การตรวจวัดหาปริมาณโลหะหนัก (ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม) ในผักพื้นบ้าน ด้วยวิธีแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS)

Heavy metals (Se Pb and Cr) determination in local vegetable by using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS)

โดย

ศรัญญา มณีทอง

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

พ.ศ. 2558

สัญญาเลขที่ 22/2558

การตรวจวัดหาปริมาณโลหะหนัก (ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม) ในผักพื้นบ้าน ด้วยวิธีแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS)

Heavy metals (Se Pb and Cr) determination in local vegetable by using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS)

โดย

ศรัญญา มณีทอง

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
พ.ศ. 2558

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่ายทั้งข้อมูลทางวิชาการ ตัวอย่าง วัสดุอุปกรณ์ และทุนทรัพย์ ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงขอขอบพระคุณไปยัง รศ. มาลิณี จุโฑปะมา อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ รศ.ดร. สมมาตร์ ผลเกิด รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ อาจารย์พิสมัย ประชานันท์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ผศ. สุธีรา สุนทรารักษ์ รองคณบดีฝ่ายวิจัยและพัฒนา ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ที่อำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือสำหรับทำโครงการวิจัยครั้งนี้ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ ที่อำนวยความสะดวกด้านสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย นายจักรพล แจดไธสง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมี นางสาวกาญจนา ค้ำชู นางสาวนิภา นาชัย นางสาวปาริชาติ ดอกเข็ม นางสาวปิยพร ละเอียด และ นางสาวสุนิษา เอ็มประโคน นักศึกษาสาขาวิชาเคมี ที่ช่วยหาตัวอย่างในพื้นที่ต่างๆ และช่วยทำโครงการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ศรัญญา มณีทอง

ตุลาคม 2558

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในผักพื้นบ้าน (ผักโขม ผักปลัง ผักแขยง และผักชีฝรั่ง) ในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการศึกษาผลของปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็น ที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง คือ 1.00 2.00 และ 3.00 มิลลิลิตร ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง คือ 20 40 และ 60 นาที และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง คือ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส ใช้ตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียด 0.1 กรัม จากผลการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิด คือ ปริมาณตัวอย่าง 0.1 กรัม ปริมาตรกรดไนตริก 2 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการย่อย 20 นาที และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม สูงที่สุด ซึ่งผักแต่ละชนิดมีปริมาณโลหะหนักที่พบแตกต่างกันออกไป และพืชชนิดเดียวกันแต่แหล่งที่เก็บตัวอย่างต่างกันปริมาณโลหะหนักที่พบนั้นใกล้เคียงกัน แสดงว่าแหล่งที่ปลูกพืชนั้นมีปริมาณโลหะหนักที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ : โลหะหนัก ผักพื้นบ้าน

Abstract

This research aims to determine the amount of heavy metals such as selenium, lead and chromium in vegetables (spinach, Malabar loathe vegetables and parsley) in the Chum Het, Muang and Hrukkhet district, Buriram province. The experiment three replications. The effect of the volume of nitric acid concentration of 65 percent for sample digestion such as 1.00, 2.00 and 3.00 mL, time of sample digestion such as 20, 40 and 60 minutes and the temperature of sample digestion such as 60, 80 and 100 ° C, using an dried sample is 0.1 g. The results showed that. The optimum sample digestion of vegetables are 0.1 g of dried sample, 2 mL of nitric acid, digestion period 20 minutes and temperature 100 ° C. Indicated that the concentration of selenium, lead and chromium were highest. The vegetables with different concentrations of heavy metals found out. And plants of the same species but different sampling sources of heavy metals that are close together. Sources indicate that the crop is low in heavy metals are similar.

Keywords: Heavy Metal, local vegetable

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ก
สารบัญตาราง ข
สารบัญภาพประกอบ ค
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน 5
2.2 ธาตุอาหารของพืช 6
2.3 ผักพื้นบ้านกับการรักษาโรค 7
2.4 โลหะหนัก 7
2.5 เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ 8
2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
บทที่ 3 วิธีการทดลอง 14
3.1 พืชที่ใช้ในการทดลอง 14
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี 14
3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 15
บทที่ 4 ผลการทดลอง 16
4.1 สารมาตรฐาน 16
4.2 ผลของปริมาตรกรดที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน 18
4.3 ผลของระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน 19
4.4 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน 20
4.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้าน 22
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง 23
บรรณานุกรม 25
ภาคผนวก 27
ประวัติผู้วิจัย 32

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สารสำคัญที่พบในผักพื้นบ้าน	7
3.1	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	15
4.1	แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	18
4.2	แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	18
4.3	แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	19
4.4	แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	19
4.5	แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	20
4.6	แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	20
4.7	แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	20
4.8	แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	21
4.9	แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	21
4.10	แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	21
4.11	แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	22
4.12	แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	22
4.13	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์	23
4.14	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลในเมือง จังหวัดบุรีรัมย์	23
4.15	แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลหลักเขต จังหวัดบุรีรัมย์	23

สารบัญภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	การเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีของแสง	9
2.2	กระบวนการเกิดการกระตุ้นของระดับพลังงาน	9
2.3	องค์ประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	10
2.4	กระบวนการเกิดอะตอมอิสระในเปลวไฟ	11
2.5	ส่วนประกอบของเครื่องอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมาแมสสเปกโทรมิเตอร์	12
4.1	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซีลีเนียม	16
4.2	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว	17
4.3	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโครเมียม	17

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางพันธุ์พืชสูงมาก คนไทยในอดีตจึงรู้จักใช้ประโยชน์จากพืชพันธุ์ที่มีอยู่ทั่วไปรอบถิ่นที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะการนำมาใช้กินเป็นผักและเป็นยารักษาโรค ความรู้เรื่องการลองผิดลองถูกได้สะสมและถ่ายทอดสู่คนรุ่นหลัง รุ่นแล้วรุ่นเล่า กลายเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น พืชผักที่นำมากินจึงนิยมเรียกว่า ผักพื้นบ้านไทย ซึ่งมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะแตกต่างกันไปตามสภาพท้องถิ่น สำหรับผักพื้นบ้านไทยภาคใต้ที่นิยมนำมากินเป็นผักเหนาะหรือนำมาประกอบอาหาร เช่น ผักกูดเขียว ผักกูดแดง (ภาคใต้เรียกว่ายอดลำเพ็ง หรือลำเท็ง) ยอดแมะ หยวกกล้วย ผักเหลียง ผักหนาม ผักหวาน ช้าพลู ขี้เหล็ก สะตอ ลูกเหนียง เป็นต้น

ผักพื้นบ้านหรือพืชที่มีในท้องถิ่น เป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว และมีประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการและบางชนิดเป็นยาสมุนไพร ปัจจุบันจะเห็นว่ามนุษย์เราใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น เลือกรับประทานอาหารที่มีประโยชน์มากขึ้น ตัวอย่างเช่น การเลือกซื้อ ผัก ผลไม้ ที่ปลูกแบบปลอดสารพิษถึงแม้จะมีราคาแพงกว่าผัก ผลไม้ ชนิดเดียวกันที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไปก็ตาม เพื่อหลีกเลี่ยงการได้รับยาปราบศัตรูพืชและสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย

นอกจากผัก ผลไม้ ที่ปลูกแบบปลอดสารพิษแล้ว ผักพื้นบ้านที่มีในท้องถิ่นก็เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพืชสมุนไพร ผักพื้นบ้านที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพออกมามากมาย เพื่อแสดงให้เห็นว่าพืชในท้องถิ่นนั้นมีประโยชน์และสรรพคุณทางด้านเภสัชวิทยา ตัวอย่างงานวิจัยเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน เช่น การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ กุยช่าย ถั่วพู ผลมะเขือแจ้ และใบแมงลัก ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ใบแมงลักและผลมะเขือแจ้ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและพบสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้านทั้ง 2 ชนิด (สุวรรณา จันคนา, 2556)

ผักโขม หรือ ผักขม ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Amaranthus lividus L. จัดอยู่ในวงศ์ *Amaranthaceae* ไม่ได้มีรสชาติขมเหมือนชื่อ แต่กลับมีรสชาติออกหวานหน่อยๆ และประกอบด้วย โปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินบี 9 วิตามินเค ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุแมกนีเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุทองแดง ธาตุแมงกานีส และธาตุสังกะสี เป็นต้น ผักโขมมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด จึงมีส่วนช่วยในการชะลอวัยและความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยส่งเสริมการสร้างคอลลาเจน เพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง จึงช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยได้ ช่วยบำรุงและรักษาสุขภาพสายตา ป้องกันความเสื่อมของดวงตา มีส่วนช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน เป็นต้น

ผักแขยง ชื่อวิทยาศาสตร์ Limnophila aromatica (Lam.) จัดอยู่ในวงศ์ *Scrophulariaceae*เป็นไม้ล้มลุกเนื้ออ่อน ลำต้นกลมกลวงและเป็นข้อๆ อาจแตกกิ่งมากหรือไม่แตกกิ่ง ลำต้นทอดเลื้อย ผิวเกลี้ยงหรือมีต่อม แตกรากจากข้อ ทั้งต้นและใบเมื่อนำมาหักจะมีกลิ่นหอมฉุนและเผ็ดร้อน สรรพคุณของผักแขยงป้องกันเส้นเลือดตีบตันและไข้ร้อนใน เป็นยาขับลมและเป็นยาระบายท้อง ใช้เป็นยาแก้พิษงู ใช้แก้อาการคัน กลาก และฝี เป็นต้น

ผักปลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ Basella alba L. หรือ Basella rubra L. จัดอยู่ในวงศ์ *Basellaceae* เป็นไม้เถาเลื้อย ลำต้นและใบอวบน้ำ ขึ้นพาดพันรั้วหรือค้าง ใบรูปร่างคล้ายใบพลูแต่เล็กกว่านิดหน่อย ดอกสีแดงอ่อน ผลติดเป็นช่อ ผลขนาดเล็ก ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกสีม่วงดำ ผักปลังนับเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงชนิดหนึ่ง เพราะมีธาตุเหล็กและแคลเซียมอยู่สูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี อยู่มากด้วย สำหรับเมือกที่มีอยู่ในผักปลังนั้นมีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยให้ท้องไม่ผูก

หอมเป ชื่อวิทยาศาสตร์ Eryngium foetidum L. จัดอยู่ในวงศ์ *Apiaceae* เป็นผักที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีใบสีเขียวอ่อน ขอบใบมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของหอมเปนั้นมีมากมายเพราะอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี3 วิตามินซี ธาตุแคลเซียม และธาตุเหล็ก เป็นต้น ประโยชน์ของหอมเปมีมากมาย ได้แก่ มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง สามารถยับยั้งและช่วยชะลอการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ลดระดับความดันโลหิต รักษาสมดุลในร่างกายได้เป็นอย่างดี เป็นต้น

ในภาวะที่ร่างกายได้รับซีลีเนียมมากเกินไปจะทำให้มีระดับซีลีเนียมในเลือดสูง เรียกว่า ซีลีโนซิส (selenosis) อาการที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ มีความผิดปกติของระบบทางเดินอาหาร ผมร่วง เล็บมีจุดสีขาวๆ และอาจมีประสาทเสื่อม (mild nerve damage) ปริมาณสูงสุดที่ร่างกายควรได้รับโดยไม่ทำให้เกิดอันตราย (tolerance upper intake level) ไม่ควรเกิน 400 ไมโครกรัมต่อวัน จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดซีลีโนซิสได้ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร)

โครเมียมและสารประกอบโครเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้ว โครเมียมไตรวาเลนจะรวมกับ transferrin ใน plasma และกระจายไปทั่วร่างกาย มีเพียงส่วนน้อยที่เข้าไปในเม็ดเลือดแดง ส่วนโครเมียมเฮกซาวาเลนจะผ่านเข้าไปในเม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็ว ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มักพบในกรณีได้รับ โดยการกิน โครเมียมเฮกซาวาเลน เช่น chromic acid ทำให้ เกิดการระคายเคือง ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ ไตวายเสียชีวิตได้ ปริมาณโครเมียมเฮกซาวาเลนที่ทำให้เสียชีวิตได้ในผู้ใหญ่ คือ 1-3 กรัม (จิระฉัตร ศรีแสน)

ในบรรดาโลหะในโลก ตะกั่ว เป็นโลหะที่มนุษย์สนใจ กับความเป็นพิษของมันมากที่สุด เนื่องจากการใช้ประโยชน์อย่างมากมาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรม แบตเตอรี่รถยนต์ เรือดำน้ำ ใช้ตะกั่วเกือบร้อยละ 50 ของผลิตผลตะกั่วทั้งหมด และยังใช้ในรูปตะกั่วอินทรีย์ (Alkyl lead) เป็นสารเคมีที่ใช้ เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อป้องกันเครื่องยนต์เดินสะดุด แต่ปัจจุบันได้หันมาใช้สารชนิดอื่นทดแทน โอกาสที่บุคคลทั่วไปได้รับสารตะกั่วที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์ (Alkyl lead) แล้วยังได้รับจากอาหาร น้ำ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่จำเป็นในขบวนการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างโลหะอื่นๆ เช่น โซเดียม แคลเซียม หรือ เหล็ก เป็นต้น สำหรับพิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่อยๆแสดงอาการออกมา ภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อย เข้าสู่ของเหลว ในร่างกาย และ ค่อยๆ สะสม ในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปี จึงแสดงอาการส่วนมาก มีผู้วิจัย พบว่าตะกั่ว สามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 ปี และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่

เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้ (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา)

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าผักพื้นบ้านต่างๆ มีวิตามิน แร่ธาตุ และประโยชน์ต่างๆ มากมาย แต่เนื่องจากพืชดูดซึมสารอาหารจากสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นดิน น้ำ หรืออากาศ หากในสิ่งแวดล้อมมีการปนเปื้อนของโลหะหนัก พืชก็จะดูดซึมและเก็บสะสมโลหะหนักต่างๆ และถ่ายทอดให้กับมนุษย์ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ซึ่งโลหะหนักต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ซีลีเนียม ตะกั่ว หรือ โครเมียม เมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ล้วนเป็นสารอันตรายและก่อให้เกิดโรคต่างๆ และหากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปมีผลทำให้เสียชีวิตได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับการสะสมของโลหะหนัก คือ ซีลีเนียม ตะกั่วและโครเมียม ในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป ที่ปลูกในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ เนื่องจากหากพืชผักเหล่านี้มีการสะสมของโลหะหนักจากสิ่งแวดล้อมการบริโภคผักที่อุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุที่มีประโยชน์ แต่แฝงไปด้วยโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพคงไม่เป็นการดีต่อสุขภาพ เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคผักพื้นบ้านจึงควรศึกษาถึงการสะสมของโลหะหนักในผักพื้นบ้านควบคู่กับการศึกษาถึงสรรพคุณต่างๆ และนอกจากนั้นยังเป็นการศึกษาการสะสมของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมไปพร้อมกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก คือ ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในตัวอย่างผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป (ผักชีฝรั่ง)

1.2.2 เพื่อตรวจหาโลหะหนักที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยพืชเป็นตัวกลางในการตรวจวัด

1.2.3 เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักกับแหล่งเพาะปลูกพืชผักพื้นบ้านชนิดนั้นๆ

1.2.4 เพื่อประยุกต์เทคนิคแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS) ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในพืชตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ผักพื้นบ้านที่ทำการศึกษา คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป (ผักชีฝรั่ง)

1.3.2 ซุ่มเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านที่ปลูกในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

1.3.3 ทำการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้านให้อยู่ในรูปของสารละลาย โดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65%

1.3.4 วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยวิธีแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS)

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน

เนื่องจากพืชเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดแรกที่ดูดซึมแร่ธาตุและสารอาหารจากสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นจากดินหรือน้ำ ดังนั้นถ้าหากสิ่งแวดล้อมมีการปนเปื้อนของโลหะหนักพืชก็จะดูดซึมโลหะหนักเข้าไปสะสมตามส่วนต่างๆ ของต้นพืช ซึ่งเมื่อมนุษย์นำพืชผักเหล่านั้นมาบริโภคจะทำให้ได้รับโลหะหนักเข้าไปและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผักพื้นบ้าน

ผักพื้นบ้าน หมายถึง พรรณพืชผักพื้นบ้านหรือพรรณไม้พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวบ้านนำมาบริโภคเป็นผัก ตามวัฒนธรรมการบริโภคของท้องถิ่นที่ได้มาตามแหล่งธรรมชาติ จาก สวน นา ไร่ หรือชาวบ้านนำมาปลูกไว้ใกล้บ้านเพื่อสะดวกในการนำมาบริโภค ผักพื้นบ้านเหล่านี้ อาจมีชื่อเฉพาะตามท้องถิ่น และนำไปประกอบอาหารพื้นเมืองตามกรรมวิธีเฉพาะแต่ละท้องถิ่น
(เมฆ จันทน์ประยูร, 2541)

กล่าวได้ว่าผักพื้นบ้านเกิดมาเคียงคู่กับการดำรงชีวิตของมนุษย์เราเลยทีเดียว ในทางมนุษยวิทยาและสังคมวิทยาได้บันทึกไว้ว่า ตั้งแต่สมัยที่มนุษย์หาของป่าล่าสัตว์นั้น อาหารประเภทพืชผักมีบทบาทเป็นอาหารหลักให้กับมนุษย์ถึงร้อยละ 80 ของอาหารที่รับประทานกันทั้งหมด จากการศึกษาการดำรงชีวิตของมนุษย์เผ่าชนต่างๆ พบว่า การหาผักและผลไม้ทำให้มนุษย์มีอาหารรับประทานได้นานวัน กว่าการล่าสัตว์ต่อครั้ง และยังพบว่าชนเผ่าเหล่านี้มีสุขภาพแข็งแรงกว่าชนเผ่าที่เอาแต่ล่าสัตว์อย่างเดียว จึงเป็นเหตุให้นักพฤกษศาสตร์ได้ให้ความสนใจ ศึกษาคุณประโยชน์เกี่ยวกับผักบางชนิดที่มีความเป็นมาเกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาเป็นพันๆ ปี

ในเมืองไทยทุกวันนี้ เริ่มมีกลุ่มศึกษาประโยชน์ของผักพื้นบ้านในมิติต่างๆ กันมากขึ้น พบว่าผักบางชนิดก็เป็นของไทยแต่ดั้งเดิม แต่บางชนิดก็พบว่ามีการนำเข้าจากต่างประเทศนำมาปลูกในเมืองไทยนมนาน จนมีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม จนกลายเป็นผักพื้นบ้านไทยไปแล้วก็มี
(เมฆ จันทน์ประยูร, 2541)

ซึ่งผักพื้นบ้านแต่ละชนิดมีความสำคัญที่แตกต่างกันออกไป แต่โดยสรุปแล้วมีความสำคัญดังนี้ คุณค่าทางอาหารและยา ผักพื้นบ้านมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้วิตามิน เกลือแร่ น้ำตาล และกากอาหาร ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ผักพื้นบ้านมีคุณค่าทางยารักษาโรคได้ เนื่องจากผักพื้นบ้านมีหลายชนิด แต่ละชนิดย่อมมีรสชาติแตกต่างกันออกไป รสชาติเหล่านี้ล้วนมีสรรพคุณทางยาทั้งสิ้น ดังเช่น รสหวาน ช่วยบำรุงกำลังทำให้ชุ่มชื่น แต่ถ้ากินมากไปย่อมทำให้ง่วงเหงาหาวนอนและเกียจคร้าน รสเค็ม ช่วยแก้โรคที่เกี่ยวข้องกับผิวหนัง เช่น ชา ค้น แต่ถ้ากินมากไปจะทำให้ร้อนใน กระหายน้ำ รสเปรี้ยว ช่วยกัดฟอกเสมหะ กระตุ้นน้ำลาย เจริญอาหาร หากกินมากไปทำให้ท้องอืด ร้อนใน รสฝาด มีฤทธิ์ฝาดสมานรักษาแผล แก้ท้องเสีย หากกินมาไปทำให้ท้องผูก ท้องอืด รสขม ช่วยแก้อาการเพ้อ คลั่ง ลดไข้ โลหิตเป็นพิษ หากกินมากไปจะทำให้อ่อนเพลีย ไร้เรี่ยวแรง นอกจากนั้นยังปลอดสารพิษและยาฆ่าแมลง เพราะผักพื้นบ้านเป็นผักที่ขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งแตกต่างไปตามชนิดของผัก ถ้านำมาปลูกก็ดูแลรักษาง่ายราคาประหยัด ผักพื้นบ้านหามาประกอบอาหารได้ง่ายตามสภาพท้องถิ่น หากจำเป็นต้องซื้อ มีจำหน่ายตามตลาดในท้องถิ่น หาซื้อง่าย ราคาถูก เป็นการประหยัดทั้งทรัพย์และประหยัดชีวิตที่ไม่ต้องไปเสี่ยงกินผักที่อาจปนเปื้อนยาฆ่าแมลงอีกด้วย

ผักโขม หรือ ผักขม ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Amaranthus lividus L. จัดอยู่ในวงศ์ *Amaranthaceae* ไม่ได้มีรสชาติขมเหมือนชื่อ แต่กลับมีรสชาติออกหวานหน่อยๆ และประกอบด้วยโปรตีน วิตามินเอ วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินบี 9 วิตามินเค ธาตุแคลเซียม ธาตุเหล็ก ธาตุ

แมกนีเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุทองแดง ธาตุแมงกานีส และธาตุสังกะสี เป็นต้น ผักโขมมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด จึงมีส่วนช่วยในการชะลอวัยและความเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยส่งเสริมการสร้างคอลลาเจน เพิ่มความยืดหยุ่นให้กับผิวหนัง จึงช่วยชะลอการเกิดริ้วรอยได้ ช่วยบำรุงและรักษาสุขภาพสายตา ป้องกันความเสื่อมของดวงตา มีส่วนช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง ลดความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุน เป็นต้น

