

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในผักสวนครัว ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2559-2560

โลมไสล วงศ์จันตา วิสิฐศักดิ์ วุฒิอดิเรก จรรยา บัวบาน อรรวรณ พัฒนกิจจารักษ์ และพยอม หนองศิริ
ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ อำเภอเมือง นครสวรรค์ 60000

บทคัดย่อ โลหะหนักเป็นกลุ่มธาตุที่มีความเป็นพิษ สามารถปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ การศึกษานี้เพื่อเฝ้าระวังปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักสวนครัว 6 ชนิด คือ ผักกินหัว ได้แก่ ข่า และมันเทศ ผักกินใบและลำต้น ได้แก่ ชะอมและผักบุ้งนา ผักกินผล ได้แก่ พริกชี้หนูและมะเขือเปราะ ที่ปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีกิจกรรมทำเหมืองแร่ทองคำ ในภาคเหนือ กลาง ได้ และตะวนออกเฉียงเหนือ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงในช่วงน้ำหลากกับช่วงแล้ง วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยใช้วิธีอ้างอิงตาม AOAC official method of analysis (2012) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test และแปลผลตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 (พ.ศ. 2563) ผลการศึกษาผักสวนครัว 192 ตัวอย่าง แยกเป็นช่วงน้ำหลาก 96 ตัวอย่าง และช่วงแล้ง 96 ตัวอย่าง มีปริมาณเฉลี่ยสารหนูและแคดเมียมของผักทุกชนิดไม่เกินที่กฎหมายกำหนด ปริมาณแมงกานีสในข่า พบในช่วง 1.700-222.490 มันเทศ พบน้อยกว่า 1.000-47.670 ชะอม ไม่พบ-24.700 ผักบุ้งนา ไม่พบ-24.550 พริกชี้หนู 1.130-5.480 มะเขือเปราะ พบน้อยกว่า 1.000-5.910 มก./กก. นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเฉลี่ยแคดเมียมในชะอมและผักบุ้งนาที่เก็บในช่วงน้ำหลากสูงกว่าในช่วงแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.025$ และ $p = 0.004$) และปริมาณเฉลี่ยแมงกานีสในชะอม ผักบุ้งนา และพริกชี้หนู ที่เก็บในช่วงน้ำหลากสูงกว่าในช่วงแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.014$, $p = 0.013$ และ $p = 0.008$ ตามลำดับ) ทั้งนี้ควรมีการเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักในผักสวนครัวอย่างต่อเนื่อง เพื่อเฝ้าระวังปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ : โลหะหนัก, สารหนู, แคดเมียม, แมงกานีส, ผักสวนครัว

Corresponding author E-mail: lomsalai.w@dmsc.mail.go.th

Received: 13 August 2020

Revised: 22 April 2021

Accepted: 27 April 2021

บทนำ

โลหะหนัก หมายถึง ธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป เช่น แมงกานีส พรอท ตะกั่ว แคดเมียม สำหรับสารหนูเป็นธาตุกึ่งโลหะ แต่สารหนูมีความเป็นพิษต่อร่างกาย จึงมักถูกรวมอยู่ในกลุ่มโลหะหนักที่มีความเป็นพิษด้วย โลหะหนักเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติ โดยอาจมาจากการทำเหมืองแร่ การทำแบตเตอรี่ การใช้ปุ๋ย และสารกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรกรรม กองขยะมูลฝอย และจะถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและบรรยากาศ หากไม่มีการบริหารจัดการกากของเสียที่ดี จะทำให้เกิดการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหาร และทำให้เกิดผลกระทบต่อไปได้

สารหนู เป็นธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) ที่พบอยู่ได้ทั่วไปในชั้นหินและดินของเปลือกโลกในรูปธาตุบริสุทธิ์ และสารประกอบอนินทรีย์ มีความเป็นพิษมากกว่าในรูปสารประกอบอินทรีย์ พิษของสารหนูในมนุษย์มีทั้งแบบอาการเฉียบพลันและอาการเรื้อรัง ซึ่งมีความรุนแรงและอาจทำให้เสียชีวิตได้ นอกจากนี้สารหนูยังเป็นสารก่อมะเร็งปอด มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งผิวหนังอีกด้วย ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 กำหนดให้มีสารหนูปนเปื้อนในอาหารได้ไม่เกิน 2 มก./กก.⁽¹⁾

