http://journal.rmutp.ac.th/

การวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพรีฟอสและโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

นภัสสร วงเปรียว* ฐิตินันท์ ธรรมโสม นิรมล ศรีชนะ และ สุวัชชัย มิสุนา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
234 ถนนเลย-เชียงคาน อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42000

รับบทความ 14 กรกฎาคม 2017; ตอบรับบทความ 2 ตุลาคม 2017

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบและประเมินคุณภาพผักด้วยปริมาณการสะสมของคลอร์ไพรีฟอส โครเมียม ตะกั่ว แคดเมียม ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลยจำนวน 5 ชนิด คือ ผักกูด ผักตาลปัตรฤาษี ผักหนาม ผักบุ้ง ผักกระเฉดน้ำ ที่จุดเก็บอำเภอภูหลวง อำเภอเมืองและอำเภอเชียงคาน เก็บตัวอย่างในฤดูหนาว ฤดูร้อน ฤดูฝน การวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพรีฟอสด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่ามีปริมาณคลอร์ไพรีฟอสมากที่สุดในตัวอย่างผักที่เก็บในฤดูหนาวและฤดูร้อนมีค่าเท่ากับ 0.04±0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักทั้งสามชนิดด้วยการนำตัวอย่างผักไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ย่อยด้วยกรดไนตริกแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโทรเมทรี พบปริมาณมากที่สุดคือแคดเมียมในตัวอย่างผักกระเฉดน้ำที่เก็บในฤดูร้อน จากอำเภอภูหลวง ปริมาณเท่ากับ 1.83±0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โลหะที่พบปริมาณรองลงมาคือตะกั่วจากตัวอย่างผักบุ้งที่เก็บในฤดูร้อน จากอำเภอเมือง ปริมาณเท่ากับ 1.40±0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนโลหะโครเมียมพบน้อยที่สุดจากตัวอย่างผักตาลปัตรฤาษีที่เก็บในฤดูหนาว จากอำเภอเมืองซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 0.47±0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานอาหารสากลและประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พบว่าผักทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณคลอร์ไพรีฟอสและโลหะหนักต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ยกเว้นตัวอย่างผักบุ้งในฤดูร้อนจากอำเภอเมืองซึ่งมีปริมาณตะกั่วสูงกว่าค่ามาตรฐาน

คำสำคัญ: คลอร์ไพรีฟอส; โลหะหนัก; แม่น้ำเลย

** ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 4400 8055, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: wannusa_2528@hotmail.com*

http://journal.rmutp.ac.th/

Determination of Chlorpyrifos and Some Toxic Heavy Metals in Vegetable Samples from Loei River

Napatsorn Wongpriaw* Thitinan Thammasom Niramol Srichana and Suwatchai Misuna

Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University
234 Loei - Chiang Khan Road, Muang District, Loei 42000

Received 14 July 2017; accepted 2 October 2017

Abstract

The research aimed to analyze and compare contents of accumulated residue of chlorpyrifos, chromium, lead and cadmium in five varieties of vegetables in Loei River, Loei Province. Five varieties of vegetables such as Vegetable fern (*Diplazium esculentum*, *Limnocharis flava* (L.)), *Limnocharis flava* (L.) Buch, Lasia spinosa (L.) Thwaites, swamp cabbge (*Ipomoea aquatica* Forsk) and water mimosa *(Neptunia oleracea* Lour.) were collected during winter, summer and rainy seasons from Phu Luang, Mueang Loei and Chiang Khan District. Chlorpyrifos was analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the highest chlorpyrifos contents were found in vegetables in winter and summer season in the amount of 0.04±0.00 mg/kg. Analysis of all three heavy metals were carried out dry ashing at 500°C and acid digestion with nitric acid prior to analyzing by flame atomic absorption spectrophotometry (FAAS). The results showed that cadmium accumulation in the highest content among all metals in water mimosa *(Neptunia oleracea* Lour.) in summer season from Phu Luang District (1.83±0.01 mg/kg). The second highest metal content was lead which has found in swamp cabbge (*Ipomoea aquatica* Forsk) in summer from Mueang Loei District (1.40±0.08 mg/kg). chromium showed the lowest content in *Limnocharis flava* (L.) Buch in winter from Mueang Loei District (0.47±0.04 mg/kg). The contents of chlorpyrifos and heavy metals were not exceed the legal limits set by International Standard Food and Ministry of Republic Health No.98 of Thailand except *Ipomoea aquatica* Forsk which collected in summer that showed the lead content higher than the legal limits.

