

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- เกศสุชา พูลคำ. 2537. การกำจัดโลหะหนักโดยการใส่เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากชานอ้อยและ ผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการ พิมพ์.
- ขวัญเนตร สบายใจ 2542. การกำจัดโลหะหนักโดยการใส่เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจาก ผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสีข้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรัชศักดิ์ อาจณรงค์ฤทธิ์. 2547. การกำจัดไนเตรดจากน้ำทิ้งที่บำบัดแล้วโดยวิธีการแลกเปลี่ยน ไอออน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นันทนา อธิธิพรโกวิท. 2538. การกำจัดโลหะหนักของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดซัลไฟเอทิล และโครอสต์ลิง-แซนเทดที่ทำจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิริรัชต์ สงวนเดือน. 2545. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากขังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และก้านดอกทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญยฤทธิ์ ปัญญาภิญโญผล. 2543. การกำจัดสีโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดควอร์เทอร์ไนซ์ โครอสต์ลิงค์เซลลูโลส ที่ทำจากขังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และก้านดอกทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พรพิมล ห่อสุวรรณชัย. 2542. การบำบัดโลหะหนักบางชนิดในน้ำเสียชุมชนโดยวิธีหุ้มกรอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการ ระดับบัณฑิตศึกษา คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พีธี กระสินธุ์ศรี. 2539. การกำจัดโลหะหนักโดยการใส่เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดลิกโนเซลลูโล สิกพอร์มัลดีไฮด์ที่ทำจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิต วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ. 2537. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. รายงานผลงานวิจัยทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช. วันวิภา เฝ้าสวรรค์. 2546. การนำชานอ้อยไปใช้ดูดซับตะกั่วแล้วนำไปทำเป็นก้อนแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย.
- สุมาลี สถิตชัยเจริญ และ สุจิน มาลานุสรณ์. 2533. การปรับปรุงพีชเพื่อใช้กำจัดโลหะหนักจากน้ำทิ้งโรงงานชุบโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ศิริพร เฝ้าพงษ์จันทร์. 2544. การพัฒนาวัสดุดูดซับจากเปลือกไข่เพื่อกำจัดโครเมียม(III). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เอกชัย ประสาทมงคล. 2546. การดูดซับโครเมียมด้วยเส้นใยจากเปลือกสับประรด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

#### ภาษาอังกฤษ

- Baker, U.G., Guner, F.S., Dizman, M., and Erciyes, A.T. 1999. Heavy metal removal by ion exchanger based on hydroxyethyl cellulose. Journal of Applied Polymer Science 74: 3501-3506.
- Marnon, E., and Sastre, H. 1991. Heavy metal removal in packed beds using apple waste. Bioresource Technology 38: 39-43.
- Marnon, E., and Sastre, H. 1992. Preconcentration and removal of trace metals from water by apple waste. Bioresource Technology 40: 73-76.
- Marshall, W.E., Wartelle, L.H., Boler, M.M., and Toles, C.A. 1999. Enhanced metal adsorption by soybean hulls modified with citric acid. Bioresource Technology 69: 263-268.
- Marshall, W.E., Wartelle, L.H., Boler, M.M., and Toles, C.A. 2000. Metal ion adsorption by soybean hulls modified with citric acid: A comparative study. Environmental Technology 21: 601-607.
- Nakajima, A., and Sakaguchi, T. 1990. Recovery and Removal of uranium by using plant wastes. Biomass 21: 55-63.

- Omar, B.S., Marline, B.S., and Egila, J.N. 1993. A note on the binding of nickel and copper ions by cellulose materials. Bioresource Technology 43: 63-65.
- Pawan, K., and Dara, S. S. 1982. Utilisation of agricultural waste for decontaminating industrial/domestic wastewater from toxic metals. Agricultural Wastes 4: 213-223.
- Shin, E.W., and Rowell, R.M. 2005. Cadmium ion sorption onto lignocellulosic biosorbent modified by sulfonation: the origin of sorption capacity improvement. Chemosphere 60: 1054-1061.
- Tan, W.T., Ooi, S.T., and Lee, C.K. 1993. Removal of Chromium (VI) from solution by coconut husk and palm pressed fibers. Environmental Technology 14: 227-282.
- Vaughan, T., Seo, C.W., and Marshall, W.E. 2001. Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. Bioresource Technology 78: 133-139.
- Wing, R.E. 1996. Corn fiber citrate: preparation and ion-exchange properties. Industrial crops and Products 5: 301-305.
- Wong, K.K., Lee, C.K., Low, K.S., and Haron, M.J. 2003. Removal of Cu and Pb by Tartaric acid modified rice husk from aqueous solutions. Chemosphere 50: 23-28.
- Yin, P., Yu, Q., Lin, Z., and Kaewsarn, P. 2001. Biosorption and desorption of cadmium (II) by biomass of *Luminaria Japonica*. Environmental Technology 22: 509-514.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก.

## มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plasma : ICP
2. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
6. แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
7. ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิก (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
12. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Technique

แหล่งที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง  
กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและ  
นิคมอุตสาหกรรม ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13ง  
ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ภาคผนวก ข.

## ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกถั่วเหลืองที่ใช้ในการวิจัย

แบบ วส. ๓



ที่ กท 0307/13199

ถึง สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย  
196 ถ.พหลโยธิน เขตจตุจักร กทม. 10900กรมวิทยาศาสตร์บริการขอส่งรายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ วัตถุประสงค์อย่าง ตาม คำร้อง  
ลงวันที่ 29 มิถุนายน 2548 เลขรับ 4620 วันที่ 29 มิถุนายน 2548

ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์ฯ ได้รับเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2548

กรมวิทยาศาสตร์บริการ ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โครงการทีลิสต์และวิศวกรรม  
โทร.0 2201 7123

## รายงานการตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ

ชื่อวัตถุประสงค์อย่าง	เครื่องหมาย	หมายเลข	ร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง	
ตามผู้ส่งเรียก	ที่ระบุตัวอย่าง	ปฏิบัติการ		
เปลือกถั่วเหลือง	-	YB.130	ปริมาณเถ้า	4.7
			การละลายแอลกอฮอล์และเบนซิน	5.5
			การละลายในสารละลายโซเดียม	44.7
			ไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1	
			ลิกนิน	1.4
			ไฮโดรเซลลูโลส	69.5
			อัลฟาเซลลูโลส	61.4
			เบต้าเซลลูโลส	3.0
			แกมมาเซลลูโลส	5.1
			เพนโตซาน	20.2

ผู้รับรอง

(นายจรรยา ธงไชย)  
นักวิทยาศาสตร์ 8ว

ผู้รายงาน

(นายยุทธนาพงศ์ แดงเพ็ง)  
นักวิทยาศาสตร์ 8ว

ห้ามคัดถ่ายใบรับรองหรือรายงานผลแต่เพียงบางส่วน โดยไม่ได้รับอนุญาตจากห้องปฏิบัติการเป็นลายลักษณ์อักษร

