

## บทที่ 4

### ผลของการวิจัย

#### 4.1 ผลของปริมาณของสารดูดซับเริ่มต้น

จากการนำตัวอย่างวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิดมา ดังนี้

- เปลือกไข่
- โยมะพร้าว
- ถ่าน
- เปลือกหอยแครง

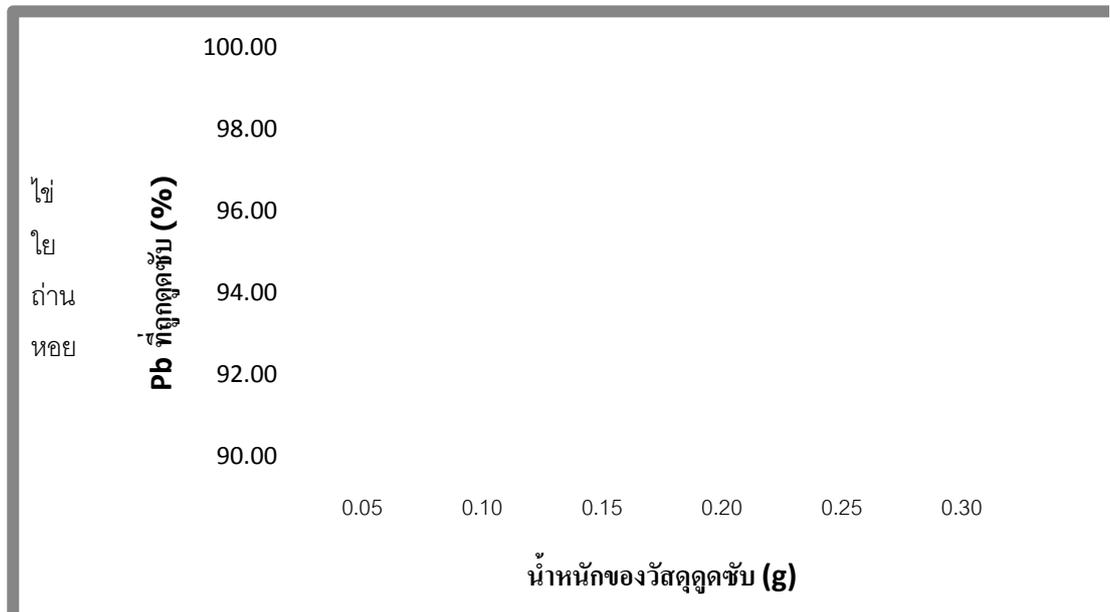
โดยใช้น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุดูดซับเป็น 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 ตามลำดับ และโลหะที่ทำการทดสอบคือ ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการสกัดโลหะตะกั่ว (Pb) ของวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุดูดซับต่างกัน

ชนิดของวัสดุดูดซับ	น้ำหนัก (g)	ค่าการสกัด (ppm)	% การสกัด
เปลือกไข่	0.05	0.031	100.00
	0.10	0.007	100.00
	0.15	0.009	100.00
	0.20	0.004	100.00
	0.25	0.007	100.00
	0.30	0.006	100.00

ชนิดของวัสดุดูดซับ	น้ำหนัก (g)	ค่าการสกัด (ppm)	% การสกัด
เปลือกไข่	0.05	0.011	94.36
	0.10	0.009	94.41

ไยมะพร้าว	0.15	0.006	94.47
	0.20	0.006	94.54
	0.25	0.006	94.61
	0.30	0.005	94.63
ถ่าน	0.05	1.716	94.59
	0.10	1.735	94.52
	0.15	1.766	94.41
	0.20	1.802	94.29
	0.25	1.743	94.50
	0.30	1.718	94.59
เปลือกหอยแครง	0.05	1.781	100.00
	0.10	1.768	100.00
	0.15	1.750	100.00
	0.20	1.730	100.00
	0.25	1.771	100.00
	0.30	1.705	100.00



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่าการสกัดโลหะตะกั่ว (Pb) ของวัสดุทดสอบที่มีน้ำหนักเริ่มต้นของสารทดสอบต่างกัน

