DOI: 10.14456/jem.2021.11

บทความวิจัย / Research

04

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์

THE HEALTH RISK ASSESSMENT OF EXPOSURE TO HEAVY METAL CONTAMINATED IN SOIL OF OPERATORS WHO WORK AT WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT SORTING AND RETAIL SHOPS LOCATED IN BAN DAENG YAI, BAN MAI CHAIYAPHOT DISTRICT, BURIRAM PROVINCE.

ณัฐพงษ์ บุญชุม[a,] ✉ วิชชากร จารุศิริ[b] ณภัทร โพธิ์วัน[b] และ ชูเกียรติ จันทโรจน์[b]
[a]สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมและการจัดการทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[b]คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Nattapong Boonchum[a,] ✉ Witchakorn Charusiri[b] Naphat Phowanb and Chukiad Chantarot[b]
[a]Environmental Technology and Resources Management, Graduate School, Srinakharinwirot University.
[b]Faculty of Environmental Culture and Ecotourism, Srinakharinwirot University.

✉ kimnattapong@hotmail.com

วันที่รับ (received) 7 พ.ค.2564 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 26 ก.ค. 2564 วันที่ตอบรับ (accepted) 2 ส.ค.64

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ เก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีการ Judgment/Biased Sampling บริเวณร้านรับซื้อและคัดแยก 77 แห่ง วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) และเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ผลการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ Independent Samples Test (t-test) ของปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในดินทั้งสองวิธีการพบว่า ปริมาณทองแดง ตะกั่ว สังกะสีไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และปริมาณแคดเมียม นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ทั้งนี้ สารหนูไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้เนื่องจากตรวจไม่พบ ผลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกทั้งสองวิธีการพบว่า ไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตามถึงแม้ผลการประเมินความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยก อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยก ควรมีการเฝ้าระวังและป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน และองค์การบริหารส่วนตำบลตำบลแดงใหญ่ ควรเข้าไปดูแลการดำเนินงานให้ข้อแนะนำในการรับซื้อและการจัดการที่ถูกต้องอย่างสม่ำเสมอ

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ โลหะหนัก ซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

This study aims to assess the health risk of exposure to heavy metal contaminated in soil samples of operators who work at waste electrical and electronic equipment sorting and retail shops which was conducted in Ban Daeng Yai Sub-district, Ban Mai Chaiyaphot district, Buriram Province. Soil samples were collected by using the Judgement/Biased sampling method from 77 retail shops and the amount of heavy metal was analyzed by the X-ray Fluorescence Spectrophotometry technique and Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Independent Samples Test (t-test) was selected to compare statistical differences of heavy metal content in soil detected by both analytical methods. The results showed that there was no difference found for copper, lead, and zinc contents (statistical significance level of 0.05); but the analytical results of cadmium, nickel, manganese, and chromium were different (statistical significance level of 0.05). The correlation to arsenic could not be conducted because they were not detected. The risk assessment of exposure to heavy metal contamination resulting from electrical and electronic equipment sorting and detected by both analytical methods found no harmful health effect. However, retail shop owners should be well aware of the dangers and request staff to wear personal protective gear during working hours. In addition, Daeng Yai Subdistrict Administrative Organization should provide a proper purchasing procedure and handling method for retail shop owners on a regular basis.

Keywords : Health risk assessment, Heavy metal, Waste from Electrical and Electronic Equipment

บทนำ

ปัญหาการเพิ่มจำนวนของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมสภาพจากใช้งานเพื่อตอบสนองความสะดวกสบายของผู้คนในสังคม การนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีประสิทธิภาพต่ำหรือผ่านการใช้แล้วเข้ามาภายในประเทศ รวมถึงพัฒนาการของเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค มีการเปลี่ยนไปตามสมัยนิยมทำให้การพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีสินค้าตกรุ่น หมดอายุการใช้งาน และกลายสภาพเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก จากรายงานสถานการณ์ปัญหาซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2562 มีจำนวน 421,335 ตัน จากปริมาณของเสียอันตรายจากชุมชน 648,208 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 65 ของปริมาณของเสียอันตรายจากชุมชน (Pollution Control Department. (2020) ส่งผลให้ปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มสูงขึ้นทุกปี และข้อมูลการสำรวจโดยกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ.2555 แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่จะขายซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ให้แก่ผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Pollution Control Department. (2012) ซึ่งความเป็นอันตรายมักจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ประกอบกิจการร้านรับซื้อและคัดแยกมีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เหล่านี้อย่างไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น การย่อยแยกชิ้นส่วน การเจาะ การทุบทำลาย เผาเพื่อหลอมโลหะ หรือเผากำจัดส่วนที่เป็นสายไฟหรือแผงวงจรเพื่อให้ได้โลหะมีค่า ทำให้โลหะหนักบางชนิด อาทิ สารตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สารหนู ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ หรือ เซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) และเป็นส่วนประกอบสำคัญในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า มีโอกาสปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งจากการเผาไหม้เกิดเป็นแก๊สของโลหะหนัก หรือแก๊สที่มีองค์ประกอบของสารประกอบพอลิแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เกิดการทำปฏิกิริยากับความชื้นแล้วทำให้เกิดการรั่วซึมและปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมและตกค้างได้เป็นเวลานาน ซึ่งจะส่งผลกระทบสุขภาพอนามัยของประชาชน