รายงานนี้ : - รับรองเฉพาะวัตถุประสงค์อย่างที่ตรวจ วิเคราะห์ ทดสอบ เท่านั้น  
- ไม่รับรองวัตถุประสงค์หรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง

ภาคผนวก ค. ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักเมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมที่แตกต่างกัน(ก่อนการปรับสภาพทางเคมี)  
 ตารางที่ ค-1 ประสิทธิภาพการกำจัดแคดเมียม โดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ: Ce (ppm)															
	กรดซัลฟริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟริก			โซเดียมซัลไฟด์						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3				
1	0.140	0.096	0.088	0.075	0.062	0.084	97.20	98.08	98.24	97.84	0.56	98.50	98.76	98.32	98.53	0.22
2	0.131	0.115	0.102	0.132	0.104	0.087	97.38	97.70	97.96	97.68	0.29	97.36	97.92	98.26	97.85	0.45
3	0.112	0.087	0.083	0.105	0.092	0.086	97.76	98.26	98.34	98.12	0.31	97.90	98.16	98.28	98.11	0.19
4	0.355	0.413	0.433	0.477	0.358	0.394	92.90	91.74	91.34	91.99	0.81	90.46	92.84	92.12	91.81	1.22
5	0.297	0.356	0.312	0.204	0.125	0.098	94.06	92.88	93.76	93.57	0.61	95.92	97.50	98.04	97.15	1.10
6	0.233	0.233	0.226	0.256	0.312	0.214	95.34	95.34	95.48	95.39	0.08	94.88	93.76	95.72	94.79	0.98
7	0.459	0.346	0.367	0.415	0.398	0.354	90.82	93.08	92.66	92.19	1.20	91.70	92.04	92.92	92.22	0.63
8	0.248	0.188	0.202	0.257	0.312	0.284	95.04	96.24	95.96	95.75	0.63	94.86	93.76	94.32	94.31	0.55
9	0.192	0.155	0.172	0.213	0.205	0.198	96.16	96.90	96.56	96.54	0.37	95.74	95.90	96.04	95.89	0.15
10	1.256	1.346	1.204	1.364	1.461	1.561	74.88	73.08	75.92	74.63	1.44	72.72	70.78	68.78	70.76	1.97
11	1.236	1.360	1.350	1.207	1.320	1.206	75.28	72.80	73.00	73.69	1.38	75.86	73.60	75.88	75.11	1.31
12	1.350	1.269	1.308	1.206	1.299	1.366	73.00	74.62	73.84	73.82	0.81	75.88	74.02	72.68	74.19	1.61

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ค-2 ประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียม โดยใช้เรซินเปลี่ยนไอออนที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)									ประสิทธิภาพการกำจัด (%)									
	กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย
1	0.724	0.655	0.612	0.243	0.413	0.297	85.52	86.90	87.76	86.73	1.13	95.14	91.74	94.06	93.65	1.74			
2	0.682	0.664	0.781	0.253	0.543	0.354	86.36	86.72	84.38	85.82	1.26	94.94	89.14	92.92	92.33	2.94			
3	0.628	0.597	0.842	0.261	0.289	0.347	87.44	88.06	83.16	86.22	2.67	94.78	94.22	93.06	94.02	0.88			
4	0.799	0.858	0.746	0.341	0.421	0.456	84.02	82.84	85.08	83.98	1.12	93.18	91.58	90.88	91.88	1.18			
5	0.732	0.826	0.784	0.777	0.846	0.924	85.36	83.48	84.32	84.39	0.94	84.46	83.08	81.52	83.02	1.47			
6	0.729	0.624	0.846	0.271	0.341	0.208	85.42	87.52	83.08	85.34	2.22	94.58	93.18	95.84	94.53	1.33			
7	0.808	0.855	0.763	0.266	0.348	0.294	83.84	82.90	84.74	83.83	0.92	94.68	93.04	94.12	93.95	0.83			
8	0.257	0.654	0.581	0.223	0.354	0.226	94.86	86.92	88.38	90.05	4.23	95.54	92.92	95.48	94.65	1.50			
9	0.234	0.246	0.394	0.229	0.236	0.348	95.32	95.08	92.12	94.17	1.78	95.42	95.28	93.04	94.58	1.34			
10	1.900	1.876	2.418	2.316	2.654	2.015	62.00	62.48	51.64	58.71	6.12	53.68	46.92	59.70	53.43	6.39			
11	1.780	1.967	2.684	1.964	1.954	1.726	64.40	60.66	46.32	57.13	9.54	60.72	60.92	65.48	62.37	2.69			
12	2.460	3.005	2.658	2.364	2.964	2.008	50.80	39.90	46.84	45.85	5.52	52.72	40.72	59.84	51.09	9.66			

\* นำหนักเปลี่ยนไอออน 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตรทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร



ตารางที่ ค-3 ประสิทธิภาพการกำจัดนิเกิลโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)												
	กรดซัลฟูริก			กรดซัลฟูริก						โซเดียมซัลไฟด์						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.407	0.561	0.384	0.304	0.294	0.346	91.86	88.78	92.32	90.99	1.92	93.92	94.12	93.08	93.71	0.55
2	0.405	0.465	0.491	0.309	0.322	0.314	91.90	90.70	90.18	90.93	0.88	93.82	93.56	93.72	93.70	0.13
3	0.276	0.354	0.268	0.286	0.309	0.368	94.48	92.92	94.64	94.01	0.95	94.28	93.82	92.64	93.58	0.85
4	0.704	0.821	0.791	0.703	0.846	0.764	85.92	83.58	84.18	84.56	1.22	85.94	83.08	84.72	84.58	1.44
5	0.749	0.651	0.792	0.712	0.741	0.696	85.02	86.98	84.16	85.39	1.45	85.76	85.18	86.08	85.67	0.46
6	0.608	0.703	0.651	0.629	0.561	0.668	87.84	85.94	86.98	86.92	0.95	87.42	88.78	86.64	87.61	1.08
7	1.020	0.953	0.844	1.010	0.864	0.889	79.60	80.94	83.12	81.22	1.78	79.80	82.72	82.22	81.58	1.56
8	0.815	0.864	0.962	0.839	0.766	0.894	83.70	82.72	80.76	82.39	1.50	83.22	84.68	82.12	83.34	1.28
9	0.678	0.894	0.714	0.773	0.776	0.782	86.44	82.12	85.72	84.76	2.31	84.54	84.48	84.36	84.46	0.09
10	3.470	3.245	2.984	3.216	3.056	3.045	30.60	35.10	40.32	35.34	4.86	35.68	38.88	39.10	37.89	1.91
11	3.390	3.425	3.025	3.245	3.024	3.094	32.20	31.50	39.50	34.40	4.43	35.10	39.52	38.12	37.58	2.26
12	3.400	3.460	3.561	3.228	3.246	3.024	32.00	30.80	28.78	30.53	1.63	35.44	35.08	39.52	36.68	2.47