แคดเมียม เป็นโลหะหนักที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมทั่วไปทั้งอากาศ น้ำ ดิน และอาหาร พิษของสารแคดเมียม หากได้รับปริมาณมากแบบเฉียบพลัน อาจทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต (“Itai-Itai” disease) มีผลให้กระดูกเปราะ และปวดอย่างรุนแรง หรือได้รับสารในปริมาณน้อยเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ไตทำงานผิดปกติ กระวนกระวาย ขาดสมาธิ ความจำเสื่อม บางครั้งซึมเศร้า บางครั้งร่าเริง (Manic Depressive Behavior) ถ้ามีอาการอ่อนเพลีย อาจหมดสติและเสียชีวิต และเมื่อสะสมมาก ๆ อาจให้กำเนิดลูกพิการได้ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 พ.ศ. 2563 กำหนดให้อาหารมีสารปนเปื้อนแคดเมียมไม่เกินที่กำหนด ได้แก่ ผักใบ ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักบรืโคคาล้านหรือก้าน ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักบรืโคคผล ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผักบรืโคครากหรือหัว ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁽¹⁾ ซึ่งสอดคล้องกับค่า Maximum Levels for Contaminations and Toxins in Food; Codex 2017⁽²⁾

แมงกานีส เป็นธาตุโลหะที่พบได้มากมายตามธรรมชาติ อยู่ในหิน ททราย ตะกอนดิน แหล่งน้ำ และสิ่งมีชีวิตทั่วไปตามธรรมชาติ โดยปกติคนจะได้รับแมงกานีสจากอาหารที่บริโภคเป็นประจำ เช่น ธัญพืชที่ไม้ขัดสี ผักใบเขียว ถั่ว น้ำบริโภค และน้ำชา แมงกานีสจัดเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential trace element) การเกิดพิษจะเกิดที่ระบบประสาทมากที่สุด ทำให้มีอาการสั่นคล้ายคนเป็นโรคพาร์กินสัน ซึ่งเรียกอาการนี้ว่า manganism ปัจจุบันกฎหมายยังไม่ได้กำหนดปริมาณแมงกานีสในมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน

ในปี พ.ศ. 2558 มีการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในผักพื้นบ้านในพื้นที่ซึ่งไม่ใช่พื้นที่ศักยภาพของแร่ เช่น การศึกษาปริมาณโลหะหนักแคดเมียม ตะกั่ว และทองแดง ในผักเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม พบมีการปนเปื้อนโลหะทั้ง 3 ชนิด แต่พบในปริมาณน้อยกว่าค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลก⁽³⁾ และในปีเดียวกัน การศึกษาปริมาณโลหะหนักสารหนู ตะกั่ว พรอท และนิเกิล ที่สะสมในผักบุงที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน สำรวจตัวอย่างผักบุงในแม่น้ำท่าจีน อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี ถึง อ.สามพราน จ.นครปฐม พบมีการปนเปื้อนไม่เกินมาตรฐานกำหนด โดยพบการปนเปื้อนมากที่สุดในราก ลำต้น แขนงใบ และยอด ตามลำดับ และปริมาณการปนเปื้อนมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่าง และความเค็มของน้ำ⁽⁴⁾ นอกจากนี้มีรายงานการปนเปื้อนของโลหะหนักตะกั่วในสมุนไพรรวมไทยที่วางจำหน่ายในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในปี พ.ศ. 2551 พบการปนเปื้อนคิดเป็นร้อยละ 48.8⁽⁵⁾ ผลการสำรวจการปนเปื้อนของโลหะหนักในสารสกัดสมุนไพรรวมและยาแผนโบราณ ของคณะเภสัชศาสตร์และศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพจากสมุนไพรรวม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี 2549 พบสารหนูและแคดเมียมในยาแผนโบราณ 5 ตำรับ (ร้อยละ 100) แต่ไม่เกินปริมาณสูงสุดที่ยอมให้ปนเปื้อนได้ในอาหารหรือผลิตภัณฑ์เพื่อการบริโภคขององค์การอนามัยโลก⁽⁶⁾

ในปี พ.ศ. 2558 มีการร้องเรียนของผู้ได้รับผลกระทบจากเหมืองแร่ทองคำ อ.ทับคล้อ จ.พิจิตร และมีการรายงานของหน่วยงานที่เข้าไปทำการตรวจการปนเปื้อนสารหนูและแมงกานีส พบการปนเปื้อนโลหะหนักในผักสวนครัวและผักพื้นบ้านที่ชาวบ้านรอบเหมืองแร่ทองคำปลูกไว้รับประทาน เป็นเหตุให้ชาวบ้านเกิดความวิตกกังวลในการนำผักเหล่านั้นมาประกอบอาหาร ท่ามกลางความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับผู้ประกอบการเหมือง กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการมีความสำคัญเชิงวิชาการ สามารถอ้างอิงและใช้ประกอบการพิจารณาในการแก้ไขปัญหาได้ แต่จากการทำงานของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ ซึ่งอยู่ในพื้นที่พบปัญหาการแปลผลวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ดังนี้ 1) แปลผลโดยเทียบกับค่าอ้างอิงของต่างประเทศ มีข้อโต้แย้งเรื่อง ชนิดของผักสวนครัวที่ไม่สามารถแปลผลตรงๆ ได้ 2) แปลผลโดยเทียบกับกฎหมายทำได้ แต่ไม่ครอบคลุมปัญหาเนื่องจากแมงกานีสไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ในอาหาร 3) แปลผลโดยเทียบกับปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนในผักประเภทเดียวกันที่ปลูกในพื้นที่ทั่วไป พบว่ายังไม่มีการจัดทำรายงานการศึกษาเพื่อเฝ้าระวังการปนเปื้อนโลหะหนักในพืชผักอย่างเป็นระบบ จึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างผักสวนครัวชนิดเดียวกันในพื้นที่ควบคุม คือ พื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพแร่ทองคำ ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้แปลผลความปลอดภัยของผักและผลไม้พื้นที่ปลูกในพื้นที่เหมือง