พื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบปัญหาจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างไม่ถูกต้อง เนื่องจากประชาชนในพื้นที่ประกอบอาชีพเปิดร้านรับซื้อของเก่าในลักษณะการดำเนินกิจการภายในครัวเรือน โดยทำการรับซื้อภายในหมู่บ้าน รวมถึงตระเวนรับซื้อในพื้นที่จังหวัดใกล้เคียง มีการเทกองซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่านการ คัดแยกที่ไม่มีมูลค่าลงบนพื้นดินบริเวณที่พักอาศัย พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่รกร้างที่เป็นที่ดินส่วนบุคคล แล้วใช้วิธีคัดแยก ย่อยชิ้นส่วน แผงวงจรของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ก่อนที่จะเผาหลอมสายไฟและแผงวงจรให้ได้ส่วนประกอบของโลหะมีค่า อาทิ ทองคำ เงิน ทองแดง อะลูมีเนียม โดยยังขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นอันตรายของโลหะหนัก และไม่มีการสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลระหว่างปฏิบัติงาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบโดยตรงทั้งต่อสุขภาพของผู้ประกอบการ แรงงาน และประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง มีโอกาสได้รับความเสี่ยงจากการสัมผัสความเป็นพิษของโลหะหนัก รวมถึงสารพิษต่าง ๆ ที่อาจมีการสะสมในระบบนิเวศจนเป็นสาเหตุให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ภูมิแพ้ หอบหืด และโรคอันตรายร้ายแรงอื่น ๆ ทั้งการเจ็บป่วยแบบเฉียบพลันและโรคเรื้อรัง จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญในการศึกษาความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์

วิธีการศึกษา

1. เก็บตัวอย่างดิน ด้วยวิธีการ Judgement/Biased Sampling (Department of Industrial Works, 2016) บริเวณจุดถอดแยก และพื้นที่เก็บรวบรวมซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 77 แห่ง ตามที่ขึ้นทะเบียนกับองค์การบริหารส่วนตำบลแดงใหญ่ (2563) โดยใช้พลั่วหรือจอบขุดดินเป็นหลุมรูปคมขวานหรือรูปลิ่มลึกประมาณ 15 เซนติเมตร และใช้พลั่วแซะดินด้านหนึ่งของหลุมให้ได้ดินเป็นแผ่นหนา 2 - 3 เซนติเมตร จำนวน 3 - 5 จุดต่อแห่ง นำมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน เทลงบนผ้าพลาสติก แบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน เก็บดินไว้เพียงส่วนเดียว และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก 8 ชนิด ได้แก่ ทองแดง แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส สังกะสี และสารหนู โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี ดังนี้

1) วิธีการเตรียมและทดสอบตัวอย่างด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) นำตัวอย่างดินที่บดเป็นเนื้อเดียวกันบรรจุลงในภาชนะบรรจุตัวอย่าง ที่ปิดด้วยแผ่นไมล่า โดยให้ปริมาณของตัวอย่างดินมีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร แล้วใช้เครื่องมือ X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น EDX-8000 (ประเทศญี่ปุ่น)

2) วิธีการเตรียมและทดสอบตัวอย่างด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) โดยนำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บดดินตัวอย่างให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปย่อยด้วยกรดไนตริกเข้มข้นพร้อมกับให้ความร้อนจนสารละลายเดือดให้ควันสีน้ำตาล เติมสารละลายกรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริกแล้วให้ความร้อนต่อไปจนสารละลายเดือดให้ควันสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองวอตต์แมน เบอร์ 42 เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตร แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 280FS AA (ประเทศออสเตรเลีย)

เตรียมดินตัวอย่างแล้ววิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิคทั้งสอง ก่อนนำไปหาความแตกต่างทางสถิติ independent samples test (t-test) ของการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักด้วยทั้งสองวิธีการ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

2. เก็บข้อมูลตัวอย่างการวิจัยการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินบริเวณร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่สมัครใจและยินยอมให้ความร่วมมือ และการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (หมายเลขรับรอง SWUEC/E/G-321/2563) โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัยที่มีความครอบคลุมประเด็นตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งทำการเก็บรวบรวมแบบสอบถามแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 77 ราย เพื่อหารูปแบบลักษณะและความสัมพันธ์ของการเสี่ยงสัมผัสโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ศึกษา

ภาพที่ 1: สถานประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ สามารถคำนวณในสมการ (1) และ สมการ (2)

3.1 อัตราการสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก (Charusiri, 2018); (Petroczi & Naughton,2009)

$$I_{oral} = \frac{C_{oral} \times IR \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (1)$$

เมื่อ Ioral คือ ปริมาณสารเคมีเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม-วัน)
Coral คือ ความเข้มข้นของสารเคมีจากฝุ่นดินเข้าทางปาก (มิลลิกรัม/ลิตร)
IR คือ อัตราการรับเข้าทางการรับประทาน (มิลลิกรัม/วัน)
FI คือ สัดส่วนการรับประทานฝุ่นดินเข้าทางปาก
EF คือ ความถี่ของการรับสัมผัส (วัน/ปี)
ED คือ ระยะเวลาของการรับสัมผัส (ปี)
BW คือ น้ำหนักร่างกายของผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัส (กิโลกรัม)
AT คือ ระยะเวลาเฉลี่ยของการรับสารเคมี (วัน)