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ค-4 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปฏิบัติภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)												ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						
	กรดซัลฟริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟริก			โซเดียมซัลไฟด์			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	S.D.	ค่าเฉลี่ย	rep-1	rep-2	rep-3	S.D.	ค่าเฉลี่ย
1	0.122	0.105	0.120	0.089	0.056	0.104	97.56	97.90	97.60	97.69	0.19	98.22	98.88	97.92	98.34	0.49			
2	0.321	0.405	0.356	0.123	0.084	0.095	93.58	91.90	92.88	92.79	0.84	97.54	98.32	98.10	97.99	0.40			
3	0.324	0.306	0.384	0.094	0.105	0.098	93.52	93.88	92.32	93.24	0.82	98.12	97.90	98.04	98.02	0.11			
4	0.350	0.364	0.320	0.096	0.094	0.100	93.00	92.72	93.60	93.11	0.45	98.08	98.12	98.00	98.07	0.06			
5	0.230	0.310	0.254	0.112	0.125	0.098	95.40	93.80	94.92	94.71	0.82	97.76	97.50	98.04	97.77	0.27			
6	0.234	0.236	0.338	0.126	0.112	0.140	95.32	95.28	93.24	94.61	1.19	97.48	97.76	97.20	97.48	0.28			
7	0.325	0.330	0.367	0.125	0.158	0.126	93.50	93.40	92.66	93.19	0.46	97.50	96.84	97.48	97.27	0.38			
8	0.574	0.563	0.624	0.114	0.128	0.087	88.52	88.74	87.52	88.26	0.65	97.72	97.44	98.26	97.81	0.42			
9	0.652	0.697	0.642	0.168	0.124	0.164	86.96	86.06	87.16	86.73	0.59	96.64	97.52	96.72	96.96	0.49			
10	2.632	2.348	2.194	2.653	2.364	2.489	47.36	53.04	56.12	52.17	4.44	46.94	52.72	50.22	49.96	2.90			
11	2.470	2.521	2.364	2.664	2.640	2.460	50.60	49.58	52.72	50.97	1.60	46.72	47.20	50.80	48.24	2.23			
12	2.890	2.982	2.346	2.954	2.946	2.840	42.20	40.36	53.08	45.21	6.87	40.92	41.08	43.20	41.73	1.27			

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเตียโลหะหนัก 100 มิลลิกรัม ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ภาคผนวก ง. ความสามารถในการกำจัดไอออนของโลหะหนักเมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมที่แตกต่างกัน(ก่อนการปรับสภาพทางเคมี)  
 ตารางที่ ง-1 ความสามารถในการกำจัดไอออนของแคดเมียมโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)									ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)									
	การดูดซับ			โซเดียมซัลไฟด์			การดูดซับ			การดูดซับ			โซเดียมซัลไฟด์			การดูดซับ			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	S.D.
1	0.140	0.096	0.088	0.075	0.062	0.084	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
2	0.131	0.115	0.102	0.132	0.104	0.087	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
3	0.112	0.087	0.083	0.105	0.092	0.086	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
4	0.355	0.413	0.433	0.477	0.358	0.394	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.01
5	0.297	0.356	0.312	0.204	0.125	0.098	0.47	0.46	0.47	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	0.49	0.49	0.01
6	0.233	0.233	0.226	0.256	0.312	0.214	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.48	0.47	0.00
7	0.459	0.346	0.367	0.415	0.398	0.354	0.45	0.47	0.46	0.45	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.00
8	0.248	0.188	0.202	0.257	0.312	0.284	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
9	0.192	0.155	0.172	0.213	0.205	0.198	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
10	1.256	1.346	1.204	1.364	1.461	1.561	0.37	0.37	0.38	0.37	0.38	0.37	0.37	0.37	0.36	0.35	0.34	0.35	0.01
11	1.236	1.360	1.350	1.207	1.320	1.206	0.38	0.36	0.37	0.38	0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.37	0.38	0.38	0.01
12	1.350	1.269	1.308	1.206	1.299	1.366	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.38	0.37	0.36	0.37	0.01

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณน้ำเสียโลหะหนักที่ใช้ 100 มิลลิตร

ตารางที่ ง-2 ความสามารถในการกำจัดไอออนของโครเมียมโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่หือ; Ce (ppm)									ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)										
	กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	S.D.	
1	0.724	0.655	0.612	0.243	0.413	0.297	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.44	0.43	0.43	0.43	0.48	0.46	0.47	0.47	0.01
2	0.682	0.664	0.781	0.253	0.543	0.354	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.47	0.47	0.45	0.46	0.46	0.01
3	0.628	0.597	0.842	0.261	0.289	0.347	0.44	0.44	0.44	0.44	0.42	0.44	0.43	0.43	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
4	0.799	0.858	0.746	0.341	0.421	0.456	0.42	0.41	0.43	0.42	0.43	0.42	0.42	0.42	0.47	0.47	0.46	0.45	0.46	0.01
5	0.732	0.826	0.784	0.777	0.846	0.924	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.41	0.42	0.01
6	0.729	0.624	0.846	0.271	0.341	0.208	0.43	0.44	0.42	0.43	0.42	0.43	0.42	0.43	0.47	0.47	0.47	0.48	0.47	0.01
7	0.808	0.855	0.763	0.266	0.348	0.294	0.42	0.41	0.42	0.42	0.42	0.41	0.42	0.42	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
8	0.257	0.654	0.581	0.223	0.354	0.226	0.47	0.43	0.44	0.44	0.44	0.43	0.45	0.45	0.48	0.48	0.46	0.48	0.47	0.01
9	0.234	0.246	0.394	0.229	0.236	0.348	0.48	0.48	0.46	0.46	0.46	0.48	0.47	0.47	0.48	0.48	0.48	0.47	0.47	0.01
10	1.900	1.876	2.418	2.316	2.654	2.015	0.31	0.31	0.31	0.31	0.26	0.31	0.29	0.29	0.27	0.27	0.23	0.30	0.27	0.03
11	1.780	1.967	2.684	1.964	1.954	1.726	0.32	0.30	0.23	0.23	0.23	0.30	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.33	0.31	0.01
12	2.460	3.005	2.658	2.364	2.964	2.008	0.25	0.20	0.23	0.23	0.23	0.20	0.23	0.23	0.26	0.20	0.20	0.30	0.26	0.05

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณน้ำเสียโลหะหนักที่ใช้ 100 มิลลิตร

ตารางที่ ง-3 ความสามารถในการกำจัดไอออนของนิกเกิลโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

