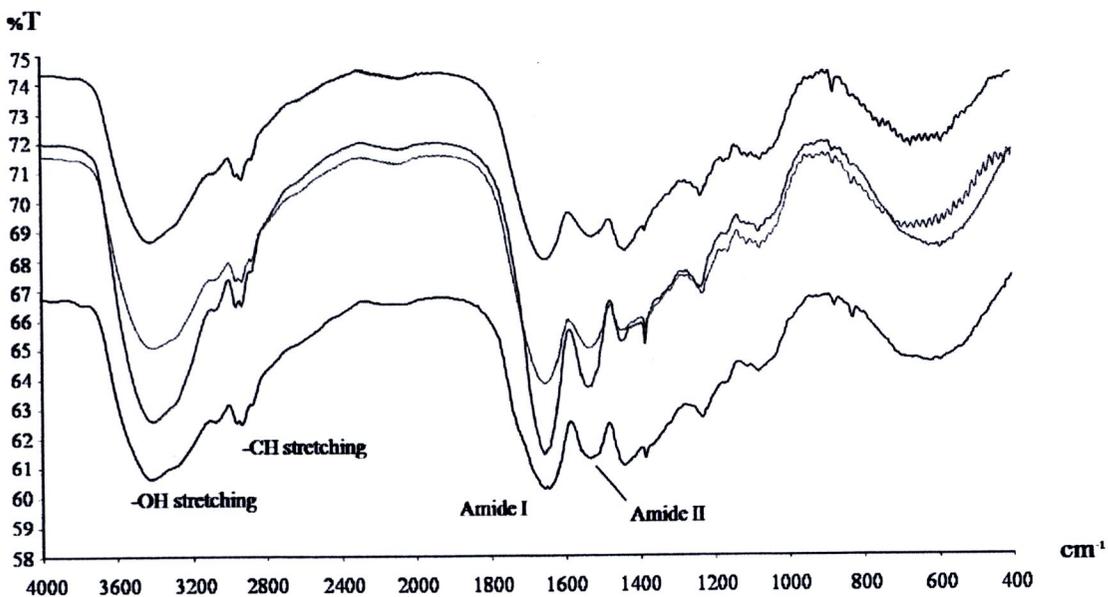


บทที่ 3

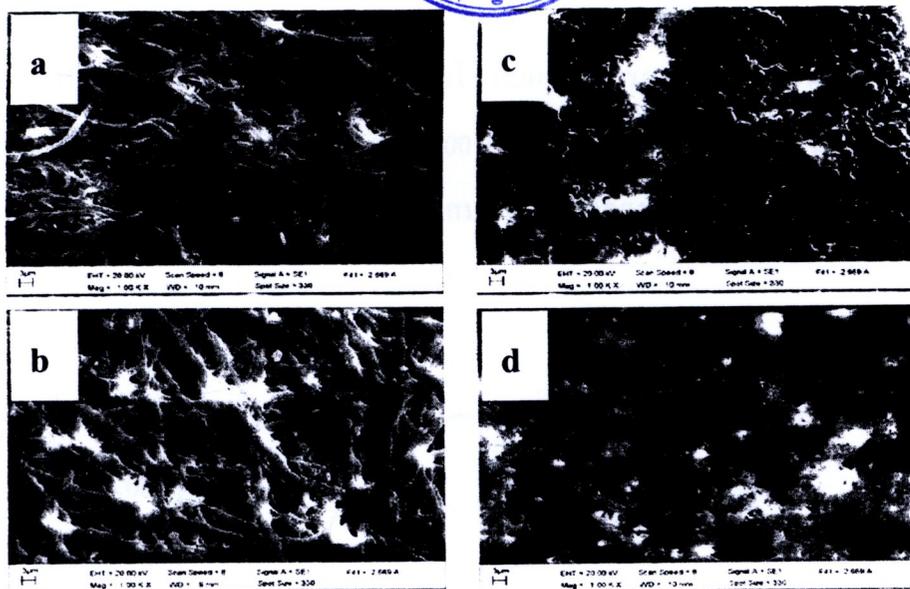
ผลการทดลอง

ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก แคดเมียม นิกเกิล และตะกั่ว ในแม่น้ำน่านโดยใช้เยื่อเปลือกไข่สำหรับเพิ่มความเข้มข้น ร่วมกับเทคนิคเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมทรี ซึ่งผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อเปลือกไข่ ค่าพีเอชของตัวอย่างต่อการดูดซับของโลหะ และความแม่นยำ ช่วงความเป็นเส้นตรง และขีดจำกัดต่ำสุดของเครื่อง FAAS แสดงดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ลักษณะทางกายภาพของเยื่อเปลือกไข่



รูป 3.1 FT-IR สเปกตร้าของเยื่อเปลือกไข่ไก่ และไข่เป็ด โดยแบ่งเป็นเยื่อเปลือกไข่ตามธรรมชาติ และเยื่อเปลือกไข่ที่ผ่านการต้ม; — Hn-ESMs: เยื่อเปลือกไข่ไก่ตามธรรมชาติ, — Dn-ESMs: เยื่อเปลือกไข่เป็ดสดตามธรรมชาติ, — Hb-ESMs: เยื่อเปลือกไข่ไก่ที่ผ่านการต้ม และ — Db-ESMs: เยื่อเปลือกไข่เป็ดที่ผ่านการต้ม