ผักแขยง ชื่อวิทยาศาสตร์ Limnophila aromatica (Lam.) จัดอยู่ในวงศ์ *Scrophulariaceae*เป็นไม้ล้มลุกเนื้ออ่อน ลำต้นกลมกลวงและเป็นข้อๆ อาจแตกกิ่งมากหรือไม่แตกกิ่ง ลำต้นทอดเลื้อย ผิวเกลี้ยงหรือมีต่อม แตกรากจากข้อ ทั้งต้นและใบเมื่อนำมาหักจะมีกลิ่นหอมฉุนและเผ็ดร้อน สรรพคุณของผักแขยงป้องกันเส้นเลือดตีบตันและไข้ร้อนใน เป็นยาขับลมและเป็นยาระบายท้อง ใช้เป็นยาแก้พิษงู ใช้แก้อาการคัน กลาก และฝี เป็นต้น

ผักปลัง ชื่อวิทยาศาสตร์ Basella alba L. หรือ Basella rubra L. จัดอยู่ในวงศ์ *Basellaceae* เป็นไม้เถาเลื้อย ลำต้นและใบอวบน้ำ ขึ้นพาดพันรั้วหรือค้าง ใบรูปร่างคล้ายใบพลูแต่เล็กกว่านิดหน่อย ดอกสีแดงอ่อน ผลติดเป็นช่อ ผลขนาดเล็ก ผลอ่อนมีสีเขียว ผลสุกสีม่วงดำ ผักปลังนับเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูงชนิดหนึ่ง เพราะมีธาตุเหล็กและแคลเซียมอยู่สูง นอกจากนี้ยังมีวิตามินเอ วิตามินบี และวิตามินซี อยู่มากด้วย สำหรับเมือกที่มีอยู่ในผักปลังนั้นมีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อนๆ ช่วยให้ท้องไม่ผูก

หอมเป ชื่อวิทยาศาสตร์ Eryngium foetidum L. จัดอยู่ในวงศ์ *Apiaceae* เป็นผักที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีใบสีเขียวอ่อน ขอบใบมีลักษณะคล้ายฟันเลื่อย สำหรับคุณค่าทางโภชนาการของหอมเปนั้นมีมากมายเพราะอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น เบต้าแคโรทีน วิตามินเอ วิตามินบี1 วิตามินบี2 วิตามินบี3 วิตามินซี ธาตุแคลเซียม และธาตุเหล็ก เป็นต้น ประโยชน์ของหอมเปมีมากมาย ได้แก่ มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง สามารถยับยั้งและช่วยชะลอการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ลดระดับความดันโลหิต รักษาสมดุลในร่างกายได้เป็นอย่างดี เป็นต้น

2.2 ธาตุอาหารของพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชที่ได้จากดิน

2.2.1 มหธาตุ (Macro Nutrients) เป็นธาตุอาหารจำพวกธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต (essential elements) ที่พืชใช้เป็นปริมาณมาก เมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ ในกลุ่มนี้มีอยู่ 6 ธาตุด้วยกัน คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ ซัลเฟอร์ (S) 2.2.2 ธาตุปุ๋ย (Fertilizer elements) เป็นธาตุอาหารที่ใช้เป็นปุ๋ยในไร่นาทั่วๆไป เพราะดินมักจะมีธาตุอาหารเหล่านี้ซึ่งไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช ธาตุกลุ่มนี้คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)

2.2.3 ธาตุปูน (Lime elements) เป็นธาตุอาหารที่มักจะใส่ลงไปในดินในรูปของปูน เช่น หินปูน ปูนขาว เป็นต้น เพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้เหมาะสม ธาตุในกลุ่มนี้ได้แก่ แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) โดยทั่วไปดินมักจะมี N P K ไม่เพียงพอให้พืชใช้ ส่วน Ca Mg

และ S จะมีเพียงพอ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะในดินมีธาตุเหล่านี้อยู่น้อย หรืออาจจะมีอยู่มากแต่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ หรืออยู่ในสภาพที่ไม่สมดุลกัน จึงทำให้พืชได้รับธาตุเหล่านี้ไม่เพียงพอ

2.2.4 จุลธาตุ (Micro Nutrients) เป็นธาตุที่พืชชั้นสูงต้องใช้ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่พืชใช้พวก macro elements ทุกธาตุมีความจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืชเท่ากันหมด ต่างกันแต่ปริมาณที่พืชใช้เท่านั้น อีกประการหนึ่ง ถ้าพืชดูดกิน trace elements เข้าไปเป็นปริมาณมาก ก็จะเป็นพิษแก่พืชได้ ธาตุในกลุ่มนี้ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) และ คลอรีน (Cl)

2.3 ผักพื้นบ้านกับการรักษาโรค

ตารางที่ 2.1 สารสำคัญที่พบในผักพื้นบ้าน

สารผัก, สารสมุนไพร	ผักพื้นบ้าน	รักษาโรค
Proanthrocyanidin (OPC) สารต้านอนุมูลอิสระตัวเก่ง Super-antioxidant	มะขามป้อม สมอไทย สมอพิเภก เม็ดมะขาม เม็ดลำไย เม็ดทุเรียน ผักรสฝาด เช่น มะกอก ผักติ้ว ลูกฉิ่ง	ความดันสูง โรคหัวใจ ไขมันเลือดสูง
Bioflavonoid, Querceyin สารต้านอนุมูลอิสระคู่กับวิตามินซี	ผักใบเขียวเข้ม แดงเข้มทุกชนิด เช่น ขี้เหล็ก ใบเหมียง ผักหวาน เชียงดา ใบยอ ผักแพว ผักไผ่ ผักชีลาว	ไขมันเลือดสูง ความดันสูง โรคหัวใจ
Allicin	กระเทียม	ลดไขมันเลือด
Fumeric, Curcumin ต้านอนุมูลอิสระ	ขมิ้น	ป้องกันความเสื่อมของหลอดเลือด
Asiatic acid, Madecassic acid	ใบบัวบก	ลดความดันเลือด
สารที่ได้จากการสกัดด้วยแอลกอฮอร์จากเถา ผลดิบ ใบ	ตำลึง	ลดน้ำตาลในเลือด
สารคล้ายอินซูลิน	แตงกวา	ลดน้ำตาลในเลือด

ที่มา: ลลิตา, 2542

2.4 โลหะหนัก

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมของประเทศไทย มีการพัฒนาและนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้ในกระบวนการผลิต มีการนำเข้าสารเคมีชนิดต่างๆ มาใช้เป็นจำนวนมาก ของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตเหล่านี้จัดเป็นของเสียอันตราย หากไม่มีการกำจัดที่ถูกวิธี จะก่อเกิดผลกระทบ

ต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม

ในบรรดาโลหะในโลก ตะกั่ว เป็นโลหะที่มนุษย์สนใจ กับความเป็นพิษของมันมากที่สุด เนื่องจากการใช้ประโยชน์อย่างมากมาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรม แบตเตอรี่รถยนต์ เรือดำน้ำ ใช้ตะกั่วเกือบร้อยละ 50 ของผลิตผลตะกั่วทั้งหมด และยังใช้ในรูปตะกั่วอินทรีย์ (Alkyl lead) เป็นสารเคมีที่ใช้ เติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อป้องกันเครื่องยนต์เดินสะดุด แต่ปัจจุบันได้หันมาใช้สารชนิดอื่นทดแทน โอกาสที่บุคคลทั่วไปได้รับสารตะกั่วที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์ (Alkyl lead) แล้วยังได้รับจากอาหาร น้ำ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่จำเป็นในขบวนการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างโลหะอื่นๆ เช่น โซเดียม แคลเซียม หรือ เหล็ก เป็นต้น สำหรับพิษเรื้อรังของตะกั่ว คือ ค่อยๆแสดงอาการออกมา ภายหลังจากได้รับสารตะกั่วทีละน้อย เข้าสู่ของเหลว ในร่างกาย และ ค่อยๆ สะสม ในร่างกาย จนถึงระยะเวลาหนึ่ง อาจนานเป็นปี จึงแสดงอาการส่วนมาก มีผู้วิจัย พบว่าตะกั่ว สามารถเกาะกับกระดูกในร่างกาย ได้นานถึง 32 ปี และยังสะสมในไขมัน ระบบประสาท สมอง ระบบน้ำเหลือง ตับ และไต อาการพิษเรื้อรังที่พบบ่อย คือ อาการของระบบย่อยอาหาร จะเกิดการปวดท้อง น้ำหนักลด เบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน ท้องผูก อาการพิษทางประสาท และสมอง ทำให้ทรงตัวไม่อยู่ เกิดอาการประสาทหลอน ซึมไม่รู้สึกตัว ชัก มือและเท้าตก เป็นอัมพาต สลบ และอาจตายได้ (ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา)

โครเมียมและสารประกอบโครเมียมเข้าสู่ร่างกายแล้ว โครเมียมไตรวาเลนจะรวมกับ transferrin ใน plasma และกระจายไปทั่วร่างกาย มีเพียงส่วนน้อยที่เข้าไปในเม็ดเลือดแดง ส่วนโครเมียมเฮกซาวาเลนจะผ่านเข้าไปในเม็ดเลือดแดงอย่างรวดเร็ว ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มักพบในกรณีได้รับ โดยการกิน โครเมียมเฮกซาวาเลน เช่น chromic acid ทำให้ เกิดการระคายเคือง ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ ไตวายเสียชีวิตได้ ปริมาณโครเมียมเฮกซาวาเลนที่ทำให้เสียชีวิตได้ในผู้ใหญ่ คือ 1-3 กรัม (จิระฉัตร ศรีแสน)

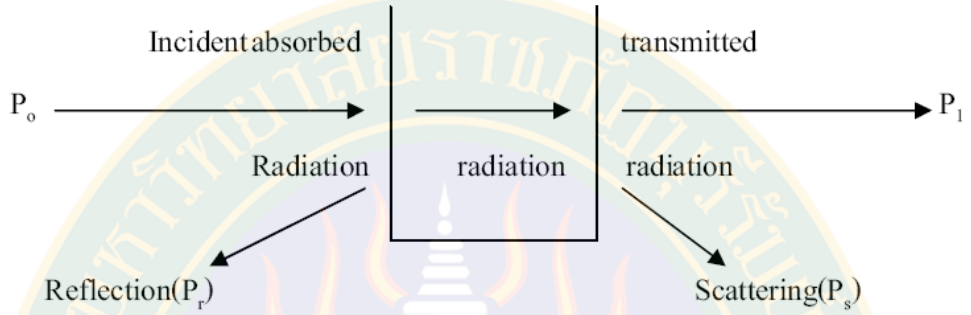
การรับประทานซีลีเนียมมากๆ เกินกว่า 400 ไมโครกรัมต่อวัน จะทำให้เกิดพิษของ ซีลีเนียม (selenosis) ได้ โดยผู้ที่รับประทานซีลีเนียมเกินขนาดจะมีอาการหายใจเป็นกลิ่นคล้ายกระเทียม คลื่นไส้ ผมร่วง และถ้าใช้เกินขนาดเป็นเวลานานๆ ก็อาจมีภาวะตับวายได้ ดังนั้น ขนาดที่แนะนำในปัจจุบันจึงไม่ควรเกิน 200 ไมโครกรัมต่อวัน และอาจใช้น้อยกว่านั้นในคนที่รับประทานสารต้านอนุมูลอิสระอื่น ๆ ร่วมด้วย (Clark et al., 1996)

2.5 เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.5.1 เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรเมตรี (UV-visible spectrometry)

