

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์ผล

4.1 ผลการศึกษาความสามารถในการกำจัดแคดเมียม

4.1.1 การศึกษาเบื้องต้น

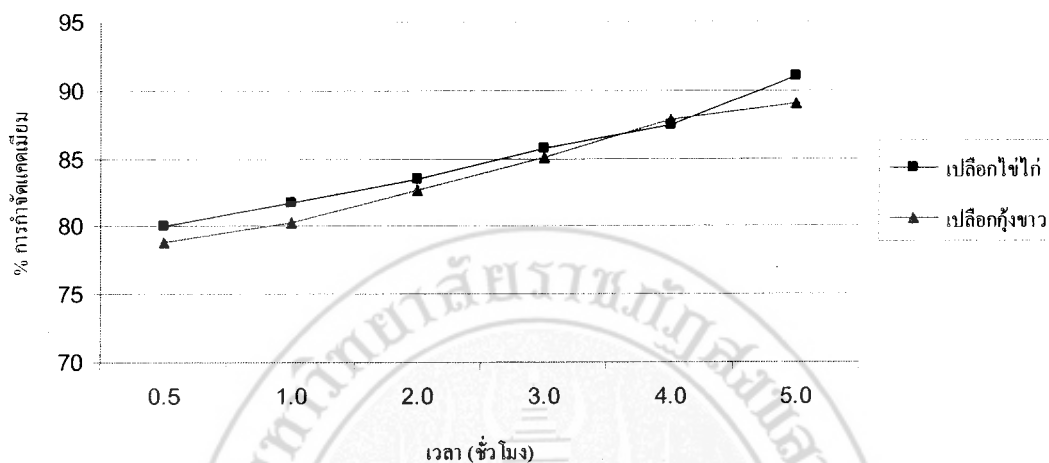
การทดลองเบื้องต้น โดยใช้น้ำแคดเมียมสังเคราะห์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร pH 5.30 ซึ่งเป็นค่า pH ที่เกิดจากการละลายของ $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ โดยตรงในน้ำกลั่น ปราศจากไอออน (น้ำ Deionize) ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่า pH และ เปอร์เซ็นต์การกำจัดแคดเมียม โดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

ชนิด ตัวดูดซับ	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
เปลือกกุ้ง	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 เนื่องจากแคลเซียมคาร์บอเนต เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส เมื่อละลายน้ำจะทำให้สารละลายที่เป็นเบส ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเกลือของกรดอ่อน - เบสแก่ละลายน้ำ แยกตัวเป็นแอนไอออนและแคตไอออน แอนไอออนของกรดอ่อนละลายน้ำได้ และแคลเซียมไอออนเป็นแคตไอออนของเบสแก่ เมื่อละลายน้ำ จะทำให้ pH เพิ่มขึ้น ส่วน CO_3^{2-} จับกับไอออนของแคดเมียมเกิดเป็น $\text{CdCO}_3(\text{s})$ (สิริชื่น ตะนุสะ, 2543) โดยจากการทดลองนี้เวลาที่ใช้น้อยที่สุด คือ 30 นาที สามารถกำจัดแคดเมียมได้ถึง 79- 80 % และเมื่อเวลาผ่านไปถึงชั่วโมงที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของการกำจัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็น 89 - 91 %



ภาพที่ 4.1 เปรอ์เซ็นต์การกำจัดแคดเมียมโดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกล้วยขาว

4.1.2 การศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียม

จากการศึกษาความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของตัวถูกดูดซับต่อปริมาณของตัวดูดซับที่ใช้ไปกับความเข้มข้นของสารที่เหลืออยู่ ณ จุดสมดุล เพื่อจะคัดเลือกตัวดูดซับที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยแบบจำลองการดูดซับทางคณิตศาสตร์ (Isotherm) (สิริชิน ตะนุสะ, 2543)

