การศึกษาสภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมในการหาปริมาณโลหะ (ซีลีเนียม ตะกั่ว และ โครเมียม) ในผักพื้นบ้าน ด้วยวิธีแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GF-AAS)

Study of Appropriate Preparation Conditions for Metal Determination (Selenium, Lead and Chromium) in Local Vegetables by Using Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry (GF-AAS)

ศรัญญา มณีทอง[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมในการหาปริมาณโลหะซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ที่มีในผักพื้นบ้าน (ผักโขม ผักปลัง ผักแขยง และผักชีฝรั่ง) โดยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ตำบลละ 4 ตัวอย่าง ซึ่งแต่ละตัวอย่างทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ โดยวิธีแกรไฟต์เฟอร์-เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GF-AAS) ได้ศึกษาสภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อนำตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมไปหาปริมาณโลหะ สำหรับสภาวะการเตรียมตัวอย่างได้ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง คือ 20 40 และ 60 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง คือ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยวิธี GF-AAS ผลการศึกษาสภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมพบว่า การใช้ปริมาตรกรดไนตริก 2 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการย่อย 20 นาที ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งพบปริมาณโลหะสูงว่าสภาวะอื่น พืชชนิดเดียวกันจากต่างตำบลมีปริมาณโลหะแต่ละชนิดใกล้เคียงกันสำหรับพืชต่างชนิดกันพบปริมาณโลหะแต่ละชนิดแตกต่างกัน และจากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ผักพื้นบ้านแต่ละชนิดมีปริมาณโลหะน้อยมาก ซึ่งปริมาณโลหะที่พบไม่เกินปริมาณที่กำหนดให้มีได้ในผักพื้นบ้านเพื่อการบริโภคจากข้อกำหนดของสถาบันอาหารของประเทศไทย ปี 2554

คำสำคัญ : ผักพื้นบ้าน การเตรียมตัวอย่าง ซีลีเนียม ตะกั่ว โครเมียม

1 อาจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Abstract

This research aims to study the optimum preparation conditions for the determination of lead, selenium and chromium metal content in local vegetables (*Amaranthus viridis* L., *Limnophila aromatica* Lam, *Basella rubra* L. and *Eryngium foetidum* L.). The samples from 3 subdistricts; Chumhet, Mueang and Hrukkhet in Buriram. The samples were randomly divided into 4 samples and each sample was analyzed for 3 replications by graphite furnace atomic absorption spectrometry (GF-AAS) method. The appropriate preparation conditions for the sample preparation to metal determination were determined. For the preparation conditions, the 1, 2 and 3 ml of 65% Nitric acid was used. The digestion time was 20, 40 and 60 min and the temperatures were 60, 80 and 100 ° C, respectively. The samples were analyzed for metal content by GF-AAS method. Using 2 ml of nitric acid, the duration of digestion for 20 min at 100 ° C is the optimum condition. The same species from each subdistrict has similar amounts of metals. However, the different species shown the differences metal contents. The results indicated that the local vegetables have very little metal content. The amount of metal found does not exceed the quantity prescribed in local vegetables for consumption of the Food Institute of Thailand 2011.

Keywords: Local Vegetable, Sample Preparation, Selenium, Lead, Chromium

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตป่าดิบชื้นและมีความหลากหลายของพืชพันธุ์ที่เจริญเติบโตตามธรรมชาติ โดยไม่ต้องพึ่งสารเคมี (Judprasong *et al.*, 2013) ในอาหารพื้นเมืองของคนไทยทุกเมนูมีผักเป็นส่วนผสม เนื่องจากผักสามารถปรุงเป็นอาหารในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น ผัด ต้ม ทานสด และอื่น ๆ (Tharasena and Lawan. 2014) ผักพื้นบ้านหรือพืชที่มีในท้องถิ่น เป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว และมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ อุดมไปด้วย วิตามิน แร่ธาตุ สารต้านอนุมูลอิสระ และบางชนิดเป็นยาสมุนไพร (เมฆ จันทน์ประยูร. 2541; Landrum and Bone. 2001; Judprasong *et al.*, 2013; Tharasena and Lawan. 2014) นอกจากนี้ข้อมูลทางระบาดวิทยายังชี้ให้เห็นว่าการบริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยผักและผลไม้สามารถลดความเสี่ยงต่อโรคเรื้อรังต่าง ๆ ในมนุษย์ได้ (Dauchet *et al.*, 2006; Kongkachuichai *et al.*, 2015; Dulce and Michael. 2017) โดยส่วนใหญ่แล้ว พืชสมุนไพรที่ใกล้ตัวเราก็คือ พืชผักสวนครัวที่รับประทานกันทุกวันนั่นเอง และคงไม่มีใครที่จะปฏิเสธว่าแต่ละวันไม่ได้กินพืชผักสวนครัว ไม่ว่าจะเป็นกระเพรา ขิง ข่า ขมิ้น ตะไคร้ ใบมะกรูด โหระพา ต้นหอม และผักชี ซึ่งบริเวณที่ใช้