การถอดบทเรียนนี้ทำให้เห็นความจำเป็นที่ต้องศึกษาค่าปริมาณโลหะหนักที่มักพบร่วมกับแร่ทองคำในผักสวนครัวซึ่งมีความหลากหลาย โดยเบื้องต้นให้ครอบคลุมปัญหามากที่สุดก่อน คือ ผักสวนครัวที่คาดว่าประชาชนจะปลูกทั่วไป ได้แก่ 1) ประเภทกินหัวและเหง้าใต้ดิน ได้แก่ ข่า และมันเทศ 2) ผักประเภทกินลำต้นและใบ ได้แก่ ชะอม และผักบุ้งนา และ 3) ผักประเภทกินผล ได้แก่ พริกชี้หนู และมะเขือเปาะ ซึ่งในอนาคตอาจขยายชนิดของผักพื้นบ้านต่อไปการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักสวนครัว 6 ชนิดที่ปลูกในพื้นที่ทั่วไปของประเทศไทยในช่วงน้ำหลากกับช่วงแล้ง ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยวัดต่อน้ำหนักตัวอย่างแบบเปียก ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในผักสวนครัวต่อไป

วัสดุและวิธีการ

กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างผักสวนครัว 6 ชนิด แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ ผักกินหัวและเหง้าใต้ดิน ได้แก่ ข่าและมันเทศ ผักกินลำต้นและใบ ได้แก่ ชะอมและผักบุ้งนา และผักกินผล ได้แก่ พริกชี้หนูและมะเขือเปาะ เก็บตัวอย่างแยกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงน้ำหลากในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2559 และช่วงน้ำแล้งในเดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 มีรายละเอียด ดังนี้ กำหนดขนาดตัวอย่างโดยพิจารณาร่วมกับงบประมาณโครงการ จำนวน 192 ตัวอย่าง คำนวณด้วยสูตรทางสถิติที่เสนอโดย Khazanie (1996)⁽⁷⁾ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีความคลาดเคลื่อน $\pm 7.06\%$ เก็บตัวอย่างผักน้ำหนัก 300-500 กรัม/ตัวอย่าง ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยวิธีแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยคัดเลือกจังหวัดที่ตัวแทนของแต่ละภาคคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ไม่เป็นพื้นที่มีกิจการการทำเหมืองแร่ทองคำ และเป็นจังหวัดที่มีศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ตั้งอยู่ เพื่อสะดวกในการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ จังหวัดเชียงราย ชัยนาท นครราชสีมา และสุราษฎร์ธานี โดยเก็บตัวอย่างผักชนิดละ 8 ตัวอย่าง แบ่งเป็นช่วงน้ำหลาก 4 ตัวอย่าง และช่วงแล้ง 4 ตัวอย่าง เก็บจากสถานที่ปลูกในพื้นที่ หรือเก็บจากตลาดสด โดยสอบถามผู้ขายว่ารับผักมาจากไหน และจะเลือกเก็บเฉพาะผักที่ปลูกในพื้นที่รอบเหมืองแร่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างผักสวนครัวและผักพื้นบ้านที่เก็บในแต่ละรอบ

ผัก	พื้นที่เก็บตัวอย่าง (จำนวนตัวอย่าง)								รวม	
	เชียงราย		ชัยนาท		นครราชสีมา		สุราษฎร์ธานี		(ตัวอย่าง)	
	ก*	ข*	ก*	ข*	ก*	ข*	ก*	ข*	ก*	ข*
ข่า	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
มันเทศ	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
ชะอม	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
ผักบุ้งนา	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
พริกชี้หนู	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
มะเขือเปราะ	4	4	4	4	4	4	4	4	16	16
รวม	24	24	24	24	24	24	24	24	96	96
	48		48		48		48		192	