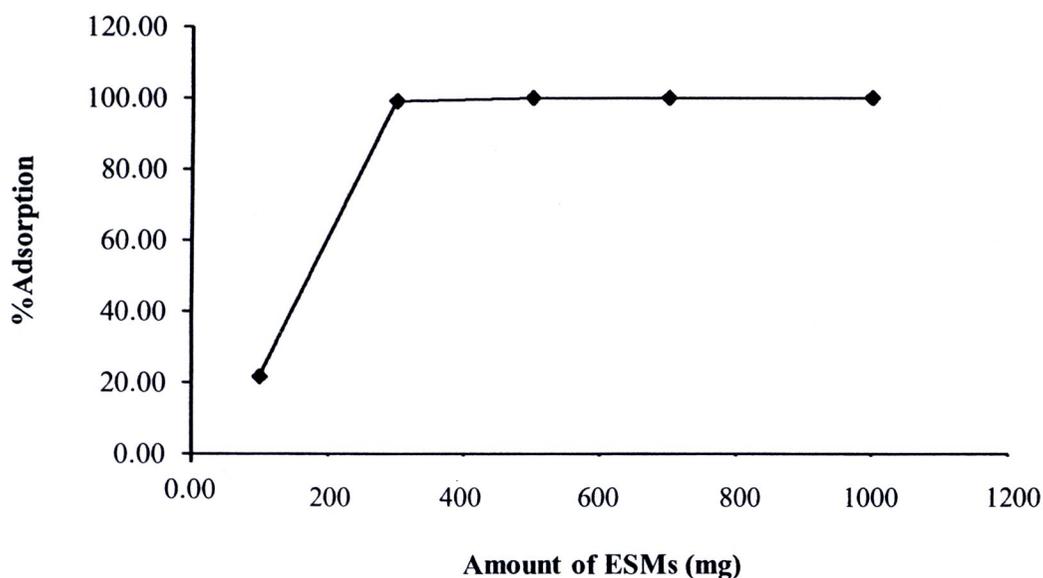


รูป 3.2 (a-d) ภาพถ่าย SEM ของเยื่อเปลือกไข่ไก่ และไข่เป็ด โดยแบ่งเป็นเยื่อเปลือกไข่ตามธรรมชาติ และเยื่อเปลือกไข่ที่ผ่านการต้ม; (a) Hn-ESMs: เยื่อเปลือกไข่ไก่ตามธรรมชาติ, (b) Dn-ESMs: เยื่อเปลือกไข่เป็ดตามธรรมชาติ, (c) Hb-ESMs: เยื่อเปลือกไข่ไก่ที่ผ่านการต้ม และ (d) Db-ESMs: เยื่อเปลือกไข่เป็ดที่ผ่านการต้ม

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเยื่อเปลือกไข่ทั้งสองชนิดด้วยเทคนิค FT-IR พบแถบของ -OH ในช่วง $3413-3421\text{ cm}^{-1}$, C-H ช่วง $2965-2930\text{ cm}^{-1}$ และที่ $1652-1655$ และ $1529-1541\text{ cm}^{-1}$ เป็นแถบการดูดกลืนของ amide I และ II ตามลำดับ ซึ่งพบทั้งในเยื่อเปลือกไข่ไก่และเยื่อเปลือกไข่เป็ด ทั้งเปลือกไข่ที่ยังไม่ได้ผ่านการต้ม และเปลือกไข่ที่ผ่านการต้ม พบหมู่ฟังก์ชันเหล่านี้ที่เหมือนกัน ซึ่งสามารถจับกับไอออนโลหะได้ ส่วนผลจากภาพถ่าย SEM จะสังเกตเห็นว่าเส้นใยของเยื่อเปลือกไข่ไก่ และไข่เป็ด ที่ได้หลังจากการต้ม (รูปที่ 3.2 c-d) ถูกทำลายเสียสภาพเหมือนกัน จึงเลือกเปลือกไข่ที่ยังไม่ได้ผ่านการต้ม แต่เปลือกไข่เป็ดสามารถรวบรวมได้ง่ายกว่า ฉะนั้นจึงเลือกเยื่อไข่เป็ดที่ยังไม่ได้ผ่านการต้มเป็นวัสดุในการเพิ่มความเข้มข้น เนื่องจากสามารถเก็บเปลือกไข่เป็ดได้จากแหล่งเดียวกัน (ร้านขนมไทยในจังหวัดพิษณุโลก) ซึ่งสามารถช่วยลดการปนเปื้อนของเปลือกไข่ที่มาจากหลายๆ แหล่ง

3.2 ศึกษาปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ ที่มีผลต่อการดูดซับของโลหะบางตัว บนเยื่อเปลือกไข่

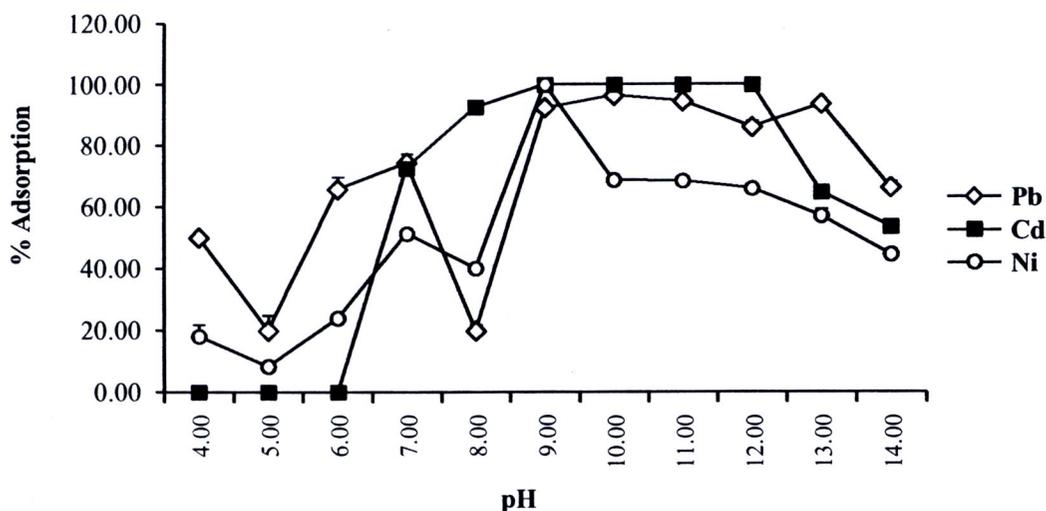
จากการศึกษาปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ ที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักบางตัว (แคดเมียม) โดยศึกษาปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ในช่วง 100-1000 มิลลิกรัม (ขนาด 25 เมช) ซึ่งทำการทดลอง 3 ซ้ำในการหาปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงในรูปแบบที่ 3.3



รูป 3.3 แสดงผลการศึกษาปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ ที่มีผลต่อการดูดซับของแคดเมียม (25 มิลลิลิตร, 3 โมลต่อลิตร)

จะเห็นได้ว่าการดูดซับของแคดเมียม เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเยื่อเปลือกไข่เพิ่มขึ้นจาก 100-500 มิลลิกรัม และหลังจากนั้นมีค่าการดูดซับที่คงที่ ค่าการดูดซับสูงสุดที่ได้คือ 100% ได้จากการใช้เยื่อเปลือกไข่ในช่วง 500-1000 มิลลิกรัม ดังนั้นจึงเลือกปริมาณของเยื่อเปลือกไข่ที่เหมาะสมสำหรับแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว ในการทดลองต่อไปคือ 500 มิลลิกรัม

3.3 ศึกษาผลของค่าพีเอชของตัวอย่างต่อการดูดซับของแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว บนเยื่อเปลือกไข่



รูป 3.4 ค่าพีเอชของตัวอย่าง ที่ส่งผลต่อการดูดซับของ แคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว (สารละลายมาตรฐาน โลหะหนักเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร)

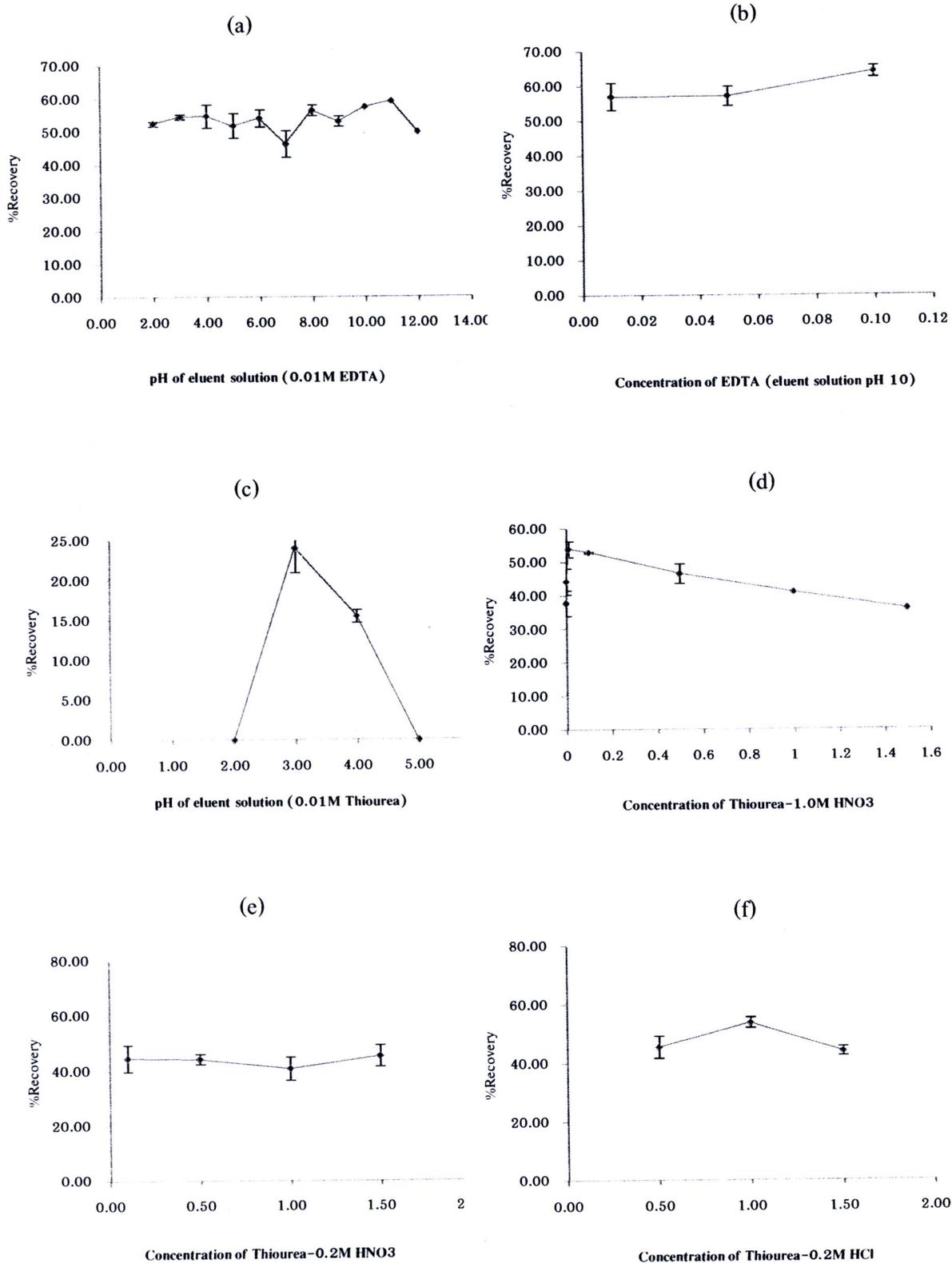
การศึกษาค่าพีเอชของตัวอย่างที่มีผลต่อการดูดซับของแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในสารละลายบัฟเฟอร์ ในช่วงพีเอช 4 ถึง 14 จากนั้นนำไปเขย่าร่วมกับเยื่อเปลือกไข่ 500 มิลลิกรัม ที่เตรียมไว้ เขย่าที่อุณหภูมิห้อง ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนกรองแยกสารละลายมาตรฐานหลังการดูดซับไปทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FAAS และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดูดซับ พบว่า ค่าการดูดซับสูงสุดคือในพีเอชช่วง 7 ถึง 12 ซึ่งสังเกตเห็นว่า ค่าพีเอชที่เป็นเบสมากเกินไปจะส่งผลให้ค่าการดูดซับลดลง อาจเป็นผลเนื่องมาจากเกิดการตกตะกอนของโลหะที่กั้นขวาง ทำให้ในขณะที่ทำการเขย่าไอออนของโลหะหนักไม่สามารถจับกับเยื่อของเปลือกไข่ได้ ดังนั้นในการเลือกค่าพีเอชที่เหมาะสมเพื่อให้การดูดซับเกิดขึ้นอย่างสูงสุดจึงไม่ควรเลือกค่าพีเอชที่สูงเกินไป จึงเลือกปรับพีเอชของน้ำตัวอย่างให้เท่ากับ 10 สำหรับแคดเมียม และ ตะกั่ว และพีเอช 9 สำหรับนิกเกิล เพื่อจะลดโอกาสในการตกตะกอนของโลหะหนักที่พีเอชสูง และเพื่อความสะดวกในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

3.4 ผลการศึกษานิต และผลของตัวชะที่มีต่อร้อยละการกลับคืน

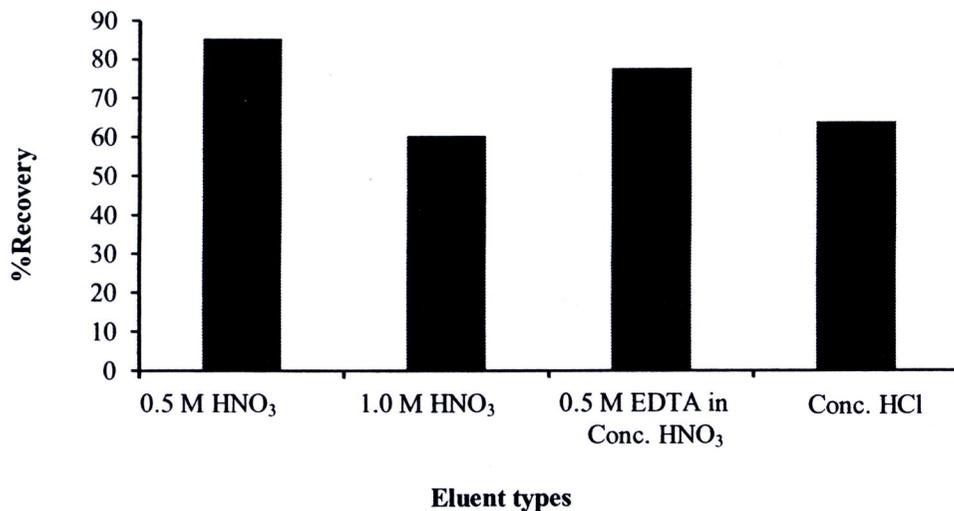
ได้เตรียมสารละลายมาตรฐานแคดเมียม (II) เข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปรับพีเอชให้ได้เปอร์เซ็นต์การดูดซับสูงสุดคือเท่ากับ 10 จากนั้นนำไปเติมในขวดพลาสติกที่บรรจุเยื่อเปลือกไข่ 500 มิลลิกรัม นำไปเขย่าแล้วนำเยื่อเปลือกไข่ที่ได้หลังจากการดูดซับนำมาเติมตัวชะแต่ละชนิด ปริมาตร 5 มิลลิลิตร โดยตัวชะที่ศึกษาได้แก่ (1) Ethylenediaminetetra acetic acid, EDTA ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) (2) Thiourea (NH_2CSNH_2) (3) Hydrochloric acid (HCl) (4) Nitric acid (HNO_3) นำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทำการกรองแยกแล้วนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียม (II) ด้วยเทคนิค FAAS เพื่อคำนวณหาร้อยละการกลับคืน

