

## การสกัดโครเมียม (VI) ในดินโดยเทคนิคการสกัดด้วยของเหลวแบบอัลตราโซนิก

### Extraction of Chromium (VI) from Soil using Ultrasonic Liquid Extraction Techniques

สุพรรณนิการ์ บุญจำเนียร<sup>1</sup> และ อภิญญา นวคุณ<sup>1\*</sup>  
 Supannika Boonjamnian<sup>1</sup> and Apinya Navakhun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

#### บทคัดย่อ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโครเมียม (VI) จากตัวอย่างดินโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบอัลตราโซนิก 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาไซด์ใช้เป็นลิแกนด์เพื่อเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโครเมียม (VI) ที่สกัดได้และใช้เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีเพื่อตรวจวัดสารประกอบเชิงซ้อนนี้ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ปัจจัยในการสกัดที่ศึกษาได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา ปริมาตรตัวทำละลาย น้ำหนักดิน และความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมพบว่าความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.05-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.9980 ขีดจำกัดการตรวจวัดและขีดจำกัดการตรวจวัดการวิเคราะห์ปริมาณมีค่า 0.6 และ 1.8 ไมโครกรัมต่อกรัมตามลำดับ ความเที่ยงของวิธีการสกัดนี้มีค่า %RSD เท่ากับ 2.72 - 4.99% (n=6)

**คำสำคัญ :** โครเมียม(VI) / เทคนิคการสกัดด้วยของเหลวแบบอัลตราโซนิก/ เทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

#### Abstract

The study of the optimum condition for the chromium (VI) ion extraction from soil sample was carried out using the ultrasonic supported solvent extraction techniques. 1,5-Diphenylcarbazide was used as ligand to form the complexes with the extracted Cr (VI) ion. UV-Visible spectroscopy techniques were used to determine these complexes with wavelength at 550 nm. The extraction factors which were type of solvents, time, temperature, volume of solvent, weight of soil and concentration of NaCl were evaluated. Within this optimum condition, it was found that the linearity range was 0.05 - 2.0 mg/L with  $R^2$  value was 0.9980. The limit of detection and the limit of quantification were 0.6 and 1.8  $\mu\text{g/g}$  respectively. The precision of this experiment was 2.72 - 4.99 %RSD (n=6).

**Keywords:** chromium (VI) / ultrasonic supported solvent extraction techniques UV-Visible spectroscopy techniques

\*Corresponding author. E-mail : [apinyan@buu.ac.th](mailto:apinyan@buu.ac.th)

## 1. บทนำ

ปัจจุบันนี้ปริมาณโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและสะสมเป็นเวลานาน โดยเฉพาะโครเมียมซึ่งมีอยู่ในดิน น้ำ และมาจากการกระทำของมนุษย์เช่น โรงงานอุตสาหกรรม (Khakhathi, 2008) ความเป็นพิษของโครเมียมขึ้นกับเลขออกซิเดชันโดยโครเมียมที่มีเลขออกซิเดชัน +6 (Cr(VI)) เป็นสารที่เป็นพิษและก่อมะเร็ง มีการพบมะเร็งปอดเพิ่มขึ้นในผู้ที่สัมผัสกับโครเมียมเป็นเวลานาน ( ชูลีกร) ในปัจจุบันมีการใช้เทคนิคในการสกัดโครเมียมจากตัวอย่างดิน ได้แก่เทคนิค microwave digestion (Jankiewicz & Ptaszynski, 2005) alkaline digestion (Luciana et al., 2013 และ Hints et al., 2013) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวใช้เวลาในการสกัดนานและยังต้องมีภาวะเหยียดตัวทำลาย ออก ทำให้เกิดการสูญหายของสารที่ต้องการวิเคราะห์ได้ ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการสกัด Cr(VI) ที่ปนเปื้อนในดินโดยใช้เทคนิคอัลตราโซนิก เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องใช้เครื่องมือที่มีราคาแพง เมื่อสกัด Cr(VI) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรีต่อไป