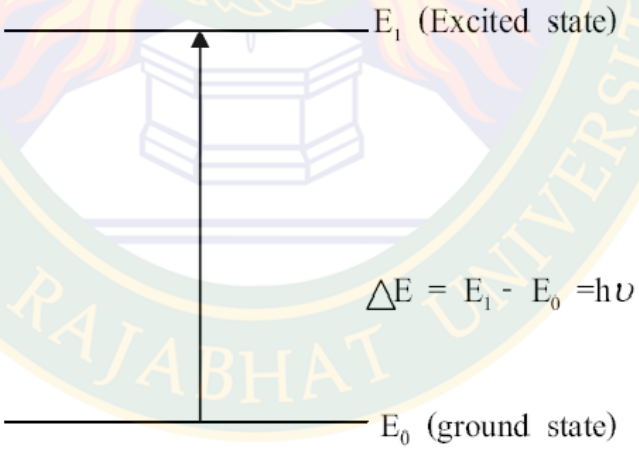
การดูดกลืนแสงหรือรังสีที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-800 นาโนเมตรของสารเคมีนั้น ส่วนใหญ่ได้แก่พวกสารอินทรีย์ (organic compound) หรือสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สมบัติของสารดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณอย่างกว้างขวาง เพราะวิธีนี้ให้ความถูกต้องแม่นยำดี และมีสภาพไว (sensitivity) สูง โดยอาจทำการวิเคราะห์อยู่ในรูปของธาตุหรือโมเลกุลก็ได้ แต่ในกรณีที่จะนำไปพิสูจน์ว่าสารตัวอย่างนั้นเป็นสารอะไร มีโครงสร้างอย่างไร อาจจะต้องใช้เทคนิคอื่นเข้าช่วยด้วย เพื่อให้เกิดความแน่ใจ เช่น

ใช้เทคนิคทาง IR หรือ NMR spectroscopy เป็นต้น โดยทั่วไป เทคนิคการวิเคราะห์นี้บางครั้งนิยมเรียกว่า ยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี แต่ถ้าสารที่ทำการวิเคราะห์มีสีหรือทำให้เกิดสีขึ้น สารที่มีสีนั้นจะดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิล อาจเรียกว่า คัลเลอร์เมตรี (colormetry) (แม้น และอมร, 2534)



รูปที่ 2.1 การเกิดอันตรกิริยาของสารเคมีกับการแผ่รังสีของแสง (แม้น และอมร, 2534)

เมื่อให้ลำแสงที่เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกัน (continuous beam of radiation) ผ่านเข้าไปในวัตถุใสจะพบว่าแสงบางส่วนถูกดูดกลืน บางส่วนเกิดการสะท้อน บางส่วนเกิดการกระเจิง และบางส่วนผ่านทะลุออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ถ้าให้แสงที่ทะลุออกมานั้นผ่านเข้าเครื่องกระจายแสง (เช่น ปริซึม หรือเกรตติง) จะเห็นว่าสเปกตรัมหายไปส่วนหนึ่ง ส่วนที่หายไปเรียกว่า absorption spectrum พลังงานที่ดูดกลืนไปนั้นจะทำให้โมเลกุลหรืออะตอมเปลี่ยนระดับของพลังงานจากสถานะพื้น (ground state) ไปยังสถานะกระตุ้น (excited state) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งจะทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนของโมเลกุลหรืออะตอมในขั้นตอนนี้นั่นเอง



รูปที่ 2.2 กระบวนการเกิดการกระตุ้นของระดับพลังงาน (แม้น และอมร, 2534)

2.5.2 เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมตรี (Atomic absorption spectrometry, AAS)

เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์อย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งในการวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณ อีกทั้งยังได้รับการนิยมอย่างแพร่หลายเพราะมีความเที่ยงตรง แม่นยำ ความไวสูง และมีความเฉพาะ อีกทั้งมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์น้อย สำหรับเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ได้ถึง 67 ธาตุ เทคนิค AAS ได้ถูกพัฒนามาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอย่างกว้างขวาง ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว (ปิยะเนตร, 2553)

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรมิเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.3 ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

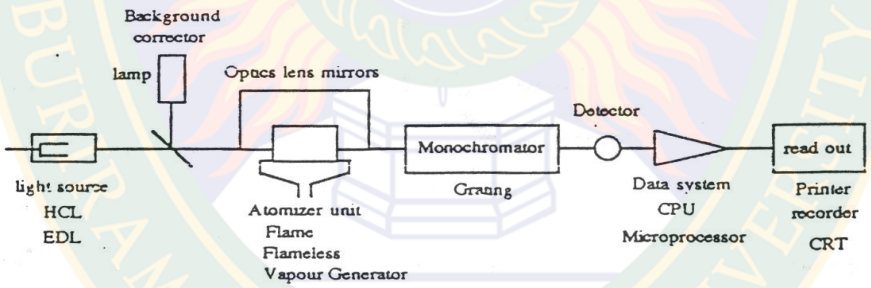
1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) ส่วนใหญ่เป็น hallow cathode lamp (HCL) และ eletrodeless discharge lamp (EDL) ซึ่งมีใช้เฉพาะบางธาตุเท่านั้น

2. ส่วนที่ทำให้เกิดอะตอมอิสระ (atomizer unit) เป็นส่วนที่ทำให้ธาตุแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟหรือไฟฟ้า เป็นต้น

3. ส่วนแยกแสง (monochormator) เป็นส่วนที่ใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นที่ต้องการ อาจเป็นแผ่นกรองแสง (filter) เกรตติง (grating) หรือปริซึม (prism)

4. ส่วนวัดสัญญาณ (detector) ส่วนใหญ่เป็นหลอดโฟโตมัลติไพล์เออร์ (photomultiplier tube) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่ได้จากการวิเคราะห์ในรูปของพลังงานแสงไปเป็นพลังงานไฟฟ้า

5. ส่วนประมวลผลและอ่านผล (data system and readout unit) ทำหน้าที่แปลสัญญาณที่ได้รับจากส่วนวัดสัญญาณให้เป็นข้อมูลสื่อให้ผู้ใช้เข้าใจ



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (แม้น และอมร, 2534)

การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี จะอาศัยหลักการวัดปริมาณแสงที่ธาตุดูดกลืนเข้าไป เพื่อทำให้อะตอมอิสระที่อยู่ในสภาวะพื้นขึ้นไปอยู่ในสภาวะเร้าซึ่งปริมาณแสงที่ดูดกลืนเข้าไปจะแปรตามความเข้มข้นของสาร ซึ่งมีกระบวนการเกิดอะตอมอิสระในเปลวไฟ (Atomization process in the flame) แสดงดังรูปที่ 2.4

$MX_{(aq)} \longrightarrow MX_{(s)}$ ..... (1)

$MX_{(s)} \longrightarrow MX_{(g)}$ ..... (2)

$MX_{(g)} \longrightarrow M^{0}_{(g)} + X^{0}_{(g)}$ ..... (3)

$K_{(g)} \longrightarrow K^{*}_{(g)}$ ..... (4.1)

$K_{(g)} \xrightarrow{\text{collision}} K^{*}_{(g)} + e^{-}$ ..... (4.2)

$M_{(g)} + h\upsilon \longrightarrow M^{*}_{(g)}$ ..... (5)

รูปที่ 2.4 กระบวนการเกิดอะตอมอิสระในเปลวไฟ (ปิยะเนตร, 2553)

ขั้นตอนการเกิดอะตอมอิสระ มีดังนี้

1. Solvent evaporation หรือ desolvation เป็นการระเหยตัวทำละลายอย่างรวดเร็วให้กลายเป็นละอองฝอยของแข็ง (solid aerosol) ดังสมการที่ 1

2. Vaporization อนุภาคของแข็งจะหลอมแล้วระเหยเป็นไอ ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นเร็วมาก โดยให้ความร้อนจนถึงจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารประกอบ ดังสมการที่ 2

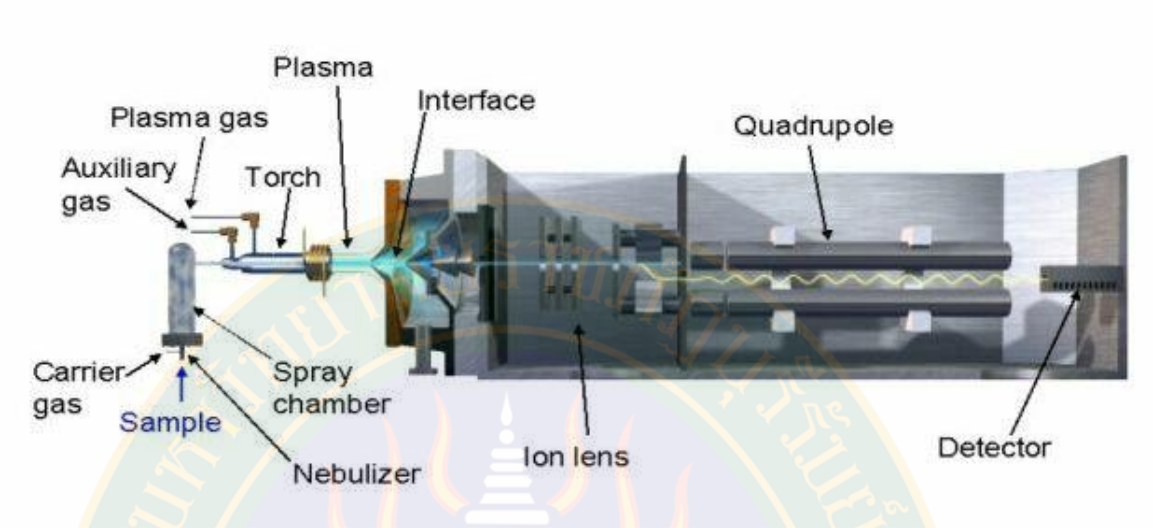
3. Atomization ไอของสารประกอบจะสลายตัวให้เป็นอะตอมอิสระ ดังสมการที่ 3

4. Ionization อะตอมแต่ละตัวดูดกลืนพลังงานจากการชนแล้วถูกกระตุ้นให้อยู่ในสภาวะเร้าหรือเกิดเป็นไอออน ดังสมการที่ 4.1 และ 4.2

5. Absorption อะตอมอิสระในสภาวะพื้นดูดกลืนพลังงานแสง ดังสมการที่ 5

2.5.3 เทคนิคอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมาแมสสเปกโทรเมตรี (Inductively coupled plasma-mass spectroscopy, ICP-MS)

เทคนิคอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมา แมสสเปกโทรเมตรี เป็นเทคนิคการเหนี่ยวนำให้เกิดพลาสมา โดยใช้แก๊สเฉื่อยและเหนี่ยวนำให้เกิดพลาสมาที่อุณหภูมิสูงโดยใช้สนามแม่เหล็กด้วยคลื่นวิทยุ เมื่อสารละลายตัวอย่างเข้าไปในพลาสมาจะเกิดกระบวนการในเปลวพลาสมา แล้วผ่านอะตอมอิสระเข้าสู่แมสสเปกโทรมิเตอร์ (Mass spectrometer) ที่จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจวัดสัญญาณ การวัดสัญญาณจะวัดความแตกต่างของมวลไอออน แม้จะมีคุณสมบัติพื้นฐานเป็นสารประกอบไอโซโทปซึ่งกันและกันได้เป็นอย่างดี และสามารถวิเคราะห์ได้หลายๆ ธาตุพร้อมกันได้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างเพียงครั้งเดียว ซึ่งเครื่องอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมา แมสสเปกโทรมิเตอร์มีส่วนประกอบต่างๆ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเครื่องอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมาแมสสเปกโทรมิเตอร์ (ICP-MS)
ที่มา : http://www.gemanalysis.eu/icpms.html

2.6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านยังมีการศึกษาไม่มากนัก ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระที่มีในพืชได้แก่ การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ กุยช่าย ถั่วพู ผลมะเขือแจ้ และใบแมงลัก ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ใบแมงลักและผลมะเขือแจ้ มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระและพบสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้านทั้ง 2 ชนิด (สุวรรณา จันคนา, 2556) การศึกษาสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิส ระของสารสกัดเหง้า จากว่านตาลเดี่ยว (*Hypoxis aurea* Lour.) (กรวินท์วิชญ์ บุญ พิสุทธินันท์, 2556) การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพรจำนวน 15 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำม่วง หญ้าหนอนตายซาก พริกไทย กระเทียม หนุมานประสานกาย ผักชี ใบเตย ผักขมจีน กะหล่ำ-ดอก ถั่วฝักยาว หัวไชเท้า กะหล่ำปลี เห็ดเข็มทอง ผักกาดขาว และ ยอดฟักแม้ว (นันท์นภัส เติมวงศ์, 2551) และการศึกษาเกี่ยวกับแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืช ได้แก่ศึกษาปริมาณเหล็ก ทองแดงและสังกะสีในผักบางชนิด (ในจังหวัดนครศรีธรรมราช) ได้แก่ ลำเพ็ง ผักกูด ผักกาดนกเขา ผักเหมียง เนียง ขี้เหล็ก เหรียง สะตอ มันปูและปรงแดง โดยใช้วิธีเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมทรี (มยูร หลำสุบ) การศึกษาผลกระทบของโครเมียมและสารประกอบโครเมียมต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (จิระฉัตร ศรีแสน)

สำหรับการหาปริมาณโลหะหนักในพืช ได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มทำการศึกษาถึงวิธีการหาปริมาณโลหะหนักในพืช ได้แก่

ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรัติ์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิจัยเรื่อง “การตรวจสอบปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนในชาสมุนไพรและเครื่องแกงโดยใช้ ICP-MS” เทคนิคที่สามารถวิเคราะห์หา ปริมาณโลหะหนักได้หลายธาตุพร้อมกัน มีความไวสูง นอกจากนี้ ยังให้การวิเคราะห์ที่มีความ

ถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย สรุปว่าสาเหตุของโลหะหนักที่ปนเปื้อนนั้น เกิดจากการใช้สารเคมีต่างๆ ในการเพาะปลูกพืช เช่น ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง รวมถึงกระบวนการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการขนส่งที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ภาชนะหรืออุปกรณ์รวมถึงเครื่องจักรในการผลิตยังอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการปนเปื้อนได้ โลหะหนักบางชนิดเป็นธาตุที่จาเป็นต่อมนุษย์ แต่ต้องการในปริมาณต่ำมาก ถ้าได้รับมากเกินไปอาจก่อให้เกิดพิษได้ โลหะหนักบางชนิดนอกจากจะไม่จำเป็นแล้วยังเป็นพิษต่อร่างกายได้ จากการสุ่มเก็บตัวอย่างเครื่องแกงเผ็ด แกงเขียวหวาน ชาใบหม่อน และชาคาฝอย จาก 10 จังหวัดในภาคตะวันตก พบว่า ตัวอย่างเครื่องแกงเขียวหวานและชาคาฝอยมีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนัก ที่พบได้บ่อยว่ามีปริมาณสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในเครื่องแกงเขียวหวานคือ ทองแดง (Cu) ในขณะที่โลหะหนักที่พบได้บ่อยว่ามีปริมาณสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในชาคาฝอยคือเหล็ก (Fe)

ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรติ์และคณะหาปริมาณโลหะหนักในเหง้าหรือรากของพืชสมุนไพรไทยในวงศ์ *Zingiberaceae* โดยใช้เทคนิคอินดักทีฟลี คับเปิ้ล พลาสมา-แมสส์ สเปกโตรเมทรี (ไอซีพี-เอ็มเอส) เพื่อหาความเข้มข้นของโลหะหนัก 11 ชนิด ได้แก่ อลูมิเนียม (Al) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) นิเกิ้ล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ปรอท (Hg) และตะกั่ว (Pb) ในรากหรือเหง้าของพืชสมุนไพรในวงศ์ Zingiberaceae จานวน 12 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า ไพล ขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย ขมิ้นขาว กระชาย กระชายดำ ว่านชักมดลูก ว่านนางคำ ว่านเอ็นเหลือง และว่านมหาเมฆ โดยใช้เทคนิคอินดักทีฟลี ดับเปิ้ล พลาสมา-แมสส์ สเปกโตรเมทรี (ไอซีพี-เอ็มเอส) ตัวอย่างพืชทั้งสดและแห้งได้นำมาจากจังหวัดนครปฐม และจังหวัดใกล้เคียงในประเทศไทย นำตัวอย่างแห้งจานวน 1 กรัม มาผสมกับกรดไนตริกเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ และย่อยบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งกลายเป็นสารละลายใส ทาการวิเคราะห์แบลงค์ด้วยวิธีเดียวกันในทุกขั้นตอนดังกล่าว ตัวอย่างและแบลงค์ที่เตรียมได้จะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอซีพี-เอ็มเอสทันที ผลการวิเคราะห์พบว่าเหง้าของข่า ขิง และกระชายดำ มีปริมาณของสารหนู แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดคือ 4, 0.3, 0.5 และ 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลาดับ ปริมาณตะกั่วและสังกะสีในใบและก้านใบของตัวอย่างพืชส่วนใหญ่ในวงศ์ *Zingiberaceae* มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 10 และ 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลาดับ การควบคุมคุณภาพเหง้าข่าโดยการติดตามปริมาณธาตุทั้ง 11 ชนิดด้วยไอซีพี-เอ็มเอส พบว่า ระดับของแคดเมียมและปรอทที่พบในการสกัดข่าทุกสภาวะมีค่าสูงถึง 4.300 และ 3.770 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลาดับ ความเข้มข้นของเอธานอลและอุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาในการสกัดเหง้าข่าที่นานขึ้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะหนักที่ถูกสกัดออกมา ปริมาณโลหะหนักเป็นพิษที่สูงเกินเกณฑ์กำหนดในพืชบางชนิดในวงศ์ *Zingiberaceae* คาดว่าแหล่งของการปนเปื้อนของโลหะหนักอาจมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง มลพิษในดินหรือน้ำ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 พืชที่ใช้ในการทดลอง (สารตัวอย่าง)

ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับเตรียมตัวอย่าง

- ถุงพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง
- ขวดพลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene) ขนาด 30 ml
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)
- กระบอกน้ำกลั่น
- ถุงกระดาษสำหรับใส่ตัวอย่างเพื่อนำไปอบ
- ตู้อบ
- โกร่งสำหรับบดตัวอย่าง
- ถุงซิปสำหรับใส่ตัวอย่างที่บดละเอียด

3.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับย่อยตัวอย่าง

- หลอดแก้วฝาเกลียวขนาดใหญ่
- อ่างน้ำความร้อน (water bath)
- ไมโครปิเปต ขนาด 20-200 µl และขนาด 100-1000 µl
- เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ บีกเกอร์ (beaker) ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask)
- ขวดพลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene) ขนาด 30 ml
- กระบอกน้ำกลั่น
- กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
- เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- ตู้ดูดควัน

3.2.3 เครื่องมือสำหรับวัดปริมาณโลหะหนัก

เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรมิเตอร์ (spectrAA-640Z, GTA 100, Varian)

3.2.4 สารเคมี

ในการทดลองได้ใช้สารเคมีต่างๆ เพื่อช่วยให้การทดลองได้บรรลุวัตถุประสงค์ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อสารเคมี เกรด	สูตรโมเลกุล	ความเข้มข้น
Nitric acid	HNO_3	65% w/w
Se standard solution	Se	1000 mg/L
Cr standard solution	Cr	1000 mg/L
Pb standard solution	Pb	1000 mg/L
Hydrochloric	HCl	37% w/w
Methanol HPLC	CH_3OH	99.00
Deionized water	H_2O	-

3.3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ทำการเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านคือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป ที่ปลูกในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ ซึ่งดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.3.1 นำตัวอย่างที่ได้มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 รอบ และรอบที่ 3 ล้างด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำไปผึ่งลมให้หมาดๆ และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวอย่างจะแห้ง

3.3.2 ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียดแล้วประมาณ 0.1 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งละเอียดใส่ในหลอดทดลองและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

3.3.3 หาสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง โดยเติมกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตรแตกต่างกันดังนี้ 1 2 และ 3 มิลลิลิตร แล้วนำไปให้ความร้อนในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 40 และ 60 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

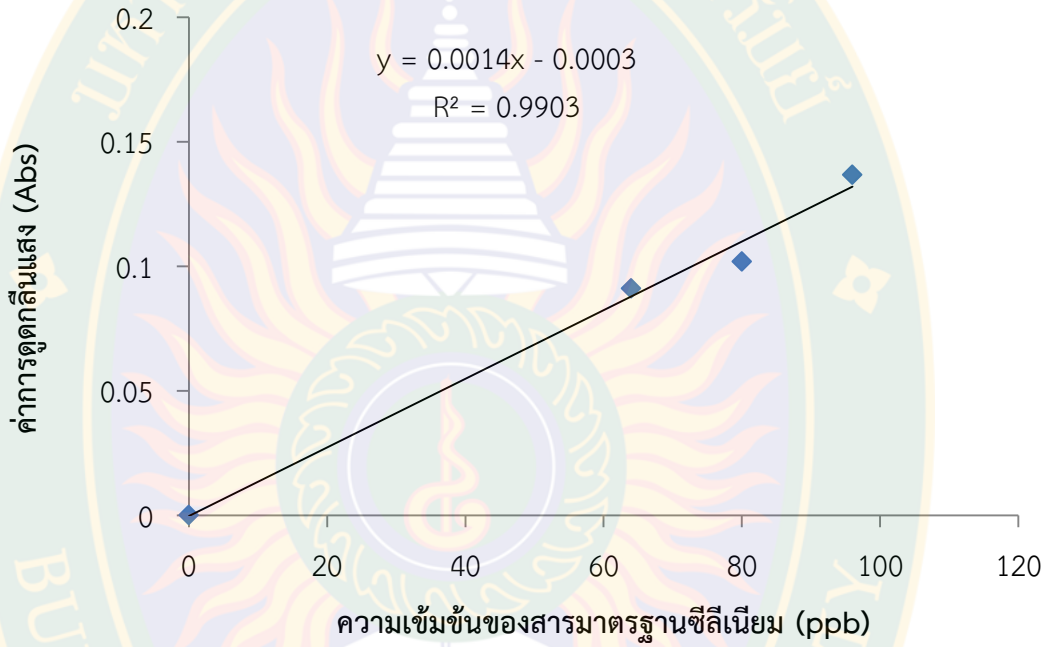
3.3.4 นำสารละลายที่ย่อยเสร็จแล้วใส่ลงในขวดพลาสติก โดยกลั้วหลอดทดลองให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 20 มิลลิลิตร จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

3.3.5 เจือจางสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ จากนั้นนำไปตรวจวัดหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่อง GFAAS และคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง

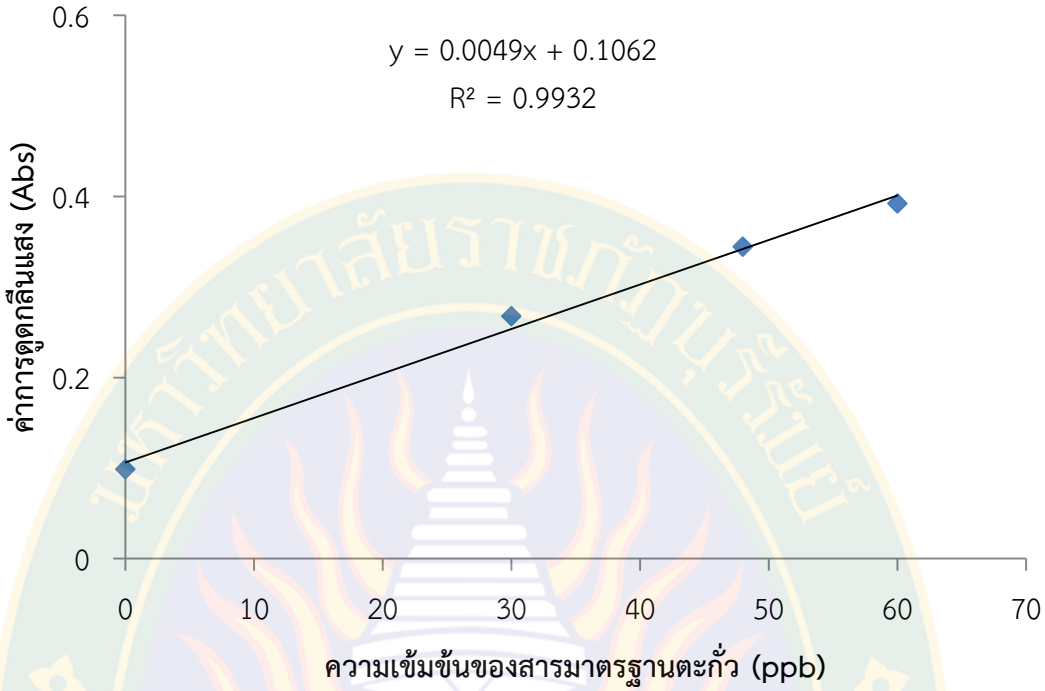
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 สารมาตรฐาน

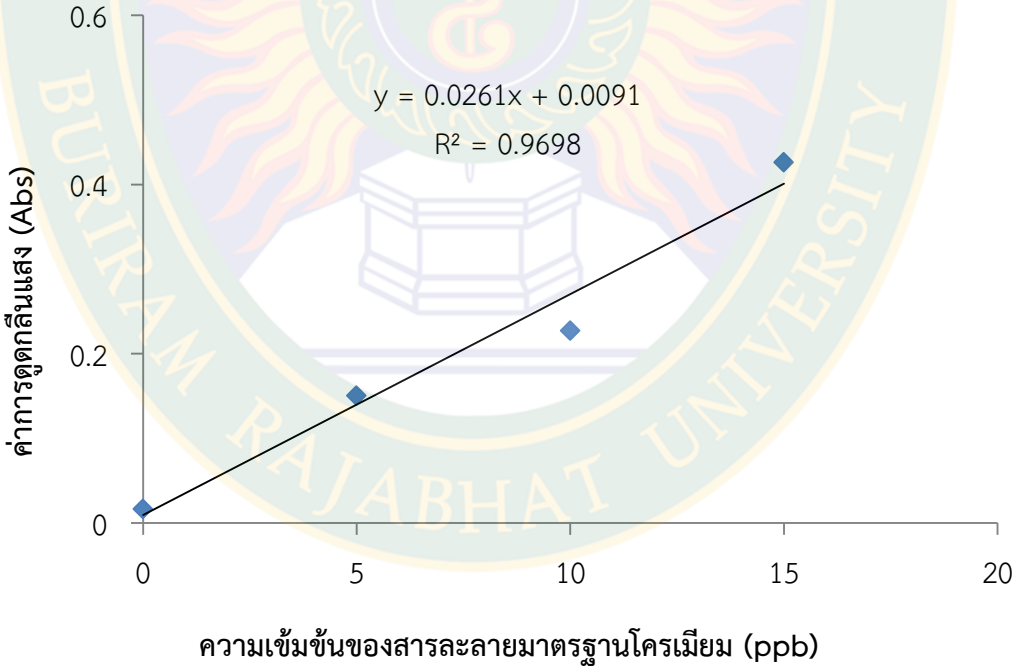
ในการทดลองนี้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในตัวอย่างผักพื้นบ้าน โดยทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GFAAS ซึ่งกราฟของสารละลายมาตรฐานได้แสดงดังรูปที่ 4.1-4.3



รูปที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานซีลีเนียม



รูปที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานตะกั่ว



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโครเมียม

จากรูปที่ 4.1-4.3 แสดงผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานทั้ง 3 ชนิด พบว่า ค่า R^2 ของสารละลายมาตรฐานทุกตัวมีค่าตั้งแต่ 0.9 ขึ้นไป ซึ่งแสดงถึงความถูกต้องในการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

4.2 ผลของปริมาตรกรดที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน

ในการหาปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็น ที่เหมาะสมสำหรับย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป (ผักชีฝรั่ง) และกำหนดอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการย่อย 40 นาที โดยได้เลือกผักที่เก็บจากตำบลชุดเห็ดมาทดลอง เนื่องจากอยู่ใกล้กับมหาวิทยาลัยที่สุดและการเดินทางไปเก็บตัวอย่างสะดวก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 4.1-4.4

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

ปริมาตรกรดไนตริก (มิลลิลิตร)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
1.00	5.12 ± 0.01	35.34 ± 0.12	3.12 ± 0.55
2.00	8.97 ± 0.22	48.51 ± 0.71	4.27 ± 0.52
3.00	9.01 ± 0.10	47.86 ± 1.12	4.05 ± 0.56

ตารางที่ 4.2 แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

ปริมาตรกรดไนตริก (มิลลิลิตร)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
1.00	4.42 ± 0.29	25.65 ± 1.79	4.36 ± 0.24
2.00	7.89 ± 0.41	30.55 ± 0.86	5.87 ± 0.47
3.00	8.11 ± 0.32	32.11 ± 1.28	6.13 ± 0.17

ตารางที่ 4.3 แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

ปริมาตรกรดไนตริก (มิลลิลิตร)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
1.00	4.11 ± 0.11	10.45 ± 0.50	2.01 ± 0.06
2.00	6.34 ± 0.17	12.61 ± 0.42	3.56 ± 0.30
3.00	7.23 ± 0.20	12.98 ± 0.17	2.37 ± 0.27

ตารางที่ 4.4 แสดงผลของปริมาตรกรดที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

ปริมาตรกรดไนตริก (มิลลิลิตร)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
1.00	2.61 ± 0.12	38.23 ± 0.50	2.14 ± 0.06
2.00	2.98 ± 0.22	48.23 ± 0.50	3.87 ± 0.26
3.00	3.41 ± 0.14	48.56 ± 0.75	4.32 ± 0.08

จากผลการหาปริมาตรกรดไนตริกที่ใช้ในการย่อยพืชตัวอย่าง ตารางที่ 4.1-4.4 พบว่า การใช้กรดไนตริก ปริมาตร 2 และ 3 มิลลิลิตร ให้ผลการทดลองที่พบปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างสูงที่สุด แสดงว่าสามารถย่อยตัวอย่างได้ดีกว่าการใช้กรดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้กรดไนตริกในการย่อยตัวอย่างที่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เนื่องจากให้ผลใกล้เคียงกับการใช้กรดไนตริกปริมาตร 3 มิลลิลิตร และเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยและลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายอันเนื่องมาจากกรดที่ใช้เพราะเป็นกรดเข้มข้น

4.3 ผลของระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน

หลังจากที่ได้ปริมาตรกรดไนตริกที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิด คือ ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อย 100 องศาเซลเซียส จากนั้นหาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างโดยทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.5-4.8

ตารางที่ 4.5 แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
20	7.86 ± 0.38	45.61 ± 0.50	4.11 ± 0.07
40	8.11 ± 0.07	47.78 ± 0.11	5.01 ± 0.07
60	7.89 ± 0.07	46.12 ± 0.12	4.76 ± 0.13

ตารางที่ 4.6 แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
20	8.56 ± 0.31	31.22 ± 0.21	6.17 ± 0.42
40	9.11 ± 0.38	30.35 ± 0.26	5.34 ± 0.23
60	8.97 ± 0.11	32.76 ± 0.52	5.87 ± 0.08

ตารางที่ 4.7 แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
20	6.17 ± 0.10	11.98 ± 0.06	4.35 ± 0.10
40	7.34 ± 0.26	10.34 ± 0.30	4.87 ± 0.07
60	6.31 ± 0.40	12.11 ± 0.06	3.09 ± 0.05

ตารางที่ 4.8 แสดงผลของระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
20	2.67 ± 0.17	47.34 ± 0.20	4.41 ± 0.15
40	3.11 ± 0.11	44.21 ± 0.25	5.12 ± 0.07
60	2.97 ± 0.05	46.57 ± 0.41	4.97 ± 0.02

จากผลการศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่างพักพื้นบ้านตารางที่ 4.5-4.8 พบว่า ที่ระยะเวลา 20 40 และ 60 นาที ให้ผลการทดลองไม่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานและระยะเวลาในการย่อย เพื่อให้กระบวนการย่อยตัวอย่างง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ระยะเวลาที่ 20 นาที ในการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน

4.4 ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน

หลังจากที่ได้ปริมาตรกรดไนตริกและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้วคือ ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และระยะเวลาในการย่อย 20 นาที จากนั้นทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการย่อยตัวอย่างผักพื้นบ้าน ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.12

ตารางที่ 4.9 แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักโขม ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
60	5.11 ± 0.15	40.51 ± 0.50	3.11 ± 0.06
80	6.87 ± 0.32	44.22 ± 0.13	4.56 ± 0.27
100	7.89 ± 0.26	47.53 ± 0.50	4.23 ± 0.30

ตารางที่ 4.10 แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักแขยง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
60	3.41 ± 0.27	22.31 ± 1.02	3.35 ± 0.22
80	6.57 ± 0.22	25.34 ± 0.51	4.23 ± 0.13
100	7.86 ± 0.08	31.54 ± 0.34	5.68 ± 0.18

ตารางที่ 4.11 แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักปลัง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
60	4.51 ± 0.29	1.45 ± 0.10	2.56 ± 0.22
80	6.89 ± 0.10	5.98 ± 0.01	3.67 ± 0.19
100	7.31± 0.18	11.45 ± 0.28	4.11 ± 0.11

ตารางที่ 4.12 แสดงผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างผักชีฝรั่ง ตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณโลหะหนัก (ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม)		
	ซีลีเนียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)	ตะกั่ว (ค่าเฉลี่ย ± SD)	โครเมียม (ค่าเฉลี่ย ± SD)
60	1.11 ± 0.01	34.23 ± 0.13	1.01 ± 0.03
80	3.54 ± 0.25	40.51 ± 0.28	2.34 ± 0.05
100	4.11 ± 0.06	41.19 ± 0.20	3.85 ± 0.09

จากผลการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง ตารางที่ 4.9-4.12 พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการย่อยตัวอย่างคือ ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เนื่องจากทำให้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักได้มากที่สุดและสามารถย่อยตัวอย่างพืชได้เกือบหมด โดยสังเกตจากสารละลายที่ได้จากการย่อย พบว่ามีตะกอนของตัวอย่างเหลือน้อยที่สุด เนื่องจากตัวอย่างพืชส่วนใหญ่เป็นเส้นใยสามารถย่อยได้ยาก ซึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นี้สามารถย่อยได้ดี และเนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการย่อยสามารถให้อุณหภูมิได้สูงสุดที่ 100 องศาเซลเซียส จึงเป็นข้อจำกัดในการเพิ่มอุณหภูมิในการย่อยด้วย

4.5 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้าน

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ซีลีเนียม ตะกั่ว และโครมเมียม ในผักพื้นบ้าน 4 ชนิด คือ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และหอมเป (ผักชีฝรั่ง) ในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมคือ ปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้น 2.00 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลาในการย่อย 20 นาที ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.13-4.15

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลชุมเห็ด จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะหนัก (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 4.14 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลในเมือง จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะหนัก (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 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้านในเขตตำบลหลักเขต จังหวัดบุรีรัมย์

พืชทดลอง	ปริมาณโลหะหนัก (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

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในตัวอย่างผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง พบว่า ผักทั้ง 4 ชนิด มีปริมาณโลหะหนักแตกต่างกันออกไป แต่เมื่อ

เปรียบเทียบกับตัวอย่างชนิดเดียวกัน แหล่งที่เก็บตัวอย่างต่างกัน พบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างมีปริมาณโลหะหนักน้อย เนื่องจากผลการทดลองที่ได้รายงานในหน่วยไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และโดยปกติแล้วในธรรมชาติจะมีปริมาณแร่ธาตุต่างๆ รวมทั้งโลหะหนักอยู่ในปริมาณที่พืช สัตว์ สามารถทนต่อความเป็นพิษได้ หรือไม่เป็นอันตรายร้าย จึงทำให้เวลาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักจึงพบว่ามีอยู่ในปริมาณที่น้อย

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในผักพื้นบ้าน ได้แก่ ผักโขม ผักแขยง ผักปลัง และผักชีฝรั่ง ที่ปลูกในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ โดยศึกษาสภาวะต่างๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักดังนี้ ผลของปริมาตรกรดไนตริกเข้มข้นที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยตัวอย่าง และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง ซึ่งในการทดลองได้ใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65 เปอร์เซ็น ปริมาตร 1 2 และ 3 มิลลิลิตร ในการย่อยตัวอย่าง โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการย่อย 40 นาที พบว่า การใช้กรดไนตริกที่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร สามารถย่อยตัวอย่างได้ดีที่สุด ส่วนปริมาตรกรดที่ 3 มิลลิลิตร นั้นได้พบปริมาณโลหะหนักใกล้เคียงกับการใช้กรดไนตริก 2 มิลลิลิตร จึงเลือกใช้กรดไนตริกที่ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีโดยไม่จำเป็น ลดค่าใช้จ่ายในการทำวิจัย และเพิ่มความปลอดภัยในการเตรียมตัวอย่าง เนื่องจากกรดที่ใช้เป็นกรดเข้มข้น หากเกิดการหกใส่ผิวหนังเป็นอันตรายอย่างยิ่ง ส่วนที่ปริมาตรกรดไนตริก 1 มิลลิลิตร นั้นได้ค่าปริมาณโลหะหนักน้อยที่สุด แสดงว่าไม่สามารถย่อยตัวอย่างได้ดี จึงไม่เลือกใช้สภาวะนี้ เมื่อได้ปริมาตรกรดไนตริกที่ใช้เหมาะสมกับการย่อยตัวอย่างแล้ว ได้ทำการศึกษาผลของระยะเวลาที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง โดยทำการศึกษาที่ระยะเวลา 20 40 และ 60 นาที โดยใช้กรดไนตริก 2 มิลลิลิตร อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ผักพื้นบ้านทั้ง 4 ชนิด ใช้ระยะเวลาในการย่อยที่เหมาะสมที่สุด คือ 20 นาที เนื่องจากที่ระยะเวลานี้ พบปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม สูงที่สุด ดังนั้น จึงเลือกใช้ระยะเวลาที่น้อย เพื่อเป็นการลดเวลาและลดพลังงานไฟฟ้าในการเตรียมตัวอย่าง เมื่อได้ปริมาตรกรดและระยะเวลาที่เหมาะสมแล้ว ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมในการย่อยตัวอย่าง ซึ่งศึกษาที่อุณหภูมิ 60 80 และ 100 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตัวอย่างถูกย่อยได้ดีที่สุด โดยสังเกตจากสารละลายที่เหลือตะกอนของตัวอย่างน้อย เพราะพืชส่วนใหญ่แล้วประกอบด้วยเซลลูโลสซึ่งย่อยสลายยาก แต่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส สามารถย่อได้เกือบหมด และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักก็พบว่า มีปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม สูงที่สุด และเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยมีข้อจำกัดด้านการให้อุณหภูมิ เพราะสามารถใช้ได้สูงสุดที่ 100 องศาเซลเซียส จึงจำเป็นต้องใช้อุณภูมิได้สูงสุดที่ 100 องศาเซลเซียส และเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของงานวิจัยนี้

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หาปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ในผักโขม ผักปลัง ผักแขยง และผักชีฝรั่ง คือ การใช้กรดไนตริกเข้มข้น 65% ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการย่อย 20 นาที อุณหภูมิที่ใช้ในการย่อย 100 องศาเซลเซียส เมื่อนำสารละลายที่ได้จากการย่อยในสภาวะที่เหมาะสมไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS) พบว่า ปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ที่พบในผักทั้ง 4 ชนิด นั้นมีปริมาณแตกต่างกันตามชนิดของผัก แต่เมื่อเปรียบเทียบตามแหล่งที่เก็บตัวอย่างแล้วพบว่า ผักชนิดเดียวกันมีปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียมใกล้เคียงกัน และถือว่าเป็นปริมาณที่พบน้อย ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากในธรรมชาติมีพวกแร่ธาตุต่างๆ สะสมอยู่ในดิน น้ำ อยู่แล้ว ดังนั้น

เมื่อพืชดูดซึมอาหารผ่านระบบราก ก็สามารถดูดซึมเอาทั้งแร่ธาตุหรือโลหะหนักเหล่านี้ไปเก็บสะสมไว้ตามต้นพืชได้ ดังนั้นในเขตตำบลชุมเห็ด ตำบลในเมือง และตำบลหลักเขต อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ จากปริมาณซีลีเนียม ตะกั่ว และโครเมียม ที่พบนั้นไม่ถือว่ามีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมจนเป็นอันตรายต่อประชากรในชุมชน แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากปัจจุบันนี้การใช้สารเคมียาปราบศัตรูพืช และโลหะหนัก ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางการเกษตรและอุตสาหกรรม แต่หากถูกใช้จนหมดประโยชน์แล้ว ก็ถูกกำจัดทิ้งแบบไม่ถูกวิธี หรือการใช้ในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมจนเป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ ดังนั้นหากทุกคนมีจิตสำนึกช่วยกันลดการใช้สารเคมี โลหะหนัก และกำจัดอย่างถูกวิธี ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ช่วยลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการเลือกพืชตัวอย่างควรเลือกพืชที่เก็บได้ในฤดูการเดียวกัน จึงจะสามารถเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักได้
2. ควรมีการหาปริมาณตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการย่อย เพื่อลดการใช้พืชตัวอย่างให้น้อยที่สุด และประหยัดค่าใช้จ่ายในการหาตัวอย่าง
3. อุปกรณ์ในการทำวิจัยนับเป็นปัญหาใหญ่ในการทำวิจัย เพราะหากอุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐานหรือต้องซ่อมแซมระหว่างการใช้งานจะทำให้งานวิจัยล้าช้า
4. ในการหาปริมาณโลหะหนัก สารเคมีที่ใช้เป็นสารมาตรฐานล้วนเป็นอันตรายต่อผู้ทำวิจัย จึงควรทำในห้องที่มีดูดไอระเหยสาร และมีอุปกรณ์ป้องกันสารเคมีที่สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีเพื่อสุขภาพของผู้ทำวิจัย

บรรณานุกรม

กรวินท์วิชญ์ บุญพิสุทธินันท์, สุภัสสรณ์ แก้วกลิ่น, จรรยาพร ยืนยิ่ง, ผกาวดี ศรีสง่า และขนิษฐา มีประดิษฐ์. (2556). การศึกษาสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดเหง้าจากว่านตาลเดี่ยว (*Hypoxis aurea* Lour.). **Academic Science and Technology Conference**. 1, 27-31.

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

จีอีเอ็ม อะแนลลิซิส แลบบอราทอรี่. (2558). **ส่วนประกอบของเครื่องอินดักทีฟลีคัพเปิลพลาสมาแมสสเปกโทรมิเตอร์ (ICP-MS)**. (ออนไลน์) http://www.gemanalysis.eu/icpms.html. 6 มีนาคม 2558.

ชุติมา ลิ้มมัทวาภิรติ์, ธวัชชัย แพชะมัด และจุรีย์ เจริญธีรบูรณ์. (2553). **การหาปริมาณโลหะหนักในเหง้าหรือรากของพืชสมุนไพรไทยในวงศ์ *Zingiberaceae* โดยใช้เทคนิคอินดักทีฟลี คับเปิ้ลพลาสมา-แมสส์ สเปกโตรเมทรี (ไอซีพี-เอ็มเอส)**. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

นันท์นภัส เติมวงศ์. (2551). ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระ สารประกอบฟีโนลิกส์ และวิตามินซีในผักและสมุนไพร. **ก้าวทันวิทยาศาสตร์**. 8(2), 114-124

ปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. (2553). **การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยสเปกโทรสโกปี.** มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เมฆ จันทน์ประยูร. (2541). **ผักพื้นบ้าน เคล็ดลับของคนอายุยืน.** (5).กรุงเทพฯ : ไททรรศน์.

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. (2534). **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มยูร หลำสุบ และ สราวุธ เดชมณี. **ปริมาณเหล็ก ทองแดงและสังกะสีในผักพื้นบ้านภาคใต้บางชนิด**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.

ศูนย์ข้อมูลพิษวิทยา. แหล่งที่มา : http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_toxic. 28 พฤศจิกายน 2557.

ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7111. 28 พฤศจิกายน 2557.