3.2 ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) (Robert, 1998; Bortey-Sam et al, 2015; Gutiérrez et al, 2017)

$$\text{Hazard Quatient (HQ)} = \frac{\text{CDI (mg/kg-day)}}{\text{RfC (mg/kg-day)}} \quad (2)$$

เมื่อ HQ คือ ค่าสัดส่วนความเสี่ยง
CDI คือ ปริมาณการฝุ่นดินเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (mg/kg-day)
RfC คือ ค่ามาตรฐานกำหนด (mg/kg-day)

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Bortey-Sam et al, 2015) พิจารณาจากค่าสัดส่วนความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยสามารถแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังนี้

HQ มีค่าน้อยกว่า 0.1	หมายถึง ไม่มีอันตราย
HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.0	หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 10	หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง
HQ มีค่ามากกว่า 10	หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

ผลการศึกษา

จากการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 77 ราย และนำมาประมวลผล แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1: คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม

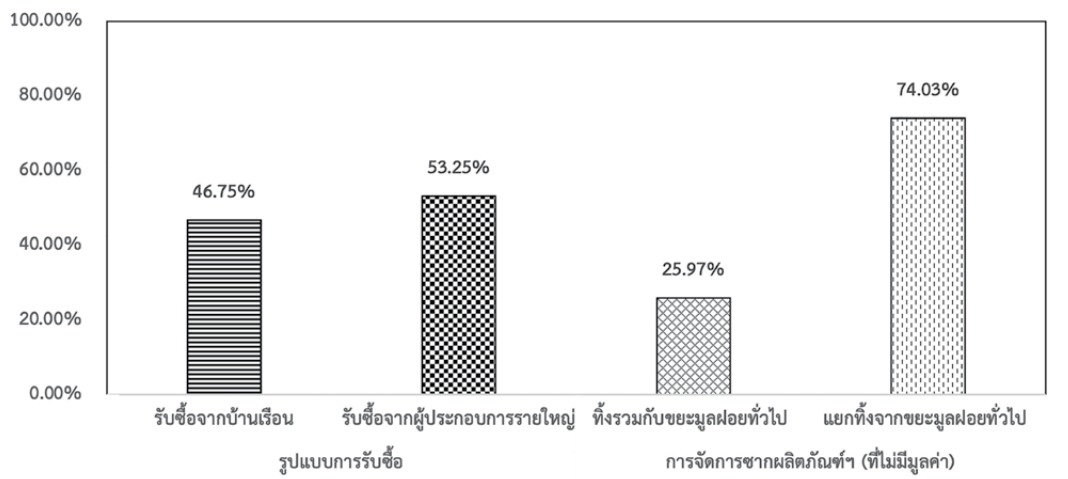
คุณลักษณะของผู้ตอบแบสอบถาม		จำนวน	ร้อยละ
เพศ			
	ชาย	39	50.65
	หญิง	38	49.35
อายุ			
	ต่ำกว่า 20 ปี	-	-
	21 - 35 ปี	6	7.79
	36 – 50 ปี	33	42.86
	51 - 60 ปี	31	40.26
	61 ปีขึ้นไป	7	9.09
น้ำหนักตัว			
	ต่ำกว่า 30 กิโลกรัม	-	-
	31 - 50 กิโลกรัม	19	24.68
	51 - 70 กิโลกรัม	52	67.53
	71 - 90 กิโลกรัม	6	7.79
	91 กิโลกรัมขึ้นไป	-	-
สถานภาพในครอบครัว			
	หัวหน้าครอบครัว	54	70.13
	ผู้อยู่อาศัย	23	29.87
ระดับการศึกษา			
	ประถมศึกษา	53	68.83
	มัธยมศึกษาตอนต้น	20	25.97
	มัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า	2	2.60
	อนุปริญญาหรือเทียบเท่า	1	1.30
	ปริญญาตรี	1	1.30
ตำแหน่งงาน			
	เจ้าของกิจการ	70	90.90
	ลูกจ้าง	7	9.10

คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถาม		จำนวน	ร้อยละ
ระยะเวลาประกอบอาชีพคัดแยกซากผลิตภัณฑ์			
	น้อยกว่า 1 ปี	-	-
	1 – 3 ปี	33	42.86
	4 – 6 ปี	43	55.84
	7 – 10 ปี	1	1.30
	11 – 15 ปี	-	-
	16 ปีขึ้นไป	-	-
รายได้สุทธิของครอบครัว			
	ต่ำกว่า 10,000 บาท/เดือน	23	29.87
	10,001 - 20,000 บาท/เดือน	47	61.03
	20,001 - 30,000 บาท/เดือน	7	9.10
	30,001 - 40,000 บาท/เดือน	-	-
	40,001 บาท/เดือน ขึ้นไป	-	-
การตรวจสุขภาพ			
	เคยตรวจสุขภาพ	73	94.81
	ไม่เคยตรวจสุขภาพ	4	5.19
โรคประจำตัว			
	มีโรคประจำตัว	20	25.97
	ไม่มีโรคประจำตัว	57	74.03