ชนิดเรซิน	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)										
	การดูดซับ			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซिटริก			โซเดียมซัลไฟด์				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.407	0.561	0.384	0.304	0.294	0.346	0.46	0.44	0.46	0.47	0.47	0.47	0.47	0.01
2	0.405	0.465	0.491	0.309	0.322	0.314	0.46	0.45	0.45	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
3	0.276	0.354	0.268	0.286	0.309	0.368	0.47	0.46	0.47	0.47	0.47	0.46	0.47	0.00
4	0.704	0.821	0.791	0.703	0.846	0.764	0.43	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.01
5	0.749	0.651	0.792	0.712	0.741	0.696	0.43	0.43	0.42	0.43	0.43	0.43	0.43	0.01
6	0.608	0.703	0.651	0.629	0.561	0.668	0.44	0.43	0.43	0.43	0.43	0.44	0.43	0.00
7	1.020	0.953	0.844	1.010	0.864	0.889	0.40	0.40	0.42	0.42	0.41	0.41	0.41	0.01
8	0.815	0.864	0.962	0.839	0.766	0.894	0.42	0.41	0.40	0.41	0.41	0.42	0.42	0.01
9	0.678	0.894	0.714	0.773	0.776	0.782	0.43	0.41	0.43	0.43	0.42	0.42	0.42	0.01
10	3.470	3.245	2.984	3.216	3.056	3.045	0.15	0.18	0.20	0.18	0.18	0.19	0.19	0.02
11	3.390	3.425	3.025	3.245	3.024	3.094	0.16	0.16	0.20	0.17	0.20	0.19	0.19	0.02
12	3.400	3.460	3.561	3.228	3.246	3.024	0.16	0.15	0.14	0.15	0.18	0.20	0.18	0.01

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณน้ำเสียโลหะหนักที่ใช้ 100 มิลลิตร

ตารางที่ ง-4 ความสามารถในการกำจัดไอออนของตะกั่วโดยใช้เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ผ่านวิธีการเตรียมที่แตกต่างกัน

วิธีปรับสภาพ	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)									ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)								
	กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์			กรดซัลฟูริก			โซเดียมซัลไฟด์								
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.				
1	0.122	0.105	0.120	0.089	0.056	0.104	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00				
2	0.321	0.405	0.356	0.123	0.084	0.095	0.47	0.46	0.46	0.46	0.49	0.49	0.49	0.00				
3	0.324	0.306	0.384	0.094	0.105	0.098	0.47	0.47	0.46	0.47	0.47	0.49	0.49	0.00				
4	0.350	0.364	0.320	0.096	0.094	0.100	0.47	0.46	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	0.00				
5	0.230	0.310	0.254	0.112	0.125	0.098	0.48	0.47	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	0.00				
6	0.234	0.236	0.338	0.126	0.112	0.140	0.48	0.48	0.47	0.47	0.49	0.49	0.49	0.00				
7	0.325	0.330	0.367	0.125	0.158	0.126	0.47	0.47	0.46	0.47	0.49	0.49	0.49	0.00				
8	0.574	0.563	0.624	0.114	0.128	0.087	0.44	0.44	0.44	0.44	0.49	0.49	0.49	0.00				
9	0.652	0.697	0.642	0.168	0.124	0.164	0.43	0.43	0.44	0.43	0.48	0.49	0.49	0.00				
10	2.632	2.348	2.194	2.653	2.364	2.489	0.24	0.27	0.28	0.26	0.23	0.26	0.25	0.01				
11	2.470	2.521	2.364	2.664	2.640	2.460	0.25	0.25	0.26	0.25	0.23	0.24	0.25	0.01				
12	2.890	2.982	2.346	2.954	2.946	2.840	0.21	0.20	0.27	0.23	0.20	0.21	0.22	0.01				

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ทุกชุดการทดลอง

\* ความเข้มข้นเริ่มต้น 5 มิลลิกรัม/ลิตร, ปริมาณน้ำเสียโลหะหนักที่ใช้ 100 มิลลิตร

ภาคผนวก จ. ผลการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการปรับสภาพเปลือกถั่วเหลืองเป็นเรซินแลกเปลี่ยนไอออนโดยใช้กรดซัลฟิวริก

ตารางที่ จ-1 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30	0.722	0.700	0.726	85.56	86.01	85.49	85.69	0.28	0.43	0.43	0.43	0.43	0.00
60	0.568	0.505	0.503	88.65	89.90	89.95	89.50	0.74	0.44	0.45	0.45	0.45	0.00
90	0.351	0.397	0.355	92.98	92.06	92.90	92.65	0.51	0.46	0.46	0.46	0.46	0.00
120	0.293	0.345	0.326	94.15	93.11	93.47	93.58	0.53	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ จ-2 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30	0.637	0.700	0.713	87.26	86.01	85.75	86.34	0.81	0.44	0.43	0.43	0.43	0.00
60	0.650	0.744	0.764	87.01	85.12	84.72	85.62	1.22	0.44	0.43	0.42	0.43	0.01
90	0.421	0.473	0.460	91.58	90.55	90.80	90.98	0.54	0.46	0.45	0.45	0.45	0.00
120	0.393	0.347	0.365	92.15	93.06	92.70	92.64	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

**ตารางที่ จ-3 ผลการกำจัดนิโคตินเกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่เวลาแตกต่างกัน**

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30	0.721	0.700	0.644	85.58	86.01	87.12	86.24	0.79	0.43	0.43	0.44	0.43	0.00
60	0.345	0.416	0.410	93.10	91.69	91.81	92.20	0.78	0.47	0.46	0.46	0.46	0.00
90	0.391	0.298	0.322	92.19	94.04	93.57	93.27	0.96	0.46	0.47	0.47	0.47	0.00
120	0.180	0.266	0.248	96.41	94.68	95.04	95.38	0.91	0.48	0.47	0.48	0.48	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

**ตารางที่ จ-4 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่เวลาแตกต่างกัน**

เวลา (นาที)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
30	0.513	0.608	0.613	89.74	87.85	87.75	88.45	1.12	0.45	0.44	0.44	0.44	0.01
60	0.416	0.323	0.361	91.68	93.55	92.78	92.67	0.94	0.46	0.47	0.46	0.46	0.00
90	0.211	0.226	0.188	95.79	95.48	96.24	95.84	0.38	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
120	0.196	0.291	0.264	96.08	94.18	94.73	95.00	0.98	0.48	0.47	0.47	0.47	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร



ตารางที่ จ-5 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)				ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)					
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.469	1.538	1.593	70.63	69.25	68.15	69.34	1.24	0.35	0.35	0.34	0.35	0.01
0.3	1.332	1.427	1.421	73.37	71.47	71.58	72.14	1.07	0.37	0.36	0.36	0.36	0.01
0.6	0.779	0.844	0.850	84.42	83.12	83.01	83.52	0.78	0.42	0.42	0.42	0.42	0.00
0.9	0.911	0.871	0.984	81.78	82.58	80.32	81.56	1.15	0.41	0.41	0.40	0.41	0.01
1.2	0.926	1.012	0.961	81.48	79.76	80.79	80.68	0.87	0.41	0.40	0.40	0.40	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ จ-6 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)				ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)					
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	2.204	2.268	2.220	55.92	54.65	55.60	55.39	0.66	0.28	0.27	0.28	0.28	0.00
0.3	1.956	1.864	1.824	60.88	62.73	63.53	62.38	1.36	0.30	0.31	0.32	0.31	0.01
0.6	0.598	0.627	0.583	88.04	87.46	88.35	87.95	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00
0.9	0.678	0.688	0.656	86.44	86.23	86.89	86.52	0.34	0.43	0.43	0.43	0.43	0.00
1.2	0.706	0.765	0.730	85.88	84.71	85.40	85.33	0.59	0.43	0.42	0.43	0.43	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

