

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักประเภทใบ
ที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วและแคดเมียม:
กรณีศึกษาเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

ปิยะดา วชิระวงศกร* สิริรัตน์ รอดขาว และเจนจิรา ช่วยปูน
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
*corresponding author e-mail: piyada33@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักประเภทใบที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วและแคดเมียมบริเวณเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย โดยผักที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการปนเปื้อนสารตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนมี 5 ชนิด คือ ผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม และผักชีฝรั่ง และทำการสอบถามข้อมูลการบริโภคผักของประชาชนรวมทั้งหมด 450 คน ผลการศึกษา พบว่าค่าความปลอดภัยจากการบริโภคผักที่ปนเปื้อนสารตะกั่วมีค่าอยู่ในช่วง 0.35-0.79 ซึ่งถือว่าไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ค่าความปลอดภัยจากการบริโภคผักที่ปนเปื้อนแคดเมียมมีเกินค่ามาตรฐานและก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.11-2.22 สำหรับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งจากการบริโภคผักที่ปนเปื้อนแคดเมียมที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0015-0.0030 นั้น จะเห็นได้ว่าค่าเกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถรับได้ตลอดชีวิตแล้ว ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน

คำสำคัญ: ตะกั่ว แคดเมียม ผัก ความเสี่ยงต่อสุขภาพ การประเมินการรับสัมผัสสาร

HEALTH RISK ASSESSMENT ASSOCIATED WITH LEAD AND CADMIUM
CONTAMINATED VEGETABLE CONSUMPTION: CASE STUDY
IN THE LOWER NORTHERN PART OF THAILAND

Piyada Wachirawongsakorn*, Sirinrat Rodkhao and Janejira Chouypun
Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University
*corresponding author e-mail: piyada33@hotmail.com

Abstract

This study aims to assess the health risk related to consumption of lead and cadmium contaminated vegetable in the northern part of Thailand. Five species of leaf vegetables including Chinese kale, cabbage, Chinese cabbage, lettuce and parsley were analyzed for lead and cadmium contamination. The information on vegetable consumption of 450 public inquiries was interviewed. The results showed that margin of safety values (HQ) according to consumption of lead contaminated vegetables

ranged between 0.35-0.79 which was not significant health risk, while HQ according to consumption of cadmium contaminated vegetables exceeded standard and impacted on human health which ranged between 1.11-2.22. For the potential cancer risk of life time average exposure dose of cadmium ingestion of each leaf vegetable, it was between 0.0015-0.0030, which exceeded cadmium carcinogen potency slope of 0.001 mg/kg/d.

Keywords: lead, cadmium, vegetable, health risk, exposure assessment

บทนำ

ผักเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อร่างกายของเราเป็นอย่างมาก เนื่องจากผักมีคุณค่าทางอาหารสูง รวมทั้งเป็นแหล่งวิตามิน โปรตีนและแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะธาตุเหล็กและแคลเซียม แป้งและน้ำตาล เป็นแหล่งพลังงานและให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย (ชไมพร, 2555) ผักยังมีคุณสมบัติช่วยให้ระบบอาหารของร่างกายลดสภาพความเป็นกรดโดยสาเหตุมาจากการย่อยอาหารประเภทเนื้อสัตว์ เนยและอื่น ๆ เซลลูโลสและไฟเบอร์ช่วยในระบบย่อยและระบบขับถ่ายของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ลดการเป็นโรคลำไส้และมะเร็งในลำไส้ใหญ่ อีกทั้งยังมีผลต่อการลดปริมาณคอเลสเตอรอล ช่วยลดความอ้วน ช่วยป้องกันโรคไตตั้งอีกเสบ (กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม, 2542) ดังนั้นหากขาดอาหารประเภทผักหรือเราได้รับไม่เพียงพอจะทำให้ร่างกายอ่อนแอ ทำให้มีความต้านทานต่อโรคลดลง นอกจากนี้จะมีความสำคัญในฐานะเป็นแหล่งอาหารที่มีความจำเป็นต่อร่างกายอย่างมากแล้ว ผักผักยังเป็นสินค้าที่สำคัญและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล เนื่องจากพืชผักที่ผลิตออกมานั้นจะต้องเพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งตลาดพืชผักภายในประเทศไทยยังต้องการพืชผักแต่ละชนิดที่แตกต่างกันไปตามพฤติกรรมและรสนิยมของผู้บริโภค และยังเป็นสินค้าส่งออกต่างประเทศที่สำคัญอีกด้วย (วิภา และคณะ, 2547) ด้วยความนิยมบริโภคผักของคนไทย รวมถึงความสำคัญในแง่เศรษฐกิจตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ทำให้เกษตรกรพยายามทำการเกษตรเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เป็นผลทำให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันมากเพื่อให้ได้พืชผักที่มีผลผลิตที่ดีส่งออกตลาดที่ได้กำไรสูง ซึ่งการใช้สารเคมีเหล่านี้อย่างต่อเนื่องในที่ดินทำการเกษตรจะเป็นสาเหตุให้เกิดการแพร่กระจายและปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและน้ำ ทำให้เกิดสารตกค้างในพืชเป็นส่วนใหญ่และเมื่อเกษตรกรเก็บพืชผักมาขายตามท้องตลาด ก็จะทำให้ผู้บริโภคผักที่ซื้อผักดังกล่าวได้รับสารพิษตกค้างในร่างกาย ผลที่ตามมาคือมีผลเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ตามมาได้ (โยธิน, 2542) ซึ่งในบรรดาสารมลพิษต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม โลหะหนักนับว่าเป็นสารพิษประเภทหนึ่งที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และโลหะหนักก็สามารถเข้าไปสะสมอยู่ในพืชผักและจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นได้ตามห่วงโซ่อาหาร เมื่อได้รับเข้าไปสะสมในร่างกายเกินกว่าที่ร่างกายจะสามารถกำจัดสารพิษได้หมดทำให้เกิดการล้มป่วยหรือตายในที่สุด (สุพรรณษา และสุนิสสา, 2555)