ก* หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่เก็บในช่วงน้ำหลาก เดือน พ.ย.-ธ.ค. 2559

ข* หมายถึง จำนวนตัวอย่างที่เก็บในช่วงแล้ง เดือน เม.ย.-พ.ค. 2560

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่อง Graphite furnace atomic absorption spectrophotometer (GFAAS) รุ่น PinAAcle 900Z ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, เครื่อง Flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS) รุ่น PinAAcle 900F ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, เครื่อง Flow Injection Analysis System (FIAS) รุ่น FIAS 400 ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, หลอดกำเนิดแสงสำหรับวิเคราะห์ธาตุสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, เครื่องชั่งความละเอียด 0.0001 กรัม รุ่น AC211S ผลิตภัณฑ์ของ Sartorius, เครื่อง Microwave digestion รุ่น MARS X ผลิตภัณฑ์ของ CEM พร้อมชุดอุปกรณ์สำหรับย่อยตัวอย่างด้วยไมโครเวฟ, เครื่องแก้ว class A, ขวดพลาสติกสำหรับบรรจุสารละลายตัวอย่างชนิด PE, กระดาษกรอง Whatman No.1

สารเคมี

กรดไนตริกเข้มข้น 65% (Suprapur grade) ผลิตภัณฑ์ของ Merck, สารละลาย Palladium nitrate ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, สารละลาย Magnesium nitrate ความเข้มข้น 10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, สารละลาย Ammonium phosphate ความเข้มข้น 10% ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, Potassium iodide, AR Grade ผลิตภัณฑ์ของ Carlo Erba, Ascorbic acid, AR Grade ผลิตภัณฑ์ของ Ajax, Sodium borohydride, AR Grade ผลิตภัณฑ์ของ Sigma Aldrich, Hydrochloric acid, AR Grade ผลิตภัณฑ์ของ Merck, Sodium hydroxide, AR Grade ผลิตภัณฑ์ของ Carlo Erba, น้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูง (Ultrapure water) จากเครื่อง Pure Lab ผลิตภัณฑ์ของ ELGA

สารมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานสารหนู ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, สารละลายมาตรฐานแคดเมียม ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer, สารละลายมาตรฐานแมงกานีส ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร ผลิตภัณฑ์ของ Perkin Elmer

การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลาย stock standard solution โดยเจือจางสารละลายมาตรฐาน สารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ให้มีความเข้มข้นของสารหนู 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แคดเมียม 0.1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และแมงกานีส 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ในกรดไนตริก 0.1%

เจือจางสารละลาย stock standard solution ด้วยน้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูง ได้สารละลายมาตรฐาน สำหรับกราฟมาตรฐาน มีความเข้มข้นของสารหนูเท่ากับ 0, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5 และ 10.0 ไมโครกรัม/ลิตร, แคดเมียมเท่ากับ 0, 0.8, 1.0, 1.5 และ 2.0 ไมโครกรัม/ลิตร, แมงกานีสเท่ากับ 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.6 ไมโครกรัม/ลิตร

วิธีวิเคราะห์

ใช้วิธีมาตรฐาน AOAC official method of analysis (2012)⁽⁸⁾

การเตรียมตัวอย่าง

ซึ่งตัวอย่างผักที่บดเป็นเนื้อเดียวกันประมาณ 2 กรัม บันทึกรน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ใน tetrafluoromethane (TFM) vessel เติมกรดไนตริกเข้มข้นปริมาตร 4 มิลลิลิตร ปิดฝา vessel ประกอบเข้าสู่ชุดสำหรับการย่อยสลายด้วยคลื่นไมโครเวฟแบบทนความดันสูง นำเข้าเครื่องย่อยสลายไมโครเวฟ ทำการย่อยสลายด้วยเครื่อง Microwave digestion สภาวะการย่อย ดังแสดงในตารางที่ 2 หลังจากย่อยสลายเสร็จ ปล่อยให้เย็นในถังน้ำแข็งอุณหภูมิห้อง ถ่ายสารละลายลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูง กรณีสารละลายขุ่น นำตัวอย่างมากรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 ได้สารละลายใส จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ ปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ด้วยเทคนิค FIAS-AAS, GFAAS และ FAAS ตามลำดับ โดยมีสภาวะของการทดสอบของสารแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 3

การเตรียมสารละลาย Method blank

วิธีเตรียมเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง แต่ไม่มีตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

การควบคุมคุณภาพ

1) ก่อนทำการวิเคราะห์จะต้องปรับเครื่องมือโดยการทำ Sensitivity check ให้ได้สัญญาณพีคที่สมมาตร มีพื้นที่ใต้พีคสูงสุด และได้ค่า absorbance อยู่ในช่วง $\pm 20\%$ ของค่าที่ผู้ผลิตเครื่องมือกำหนดไว้ เครื่องจึงเหมาะสมที่จะใช้การตรวจวิเคราะห์ต่อไป

