

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาความสามารถในการกำจัดแคดเมียม

4.1.1 การศึกษาเบื้องต้น

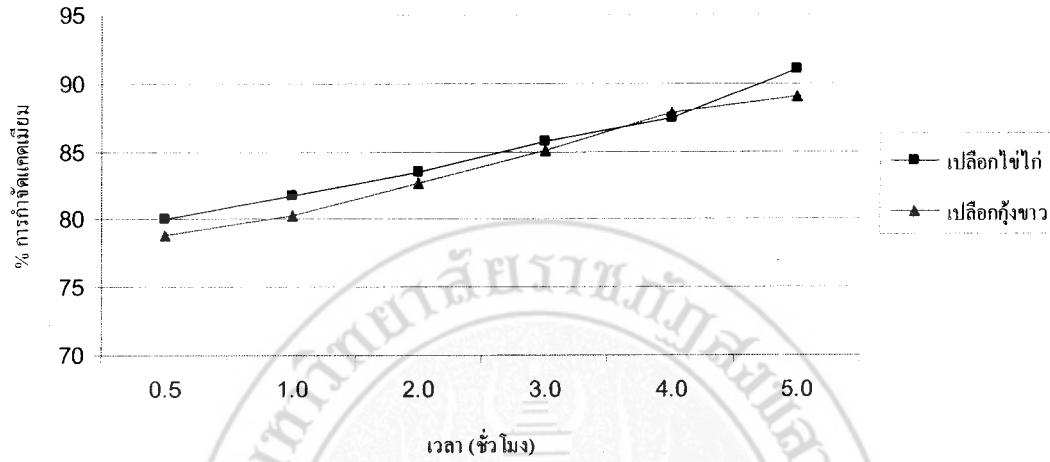
การทดลองเบื้องต้น โดยใช้น้ำแคดเมียมสังเคราะห์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร pH 5.30 ซึ่งเป็นค่า pH ที่เกิดจากการละลายของ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ โดยตรงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (น้ำ Deionize) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า pH และ เปอร์เซ็นต์การกำจัดแคดเมียมโดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกถุงขาว

ชนิด ตัวควบคุม	เวลา (ชั่วโมง)											
	0.5		1		2		3		4		5	
	pH	%R	pH	%R	pH	%R	pH	%R	pH	%R	pH	%R
เปลือกไข่ไก่	5.49	80.06	6.03	81.83	6.23	83.44	6.34	85.76	6.38	87.51	6.53	91.07
เปลือกถุง	5.32	78.87	5.35	80.34	5.38	82.65	5.45	85.12	5.48	87.86	5.54	89.02

หมายเหตุ : % R แทน เปอร์เซ็นต์การกำจัดแคดเมียม (Cadmium Removal)

จากตารางที่ 4.1 ค่า pH ของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก 5.30 มาอยู่ในช่วง 5.32-6.53 เนื่องจากแคดเมียมคาร์บอนเนต เกิดปฏิกิริยาไฮドรอฟลีซิส เมื่อสารละลายน้ำจะทำให้สารละลายที่เป็นเบสหันนี้อาจเป็นเพราะเกลือของกรดอ่อน – เบสแก๊สละลายน้ำ แตกตัวเป็นแอนอิโอนและแคตอิโอน แอนอิโอนของกรดอ่อนละลายน้ำได้ และแคดเมียมอิโอนเป็นแคตอิโอนของเบสแก่ เมื่อสารละลายน้ำจะทำให้ pH เพิ่มขึ้น ส่วน CO_3^{2-} จับกับอิโอนของแคดเมียมเกิดเป็น $\text{CdCO}_3(s)$ (สิริชั่น ตะนุสร, 2543) โดยจากการทดลองนี้เวลาที่ใช้น้อยที่สุด คือ 30 นาที สามารถกำจัดแคดเมียมได้ถึง 79– 80 % และเมื่อเวลาผ่านไปถึงชั่วโมงที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของการกำจัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็น 89 – 91 %



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบการดูดซึบของตัวอย่างโดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

4.1.2 การศึกษาไฮโซเทอร์มการดูดซึบแอดเมิร์ฟ

จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของตัวอุดตุดซับต่อปริมาณของตัวอุดซับที่ใช้ไปกับความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ ณ จุดสมดุล เพื่อจะคัดเลือกตัวอุดซับที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยแบบจำลองการดูดซับทางคณิตศาสตร์ (Isotherm) (สิริชัย ตะนุสร, 2543)