ผลของตัวชะในรูป 3.5 (a-f) ซึ่งได้จากการนำเยื่อเปลือกไข่หลังจากกระบวนการดูดซับมาทำการเติมตัวชะแต่ละชนิด จะเห็นว่าตัวชะแต่ละตัวไม่สามารถให้ค่าร้อยละการกลับคืนที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือ 80 ถึง 120% ในรูป 3.5(a-b) แสดงค่าร้อยละการกลับคืนของแคดเมียมโดยใช้ EDTA ซึ่งพบว่าที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (พีเอช 10) สามารถชะแคดเมียมได้เพียง 64% (รูป 3.5b) และเข้มข้นของ EDTA ที่มากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่สามารถเตรียมได้เนื่องจาก EDTA ไม่สามารถละลายได้หมด เมื่อทดลองชะโลหะแคดเมียมโดยใช้ Thiourea (TU) ค่าร้อยละการกลับคืนแสดงในรูป 3.5 (c-f) ซึ่งเมื่อเตรียม TU ที่ความเข้มข้น 0-1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ในกรดไนตริกเข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (รูป 3.5d) พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TU เพิ่มจนถึงที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร TU สามารถชะแคดเมียมออกมาได้สูงสุดเพียง 54% และลดลงเรื่อยๆ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ TU แต่เมื่อเปลี่ยนการเตรียม TU ในกรดไนตริกเข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตร แสดงในรูป 3.5e ค่าร้อยละการกลับคืนที่ได้ประมาณ 44% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละความเข้มข้นของ TU ส่วนรูป 3.5f แสดงการใช้ TU ซึ่งเตรียมในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตร พบว่าสามารถชะแคดเมียมได้เพียง 54% ที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของ TU

จากผลการทดลองที่ผ่านมาจะเห็นว่า เทคนิคการเขย่าอาจไม่เหมาะสมที่จะทำให้แคดเมียม (II) ที่มีการดูดซับถึง 100% หลุดออกจากเยื่อเปลือกไข่ได้ ดังนั้นจึงได้ทดลองใช้เทคนิคอัลตราโซนิคเอซิดไคเจสชัน (UAD) ในการศึกษาค่าร้อยละการกลับคืนของแคดเมียมต่อไป แต่สำหรับค่าร้อยละการกลับคืนของตะกั่ว สามารถหาได้จากการชะด้วยกรดไนตริก 0.5 โมลต่อลิตร ซึ่งได้ค่าร้อยละการกลับคืนถึง 85.7% (รูป 3.6)



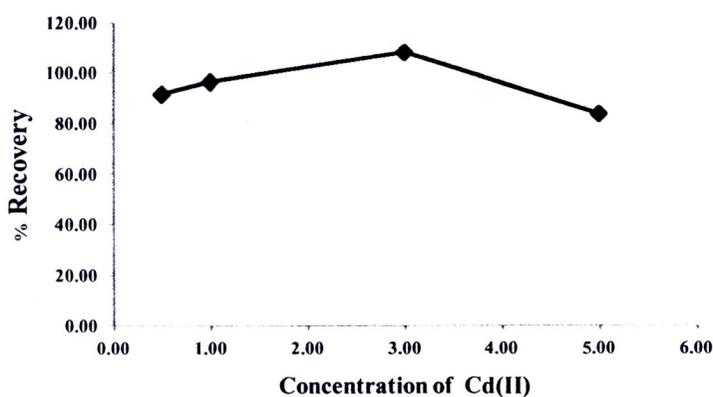
รูป 3.5 ผลของพีเอช และความเข้มข้นของตัวชะแต่ละชนิด ต่อร้อยละการกลับคืนของแคดเมียม (II)



รูป 3.6 ผลของตัวชะแต่ละชนิดต่อร้อยละการกลับคืนของตะกั่ว (II) (สารละลายมาตรฐาน โลหะหนักเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร)

3.5 ผลของเทคนิคอัลตราโซนิคเอซิดไดเจสชัน (UAD)

ได้ทำการทดลองหาร้อยละการกลับคืนด้วยการย่อยเชื้อเปลือกไข่ที่ได้หลังจากการศึกษาการดูดซับของแคดเมียมความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อลิตร (25 มิลลิลิตร) ด้วยกรดไนตริกกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 (10 มิลลิลิตร) ก่อนนำสารละลายที่ได้หลังจากการย่อยไปปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนเป็น 25 มิลลิลิตร แล้ววิเคราะห์ด้วยเทคนิค FAAS และคำนวณร้อยละการกลับคืน ดังแสดงในรูป 3.5 พบว่าร้อยละการกลับคืนของแคดเมียม อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้คือมากกว่า 80%



รูป 3.7 ร้อยละการกลับคืนของแคดเมียม (3 มิลลิกรัมต่อลิตร, 25 มิลลิลิตร) โดยเทคนิค UAD

3.6 ศึกษาผลการรบกวนของไอออนอื่น ที่มีผลต่อร้อยละการกลับคืนของแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว

ร้อยละการกลับคืนของแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว ที่ดูดซับบนเยื่อเปลือกไข่ (Dn-ESMs) ในสภาวะที่มีไอออนรบกวนต่างๆ อยู่ด้วย โดยความสามารถในการวิเคราะห์จะพิจารณาจากปริมาณสูงสุดของไอออนรบกวนที่มีผลทำให้ร้อยละการกลับคืนน้อยกว่า 80% ผลการทดลองแสดงในตาราง 3.1 พบว่า ไอออนของโลหะหนักอื่นๆ ที่รบกวน สามารถวิเคราะห์ได้ด้วยความเข้มข้นมากกว่า 10 เท่าสำหรับการวิเคราะห์นิกเกิล และตะกั่ว ยกเว้นการวิเคราะห์แคดเมียม ไอออนรบกวนที่เป็น นิกเกิล และ ทองแดง สามารถมีปนเปื้อนในการวิเคราะห์ได้มากกว่า 100 เท่า นอกจากนี้ไอออนบวก และ ไอออนลบ บางตัวไม่มีผลรบกวนในการวิเคราะห์แคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว ซึ่งสามารถมีปนเปื้อนในกระบวนการทดลองได้มากกว่า 10000 เท่า

ตาราง 3.1 ผลการศึกษารบกวนของ ไอออนอื่นๆ ที่มีผลต่อร้อยละการกักตัวของแคดเมียม นิกเกิล และ ตะกั่ว ที่ดูดซับบนเยื่อเปลือกไข่

Co-existing ions	Ni(II)		Cd(II)		Pb(II)	
	Tolerance limit	%Recovery ^a	Tolerance limit	%Recovery ^a	Tolerance limit	%Recovery ^a
Ni ²⁺	-	-	<100	88.7±0.31	<10	81.7±0.89
Cd ²⁺	<10	85.9±1.03	-	-	<10	82.4±0.40
Pb ²⁺	<10	82.7±0.31	<10	85.6±0.65	-	-
Zn ²⁺	<10	85.0±0.25	<10	87.7±0.25	<10	85.3±0.61
Mn ²⁺	<10	85.6±0.53	<10	84.3±0.30	<10	83.6±0.40
Cu ²⁺	<10	84.1±0.12	<100	85.1±0.31	<10	83.7±0.31
Fe ²⁺	<10	82.2±1.51	<10	82.4±0.36	<10	80.5±0.50
SO ₄ ²⁻	>10000	83.3±0.50	>10000	84.7±0.81	>10000	94.7±0.61
Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	>10000	82.0±0.40-83.3±0.61	>10000	81.7±0.21-89.2±0.53	>10000	89.1±0.76-95.1±0.83
Na ⁺ , K ⁺	>10000	85.6±0.23-87.3±0.46	>10000	88.7±0.35-89.6±0.51	>10000	94.6±0.73-96.3±0.35

^a Mean value ± standard deviation (n =3).

3.7 ผลการทดลองกับน้ำตัวอย่างจริง

ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์คุณลักษณะกายภาพ เคมีและสารเป็นพิษ โดยเก็บน้ำตัวอย่างซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งมีการบันทึกลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำผิวดินบริเวณที่เก็บน้ำตัวอย่าง อุณหภูมิ และพีเอชของน้ำตัวอย่าง แสดงผลดังตาราง 3.2 น้ำตัวอย่างที่เก็บเป็นช่วงฤดูฝน (เดือนสิงหาคม 2554)

ตาราง 3.2 ลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำผิวดินบริเวณที่เก็บน้ำตัวอย่าง (ดูรูปในภาคผนวก ข)

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ลักษณะและสภาพรอบๆ บริเวณที่เก็บน้ำตัวอย่าง
จ.อุตรดิตถ์			
N12A: บ้านหาดไผ่ อ.ท่าปลา (รูป ข.1)	26.0	6.88	เป็นจุดที่ตั้งอยู่ท้ายเขื่อนสิริกิติ์ บริเวณรอบๆ ไม่มีชุมชน ทั้งสองฝั่งแม่น้ำ ไม่มีการทำ การเกษตร หรือเลี้ยงปลา น้ำมีสี แดงเข้มในฤดูฝน
N2B: อ.เมืองอุตรดิตถ์ (รูป ข.2)	26.0	6.95	บริเวณนี้มีชุมชน บ้านเรือน เพียงเล็กน้อย มีการปลูกผักสวน ครัวบ้าง น้ำมีสีส้ม-แดง
N60: บ้านเด่นสำโรง อ.ตรอน (รูป ข.3)	28.0	7.12	มีการเลี้ยงปลาในกระชังที่ยาว ตลอดริมน้ำ แต่ไม่มีกัลปังหา ปลา เนื่องจากปริมาณน้ำที่มาก ในช่วงน้ำหลาก น้ำมีสีส้ม-แดง
จ.พิษณุโลก			
N27A: ท้ายเขื่อนนเรศวร อ.พรหมพิราม (รูป ข.4)	29.0	9.65	บริเวณใกล้เขื่อน เป็นชุมชน ร้านค้า ร้านอาหาร น้ำมีปริมาณ มากและไหลแรง น้ำมีสีส้ม- แดง



ตาราง 3.2 (ต่อ)