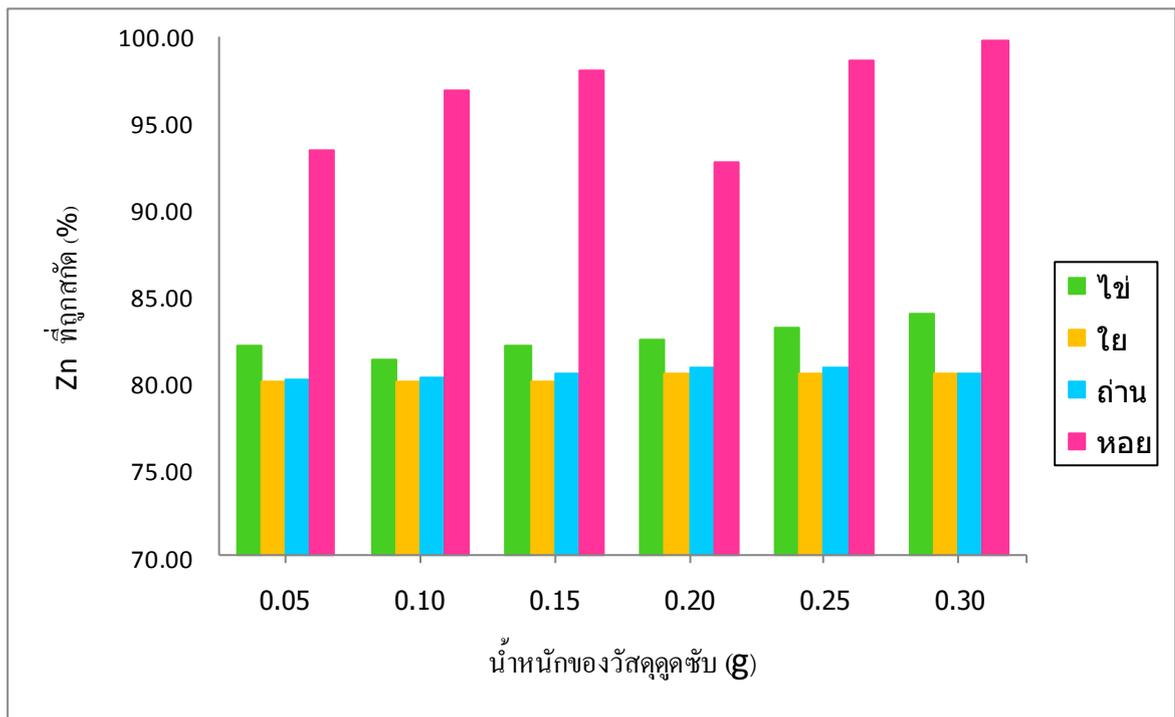
จากรูปที่ 4.1 แสดงถึงปริมาณของตะกั่วในวัสดุทดสอบ พบว่าค่าการดูดซับโลหะตะกั่วโดยใช้วัสดุทดสอบที่เป็นเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงมีค่าการดูดซับมากที่สุดคือ 100 % รองลงมาพบในถ่านและใยมะพร้าวคือ 94 – 95 % ในทุกช่วงน้ำหนักของวัสดุทดสอบ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการสกัดโลหะสังกะสี (Zn) ของวัสดุทดสอบทั้ง 4 ชนิด โดยมีน้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุทดสอบต่างกัน

ชนิดของวัสดุทดสอบ	น้ำหนัก (g)	ค่าการสกัด (ppm)	% การสกัด
เปลือกไข่	0.05	1.326	100.00
	0.10	1.376	100.00
	0.15	1.321	100.00
	0.20	1.306	100.00
	0.25	1.259	100.00
	0.30	1.213	100.00
โยมะพร้าว	0.05	1.449	94.36
	0.10	1.454	94.41
	0.15	1.455	94.47
	0.20	1.422	94.54
	0.25	1.426	94.61
	0.30	1.424	94.63
ถ่าน	0.05	1.444	94.59
	0.10	1.439	94.52
	0.15	1.423	94.41
	0.20	1.399	94.29
	0.25	1.402	94.50

ถ่าน	0.30	1.425	94.59
	0.05	0.628	100.00
	0.10	0.417	100.00

เปลือกหอยแครง	0.15	0.343	100.00
	0.20	0.668	100.00
	0.25	0.312	100.00
	0.30	0.240	100.00



จากรูปที่ 4.2 แสดงถึงปริมาณของสังกะสีในวัสดุดูดซับ พบว่าค่าการดูดซับโลหะสังกะสีโดยใช้วัสดุดูดซับที่เป็นเปลือกหอยแครงมีค่าการสกัดมากที่สุดคือ 92.82 – 99.77% รองลงมาค่าการดูดซับในเปลือกไข่ คือ 81.33 – 83.97 % , ถ่าน มีค่าการดูดซับ 80.22 – 80.95 % , ไยมะพร้าว มีค่าการดูดซับ 80.07 – 80.58 % ในทุกช่วงน้ำหนักของวัสดุดูดซับ