การกำจัดแคดเมียมโดยใช้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกล้วยขาวในปริมาณแตกต่างกัน และใช้น้ำแคดเมียมสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าในขวดรูปชมพู่เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่า pH แล้วแยกน้ำใสมาวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในน้ำ หาไอโซเทอร์มการดูดซับโดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นแคดเมียมที่เหลือกับปริมาณน้ำหนักดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2



ตารางที่ 4.2 การศึกษาไอโซเทอร์มจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

ชนิด ตัวดูดซับ	น้ำหนัก (กรัม)	pH				ความเข้มข้นแคดเมียม (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
เปลือกกุ้งขาว	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 = ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนัก (mg/g)

X = ความเข้มข้นของแคดเมียมที่เหลือ (mg/l)

M = ปริมาณของตัวดูดซับที่ใช้ (g)

ตัวอย่าง การคำนวณหา X/M ของเปลือกไข่ไก่ที่น้ำหนัก 0.5 g

X = ความเข้มข้นของแคดเมียม 0 g = 0.0147 mg/l

M = ปริมาณของตัวดูดซับ 0.5 g = 0.0025 mg/l

$$= \frac{0.0147 - 0.0025}{0.5}$$

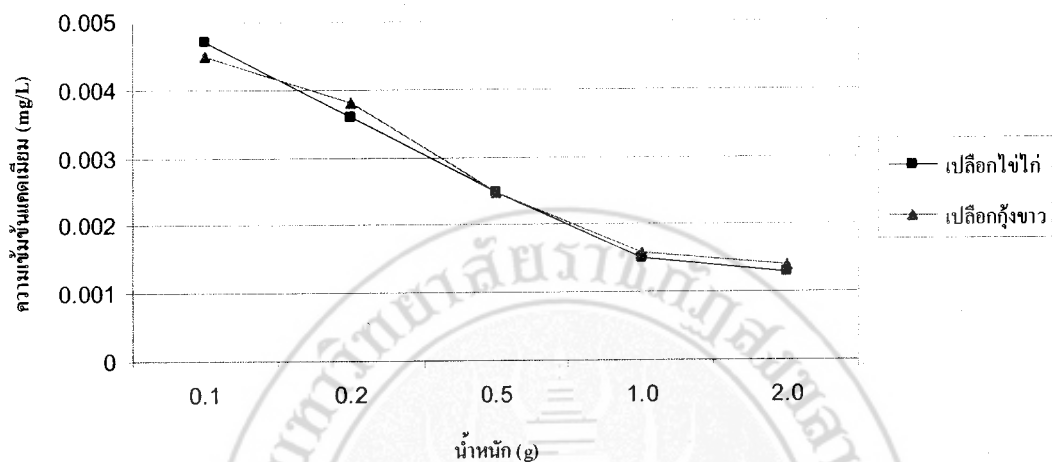
0.5

ปริมาณแคดเมียมที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักเท่ากับ 0.024 mg/g

363.7394
17ก

162276

18 ต.ค. 2553



ภาพที่ 4.2 ไอโซเทอร์มการดูดซับแคดเมียมเฉลี่ยจากเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

4.2 การดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำด้วยเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวในการดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำ จากการทดลองการเตรียมตัวอย่างน้ำสังเคราะห์โดยการผสมน้ำ Deionize กับโลหะหนัก Cd ซึ่งแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดด้วยกัน การทดลองชุดที่ 1 ใช้เปลือกไข่ไก่ โดยการเติมสารละลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังที่ 1 – 3 ตามลำดับ ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแคดเมียม และนำเปลือกไข่ไก่บดที่เตรียมได้ 30 กรัม ห่อผ้าขาวโทเรใส่ในแต่ถังที่มีน้ำแคดเมียมสังเคราะห์ 3 ลิตร ส่วนการทดลองชุดที่ 2 ใช้เปลือกกุ้งขาว โดยการเติมสารละลายแคดเมียมที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ในถังที่ 1 – 3 ตามลำดับ ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแคดเมียม และนำเปลือกกุ้งขาวบด 30 กรัม ห่อด้วยผ้าขาวโทเรใส่ในแต่ถังที่มีน้ำแคดเมียมสังเคราะห์ 3 ลิตร ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ในวันแรกและวันที่ 7 ซึ่งแต่ละถังนำมาวิเคราะห์หาค่า pH, อุณหภูมิ และวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่เหลืออยู่ในน้ำด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันใช้เครื่อง FAAS