Keywords: Chlorpyrifos; Heavy Metal; Loei River

** Corresponding Author. Tel.: +668 4400 8055, E-mail Address: wannusa_2528@hotmail.com*

1. บทนำ

ผัก คือ ส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชมนุษย์นำมาประกอบอาหาร เช่น ผล ใบ ราก ดอก หรือ ลำต้น ซึ่งในผักจะประกอบไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ จำนวนมากที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสีและแมงกานีส [1] ในขณะเดียวกันก็อาจมีวัตถุแร่ธาตุที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น ธาตุในกลุ่มโลหะหนัก (ตะกั่ว โครเมียมและแคดเมียม ฯลฯ) ปนเปื้อนอยู่ด้วย โลหะหนัก คือ โลหะ (metal) ที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป มีอัตราการสลายตัวค่อนข้างช้า ทำให้สะสมอยู่ในสิ่งแวดล้อม มีรายงานว่าหากได้รับโลหะหนักเป็นเวลานานจะสะสมอยู่ที่ไตและตับซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคไต กระดุกผุ หัวใจ โลหิตจางและตับอักเสบ โดยการปนเปื้อนของโลหะในพืชผักมีสาเหตุมาจากดิน น้ำ การจราจร ฝุ่นละอองในบรรยากาศ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ [2] นอกจากนี้ผักที่นำมารับประทานมักจะมีสีสันสวยงามไม่มีรอยกัดจากแมลง เนื่องจากเป็นผลมาจากการใช้ยาฆ่าแมลงของเกษตรกรในทางการเกษตรและคลอร์ไพรีฟอสก็เป็นยาฆ่าแมลงอีกชนิดหนึ่งที่เกษตรกรมีอัตราการใช้สูงซึ่งคลอร์ไพรีฟอสเป็นวัตถุมีพิษทางการเกษตร เป็นสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช (pesticides) ในกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate compound) มีสูตรโมเลกุล คือ $C_9H_{11}NO_3PS$ มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสแบบถาวร ทำให้ร่างกายแมลงหรือสัตว์ที่ได้รับสารพิษมีอัตราการทำงานสูงขึ้นมากดังนั้นอัตราการใช้ออกซิเจนของเซลล์ต่าง ๆ จึงอยู่ในระดับสูงจึงทำให้การจ่ายออกซิเจนของระบบหายใจไม่เพียงพอต่อความต้องการของเซลล์ในร่างกายส่งผลให้ระบบทางเดินหายใจล้มเหลวทำให้แมลงหรือสัตว์นั้น ๆ ตาย จากเหตุนี้มนุษย์จึงมีโอกาสได้รับโลหะและยาฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกายมากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเพราะมนุษย์เป็นผู้ที่อยู่เหนือสุดในห่วงโซ่อาหาร เพื่อเป็นการลดพฤติกรรมเสี่ยงต่าง ๆ ประชาชนจึงควรมีความรู้ ความเข้าใจและตระหนักถึงความสัมพันธ์ของการดำรงชีวิตกับการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงและการสะสมของโลหะที่เป็นพิษต่อร่างกายในพืชผักที่นำมาบริโภค ผักที่นำมาบริโภคโดยส่วนมากในเขตจังหวัดเลยนอกจากจะได้มาจากการซื้อแล้วยังได้มาจากที่เกิดขึ้นมาเองตามธรรมชาติรวมถึงการปลูกด้วยตัวเองตามแนวชายฝั่งแม่น้ำเลย แม่น้ำเลยมีความยาวประมาณ 213 กิโลเมตร มีต้นกำเนิดอยู่เทือกเขาภูหลวงไหลผ่านอำเภอภูหลวง อำเภอวังสะพุง อำเภอเมืองเลยและไหลลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอเชียงคาน มีชุมชนที่ใช้ประโยชน์จากน้ำในแม่น้ำมากกว่า 60 ชุมชน จากการรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า ผักบุ้ง ผักกูดและผักตาลปัตรฤาษีที่เก็บจากตำบลเขาหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย มีปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด [3] ดังนั้น จึงควรหาแนวทางในการแก้ไขและป้องกันการปนเปื้อนโลหะหนัก ยาฆ่าแมลงในพืช ผัก จากความร่วมมือของหลาย ๆ หน่วยงานไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ภาคเอกชนรวมถึงประชาชนในพื้นที่ จากความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปริมาณ คลอร์ไพรีฟอสและโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิดในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลยเพื่อประกอบการพิจารณาในการเลือกบริโภคผักและพืชน้ำชนิดอื่น ๆ ที่มาจาก แม่น้ำเลย เพื่อชีวิตที่มีคุณภาพและสุขภาพที่ดีของประชาชนในลุ่มน้ำเลย