**ตารางที่ ๑-7 ผลการกำจัดนิเกิลเกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน**

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.757	1.719	1.727	64.87	65.63	65.46	65.32	0.40	0.32	0.33	0.33	0.33	0.00
0.3	1.335	1.350	1.269	73.31	73.01	74.63	73.65	0.86	0.37	0.37	0.37	0.37	0.00
0.6	0.711	0.742	0.699	85.79	85.16	86.03	85.66	0.45	0.43	0.43	0.43	0.43	0.00
0.9	0.689	0.735	0.780	86.22	85.30	84.41	85.31	0.91	0.43	0.43	0.42	0.43	0.00
1.2	0.914	0.970	1.018	81.72	80.59	79.64	80.65	1.04	0.41	0.40	0.40	0.40	0.01

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

**ตารางที่ ๑-8 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน**

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	0.510	0.553	0.513	89.81	88.94	89.75	89.50	0.49	0.45	0.44	0.45	0.45	0.00
0.3	1.581	1.589	1.578	68.38	68.23	68.44	91.55	1.30	0.34	0.34	0.34	0.34	0.00
0.6	0.116	0.155	0.248	97.67	96.90	95.05	96.54	1.35	0.49	0.48	0.48	0.48	0.01
0.9	0.179	0.223	0.148	96.42	95.55	97.05	96.34	0.75	0.48	0.48	0.49	0.48	0.00
1.2	0.201	0.179	0.169	95.98	96.42	96.62	96.34	0.33	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-๑ ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซิดริก ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
60	1.597	1.583	1.640	68.06	68.34	67.21	67.87	0.59	0.34	0.34	0.34	0.34	0.00
80	0.416	0.342	0.388	91.69	93.17	92.25	92.37	0.75	0.46	0.47	0.46	0.46	0.00
100	0.857	0.767	0.829	82.87	84.66	83.42	83.65	0.92	0.41	0.42	0.42	0.42	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-10 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซิดริก ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
60	2.196	2.152	2.202	56.08	56.97	55.97	56.34	0.55	0.28	0.28	0.28	0.28	0.00
80	1.100	1.197	1.176	78.01	76.06	76.48	76.85	1.03	0.39	0.38	0.38	0.38	0.01
100	1.260	1.308	1.274	74.80	73.85	74.52	74.39	0.49	0.37	0.37	0.37	0.37	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ จ-11 ผลการกำจัดนิเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลื่อ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
60	1.741	1.679	1.773	65.19	66.43	64.55	65.39	0.96	0.33	0.33	0.32	0.33	0.00
80	0.562	0.510	0.483	88.76	89.81	90.35	89.64	0.81	0.44	0.45	0.45	0.45	0.00
100	0.738	0.727	0.766	85.24	85.47	84.68	85.13	0.41	0.43	0.43	0.42	0.43	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ จ-12 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลื่อ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
60	0.542	0.566	0.536	89.16	88.68	89.28	89.04	0.32	0.45	0.44	0.45	0.45	0.00
80	0.233	0.194	0.228	95.35	96.13	95.44	95.64	0.43	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
100	0.563	0.532	0.461	88.75	89.36	90.78	89.63	1.04	0.44	0.45	0.45	0.45	0.01

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ภาคผนวก ก. ผลการศึกษาสภาพที่เหมาะสมในการปรับสภาพเปลือกถั่วเหลืองเป็นเรซินแลกเปลี่ยนไอออนโดยใช้โซเดียมซัลไฟต์

ตารางที่ ก-1 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟต์ ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.460	0.392	0.388	90.81	92.17	92.24	91.74	0.81	0.45	0.46	0.46	0.46	0.00
2	0.254	0.188	0.225	94.93	96.25	95.50	95.56	0.66	0.47	0.48	0.48	0.48	0.00
3	1.202	1.148	1.194	75.97	77.04	76.13	76.38	0.58	0.38	0.39	0.38	0.38	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ก-2 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟต์ ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.484	0.418	0.558	90.32	91.65	88.84	90.27	1.41	0.45	0.46	0.44	0.45	0.01
2	0.392	0.331	0.375	92.16	93.38	92.50	92.68	0.63	0.46	0.47	0.46	0.46	0.00
3	0.788	0.889	0.792	84.24	82.22	84.16	83.54	1.14	0.42	0.41	0.42	0.42	0.01

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๓-3 ผลการกำจัดนิกเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.343	0.419	0.403	93.15	91.63	91.94	92.24	0.80	0.47	0.46	0.46	0.46	0.00
2	0.269	0.337	0.316	94.63	93.27	93.68	93.86	0.70	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
3	1.099	1.055	1.107	78.03	78.91	77.87	78.27	0.56	0.39	0.39	0.39	0.39	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๓-4 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่เวลาแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.228	0.215	0.213	95.44	95.70	95.75	95.63	0.17	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
2	0.105	0.085	0.119	97.90	98.31	97.61	97.94	0.35	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
3	0.451	0.474	0.434	90.99	90.53	91.33	90.95	0.40	0.45	0.45	0.46	0.45	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-5 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.691	1.806	1.712	66.19	63.89	65.76	65.28	1.22	0.33	0.32	0.33	0.33	0.01
0.3	1.308	1.323	1.384	73.84	73.55	72.33	73.24	0.80	0.37	0.37	0.36	0.37	0.00
0.6	0.538	0.538	0.627	89.24	89.24	87.47	88.65	1.02	0.45	0.45	0.44	0.44	0.01
0.9	0.283	0.324	0.291	94.35	93.52	94.19	94.02	0.44	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
1.2	0.361	0.427	0.406	92.78	91.46	91.88	92.04	0.67	0.46	0.46	0.46	0.46	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-6 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.656	1.545	1.560	66.89	69.11	68.81	68.27	1.20	0.33	0.35	0.34	0.34	0.01
0.3	1.487	1.426	1.546	70.27	71.49	69.08	70.28	1.21	0.35	0.36	0.35	0.35	0.01
0.6	0.846	0.874	0.884	83.08	82.52	82.32	82.64	0.39	0.42	0.41	0.41	0.41	0.00
0.9	0.517	0.470	0.457	89.66	90.61	90.87	90.38	0.64	0.45	0.45	0.45	0.45	0.00
1.2	0.360	0.323	0.473	92.81	93.54	90.55	92.30	1.56	0.46	0.47	0.45	0.46	0.01