การกำจัดแอดเมิร์ฟโดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวในปริมาณแตกต่างกัน และใช้น้ำแอดเมิร์ฟสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เผ่าในขวดรูปทรงพู่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่า pH และแยกน้ำใสมาวิเคราะห์ปริมาณแอดเมิร์ฟที่เหลือในน้ำ ハイโซเทอร์มการดูดซับโดยใช้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแอดเมิร์ฟที่เหลือกับปริมาณน้ำหนักดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2



ตารางที่ 4.2 การศึกษาไอโซเทอร์มจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกถุงขาว

ชนิด ตัวคูดซับ	น้ำหนัก (กรัม)	pH				ความเข้มข้นแอดเมิร์ม (mg/l)				X/M (mg/g)	% Removal
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
เปลือกไข่ไก่	0.0	5.30	5.30	5.30	5.3	0.0146	0.0172	0.0123	0.0147	-	0.00
	0.1	5.46	5.41	6.38	5.75	0.0056	0.0039	0.0045	0.0047	0.100	68.02
	0.2	5.87	5.88	6.40	6.05	0.0035	0.0038	0.0036	0.0036	0.056	75.51
	0.5	6.19	6.17	6.56	6.31	0.0025	0.0024	0.0025	0.0025	0.024	82.99
	1.0	6.43	6.50	6.47	6.47	0.0007	0.0018	0.0020	0.0015	0.013	89.79
	2.0	6.82	6.88	7.08	6.93	0.0016	0.0016	0.0010	0.0013	0.007	91.16
เปลือกถุงขาว	0.0	5.30	5.30	5.30	5.3	0.0135	0.0149	0.0135	0.0139	-	0.00
	0.1	5.31	5.32	5.30	5.31	0.0034	0.0041	0.0056	0.0045	0.094	67.63
	0.2	5.37	5.39	5.31	5.35	0.0043	0.0048	0.0024	0.0038	0.050	72.66
	0.5	5.55	5.56	5.51	5.45	0.0032	0.0020	0.0025	0.0025	0.022	82.01
	1.0	5.67	5.66	5.65	5.66	0.0016	0.0018	0.0016	0.0016	0.012	88.49
	2.0	5.74	5.79	5.68	5.74	0.0015	0.0015	0.0013	0.0014	0.006	89.93

หมายเหตุ : X/M = ปริมาณแอดเมิร์มที่ถูกคูดซับต่อน้ำหนัก (mg/g)

X = ความเข้มข้นของแอดเมิร์มที่เหลือ (mg/l)

M = ปริมาณของตัวคูดซับที่ใช้ (g)

ตัวอย่าง การคำนวณหา X/M ของเปลือกไข่ไก่ที่น้ำหนัก 0.5 g

$$X = \text{ความเข้มข้นของแอดเมิร์ม } 0 \text{ g} = 0.0147 \text{ mg/l}$$

$$M = \text{ปริมาณของตัวคูดซับ } 0.5 \text{ g} = 0.0025 \text{ mg/l}$$

$$= (0.0147 - 0.0025)$$

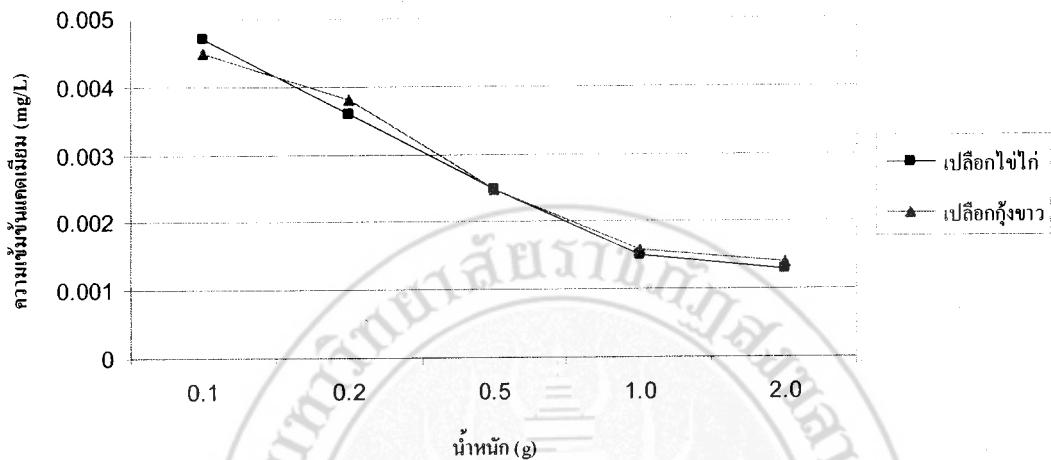
0.5

ปริมาณแอดเมิร์มที่ถูกคูดซับต่อน้ำหนักเท่ากับ 0.024 mg/g

363.7394
๗๑๗

162276

10 ก.ค. 2562



ภาพที่ 4.2 ไอโซเทอร์มการดูดซับแอดเมิร์นเดลีจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกหุ้งขาว