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ขั้นตอนการวิจัย

2.1.1 การเลือกตัวอย่างผัก

ตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์เป็นตัวอย่างผักสด 5 ชนิด ตามแนวชายฝั่งแม่น้ำเลย ในฤดูร้อน ฤดูฝนและฤดูหนาว) จาก 3 อำเภอจังหวัดเลย (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ตัวอย่างผักและจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	ชนิดตัวอย่าง	รหัสตัวอย่าง
1. บ.เลยตาด	ผักกูด	PV1
อ.ภูหลวง	ผักตาลปัตรฤาษี	PV2
จ.เลย	ผักหนาม	PV3
	ผักบุ้ง	PV4
	ผักกระเฉดน้ำ	PV5
	ผักกูด	MV1
2. บ.ฟากเลย	ผักตาลปัตรฤาษี	MV2
อ.เมือง	ผักหนาม	MV3
จ.เลย	ผักบุ้ง	MV4
	ผักกระเฉดน้ำ	MV5
3. บ.คกมาด	ผักกูด	CV1
อ.เชียงคาน	ผักตาลปัตรฤาษี	CV2
จ.เลย	ผักหนาม	CV3
	ผักบุ้ง	CV4
	ผักกระเฉดน้ำ	CV5

2.1.2 การหาประสิทธิภาพการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์หาร้อยละการกลับคืน

นำตัวอย่างมาเติมสารละลายมาตรฐานคลอร์ไพรีฟอส โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม ที่มีความเข้มข้น 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดซ้ำ 5 ครั้ง แล้วคำนวณหาร้อยละการกลับคืน

2. การวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำ

นำตัวอย่างที่วิเคราะห์ในแต่ละครั้งมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (SD) และค่าร้อยละเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD)

3. การวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างที่สามารถหาปริมาณ (LOQ)

วัดสารละลายมาตรฐานคลอร์ไพรีฟอส โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียมทุกความเข้มข้น ซ้ำ 5 ครั้ง แล้วนำค่าการวัดไปคำนวณหาค่าเฉลี่ยและ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2.1.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพรีฟอส [4]

นำทุกส่วนของตัวอย่างผักสดแต่ละชนิด (ตารางที่ 1) มาทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่ง 50 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่เติมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 2.5 กรัม โซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Na_2SO_4) 10 กรัม และเอทิลอะซิเตต ($C_4H_8O_2$) 60 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 93 โดยกรองผ่านโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส (Na_2SO_4) แล้วนำสารละลายที่ได้มาเติม ผงถ่านกัมมันต์ 6 กรัม ผสมให้เข้ากันนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 6 นำไประเหยให้แห้ง นำสารสกัด ที่ได้ปรับปริมาตรให้ครบ 5 มิลลิลิตร ด้วยอะซีโตไนไตรล์ (CH_3CN) แล้วนำไปกรองด้วยเยื่อกรองตัวอย่างขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) Shimadzuรุ่น LC-10Avp เทียบกับสารละลายมาตรฐาน โดยสภาวะของการวิเคราะห์โดยเครื่อง HPLC แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สภาวะการวิเคราะห์คลอร์ไพรีฟอส

สภาวะของการวิเคราะห์	
mobile phase	acetonitrile:1mM phosphate buffer (pH 4.5) (85:15)
column	ODS C18 (250 mm × 4.6 mm I.D. 3 µm particle size)
column temperature	25 ^{0}C
flow rate	1 ml/min
detector	UV detector
detection wavelength	230 nm
injection volume	20 µl

2.1.4 การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม ตะกั่ว และแคดเมียม [5]

นำทุกส่วนของตัวอย่างผักสดแต่ละชนิด (ตารางที่ 1) มาทำความสะอาดหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งมา 3 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงจากนั้นเติมสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 1:1 จำนวน 3 มิลลิลิตร นำไปให้ความร้อนในเครื่องอังไอน้ำ นำไปเผาซ้ำอีกครั้งที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นแล้วเติมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1:1 จำนวน 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปปรับปริมาตรให้ครบ 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอพซอร์ฟชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) รุ่น AA-6200 เทียบกับสารละลายมาตรฐาน โดยสภาวะของการวิเคราะห์โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม โดยเทคนิคเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปคโทรเมทรี (FAAS) แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สภาวะของการวิเคราะห์หาโครเมียม สวิตช์ตะกั่วและแคดเมียม

	สภาวะของการวิเคราะห์			
พารามิเตอร์	**ความยาวคลื่น**	**ความกว้างของสลิท**	**ชนิดของเปลวไฟ**	**Lamp**
โครเมียม (Cr)	357.9	0.7	Flame (air C_2H_2)	HCL
ตะกั่ว (Pb)	283.3	0.7	Flame (air C_2H_2)	HCL
แคดเมียม (Cd)	228.8	0.7	Flame (air C_2H_2)	HCL

3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการวิเคราะห์

จากการศึกษาความถูกต้องของพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้น (R^2) มีผลดีทุกพารามิเตอร์มีค่า $R^2 \geq 0.995$ จากการศึกษาหาความถูกต้องของวิธีโดยการศึกษาหาค่าร้อยละการกลับคืน (%recovery) ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่ต้องการวิเคราะห์ที่สามารถวัดได้ (LOD) ค่าความเข้มข้นที่ใช้เป็นขีดจำกัดล่าง (LOQ) และร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ของพารามิเตอร์ทั้งหมดแสดงผลที่น่าเชื่อถือและยอมรับได้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ การวิเคราะห์