## 2. วิธีการ

### 2.1 อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้

วิเคราะห์โครเมียม (VI) ในตัวอย่างดินด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (รุ่น 8350, Hewlett Packard, USA) เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic bath ของCrest) เซลล์ใส่ตัวอย่าง ขนาด 1.8 มิลลิลิตร (Hellma, Germany) สารละลายมาตรฐานโครเมตสำหรับอะตอมมิกส์แอฟฟอร์พซันสเปกโตรโฟโตเมทรี โฟแทสเซียมโครเมตในน้ำความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (MERCK, Germany) 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาไซด์ (MERCK, Germany) โซเดียมคลอไรด์ (BDH Prolabo, UK) โซเดียมโอดีเตลเบนซีนซัลโฟเนต (Fluka, Switzerland) เมทานอลเกรดวิเคราะห์ (BDH Prolabo, UK) ไดคลอโรมีเทนเกรดวิเคราะห์ (BDH Prolabo, UK) กระดาษกรองเบอร์ 5 (Whatman, UK) น้ำปราศจากไอออน (DI - water) จากเครื่องทำน้ำปราศจากไอออน (Barnstead/Thermolyne, UK)

### 2.2 วิธีการทดลอง

ชั่งตัวอย่างดินประมาณ 1 กรัม ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งใส่ในขวดสีชา จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐานโครเมตที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงไป เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมงเพื่อให้โครเมตดูดซับเข้าไปในดิน หลังจากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน ปิดฝาขวดแล้วเขย่าและนำไปอัลตราโซนิกเป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ  $40 \pm 2$  °C หลังจากนั้นนำมารองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำสารละลายที่กรองได้เติม  $\text{H}_3\text{PO}_4$ - $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$  บัฟเฟอร์ pH 1.5 และเติม 1,5-ไดฟีนิลคาร์บาไซด์ ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วเติมสารละลายไดคลอโรมีเทนที่มีโซเดียมโอดีเตลซัลโฟเนตเข้มข้น 0.25 %w/v ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ปิดฝาขวดแล้วเขย่า นำไปทำการเหยียดที่อัตราการเหยียด 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 8 นาที ดูดสารละลายในชั้นไดคลอโรมีเทนไปทำการตรวจวัดด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร (วรินดา, พัชรัตน์ และ อภิญา, 2013) ซึ่งสภาวะที่ศึกษาได้แก่ ชนิดของตัวทำละลาย อุณหภูมิ เวลา ปริมาตรตัวทำละลาย น้ำหนักดิน และความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ เมื่อได้สภาวะการสกัดด้วยเทคนิคอัลตราโซนิกที่เหมาะสมแล้วศึกษาความน่าเชื่อถือของวิธีวิเคราะห์โดยศึกษาขีดจำกัดการตรวจวัด ขีดจำกัดการหาปริมาณ ช่วงความเป็นเส้นตรง กราฟมาตรฐาน ความเที่ยง และร้อยละการได้กลับคืน

## 3. ผลและอภิปราย

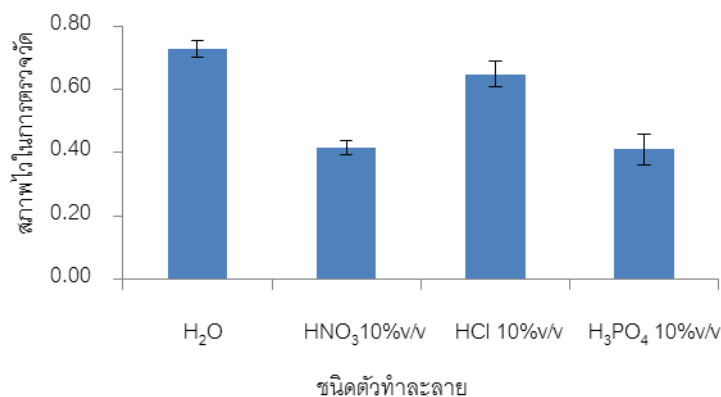
ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ในตัวอย่างดินด้วยเครื่อง UV-Visible จะพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสง ความชัน และเปอร์เซ็นต์การสกัด