สุวรรณา จันคนา. (2556). การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้าน. **วารสารนเรศวรพะเยา**. 6(3), 188-193

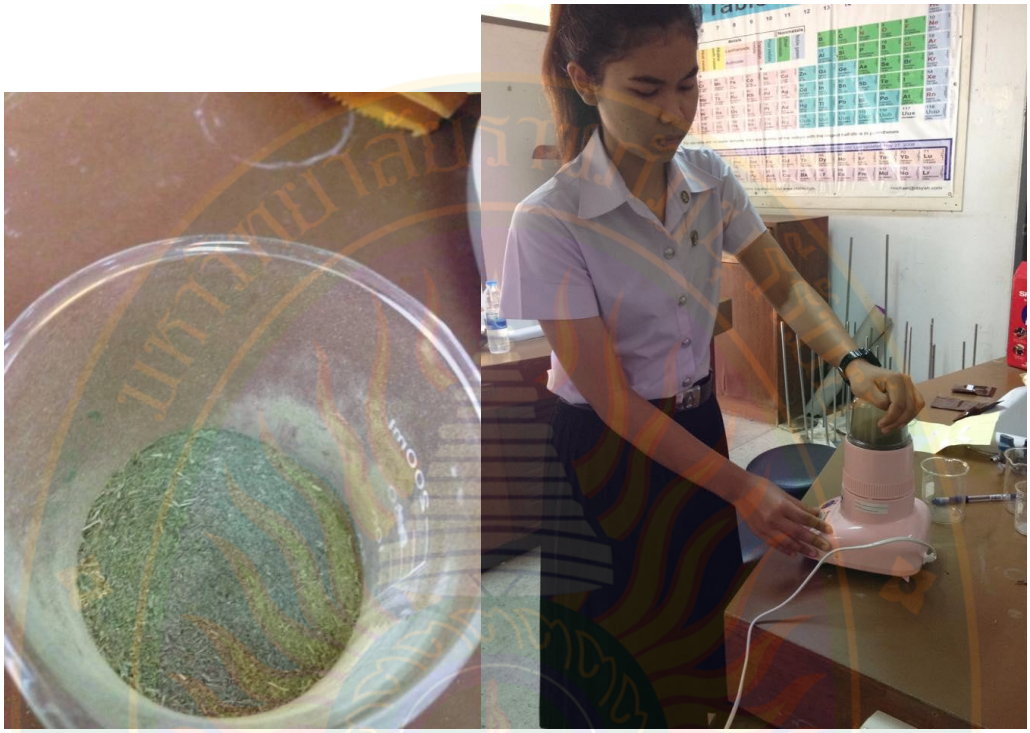
Clark L.C., Combs G.F. Jr., and Turnbull B.W. (1996). Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. **J. Am. Med. Assoc.** 276, 57-63

Diwadkar-Navsariwala V. and Diamond A.M. (2004). The link between selenium and chemoprevention: a case for selenoproteins. **J. Nutr.** 134, 2899-2902

Pandey K.B. and Rizvi S. I. (2009). Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity.** 2, 270-278

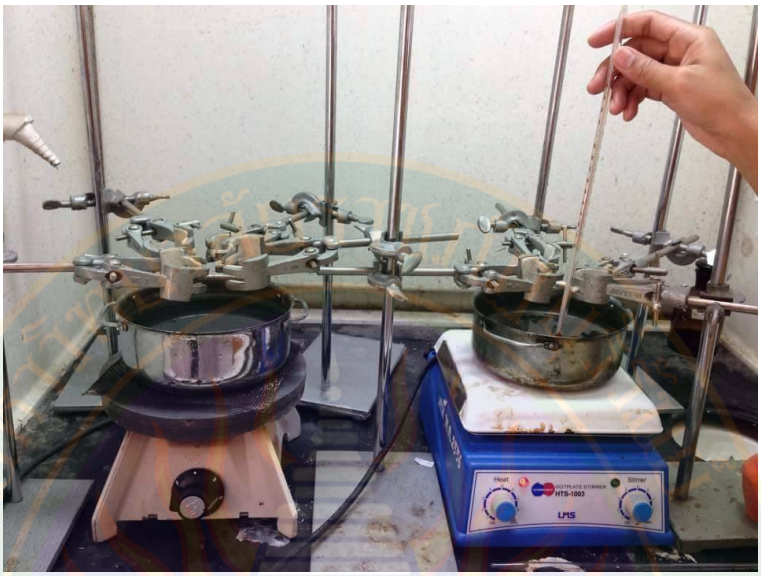
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รูปภาพประกอบการเตรียมตัวอย่าง



ภาคผนวก ก-1 ตัวอย่างผักพื้นบ้านที่อบแห้งและบดเป็นผงละเอียด

ภาคผนวก ก-2 การชั่งตัวอย่างก่อนนำไปย่อย



ภาคผนวก ก-3 เตรียมอุปกรณ์สำหรับการย่อย

ภาคผนวก ก-4 สารละลายตัวอย่างที่ย่อยเสร็จแล้ว

ภาคผนวก ก-5 ปรับปริมาตรตัวอย่างที่ย่อยเสร็จแล้วด้วยน้ำกลั่น

ภาคผนวก ก-6 กรองตัวอย่างที่ปรับปริมาตรแล้วด้วยกระดาษกรอง

ภาคผนวก ก-7 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก
ด้วยเทคนิคแกรไฟต์เฟอร์เนสอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรเมตรี (GFAAS)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล นางสาวศรัญญา มณีทอง
วัน เดือน ปีเกิด 4 มกราคม 2530
ภูมิลำเนา 144 หมู่ 9 ตำบลคอนฉิม อำเภอแวงใหญ่ จังหวัดขอนแก่น
รหัสไปรษณีย์ 40330
หมายเลขติดต่อ 084-4027688
E-mail : sarunya_0401@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552-2556	นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต แบบ 2.2 (โทควบเอก หลักสูตร 5 ปี) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
พ.ศ. 2551	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ. เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 2 (เกรดเฉลี่ย 3.55) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม
พ.ศ. 2547	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (เกรดเฉลี่ย 3.78) โรงเรียนแวงใหญ่วิทยาคม อำเภอแวงใหญ่ จังหวัดขอนแก่น

ประวัติทุนการศึกษา

พ.ศ. 2548-2551	ได้รับทุนโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) (ปริญญาตรี)
พ.ศ. 2552-2556	ได้รับทุนโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) (ปริญญาเอก)
พ.ศ. 2555	ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนานิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาเอก)

ประวัติทุนการศึกษา

พ.ศ. 2558	ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย จากมหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

ผลงานวิจัยตีพิมพ์

Maneetong, S., Chookhampaeng, S., Chantiratikul, A., Chinrasri, O., Thosaikham, W., Sittipout, R. & Chantiratikul, P. (2013) Hydroponic cultivation of selenium-enriched kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.) seedling and speciation of selenium with HPLC–ICP-MS, *Microchemical Journal*. 108, 87-91.

Chantiratikul, A., Pakmaruek, P., Chinrasri, O., Aengwanich, W., Chookhampaeng, S., **Maneetong, S**. & Chantiratikul, P. (2015) Efficacy of Selenium from Hydroponically Produced Selenium-Enriched Kale Sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.) in Broilers, *Biological Trace Element Research*. DOI 10.1007/s12011-015-0227-5

Thosaikham, W., Jitmanee, K., Sittipout, R., **Maneetong, S.**, Chantiratikul, A. & Chantiratikul, P. (2014) Evaluation of selenium species in selenium-enriched pakchoi (*Brassica chinensis Jusl var parachinensis (Bailey) Tsen & Lee*) using mixed ion-pair reversed phase HPLC–ICP-MS, *Food Chemistry*. 145, 736-742.

Chantiratikul, A., Chinrasri, O., Jaichong, D., Laodim, T., Changkhunthod, S., Chookhampaeng, S., **Maneetong, S.** & Chantiratikul, P. (2013) Selenium concentration in tissues of laying quails fed selenium from hydroponically produced Se-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.). *Agricultural Science Journal*. 44 (1), 111-114.

Chinrasri, O., Chantiratikul, P.**, Maneetong, S.**, Chookhampaeng, S., & Chantiratikul, A. (2013) Productivity and selenium concentrations in egg and tissue of laying quails fed selenium from hydroponically produced selenium-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.). *Biological Trace Element Research*. DOI 10.1007/s12011-013-9824-3.

Maneetong, S., Chantiratikul, P., Chookhampaeng, S., Chantiratikul, A., Chinrasri, O. & Jitmanee, K. (2012) The production and selenium speciation of Se-enriched kale seedling (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.). The 8th Mahasarakham University Research Conference. 8th - 9th November 2012, Mahasarakham, Thailand.

Pakmaruek, P., Chinrasri, O., Aengwanich, W., Chantiratikul, P., Chookhampaeng, S., **Maneetong, S.** & Chantiratikul, A., Utilization of Se-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.) as selenium source in broiler diets. The 8th Mahasarakham University Research Conference. 8th - 9th November 2012, Mahasarakham, Thailand.

Thosaikham, W., **Maneetong, S.**, Sittipout, R., Chantiratikul, A. & Chantiratikul, P. Extraction method for extracting selenium from Se-enriched plants. The 8th Mahasarakham University Research Conference. 8th - 9th November 2012, Mahasarakham, Thailand.

Chinrasri, O., Pakmaruek, P., Chookhampaeng, S., **Maneetong, S.**, Chantiratikul, P. & Chantiratikul, A. (2013) Supplementing selenium from selenium-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.) in broiler diets. The 4th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 27th - 31st July 2013, Lanzhou, China.

Chantiratikul, A., Chinrasri, O., Pakmaruek, P., Chookhampaeng, S., **Maneetong, S.** & Chantiratikul, P. (2013) Organic selenium from selenium-enriched kale sprout increased tissue selenium concentrations of broilers. The 4th International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. 27th - 31st July 2013, Lanzhou, China.

งานประชุมวิชาการ

Maneetong, S. & Chantiratikul, P. (2012) The production and selenium speciation of Se-enriched kale seedling (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.). The 7th Conference on Science and Technology for Youths. Poster Presented. 2nd - 4th May 2012, Bangkok International Trade and Exhibition Centre, Bangkok, Thailand.

Maneetong, S., Chantiratikul, P., Chookhampaeng, S., Chinrasri, O., Jitmanee, K. & Chantiratikul, A. (2012) Se-enriched kale seedling production by hydroponic cultivation. Private Public Partnership, The First National Conference on 3P (Private Public Partnership) Research & Technology licensing Office (TLO). 28th - 30th July 2012, Phitsanulok, Thailand.

Maneetong, S. & Chantiratikul, P. (2011) The production of Se-enriched kale sprout (*Brassica oleracea* var. *alboglabr*a L.). The 6th Conference on Science and Technology for Youths. Poster Presented. 18th - 19th March 2011, Bangkok International Trade and Exhibition Centre, Bangkok, Thailand.

Maneetong, S., Thosaikham, W.**,** Sittipout, R. & Chantiratikul, P. (2010) Speciation and determination of selenium in selenium-enriched duckweed (*Lemna minor*). Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON). Poster Presented. 21st - 23rd January 2010, Ubon Ratchathani, Thailand.

Sittipout, R., Thosaikham, W., **Maneetong, S.** & Chantiratikul, P. (2010) Sample preparation methods for selenium determination with ICP-MS technique. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON). Poster Presented. 21st - 23rd January 2010, Ubon Ratchathani, Thailand.

Thosaikham, W., Jitmanee, K., Sittipout, R., **Maneetong, S.**, Chantiratikul, A. & Chantiratikul, P. 2012. Ion-paired reversed phase HPLC-ICP-MS for selenium speciation analysis in Se-enriched yeast. Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON). Oral presentation. 11st-13rd January 2012. The Empress Convention Center, Chiang Mai, Thailand.

Thosaikham, W., Jitmanee, K., Chantiratikul, A., Sittipout, R., **Manee-tong, S.** & Chantiratikul, P. (2010) Selenium extraction using mixture of pepsin and cellulase for selenium-enriched Chinese kale (*Brassica alboglabra* L.H. Bailey). Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON). Oral presentation. 21st - 23rd January 2010, Ubon Ratchathani, Thailand.