สถานที่เก็บน้ำตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	พีเอช	ลักษณะและสภาพรอบๆ บริเวณที่เก็บน้ำตัวอย่าง
5A: อ.เมืองพิษณุโลก (รูป ข.5)	29.0	7.23	พื้นที่ริมน้ำบริเวณนี้เป็นชุมชน ร้านค้า ร้านอาหาร น้ำมีปริมาณ มากกว่าฤดูอื่น น้ำมีสีส้ม-แดง
N74: อ.บางกระทุ่ม (รูป ข.6)	27.0	6.87	บริเวณนี้มี ร้านค้า 2-3 ร้าน และบ้านเรือน น้ำมีสีส้ม-แดง
จ.พิจิตร			
N7A: บ้านราชช้างขวัญ อ.เมืองพิจิตร (รูป ข.7)	27.5	6.38	พื้นที่บริเวณนี้เป็นป่า และอยู่ ห่างไกลจากชุมชน น้ำมีสีแดง เข้ม และมีตะกอนมาก
N10A: อ.ตะพานหิน (รูป ข.8)	28.0	7.18	มีบ้านเรือนตั้งอยู่ทั้งสองฝั่งของ แม่น้ำ น้ำมีสีส้ม-แดง
N8A: อ.บางมูลนาก (รูป ข.9)	28.5	7.36	มีบ้านเรือนตั้งอยู่ทั้งสองฝั่งของ แม่น้ำ น้ำมีปริมาณมากและไหล แรง น้ำมีตะกอนสีแดงเข้ม
จ.นครสวรรค์			
N37: อ.ชุมแสง (รูป ข.10)	26.3	6.95	เป็นจุดเก็บตัวอย่างจุดสุดท้าย ของแม่น้ำน่าน ก่อนที่จะตัดกับ แม่น้ำยมที่ อ.ชุมแสง จ.นครสวรรค์ ซึ่งมีโรงเรียน วัด ร้านค้า และบ้านเรือน น้ำมีสี ส้ม-แดง

การวิเคราะห์ นิกเกิล แคดเมียม และ ตะกั่วในน้ำตัวอย่างจริง: ผลการวิเคราะห์แสดงใน ตาราง 3.3, 3.4 และ 3.5 สำหรับ นิกเกิล แคดเมียม และ ตะกั่ว ตามลำดับ ซึ่งตรวจพบนิกเกิล ในจุด N5A (อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก) ปริมาณ 0.0132 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามปริมาณความเข้มข้นที่ตรวจพบยังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้สำหรับค่ามาตรฐานการปนเปื้อนของนิกเกิลในแหล่งน้ำผิวดิน (0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2537))

ตะกั่วก็ตรวจพบเช่นกันที่จุด N5A (อ.เมืองพิษณุโลก จ.พิจิตร), N74 (อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก) และ N10A (อ.ตะพานหิน จ.พิจิตร) ความเข้มข้นที่พบคือ 0.0780, 0.0553 และ 0.0665 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้เล็กน้อย (0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) บริเวณนี้เป็นชุมชนเมือง ซึ่งมีบ้านเรือน ร้านค้า และร้านอาหารจำนวนมากตั้งอยู่ทั้งสองฝั่งแม่น้ำ นอกจากนี้ยังเป็นช่วงฤดูฝนที่มีปริมาณน้ำมากกว่าฤดูอื่น ตะกั่วเป็นโลหะที่ไม่ละลายน้ำในสภาวะปกติ (อุณหภูมิ 20°C และ ความดัน = 1 bar) อาจมีการปนเปื้อนอยู่ในน้ำในรูปของ $PbCO_3$ หรือ $Pb(CO_3)_2$ ส่วนมากพบอยู่ในรูปของ sulphide (S^{2-}) หรือ phosphate (PO_4^{3-})^[34] ซึ่งเป็นรูปที่ไม่ละลายน้ำและไม่สามารถกำจัดได้ ส่วนแคดเมียมตรวจไม่พบในแม่น้ำน่านในเขตภาคเหนือตอนล่างด้วยวิธีที่นำเสนอ

ร้อยละการดูดซับของนิกเกิล แคดเมียม และ ตะกั่ว โดยการเติมสารมาตรฐานโลหะหนัก ในน้ำตัวอย่าง ได้ค่าร้อยละการดูดซับเท่ากับ 93-99% สำหรับนิกเกิล 99-100% สำหรับแคดเมียม และ 92-99% สำหรับตะกั่ว ส่วนค่าร้อยละการกลับคืนของนิกเกิล แคดเมียม และตะกั่ว ที่ดูดซับอยู่บนเยื่อเปลือกไข่เป็ด พบในช่วง 83-92% สำหรับนิกเกิล 90-100% สำหรับแคดเมียม และ 85-98% สำหรับตะกั่ว ที่มีค่า enrichment factors (EF) เท่ากับ 2.63 สำหรับนิกเกิล 2.96 สำหรับแคดเมียม และ 2.47 สำหรับตะกั่ว เพราะฉะนั้นเยื่อเปลือกไข่เป็ด สามารถที่จะใช้เป็นตัวดูดซับ สำหรับนิกเกิล แคดเมียม และ ตะกั่วได้ในกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นกับน้ำตัวอย่างจริง