#### 4.2 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนัก

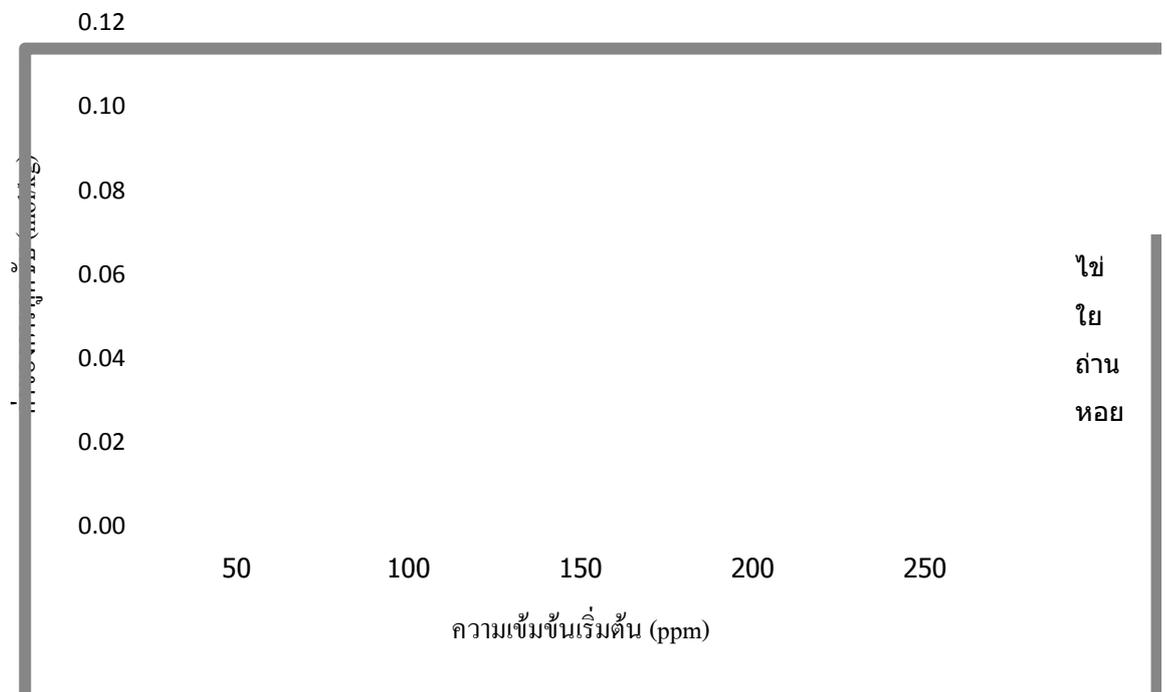
การทดลองนี้ใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนัก ตะกั่วและสังกะสี ดังนี้ คือ 50, 100, 150, 200, 250 ppm ตามลำดับ ใน 0.01 M HNO<sub>3</sub> ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการสกัดโลหะตะกั่ว (Pb) ของวัสดุดูดซับโดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะตะกั่วต่างกัน

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	50	0.016	0.1206
	100	0.012	0.1205
	150	0.016	0.1207
	200	0.015	0.1208
	250	0.015	0.1204
ใยมะพร้าว	50	0.007	0.1179
	100	0.009	0.1166
	150	0.008	0.1167
	200	0.016	0.1137
	250	0.024	0.1152

ชนิดของวัสดุดูดซับ	(ppm)	..... (ppm)	(mol/kg)
ถ่าน	50	1.439	0.1173
	100	1.668	0.1163
	150	1.733	0.1161
	200	1.763	0.1135
	250	1.812	0.1153
	50	0.986	0.1206
	100	1.586	0.1205

เปลือยกหอยแครง	150	1.677	0.1207
	200	1.722	0.1208
	250	1.827	0.1204



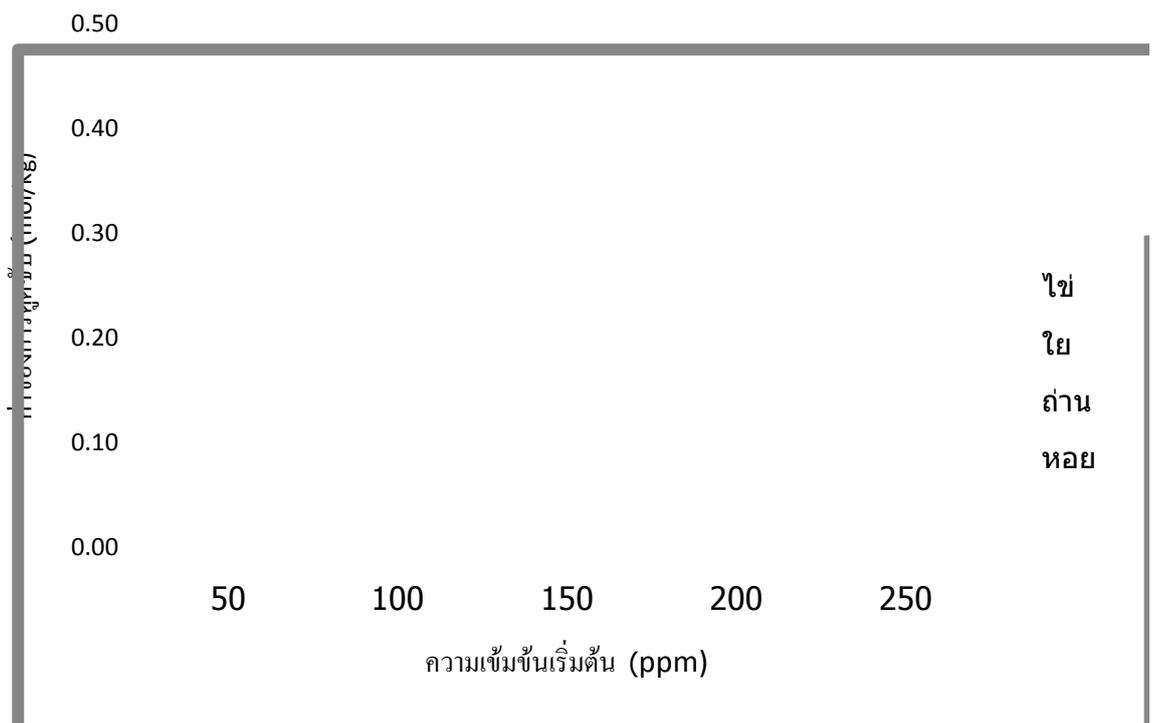
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าการสกัดของโลหะตะกั่ว (Pb) ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน

จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงค่าการดูดซับของตะกั่วในวัสดุดูดซับ พบว่าค่าการดูดซับโลหะตะกั่วของวัสดุดูดซับที่เป็นเปลือกหอยแครงและถ่านมีค่ามากที่สุด คือ 0.12 mol/kg รองลงมาพบในเปลือกไข่และใยมะพร้าว คือ 0.11 mol/kg

**ตารางที่ 4.4** แสดงค่าการสกัดโลหะสังกะสี (Zn) ของวัสดุดูดซับโดยมีความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะสังกะสีต่างกัน

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	50	0.546	0.0593
	100	0.538	0.1397
	150	1.088	0.2259
	200	1.265	0.3148
	250	1.564	0.3997
ใยมะพร้าว	50	1.159	0.0429
	100	1.278	0.1291
	150	0.030	0.2207
	200	0.066	0.3077
	250	0.293	0.3947
ถ่าน	50	0	0
	100	0	0
	150	0.005	0.2193
	200	0.066	0.3091
	250	0.293	0.3932
ชนิดของวัสดุดูดซับ	ความเข้มข้นเริ่มต้น (ppm)	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
	50	0	0

เปลือกหอยแครง	100	0	0
	150	0	0
	200	0	0
	250	0	0



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าการสกัดของโลหะสังกะสี (Zn) ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้นต่างกัน

จากรูปที่ 4.4 ค่าการดูดซับของสังกะสีในวัสดุดูดซับ จะเห็นได้ว่าถ้าความเข้มข้นของสารเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการดูดซับของวัสดุดูดซับก็จะเพิ่มมากขึ้นตาม (แปรผันตรง)

#### 4.3 ผลของค่า pH เริ่มต้นที่มีผลต่อการสกัดโลหะหนัก

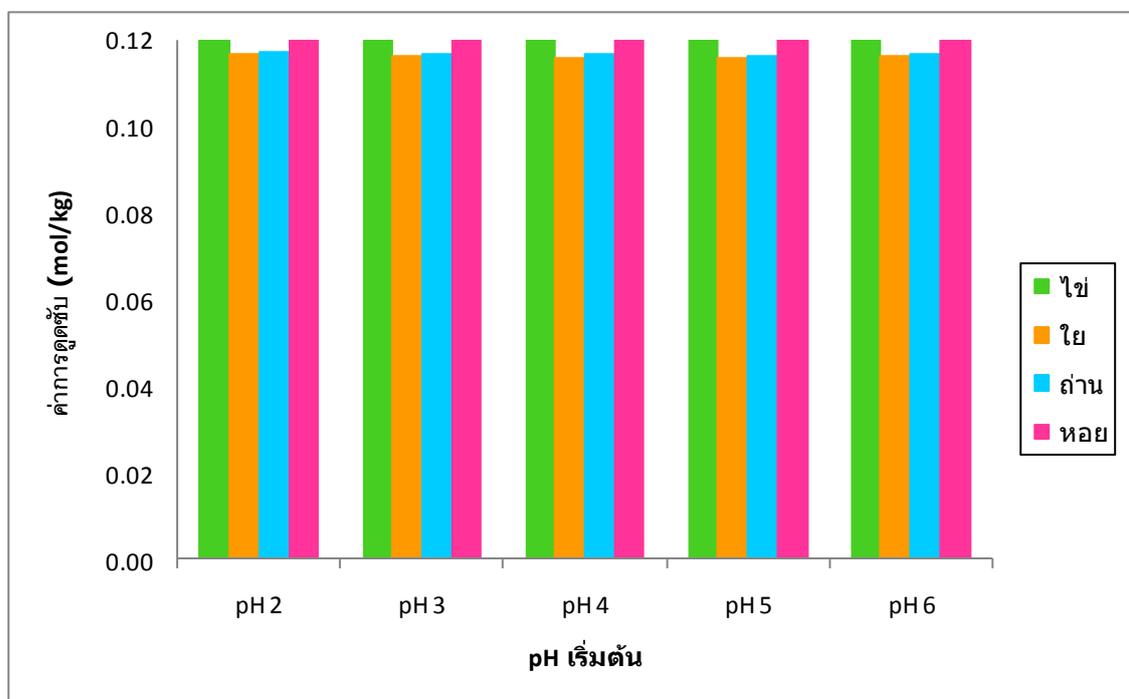
โดยการทดลองใช้ pH เริ่มต้น 2-6 ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการสกัดโลหะตะกั่ว (Pb) ของวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด โดยใช้ pH เริ่มต้นต่างกัน