โลหะหนักประเภทตะกั่วและแคดเมียมมักจะพบเป็นส่วนผสมหรือปนเปื้อนอยู่ในปุ๋ยเคมีและสารเคมีที่ใช้ในการทำการเกษตร โดยพบว่ามีการศึกษาวิจัยการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในพืชผักจำนวนมากที่ผ่านมา เช่น วีรยา และคณะ (2548) พบว่ามีตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนในผักคะน้ามีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับชินวัฒน์ (2555) พบการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผักกะเพรา ชিং ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ผักบุ้ง โหระพา ผักชีฝรั่ง ต้นหอม และผักชี ในขณะที่ทับทิม และปิยะดา

(2555) พบว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและหอมแดง โดยเฉพาะตะกั่วและแคดเมียมที่มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เป็นต้น ดังนั้น หากผู้บริโภครับประทานพืชผักที่มีการสะสมของตะกั่วและแคดเมียม ก็จะทำให้เกิดการสะสมสารพิษดังกล่าวในร่างกายตามไปด้วย โดยพิษของตะกั่วนั้นจะเป็นอันตรายต่อระบบสมอง ระบบประสาท ไชสันหลัง และโรคโลหิตจาง ทำให้ความจำเสื่อมเป็นอันตรายต่อไตทำให้ไตล้มเหลว และถ้าหากรับเข้าไปในร่างกายในปริมาณที่มากอาจทำให้เสียชีวิตได้ สำหรับแคดเมียมพบว่าเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิตโดยจะไปจับกับแกมมาโกลบูลิน (gamma-globulin) และมีแคดเมียมบางส่วนไปจับกับฮีโมโกลบิน หรือ เมทัลโลไธโอนีน (metallothionein) ในเม็ดเลือดแดง โดยแคดเมียมส่วนใหญ่ไปสะสมอยู่ในไตและบางส่วนไปสะสมที่ตับอ่อนและต่อมไทรอยด์ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ หากได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงอย่างเฉียบพลันก็อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย ปวดศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ มีน้ำลายไหล ปวดท้อง ซ็อก มีอาการเจ็บหน้าอก หายใจสั้น มีกลิ่นโลหะในปาก ไอมีเสมหะเป็นฟองหรือมีเสมหะเป็นเลือด อ่อนเพลีย ปวดเจ็บขา ต่อมาปัสสาวะจะเริ่มน้อยลงและมีไข้ จากนั้นจะเกิดอาการปอดอักเสบ จากนั้นตับและไตจะถูกทำลาย (กระทรวงสาธารณสุข, 2553)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของปัญหาสุขภาพของคนไทยจึงได้ทำการศึกษาศึกษาการปนเปื้อนของสารตะกั่วและแคดเมียมในผักประเภทใบที่วางจำหน่ายในตลาดสด และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อการบริโภคผักประเภทใบดังกล่าว ซึ่งในการศึกษารั้งนี้จะดำเนินการในบริเวณเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย 9 จังหวัด ได้แก่ อุดรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก ตาก กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์ อุทัยธานีและนครสวรรค์ เพื่อให้ผลการศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อให้ประชาชนมีแนวทางในการเลือกซื้อผักที่สะอาดปลอดภัยและสามารถเลือกบริโภคผักจากแหล่งผลิตที่น่าเชื่อถือ รวมถึงเป็นการกระตุ้นให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ให้ความสำคัญในการติดตามตรวจสอบคุณภาพของอาหารที่วางจำหน่ายแก่ผู้บริโภค และส่งเสริมการผลิตทางการเกษตรแบบปราศจากสารพิษ เพื่อสุขภาพที่ดีของประชาชนชาวไทยต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาศึกษาการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผักประเภทใบ

ผักที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วยผักประเภทใบ 5 ชนิด ได้แก่ ผักคะน้า (*Brassica oleraceae alboglabra*) กะหล่ำปลี (*B. oleraceae. var. capitata* L.) ผักกวางตุ้ง (*B. chinensis* Jusl var. *parachinensis* (Bailey) Tsen & Lee) ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) และผักชีฝรั่ง (*Eryngium foetidum* L.) ที่วางจำหน่ายที่ร้านค้าในตลาดสดเทศบาลบริเวณเขตภาคเหนือตอนล่าง 9 จังหวัด ได้แก่ อุดรดิตถ์ สุโขทัย พิษณุโลก ตาก กำแพงเพชร พิจิตร เพชรบูรณ์ อุทัยธานีและนครสวรรค์ โดยจะเก็บตัวอย่างผักแต่ละชนิดในแต่ละร้านประมาณ 200-300 กรัมของน้ำหนักสด จากนั้นนำตัวอย่างผักไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง นำออกมาจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปบดให้ละเอียดและผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นอบตัวอย่างผักที่บดแล้วอีกครั้งที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำผักที่อบแล้วใส่ถุงพลาสติกที่สะอาด ผูกปากถุงให้แน่น แล้วทิ้งไว้ใน dessicator ก่อนนำมาชั่ง จากนั้นทำการย่อยด้วยกรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นในอัตราส่วน 1:1 (20 มิลลิลิตร: 20 มิลลิลิตร) แล้วนำไปวิเคราะห์ตะกั่วและแคดเมียมโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (AAS) ของยี่ห้อ shimadzu รุ่น AA-6200

2. การศึกษาข้อมูลการบริโภค

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างผู้ที่บริโภคผักภายในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ทั้ง 9 จังหวัด จะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้บริโภคผักที่ใช้บริการในตลาดสดเทศบาลที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไป ตลาดละ 50 คน รวมทั้งหมด 450 คน โดยจะใช้แบบสอบถามข้อมูลการบริโภคผักแต่ละชนิด ได้แก่ ปริมาณและความถี่ในการบริโภคผัก น้ำหนัก และอายุ เป็นต้น จากนั้นนำมาคำนวณหาอัตราการบริโภคโดยมีหน่วยเป็น กรัม/วัน

3. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วและแคดเมียม

3.1 การประเมินการสัมผัสสาร (exposure assessment)

ปริมาณตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนในผักที่ได้จากการวิเคราะห์และอัตราการบริโภคที่ได้จากการสัมภาษณ์จะถูกนำมาคำนวณในสมการการได้รับสัมผัสสารจากการรับประทานผักในขั้นตอนการประเมินการสัมผัสสารตะกั่วและแคดเมียม ตามสมการดังนี้ (U.S.EPA, 1978; อีวีโรจน์, 2553)

$$ING_{\text{vegetable}} = \frac{(C_{\text{vegetable}} \times IR_{\text{vegetable}} \times EF_{\text{vegetable}} \times ED)}{(BW \times AT)}$$

| | | |
|--------------------------|---|--|
| ING _{vegetable} | = | การรับสัมผัสจากการกินกินผลิตภัณฑ์จากพืช (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) |
| C _{vegetable} | = | ความเข้มข้นสารเคมีในพืช (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) |
| IR _{vegetable} | = | อัตราการบริโภคพืชเฉลี่ย (กิโลกรัม/วัน) |
| EF _{vegetable} | = | ความถี่ในการรับสัมผัสสารเคมี (วัน/ปี) |
| ED | = | ช่วงเวลาการรับสัมผัสสารเคมี (ปี) |
| BW | = | น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) น้ำหนักร่างกายโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการสัมผัส |
| AT | = | ระยะเวลาเฉลี่ยที่รับสัมผัส (วัน) |

3.2 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงต่อสุขภาพ

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของสารเคมีชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจะทำการประเมินได้ทั้งตะกั่วและแคดเมียม ซึ่งผลการประเมินจะออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณในลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมีแบบสารที่ไม่ก่อมะเร็ง อธิบายโดยค่า hazard quotient (HQ) ซึ่งค่าสัดส่วนของตัวแปรตั้งสูตรการคำนวณดังสมการนี้ (สุพรรณษา และสุนิสา, 2555) ดังนี้

$$HQ = \text{Daily Intake}/\text{RfD}$$

| | | |
|--------------|---|---|
| Daily Intake | = | ปริมาณสารเคมีที่เข้าสู่ร่างกาย (มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) |
| RfD | = | reference dose (ตะกั่วมีค่าเท่ากับ 0.0036 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน และ แคดเมียมมีค่าเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน) |

โดยค่า RfD ของตะกั่วอ้างอิงจากค่าที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (PTWI) สำหรับตะกั่ว ที่กำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 25 ไมโครกรัม/กิโลกรัม/สัปดาห์ Olmedo et al., 2013 ซึ่งถ้าค่า HQ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับไม่มากพอที่จะก่อให้เกิดผลทางสุขภาพได้ หรือไม่มีความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญ

(no significant risk) แต่ถ้าค่า HQ มากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับเกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ มีความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสาร (ธีรวิโรจน์, 2553)