2) คุณภาพการตรวจวิเคราะห์

- ทดสอบตัวอย่างโดยทำ blank samples ร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ ค่า absorbance ที่วัดได้ต้องไม่เกินค่า IDL (Instrument Detection Limit)

- Duplicate samples ร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ ค่า %RPD ต้องไม่เกิน 5%

- Spike samples ร้อยละ 10 ของตัวอย่างที่วิเคราะห์ ค่า %Recovery ต้องอยู่ในช่วง 80-110

- ระหว่างการตรวจวิเคราะห์มีการทำ QC check ค่า %Recovery ต้องอยู่ในช่วง 90-110

3) ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ของกราฟมาตรฐานต้องไม่น้อยกว่า 0.9950

ตารางที่ 2 การกำหนดสภาวะการย่อยสลายตัวอย่างด้วยเครื่องไมโครเวฟแบบทนความดันสูง

Stage	Power (watt)	Time (minute)	Pressure (Psi)	Temp (°C)	Holding time (minute)
1	600	3.00	400	150	3.00
2	600	20.00	400	180	15.00

ตารางที่ 3 สภาวะการทดสอบเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ด้วยเทคนิค FIAS-AAS, GFAAS และ FAAS

สภาวะ	สารหนู (FIAS-AAS)	แคดเมียม (GFAAS)	แมงกานีส (FAAS)
Wavelength (nm)	193.7	228.8	279.48
Slit (nm)	0.7	0.7	0.2
Mode	AA-BG	AA-BG	AA-BG
Lamp	EDL	EDL	HCL
Current (mA)	380	230	20
Sample Volume	500 ul.	20 ul.	5 ml.
Conc. of standard solution	0.0, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 ug/L	0.000, 0.800, 1.000, 1.500, 2.000 ug/L	0.030, 0.050, 0.100, 0.200, 0.300, 0.600 mg/L
Pyrolysis temp. (°C)	-	300	-
Atomization temp. (°C)	-	1,500	-

ขีดจำกัดของการตรวจวิเคราะห์

ขีดจำกัดของการตรวจเชิงคุณภาพ (Limit of detection, LOD) สำหรับสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส เท่ากับ 0.035, 0.005 และ 0.400 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ขีดจำกัดของการตรวจพบเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, LOQ) สำหรับสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส เท่ากับ 0.100, 0.010 และ 1.000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

สรุปผลวิเคราะห์ปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักแต่ละชนิดที่ปลูกในพื้นที่ 4 จังหวัด รายงานเป็นค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักแต่ละชนิดที่เก็บในช่วงน้ำหลากเปรียบเทียบกับช่วงแล้ง ด้วยการทดสอบความแตกต่างของการแปรปรวนข้อมูลด้วยสถิติ F-test จากนั้นทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณสารหนูด้วยสถิติ t-test

ผล

ผลการศึกษาปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักแต่ละชนิด รวม 32 ตัวอย่าง ที่ปลูกในพื้นที่ 4 จังหวัด จังหวัดละ 8 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างที่เก็บในช่วงน้ำหลาก 4 ตัวอย่าง และช่วงแล้ง 4 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณเฉลี่ยของสารหนูเท่ากับตรวจไม่พบ ± 0.053 โดยตรวจไม่พบในข้าวและพริกชี้หนูทุกตัวอย่าง ปริมาณเฉลี่ยของแคดเมียมเท่ากับ 0.013 ± 0.074 พบสูงสุดในพริกชี้หนูเท่ากับ 0.047 ± 0.178 มก./กก. ปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีสเท่ากับ 12.155 ± 28.168 พบสูงสุดในข้าวเท่ากับ 46.548 ± 57.072 มก./กก. ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในผักสวนครัวแต่ละชนิด (ชนิดละ 32 ตัวอย่าง)