ในการปลูกก็มีผลต่อการได้รับการปนเปื้อนของโลหะหนัก ได้มีรายงานการพบโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย เช่น สารหนู แพลเลเดียม และปรอท ในผลิตภัณฑ์สมุนไพรในไทย อินเดีย จีน เกาหลี และปากีสถาน นอกจากนี้ยังพบในประเทศเยอรมันและสหรัฐอเมริกาอีกด้วย ซึ่งในตำรายาแผนโบราณของไทย อินเดีย และจีน ได้มีการนำพืชผักสวนครัวหลายชนิดมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญ (ชินวัฒน์ ศาสนันทน์. 2555) อย่างไรก็ตามผักพื้นบ้านเหล่านั้นอาจปนเปื้อนด้วยโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกายที่มาจากดิน น้ำ และอากาศ ซึ่งเป็นแหล่งเพาะปลูกของพืช นอกจากนี้พืชแต่ละชนิดยังมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักหรือธาตุชนิดต่าง ๆ ได้แตกต่างกันรวมทั้งในส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ ยอด ลำต้นรากและเหง้า ยังมีการสะสมของโลหะหนักในปริมาณที่ต่างกันอีกด้วย (สมสุข ไตรศุภกิตติ และคณะ. 2558) โดยซีลีเนียมเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยหากได้รับในปริมาณมากเกินไปจะมีผลต่อความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ผมร่วง เล็บมีจุดสีขาว และอาจมีประสาทเสื่อม (Mild Nerve Damage) ปริมาณสูงสุดที่ร่างกายควรได้รับโดยไม่ทำให้เกิดอันตราย (Tolerance Upper Intake Level) ไม่ควรเกิน 400 ไมโครกรัมต่อวัน (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2557) ตะกั่วสามารถเกาะกับกระดูกในร่างกายได้นานถึง 32 ปี และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึม ไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้ (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. 2557) และโครเมียมและสารประกอบโครเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้ว โครเมียมไตรวาเลนจะรวมกับ Transferrin ใน Plasma และกระจายไปทั่วร่างกาย มีเพียงส่วนน้อยที่เข้าไปในเม็ดเลือดแดง ส่วนโครเมียมเฮกซาวาเลนจะผ่านเข้าไปในเม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็ว ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มักพบในกรณีได้รับโดยการกิน โครเมียมเฮกซาวาเลน เช่น Chromic Acid ทำให้เกิดการระคายเคือง ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ไตวายเสียชีวิตได้ ปริมาณโครเมียมเฮกซาวาเลนที่ทำให้เสียชีวิตได้ในผู้ใหญ่ คือ 1 - 3 กรัม (จิระฉัตร ศรีแสน. 2555)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับสภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมเพื่อหาปริมาณโลหะซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม (*Amaranthus viridis* L.) ผักแขยง (*Limnophila aromatica* Lam.) ผักปลัง (*Basella rubra* L.) และหอมซีฝรั่ง (*Eryngium foetidum* L.) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ปลูกแตกต่างกัน 3 พื้นที่ ได้แก่ เขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ เพื่อศึกษาผลของแหล่งที่ปลูกต่อการสะสมของโลหะในพืชควบคู่กันไปด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ คือ ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในตัวอย่างผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง

2. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะกับแหล่งเพาะปลูกพืชผักพื้นบ้านแต่ละชนิด

3. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่างเพื่อหาปริมาณโลหะในพืชตัวอย่าง โดยวิธีแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GF-AAS)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้าน คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง ที่ปลูกในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ชนิดละ 1 กิโลกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. นำตัวอย่างที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 รอบ และรอบที่ 3 ล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปผึ่งลมให้หมาด ๆ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง

2. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียดแล้วประมาณ 0.1 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดใส่ในหลอดทดลองและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

3. หาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง โดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรแตกต่างกันดังนี้ 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60, 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 40 และ 60 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4. นำสารละลายที่ย่อยเสร็จแล้วใส่ลงในขวดพลาสติก โดยกลั้วหลอดทดลองให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 20 มิลลิลิตร จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

5. เจือจางสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปตรวจวัดหาปริมาณโลหะด้วยเครื่อง GFAAS และคำนวณหาปริมาณโลหะในตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของพืชตัวอย่าง

ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	ส่วนที่บริโภคได้	ส่วนที่ใช้ศึกษา
Phak khom	*Amaranthus viridis* L.	leaf, young stem	Leaf
Phak kayang	*Limnophila aromatica* Lam.	leaf, young stem	Leaf
Phak plang	*Basella rubra* L.	leaf, young stem	Leaf
Phak chi farang	*Eryngium foetidum* L.	Leaf	Leaf

ผลการวิจัยและสรุปผล

ในการหาปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ ที่เหมาะสมสำหรับย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง และกำหนดอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการย่อย 20 นาที โดยได้เลือกผักที่ปลูกที่ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์มาศึกษา เนื่องจากอยู่ใกล้กับแหล่งชุมชน โรงงาน ตลาด ซึ่งอาจจะมีการปนเปื้อนของโลหะในดินที่ใช้ปลูกมาทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากผลการหาปริมาตร กรดไนตริกที่ใช้ในการย่อยพืชตัวอย่าง พบว่าการใช้กรดไนตริกปริมาตร 2 และ 3 มิลลิลิตร ให้ผลการทดลองที่พบปริมาณโลหะในตัวอย่างสูงที่สุด แสดงว่าสามารถย่อยตัวอย่างได้ดีกว่าการใช้กรดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้กรดไนตริกในการย่อยตัวอย่างที่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เนื่องจากให้ผลใกล้เคียงกับการใช้กรดไนตริกปริมาตร 3 มิลลิลิตร และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยและลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอันเนื่องมาจากกรดที่ใช้เพราะเป็นกรดเข้มข้น

หลังจากที่ได้ปริมาตรกรดไนตริกที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิด คือ ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อย 100 องศาเซลเซียส จากนั้นหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างโดยทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน จากผลการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน พบว่าที่ระยะเวลา 20, 40 และ 60 นาที ให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานและระยะเวลาในการย่อย เพื่อให้กระบวนการย่อยตัวอย่างง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ระยะเวลาที่ 20 นาที ในการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน

หลังจากที่ได้ปริมาตรกรดไนตริกและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว คือ ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการย่อย 20 นาที จากนั้นทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน จากผลการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยตัวอย่าง คือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากทำให้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะได้มากที่สุดและสามารถย่อยตัวอย่างพืชได้เกือบหมด โดยสังเกตจากสารละลายที่ได้จากการย่อย พบว่ามีตะกอนของตัวอย่างเหลือน้อยที่สุด เนื่องจากตัวอย่างพืชส่วนใหญ่เป็นเส้นใยสามารถย่อยได้ยาก ซึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นี้สามารถย่อยได้ดีและเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการย่อยสามารถให้อุณหภูมิได้สูงสุดที่ 100 องศาเซลเซียส จึงเป็นข้อจำกัดในการเพิ่มอุณหภูมิในการย่อยด้วย

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง ในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม คือ ปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น 2.00 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการย่อย 20 นาที ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 - ตารางที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในผักพื้นบ้านในเขตตำบลซุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
ผักโขม	6.87 ± 0.07	46.55 ± 0.28	3.97 ± 0.11
ผักแขยง	7.12 ± 0.07	30.24 ± 0.52	4.86 ± 0.08
ผักปลัง	7.56 ± 0.24	10.31 ± 0.51	4.39 ± 0.23
ผักชีฝรั่ง	4.11 ± 0.06	39.87 ± 0.12	3.50 ± 0.26

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในผักพื้นบ้านในเขตตำบลในเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
ผักโขม	5.56 ± 0.22	47.51 ± 0.40	2.34 ± 0.16
ผักแขยง	8.34 ± 0.09	41.23 ± 0.36	4.67 ± 0.22
ผักปลัง	7.41 ± 0.26	8.24 ± 0.14	4.21 ± 0.11
ผักชีฝรั่ง	5.93 ± 0.04	35.59 ± 0.21	2.01 ± 0.03

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในผักพื้นบ้านในเขตตำบลหลักเขต จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะ (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
ผักโขม	6.11 ± 0.10	45.09 ± 0.05	2.98 ± 0.05
ผักแขยง	7.35 ± 0.26	40.54 ± 0.27	5.21 ± 0.15
ผักปลัง	7.23 ± 0.12	11.87 ± 0.08	4.67 ± 0.17
ผักชีฝรั่ง	6.34 ± 0.26	30.67 ± 0.51	3.11 ± 0.07

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

สรุป

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการย่อยตัวอย่างเพื่อหาปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียมในตัวอย่าง ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง โดยเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ 3 ตำบล ได้แก่ ตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ วิเคราะห์หาปริมาณโลหะโดยวิธี GF-AAS พบว่าการใช้ตัวอย่าง 0.1 กรัม ปริมาตรกรดไนตริก 2 มิลลิลิตร เวลาในการย่อย 20 นาทีและใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผักทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณโลหะแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างชนิดเดียวกันแต่แหล่งที่เก็บตัวอย่างต่างกัน พบว่าปริมาณโลหะที่พบนั้นมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยปริมาณโลหะที่พบในผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิดมีค่าไม่เกินมาตรฐานกำหนด (ค่ามาตรฐานโลหะหนักที่มีได้ในผักจากสถาบันอาหารของประเทศไทย ปี 2554)

เอกสารอ้างอิง

จิระฉัตร ศรีแสน. (2555). ผลกระทบของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม. **วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ**. 60(189) : 10-12.

ชินวัฒน์ ศาสนนันทน์. (2555). **การหาปริมาณโลหะหนักในพืชผักสวนครัว**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

เมฆ จันทน์ประยูร. (2541). **ผักพื้นบ้าน เคล็ดลับของคนอายุยืน**.กรุงเทพฯ : ไททรรศน์.

ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. (ม.ป.ป.). สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2557. จาก http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic.

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2557. จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7111.

สมสุข ไตรศุภกิตติ มนชวัน วังกุลางกูร และวัชรา เสนาจักร์. (2558). การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในผัก โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอฟชันสเปคโตรโฟโตรเมตรี ในเขตพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม. **วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม**. 2 : 2(4).

Dauchet, L., Amouye, L., Hercberg, S., and Dallongeville, J. (2006). Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *The Journal of Nutrition*. 136 : 2588–2593.

Dulce, M. Jiménez-Aguilar and Michael, A.G. (2017). Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of Amaranthus leafy vegetables. ***Journal of Food Composition and Analysis***. 58 : 33-39.

Judprasong, K., Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P., and Sukprasansap, M. (2013). Nutrients and bioactive compounds of Thai indigenous fruits. ***Food Chemistry***. 140 : 507-512.

Kongkachuichai, R., Charoensiri, R., Yakoh, K., Kringkasemsee, A., and Insung, P. (2015). Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. ***Food Chemistry*** 173 : 838-846.

Landrum, J.T., and Bone, R.A. (2001). Lutein, zeaxanthin, and the macula pigment. ***Archives of Biochemistry and Biophysics*** 385 : 28-40.

Tharasena, B., and Lawan, S. (2014). Phenolics, Flavonoids and Antioxidant Activity of Vegetables as Thai Side Dish. ***APCBEE Procedia*** 8 : 99-104.

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์