ 1.0 แสดงว่า ปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแต่ละกลุ่มสารที่ตกค้างในตัวอย่างไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือไม่มีความเสี่ยงต่อการบริโภค (Table 7)

Table 7 HI values of residues in the same group from ADI values

ประเภทสาร	กลุ่มสาร	ชนิดสาร	HI (ADI)	
			ชาย	หญิง
Fungicides	Benzimidazoles	Carbendazim	1.13×10^{-2}	1.41×10^{-2}
	Phenylamides	Metalaxyl	1.89×10^{-4}	2.04×10^{-4}
Insecticide	Pyrrole	Chlorfenapyr	1.48×10^{-3}	1.62×10^{-3}
	Phenylpyrazoles	Fipronil	1.64×10^{-2}	1.84×10^{-2}
	Carbamates	Carbaryl, Carbofuran, Methomyl	3.93×10^{-2}	4.40×10^{-2}
	Organophosphates	Profenofos, Chlorpyrifos, Ethion, Triazophos, Diazinon, Pirimiphos- methyl	8.82×10^{-1}	9.91×10^{-1}
	Pyrethrins/Pyrethroids	Cypermethrin, L-cyhalothrin	3.73×10^{-2}	3.96×10^{-2}

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักสดและผลไม้ที่จำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงเดือนมกราคม-เมษายน 2566 พบว่าตัวอย่างผักสดและผลไม้ที่พบสารตกค้างสูงมาจากจังหวัดชัยภูมิ หนองคาย และอุดรธานี และพบว่าตัวอย่างที่ตรวจพบไม่ผ่านเกณฑ์มีสารตกค้างเกินค่า MRL กำหนด 3 อันดับแรก ได้แก่ ค่ะน้ำ ส้ม และพริกสด ส่วนชนิดสารตกค้างที่มีอัตราการตรวจพบสูงทั้งในผักสดและผลไม้ ได้แก่ Profenofos, Carbendazim และ Cypermethrin โดยพบสารเคมีตกค้างในตัวอย่างพริกสูงที่สุดถึง 7 ชนิดสาร รองลงมาคือส้มและชมพูตรวจพบสารเคมีตกค้าง 5 ชนิดสาร นอกจากนี้ใน ส้ม กะหล่ำปลี ชมพู ยังตรวจพบ Triazophos Carbofuran และ Methomyl ซึ่งเป็นสารที่มีอันตรายรุนแรงต่อสุขภาพ (Highly hazardous) จากการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพประชาชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักสดและผลไม้ (ค่า HQ, HI ≤ 1) อย่างไรก็ตามแม้จะไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพแต่จากข้อมูลผลการตรวจวิเคราะห์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ายังมีการนำสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและวัตถุอันตรายมาใช้ฉีดพ่นผักและผลไม้อยู่ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญควรมีการบูรณาการระหว่างหน่วยงาน ได้แก่ สาธารณสุข เกษตร เพื่อให้เห็นเป็นภาพรวมในเรื่องการวางแผน ในกระบวนการเพาะปลูก

การกำหนดราคา การตรวจคัดกรองและการตรวจสอบคุณภาพก่อนจำหน่าย โดยปฏิบัติตามแนวทางการดำเนินงานอาหารปลอดภัยของกระทรวงสาธารณสุข เพื่อให้ได้อาหารที่สะอาดและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักคุณภาพและความปลอดภัยอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ และขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 7 อุดรธานี ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 8 ขอนแก่น และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 10 อุบลราชธานี ที่ได้เก็บตัวอย่างผักสด และผลไม้ ที่จำหน่ายในตลาดในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับการศึกษาครั้งนี้

References

- Anusasanee, P., Butryee, C., Tanaviyutpakde, P., & Karnpanit, W. (2021). Risk Assessment of carbamate pesticides through vegetable and fruit consumption in Thai Population. *Thai Journal of Toxicology*. 36(1): 91-112
- Bureau of Quality and Safety of Food. (2019). Food safety report 2019. Department of Medical Sciences Ministry of Public Health.
<http://bqsf.dmsc.moph.go.th/bqsfWeb/wp-content/uploads/2021/09/Food-safety-report-63.pdf>.
- Cholumpai, V., Nasuk, C., & Phutthasukha, K. (2021). Health Risk Assessment of Fresh Chillies with Residual Insecticides in Health Region 6. *Journal of Health Science*. 30(5):790-801.
- Department of agriculture. (2021) Mancharya offers a high-grade sampling of pesticide residues, vegetables, fruits and durian, GAP plant. <https://www.doa.go.th/th>.
- FRAC: Fungicide Resistance Action Committee. (2023). The IRAC Mode of Action (MoA). <https://www.frac.info/home>.
- Greennews agency. (2023). Special report the Agricultural Chemistry crisis - Food Safety in 2023. <https://greennews.agency/?p=32457>
- Hinhumpatch, P. & Wattanachaiyingcharoen, W. (2021). Evaluation of Carbamate Pesticide Residues in Melons. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*. 29(1). 62-72.
- IRAC: Insecticide Resistance Action Committee. (2023). The IRAC Mode of Action (MoA). <https://irac-online.org/mode-of-action/>
- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry. (2023). THE PPDB A to Z List of Pesticide Active Ingredients. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>
- Li H., Chang Q., Bai R., Lv X., Cao T., Shen S., Liang S. & Pang G. (2011). Simultaneous determination and risk assessment of highly toxic pesticides in the market-sold vegetables and fruits in China: A 4-year investigational study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 221, 1-13.
- Ministry of Public Health Notification No.387. B.E. 2560 (2017, 18 September) Re: Food Containing Pesticide Residues (Pesticide Residues in Food). *Government Gazette*. No. 134. Section 228 D. page 8-32.
- Ministry of Public Health Notification No.389 B.E. 2561 (2018, 22 October) Re: Food Containing Pesticide Residues (Pesticide Residues in Food). *Government Gazette*. No. 135. Section 74 A. page 1–23.

- Ministry of Public Health Notification No.419. B.E. 2563 (2020, 2 November) Re: Food Containing Pesticide Residues (Pesticide Residues in Food). Government Gazette. No. 137. Section 257 D. page 27-28.
- National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (2016). Food consumption data of Thailand (https://www.acfs.go.th/files/files/attach-files/867_20190606145951_625162.pdf) In the public domain.
- Plant protection research and development office. (2019). Recommendation for effective and safe pest prevention based on 2564 research. Department of agriculture. Ministry of Agriculture and Cooperatives. <https://www.doa.go.th/ac/nan/wp-content/uploads>.
- Prasopsuk, J., Laohasiriwong, S., Promkhambut, A., & Boonthai, I. C. (2019). Risk assessment of pesticide residues in soil to health of Chinese kale growers in Khon Kaen province, Northeast Thailand. Thai Agricultural Research Journal. 37(3):272-283.
- Seo H., Cho H., Hong K., Kim S., Cho J., Park H., Hwang S. & Kim S. (2013). Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues in Commercially Dried Vegetables. Preventive Nutrition and Food Science.,18(2), 145-149.
- Sivaperumal P, Rupal T., Dhirendra K. & Tejal G Riddhi L. (2022). Human health risk assessment of pesticide residues in vegetable and fruit samples in Gujarat State, India. Heliyon. 8 (e10876). 1-10.
- Thamwiriyasati, N., Malaiket, W., Wisutti, R., & Kanokleardwong, K. (2019). Behavior for vegetable consumer to the risk of pesticide toxicity effects on health impacts in adult people. Journal of Health Science. 28(5),723-781.