ชนิดผัก	สารหนู (มก./กก.)	แคดเมียม (มก./กก.)	แมงกานีส (มก./กก.)
	Mean \pm SD (min - max)	Mean \pm SD (min - max)	Mean \pm SD (min - max)
ข้าว	ไม่พบ ± 0.000 (ไม่พบ)	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.006 (ไม่พบ - 0.031)	46.548 ± 57.072 (1.700 - 222.490)
มันเทศ	พบน้อยกว่า 0.100 ± 0.130 (ไม่พบ - 0.756)	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.007 (ไม่พบ - 0.029)	6.920 ± 8.058 (พบน้อยกว่า 1.000 - 47.670)
ชะอม	ไม่พบ ± 0.006 (ไม่พบ - พบน้อยกว่า 0.100)	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.008 (ไม่พบ - 0.033)	8.351 ± 5.624 (ไม่พบ - 24.700)
ผักบุ้งนา	ไม่พบ ± 0.008 (ไม่พบ - พบน้อยกว่า 0.100)	ไม่พบ ± 0.001 (ไม่พบ - พบน้อยกว่า 0.010)	6.269 ± 6.030 (ไม่พบ - 24.550)
พริกชี้หนู	ไม่พบ ± 0.000 (ไม่พบ)	0.047 ± 0.178 (ไม่พบ - 1.018)	2.925 ± 1.189 (1.130 - 5.480)
มะเขือเปราะ	ไม่พบ ± 0.008 (ไม่พบ - พบน้อยกว่า 0.100)	0.010 ± 0.015 (ไม่พบ - 0.069)	1.917 ± 1.012 (พบน้อยกว่า 1.000 - 5.910)
รวม	ไม่พบ ± 0.053 (ไม่พบ - 0.756)	0.013 ± 0.074 (ไม่พบ - 1.018)	12.155 ± 28.168 (ไม่พบ - 222.490)

ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารหนูเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างที่เก็บในช่วงน้ำหลากกับช่วงแล้งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) สำหรับปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในชะอมและผักบุ้งนาที่เก็บในช่วงน้ำหลากสูงกว่าในช่วงแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.025$ และ $p = 0.004$) ส่วนปริมาณแมงกานีสเฉลี่ยในชะอม ผักบุ้งนา และพริกชี้หนูที่เก็บในช่วงน้ำหลากสูงกว่าในช่วงแล้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.014$, $p = 0.013$ และ $p = 0.008$ ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณสารหนู แคดเมียม และแมงกานีส ในตัวอย่างที่เก็บในช่วงน้ำหลากกับช่วงแล้ง

โลหะหนัก	ชนิดตัวอย่าง	ช่วงเวลา	Mean ± S.D.	p-value (F-test)	p-value (t-test)
สารหนู	ข้า	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.000	-	-
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.000		
	มันเทศ	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.000	0.000	0.166
		ช่วงแล้ง	พบน้อยกว่า 0.100 ± 0.179		
	ชะอม	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.000	0.000	0.167
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.008		
	ผักบุ้งนา	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.008	0.500	0.500
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.008		
	พริกขี้หนู	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.000	-	-
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.000		
	มะเขือเปราะ	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.008	0.500	0.500
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.008		
แคดเมียม	ข้า	ช่วงน้ำหลาก	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.004	0.020	0.391
		ช่วงแล้ง	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.007		
	มันเทศ	ช่วงน้ำหลาก	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.008	0.007	0.095
		ช่วงแล้ง	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.004		
	ชะอม	ช่วงน้ำหลาก	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.010	0.000	0.025
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.000		
	ผักบุ้งนา	ช่วงน้ำหลาก	ไม่พบ ± 0.001	0.000	0.004
		ช่วงแล้ง	ไม่พบ ± 0.000		
	พริกขี้หนู	ช่วงน้ำหลาก	0.082 ± 0.250	0.000	0.138
		ช่วงแล้ง	0.011 ± 0.007		
	มะเขือเปราะ	ช่วงน้ำหลาก	0.014 ± 0.019	0.000	0.057
		ช่วงแล้ง	พบน้อยกว่า 0.010 ± 0.005		
แมงกานีส	ข้า	ช่วงน้ำหลาก	44.734 ± 54.489	0.327	0.430
		ช่วงแล้ง	48.362 ± 61.282		
	มันเทศ	ช่วงน้ำหลาก	8.512 ± 11.113	0.000	0.139
		ช่วงแล้ง	5.329 ± 2.300		
	ชะอม	ช่วงน้ำหลาก	10.546 ± 6.740	0.002	0.014
		ช่วงแล้ง	6.156 ± 3.106		
	ผักบุ้งนา	ช่วงน้ำหลาก	8.660 ± 7.586	0.000	0.013
		ช่วงแล้ง	3.878 ± 2.326		
	พริกขี้หนู	ช่วงน้ำหลาก	3.438 ± 1.438	0.000	0.008
		ช่วงแล้ง	2.413 ± 0.540		
	มะเขือเปราะ	ช่วงน้ำหลาก	2.002 ± 1.320	0.002	0.323
		ช่วงแล้ง	1.833 ± 0.599		