4.2.1 ค่า pH

ค่า pH ของตัวอย่างน้ำ ในถังที่ 1-3 โดยการเติมสารละลายแคดเมียมความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแคดเมียม จากนั้นปล่อยให้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวดูดซับแคดเมียมเป็นเวลา 7 วัน ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันแรก และวันที่ 7 การทดลองชุดที่ 1 วิเคราะห์ค่า pH เฉลี่ยรวม 5.71 และการทดลองชุดที่ 2 วิเคราะห์ค่า pH เฉลี่ยรวม 5.62 ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่า pH เฉลี่ยของตัวอย่างน้ำแต่ละถังที่เก็บในวันแรก และวันที่ 7

ชนิดตัวดูดซับ	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 โดยการเติมสารละลายแคลเซียมที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในถังควบคุม ไม่เติมสารละลายแคลเซียม จากนั้นปล่อยให้เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวดูดซับแคลเซียมเป็นเวลา 7 วัน แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันแรก และวันที่ 7 การทดลองชุดที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.5 องศาเซลเซียส และการทดลองชุดที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 25.4 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อุณหภูมิเฉลี่ยของตัวอย่างน้ำแต่ละถังที่เก็บในวันแรก และวันที่ 7

ชนิดตัวดูดซับ	อุณหภูมิ (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

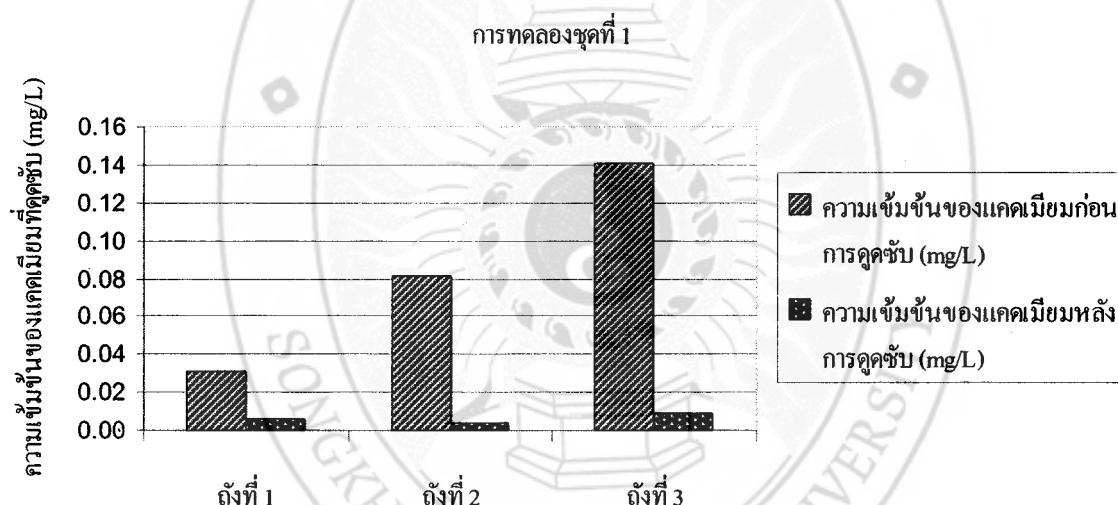
4.2.3 การดูดซับแคลเซียมที่ละลายในน้ำด้วยเปลือกไข่ไก่

การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่ละลายในน้ำที่ดูดซับด้วยเปลือกไข่ไก่ พบว่าเมื่อเติมสารละลายแคลเซียมในถังที่ 1, 2 และ 3 ที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปล่อยให้เปลือกไข่ไก่ดูดซับแคลเซียมเป็นเวลา 7 วัน เปลือกไข่ไก่สามารถลดปริมาณแคลเซียมในแต่ละถังได้ดังนี้ ถังที่ 1 ความเข้มข้นแคลเซียมก่อนการดูดซับ 0.0301 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยให้ไว้ให้เปลือกไข่ไก่ดูดซับความเข้มข้นแคลเซียมลดลงเหลือ 0.0062 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 2 ความเข้มข้นแคลเซียมก่อนการดูดซับ 0.0815 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยให้ไว้ให้เปลือกไข่ไก่ดูดซับ ความเข้มข้นแคลเซียมลดลงเหลือ 0.0039 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 3 ความเข้มข้นแคลเซียม

ก่อนการดูดซับ 0.1410 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เปลือกไข่ไก่ดูดซับ ความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0086 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.3

ตารางที่ 4.5 การดูดซับแคดเมียมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นต่างกันของเปลือกไข่ไก่

ถัง	ความเข้มข้นแคดเมียมก่อนการดูดซับ (mg/l)	ความเข้มข้นแคดเมียมหลังการดูดซับ (mg/l)
1	0.0301	0.0062
2	0.0815	0.0039
3	0.1410	0.0086



ภาพที่ 4.3 การดูดซับแคดเมียมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของเปลือกไข่ไก่

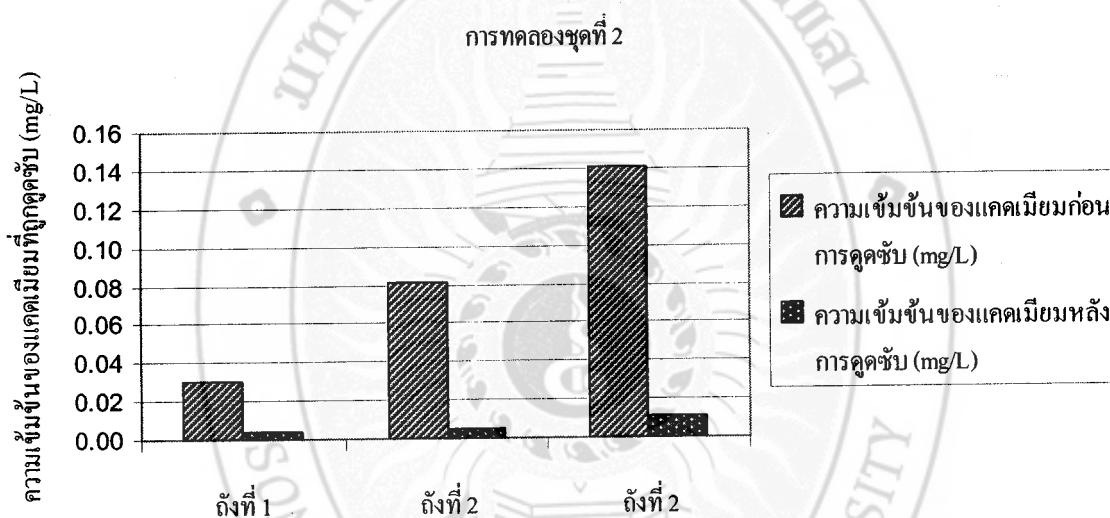
4.2.4 การดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำด้วยเปลือกกุ้งขาว

การวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมที่ละลายในน้ำที่ดูดซับด้วยเปลือกกุ้งขาว พบว่าเมื่อเติมสารละลายแคดเมียมในถังที่ 1, 2 และ 3 ที่มีความเข้มข้น 10, 20, และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เปลือกกุ้งขาวดูดซับแคดเมียมเป็นเวลา 7 วัน เปลือกกุ้งขาวสามารถลดปริมาณแคดเมียมในแต่ละถังได้ดังนี้ ถังที่ 1 ความเข้มข้นของแคดเมียมก่อนการดูดซับ 0.0300 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปลือกกุ้งขาวดูดซับความเข้มข้นของแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0039 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 2 ความเข้มข้นของแคดเมียมก่อนการดูดซับ 0.0811 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ให้เปลือกกุ้งขาวดูดซับความเข้มข้นของแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0050 มิลลิกรัมต่อลิตร ถังที่ 3 ความเข้มข้นของแคดเมียมก่อนการดูดซับ 0.1405 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้

ให้เปลือกกุ้งขาวดูดซับความเข้มข้นแคดเมียมลดลงเหลือ 0.0110 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.4

ตารางที่ 4.6 การดูดซับแคดเมียมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นต่างกันของเปลือกกุ้งขาว

ถัง	ความเข้มข้นแคดเมียมก่อนการดูดซับ (mg/l)	ความเข้มข้นแคดเมียมหลังการดูดซับ (mg/l)
1	0.0300	0.0039
2	0.0811	0.0050
3	0.1405	0.0110



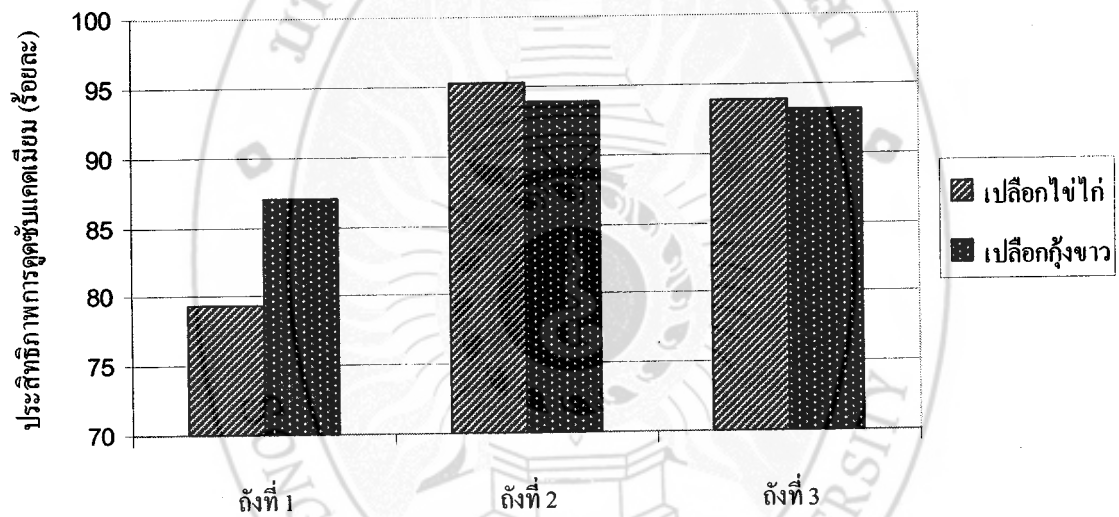
ภาพที่ 4.4 การดูดซับแคดเมียมในแต่ละถังที่ความเข้มข้นแตกต่างกันของเปลือกกุ้งขาว

4.2.5 ประสิทธิภาพในการดูดซับแคดเมียมของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

จากการศึกษาพบว่า เปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาวมีความสามารถในการดูดซับแคดเมียมที่ละลายในน้ำ ทำให้ปริมาณของแคดเมียมลดลง ในการทดลองชุดที่ 1 เปลือกไข่ไก่มิมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแคดเมียมได้ร้อยละ 79.40, 95.21 และ 93.90 ตามลำดับ และในการทดลองชุดที่ 2 เปลือกกุ้งขาวมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณแคดเมียมได้ร้อยละ 87.00, 93.83 และ 92.17 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว

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



ภาพที่ 4.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมของเปลือกไข่ไก่และเปลือกกุ้งขาว