4.2 การดูดซับแอดเมิร์นที่ละลายในน้ำด้วยเปลือกไข่ไก่และเปลือกหุ้งขาว

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเปลือกไข่ไก่และเปลือกหุ้งขาวในการดูดซับแอดเมิร์นที่ละลายในน้ำ จากการทดลองการเตรียมตัวอย่างน้ำสังเคราะห์โดยการผสานน้ำ Deionize กับโลหะหนัก Cd ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดด้วยกัน การทดลองชุดที่ 1 ใช้เปลือกไข่ไก่ โดยการเติมสารละลายแอดเมิร์นที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังที่ 1 – 3 ตามลำดับ ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแอดเมิร์น และนำเปลือกไข่ไก่บดที่เตรียมได้ 30 กรัม ห่อผ้าขาวโพ雷ใส่ในแต่ละถังที่มีน้ำแอดเมิร์นสังเคราะห์ 3 ลิตร ส่วนการทดลองชุดที่ 2 ใช้เปลือกหุ้งขาว โดยการเติมสารละลายแอดเมิร์นที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังที่ 1 – 3 ตามลำดับ ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแอดเมิร์น และนำเปลือกหุ้งขาวบด 30 กรัม ห่อด้วยผ้าขาวโพ雷ใส่ในแต่ละถังที่มีน้ำแอดเมิร์นสังเคราะห์ 3 ลิตร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ น้ำวิเคราะห์ในวันแรกและวันที่ 7 ซึ่งแต่ละถังนำมาวิเคราะห์หาค่า pH, อุณหภูมิ และวิเคราะห์หานปริมาณแอดเมิร์นที่เหลืออยู่ในน้ำด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอฟท์ชันใช้เครื่อง FAAS

4.2.1 ค่า pH

ค่า pH ของตัวอย่างน้ำ ในถังที่ 1-3 โดยการเติมสารละลายแอดเมิร์นความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแอดเมิร์น จากนั้นปล่อยให้เปลือกไข่ไก่และเปลือกหุ้งขาวดูดซับแอดเมิร์นเป็นเวลา 7 วัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันแรก และวันที่ 7 การทดลองชุดที่ 1 วิเคราะห์ค่า pH เคลื่อนยุบ 5.71 และการทดลองชุดที่ 2 วิเคราะห์ค่า pH เคลื่อนยุบ 5.62 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่า pH เคลื่อนของตัวอย่างน้ำแต่ละถังที่เก็บในวันแรก และวันที่ 7

ชนิดตัวคุณชับ	pH				ค่าเฉลี่ยรวม
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังควบคุม	
เปลือกไข่ไก่	5.77	5.85	5.92	5.30	5.71
เปลือกกุ้งขาว	5.67	5.72	5.80	5.30	5.62

4.2.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำ ในถังที่ 1-3 โดยการเติมสารละลายน้ำแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายน้ำแคดเมียม จากนั้นปล่อยให้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวคุณชับแคดเมียมเป็นเวลา 7 วัน แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำ ในวันแรก และวันที่ 7 การทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 องศาเซลเซียส และการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำแต่ละถังที่เก็บในวันแรก และวันที่ 7

ชนิดตัวคุณชับ	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)				ค่าเฉลี่ยรวม
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	ถังควบคุม	
เปลือกไข่ไก่	25.2	25.5	25.7	25.4	25.5
เปลือกกุ้งขาว	25.5	25.4	25.5	25.2	25.4