ชนิดของวัสดุดูดซับ	pH เริ่มต้น	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	2	0.102	0.1208
	3	0.102	0.1205
	4	0.202	0.1204
	5	0.211	0.1201
	6	0.198	0.1206
ใยมะพร้าว	2	1.173	0.1167
	3	1.164	0.1163
	4	1.169	0.1162
	5	1.201	0.1159
	6	1.199	0.1163
	2	1.019	0.1172
	3	1.027	0.1170

ถ่าน	4	1.029	0.1168
	5	1.038	0.1166
	6	1.030	0.1171

ชนิดของวัสดุดูดซับ	pH เริ่มต้น	(ppm)	(mol/kg)
เปลือกหอยแครง	2	0.111	0.1208
	3	0.130	0.1205
	4	0.135	0.1204
	5	0.138	0.1202
	6	0.140	0.1207



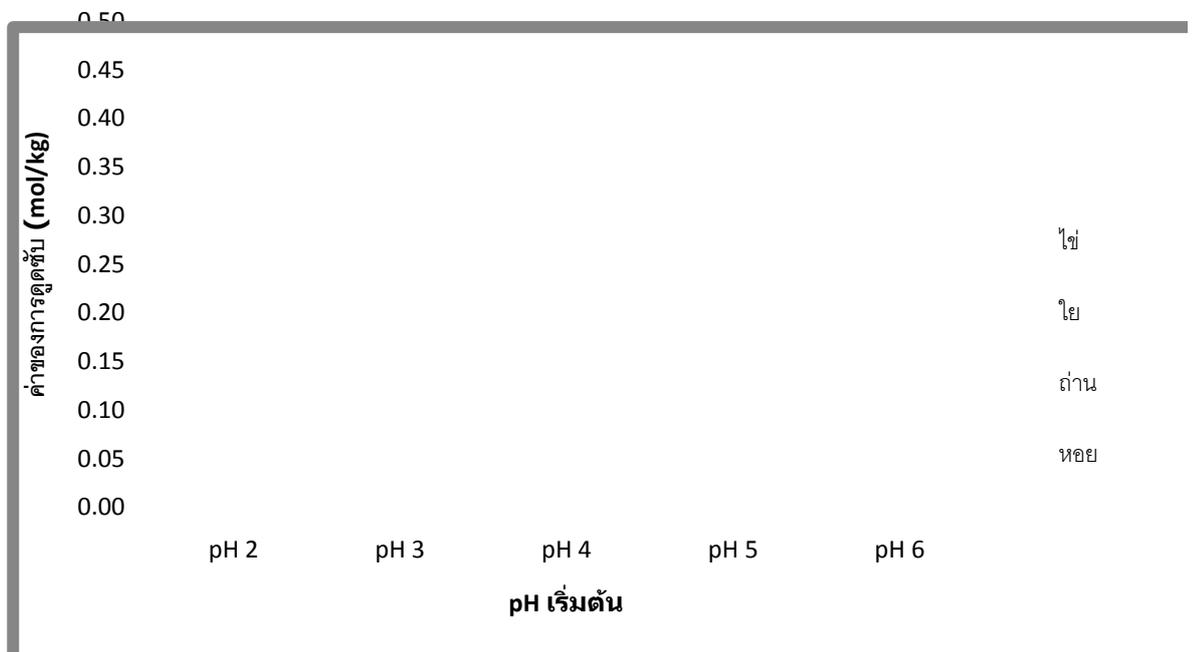
จากรูปที่ 4.5 แสดงถึงค่าการสกัดโลหะตะกั่วในวัสดุดูดซับ พบว่าปริมาณค่าการดูดซับโลหะตะกั่ว โดยใช้วัสดุดูดซับที่เป็นเปลือกหอยแครงและเปลือกไข่ มีค่าการดูดซับมากที่สุด คือ 0.12 mol/kg รองลงมาพบในถ่านและใยมะพร้าว คือ 0.11 mol/kg

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการสกัดโลหะสังกะสี (Zn) ของวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด โดยใช้ pH เริ่มต้นต่างกัน