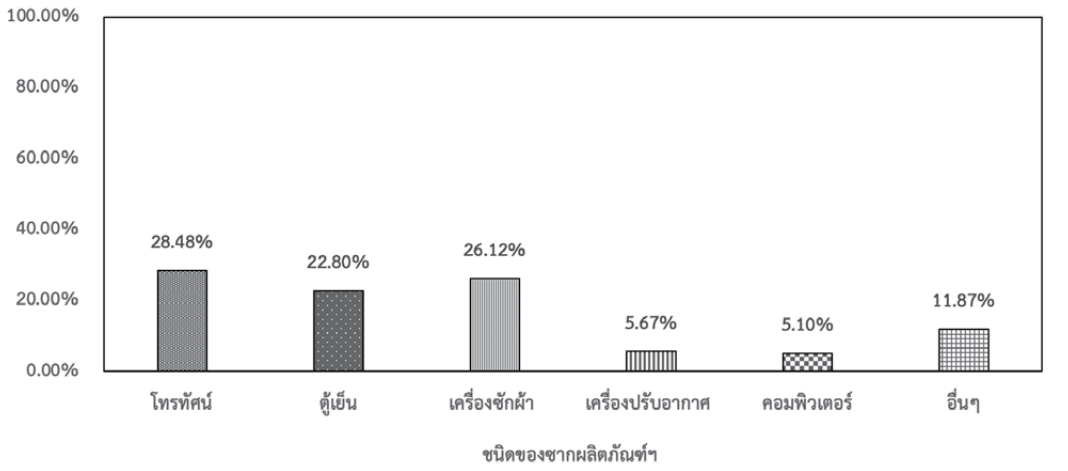
ตารางที่ 1 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชาย (ร้อยละ 50.65) และเพศหญิง (ร้อยละ 49.35) ในด้านอายุกลุ่มตัวอย่างมีอายุระหว่าง 36 - 50 ปี มากที่สุด (ร้อยละ 42.86) รองลงมามีอายุระหว่าง 51 – 60 ปี (ร้อยละ 40.26) อายุ 61 ปีขึ้นไป (ร้อยละ 9.09) และระหว่าง 21 - 35 ปี (ร้อยละ 7.79) ตามลำดับ และมีน้ำหนักตัวส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 51 - 70 กิโลกรัม (ร้อยละ 67.53) รองลงมามีน้ำหนักตัวระหว่าง 31 - 50 กิโลกรัม (ร้อยละ 24.68) และระหว่าง 71 - 90 กิโลกรัม (ร้อยละ 7.79) ตามลำดับ มีสถานภาพการอยู่อาศัยในครอบครัวสูงสุดเป็นหัวหน้าครอบครัว (ร้อยละ 70.13) และสถานภาพผู้อยู่อาศัย (ร้อยละ 29.87) และส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาสูงสุดในระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 68.83) รองลงมามีระดับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ร้อยละ 25.97) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือเทียบเท่า (ร้อยละ 2.60) ระดับอนุปริญญาหรือเทียบเท่า (ร้อยละ 1.30) และระดับปริญญาตรี (ร้อยละ 1.30) ตามลำดับทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเจ้าของกิจการ (ร้อยละ 90.90) และเป็นลูกจ้าง (ร้อยละ 9.10) ตามลำดับ โดยมีระยะเวลาประกอบอาชีพคัดแยกซากผลิตภัณฑ์มากที่สุดระหว่าง 4 - 6 ปี (ร้อยละ 55.84) รองลงมาระหว่าง 1 - 3 ปี (ร้อยละ 42.86) และระหว่าง 7 - 10 ปี (ร้อยละ 1.30) ตามลำดับ ใน

ส่วนของรายได้สุทธิของครอบครัวต่อเดือนพบสูงสุดอยู่ระหว่าง 10,001 - 20,000 บาท (ร้อยละ 61.03) รองลงมาต่ำกว่า 10,000 บาท (ร้อยละ 29.87) และระหว่าง 20,001 - 30,000 บาท (ร้อยละ 9.10) ตามลำดับ โดยผู้ตอบแบบสอบถามเคยตรวจสุขภาพ (ร้อยละ 94.81) และไม่เคยตรวจสุขภาพ (ร้อยละ 5.19) และพบว่าไม่มีโรคประจำตัว (ร้อยละ 74.03) และมีโรคประจำตัว (ร้อยละ 25.97) ตามลำดับ

ผลการศึกษารูปแบบการรับซื้อซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ประกอบการ พบว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่รับซื้อจากผู้ประกอบการรายใหญ่ (ร้อยละ 53.25) และรับซื้อจากบ้านเรือน (ร้อยละ 46.75) และมีวิธีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีมูลค่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่แยกทิ้งจากขยะมูลฝอยทั่วไป และให้องค์การบริหารส่วนตำบลดำเนินการจัดการ (ร้อยละ 74.03) และทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไป และให้องค์การบริหารส่วนตำบลดำเนินการจัดการ (ร้อยละ 25.97) ซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่าประเภทซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีการรับซื้อมากที่สุด คือ โทรทัศน์ (ร้อยละ 28.47) รองลงมาคือเครื่องซักผ้า (ร้อยละ 26.12) ตู้เย็น (ร้อยละ 22.80) เครื่องปรับอากาศ (ร้อยละ 5.67) คอมพิวเตอร์ (ร้อยละ 5.10) และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ (ร้อยละ 11.83) แสดงในภาพที่ 2 และภาพที่ 3



ภาพที่ 2: รูปแบบการรับซื้อ และวิธีการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 3: ชนิดของซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่รับซื้อ

การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแบบสอบถาม พบว่า ผู้ประกอบการมีความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมในการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับระดับการศึกษาของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ส่วนใหญ่จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา จึงเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อองค์ความรู้เกี่ยวกับความเป็นอันตรายจากสารโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด และการปฏิบัติตนที่ถูกสุขลักษณะ รวมทั้งใช้วิธีการคัดแยก ย่อย และเผาหลอมซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมของชุมชนที่มักเทกองซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่านการคัดแยกที่ไม่มีมูลค่าลงบนพื้นดินบริเวณที่พักอาศัย พื้นที่เกษตรกรรม และรกร้างที่เป็นที่ดินส่วนบุคคล แยกย่อยแผงวงจร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ด้วยวิธีการเผาหลอมโดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ส่วนประกอบที่มีโลหะหนักในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดการสลายตัวเป็นแก๊สโลหะหนัก ฝุ่นของโลหะหนัก รวมถึงวัสดุอุปกรณ์บางชนิดเมื่อสัมผัสกับความชื้นแล้วสามารถเกิดการรั่วซึมปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่พื้นดิน เกิดการสะสมและตกค้างเป็นระยะเวลานานในสิ่งแวดล้อม ทำให้ประชาชนในพื้นที่ ผู้ประกอบการและแรงงานในร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสรับสัมผัสโลหะหนักเหล่านั้นแล้วเกิดเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาวะของประชาชนทั้งแบบเฉียบพลัน หรือเรื้อรัง หรือมีโอกาสเป็นมะเร็งได้ในระยะยาว ผู้วิจัยได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) และเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ในดินบริเวณ

ร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 77 แห่ง ตามที่ขึ้นทะเบียนกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนัก 8 ชนิด ได้แก่ ทองแดง แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว นิกเกิล แมงกานีส สังกะสี และสารหนู และรายงานผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม (Pollution Control Department, 2004)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) ตรวจพบทองแดง จำนวน 70 แห่ง มีค่าสูงสุด 2,030.96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 3.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าเกินค่ามาตรฐานของประเทศเนเธอร์แลนด์ (intervention value) จำนวน 4 แห่ง ตรวจพบตะกั่ว จำนวน 13 แห่ง มีค่าสูงสุด 512.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 19.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ประเทศไทย จำนวน 1 แห่ง ตรวจพบสังกะสี จำนวน 68 แห่ง มีค่าสูงสุด 768.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 7.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าเกินค่ามาตรฐานของประเทศเนเธอร์แลนด์ (intervention value) จำนวน 1 แห่ง ตรวจไม่พบแคดเมียม ตรวจพบนิกเกิล จำนวน 3 แห่ง ค่าสูงสุด 15.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 10.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบแมงกานีส จำนวน 77 แห่ง มีค่าสูงสุด 817.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 49.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบโครเมียม จำนวน 26 แห่ง มีค่าสูงสุด 83.37 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 17.54 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และตรวจไม่พบสารหนู

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ตรวจพบทองแดง จำนวน 76 แห่ง มีค่าสูงสุด 1,780.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าเกินค่ามาตรฐานของประเทศเนเธอร์แลนด์ (intervention value) จำนวน 5 แห่ง ตรวจพบตะกั่วจำนวน 1 แห่ง มีค่าเท่ากับ 363 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบสังกะสี จำนวน 52 แห่ง มีค่าสูงสุด 715.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 0.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบแคดเมียม จำนวน 31 แห่ง มีค่าสูงสุด 5.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 0.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบนิกเกิล จำนวน 27 แห่ง มีค่าสูงสุด 11.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 0.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบแมงกานีส จำนวน 77 แห่ง มีค่าสูงสุด 659.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 18.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด ตรวจพบโครเมียม จำนวน 77 แห่ง มีค่าสูงสุด 379.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าต่ำสุด 9.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่าเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมของประเทศไทย (Pollution Control Department, 2004) จำนวน 4 แห่ง และตรวจไม่พบสารหนู

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนัก ระหว่างเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) กับ เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) สามารถนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติ Independent Samples Test (t-test) แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2: การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในดิน ระหว่างเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) กับ เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

โลหะหนัก		วิธีการวิเคราะห์
ทองแดง (Cu)	t-test	.899
	Sig. (2-tailed)	.370
	แปลผล	ไม่แตกต่างกัน
ตะกั่ว (Pb)	t-test	.787
	Sig. (2-tailed)	.432
	แปลผล	ไม่แตกต่างกัน
สังกะสี (Zn)	t-test	.573
	Sig. (2-tailed)	.567
	แปลผล	ไม่แตกต่างกัน
แคดเมียม (Cd)	t-test	-4.432*
	Sig. (2-tailed)	.000
	แปลผล	แตกต่างกัน
นิกเกิล (Ni)	t-test	-2.236*
	Sig. (2-tailed)	.027
	แปลผล	แตกต่างกัน
แมงกานีส (Mn)	t-test	2.972
	Sig. (2-tailed)	.003*
	แปลผล	แตกต่างกัน
โครเมียม (Cr)	t-test	-16.706*
	Sig. (2-tailed)	.000
	แปลผล	แตกต่างกัน
สารหนู (As)	t-test	ไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้เนื่องจากตรวจไม่พบสารหนู (As)
	Sig. (2-tailed)	
	แปลผล	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ตารางที่ 2 พบว่าความแตกต่างของปริมาณโลหะหนัก ระหว่างเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) กับ เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) มีปริมาณทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และปริมาณแคดเมียม นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และปริมาณสารหนู ไม่สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างได้เนื่องจากตรวจไม่พบปริมาณของโลหะหนัก เมื่อการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในดินบริเวณร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ระหว่างเทคนิค 2 วิธีการ ได้แก่ ปริมาณแคดเมียม นิกเกิล แมงกานีส และโครเมียม มีความแตกต่างกัน โดยอาจขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมตัวอย่างในการวิเคราะห์ในระดับห้องปฏิบัติการ เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ AAS มีกระบวนการในการเตรียมตัวอย่างหลายขั้นตอนอาจส่งผลให้มีการปนเปื้อนสารโลหะหนักที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่อาจเกิดจากขั้นตอนของการเตรียมตัวอย่าง ในขณะที่เทคนิค XRF มีกระบวนการในการเตรียมตัวอย่างที่ไม่ซับซ้อนและมีความเสี่ยงในการปนเปื้อนสารโลหะหนักจากภายนอกได้น้อยกว่า วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค XRF มีความเหมาะสมทั้งในแง่ของการลดขั้นตอนและการปนเปื้อนในการเตรียมตัวอย่าง ระยะเวลาในการวิเคราะห์ผล และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่ต่ำกว่าเทคนิค AAS