4.2.3 การคุณชับแคดเมียมที่ละลายน้ำด้วยเปลือกไข่ไก่

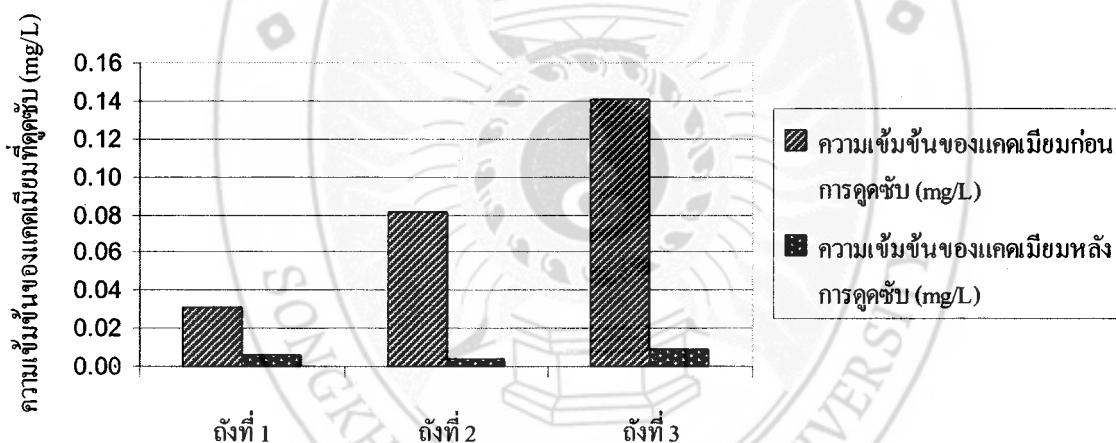
การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่ละลายน้ำด้วยเปลือกไข่ไก่ พบว่า เมื่อเติมสารละลายน้ำแคดเมียมในถังที่ 1, 2 และ 3 ที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปล่อยให้เปลือกไข่ไก่คุณชับแคดเมียมเป็นเวลา 7 วัน เปลือกไข่ไก่สามารถลดปริมาณ แคดเมียมในแต่ละถังได้ดังนี้ ถังที่ 1 ความเข้มข้นแคดเมียมก่อนการคุณชับ 0.0301 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เปลือกไข่ไก่คุณชับความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0062 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 2 ความเข้มข้นแคดเมียมก่อนการคุณชับ 0.0815 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เปลือกไข่ไก่คุณชับ ความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0039 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 3 ความเข้มข้นแคดเมียม

ก่อนการคุณชับ 0.1410 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เปลือกไข่ไก่คุณชับ ความเข้มข้นแอดเมียร์ลดลงเหลือ 0.0086 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 การคุณชับแอดเมียร์ในแต่ละถังที่ความเข้มข้นต่างกันของเปลือกไข่ไก่

ถัง	ความเข้มข้นแอดเมียร์ ก่อนการคุณชับ (mg/l)	ความเข้มข้นแอดเมียร์ หลังการคุณชับ (mg/l)
1	0.0301	0.0062
2	0.0815	0.0039
3	0.1410	0.0086

การทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.3 การคุณชับแอดเมียร์ในแต่ละถังที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของเปลือกไข่ไก่

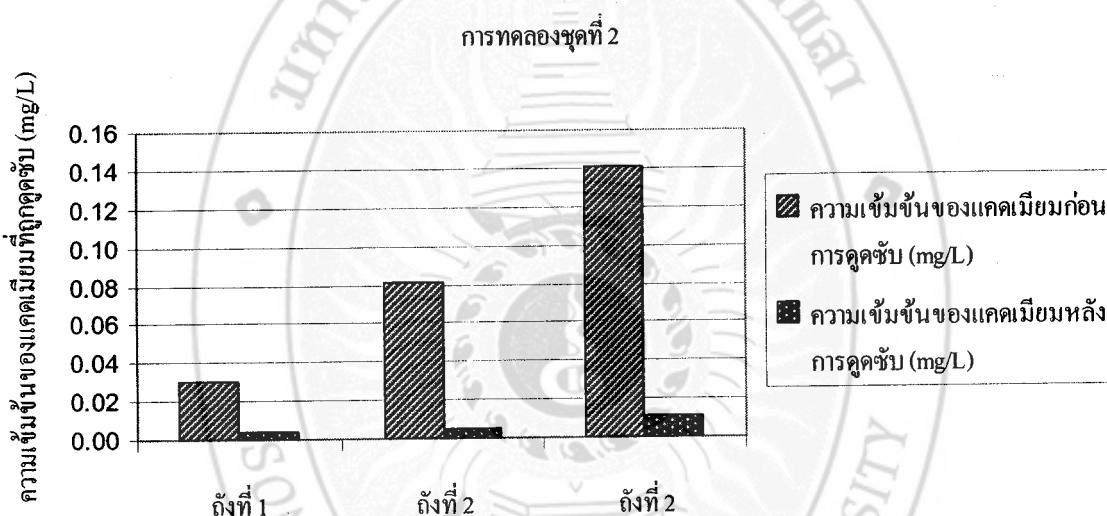
4.2.4 การคุณชับแอดเมียร์ที่ละลายในน้ำด้วยเปลือกกุ้งขาว