3.3 การอธิบายลักษณะของความเสี่ยงของสารเคมีชนิดที่เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจะทำการประเมินเฉพาะแคดเมียมเท่านั้น เนื่องจากยังไม่มีข้อกำหนดค่าความสามารถในการก่อให้เกิดมะเร็งในการกลืนกินของตะกั่ว ซึ่งผลการประเมินจะออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณในลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมี ซึ่งปริมาณสารที่ได้รับจากทางเดินอาหารที่ได้จากการคำนวณโดยสมการของการคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเป็นการคำนวณความเสี่ยงตลอดชีวิต ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สูตรในการประมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับโดยผ่านการรับประทานในระหว่างการดำเนินชีวิตประจำวัน ดังสมการนี้

ความเสี่ยง (risk) = ค่าความชันการเกิดมะเร็ง (CPS) × ปริมาณสารก่อมะเร็งที่ได้รับสัมผัส (CDI)

โดย CPS ของแคดเมียมมีค่าเท่า 0.38 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน (ธีรวิโรจน์, 2553) ทั้งนี้ U.S.EPA (1978) ได้เสนอแนะว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งควรมีค่าไม่เกิน 0.0001 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน จึงถือเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หากมีค่ามากกว่าค่าดังกล่าว ถือว่าเป็นความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ จะต้องมีการดำเนินการแก้ไขต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

1. ข้อมูลการบริโภคผักประเภทใบและข้อมูลความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมใช้สถิติได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
2. ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในผักประเภทใบเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานสถาบันอาหารและองค์การอนามัยโลก
3. ข้อมูลประเมินการได้รับสัมผัสตะกั่วและแคดเมียมจากการบริโภคใช้สถิติ ได้แก่ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ในการประเมินการสัมผัสและนำมาอธิบายลักษณะความเสี่ยงอันตรายเพื่อประเมินและสรุปความน่าจะเป็นของประชากรออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณว่ามีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายด้านสุขภาพจากตะกั่วและแคดเมียมในการบริโภคผักประเภทใบในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยหรือไม่

ผลการวิจัย

1. ปริมาณการบริโภคผักของประชาชน

จากการสำรวจข้อมูลการบริโภคผักประเภทใบที่วางจำหน่ายในตลาดสดบริเวณเขตภาคเหนือตอนล่าง พบว่า ประชาชนนิยมบริโภคผักคะน้ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม และผักชีฝรั่ง โดยมีผู้ที่บริโภคผักดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ 94, 89, 86, 85 และ 75 ตามลำดับ โดยอัตราการบริโภคผักดังกล่าวอยู่ในช่วงระหว่าง 3.00-500.00, 1.33-600.00, 1.50-400.00, 1.33-333.33 และ 0.30-200.00 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าผู้มีอัตราการบริโภคกะหล่ำปลีเฉลี่ยในปริมาณมากที่สุด คือ 117.90 กรัม/วัน รองลงมา ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักชีฝรั่ง 79.43, 78.48, 61.88 และ 49.18 กรัม/วัน และมีค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภคผักแต่ละชนิดเท่ากับ 200.00, 300.00, 200.00, 200.00 และ 150.00 กรัม/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 อัตราการบริโภคผักประเภทบริโภคใบที่วางจำหน่ายในตลาดสดบริเวณเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย

| ผักประเภทใบ | จำนวนผู้บริโภค* (ร้อยละ) | อัตราการบริโภค (กรัม/วัน) | | | |
|-------------|-----------------------------|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|
| | | ค่าเฉลี่ย | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | เปอร์เซ็นต์ไทล์ ที่ 95 |
| ผักคะน้า | 94 | 61.88 | 3.00 | 500.00 | 200.00 |
| กะหล่ำปลี | 89 | 117.90 | 1.33 | 600.00 | 300.00 |
| ผักกวางตุ้ง | 86 | 79.43 | 1.50 | 400.00 | 200.00 |
| ผักกาดหอม | 85 | 78.48 | 1.33 | 333.33 | 200.00 |
| ผักชีฝรั่ง | 75 | 49.18 | 0.30 | 200.00 | 150.00 |

หมายเหตุ: *จำนวนตัวอย่างของผู้บริโภคที่สำรวจทั้งหมด 450 คน

2. การปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผักประเภทใบ

การปนเปื้อนของตะกั่วในผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม และผักชีฝรั่ง พบว่ามีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.61-5.56, 0.73-6.65, 0.85-5.32, 0.61-9.31 และ 0.85-6.65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีการปนเปื้อนของตะกั่วในผักกาดหอมมากที่สุด คือ 3.39 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ ผักชีฝรั่ง กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง และคะน้า มีปริมาณการปนเปื้อนเฉลี่ยเท่ากับ 3.13, 2.77, 2.76 และ 2.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในผักดังกล่าวมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.05-2.23, 0.64-1.99, 0.38-2.64, 0.91-2.18 และ 0.33-1.98 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการปนเปื้อนของแคดเมียมในผักกาดหอมมากที่สุดคือ 1.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักชีฝรั่ง ผักคะน้า และกะหล่ำปลีเท่ากับ 1.30, 1.25, 1.21 และ 1.21 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมที่ตรวจพบในผักดังกล่าวกับค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกที่กำหนดตะกั่วและแคดเมียมไว้ให้ไม่เกิน 3 และ 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะเห็นได้ว่าตะกั่วมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกร้อยละ 50-60 และแคดเมียมร้อยละ 60-90 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของสถาบันอาหารที่กำหนดตะกั่วและแคดเมียมไว้ให้ไม่เกิน 0.3 และ 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม พบว่า ผักทุกชนิดมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 ปริมาณความเข้มข้นของสารตะกั่วที่ปนเปื้อนในผักเปรียบเทียบค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและสถาบันอาหาร

| ประเภทผัก | ความเข้มข้น (มก./กก.) | | | ค่ามาตรฐาน WHO & FAO ¹ (≤3 มก./กก.) | | ค่ามาตรฐานสถาบันอาหาร ² (≤0.3 มก./กก.) | |
|-------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---|-------------|--|-------------|
| | ค่าต่ำสุด-สูงสุด | ค่าเฉลี่ย±SD | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 | ผ่าน (%) | ไม่ผ่าน (%) | ผ่าน (%) | ไม่ผ่าน (%) |
| ผักคะน้า | 0.61-5.56 | 2.70±1.39 | 4.90 | 50 | 50 | - | 100 |
| กะหล่ำปลี | 0.73-6.65 | 2.77±2.10 | 6.45 | 58 | 42 | - | 100 |
| ผักกวางตุ้ง | 0.85-5.32 | 2.76±1.51 | 5.19 | 58 | 42 | - | 100 |
| ผักกาดหอม | 0.61-9.31 | 3.39±2.38 | 6.52 | 67 | 33 | - | 100 |
| ผักชีฝรั่ง | 0.85-6.65 | 3.13±1.83 | 7.38 | 50 | 50 | - | 100 |

หมายเหตุ: ¹Codex Alimentarius Commission (1984) และ ²สถาบันอาหาร (2547)

ตารางที่ 3 ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมที่ปนเปื้อนในผักเปรียบเทียบค่ามาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและสถาบันอาหาร

| ประเภทผัก | ความเข้มข้น (มก./กก.) | | | ค่ามาตรฐาน WHO & FAO ¹ (≤2 มก./กก.) | | ค่ามาตรฐานสถาบันอาหาร ² (≤0.2 มก./กก.) | |
|-------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---|-------------|--|-------------|
| | ค่าต่ำสุด-สูงสุด | ค่าเฉลี่ย±SD | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 | ผ่าน (%) | ไม่ผ่าน (%) | ผ่าน (%) | ไม่ผ่าน (%) |
| ผักคะน้า | 0.05-2.23 | 1.21±0.66 | 2.07 | 91.67 | 8.33 | 8.33 | 91.67 |
| กะหล่ำปลี | 0.64-1.99 | 1.21±0.36 | 2.00 | 91.67 | 8.33 | - | 100 |
| ผักกวางตุ้ง | 0.38-2.64 | 1.30±0.74 | 2.37 | 83.33 | 16.67 | - | 100 |
| ผักกาดหอม | 0.91-2.18 | 1.40±0.71 | 2.21 | 66.67 | 33.33 | - | 100 |
| ผักชีฝรั่ง | 0.33-1.98 | 1.25±0.69 | 2.00 | 83.33 | 16.67 | - | 100 |

หมายเหตุ: ¹Codex Alimentarius Commission (1984) และ ²สถาบันอาหาร (2547)

4. ความเสี่ยงด้านสุขภาพของตะกั่วและแคดเมียมจากการบริโภคผักประเภทใบ

การประเมินการรับสัมผัสสารของประชาชนจากการบริโภคผักประเภทใบที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในเขตภาคเหนือตอนล่าง เพื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพของประชาชน พบว่าการรับสัมผัสสารตะกั่วจากการบริโภคกะหล่ำปลีมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.00263 รองลงมา ได้แก่ ผักกาดหอม ผักชีฝรั่ง ผักกวางตุ้ง และผักคะน้า 0.00187, 0.00177, 0.00143 และ 0.00126 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าค่าความปลอดภัย (HQ) ของผักที่ปนเปื้อนสารตะกั่วดังที่กล่าวมาข้างต้น มีค่าเท่ากับ 0.73, 0.51, 0.49, 0.39 และ 0.35 ตามลำดับ มีค่าความปลอดภัยน้อยกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับไม่เกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ส่วนการรับสัมผัสสารแคดเมียม พบว่ามีค่ามากที่สุดจากการบริโภคกะหล่ำปลีคือ 0.008 รองลงมา ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักชีฝรั่ง มีค่าเท่ากับ 0.006, 0.006, 0.005 และ 0.004 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ และมีค่าความปลอดภัย (HQ) ของ

กะหล่ำปลีมากที่สุดเท่ากับ 2.22 รองลงมา คือ ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักคะน้า ผักซีฟรุ้ง มีค่าเท่ากับ 1.66, 1.66, 1.38, 1.11 จะเห็นได้ว่าค่า HQ มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าปริมาณสารเคมีที่ได้รับเกินค่ามาตรฐานหรือถือว่าการบริโภคผักดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพ (ตารางที่ 4 และ 5)