ชนิดของวัสดุดูดซับ	pH เริ่มต้น	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	2	0.102	0.3788
	3	0.102	0.3786
	4	0.202	0.3752
	5	0.211	0.3778
	6	0.198	0.3814
ใยมะพร้าว	2	1.173	0.3067
	3	1.164	0.3178
	4	1.169	0.3172
	5	1.201	0.3171
	6	1.199	0.3157
ถ่าน	2	1.019	0.3081
	3	1.027	0.3302
	4	1.029	0.3231
	5	1.038	0.3266
	6	1.030	0.3221

ชนิดของวัสดุดูดซับ	pH เริ่มต้น		(mol/kg)
--------------------	-------------	--	----------

เปลือกหอยแครง	2	0.111	0.3807
	3	0.130	0.3816
	4	0.135	0.3820
	5	0.138	0.3818
	6	0.140	0.3824



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าการสกัดโลหะสังกะสี ที่ pH เริ่มต้นต่างกัน

จากรูปที่ 4.6 แสดงถึงค่าการสกัดโลหะสังกะสีของวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด พบว่าปริมาณค่าการสกัดโลหะสังกะสีโดยใช้วัสดุดูดซับที่เป็นเปลือกหอยแครงมีค่ามากที่สุด คือ 0.38 mol/kg รองลงมาพบในเปลือกไข่ คือ 0.37 mol/kg , ในถ่าน คือ 0.32 mol/kg , ในใยมะพร้าว คือ 0.31 mol/kg

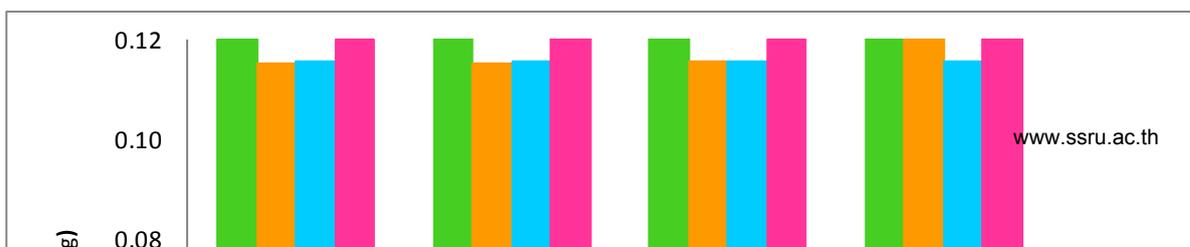
#### 4.4 ผลของไอออนอื่นๆ ที่มีต่อการดูดซับโลหะหนัก

ไอออนที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่  $\text{NaNO}_3$  ,  $\text{NaCl}$  ,  $\text{CaNO}_3$  ,  $\text{KNO}_3$  โดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะแต่ละชนิด 200 ppm ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการสกัดโลหะตะกั่ว (Pb) ของวัสดุดูดซับ ในภาวะที่มีไอออนอื่นๆ อยู่ด้วย

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ชนิดของไอออน	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	NaNO <sub>3</sub>	0.026	0.1203
	NaCl	0.024	0.1207
	CaNO <sub>3</sub>	0.157	0.1207
	KNO <sub>3</sub>	0.018	0.1207
ใยมะพร้าว	NaNO <sub>3</sub>	1.323	0.1155
	NaCl	1.346	0.1154
	CaNO <sub>3</sub>	1.303	0.1158
	KNO <sub>3</sub>	0.146	0.1207
ถ่าน	NaNO <sub>3</sub>	1.339	0.1156
	NaCl	1.33	0.1156
	CaNO <sub>3</sub>	1.303	0.1157
	KNO <sub>3</sub>	1.323	0.1159

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ชนิดของไอออน	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกหอยแครง	NaNO <sub>3</sub>	0.041	0.1203
	NaCl	0.016	0.1207
	CaNO <sub>3</sub>	0.007	0.1202
	KNO <sub>3</sub>	0.013	0.1207