พารามิเตอร์	**Chlorpyrifos**	**โลหะหนัก (Cr, Pb, Cd)**
Linear range (mg/L)[a]	0.20-1.20	0.01-0.80
R^2	0.9980	0.995-0.998
% Recovery[b]	96.96	89.29-98.74
LOD (mg/L)[c]	0.018	0.018-0.048
LOQ (mg/L)[c]	0.060	0.060-0.810
%RSD	0.486	0.00-0.486

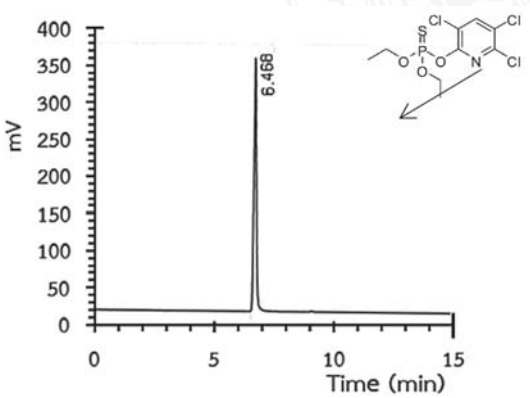
[a,b,c] ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง

[d] ทำการวิเคราะห์ซ้ำ 10 ครั้ง

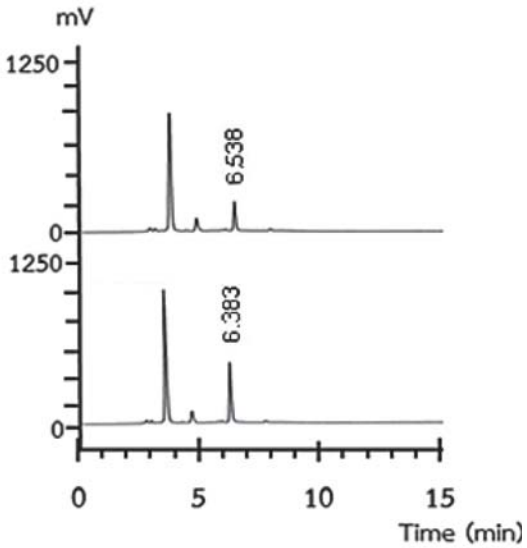
3.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอร์ไพรีฟอส

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพรีฟอสด้วยเทคนิค HPLC จะมีพีคของคลอร์ไพรีฟอสปรากฏขึ้น ซึ่งได้แสดงระยะเวลาที่สารเคลื่อนที่ออกจากคอลัมน์ (RT) (รูปที่ 1) ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความสอดคล้องกับ M. Rama (2015) ได้ศึกษาการวิเคราะห์คลอร์ไพรีฟอสในกะหล่ำปลี กะหล่ำดอกและพริกโดยเทคนิค HPLC พบว่าตำแหน่งพีคของคลอร์ไพรีฟอสปรากฏขึ้นที่ระยะ

เวลาช่วง 6.4-7.2 นาทีเมื่อใช้ ระบบ mobile phase เป็น acetonitrile:1 mM phosphate buffer (pH 4.5) อัตราส่วน 85:15 v/v จากการวิเคราะห์พบว่ามีปริมาณคลอร์ไพรีฟอสปนเปื้อนในตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในช่วงตรวจไม่พบถึง 0.04±0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนสารคลอร์ไพรีฟอสมากที่สุดเป็นผักกระเฉดน้ำ (CV5) ในช่วงฤดูหนาวจากจุดเก็บอำเภอเชียงคานมีค่า เท่ากับ 0.04±0.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ผักตาลปัตรฤาษีทั้ง 3 จุดเก็บจากฤดูหนาวตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารคลอร์ไพรีฟอสทั้งนี้มีปัจจัยมาจากลักษณะของผักแต่ละชนิดแตกต่างกันอีกทั้งจุดที่เก็บผักตาลปัตรฤาษีทั้ง 3 จุดของจะอยู่ริมน้ำหรือบริเวณที่มีน้ำขังจึงส่งผลให้มีปริมาณคลอร์ไพรีฟอสน้อยหรือสลายตัวไปหมดแล้ว และพบว่าในฤดูฝนจะตรวจไม่พบการปนเปื้อนสารคลอร์ไพรีฟอสในตัวอย่างผักทุกชนิดและทุกจุดเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 5) เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์จะพบว่าการสะสมคลอร์ไพรีฟอสในผักแต่ละชนิดและแต่ละจุดเก็บมีปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนจะมีการสะสมคลอร์ไพรีฟอสมากกว่าในฤดูฝน ทั้งนี้มีปัจจัยมาจากในฤดูหนาวเป็นช่วงที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวและใกล้จะเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดทำให้ก่อนหน้านี้มีอัตราการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูงมากเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชไม่ให้สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตจึงส่งผลให้ในฤดูหนาวมีการสะสมของคลอร์ไพรีฟอสมากและในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนและน้ำน้อย น้ำนิ่งอัตราการไหลผ่านน้อย การชะล้างของหน้าดินมีน้อยมาก จึงส่งผลให้ตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์ดูดซับคลอร์ไพรีฟอสไว้ได้มากทั้ง 2 ฤดู ส่วนในฤดูฝน เป็นช่วงที่มีปริมาณฝนและน้ำมาก น้ำไม่นิ่งอัตราการไหลผ่านของน้ำมีมาก การชะล้างของหน้าดินมีมากส่งผลให้ตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์มีการสะสมคลอร์ไพรีฟอสน้อยมากหรืออาจไม่มีการสะสมอยู่เลย นอกจากนี้ยังมีผลมาจากชนิดของตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์ อัตราการใช้ ระยะเวลาการใช้และชนิดของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรในแต่ละพื้นที่เลือกใช้ [6]-[7]