ตารางที่ 4 ปริมาณของตะกั่วที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตและค่าความปลอดภัยจากการบริโภคผักประเภทใบ

| ชนิดผัก | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความเข้มข้นตะกั่ว (มก./กก. น้ำหนักแห้ง) | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภค (ก./วัน) | ปริมาณตะกั่วที่ ได้รับตลอดช่วงชีวิต (มก./กก./วัน) | ค่าความ ปลอดภัย (HQ) |
|-------------|---|---|---|----------------------------|
| ผักคะน้า | 4.90 | 200.00 | 0.00126 | 0.35 |
| กะหล่ำปลี | 6.45 | 300.00 | 0.00263 | 0.73 |
| ผักกวางตุ้ง | 5.19 | 200.00 | 0.00143 | 0.39 |
| ผักกาดหอม | 6.52 | 200.00 | 0.00187 | 0.51 |
| ผักซีฟรุ้ง | 7.38 | 150.00 | 0.00177 | 0.49 |

ตารางที่ 5 ปริมาณของแคดเมียมที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตและค่าความปลอดภัยจากการบริโภคผักประเภทใบ

| ชนิดผัก | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของความเข้มข้นแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักแห้ง) | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภค (ก./วัน) | ปริมาณแคดเมียมที่ ได้รับตลอดช่วงชีวิต (มก./กก./วัน) | ค่าความ ปลอดภัย (HQ) |
|-------------|---|---|---|----------------------------|
| ผักคะน้า | 2.07 | 200.00 | 0.005 | 1.38 |
| กะหล่ำปลี | 2.00 | 300.00 | 0.008 | 2.22 |
| ผักกวางตุ้ง | 2.37 | 200.00 | 0.006 | 1.66 |
| ผักกาดหอม | 2.21 | 200.00 | 0.006 | 1.66 |
| ผักซีฟรุ้ง | 2.00 | 150.00 | 0.004 | 1.11 |

5. การประเมินความเสี่ยงของแคดเมียมต่อการเกิดมะเร็งจากการบริโภคผักประเภทใบ

การประเมินการรับสัมผัสสารของประชาชนจากการบริโภคผักประเภทใบที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในเขตภาคเหนือตอนล่าง เมื่อนำมาประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดขึ้นต่อสุขภาพของประชาชนที่ได้รับสารแคดเมียมให้ออกมาเป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้การอธิบายลักษณะความเสี่ยงตามความเป็นพิษของสารเคมีแบบสารก่อมะเร็ง พบว่าผู้บริโภคผักประเภทใบในเขตภาคเหนือตอนล่าง จะได้รับปริมาณแคดเมียมตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคกะหล่ำปลีมากที่สุดเท่ากับ 0.008 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน รองลงมา ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักซีฟรุ้ง จะได้รับในปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตเท่ากับ 0.006, 0.006, 0.005 และ 0.004 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน โดยมีค่าความเสี่ยงของแคดเมียมต่อการบริโภคกะหล่ำปลีมากที่สุด เท่ากับ 0.0030 รองลงมา ได้แก่ ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักคะน้า และผักซีฟรุ้ง มีค่าเท่ากับ 0.0023, 0.0023, 0.0019 และ 0.0015 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งมีเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 0.0001 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน

ตารางที่ 6 ปริมาณของแคดเมียมที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจากการบริโภคผักประเภทบริโภคใบ

| ประเภทผัก | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ความเข้มข้นแคดเมียม (มก./กก. น้ำหนักแห้ง) | ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภค (ก./วัน) | ปริมาณแคดเมียมที่ ได้รับตลอดช่วงชีวิต (มก./กก./วัน) | ความเสี่ยงของ แคดเมียมที่จะ ได้รับ (มก./กก./วัน) |
|-------------|--|---|---|---|
| ผักคะน้า | 2.07 | 200.00 | 0.005 | 0.0019 |
| กะหล่ำปลี | 2.00 | 300.00 | 0.008 | 0.0030 |
| ผักกวางตุ้ง | 2.37 | 200.00 | 0.006 | 0.0023 |
| ผักกาดหอม | 2.21 | 200.00 | 0.006 | 0.0023 |
| ผักชีฝรั่ง | 2.00 | 150.00 | 0.004 | 0.0015 |