เมื่อใช้ข้อมูลจากลักษณะและความสัมพันธ์ของการเสี่ยงสัมผัสโลหะหนักจากคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ศึกษา พบว่า ผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่คัดแยกด้วยมือเปล่า ไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน มีการคัดแยกบนพื้นดินในบริเวณที่พักอาศัย ไม่มีการปูพื้นคอนกรีต ซึ่งมีโอกาสที่จะรับสัมผัสโลหะหนักทั้งในขั้นตอนระหว่างการแยกย่อยแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือสัมผัสโลหะหนักที่ปนเปื้อนสะสมในสิ่งแวดล้อม (Petroczi & Naughton, 2009) โดยเมื่อนำปริมาณของโลหะหนักที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิค XDF มาประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสจากพฤติกรรมและการดำรงชีวิตปกติของชาวบ้านในพื้นที่ศึกษา พบว่าโอกาสการปนเปื้อนของโลหะหนักในพื้นที่ศึกษาสามารถเข้าสู่ร่างกายของชาวบ้านได้ทางปากจากการบริโภคอาหารในชีวิตประจำวัน (Gutiérrez et al, 2017; Goumenou et al, 2019) สามารถนำมาประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนัก (Sullivan, 1992; Robert, 1998; LaGrega, 2001; Bortey-Sam et al, 2015) จากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3: การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของการตรวจหาโลหะหนักด้วยเทคนิค XRF

ความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนัก		
ทองแดง	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	40.63
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.2
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
ตะกั่ว	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	4.79
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
สังกะสี	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	29.71
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
แคดเมียม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.00
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
นิกเกิล	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.21
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
แมงกานีส	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	61.52
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
โครเมียม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	8.63
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
สารหนู	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.00
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
ภาพรวม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	18.2
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย

หมายเหตุ; HQ มีค่าน้อยกว่า 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.0 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง HQ มีค่ามากกว่า 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 77 แห่ง ด้วยเทคนิค XRF พบว่าปริมาณทองแดง มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 40.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.2 จึงมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพในระดับต่ำ ปริมาณตะกั่ว มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 4.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณสังกะสี มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 29.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณแคดเมียม มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณนิกเกิล มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณแมงกานีส มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 61.52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณโครเมียม มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 8.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ และปริมาณสารหนู มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ทำให้สามารถประเมินปริมาณของโลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเข้าสู่ร่างกายด้วยเส้นทางรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักหรือการรับสัมผัสจากฝุ่นของดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายทางปาก จึงมีค่าเท่ากับ 18.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ

ตารางที่ 4: การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคนิค AAS

ความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนัก		
ทองแดง	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	27.09
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.1
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
ตะกั่ว	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	2.02
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
สังกะสี	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	25.78
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
แคดเมียม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.19
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
นิกเกิล	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.61
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
แมงกานีส	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	36.76
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
โครเมียม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	70.70
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.2
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ
สารหนู	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	0.00
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย
ภาพรวม	การเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทาน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน)	20.40
	ค่าสัดส่วนความเสี่ยง (Hazard Quotient: HQ)	0.0
	ระดับความเสี่ยงการรับสัมผัสจากการกินฝุ่นดินเข้าทางปาก	ไม่มีอันตราย