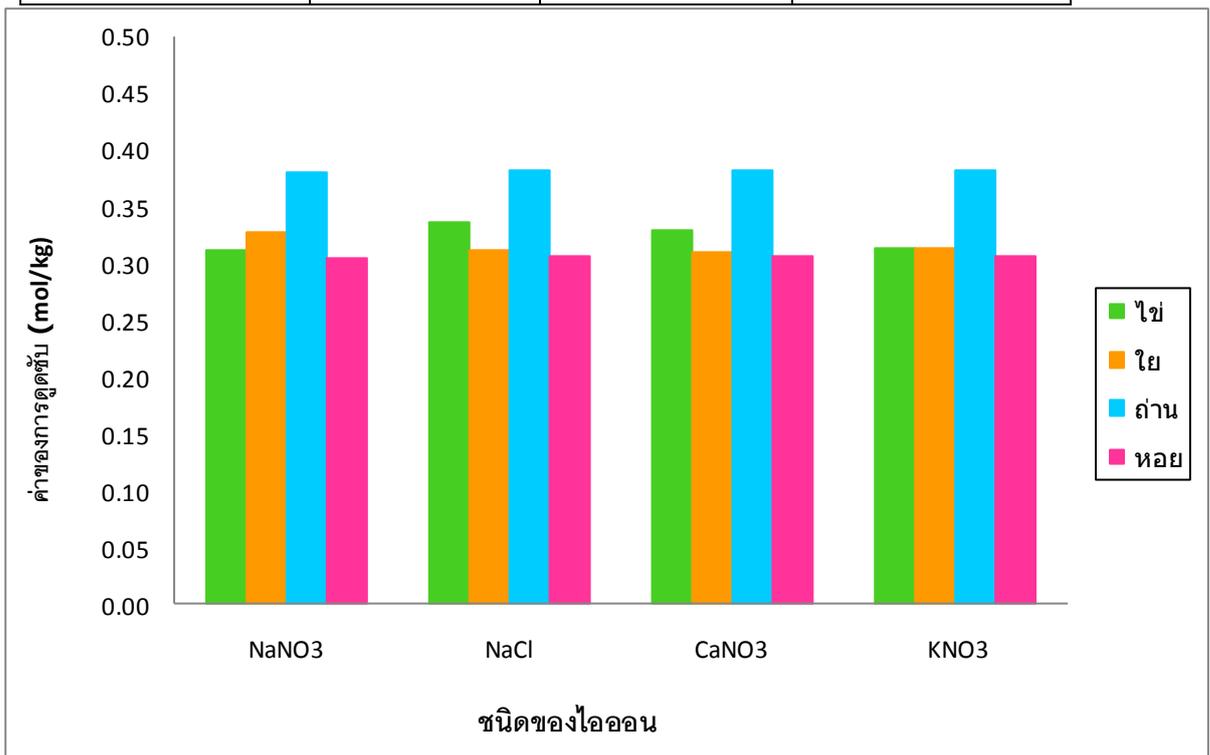


รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่าการดูดซับของโลหะตะกั่ว โดยมีไอออนชนิดอื่น อยู่ด้วย

จากรูปที่ 4.7 แสดงถึงค่าการสกัดโลหะตะกั่วของวัสดุดูดซับในภาวะที่มีไอออนอื่นอยู่ด้วย พบว่าค่าการดูดซับของโลหะตะกั่วของเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงมีค่ามากที่สุดในทุกภาวะที่มีไอออนอื่นๆ มีค่า 0.12 mol/kg รองลงมาเป็นใยมะพร้าวดูดซับได้ดีในโพแทสเซียมไนเตรต มีค่า 0.12 mol/kg ถ่านดูดซับโลหะตะกั่วได้เท่ากันในทุกๆ ภาวะที่มีไอออนอื่น มีค่า 0.11 mol/kg ตารางที่ 4.8 แสดงค่าการสกัดโลหะสังกะสี (Zn) ของวัสดุดูดซับ ในภาวะที่มีไอออนอื่นๆ อยู่ด้วย

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ชนิดของไอออน	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	NaNO <sub>3</sub>	0.026	0.3120
	NaCl	0.024	0.3362
	CaNO <sub>3</sub>	0.157	0.3302
	KNO <sub>3</sub>	0.018	0.3141
ใยมะพร้าว	NaNO <sub>3</sub>	1.323	0.3281
	NaCl	1.346	0.3127
	CaNO <sub>3</sub>	1.303	0.3099

	$\text{KNO}_3$	0.146	0.3134
ถ่าน	$\text{NaNO}_3$	1.339	0.3807
	$\text{NaCl}$	1.33	0.3816
	$\text{CaNO}_3$	1.303	0.3820
	$\text{KNO}_3$	1.323	0.3818
เปลือกหอยแครง	$\text{NaNO}_3$	0.041	0.3052
	$\text{NaCl}$	0.016	0.3072
	$\text{CaNO}_3$	0.007	0.3071
	$\text{KNO}_3$	0.013	0.3058