อภิปรายผล

จากผลการปนเปื้อนของตะกั่วและแคดเมียมในผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักชีฝรั่ง ที่วางจำหน่ายในตลาดสดในเขตภาคเหนือตอนล่าง พบว่ามีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนในผักแต่ละชนิดเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในผักประเภทใบอาจมีผลทำให้มีการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมในผู้บริโภคได้หากมีความถี่และปริมาณในการบริโภคมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่ผ่านมาก็มีการทดลองศึกษาหรือตรวจสอบหลายเรื่องที่ยืนยันได้ว่าพืชผักสามารถดูดซับสารตะกั่วและแคดเมียมไปสะสมในเนื้อเยื่อของพืชผัก เช่น พบปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมปนเปื้อนในผักบุงผักคะน้า ผักกาดหอม ต้นหอม และหัวหอม สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ (พีระพงษ์, 2544) นอกจากนี้นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยนอร์ธเวสต์เทิร์นยูนิเวอร์ซิตี ที่ชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าระดับสารตะกั่วและแคดเมียมในหัวหอมและหัวไชเท้าแดงซึ่งถูกทำให้แห้งนั้น มักจะสูงเกิน 10 ไมโครกรัมต่อกรัม และตัวเลขนี้ยิ่งสูงขึ้นในพืชประเภทใบบางชนิด อาทิ รูบาร์บ ส่วนผักชีแห้งนั้น มีระดับตะกั่วและแคดเมียมสูงกว่า 39 ไมโครกรัมต่อกรัม (สมุนไพรดอทคอม, 2555) ในขณะที่ซินวัฒน์ (2555) ได้พบว่ากระเพรา ชিং ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ผักบุง โหระพา ผักชีฝรั่ง ต้นหอม และผักชี มีการสะสมของตะกั่วและแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.35-0.77 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ทั้งพีระพงษ์ (2544) และสุภาพร (2545) พบว่าการสะสมของโลหะหนักต่าง ๆ โดยเฉพาะตะกั่วและแคดเมียมนี้มาจากการใช้ปุ๋ยไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยหมักมากกว่าในสารเคมีที่ใช้ทำการเกษตร สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของผลร้ายที่เกิดต่อสุขภาพของประชาชนที่สัมผัสสารตะกั่วและแคดเมียมในเขตภาคเหนือตอนล่าง พบว่า การบริโภคผักคะน้า กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม ผักชีฝรั่ง จะได้รับปริมาณตะกั่วตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคผักแต่ละชนิด เท่ากับ 0.00126, 0.00263, 0.00143, 0.00187 และ 0.00177 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ และจะได้รับปริมาณแคดเมียมตลอดช่วงชีวิตของการบริโภคผักแต่ละชนิด เท่ากับ 0.005, 0.008, 0.006, 0.006 และ 0.004 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารตะกั่วและแคดเมียมที่ได้รับตลอดช่วงชีวิตจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณที่บริโภค โดยจะเห็นว่าค่าที่ประเมินดังกล่าวของตะกั่วไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ในขณะที่ปริมาณแคดเมียมมีค่าเกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ตลอดชีวิต (PTWI) สำหรับตะกั่วและแคดเมียม คือ 25 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ทั้งนี้ผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาของ วีรยา และคณะ (2548) ที่ได้หาปริมาณตะกั่วในผักคะน้าอินทรีย์ ผักคะน้าปลอดภัยจากสารพิษ ผักคะน้าทั่วไป (เคมี) และผักคะน้า

ที่เก็บจากตลาด มีค่าต่ำกว่าค่า PTWI มีค่าเพียง 0.042, 0.017, 0.015 และ 0.692% ของ PTWI ตามลำดับ แต่เมื่อประเมินการบริโภคในกลุ่มคนที่บริโภคผักปริมาณสูง พบว่าถ้าบริโภคผักค่น้ำจากแปลงที่มีระดับตะกั่ว (ในระดับ 95 เพอร์เซ็นไทล์) จะมีความเสี่ยงต่อการได้รับตะกั่วและแคดเมียมสูงกว่าค่า PTWI และพบว่าการได้รับตะกั่วและแคดเมียมจากการบริโภคผักค่น้ำจากตลาดที่มีระดับตะกั่วสูง (ในระดับ 95 เพอร์เซ็นไทล์) ของคนกลุ่มนี้ มีค่าสูงถึง 212.59 และ 278.95% ของ PTWI ตามลำดับ ดังนั้นในคนที่บริโภคผักทุกวันในปริมาณมากควรระมัดระวังซื้อผักจากแหล่งเพาะปลูกที่มีมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วและแคดเมียมในผักค่น้ำ กะหล่ำปลี ผักกวางตุ้ง ผักกาดหอม และผักชีฝรั่ง ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในขณะที่ตะกั่วมีค่าเกินค่ามาตรฐานของสถาบันอาหารที่กำหนดไว้ทั้งหมด และปริมาณแคดเมียมเกินมาตรฐานของสถาบันอาหารมากกว่าร้อยละ 90 และเมื่อประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่บริโภคผักประเภทใบในเขตภาคเหนือตอนล่างที่ปนเปื้อนตะกั่วและแคดเมียมดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนตะกั่วปนเปื้อนนั้นมีค่าไม่เกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ตลอดชีวิตแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ซึ่งอยู่ในระดับที่ปลอดภัย แต่ยกเว้นการปนเปื้อนแคดเมียมที่มีค่าเกินปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ตลอดชีวิต ถือว่าอยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยต่อสุขภาพและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง ดังนั้นเพื่อให้การบริโภคผักประเภทใบที่ประชาชนนิยมบริโภค เกษตรกรจึงควรลดการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีทางการเกษตรที่เป็นอันตราย เพื่อป้องกันผลกระทบต่อความปลอดภัยในห่วงโซ่อาหารต่อไป

