

การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็ก ในตัวอย่างบัวบก โดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมตรี Determination of Lead, Copper, Zinc and Iron in *Centella asiatica* by Atomic Absorption Spectrophotometry

วิรัช เรืองศรีตระกูล (Wirat Ruengsitagoon)^{1*}
ฉันทนา อารมย์ดี (Chantana Aromdee)¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก ในตัวอย่างบัวบกโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมตรี ค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก มีค่าเท่ากับ 283.3, 342.8, 213.9 และ 248.3 นาโนเมตร ตามลำดับ ภายใต้สภาวะการวิเคราะห์ที่เหมาะสมได้สร้างกราฟมาตรฐานขึ้นในช่วงความเข้มข้นสำหรับตะกั่วและทองแดงเท่ากับ 0.2 - 5.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สำหรับสังกะสี 0.2 - 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสำหรับเหล็ก 0.2 - 10.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตัวอย่างบัวบกจาก 18 แหล่งรวบรวมมาจาก จังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ มหาสารคาม นครราชสีมา และสุราษฎร์ธานี กระบวนการเตรียมตัวอย่างจะนำบัวบก 0.5 กรัม มาผ่านการย่อยด้วยกรดไนตริกเป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบปริมาณของตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็กในตัวอย่างบัวบก มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 18.78, 3.39 - 13.89, 28.03 - 130.26 และ 85.52 - 1,144.81 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

Abstract

This study monitored the presence of lead, copper, zinc and iron in *Centella asiatica* using atomic absorption spectrophotometry. The appropriate wavelengths for measuring lead, copper, zinc and iron were 283.3, 342.8, 213.9 and 248.3 nm, respectively. Under the selected conditions, the linear calibration graph was recorded over the range of 0.2 - 5.0 $\mu\text{g ml}^{-1}$ for lead and copper, 0.2 - 4.0 $\mu\text{g ml}^{-1}$ for zinc and 0.2 - 10.0 $\mu\text{g ml}^{-1}$ for iron. Eighteen *Centella asiatica* samples were collected from Khon Kaen, Chaiyaphum, Mahasarakham, Nakhonratchasima and Suratthani Provinces. To prepare the *Centella asiatica* samples, 0.5 g of each sample was digested with nitric acid for 3 hours. The results of lead, copper, zinc and iron levels for *Centella asiatica* samples were found to be in the range of 0 - 18.78, 3.39 - 13.89, 28.03 - 130.26 and 85.52 - 1,144.81 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectively.

¹รองศาสตราจารย์ สาขาเภสัชศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
^{*}corresponding author, e-mail: wirat_ru@kku.ac.th

คำสำคัญ: บัวบก, โลหะหนัก, อะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมตรี

Keywords: *Centella asiatica*, heavy metals, atomic absorption spectrophotometry

บทนำ

บัวบก มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Centella asiatica* (Linn.) Urban. อยู่ในวงศ์ Umbelliferae ชื่อภาษา อังกฤษ Asiatic pennywort (รุจินาด และคณะ, 2530) ชื่อท้องถิ่น ผักแว่น ผักหนอก ปะหนะ หรือเอหาเต๊ะ บัวบก เป็นพืชเลื้อยสูงขนาดหนึ่งฝ่ามือ มีรากงอกออกมาตามข้อของลำต้น ก้านใบงอกตรงจากดิน ใบสีเขียว รูปกลมรีเล็กน้อย ขอบใบเป็นคลื่น ดอกสีม่วงแดงเข้ม ใช้ข้อที่มีรากในการขยายพันธุ์ สามารถใช้ต้นสดและใบสดสำหรับประโยชน์ทางสมุนไพร มีสรรพคุณทางสมุนไพรคือ มีฤทธิ์ลดการอักเสบ ด้านฮีสตามีน แก้อักเสบ ด้านเชื้อแบคทีเรีย สมานแผล ด้านเชื้อรา ทำให้เลือดหยุดไหล รักษาแผลในกระเพาะอาหาร ในด้านความเป็นพิษของบัวบกจากการรายงานการทดสอบความเป็นพิษ ไม่พบความเป็นพิษเมื่อมีการฉีดสารที่สกัดด้วย 50 เปอร์เซ็นต์ของเอธานอลในหนูขาว ไม่พบความเป็นพิษต่อเซลล์ Human Lymphocyte ไม่พบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ต่อเชื้อ *S. typhimurium* TA98, TA 100 และไม่พบพิษต่อระบบสืบพันธุ์รวมทั้งการทำให้เกิดอาการแพ้ (Negi et al., 2008)

จากการเสนอของ มาลี และคณะ (2538) ได้เสนอแนวทางการตรวจสอบคุณภาพสมุนไพรไว้ว่า ควรตรวจสอบในหัวข้อใหญ่ๆ ตามแนวทางต่อไปนี้คือ **หนึ่ง** การตรวจสอบคุณลักษณะ ได้แก่ การตรวจสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส หมายถึงการดูลักษณะ รูปร่าง สี การดมกลิ่นและการชิม เป็นต้น และการตรวจสอบลักษณะทางมหภาคและจุลภาค หมายถึงการดูลักษณะของสมุนไพรที่ยังไม่ได้แปรรูปภายใต้กล้องจุลทรรศน์ **สอง** การตรวจสอบเอกลักษณ์ทางเคมี เป็นการตรวจหาสารสำคัญในสมุนไพรเพื่อให้ทราบว่าสมุนไพรที่นำมาใช้นั้น

มีสารสำคัญอยู่จริง ซึ่งการตรวจสอบนี้มีเครื่องมือการตรวจวิเคราะห์เฉพาะขึ้นอยู่กับความเป็นไปได้ในห้องปฏิบัติการต่างๆ **สาม** การตรวจสอบความบริสุทธิ์ ได้แก่ การตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม การหาปริมาณได้ ปริมาณปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน สารพิษตกค้างและโลหะหนัก เป็นต้น และ **สี่** การวิเคราะห์ปริมาณ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตอนสุดท้ายในการตรวจสอบคุณภาพของสมุนไพร อาจจะเป็นการวิเคราะห์สารกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เช่น ปริมาณน้ำมันหอมระเหย หรืออัลคาลอยด์ เป็นต้น หรือจะเป็นการวิเคราะห์สารเดี่ยว ซึ่งมักจะทำการวิเคราะห์สารที่เป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในปริมาณที่สูงในสมุนไพรนั้นๆ การศึกษาปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนในสมุนไพรได้เป็นที่สนใจอย่างมากในปัจจุบัน เช่น มีการรายงานไว้ในงานวิจัยต่างๆ (Omolo et al., 1997; Li and Deng, 2003; Ajasa et al., 2004; Gomez et al., 2004 ; Konieczynski and Wesolowski, 2007) ได้รายงานการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในตัวอย่างเป็นสมุนไพรของประเทศแถบแอฟริกาตะวันออก ประเทศจีน ไนจีเรีย อาร์เจนตินาและโปแลนด์ ตามลำดับ

การศึกษาในครั้งนี้ได้สนใจศึกษาการตรวจสอบความบริสุทธิ์ของบัวบก โดยเฉพาะหัวข้อการปนเปื้อนของโลหะหนัก แต่ในปัจจุบันยังไม่ได้มีการกำหนดทั้งชนิดและปริมาณของโลหะหนักที่เป็นมาตรฐานของบัวบกที่ใช้เป็นสมุนไพรโดยเฉพาะ จากการค้นคว้าของผู้ศึกษาได้พบว่ามีเพียงกระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์ชุมชน(มพช.)ประเภทเครื่องดื่มของ *น้ำใบบัวบก* (กระทรวงอุตสาหกรรม, มพช. 163/2546) และ *ใบบัวบกผงชงดื่ม* (กระทรวงอุตสาหกรรม, มพช. 167/2546) แต่ผลิตภัณฑ์จากบัวบกทั้งสองประเภทนี้ได้กำหนดมาตรฐานเพียงการดูลักษณะทางกายภาพ

คือ สี กลิ่น และรส รวมทั้งห้ามการใช้วัตถุเจือปนอาหาร และต้องมีการตรวจการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาวิจัยได้สนใจที่จะวิเคราะห์หาปริมาณโลหะดังต่อไปนี้ คือ ตะกั่ว (Lead, Pb) ทองแดง (Copper, Cu) สังกะสี (Zinc, Zn) และเหล็ก (Iron, Fe) โดยได้เลือกโลหะเหล่านี้จากการอ้างอิงจากมาตรฐานสมุนไพรชนิดอื่นๆ (Thai Herbal Pharmacopeia, 1998; 2000) รวมทั้งมาตรฐานอาหารที่มีสารเจือปน (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98, 2529) การศึกษาครั้งนี้จะได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะสามารถทราบถึงปริมาณโลหะบางตัว ซึ่งจะสามารถพัฒนาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปนเปื้อนของโลหะสำหรับกำหนดมาตรฐานเฉพาะของบับกเพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านสมุนไพรต่อไป

สารเคมี อุปกรณ์-เครื่องมือและวิธีการศึกษา

1. สารเคมี

1.1 สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Lead) ของบริษัท BDH ผลิตภัณฑ์ ประเทศอังกฤษ

1.2 สารละลายมาตรฐานทองแดง (Copper) ของบริษัท BDH ผลิตภัณฑ์ ประเทศอังกฤษ

1.3 สารละลายมาตรฐานสังกะสี (Zinc) ของบริษัท BDH ผลิตภัณฑ์ ประเทศอังกฤษ

1.4 สารละลายมาตรฐานเหล็ก (Iron) ของบริษัท BDH ผลิตภัณฑ์ ประเทศอังกฤษ

1.5 กรดไนตริก (HNO_3) ของบริษัท J.T. Baker ผลิตภัณฑ์ ประเทศสหรัฐอเมริกา

2. อุปกรณ์-เครื่องมือ

2.1 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) ยี่ห้อ Varian รุ่น AA-200 เป็นผลิตภัณฑ์ของประเทศออสเตรเลีย

2.2 เครื่องบดสมุนไพร (Labmill) ผลิตในประเทศไทย

2.3 ชุดเตาความร้อน (Hot plate)

2.4 ตู้ดูดไอสารเคมี (Fume hood)

3. วิธีการศึกษา

3.1 การศึกษากราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานโลหะ

3.1.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก ให้มีความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานตามความเข้มข้นดังต่อไปนี้ โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน (Deionized water) เป็นตัวทำละลาย

สารละลายมาตรฐานโลหะตะกั่วเข้มข้น 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐานโลหะทองแดงเข้มข้น 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 และ 5.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐานโลหะสังกะสีเข้มข้น 0.2, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐานโลหะเหล็กเข้มข้น 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 5.0, 7.5 และ 10.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

3.1.2 ใช้น้ำกลั่นเป็นสารละลายเปรียบเทียบ (Blank) ทำการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายมาตรฐานในข้อ 3.1.1 จำนวน 3 ครั้ง ในวันที่ต่างกันสัปดาห์ละหนึ่งครั้งเรียกการศึกษาแบบนี้ว่าเป็นการศึกษาแบบ Between Run ทำการคำนวณค่า r^2 ; Correlation coefficient และค่าความชันของกราฟ (Slope) รวมทั้งคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าทั้งสองที่กล่าวมา

3.2 การเก็บตัวอย่างบับก

ทำการเก็บตัวอย่างบับกในเขตอำเภอเมืองและอำเภอใกล้เคียงของจังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ มหาสารคาม นครราชสีมา และสุราษฎร์ธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างมาจากแหล่งปลูกโดยตรง ด้วยการเก็บต้นโดยสมบูรณ์ หมายถึงมีการเก็บต้นที่ประกอบไปด้วยราก ลำต้น ก้านใบและใบ นำตัวอย่างมาผ่านกระบวนการเตรียมตัวอย่างต่อไป รวมตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการเก็บมาเพื่อการศึกษาปริมาณโลหะทั้งสิ้น 18 แหล่ง

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในตัวอย่างบับก

3.3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐาน โลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก ให้มีความเข้มข้นตามที่กำหนดในข้อ 3.1.1 ปรับปริมาณสารละลายให้ได้ความเข้มข้นที่ต้องการโดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออน

3.3.2 เตรียมตัวอย่างบับก ได้เก็บตัวอย่างบับกมาจากพื้นที่ปลูกโดยตรงด้วยการเก็บตัวอย่างทั้งหมดโดยสมบูรณ์ คือ ราก ลำต้น ก้านใบและใบ นำตัวอย่างดังกล่าวมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อกำจัดเศษดินและสิ่งเจือปนต่างๆ ตัวอย่างที่ล้างสะอาดแล้วจะถูกตัดเอาส่วนรากออกและนำตัวอย่างไปตากให้แห้งภายในที่ร่มเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างไปอบด้วยตู้อบตัวอย่างสมุนไพรที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร เก็บรวบรวมตัวอย่างบับกที่แห้งและผ่านการบดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้ต่อไป

3.3.3 เตรียมสารละลายเปรียบเทียบ (Blank) และเตรียมตัวอย่างสารละลายบับก ได้ใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีที่พัฒนาโดย Chow et al., (1995), วิรัช และคณะ, (2541), วิรัชและคณะ, (2548) การเตรียมสารละลายเปรียบเทียบทำได้โดยการปิเปตสารละลายกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (v/v) 20 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตรที่ปิดด้วยกระจกนาฬิกาอยู่ด้านบน นำสารละลายไปทำการย่อย (Digestion) บนเตาความร้อน (Hot Plate) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นปิเปตสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ลงไปลงในบีกเกอร์อีก 20 มิลลิลิตร ทำการย่อยต่อไปอีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาถือว่าการย่อยสารละลายเปรียบเทียบเสร็จสมบูรณ์ สำหรับการเตรียมตัวอย่างสารละลายบับกนำตัวอย่างที่เตรียมมาจากข้อ 3.3.2 ชั่งมาตัวอย่างละ 0.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (v/v) 20 มิลลิลิตร ลงไปแล้วปิดด้วยกระจกนาฬิกาอยู่ด้านบน นำสารละลายไปทำการย่อยตัวอย่างด้วยความร้อนเช่นกัน การย่อยตัวอย่างจะทำบนเตาความร้อนเป็น

เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง (เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงในช่วงแรก) จากนั้นทำการเติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ (v/v) อีกด้วยปริมาตร 20 มิลลิลิตร ทำการย่อยตัวอย่างต่อไปด้วยเวลาอีกประมาณ 2 ชั่วโมง ระหว่างการย่อยสารละลายตัวอย่างต้องระวังไม่ให้สารละลายแห้งหากสารละลายจะแห้งให้เติมน้ำกลั่นชนิดปราศจากไอออนลงไป และสารละลายที่ผ่านการย่อยตัวอย่างควรจะมีปริมาตรรวมที่น้อยกว่า 25 มิลลิลิตร หลังจากครบเวลาจะสังเกตเห็นสารละลายใสและไม่เกิดตะกอนสีดำ จากนั้นนำสารละลายเปรียบเทียบหรือสารละลายตัวอย่างบับกที่ย่อยเสร็จแล้วมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No 1 และปรับปริมาตรสุดท้ายให้เท่ากับ 25 มิลลิลิตร ในขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นปราศจากไอออนสำหรับการปรับปริมาตร

3.3.4 นำสารละลายในข้อ 3.3.1 และ 3.3.3 ไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่สภาวะที่เหมาะสมดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (Analytical Methods, 1989)

3.4 การแปลผลการศึกษา

นำผลการศึกษาจากการสร้างกราฟมาตรฐานของโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก ไปสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายโลหะมาตรฐานแต่ละชนิดหาความสัมพันธ์ที่แสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง ($Y = mX \pm C$) จากสมการเส้นตรงที่คำนวณได้เมื่อนำค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่วัดได้จากตัวอย่างบับกสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโลหะแต่ละชนิดมาคำนวณเปรียบเทียบกับสมการเส้นตรงดังกล่าวจะสามารถคำนวณเป็นค่าปริมาณโลหะที่ทำการศึกษาในตัวอย่างบับกได้

ผลการศึกษา

ได้ศึกษาการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็ก พบว่าการสร้างกราฟมาตรฐานจะให้กราฟมาตรฐานที่เป็น

เส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.2-5.0, 0.2-5.0, 0.2-4.0 และ 0.2-10.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ จากการศึกษาก่อสร้างกราฟมาตรฐานแบบ Between Run (n=3) พบว่ากราฟมาตรฐานมีค่าสมการเส้นตรงเท่ากับ $Y = 0.0126X - 0.0009$, $Y = 0.0857X - 0.0003$, $Y = 0.1606X - 0.0663$ และ $Y = 0.0493X - 0.0106$ ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (Correlation coefficient ; r^2) มีค่าเท่ากับ 0.9999, 0.9996, 0.9602 และ 0.9936 (n=3) ตามลำดับ ค่าขีดจำกัดต่ำสุดสำหรับการวิเคราะห์ (Limit of detection; LOD) ของปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และเหล็ก มีค่าเท่ากับ 0.10, 0.05, 0.05 และ 0.10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ (ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก จากตัวอย่างบัวบกที่เก็บตัวอย่างมาทั้งหมด 18 แหล่ง พบความเข้มข้นของโลหะดังกล่าวอยู่ในช่วง 0-18.78, 3.39-13.89, 28.03-130.26 และ 85.52-1,144.81 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะแต่ละชนิดใน 18 ตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 6.95 ± 6.07 , 8.57 ± 3.23 , 77.23 ± 29.74 และ 506.68 ± 355.40 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ (ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 3)

สรุปและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก จากตัวอย่างบัวบกที่เก็บตัวอย่างมาทั้งหมด 18 แหล่ง ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่าหลังจากที่ตัวอย่างบัวบกได้ผ่านการเตรียมให้แห้งและย่อยตัวอย่างด้วยกรดเข้มข้น ทำการปรับปริมาตรให้แน่นอนและวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่นที่เหมาะสม จะสามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก ที่สนใจได้ พบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่า Correlation coefficient ; r^2 ของกราฟมาตรฐานมีค่าเท่ากับ ± 0.0003 , ± 0.0006 , ± 0.0007 และ ± 0.0028 (n=3) ตามลำดับ และ

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าความชันของกราฟ (Slope) มาตรฐานมีค่าเท่ากับ ± 0.0009 , ± 0.0030 , ± 0.0048 และ ± 0.0020 (n=3) ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก จากตัวอย่างบัวบกพบค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะต่างๆ จากปริมาณสูงไปปริมาณต่ำ คือ เหล็ก สังกะสี ทองแดงและตะกั่ว โดยพบค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วและทองแดงมีปริมาณใกล้เคียงกัน ปริมาณของสังกะสีมีมากกว่าปริมาณตะกั่วและทองแดงประมาณ 10 เท่า และปริมาณเหล็กจะมีปริมาณมากกว่าปริมาณตะกั่วและทองแดงประมาณ 50 เท่า ตามลำดับ และหากทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่มีอยู่ (ดังแสดงในตารางที่ 4) โดยปริมาณตะกั่วหากเปรียบเทียบกับมาตรฐานทั่วไปของ Thai Herbal Pharmacopoeia (Thai Herbal Pharmacopoeia Volume I, II, 1998; 2000) ที่กำหนดไว้ว่าสมุนไพรโดยทั่วไปไม่ควรจะมีปริมาณตะกั่วสูงมากกว่า 10 ไมโครกรัม/กรัม จะพบว่าปริมาณตัวอย่าง 5 จาก 18 ตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานดังกล่าว ส่วนปริมาณทองแดงและสังกะสีได้ทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานสมุนไพรโดยตรง (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98, 2529) พบว่าตัวอย่างบัวบกมีปริมาณทองแดงผ่านมาตรฐานดังกล่าวทั้ง 18 ตัวอย่าง แต่ปริมาณสังกะสีมีจำนวนตัวอย่างที่ไม่ผ่านมาตรฐานดังกล่าว 3 ตัวอย่าง จาก 18 ตัวอย่าง (ตามมาตรฐานระบุว่าต้องมีปริมาณทองแดงและสังกะสีไม่มากกว่า 20 และ 100 ไมโครกรัม/กรัม) แต่สำหรับปริมาณเหล็กยังไม่มีกรกำหนดมาตรฐานใดๆ ไว้จึงไม่ได้ทำการเปรียบเทียบในที่นี้ และเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่งว่าปริมาณเหล็กในตัวอย่างบัวบกจะมีปริมาณที่สูงมากกว่าโลหะตัวอื่นๆ ที่ได้ทำการศึกษา จากข้อมูลที่ได้ในการศึกษานี้ จะสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่น่าสนใจของปริมาณโลหะที่สำคัญในบัวบก เพื่อที่จะใช้ในการพัฒนาและกำหนดเป็นมาตรฐานสมุนไพรไทยที่เฉพาะสำหรับบัวบกต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุน
ทุนวิจัยจากโครงการร้อยแก่นสาร ประจำปีงบประมาณ
2549 คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์
ชุมชน น้ำใบบัวบก มพข. 163/2546.**
กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2546. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์
ชุมชน ใบบัวบกผงขงดื่ม มพข. 167/2546.**
กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- กระทรวงสาธารณสุข. 2529. **มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน
ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98.**
กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.
- มาลี บรรจบ และดร.ณ. เพ็ชรพลาย. 2538. **แนวทาง
การผลิตวัตถุดิบสมุนไพร. กองวิจัยและ
พัฒนาสมุนไพร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์
กระทรวงสาธารณสุข.**
- รุจินาด อรรถสิทธิ์, อาหาร ริวไพบูลย์ และลักขณา
เต็มศิริกุลชัย. 2530. **สมุนไพรในงาน
สาธารณสุขมูลฐาน สำหรับบุคลากร
สาธารณสุข. สำนักงานคณะกรรมการการ
สาธารณสุขมูลฐาน สำนักงานปลัดกระทรวง
กระทรวงสาธารณสุข.**
- วิรัช เรืองศรีตระกูล และธานี เทศศิริ. 2541. การ
วิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในอาหารโดยวิธี
อะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตเมตรี.
วารสารวิจัย มข. 3(2) : 78-85.
- วิรัช เรืองศรีตระกูล, รัชยาพร โอนิราช และประดิษฐ์
เพ็ชรภษา. 2548. การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว
สารหนู แคดเมียม ทองแดงและสังกะสี
ในยาแผนไทยโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ป
ชันสเปกโทรโฟโตเมตรี. **วารสารวิจัย มข.
10(2) : 135-140.**

- Ajasa, A.M.O., Bello, M.O., Ibrahim, A.O.,
Ogunwande, I. A. and Olowore, N.O. 2004.
Heavy tracemetals and macronutrients status
in herbal plants of Nigeria. **Food Chemistry.**
85 : 67-71.
- Analytical Methods. 1989. Varian Australia Pty
Ltd. Mulgrave Victoria, Australia.
- Chow, P.Y.T., Chua, T.H., Tang, K.F. and Ow,
B.Y. 1995. Dilute acid digestion procedure
for the determination of lead, copper and
mercury in traditional Chinese medicines
by atomic absorption spectrometry. **Analyst.**
120 (4) : 1221-1223.
- Gomez, M.R., Cerutti, S., Olsina, R.A., Silva, M.
and Martínez, L.D. 2004. Metal content
monitoring in *Hypericum perforatum*
pharmaceutical derivatives by atomic
absorption and emission spectrometry. **J. Pharm. Biomed. Anal.** 34 : 569-576.
- Konieczynski, P. and Wesolowski, M. 2007. Total
phosphorus and its extractable form in plant
drugs. Interrelation with selected micro- and
macroelements. **Food Chemistry.** 103 : 210-216.
- Li, S. and Deng, N. 2003. Speciation analysis of
iron in traditional Chinese medicine by flame
atomic absorption spectrometry. **J. Pharm.
Biomed. Anal.** 32 : 51-57.
- Negi, A.S., Kumar, J.K., Luqman, S., Shanker, K.,
Gupta, M.M. and Khanuja, S.P.S. 2008.
Recent advances in plant hepatoprotectives
: A chemical and biological profile of some
important leads. **Medical Research Reviews.**
28 : 746-772.
- Omolo, J.O., Chhabra, S.C. and Nyagah, G. 1997.
Determination of iron content in different
part of herbs used traditionally for anaemia
treatment in East Africa. **J. Ethnopharmacol.**
58 : 97-102.

Thai Herbal Pharmacopoeia. Volume I. 1998.
Department of Medical Sciences. Ministry
of Public Health. Nonthaburi.

Thai Herbal Pharmacopoeia. Volume II. 2000.
Department of Medical Sciences. Ministry
of Public Health. Nonthaburi.

ตารางที่ 1. สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสีและเหล็ก*

| สภาวะที่เหมาะสมในการ วิเคราะห์โลหะ | โลหะที่ทำการตรวจวิเคราะห์ | | | |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Pb | Cu | Zn | Fe |
| คุณลักษณะการวิเคราะห์ (Mode) | Absorption | Absorption | Absorption | Absorption |
| ความยาวคลื่น (Wavelength; nm) | 283.3 | 342.8 | 213.9 | 248.3 |
| ความกว้างของคลื่น (Spectra slit width; nm) | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 0.2 |
| กระแสไฟฟ้าของหลอด HCL (Current ; mA) | 10 | 4 | 5 | 5 |
| ชนิดและอัตราเร็วของเชื้อเพลิง (L/min) | Air : Acetylene (13.50 : 2.00) | Air : Acetylene (13.50 : 2.00) | Air : Acetylene (13.50 : 2.00) | Air : Acetylene (13.50 : 2.00) |
| ลักษณะเปลวไฟ (Flame) | Lean-Blue | Lean-Blue | Lean-Blue | Lean-Blue |

*Analytical Methods. 1989. Varian Australia Pty Ltd. Mulgrave Victoria, Australia.

ตารางที่ 2. การเตรียมกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในข้าวบัก

| การสร้างกราฟมาตรฐาน | โลหะที่ตรวจพบในตัวอย่าง | | | |
|--|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | Pb | Cu | Zn | Fe |
| สมการเส้นตรง ($Y = mX \pm C$) | $Y = 0.0126X - 0.0009$ | $Y = 0.0857X - 0.0003$ | $Y = 0.1606X - 0.0663$ | $Y = 0.0493X - 0.0106$ |
| Correlation coefficient (r^2) | 0.9999 | 0.9996 | 0.9602 | 0.9936 |
| Range of calibration curve ($\mu\text{g ml}^{-1}$) | 0.2 – 5.0 | 0.2 – 5.0 | 0.2 – 4.0 | 0.2 – 10.0 |
| Limit of detection (LOD) ($\mu\text{g ml}^{-1}$) | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.1 |

ตารางที่ 3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในข้าวบัก

| ตัวอย่างข้าวบัก | ปริมาณโลหะที่ตรวจพบในตัวอย่าง (ไมโครกรัม/กรัม) | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------|---------------------|
| | Pb | Cu | Zn | Fe |
| ปริมาณที่ตรวจพบอยู่ในช่วง ($n=18$) | 0 – 18.78 | 3.39 – 13.89 | 28.03 – 130.26 | 85.52 – 1,144.81 |
| ปริมาณเฉลี่ยที่ตรวจพบ ($n=18$) | 6.95 ± 6.07 | 8.57 ± 3.23 | 77.23 ± 29.74 | 506.68 ± 355.40 |

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในบัวบกกับมาตรฐาน

| ตัวอย่างบัวบก | เปรียบเทียบกับมาตรฐาน | ชนิดของโลหะที่ทำการตรวจวิเคราะห์ | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Pb ^A | Cu ^B | Zn ^B | Fe ^C |
| จำนวนตัวอย่าง (n=18) | ผ่านมาตรฐาน | 13 | 18 | 15 | 18 |
| | ไม่ผ่านมาตรฐาน | 5 | - | 3 | - |

^A: (Pb) ตามมาตรฐานทั่วไปของ Thai Herbal Pharmacopoeia Volume I, II (1998, 2000) กำหนดไว้ไม่มากกว่า 10 ไมโครกรัมต่อกรัม

^B: (Cu,Zn) ตามมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98, 2529. กำหนดไว้ว่าต้องมีปริมาณทองแดงและสังกะสีไม่มากกว่า 20 และ 100 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ

^C: (Fe) ยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับปริมาณเหล็กในสมุนไพรหรืออาหาร