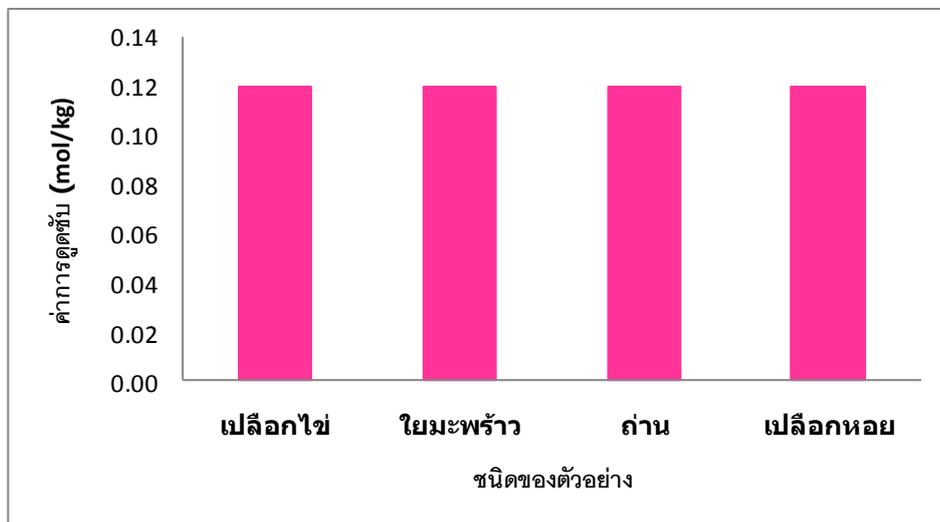
จากรูปที่ 4.8 แสดงถึงค่าการสกัดโลหะสังกะสีของวัสดุดูดซับในภาวะที่มีไอออนอื่นอยู่ด้วย พบว่าค่าการดูดซับโลหะสังกะสีของถ่านมีค่ามากที่สุดในการดูดซับทุกไอออน คือ มีค่า 0.38 mol/kg รองลงมาเปลือกไช้ มีค่า 0.33 mol/kg , ไຍ่มะพร้าว ค่าการดูดซับเป็น 0.31 mol/kg และ ถ่านค่าการดูดซับเป็น 0.30 mol/kg ตามลำดับ

#### 4.5 ผลของความสามารถในการดูดซับโลหะหนักของวัสดุธรรมชาติแบบหยาบ

โดยใช้วัสดุ คือ เปลือกไข่ ไยมะพร้าว ถ่านและเปลือกหอยแครง (ใช้น้ำหนักของวัสดุดูดซับแต่ละชนิด 2 g) ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าการดูดซับโลหะตะกั่ว (Pb) ในวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ค่าการสกัด (ppm)	ค่าการสกัด (mol/kg)
เปลือกไข่	1.375	0.12439
ไยมะพร้าว	1.354	0.12481
ถ่าน	1.379	0.12426
เปลือกหอยแครง	1.381	0.12411

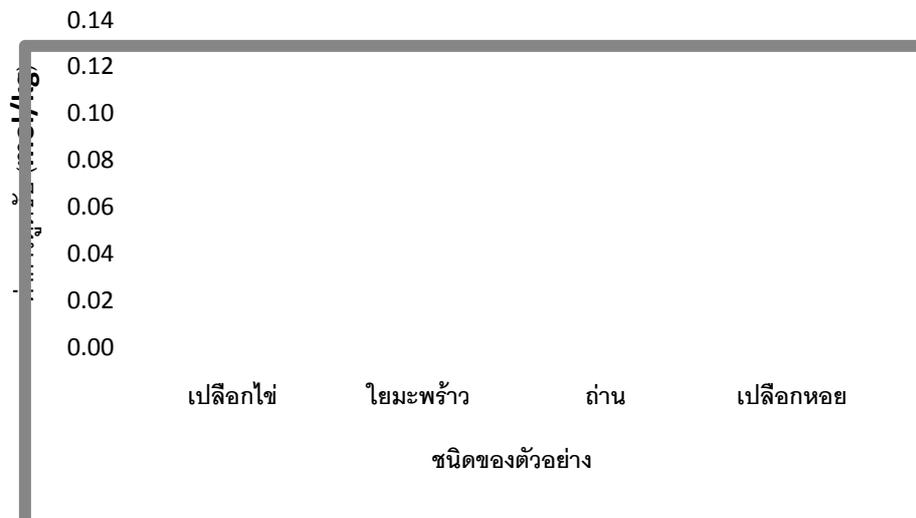


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่าการดูดซับโลหะตะกั่ว (Pb) โดยวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด

จากรูปที่ 4.9 แสดงถึงค่าการดูดซับโลหะตะกั่ว จะพบว่าโลหะตะกั่วจะถูกดูดซับได้ดีในวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด และมีความสามารถในการดูดซับเท่ากันหมดทุกตัว คือ 0.12 mol/kg

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าการดูดซับโลหะสังกะสี (Zn) ในวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด

ชนิดของวัสดุดูดซับ	ค่าการสกัด (mol/kg)	ชนิดของวัสดุดูดซับ
เปลือกไข่	1.375	0.1228
ไยมะพร้าว	1.354	0.1221
ถ่าน	1.379	0.1221
เปลือกหอยแครง	1.381	0.1231



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่าการดูดซับโลหะสังกะสี (Zn) โดยวัสดุดูดซับทั้ง 4 ชนิด

จากรูปที่ 4.10 แสดงถึงค่าการดูดซับโลหะสังกะสี จะพบว่าโลหะสังกะสีจะถูกดูดซับได้ดีในวัสดุดูดซับที่เป็นเปลือกไข่ ไยมะพร้าว ถ่าน เปลือกหอยแครง และมีความสามารถในการดูดซับเท่ากันหมดทุกตัว คือ 0.12 mol/kg