ข้อเสนอแนะ

หน่วยงานที่รับผิดชอบ ได้แก่ สำนักส่งเสริมและสนับสนุนอาหารปลอดภัย กระทรวงสาธารณสุข และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ควรเข้ามาติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังกระบวนการผลิตทางการเกษตร รวมถึงประเมินการปนเปื้อนและความเสี่ยงต่อสุขภาพของสารตะกั่วและแคดเมียม รวมถึงสารพิษชนิดอื่น ๆ ที่สะสมอยู่ในผักประเภทใบอย่างสม่ำเสมอเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค และควรมีการเก็บตัวอย่างปุ๋ยและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเพาะปลูกผักประเภทใบมาวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะหนัก เพื่อให้ทราบถึงปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่และใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ปุ๋ยและสารเคมี เพื่อหลีกเลี่ยงหรือใช้ปริมาณปุ๋ยที่ปนเปื้อนโลหะหนักให้น้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก ในการให้การสนับสนุนสารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในผัก และขอขอบคุณประชาชนบริเวณภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2553). **โรคอ้วนได้ภัยร้ายจากสารแคดเมียม**. <http://www.manager.co.th/Home/ViewNews.aspx?NewsID=9570000102970>. เข้าถึงวันที่ 24 กันยายน 2557.
- กองบรรณาธิการ ฐานเกษตรกรรม. (2542). **รวมเรื่องผัก**. นนทบุรี: ฐานเกษตรกรรม.
- ชไมพร สอนเทพา. (2555). **พฤติกรรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผักสำหรับประกอบอาหารของประชาชน อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. แบบฝึกหัดวิจัยปัญหาเศรษฐกิจปัจจุบัน. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ชินวัฒน์ ศาสนันนันทน์. (2555). **การหาปริมาณโลหะหนักในพืชผักสวนครัว**. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ทับทิม สวรรค์วงศ์ และปิยะดา วชิระวงศกร. (2555). **การประเมินการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและหอมแดงในพื้นที่ปลูกหอมแดง ตำบลบ้านตึก อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย**. The 4th Science Research Conference. 12-13 March 2012. Faculty of Science, Naresuan University: 294-298.
- ไทยเกษตรศาสตร์. (2557). **ม.ป.ป. ความสำคัญของพืชผัก**. <http://www.thaikasetsart.com>. เข้าถึงวันที่ 24 กันยายน 2557.
- ธีรวิโรจน์ เทศกะทีก. (2553). **การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พีระพงษ์ นิยมเสวก. (2544). **การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่มีพิษต่อร่างกายจากผักสวนครัว**. นครสวรรค์: คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- โยธิน สุริยพงศ์. (2542). **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. นครราชสีมา: สถาบันราชภัฏนครราชสีมา.
- วิชา ตั้งนิพนธ์, ภูญา จุลินทร, ปรีชา ฉัตรสันติประภา, ผกาสินี คล้ายมาลา, มลิสสา เวชยานนท์, วรวิทย์ สุจิธรรม และธวัชชัย หงษ์ตระกูล. (2547). **การประเมินความเสี่ยงจากการใช้วัตถุพิษการเกษตรที่ต้องเฝ้าระวัง**. กรุงเทพฯ: สำนักงานวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร.
- วีรยา การพานิช เวณิกา เบ็ญจพงษ์ ทรงศักดิ์ ศรีอนุชาต เนตรนภิส ธนนิเวศน์กุล และปราณี พัฒนกุลอนันต์. (2548). **ปริมาณตะกั่ว และแคดเมียม ในผักคะน้าอินทรีย์, ผักคะน้าปลอดภัยจากสารพิษ และผักคะน้าทั่วไป (เคมี)**. การประชุมวิชาการ พืชวิทยา ประจำปี 2548 เรื่อง Food & Chemical Safety. สมาคมพืชวิทยาแห่งประเทศไทย.
- สถาบันอาหาร. (2547). **เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีทดสอบทางเคมี**. กรุงเทพฯ: สถาบันอาหาร.
- สมุนไพรดอทคอม. (2555). **ผักปลูกในเมืองสะสมตะกั่วในระดับอันตราย**. <http://www.samunpai.com> ผักปลูกในเมืองสะสมตะกั่วในระดับอันตราย-1-2-642. เข้าถึงวันที่ 24 กันยายน 2557.
- สุพรรณษา เกียรติสยามภู และสุนิสา ชายเกลี้ยง. (2555). **การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนสารตะกั่วบริเวณแหล่งประมงหนองน้ำล้น**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 4, 671-686.
- สุภาพร พงศ์อรพุกษ์. (2545). **การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผัก**. วิทยานิพนธ์ วท.ม. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Codex Alimentarius Commission. (1984). **Contaminants Joint FAO/WHO Food Standards Program**. Codex. Aliment. 17, 94-96.
- Olmedo, P., Pla, A., Hernández, A.F., Barbier, F., Ayouni, L. & Gil, F. (2013). Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shell fish samples. risk assessment for the consumers. **Environment International**, 59, 63-72.
- U.S.EPA. (1978). Cadmium additions to agricultural lands via commercial phosphate fertilizer. **Environmental Protection Agency Report**, 718(42), 33-37.