### 3.1 การศึกษาสภาวะในการสกัด

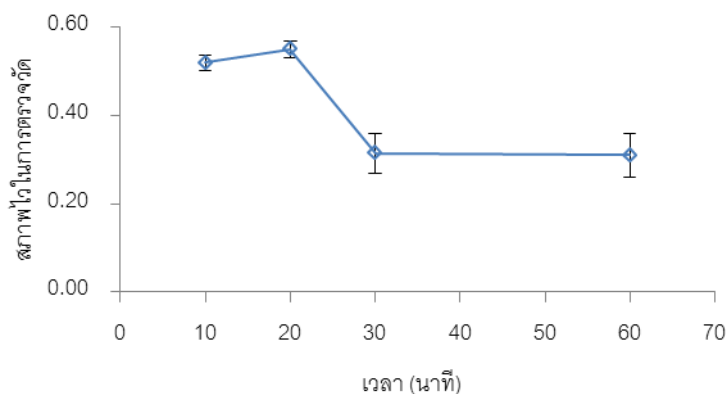
ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดของตัวทำละลายที่ใช้ในสกัดโครเมียม(VI) ที่ความเข้มข้น 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ในตัวอย่างดิน อุณหภูมิ  $30 \pm 2$  °C เวลาในการสกัด 30 นาที ใช้ปริมาตรตัวทำละลาย 30 มิลลิลิตร โดยสารละลายที่ศึกษาได้แก่น้ำปราศจากไอออน, กรดไนตริก 10%v/v, กรดไฮโดรคลอริก 10%v/v, กรดฟอสฟอริก 10%v/v นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาพลอตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นได้ความชันของกราฟคือสภาพไวกในการตรวจวัด โดยสภาพไวกในการตรวจวัดเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆแสดงดังรูปที่ 1 พบว่าน้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีเนื่องจากให้สภาพไวกในการตรวจวัดสูงสุดจึงเลือกน้ำเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสม

ในการทดลองนี้ สำหรับตัวทำละลายที่มีกรดผสมอยู่พบว่าให้ค่าแบลงค์ที่สูงและให้สภาพไวที่ต่ำเนื่องจากกรดสามารถละลายเมทริกซ์ต่างๆ ที่อยู่ในดินออกมาได้ซึ่งรบกวนการวิเคราะห์เนื่องจากให้สารละลายสีเหลืองซึ่งทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์สูง

จากการศึกษาเวลาในการสกัด 10, 20, 30 และ 60 นาที พบว่าที่เวลา 20 นาทีให้สภาพไวในการตรวจวัดสูงสุดดังรูปที่ 2 ดังนั้นจึงเลือกเวลาที่ 20 นาทีเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด นอกจากนี้พบว่าเมื่อใช้เวลากการสกัด 30 - 60 นาที การสกัดมีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากเมื่อเวลาในการสกัดมากขึ้นนอกจากจะสกัด Cr ออกมาได้มากขึ้นแล้วเมทริกซ์ที่อยู่ในดินจะออกมาในสารละลายที่ใช้ในการสกัดมากขึ้นด้วย สังเกตได้จากสีของแบลงค์และค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์เพิ่มขึ้น โดยค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์มีค่า 0.14, 0.25, 0.37 และ 0.40 เมื่อใช้เวลาในการสกัด 10, 20, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ เมื่อนำมาหักลบจากค่าการดูดกลืนแสงของ Cr-DPC แล้วจะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของ Cr-DPC ลดลงและมีผลทำให้สภาพไวในการสกัดลดลงเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น



รูปที่ 1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวในการตรวจวัด Cr-DPC กับชนิดของตัวทำละลาย (n=3)