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๗-7 ผลการกำจัดนิเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.683	1.672	1.612	66.34	66.57	67.76	66.89	0.76	0.33	0.33	0.34	0.33	0.00
0.3	1.242	1.270	1.204	75.17	74.60	75.92	75.23	0.66	0.38	0.37	0.38	0.38	0.00
0.6	0.542	0.549	0.632	89.16	89.03	87.37	88.52	1.00	0.45	0.45	0.44	0.44	0.00
0.9	0.715	0.656	0.693	85.71	86.89	86.15	86.25	0.60	0.43	0.43	0.43	0.43	0.00
1.2	0.276	0.287	0.291	94.49	94.26	94.18	94.31	0.16	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๗-8 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (M)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0.1	1.659	1.721	1.775	66.83	65.59	64.50	65.64	1.17	0.33	0.33	0.32	0.33	0.01
0.3	1.162	1.234	1.296	76.77	75.32	74.08	75.39	1.35	0.38	0.38	0.37	0.38	0.01
0.6	0.724	0.691	0.737	85.53	86.18	85.27	85.66	0.47	0.43	0.43	0.43	0.43	0.00
0.9	0.522	0.530	0.563	89.56	89.41	88.75	89.24	0.43	0.45	0.45	0.44	0.45	0.00
1.2	0.431	0.353	0.406	91.39	92.94	91.88	92.07	0.79	0.46	0.46	0.46	0.46	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร



ตารางที่ ๑-9 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
50	1.711	1.723	1.775	65.78	65.55	64.51	65.28	0.68	0.33	0.33	0.32	0.33	0.00
70	0.820	0.863	0.831	83.60	82.73	83.39	83.24	0.45	0.42	0.41	0.42	0.42	0.00
90	0.554	0.576	0.573	88.93	88.47	88.55	88.65	0.25	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-10 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
50	2.080	2.112	2.069	58.41	57.77	58.63	58.27	0.45	0.29	0.29	0.29	0.29	0.00
70	0.980	1.020	0.959	80.40	79.61	80.83	80.28	0.62	0.40	0.40	0.40	0.40	0.00
90	0.828	0.922	0.855	83.45	81.57	82.90	82.64	0.97	0.42	0.41	0.41	0.41	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-11 ผลการกำจัดนิเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
50	1.638	1.676	1.654	67.25	66.49	66.93	66.89	0.38	0.34	0.33	0.33	0.33	0.00
70	0.772	0.712	0.733	84.57	85.77	85.35	85.23	0.61	0.42	0.43	0.43	0.43	0.00
90	0.580	0.559	0.584	88.41	88.82	88.33	88.52	0.26	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ๑-12 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
50	1.756	1.686	1.712	64.88	66.28	65.76	65.64	0.71	0.32	0.33	0.33	0.33	0.00
70	0.585	0.594	0.563	88.30	88.12	88.75	88.39	0.32	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00
90	0.491	0.503	0.557	90.17	89.94	88.87	89.66	0.69	0.45	0.44	0.44	0.45	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ภาคผนวก ข. ผลการศึกษาน้ำหนักที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักด้วยเรซินเป็ดอกั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก

ตารางที่ ข-1 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเป็ดอกั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.146	0.159	0.088	97.08	96.83	98.23	97.38	0.75	0.49	0.48	0.49	0.49	0.00
6	0.158	0.080	0.108	96.84	98.41	97.85	97.70	0.80	0.48	0.49	0.49	0.49	0.00
12	0.110	0.081	0.115	97.79	98.38	97.71	97.96	0.37	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00
24	0.118	0.141	0.093	97.64	97.19	98.15	97.66	0.48	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00

\* น้ำหนักเป็ดอกั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-2 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเป็ดอกั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Cr (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.461	0.459	0.422	90.79	90.83	91.56	91.06	0.43	0.45	0.45	0.46	0.46	0.00
6	0.359	0.395	0.349	92.82	92.11	93.02	92.65	0.48	0.46	0.46	0.47	0.46	0.00
12	0.456	0.386	0.458	90.88	92.29	90.85	91.34	0.82	0.45	0.46	0.45	0.46	0.00
24	0.412	0.369	0.322	91.76	92.63	93.56	92.65	0.90	0.46	0.46	0.47	0.46	0.00

\* น้ำหนักเป็ดอกั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-3 ผลการกำจัดนิเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.254	0.183	0.170	94.93	96.34	96.61	95.96	0.90	0.47	0.48	0.48	0.48	0.00
6	0.235	0.337	0.271	95.29	93.27	94.58	94.38	1.02	0.48	0.47	0.47	0.47	0.01
12	0.360	0.335	0.331	92.79	93.30	93.39	93.16	0.32	0.46	0.47	0.47	0.47	0.00
24	0.127	0.206	0.175	97.47	95.88	96.51	96.62	0.80	0.49	0.48	0.48	0.48	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-4 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.288	0.239	0.277	94.24	95.22	94.46	94.64	0.51	0.47	0.48	0.47	0.47	0.00
6	0.182	0.213	0.158	96.36	95.75	96.84	96.32	0.55	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
12	0.215	0.261	0.223	95.70	94.78	95.54	95.34	0.49	0.48	0.47	0.48	0.48	0.00
24	0.178	0.101	0.076	96.44	97.98	98.47	97.63	1.06	0.48	0.49	0.49	0.49	0.01

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-5 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก เมื่อค่าที่เอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	3.545	3.507	3.563	29.11	29.86	28.75	29.24	0.57	0.15	0.15	0.14	0.15	0.00
4	0.139	0.213	0.120	97.23	95.75	97.60	96.86	0.98	0.49	0.48	0.49	0.48	0.00
6	0.174	0.148	0.138	96.52	97.05	97.25	96.94	0.38	0.48	0.49	0.49	0.48	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-6 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริก เมื่อค่าที่เอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	4.803	4.792	4.806	3.95	4.17	3.88	4.00	0.15	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00
4	0.090	0.205	0.159	98.20	95.91	96.83	96.98	1.15	0.49	0.48	0.48	0.48	0.01
6	0.563	0.613	0.654	88.75	87.73	86.92	87.80	0.92	0.44	0.44	0.43	0.44	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-7 ผลการกำจัดนิเกิลเกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	4.559	4.571	4.563	8.83	8.59	8.74	8.72	0.12	0.04	0.04	0.04	0.04	0.00
4	0.359	0.429	0.470	92.83	91.42	90.61	91.62	1.12	0.46	0.46	0.45	0.46	0.01
6	0.499	0.414	0.467	90.02	91.72	90.66	90.80	0.86	0.45	0.46	0.45	0.45	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-8 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	0.459	0.428	0.445	90.82	91.45	91.09	91.12	0.32	0.45	0.46	0.46	0.46	0.00
4	0.034	0.056	0.033	99.33	98.87	99.34	99.18	0.27	0.50	0.49	0.50	0.50	0.00
6	0.067	0.024	0.050	98.65	99.53	99.00	99.06	0.44	0.49	0.50	0.50	0.50	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-9 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.139	0.150	0.171	97.23	97.00	96.59	96.94	0.33	0.49	0.49	0.48	0.48	0.00
10	1.926	2.083	1.877	80.74	79.17	81.23	80.38	1.08	0.81	0.79	0.81	0.80	0.01
30	8.055	7.926	8.346	73.15	73.58	72.18	72.97	0.72	2.19	2.21	2.17	2.19	0.02
50	21.260	19.915	20.115	57.48	60.17	59.77	59.14	1.45	2.87	3.01	2.99	2.96	0.07
100	53.150	52.560	54.580	46.85	47.44	45.42	46.57	1.04	4.69	4.74	4.54	4.66	0.10