รูปที่ 1 โครมาโทแกรมสารละลายมาตรฐานคลอร์ไพรีฟอส



รูปที่ 2 ก) โครมาโทแกรมของคลอร์ไพรีฟอส ในตัวอย่างผักกูด (PV1) ฤดูหนาว ข) โครมาโทแกรมการวิเคราะห์ค่าร้อยละการกลับคืนสารคลอร์ไพรีฟอส

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคลอร์ไพรีฟอสในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

จุดเก็บ	ตัวอย่าง	ฤดูกาล/ปริมาณคลอร์ไพรีฟอส (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
		ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
อ.ภูหลวง จ.เลย	ผักกูด (PV1)	0.02±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (PV2)	ND	0.02±0.00	ND
	ผักหนาม (PV3)	0.03±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักบุ้ง (PV4)	0.03±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (PV5)	0.03±0.00	0.02±0.00	ND
อ.เมือง จ.เลย	ผักกูด (MV1)	ND	0.02±0.00	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (MV2)	ND	0.02±0.00	ND
	ผักหนาม (MV3)	0.03±0.00	0.03±0.00	ND
	ผักบุ้ง (MV4)	0.03±0.00	0.03±0.00	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (MV5)	0.04±0.00	0.03±0.00	ND
อ.เชียงคาน จ.เลย	ผักกูด (CV1)	0.02±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (C2)	ND	0.02±0.00	ND
	ผักหนาม (CV3)	0.03±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักบุ้ง (CV4)	0.03±0.00	0.02±0.00	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (CV5)	0.03±0.00	0.03±0.00	ND

** ข้อมูลที่รายเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง
ND ตรวจไม่พบ

3.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก (โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม) ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก พบว่ามีโครเมียม (Cr) ปนเปื้อนในตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในช่วง ตรวจไม่พบถึง 0.47±0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของโครเมียม (Cr) มากที่สุดจะเป็นผักตาลปัตรฤาษี (MV2) ในช่วงฤดูหนาว ที่จุดเก็บ อำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.47±0.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ผลการวิเคราะห์ตะกั่ว (Pb) ปนเปื้อนในตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในช่วงตรวจไม่พบถึง 1.40±0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมโดยตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของตะกั่ว (Pb) มากที่สุดจะเป็นผักบุ้ง (MV4) ที่จุดเก็บ อำเภอเมือง จังหวัดเลย ในฤดูร้อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.40±0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 7) ซึ่งมีค่าที่สูงเกินมาตรฐานการปนเปื้อนในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529 กำหนดไว้ที่ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และผลการวิเคราะห์แคดเมียม (Cd) ปนเปื้อนในตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์อยู่ในช่วง

0.48±0.01 ถึง 1.83±0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียม (Cd) มากที่สุดจะเป็นตัวอย่างผักกระเฉดน้ำ (PV5) ที่จุดเก็บ อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย ในฤดูร้อน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.83±0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและพบว่าตัวอย่างผักตาลปัตรฤาษี (CV2) ที่จุดเก็บอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ในฤดูฝน มีการปนเปื้อนแคดเมียม (Cd) น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.48±0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 8) ผลการวิเคราะห์ที่ได้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ของ S. Surasak and N.Itsarapong (2013) ที่พบว่าปริมาณการสะสมของโครเมียม (Cr) ตะกั่ว (Pb) และแคดเมียม (Cd) ในดินตะกอนอยู่กับปริมาณน้ำ ช่วงระยะเวลาในการเก็บและการทิ้งขยะ ซึ่งปริมาณการสะสมโลหะหนักในน้ำ ดินและดินตะกอนจะสัมพันธ์กับปริมาณการ สะสมของโลหะหนักในพืช ผัก ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 6 และ 7 จะพบว่าการปนเปื้อนของโครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb) จะมีปริมาณไม่เท่ากันซึ่งมีปัจจัยมาจากผักแต่ละชนิดมีลักษณะ ที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้แตกต่างกันรวมทั้งมีปัจจัยมาจากสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิศาสตร์ของทั้ง 3 อำเภอ มีการปล่อยโลหะหนักทั้งสามชนิดลงสู่แม่น้ำเลยแตกต่างกัน โดยพบว่าอำเภอเมือง เป็นอำเภอที่มีการจราจรหนาแน่น มีสถานประกอบการเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะและอู่ซ่อมรถเป็นจำนวนมากกว่าอำเภออื่น ๆ จึงมีโอกาสปล่อยโครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb) ลงสู่แม่น้ำเลยมากกว่าอำเภออื่น ๆ ทำให้ปริมาณโครเมียม (Cr) และตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างผักจากจุดเก็บดังกล่าวมีปริมาณมากกว่าอำเภออื่น เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ของแคดเมียม (Cd) ที่พบมากในตัวอย่างผักจากจุดเก็บอำเภอภูหลวงนอกจากจะมีสาเหตุมาจากชนิดของผักที่แตกต่างกันแล้วยังมีสาเหตุมาจากจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าวอยู่ใกล้เคียงหรือเป็นเขตรอยต่อระหว่างอำเภอวังสะพุง ซึ่งมีการทำเหมืองแร่จึงส่งผลให้มีปริมาณแคดเมียม (Cd) มากกว่าบริเวณอื่น ๆ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโลหะหนัก ในพืช ผัก มีหลายประการทั้งปัจจัยภายนอกที่มาจากลักษณะทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินที่ปนเปื้อนที่พืชขึ้นอยู่ ได้แก่ เนื้อดิน ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณจุลินทรีย์ในดิน เช่น แคดเมียม (Cd) สามารถปนเปื้อนได้ทั้งในดิน น้ำ และฟุ้งกระจายในลักษณะอนุภาคของฝุ่นละอองในอากาศ โดยพบว่าการดูดซึมแคดเมียมในพืชจะสูงขึ้นในดินที่เป็นดินเค็มจากเกลือคลอไรด์ ดินที่ขาดธาตุสังกะสีและดินที่เป็นกรด [8]-[11] การปนเปื้อนหรือการสะสมของโลหะในธรรมชาติซึ่งได้แก่ ในดิน น้ำและอากาศ ตามวงจรธรรมชาติที่พืชผัก ใช้ในการเจริญเติบโตการใช้ปุ๋ยและสารเคมีทางการเกษตรที่มีสิ่งปนเปื้อนที่เป็นโลหะหนักต่าง ๆ เช่น แคดเมียมและสังกะสี รวมทั้งการใช้ปุ๋ยคอก การมีโลหะหนักเป็นวัตถุเจือปนในอาหารสัตว์ทำให้มีโลหะหนักในมูลของสัตว์ปีกหรือปุ๋ยคอก จากปศุสัตว์ [12]-[13] และปัจจัยจากภายในพืชเอง ซึ่งพืชแต่ละชนิด ก็มีการปรับตัวเพื่อให้อยู่รอดในสภาวะปนเปื้อนเหล่านั้นแตกต่างกัน บางชนิดมีการสะสมไว้ในต้น [14] นอกจากนี้จุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุดเก็บอยู่ใกล้ไกลจากแหล่งกำเนิดหรือแหล่งปล่อยของเสียทางอุตสาหกรรม แหล่งชุมชน สถานพยาบาลและแหล่งกำจัดขยะแตกต่างกัน เพราะการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมของโลหะส่วนหนึ่งก็เป็นผลมาจากการใช้ผลิตภัณฑ์ในทางอุตสาหกรรม เช่น ชุบชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า การพิมพ์ภาพด้วยเพลตโลหะ การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ การผลิตสิ่งทอ โดยเฉพาะการปนเปื้อนของตะกั่วในรูป“ตะกั่วขาว” ($2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$) “ตะกั่วแดง”(Pb_3O_4, $CaPbO_4$, $PbCrO_4$) ในอาหารนั้นมีสาเหตุมาจากอากาศร้อยละ 90 ไอเสียรถยนต์เป็นตัวแพร่กระจายที่สำคัญเนื่องจากการใส่สารประกอบตะกั่วเตตระเมทิลผสมน้ำมันซึ่งตะกั่วแอลคิลเหล่านี้เป็นสารที่ถูกที่สุดในการเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเพื่อกันเครื่องยนต์น็อคเมื่อเกิดการเผาไหม้ตะกั่วก็จะถูกปลดปล่อยออกมากับไอเสีย ดังนั้นพืชผักที่ปลูกหรือ

เจริญเติบโตใกล้ถนนจะมีโอกาสปนเปื้อนตะกั่วมาก นอกจากนั้นอาจพบตะกั่วในดินบางแห่งมาก เช่น บริเวณใกล้โรงงานถลุงแร่ หรือโรงงานอุตสาหกรรม [15] นอกจากนี้ปริมาณน้ำฝนรวมทั้งการชะล้างหน้าดินและอัตราการไหลของน้ำมีผลโดยตรงต่อปริมาณโลหะหนักที่สะสมในพืชผักต่าง ๆ

ตารางที่ 6 ปริมาณโครเมียม (Cr) ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

จุดเก็บ	ตัวอย่าง	ฤดูกาล/ปริมาณโครเมียม (Cr) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
		ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
อ.ภูหลวง จ.เลย	ผักกูด (PV1)	0.09±0.00	0.09±0.00	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (PV2)	0.46±0.03	0.37±0.03	0.09±0.01
	ผักหนาม (PV3)	0.27±0.03	0.27±0.03	0.09±0.00
	ผักบุ้ง (PV4)	0.31±0.08	0.21±0.05	0.09±0.01
	ผักกระเฉดน้ำ (PV5)	0.19±0.02	ND	ND
อ.เมือง จ.เลย	ผักกูด (MV1)	0.28±0.03	0.19±0.02	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (MV2)	0.47±0.04	0.46±0.04	0.27±0.02
	ผักหนาม (MV3)	0.28±0.02	0.09±0.01	0.09±0.01
	ผักบุ้ง (MV4)	0.19±0.02	0.10±0.01	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (MV5)	ND	ND	ND
อ.เชียงคาน จ.เลย	ผักกูด (CV1)	0.37±0.03	0.09±0.01	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (CV2)	0.37±0.02	0.30±0.06	0.18±0.01
	ผักหนาม (CV3)	0.11±0.04	0.10±0.01	0.11±0.04
	ผักบุ้ง (CV4)	ND	ND	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (CV5)	ND	ND	ND

** ข้อมูลที่รายเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง

ND ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 7 ปริมาณตะกั่ว (Pb) ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

จุดเก็บ	ตัวอย่าง	ฤดูกาล/ปริมาณตะกั่ว (Pb) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
		ฤดูหนาว	**ฤดูร้อน**	**ฤดูฝน**
อ.ภูหลวง จ.เลย	ผักกูด (PV1)	ND	0.12±0.01	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (PV2)	ND	0.10±0.00	ND
	ผักหนาม (PV3)	ND	0.10±0.00	ND
	ผักบุ้ง (PV4)	0.48±0.02	0.53±0.01	0.19±0.03
	ผักกระเฉดน้ำ (PV5)	ND	0.11±0.01	ND
อ.เมือง จ.เลย	ผักกูด (MV1)	0.11±0.01	0.10±0.01	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (MV2)	0.11±0.02	0.18±0.01	ND
	ผักหนาม (MV3)	ND	0.14±0.05	ND
	ผักบุ้ง (MV4)	1.32±0.04	1.40±0.08	0.70±0.05
	ผักกระเฉดน้ำ (MV5)	0.17±0.01	0.27±0.02	ND
อ.เชียงคาน จ.เลย	ผักกูด (CV1)	ND	ND	ND
	ผักตาลปัตรฤาษี (CV2)	ND	0.11±0.00	ND
	ผักหนาม (CV3)	ND	ND	ND
	ผักบุ้ง (CV4)	ND	ND	ND
	ผักกระเฉดน้ำ (CV5)	ND	ND	ND

** ข้อมูลที่รายเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง
ND ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 8 ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย

จุดเก็บ	ตัวอย่าง	ฤดูกาล/ปริมาณแคดเมียม (Cd) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		
		ฤดูหนาว	**ฤดูร้อน**	**ฤดูฝน**
อ.ภูหลวง จ.เลย	ผักกูด (PV1)	0.66±0.01	0.74±0.01	0.63±0.01
	ผักตาลปัตรฤาษี (PV2)	0.67±0.01	0.70±0.00	0.64±0.00
	ผักหนาม (PV3)	0.67±0.01	0.71±0.01	0.64±0.01
	ผักบุ้ง (PV4)	0.72±0.01	0.73±0.00	0.63±0.00
	ผักกระเฉดน้ำ (PV5)	0.73±0.01	1.83±0.01	0.61±0.01
อ.เมือง จ.เลย	ผักกูด (MV1)	0.68±0.01	0.72±0.01	0.63±0.01
	ผักตาลปัตรฤาษี (MV2)	0.78±0.01	0.73±0.00	0.64±0.01
	ผักหนาม (MV3)	0.62±0.00	0.66±0.01	0.62±0.01
	ผักบุ้ง (MV4)	0.65±0.03	0.70±0.00	0.63±0.00
	ผักกระเฉดน้ำ (MV5)	0.74±0.00	0.75±0.00	0.64±0.01
อ.เชียงคาน จ.เลย	ผักกูด (CV1)	0.61±0.00	0.64±0.01	0.54±0.01
	ผักตาลปัตรฤาษี (CV2)	0.62±0.01	0.79±0.02	0.48±0.01
	ผักหนาม (CV3)	0.63±0.00	0.66±0.01	0.61±0.00
	ผักบุ้ง (CV4)	0.64±0.01	0.74±0.01	0.61±0.00
	ผักกระเฉดน้ำ (CV5)	0.65±0.02	0.64±0.01	0.62±0.01

** ข้อมูลที่รายเป็นค่าเฉลี่ยจากการทำการวิเคราะห์ซ้ำ 5 ครั้ง
ND ตรวจไม่พบ

4. สรุป

ปริมาณคลอร์ไพรีฟอสและโลหะหนักที่เป็นพิษบางชนิด (โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม) ในตัวอย่างผักจากแม่น้ำเลย ผลการวิเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอร์ไพรีฟอส โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม ในพืช ผักกับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนในอาหารของกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2529 พบว่าผักที่นำมาวิเคราะห์ทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณ คลอร์ไพรีฟอส โครเมียม ตะกั่วและแคดเมียม ที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ยกเว้นตัวอย่างผักบุ้ง (MV4) ที่จุดเก็บ อำเภอเมือง จังหวัดเลย ในฤดูร้อน ซึ่งมีค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.40±0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณตะกั่ว (Pb) สูงกว่าค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนได้ในอาหารเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้การสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการทำการวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] O.L. Abdulmojeed and A. A. Abdulrahman, "Analysis of heavy metals found in vegetables from some cultivated irrigated gardens in the Kano metropolis Nigeria," Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, vol. 3, no. 6, pp. 142-148, 2011.

[2] A.T. J. Ogunkunle, O. S. Bello and O. S. Ojofeitimi, "Determination of heavy metal contamination of street-vended fruits and vegetables in Lagos state Nigeria," International Food Research Journal, vol. 21, no. 6, pp. 2115-2120, 2014.

[3] P. Phattharasaya, "Determination of heavy metal in vegetables from Wang Saphung District," M.S. thesis, Dept. Chemistry, Loei Rajabhat Univ., Loei, Thailand, 2007.

[4] A.B.Sajjad, A Niaz, A.AMuhamma and R. A. Muhammad, "Determination of the Organophosphorus Pesticide in Vegetables by HPLC, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., vol. 6, no. 5, pp. 513-519, 2009.

[5] AOAC, Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in food Atomic Absorption Spectrophotometry after dry ashing, 17th ed, Official methods 999.11, 2000.

[6] P. David, "Amounts of Pesticides Reaching Target Pests: Environmental Impacts and Ethics," Journal of Agricultural and Environmental Ethics, vol. 8, no. 1, pp. 17-29, 1995.

[7] A. Suthasinee, "Environmental Impact from Pesticide Utilization," EAU Heritage Journal, vol. 9, no. 1, pp. 17-29, 1995.

[8] H.L.Jaturong. (2001,May23). Soil Pollution [Online].Available:http://www.krumonbs . ob.tc

[9] W. Worachart, "Remediation technologies of heavy metal contaminated soils using phosph ate materials," Khonkaen Agricultural Journal, vol. 40, pp. 373-378, 2012.

[10] E. Smolders, "Cadmium uptake by plants," Int. J. Occup. Med. Environ. Health vol. 14, pp. 177-183, 2001.

[11] R.L. Chaney, "Fate of toxic substances in sludge applied to cropland. Proceedings' International Symposium on Land Application of Sewage Sludge," Association for the Utilization of Sewage Sludge. Tokyo, Japan. pp 259. 1982.

[12] P. Thanapat, V. Janjarus, K. Arunsiri and M. Thongchai, "Cadmium Contaminated in Paddy Soils and Rice Yields in Mae Tao and Phra That Pha Daeng Subdistrict, Mae Sot District, Tak Province," Prawarun Agricultural Journal, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, 2015.

[13] E. V. Perrino, G. Brunetti and K. Farrag, "Plant communities in multi-metal contaminated soils: A case study in the National Park of Alta Murgia (Apulia region, Southern Italy)," Int. J. Phytore-mediation vol. 16, pp. 871-88, 2014.

[14] S. Yotsawate, P. Prattana and Y. Nimnara, "Potential of Heavy Metal Uptake and Accumulation in Dominant Herbaceous Plants around Gold Mine Areas in Pichit Province," Journal of Science and Technology, vol. 25, no. 1, pp. 110-123, 2017.

[15] L. H. P. Jones, C. R. Clement, and M. J. Hopper, "Lead uptake from solution by perennial ryegrass and its transport from roots to shoots," Plant Soil, vol. 38, pp. 403-414, 1973.