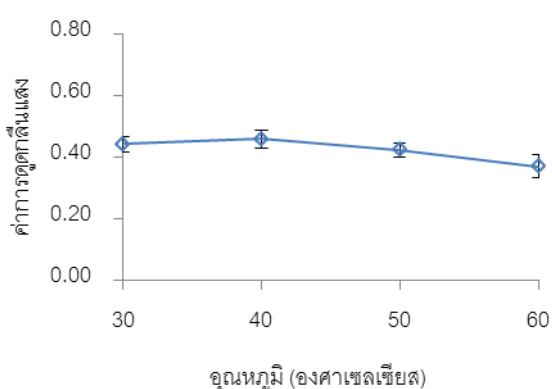
รูปที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาพไวในการตรวจวัด Cr-DPC กับเวลา (n=3)

จากการศึกษาอุณหภูมิในการสกัดที่อุณหภูมิ 30 ± 2, 40 ± 2, 50 ± 3 และ 60 ± 2 °C พบว่าที่อุณหภูมิ 40 ± 2 °C ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ดังรูปที่ 3ก. ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิที่ 40 ± 2 °C เป็นสภาวะที่เหมาะสม ในการศึกษาอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัด ที่อุณหภูมิ 50 - 60 °C ค่าการดูดกลืนแสงลดลงเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเมทริกซ์ที่อยู่ในดินถูกละลายมากขึ้นทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์มากขึ้นทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่แท้จริงของโครเมียม(VI)แล้วลดลง โดยพบว่าค่าการดูดกลืนแสงของแบลงค์มีค่า 0.15, 0.15, 0.17 และ 0.20 ตามลำดับสำหรับการสกัดที่อุณหภูมิ 30 ± 2, 40 ± 2, 50 ± 3 และ 60 ± 2 °C

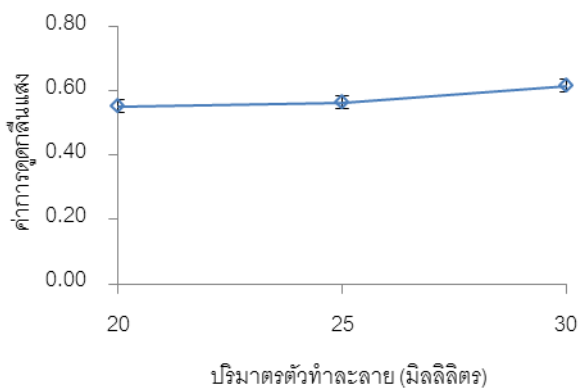
จากการศึกษาปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดโดยศึกษาที่ 20, 25 และ 30 มิลลิลิตร พบว่าปริมาณตัวทำละลายที่ 30 มิลลิลิตร ดังรูปที่ 3ข. ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกปริมาณตัวทำละลายที่ 30 มิลลิลิตร เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาปริมาณตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

จากการศึกษาน้ำหนักตัวอย่างดินที่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 กรัม เมื่อนำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การสกัดโดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารที่สกัดได้ไปเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานแล้วคำนวณหาความเข้มข้นของโครเมียมที่สกัดได้จึงนำไปเทียบกับความเข้มข้นที่เติมลงไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การสกัด จากการทดลองพบว่าน้ำหนักดินที่ 0.5 กรัม ให้เปอร์เซ็นต์การสกัดสูงสุด แต่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูง ดังรูปที่ 4ก. ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำหนักดินที่ 1.0 กรัม เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาน้ำหนักดินที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากให้ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดที่ใกล้เคียงกันและมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่ำกว่า

จากการศึกษาความเข้มข้นของเกลือ 1, 5, 10, 15, 20 และ 30% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ พบว่าความเข้มข้นของเกลือที่ 30%โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ให้เปอร์เซ็นต์การสกัดสูงสุด ดังรูปที่ 4ข. ดังนั้นจึงเลือกใช้ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ 30% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งการเติมเกลือ NaCl จะช่วยลดการเกิดอิมัลชันและเพื่อให้สารละลายในชั้นไดคลอโรมีเทนใส (salting out effect)