ตาราง 3.3 ผลการตรวจวิเคราะห์หาค่าเกิดในน้ำตัวอย่างจริง

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดอุดรธานี					
N12A: บ้านหาดไคร้ อ.ท่าปลา	0	ND	-	ND	-
	1	0.033	96.7±0.0	0.922	92.2±0.0
N2B: อ.เมืองอุดรธานี	0	ND	-	ND	-
	1	0.056	94.4±0.0	0.917	91.7±0.0
N60: บ้านต้นสำโรง อ.ศรีนคร	0	ND	-	ND	-
	1	0.034	96.6±0.0	0.870	87.0±0.0
จังหวัดพิษณุโลก					
N27A: ท่าเขื่อนนเรศวร อ.พรหมพิราม	0	ND	-	ND	-
	1	0.035	96.5±0.0	0.838	83.8±0.0
N5A: อ.เมืองพิษณุโลก	0	ND	-	0.013	-
	1	0.064	93.6±0.0	0.951	93.8±0.0
N74: อ.บางกระทุ่ม	0	ND	-	ND	-
	1	0.009	99.1±0.0	0.921	92.1±0.0

ตาราง 3.3 (ต่อ)

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดพิจิตร					
N7A: บ้านราชช้างขวัญ อ.เมืองพิชิตร์	0	ND	-	ND	-
	1	0.063	93.7±0.0	0.876	87.6±0.0
N10A: อ.ตะพานหิน	0	ND	-	ND	-
	1	0.031	96.9±0.0	0.857	85.7±0.0
N8A: อ.บางมูลนาค	0	ND	-	ND	-
	1	0.034	96.6±0.0	0.924	92.4±0.0
จังหวัดนครสวรรค์					
N37: อ.ชุมแสง	0	ND	-	ND	-
	1	0.011	98.9±0.0	0.861	86.1±0.0

^a Mean value ± standard deviation (n =3).

LOD (n=25): limit of detection = 0.015 mg/L for Ni(II)

ND: not detected (below the limit of detection)

ตาราง 3.4 ผลการตรวจวิเคราะห์แคดเมียม ในน้ำตัวอย่างจริง

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดอุดรธานี					
N12A: บ้านหาดไผ่ อ.ท่าปลา	0	ND	-	ND	-
	1	0.004	99.6±0.0	0.975	97.5±0.0
N2B: อ.เมืองอุดรธานี	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.986	98.6±0.0
N60: บ้านเด่นสำโรง อ.ศรีดอน	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.903	90.3±0.0
จังหวัดพิษณุโลก					
N27A: ท่าเยื่อนนเรศวร อ.พรหมพิราม	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.906	90.6±0.0
N5A: อ.เมืองพิษณุโลก	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	1.004	100.4±0.0
N74: อ.บางกระทุ่ม	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.948	94.8±0.0

ตาราง 3.4 (ต่อ)

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดพิจิตร					
N7A: บ้านราชช้างขวัญ อ.เมืองพิจิตร	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.960	96.0±0.0
N10A: อ.ตะพานหิน	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.935	93.5±0.0
N8A: อ.บางมูลนาก	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.965	96.5±0.0
จังหวัดนครสวรรค์					
N37: อ.ชุมแสง	0	ND	-	ND	-
	1	ND	100.0±0.0	0.986	98.6±0.0

^a Mean value ± standard deviation (n =3).

LOD (n=25): limit of detection = 0.002 mg/L for Cd(II)

ND: not detected (below the limit of detection)

ตาราง 3.5 ผลการตรวจวิเคราะห์ตะกั่ว ในน้ำตัวอย่างจริง

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดอุดรธานี					
N12A: บ้านหาดไผ่ อ.ท่าปลา	0	ND	-	ND	-
	1	0.058	94.2±0.0	0.855	85.5±0.0
N2B: อ.เมืองอุดรธานี	0	ND	-	ND	-
	1	0.060	94.0±0.0	0.882	88.2±0.0
N60: บ้านเด่นสำโรง อ.ศรีดอน	0	ND	-	ND	-
	1	0.039	96.1±0.0	0.896	89.6±0.0
จังหวัดพิษณุโลก					
N27A: ท่าเยื่อนนเรศวร อ.พรหมพิราม	0	ND	-	ND	-
	1	0.046	95.4±0.0	0.909	90.9±0.0
N5A: อ.เมืองพิษณุโลก	0	ND	-	0.078	-
	1	0.016	98.4±0.0	0.959	88.1±0.0
N74: อ.บางกระทุ่ม	0	ND	-	0.055	-
	1	0.010	99.0±0.0	0.971	91.6±0.1

ตาราง 3.5 (ต่อ)

Sampling sites	Added (mg/L)	Found (after adsorption) (mg/L)	%Adsorption ^a	Found (after desorption) (mg/L)	%Recovery ^a
จังหวัดพิจิตร					
N7A: บ้านราชช้างขวัญ อ.เมืองพิจิตร	0	ND	-	ND	-
	1	0.0757	92.4±0.0	0.8676	86.8±0.0
N10A: อ.ตะพานหิน	0	ND	-	0.0665	-
	1	0.0137	98.6±0.0	0.9648	89.8±0.0
N8A: อ.บางมูลนาก	0	ND	-	ND	-
	1	0.0529	94.7±0.0	0.8659	86.6±0.0
จังหวัดนครสวรรค์					
N37: อ.ชุมแสง	0	ND	-	ND	-
	1	0.0500	95.0±0.0	0.8714	98.6±0.0

^a Mean value ± standard deviation (n =3).

LOD (n=25): limit of detection = 0.132 mg/L for Pb(II)

ND: not detected (below the limit of detection)