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-10 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.577	0.610	0.643	88.46	87.79	87.15	87.80	0.66	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00
10	3.138	2.935	2.897	68.62	70.65	71.03	70.10	1.30	0.69	0.71	0.71	0.70	0.01
30	10.245	9.846	10.416	65.85	67.18	65.28	66.10	0.98	1.98	2.02	1.96	1.98	0.03
50	20.800	20.380	20.755	58.40	59.24	58.49	58.71	0.46	2.92	2.96	2.92	2.94	0.02
100	50.330	51.020	49.580	49.67	48.98	50.42	49.69	0.72	4.97	4.90	5.04	4.97	0.07

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-11 ผลการกำจัดนิโคตินเกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.468	0.435	0.478	90.65	91.31	90.44	90.80	0.45	0.45	0.46	0.45	0.45	0.00
10	2.123	2.362	2.271	78.77	76.38	77.29	77.48	1.21	0.79	0.76	0.77	0.77	0.01
30	14.286	13.995	14.100	52.38	53.35	53.00	52.91	0.49	1.57	1.60	1.59	1.59	0.01
50	36.705	37.105	38.015	26.59	25.79	23.97	25.45	1.34	1.33	1.29	1.20	1.27	0.07
100	70.780	71.790	72.050	29.22	28.21	27.95	28.46	0.67	2.92	2.82	2.80	2.85	0.07

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ ข-12 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.056	0.058	0.027	98.89	98.84	99.45	99.06	0.34	0.49	0.49	0.50	0.50	0.00
10	0.144	0.145	0.128	98.56	98.55	98.72	98.61	0.10	0.99	0.99	0.99	0.99	0.00
30	0.003	0.009	0.006	99.99	99.97	99.98	99.98	0.01	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00
50	2.205	1.435	1.565	95.59	97.13	96.87	96.53	0.82	4.78	4.86	4.84	4.83	0.04
100	2.950	3.190	4.750	97.05	96.81	95.25	96.37	0.98	9.71	9.68	9.53	9.64	0.10

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร



ภาคผนวก ข. ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์

ตารางที่ ข-1 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.403	0.309	0.371	91.94	93.82	92.58	92.78	0.96	0.46	0.47	0.46	0.46	0.00
6	0.337	0.362	0.328	93.27	92.76	93.45	93.16	0.36	0.47	0.46	0.47	0.47	0.00
12	0.185	0.218	0.194	96.29	95.64	96.13	96.02	0.34	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
24	0.321	0.225	0.238	93.58	95.51	95.25	94.78	1.05	0.47	0.48	0.48	0.47	0.01

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, pH เท่ากับ 5

ตารางที่ ข-2 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)						ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)			
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.367	0.320	0.369	92.66	93.59	92.63	92.96	0.55	0.46	0.47	0.46	0.46	0.00
6	0.312	0.413	0.334	93.76	91.74	93.32	92.94	1.06	0.47	0.46	0.47	0.46	0.01
12	0.209	0.276	0.257	95.83	94.48	94.87	95.06	0.69	0.48	0.47	0.47	0.48	0.00
24	0.256	0.293	0.283	94.89	94.14	94.35	94.46	0.39	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร ทุกชุดการทดลอง, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, pH เท่ากับ 5

ตารางที่ ข-3 ผลการกักตุนที่เกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.247	0.216	0.237	95.07	95.68	95.27	95.34	0.31	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
6	0.198	0.243	0.259	96.05	95.15	94.82	95.34	0.64	0.48	0.48	0.47	0.48	0.00
12	0.189	0.208	0.281	96.22	95.84	94.38	95.48	0.97	0.48	0.48	0.47	0.48	0.00
24	0.284	0.257	0.249	94.33	94.86	95.03	94.74	0.37	0.47	0.47	0.48	0.47	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ นำเสียดัชนีของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร , pH เท่ากับ 5

ตารางที่ ข-4 ผลการกักตุนที่เกิดด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อระยะเวลาสัมผัสแตกต่างกัน

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
1	0.227	0.130	0.156	95.46	97.41	96.87	96.58	1.01	0.48	0.49	0.48	0.48	0.01
6	0.204	0.173	0.200	95.92	96.55	96.01	96.16	0.34	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
12	0.328	0.296	0.235	93.45	94.08	95.31	94.28	0.95	0.47	0.47	0.48	0.47	0.00
24	0.042	0.062	0.080	99.16	98.77	98.41	98.78	0.38	0.50	0.49	0.49	0.49	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ นำเสียดัชนีของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร , pH เท่ากับ 5

ตารางที่ ข-5 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยวิธีเลือกตัวเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	2.238	2.145	2.164	55.24	57.11	56.73	56.36	0.99	0.28	0.29	0.28	0.28	0.00
4	0.151	0.088	0.095	96.99	98.25	98.10	97.78	0.69	0.48	0.49	0.49	0.49	0.00
6	0.113	0.079	0.124	97.75	98.42	97.53	97.90	0.46	0.49	0.49	0.49	0.49	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง

ตารางที่ ข-6 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยวิธีเลือกตัวเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณ โลหะหนักที่เหลือ; Cr (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัด ไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	3.223	3.244	3.191	35.55	35.13	36.18	35.62	0.53	0.18	0.18	0.18	0.18	0.00
4	0.341	0.269	0.297	93.19	94.62	94.07	93.96	0.72	0.47	0.47	0.47	0.47	0.00
6	0.914	0.883	0.877	81.73	82.34	82.47	82.18	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41	0.00

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำเสียโลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง

ตารางที่ ข-7 ผลการกำจัดนิเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	2.573	2.603	2.529	48.55	47.94	49.43	48.64	0.75	0.24	0.24	0.25	0.24	0.00
4	0.250	0.206	0.244	95.01	95.89	95.12	95.34	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.00
6	0.184	0.235	0.260	96.33	95.31	94.80	95.48	0.78	0.48	0.48	0.47	0.48	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำใส่โลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำใส่โลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง

ตารางที่ ข-8 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อค่าพีเอชของสารละลายโลหะหนักต่างกัน

พีเอช	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)			ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)						
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
2	0.494	0.514	0.543	90.13	89.73	89.15	89.67	0.49	0.45	0.45	0.45	0.45	0.00
4	0.039	0.076	0.107	99.22	98.47	97.87	98.52	0.68	0.50	0.49	0.49	0.49	0.00
6	0.076	0.041	0.077	98.47	99.18	98.45	98.70	0.42	0.49	0.50	0.49	0.49	0.00

\* น้ำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำใส่โลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, ความเข้มข้นเริ่มต้นของน้ำใส่โลหะหนัก 5 มิลลิกรัม/ลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง

ตารางที่ ๙-9 ผลการกำจัดแคดเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.143	0.188	0.128	97.15	96.23	97.44	96.94	0.63	0.49	0.48	0.49	0.48	0.00
10	1.845	2.069	1.972	81.55	79.31	80.28	80.38	1.12	0.82	0.79	0.80	0.80	0.01
30	8.154	7.905	8.268	72.82	73.65	72.44	72.97	0.62	2.18	2.21	2.17	2.19	0.02
50	20.165	20.625	20.500	59.67	58.75	59.00	59.14	0.48	2.98	2.94	2.95	2.96	0.02
100	52.790	54.010	53.490	47.21	45.99	46.51	46.57	0.61	4.72	4.60	4.65	4.66	0.06

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง, ค่า pH ของน้ำเสียเท่ากับ 6

ตารางที่ ๙-10 ผลการกำจัดโครเมียมด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Cr (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.623	0.616	0.591	87.54	87.67	88.19	87.80	0.34	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00
10	3.181	2.877	2.912	68.19	71.23	70.88	70.10	1.66	0.68	0.71	0.71	0.70	0.02
30	9.975	10.694	9.894	66.75	64.35	67.02	66.04	1.47	2.00	1.93	2.01	1.98	0.04
50	20.835	20.415	20.685	58.33	59.17	58.63	58.71	0.43	2.92	2.96	2.93	2.94	0.02
100	49.980	49.670	51.280	50.02	50.33	48.72	49.69	0.85	5.00	5.03	4.87	4.97	0.09

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง, ค่า pH ของน้ำเสียเท่ากับ 4

ตารางที่ ข-11 ผลการกำจัดนิกเกิลด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.465	0.441	0.475	90.71	91.18	90.51	90.80	0.34	0.45	0.46	0.45	0.45	0.00
10	2.334	2.178	2.244	76.66	78.22	77.56	77.48	0.78	0.77	0.78	0.78	0.77	0.01
30	14.073	14.025	14.283	53.09	53.25	52.39	52.91	0.46	1.59	1.60	1.57	1.59	0.01
50	37.205	37.760	36.860	25.59	24.48	26.28	25.45	0.91	1.28	1.22	1.31	1.27	0.05
100	72.510	70.840	71.270	27.49	29.16	28.73	28.46	0.87	2.75	2.92	2.87	2.85	0.09

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง, ค่า pH ของน้ำเสียเท่ากับ 6

ตารางที่ ข-12 ผลการกำจัดตะกั่วด้วยเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ เมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายโลหะหนักแตกต่างกัน

ความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณโลหะหนักที่เหลือ; Ce (ppm)			ประสิทธิภาพการกำจัด (%)					ค่าความสามารถในการกำจัดไอออน; q (mg/g)				
	rep-1	rep-2	rep-3	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.	rep-1	rep-2	rep-3	ค่าเฉลี่ย	S.D.
5	0.043	0.033	0.066	99.15	99.34	98.69	99.06	0.33	0.50	0.50	0.49	0.50	0.00
10	0.198	0.075	0.144	98.02	99.25	98.56	98.61	0.62	0.98	0.99	0.99	0.99	0.01
30	0.012	0.003	0.003	99.96	99.99	99.99	99.98	0.02	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00
50	1.210	2.045	1.950	97.58	95.91	96.10	96.53	0.91	4.88	4.80	4.81	4.83	0.05
100	3.630	3.250	4.010	96.37	96.75	95.99	96.37	0.38	9.64	9.68	9.60	9.64	0.04

\* นำหนักเปลือกถั่วเหลือง 1 กรัม ต่อ น้ำเสียโลหะหนัก 100 มิลลิลิตร, เวลาสัมผัส 1 ชั่วโมง, ค่า pH ของน้ำเสียเท่ากับ 6

## ภาคผนวก ฉ.

## การประเมินค่าใช้จ่ายในการเตรียมเรซินเปลือกถั่วเหลือง

ค่าใช้จ่ายในการเตรียมเรซินแลกเปลี่ยนไอออนจากเปลือกถั่วเหลือง ในที่นี้จะคิดเฉพาะค่าสารเคมีที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมเปลือกถั่วเหลืองก่อนการปรับสภาพทางเคมี และขั้นตอนการปรับสภาพทางเคมี รวมถึงค่าน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ใช้ในการล้าง โดยไม่รวมค่าวัตถุดิบ คือเปลือกถั่วเหลือง และไม่รวมค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าการสึกหรอของเครื่องมือ เป็นต้น โดยราคาของสารเคมีที่ใช้ในการคำนวณ คิดจากราคาสารเคมีที่ใช้ในทางการค้า (commercial grade) ซึ่งเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ได้จากการเตรียมด้วยกระบวนการปรับสภาพทางเคมีทั้ง 2 วิธี มีรายละเอียดค่าใช้จ่าย ดังนี้

ค่าใช้จ่ายของการเตรียมสารเคมีและน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ใช้ในการเตรียม และการปรับสภาพเปลือกถั่วเหลือง

น้ำกลั่นปราศจากไอออน	2.00	บาทต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 M	2.11	บาทต่อลิตร
กรดซิตริก 0.6 M	9.30	บาทต่อลิตร
โซเดียมซัลไฟด์ 0.9 M	8.44	บาทต่อลิตร

การเตรียมเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซิตริก ปริมาณ 1 กิโลกรัม

- สารเคมีที่ใช้ในการล้างก่อนปรับสภาพทางเคมี คือ 0.1 M NaOH ปริมาณ 20 ลิตร
- สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพ คือ citric acid 0.6 M ปริมาณ 7 ลิตร
- ค่าน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ใช้ในการล้างรวมทุกขั้นตอน 140 ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} &= (2.11 \times 20) + (9.30 \times 7) + (2.00 \times 140) \\ &= 387.30 \text{ บาท} \end{aligned}$$

นั่นคือ เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยกรดซิตริก มีค่าใช้จ่ายในการเตรียมประมาณ 387 บาทต่อกิโลกรัมของเรซิน

การเตรียมเรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ ปริมาณ 1 กิโลกรัม

- สารเคมีที่ใช้ในการล้างก่อนปรับสภาพทางเคมี คือ 0.1 M NaOH ปริมาณ 20 ลิตร
- สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพ คือ sodium sulphite 0.9 M ปริมาณ 15 ลิตร
- คำนํ้ากลั่นปราศจากไอออนที่ใช้ในการล้างรวมทุกขั้นตอน 140 ลิตร

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} &= (2.11 \times 20) + (8.44 \times 15) + (2.00 \times 140) \\ &= 448.80 \text{ บาท}\end{aligned}$$

นั่นคือ เรซินเปลือกถั่วเหลืองที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมซัลไฟด์ มีค่าใช้จ่ายในการเตรียมประมาณ 449 บาทต่อกิโลกรัมของเรซิน



### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาววิษา สอนใจ เกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม 2523 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2545 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546