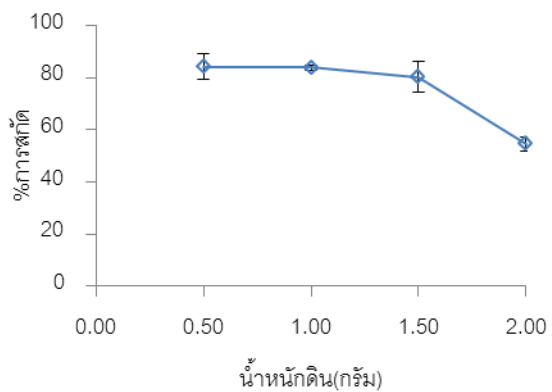


ก. อุณหภูมิ

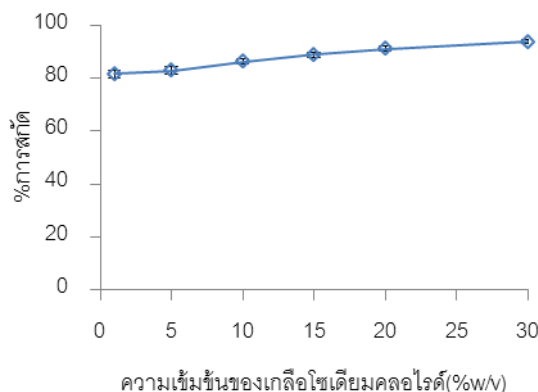


ข. ปริมาตรตัวทำละลาย

รูปที่ 3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของ Cr-DPC ที่ได้จากการสกัด Cr(VI) ในดิน 15 mg/kg จากการศึกษา ก. อุณหภูมิ ข. ปริมาตร (n=3)



ก. น้ำหนักดิน



ข. ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์

รูปที่ 4 แสดงเปอร์เซ็นต์การสกัด Cr(VI) ในดิน 15 mg/kg จากการศึกษา ก. น้ำหนักดิน ข. ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (n=3)

3.2 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีการวิเคราะห์ (Method Vadiation)

เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วนำมาหาความเป็นเส้นตรง (linearity) โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโครเมียมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 6 ความเข้มข้นโดยความเข้มข้นสูงสุดต้องให้ค่าการดูดกลืนแสงไม่เกินขีดจำกัดการตรวจวัดของเครื่องยูวี - วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แต่ละความเข้มข้นวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง สมการเส้นตรงจากการศึกษา linearity ที่ความเข้มข้น 1.5-60 mg/kg คือ  $y = 0.8949x + 0.0128$  และ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ คือ 0.9980

ขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) และขีดจำกัดการหาปริมาณ (LOQ) ศึกษาโดยการสกัดและวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบลึบ 12 ครั้ง คำนวณค่าการดูดกลืนแสงโดยผลบวกของค่าเฉลี่ยของแบบลึบกับ 3 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ 10 เท่าสำหรับการหา LOD และ LOQ ตามลำดับ แทนค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ลงในสมการที่ได้จากกราฟมาตรฐาน ซึ่ง LOD และ LOQ มีค่า 0.6 และ 1.8 mg/kg ตามลำดับ กราฟมาตรฐานศึกษาจากตัวอย่างดินที่เดิมโครเมียมลงไปจำนวน 5 ความเข้มข้นในช่วง 2.5-30.0 mg/kg โดยแต่ละความเข้มข้นสกัดและนำไปวิเคราะห์ซ้ำ 3 ครั้ง สมการกราฟมาตรฐานที่ได้ คือ  $y = 0.8279x + 0.0505$  และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คือ 0.9956