หมายเหตุ; HQ มีค่าน้อยกว่า 0.1 หมายถึง ไม่มีอันตราย HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 1.0 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับต่ำ HQ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.1 ถึง 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับปานกลาง HQ มีค่ามากกว่า 10 หมายถึง มีอันตรายอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ พื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 77 แห่ง ด้วยเทคนิค AAS พบว่าปริมาณทองแดง มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 27.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน และมีค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.1 มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัส จึงมีอันตรายต่อสุขภาพในระดับต่ำ ปริมาณตะกั่ว มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 2.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณสังกะสี มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 25.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณแคดเมียม มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณนิกเกิล มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณแมงกานีส มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 36.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ปริมาณโครเมียม มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 70.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.2 จึงมีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพในระดับต่ำ และปริมาณสารหนู มีค่าการเข้าสู่ร่างกายทางการรับประทานเท่ากับ 0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อพิจารณาปริมาณโลหะหนักที่ตรวจหาด้วยเทคนิค AAS พบว่ามีค่ามากกว่าวิธีการตรวจหาด้วยเทคนิค XRD โดยปริมาณของโลหะหนักที่มีโอกาสปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่เสี่ยงต่อการเข้าสู่ร่างกายด้วยเส้นทางรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักหรือการรับสัมผัสจากฝุ่นของดินที่มีการปนเปื้อนโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายทางปาก มีค่าเท่ากับ 20.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน ค่าสัดส่วนความเสี่ยงเท่ากับ 0.0 จึงไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพ และเมื่อพิจารณาการศึกษาประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ด้วยวิธีการตรวจหาโลหะหนักด้วยเทคนิคเอ็กเรย์ดิฟแฟรกชั่นและเทคนิคอะตอมมิกแอดซอร์บชัน พบว่า การปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

ผลการประเมินการรับสัมผัสสารอันตรายจากซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และวิธีการจัดการ ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธี XRF ตรวจพบทองแดง ตะกั่ว สังกะสี นิกเกิล แมงกานีส และโครเมียม ตรวจไม่พบแคดเมียม และสารหนู และเมื่อใช้เทคนิค AAS ตรวจพบทองแดง ตะกั่ว สังกะสี นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม และแคดเมียม ตรวจไม่พบสารหนู ในดินบริเวณร้านรับซื้อ และคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์สอดคล้องกับ

ผลการศึกษาของ Saetang, Rojanpraiwong, Mooksuwan, & Pratumchat (2009) ที่ศึกษาผลกระทบและแสวงหาแนวทางการจัดการขยะอย่างมีส่วนร่วม กรณี ตำบลโคกสะอาด อำเภอฆ้องชัย จังหวัดกาฬสินธุ์ ตรวจพบตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล แมงกานีส สารหนู ในดินในพื้นที่คัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ และรายงานผลการตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักจากการประกอบกิจการถอดแยกซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่แหล่งชุมชน ปี พ.ศ. 2563 (Pollution Control Department, 2020) ตรวจพบทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส และโครเมียม ในบริเวณบ้านเรือนของผู้ประกอบกิจการถอดแยกซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ บริเวณพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ทั้งนี้ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ส่วนงานวิจัยนี้ใช้การประเมินความเสี่ยงการรับสัมผัสของการปนเปื้อนโลหะหนักจากการคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ด้วยเทคนิค XRF และเทคนิค AAS พบว่าไม่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสที่มีอันตรายต่อสุขภาพจากการโอกาสการสัมผัสฝุ่นของโลหะหนักหรือการปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารแล้วรับประทานเข้าไปทางปาก สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Konjanawan, Satrabhan, Khunchalee. & Prueksasit (2020) ที่ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้รื้อแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่สัมผัสโลหะหนักผ่านทางผิวหนังในจังหวัดบุรีรัมย์ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสผ่านมือทั้งสองข้างของโลหะหนักที่จัดเป็นสารไม่ก่อมะเร็ง ยังไม่พบโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยพบผู้ประกอบกิจการถอดแยกซากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีการสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kuntawee et al (2020) ศึกษาการรับสัมผัสสารโลหะหนักในการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย ซึ่งประเมินความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสสารโลหะหนักจากการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์กับความชุกของโรคหอบหืด โดยเก็บฝุ่นละอองจากบ้านเรือน ฝุ่นในอากาศ เลือด และปัสสาวะจากประชาชนในพื้นที่ที่ดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์ในจังหวัดอุบลราชธานี และพื้นที่สำหรับทำเกษตรกรรม พบว่า ความเข้มข้นของโครเมียม ปรอท นิกเกิล และตะกั่วในฝุ่นจากบ้านเรือน และฝุ่นในอากาศมีค่าสูงขึ้นในสถานที่ดำเนินกิจกรรมเกี่ยวกับการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งนี้ ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการรับสัมผัสสารโลหะกับความชุกของโรคหอบหืด แต่ควรใช้มาตรการควบคุมเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับโลหะหนักในระยะยาว

แม้ว่าผลการประเมินความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จะอยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่สภาพปัจจุบันของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยังให้แรงงานคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การเทกองซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ผ่านการคัดแยกที่ไม่มีมูลค่าลงบนพื้นดินบริเวณที่พักอาศัย พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่รกร้างที่เป็นที่ดินส่วนบุคคล และทิ้งรวมกับขยะมูลฝอยทั่วไป รวมถึงมีการแยกย่อย เผาหลอมซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีโอกาสปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยง่าย และแรงงานส่วนใหญ่ยังมีพฤติกรรมไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลระหว่างปฏิบัติงาน จึงมีโอกาสรับสัมผัสไอพิษของแก๊สโลหะหนักฝุ่นของโลหะหนักได้โดยตรงซึ่งจะมีผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบเฉียบพลันและเรื้อรัง ดังนั้น ผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงานตลอดเวลา ควรปรับปรุงสถานที่คัดแยกให้ถูกสุขลักษณะไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารโลหะหนักลงสู่สิ่งแวดล้อม และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเข้าไปดูแลการดำเนินงานให้ข้อแนะนำ รวมถึงติดตามผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่ประกอบกิจการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างสม่ำเสมอ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประสบความสำเร็จและมีความยั่งยืน จากผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักปนเปื้อนในดินของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสโลหะหนักของผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ในระดับไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพแต่ผู้ประกอบการร้านรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ควรมีการเฝ้าระวังและสวมอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะปฏิบัติงาน

2. สำหรับผู้วิจัยที่จะทำการศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการรับสัมผัสของผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในพื้นที่ตำบลแดงใหญ่ อำเภอบ้านใหม่ไชยพจน์ จังหวัดบุรีรัมย์ ควรศึกษาในเชิงลึกด้านสาเหตุของปัญหาสุขภาพของผู้ประกอบการรับซื้อและคัดแยกซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเด็นการเกิดโรคที่เกี่ยวกับโลหะหนักและสารเคมีที่เกิดจากกิจกรรมดังกล่าว เพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ในการดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. สำหรับผู้วิจัยที่จะทำการศึกษาในลักษณะเดียวกันนี้ควรมีพิจารณาการใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ที่เหมาะสม ซึ่งจากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเสนอให้ใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry ในการวิเคราะห์ เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวเป็นการสกัดตัวอย่างดินโดยใช้กรดเข้มข้นซึ่งจะสามารถสกัดสารโลหะหนักได้มากกว่าการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry และสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารโลหะหนักที่มีปริมาณน้อยได้ดีกว่า ดังนั้นวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry มีความเหมาะสมในการใช้ติดตามตรวจสอบตัวอย่างทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีความละเอียดและแม่นยำ

เอกสารอ้างอิง

Announcement of the National Environment Committee issue 25 (2004). soil quality standards. *the government gazette*, *121*(119), 170 - 181.

Pollution Control Department. (2020). *heavy metal contaminated in soil of operators who work at waste electrical and electronic equipment sorting and retail shops located in Ban Daeng Yai, Ban Mai Chaiyaphot District, Buriram Provincn.* report. Bangkok: Pollution Control Department.

Pollution Control Department. (2020). *Report of the situation of hazardous waste from the community 2019.* Bangkok: Pollution Control Department.

Pollution Control Department. (2012). *Guidelines for the Evaluation of waste from electrical and electronic equipments assessment project*. Bangkok :Pollution Control Department.

Department of Industrial Works. (2016). *Guide to Survey and Inspection of Contamination in Soil and Ground Water from Industrial Works*. Bangkok: Department of Industrial Works.

Konjanawan, K., Satrabhan, N., Khunchalee, K., & Prueksasit, T. (2020). Health Risk Assessment of Electronic Waste Dismantling Workers Exposed to Heavy Metals via Dermal Absorption in Burirum Province. *Journal of Safety and Health*, *13*(2), 18 – 31.

Saetang, P., Rojanpraiwong, S., Mooksuwan, W., & Pratumchat S., (2009). *A preliminary workshop to study the impact and seek a participatory waste management approach In the case of Khok Sa-at Subdistrict, Khong Chai district, Kalasin Province*. Ecological Alert and Recovery-Thailand. The Asia Foundation (Thailand).

Charusiri, W. (2018). *Hazardous and Industrial Waste Management*. Bangkok: Uptoyou service company limited.

Ministry of VRIOM. (2013). *Soil Remediation Circular 2013. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (Netherlands).* Retrieved January 10, 2021, form https://esdat.net.

Blackman, W.C. Jr. (2001). *Basic Hazardous Waste Management*, 3rd ed. CRC Press.

LaGrega M.D., Buckingham P.L. and Evans J.C. (2001). *Hazardous Waste Management*. 2nd ed. McGraw-Hill.

Roberts, S.M. and Teaf, C.M. (1998). *Hazardous Waste Incineration: Evaluating the Human Health and Environmental Risks*. CRC Press.

Sullivan, J.B. and Kreiger, G.R. (1992). *Hazardous Materials Technology: Clinica; Principles of Environmental Health.* Willium & Wilkins.

A. Petroczi, D. P. Naughton (2009). Mercury, cadmium and lead contamination in seafood: A comparative study to evaluate the usefulness of Target Hazard Quotients. *Food and Chemical Toxicology*, *47*(2), 298-302.

N. Bortey-Sam, S.-M.M. Nakayama, Y. Ikenaka, O. Akoto, E. Baidoo, Y.B., Yohannes, H. Mizukawa, M. Ishizukaa. (2015). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 111, 160-167.

A.J. Gutiérrez, C. Rubio, I.M. Moreno, A.G. González, D. Gonzalez-Weller, N. Bencharki, A. Hardisson, C. Reverte. (2017). Estimation of dietary intake and target hazard quotients for metals by consumption of wines from the Canary Islands. *Food and Chemical Toxicology*, 108, 10-18.

M. Goumenou, A. Tsatsakis. (2019). Proposing new approaches for the risk characterisation of single chemicals and chemical mixtures: The source related Hazard Quotient (HQS) and Hazard Index (HIS) and the adversity specific Hazard Index (HIA). *Toxicology Reports* 6, 632-636.

Kuntawee, C., Tantrakarnapa, K., Limpanont, Y., Lawpoolsri, S., Phetrak, A., Mingkhwan, R., Worakhunpiset, S. (2020). Exposure to Heavy Metals in Electronic Waste Recycling in Thailand. Int. J. Environ. Res. *Public Health*, 17, 2996.