วิจารณ์

การเก็บตัวอย่างแต่ละชนิด ชนิดละ 2 รอบ คือ เก็บครั้งที่ 1 ช่วงน้ำหลาก เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม พ.ศ. 2559 และครั้งที่ 2 ช่วงแล้ง เดือนเมษายน-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 อาจไม่สอดคล้องกับข้อเท็จจริงของฤดูกาลปลูกพืชแต่ละชนิด ส่งผลต่อคุณภาพของตัวอย่างที่เก็บ โดยมีข้อสังเกตว่าตัวอย่างมันเทศที่เก็บในช่วงน้ำหลากจะมีขนาดใหญ่ สมบูรณ์ ในขณะที่ตัวอย่างที่มันเทศที่เก็บในช่วงแล้งมีขนาดเล็ก ซึ่งยังไม่พร้อมเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับชะอม จะไม่แตกยอดอ่อน ในช่วงน้ำหลาก แต่จะแตกยอดในช่วงแล้ง ทำให้การเก็บตัวอย่างในรอบแรกได้ตัวอย่างชะอมใบแก่ ซึ่งปกติไม่ใช่บริโภค การเก็บตัวอย่างในช่วงน้ำหลาก เป็นไปตามข้อสันนิษฐานที่ว่าในช่วงฤดูฝนจะเกิดการชะล้างโลหะหนักและสารพิษอันตรายไหลสู่แหล่งน้ำสาธารณะและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการศึกษาที่ได้มีความสอดคล้องเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 (พ.ศ. 2563) และค่า Maximum Levels for Contaminations and Toxins in Food; Codex 2017^(1,2) ที่กำหนดให้มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในผักใบไม่เกิน 0.2 มก./กก. และผักกินผลไม่เกิน 0.05 มก./กก. พบว่าการปนเปื้อนแคดเมียมในตัวอย่างที่เก็บในช่วงน้ำหลากเกินค่าที่กำหนดไว้ 4 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างพริกชี้ฟ้าจากจังหวัดชัยนาทและจังหวัดสุราษฎร์ธานี และตัวอย่างมะเขือเปราะจากจังหวัดนครราชสีมาและสุราษฎร์ธานี

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดย กนกพร อธิสุข และคณะ ได้ทำการสำรวจปริมาณโลหะหนักในอาหาร ปี พ.ศ. 2552-2554 พบสารหนูในผักกินหัวปริมาณน้อยกว่า 0.027-0.148 มก./กก. และแคดเมียมในพืชสมุนไพร และผักท้องถิ่น น้อยกว่า 0.001-0.226 มก./กก.⁽⁹⁾ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาปริมาณสารหนูในมันเทศและชากับอยู่ในช่วงตรวจไม่พบ -0.756 มก./กก. ปริมาณแคดเมียมในผักสวนครัวกินใบ ลำต้นและผลที่ได้อยู่ในช่วงตรวจไม่พบ -1.018 มก./กก. มีค่าสูงสุดสูงกว่าที่ได้เคยมีการศึกษาในปี พ.ศ. 2552-2554 เล็กน้อย

การปนเปื้อนของสารหนูแคดเมียมและแมงกานีสในพืชผักขึ้นกับการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม คือ ในน้ำและในดินที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต ยังมีปัจจัยอื่น ๆ รวมถึงความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของพืชแต่ละชนิดด้วย รายงานผลการศึกษานี้เพื่อเฝ้าระวังการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม แต่ผลการศึกษานี้ไม่สามารถเชื่อมโยงไปถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เมื่อนำไปแปลผลโดยเทียบกับค่าอ้างอิงของต่างประเทศจะทำให้ทราบสถานการณ์การปนเปื้อนของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหารของประเทศไทยได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุป

การศึกษาปริมาณโลหะหนักสารหนูและแคดเมียมในผักพื้นบ้านและผักสวนครัวที่ปลูกในพื้นที่ทั่วไปของประเทศไทย พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณการปนเปื้อนสารหนูและแคดเมียมที่ตรวจพบในตัวอย่างผักทั้ง 6 ชนิดไม่เกินที่กฎหมายกำหนด อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของโลหะหนักในผักและอาหารเป็นสิ่งสะท้อนเรื่องมลพิษการปนเปื้อนโลหะหนักในดินและน้ำ ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยหลายประเทศได้ตั้งเกณฑ์กำหนดระดับปริมาณโลหะหนักและสารพิษตกค้างต่าง ๆ ในผลิตผลเกษตรเพื่อควบคุมการนำเข้าสินค้าเข้าประเทศ ดังนั้นประเทศไทยจึงควรมีฐานข้อมูลปริมาณโลหะหนักในพืชภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศ เพื่อประโยชน์ในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหาร การคัดเลือกพืชให้เหมาะกับพื้นที่ การป้องกันภัยสุขภาพจากการบริโภคอาหารที่มีโลหะปนเปื้อน และประโยชน์ในการลดผลกระทบต่อการค้าส่งออกสินค้าทางการเกษตรไปจำหน่ายในต่างประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยได้รับความกรุณาช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ได้แก่ ผู้บริหารและบุคลากรของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 9 นครราชสีมา และศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 12 สุราษฎร์ธานี ขอขอบพระคุณทุกท่านในความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ แก่งานวิจัยนี้เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

1. พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 414 (พ.ศ. 2563) เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 137 ตอนพิเศษ 118 ง (วันที่ 20 พฤษภาคม 2563). หน้า 17.
2. List of maximum levels for contaminants and toxins in foods, part 1. In: JOINT FAO/WHO food standards programme CODEX committee on contaminants in foods eleventh session (CF/11 INF/1); 2017 Apr 3-7; Rio de Janeiro, Brazil. Rome, Italy: FAO/WHO; 2017. p. 8-13.
3. สมสุข ไตรศุกกิตติ, มนชวัน วังกลางกูร, วัชรา เสนาจักร. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในผัก โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคม และชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2558; 2(4): 127-33.
4. วีรยาภรณ์ รัตนไพบูลย์, นฤชิต คำปิ่น, เกษม จันทรแก้ว. ปริมาณโลหะหนักที่สะสมในผักบุ้ง (*Ipomoea aquatica* Forsk) ที่ปลูกในแม่น้ำท่าจีน. วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2558; 23(1): 82-93.
5. พัชราภรณ์ ภูไพบูลย์, ศิริวัลย์ สร้อยกล่อม, พินิจ ไพรสนธิ์. การปนเปื้อนโลหะหนักในยาสมุนไพรไทย. ใน: เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาพืช. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; 2553. หน้า 355-363.
6. อรุณศรี ปรีเปรม, บังอร ศรีพานิชกุลชัย, จินตนา จุลทรศน์, ผดุงขวัญ จิตโรภาส. โลหะหนักในสารสกัดสมุนไพรและยาแผนโบราณ. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน 2549; 2(1): 43-52.
7. ละเอียด ศิลาน้อย. การใช้สูตรทางสถิติ (ที่ถูกต้อง) ในการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างเพื่อการวิจัยเชิงปริมาณ ในทางมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 2560; 12(2): 50-61.
8. Chapter 9; Metals and other elements at trace levels in foods. In: Latimer GW, Editor. Official methods of analysis of AOAC International. 19th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC International; 2012. p. 16-37.
9. การศึกษาปริมาณสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ยาสัตว์ สารปนเปื้อน และโลหะหนักในอาหารที่คนไทยบริโภค พ.ศ. 2553-2554. ใน: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประจำปี 2554 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์; 2554. หน้า 72-73.

Study of Heavy Metals in Home-Grown Vegetables in Thailand between 2016 and 2017

Lomsalai Wongchanta Wisitsak Wuthiadirek Junya Buabaan Orawan Pattanakijjarak and Payom Norsiri

Regional Medical Sciences Center 3 Nakhonsawan, Department of Medical Sciences, Amphoe Muang Nakhonsawan 60000, Thailand

ABSTRACT Heavy metals are toxic elements that can contaminate in environment and food chain which potentially effect on human health. This research aimed to study the contamination of heavy metals: arsenic, cadmium and manganese in 6 types of vegetables. Galangal and sweet potato represented the head-rhizomes vegetables, climbing wattle and morning glory represented the stem-leaves vegetables, and chili and eggplant represented the fruit vegetables. The samples were planted in the areas without gold mining in North, Central, South and Northeast regions of Thailand and they were purposive sampled. The samples were collected during flood and dry seasons between 2016 and 2017. The AOAC official method of analysis (2012) used Absorption Spectrophotometer (AAS) was used and the results were compared with the data of the Notification of the Ministry of Public Health No. 414 (B.E. 2563). A total of 192 samples were collected (96 samples in flood and 96 samples in dry season) and the average quantity of arsenic and cadmium in all samples did not exceed the legal limit. The ranges of manganese were 1.700-222.49 mg/kg in galangal, less than 1.000-47.670 mg/kg in potato, not found - 24.700 mg/kg in climbing wattle, not found -24.550 mg/kg in morning glory, 1.13-5.480 mg/kg in chili and less than 1.0-5.910 mg/kg in egg plant. The mean cadmium content in climbing wattle and morning glory collected in the flood season was significantly higher than those of the dry season ($p = 0.025$ and $p = 0.004$) and mean content of manganese in climbing wattle, morning glory and chili collected in the flood season were significantly higher than those of the dry season ($p = 0.014$, $p = 0.013$ and $p = 0.008$, respectively). Therefore, it should have continuously monitoring of the heavy metals in home-grown vegetables for surveillance of heavy metal contamination in the environment.

Keywords: Heavy metals, Arsenic, Cadmium, Manganese, Vegetables