ความเที่ยงของการวิเคราะห์โดยศึกษา 3 ความเข้มข้นคือ 6.0, 12.0 และ 24.0 mg/kg โดยการสกัดและวิเคราะห์ซ้ำภายในวันเดียวกัน (repeatability) คำนวณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) จากการวิเคราะห์ซ้ำ 6 ครั้ง ได้ค่า %RSD อยู่ในช่วง 2.72 - 4.99% ซึ่งค่า %RSD ที่ได้ต่ำกว่าค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน AOAC (AOAC International, 1993 ซึ่งมีค่าไม่เกิน 11.09% และจากการศึกษาความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์พบว่าร้อยละการได้กลับคืนในตัวอย่างดินอยู่ในช่วง 80.75 - 84.87% ซึ่งค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน AOAC (AOAC International, 1993) อยู่ในช่วง 80 - 110% นอกจากนี้ยังได้นำวิธีการนี้ไปตรวจสอบการปนเปื้อนของโครเมียม(VI) ในตัวอย่างดินที่เก็บบริเวณด้านหลังอาคารเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของโครเมียม(VI) ในตัวอย่างดังกล่าว เนื่องจากค่าที่ได้ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัด

#### 4. บทสรุป

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโครเมียม(VI) ในตัวอย่างดินโดยใช้ชุดตราโซนิคช่วยและตรวจวัดด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิล พบว่าชนิดตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดคือน้ำ เวลาที่ใช้ในการสกัด 20 นาที ที่ช่วงอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาตรตัวทำละลาย 30 มิลลิลิตร น้ำหนักดินประมาณ 1.0 กรัมและความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 30% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ภายใต้สภาวะนี้สามารถสกัดโครเมียม(VI) ในตัวอย่างดินได้เปอร์เซ็นต์การสกัด 93.79% และจากการศึกษาการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมขีดจำกัดการตรวจวัดและขีดจำกัดการหาปริมาณคือ 0.6 และ 1.8 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ สำหรับช่วงความเป็นเส้นตรงมีค่าระหว่าง 0.05 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ( $R^2$ ) มีค่าเท่ากับ 0.9980 สำหรับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ ( $n=6$ ) เท่ากับ 2.72 - 4.99% และร้อยละการได้กลับคืนของตัวอย่างดินอยู่ในช่วง 80.75 - 84.87%

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ทำงานวิจัยและสนับสนุนทุนวิจัยบางส่วน

#### 6. เอกสารอ้างอิง

ชูลีกร ธนดิทกร. *Chromium*. เข้าถึงได้จาก : [http://www.summacheeva.org/index\\_thaitox\\_chromium.html](http://www.summacheeva.org/index_thaitox_chromium.html)

วรินดา แก้วมณีวงษ์, พัทธนันท์ นาถพิณี และ อภิญา นวคุณ. (2013). การหาปริมาณโครเมียม(VI) ในตัวอย่างน้ำเทคนิคการสกัดแบบคู่อิออนและตรวจวัดด้วยเทคนิคยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมทรี. The 5th NPRU National Conference 2013, Nakhon Pathom Rajabhat University Nakhon Pathom Thailand 18 - 19 July 2013.

AOAC International. (1993). *AOAC<sup>®</sup> peer-verified method program: manual on policies and procedures*. United States of America.

Hints, G., Subramanian, P. A., Daniel, M., Teame, K., Masho, H., Gebremedhin, G., Kebede, T. (2013). Speciation of chromium in soils near Sheba Leather Industry, Wukro Ethiopia. *Talanta*, 116, 626-629.

Jankiewicz, B., and Ptaszynski, B. (2005). Determination of Chromium in Soil of Lodz Gardens. *Polish Journal of Environmental Studies*, 14, 869-875.

- Khakhathi, L. M. (2008). Rapid leaching of Cr (VI) in soil with  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  in the determination of hexavalent chromium by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Talanta*, 74, 736-740.
- Luciana, F. O., Natalia, T. C., Marcelo, B. B. G., Fabiola, M. V. P., Carlos, E. G. R. S. and Edenir, R. P. F. (2013). Proposition of a simple Method for chromium (VI) determination in soils from remote places applying digital images : A case study from Brazilian Antarctic Station. *Microchemical Journal*, 109, 165-169.