การวิเคราะห์ปริมาณแอดเมียร์ที่ละลายในน้ำที่คุณชับด้วยเปลือกกุ้งขาว พบว่า เมื่อเติมสารละลายแอดเมียร์ในถังที่ 1, 2 และ 3 ที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปล่อยทิ้งไว้ให้เปลือกกุ้งขาวคุณชับแอดเมียร์เป็นเวลา 7 วัน เปลือกกุ้งขาวสามารถลดปริมาณแอดเมียร์ในแต่ละถังได้ดังนี้ ถังที่ 1 ความเข้มข้นของแอดเมียร์ก่อนการคุณชับ 0.0300 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปลือกกุ้งขาวคุณชับความเข้มข้นของแอดเมียร์ลดลงเหลือ 0.0039 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 2 ความเข้มข้นของแอดเมียร์ก่อนการคุณชับ 0.0811 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยทิ้งไว้ให้เปลือกกุ้งขาวคุณชับความเข้มข้นของแอดเมียร์ลดลงเหลือ 0.0050 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 3 ความเข้มข้นของแอดเมียร์ก่อนการคุณชับ 0.1405 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยทิ้งไว้

ให้เปลือกกุ้งขาวคุณซับความเข้มข้นแคนเดเมี่ยมลดลงเหลือ 0.0110 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.6 การคุณซับแคนเดเมี่ยมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นต่างกันของเปลือกกุ้งขาว

ถัง	ความเข้มข้นแคนเดเมี่ยม ก่อนการคุณซับ (mg/l)	ความเข้มข้นแคนเดเมี่ยม หลังการคุณซับ (mg/l)
1	0.0300	0.0039
2	0.0811	0.0050
3	0.1405	0.0110



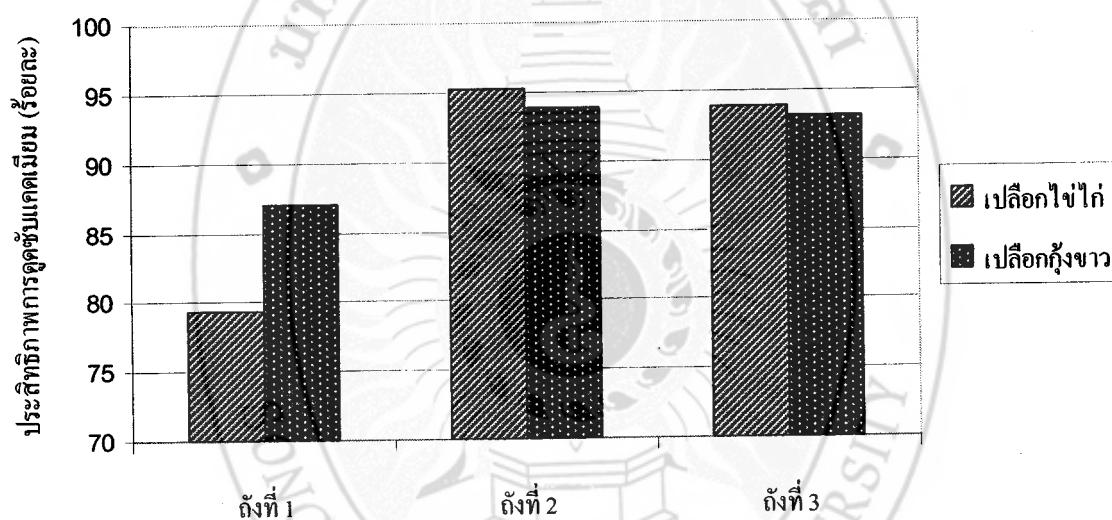
ภาพที่ 4.4 การคุณซับแคนเดเมี่ยมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของเปลือกกุ้งขาว

4.2.5 ประสิทธิภาพในการคุณซับแคนเดเมี่ยมของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

จากการศึกษาพบว่า เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวมีความสามารถในการคุณซับแคนเดเมี่ยมที่คล้ายในน้ำ ทำให้ปริมาณของแคนเดเมี่ยมลดลง ในการทดลองชุดที่ 1 เปลือกไข่ไก่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแคนเดเมี่ยมได้ร้อยละ 79.40, 95.21 และ 93.90 ตามลำดับ และในการทดลองชุดที่ 2 เปลือกกุ้งขาวมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแคนเดเมี่ยมได้ร้อยละ 87.00, 93.83 และ 92.17 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับแอดเมียนของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

ถัง	ประสิทธิภาพการดูดซับ (ร้อยละ)	
	เปลือกไข่ไก่	เปลือกกุ้งขาว
1	79.40	87.00
2	95.21	93.83
3	93.90	92.17



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับแอดเมียนของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว