รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมป่าไม้ [ออนไลน์]. http://www.forest.go.th/biocom/garbage_fiber.html.วันที่ 22 พฤศจิกายน 2548

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม. กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2546.

เกศสุชา พูลคำ. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากชานอ้อยและผักตบชวา.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2537.

จิรภรณ์ อารยเมธาเลิศ. การกำจัดสีโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดควอร์เทอร์ไนซ์ครอสลิงค์เซลลูโลสที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ชัชฎาพร องอาจ. การเรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่เตรียมจากต้นมันสำปะหลัง ใบสับปะรด และกาบมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2545.

ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. สารานุกรมธาตุ. http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic2/Ni.html. วันที่ 3 กันยายน 2549

ธนากร จันทสุบรรณ. ประสิทธิภาพในการกำจัดสีจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจากโรงงานฟอกย้อมของควอเทอร์ไนซ์ครอสลิงค์เซลลูโลสที่เตรียมจากเส้นใยลูกปาล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ธีระชัย วัฒนสกุลเอก. การนำเถ้าลอยชานอ้อยไปใช้ดูดซับกำจัดโครเมียม แล้วนำไปทำให้เป็นก้อนแข็ง.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย 2546

นิธิรัชต์ สงวนเดือน. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากซังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และก้านดอกทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พิธี กระสินธุ์ศรี. การกำจัดโลหะหนักโดยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดลิกโนเซลลูโลสิคฟอร์มัลดีไฮน์ที่ทำจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

รัชนีย์ รุกขชาติ. การกำจัดสีในน้ำเสียโดยใช้ควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงค์เซลลูโลสจากต้นมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2544.

ลัดดา ยาวิรัชน์. การกำจัดสีโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงก์เซลลูโลสที่ทำจากชานอ้อย ผักตบชวา และเส้นใยลูกปาล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ลลิดา นิทัศนจารุกุล. การกำจัดตะกั่วจากน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยกระบวนการดูดติดผิว โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2544.

เล็ก สีดง. วัสดุวิศวกรรมและอุตสาหกรรม. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543.

วันวิภา เผาสวัสดิ์. การนำชานอ้อยไปใช้ดูดซับตะกั่วแล้วนำไปทำเป็นก้อนแข็ง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546

สุเมธ เตชะกุลวิโรจน์. การใช้เถ้าลอยชานอ้อยมาบำบัดน้ำเสียสีย้อมแล้วนำไปทำคอนกรีตบล็อก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2546

สุจนีย์ คุ่ยเสงี่ยม. การกำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มและกะลามะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,2544.

อนันต์ ดาโลดม. ปาล์มน้ำมันพืชอุตสาหกรรมที่ต้องจับตามอง. พืชสวนวิเคราะห์, 2546.

อาสยา ปราชญาพร. การกำจัดสีในน้ำเสียโดยใช้ควอเทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงค์เซลลูโลสที่เตรียมจากซังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และก้านทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. คู่มือปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ: เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง, 2548.

ภาษาอังกฤษ

Coskun, R., Soykan, C., and Sacak, M. Removal of some heavy metal ions from aqueous solution by adsorption using poly(ethylene terephthalate)-g-itaconic acid/acrylamide fiber. Reactive and Functional Polymers. (2006): 599-608

D.M., Ayres, A.P., Davis, and P.M., Gietka. Removing Heavy Metals from Wastewater. Engineering Research Center Report. University of Maryland. 1994

Han, J. S., Park, J. K., and Min, S.H. Removal of toxic heavy metal ions in runoffs by modified alfafa and juniper. 1st World Congress of the International Water Association; 2000.

Lee, B.G., and Rowell, M.R. Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions Using Lignocellulosic Fibers. Natural Fibers (2003): 97-108.

Low, K. S., Lee, C. K., and Lee K. P. Sorption of copper by dye-treated oil-palm fibres. Bioresource Technology (1993): 109-112.

Maranon, E.and Sastre, H. Heavy Metal Removal in Packed Beds using Apple Wastes. Bioresource Technology (1991): 39-43.

Shukla, S. R., Pai, R.S., and Shendarkar, A.D. Adsorption of Ni(II), Zn(II) and Fe(II) on modified coir fibres. Separation and Purification Technology (2005): 141-147.

Wei , J.F., Wang, Z.P., Zhang, J., Wu, Y.Y., Zhang, Z.P. and Xiong, C.H. The preparation and the application of grafted polytetrafluoroethylene fiber as a cation exchanger for adsorption of heavy metals. Reactive & Functional Polymers (2005): 127–134.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ขวัญเนตร สบายใจ. การกำจัดโลหะหนักโดยการใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทาจากผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสีย้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-มหาวิทยาลัย, 2542

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมประปา. เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Chen, L., Yang, G., and Zhang, J. A study on the exchange kinetics of ion-exchange fiber. Reactive & Functional Polymers. 29 (1996): 139- 144

Cho, H., Oh, D., Kim K. A study on removal characteristics of heavy metals from aqueous solution by fly ash. Journal of Hazardous Materials. 127 (2005): 187–195

Dong, S.K. Kinetics and equilibrium adsorption study of lead(II) onto activated carbon prepared from coconut shell. Journal of Colloid and Interface Science.279 (2004): 307–313

Grote, M., and Schumacher, U. Bipolar ion-exchange resins based on functional acidic tetrazolium groups - their synthesis, structure and properties. Reactive & Functional Polymers. 35 (1997): 179-196

Igwe, J.C., Nwokennaya, E.C. , and Abia, A.A. The role of pH in heavy metal detoxification by biosorption from aqueous solutions containing chelating agents. African Journal of Biotechnology. 4 (2005): 1109-1112

Meunier, N., Laroulandi, J., Blais, J.F.,and Tyagi, R.D. Cocoa shells for heavy metal removal from acidic solutions. Bioresource Technology. 90 (2003): 255–263

Sekar, M., Sakthi, V., and Rengaraj, S. Kinetics and equilibrium adsorption study of lead(II) onto activated carbon prepared from coconut shell. Journal of Colloid and Interface Science. 279 (2004): 307–313

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
การศึกษาถึงลักษณะพื้นฐานของวัสดุ

ตารางที่ ก.1 น้ำหนักของเส้นใยปาล์มที่หายไปจากการตากแดด

เส้นใยปาล์ม	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
น้ำหนักก่อนตากแดด	28.8
น้ำหนักหลังตากแดด	25.5
น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง (%)	11.5

ตารางที่ ก.1-2 ปริมาณเส้นใยปาล์มแยกขนาดตามขนาดของตะแกรงเบอร์ต่างๆ

ขนาดตะแกรง		เส้นใยปาล์ม		เศษเม็ดปาล์ม		รวม	
เบอร์ตะแกรง	มม.	กรัม	%	กรัม	%	กรัม	%
1/2 นิ้ว	12.70	51.80	8.16	25.30	3.98	77.10	12.14
3/8 นิ้ว	9.52	40.20	6.33	34.10	5.37	74.30	11.70
เบอร์ 4	4.76	83.19	13.10	62.60	9.86	145.79	22.96
เบอร์ 10	2.00	129.33	20.37	0	0.00	129.33	20.37
เบอร์ 20	0.85	98.53	15.52	0	0.00	98.53	15.52
เบอร์ 40	0.42	47.83	7.53	0	0.00	47.83	7.53
เบอร์ 80	0.18	33.55	5.28	0	0.00	33.55	5.28
Pan ผ่านเบอร์ 80	0	28.52	4.49	0	0.00	28.52	4.49

ภาคผนวก ข

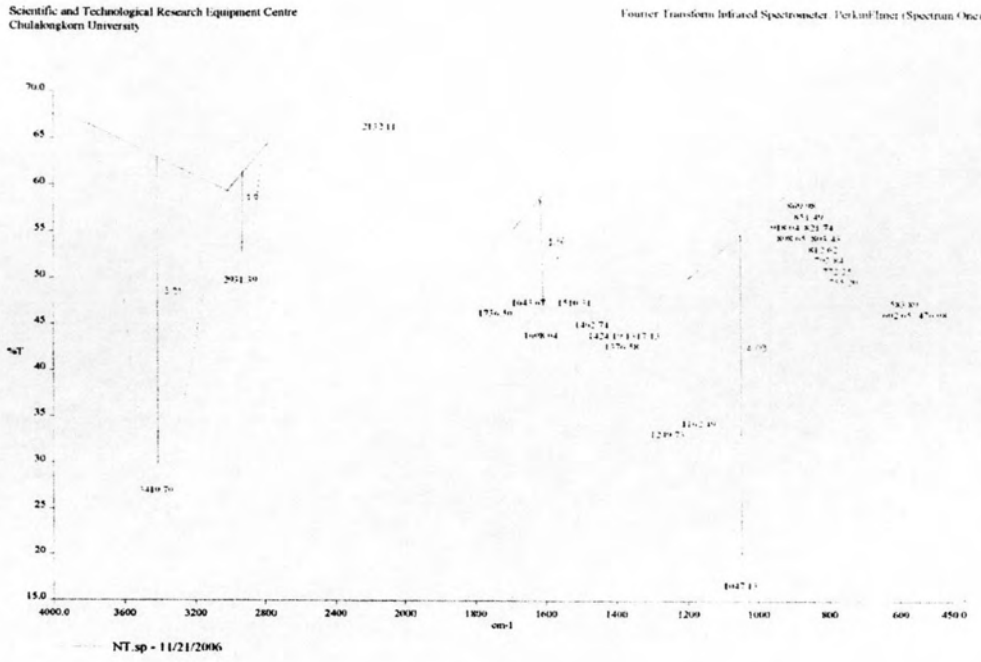
การศึกษาลักษณะทางกายภาพของวัสดุ

ตาราง ข.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพทั้ง 3 วิธี

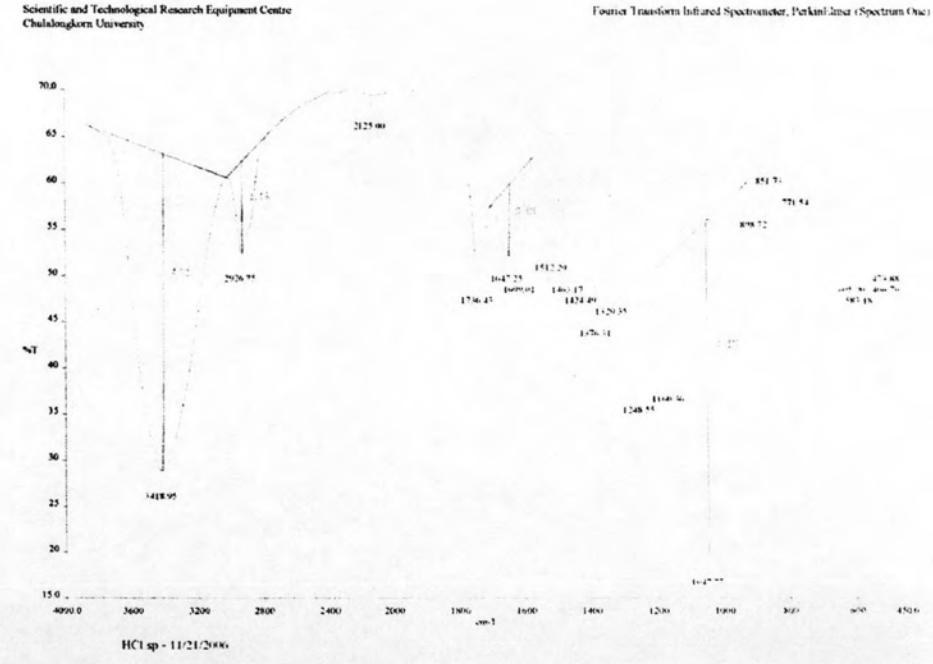
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ไม่ปรับสภาพ	กรดไฮโดรคลอริก	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
ขวด กรัม	44.97	45.18	44.99
ขวด+น้ำ กรัม	143.95	144.11	143.95
ขวด+เส้นใยปาล์ม กรัม	45.10	45.32	45.11
ขวด+เส้นใยปาล์ม+น้ำ กรัม	143.85	143.64	143.81
ความถ่วงจำเพาะ	1.27	0.29	0.78

ตารางที่ ข.2 แสดงปริมาณพื้นที่ผิว ปริมาตร และขนาดของรูพรุนของเส้นใยที่ผ่านการปรับสภาพ

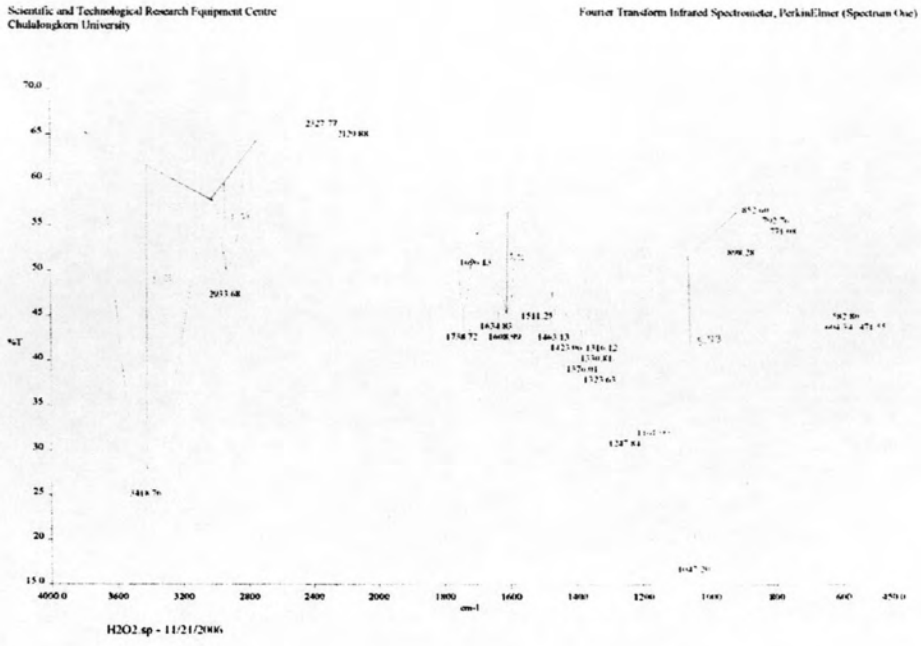
AREA	UNIT	ไม่ปรับสภาพ	ปรับสภาพด้วย HCl	ปรับสภาพด้วย H_2O_2
BET SERFACE AREA :	sq. m/g	2.1068	1.9267	1.6114
SINGLE POINT SURFACE AREA AT P/Po 0.2001 :	sq. m/g	1.2529	1.3543	1.0191
BJH CUMULATIVE ADSORPTION SURFACE AREA OF PORES				
BETWEEN 17.0000 AND 3000.0000 A DIAMETER :	sq. m/g	2.0219	2.0773	1.4146
BJH CUMULATIVE DESORPTION SURFACE AREA OF PORES				
BETWEEN 17.0000 AND 3000.0000 A DIAMETER :	sq. m/g	1.8966	2.1947	1.2979
MICROPORE AREA :	sq. m/g	-1.2449	-1.2152	-0.8427
VOLUME				
SINGLE POINT TOTAL PORE VOLUME OF PORES LESS THAN 1241.4941 A DIAMETER AT P/Po 0.9842 :	cc/g	0.001792	0.002370	0.002249
BJH CUMULATIVE ADSORPTION PORE VOLLUME OF PORES BETAWEEN 17.0000 AND 3000.0000 A DIAMETER :	cc/g	0.001926	0.002540	0.002655
BJH CUMULATIVE DESORPTION PORE VOLLUME OF PORES BETAWEEN 17.0000 AND 3000.0000 A DIAMETER :	cc/g	0.001690	0.002224	0.002015
MICROPORE VOLUME :	cc/g	-0.000913	-0.000764	-0.00062
PORE SIZE				
AVERAGE PORE DIAMETER (4V/A BY BET) :	A	34.0148	49.1962	55.8168
BJH ADSORPTION AVERAGE PORE DIAMETER (4V/A) :	A	38.0942	48.9053	75.0854
BJH DESORPTION AVERAGE PORE DIAMETER (4V/A) :	A	35.6493	40.5273	62.0973



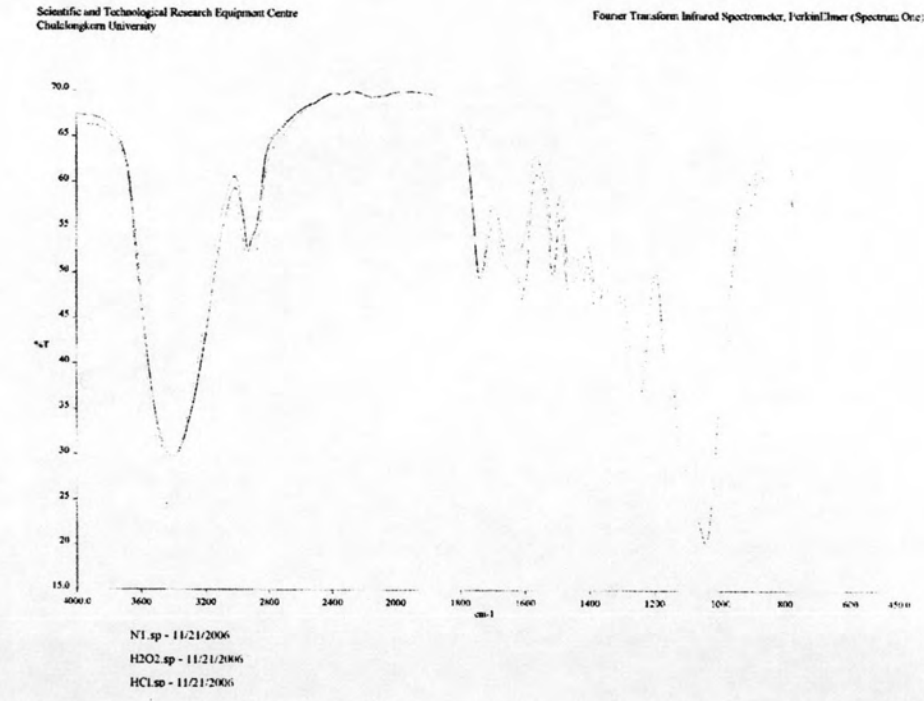
รูปที่ ข.1 ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ



รูปที่ ข.2 ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก



รูปที่ ข.3 ลักษณะโครงสร้างของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



รูปที่ ข.4 เปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ

ตารางที่ ข.3 การบวมน้ำของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีการต่างๆ

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ไม่ปรับสภาพ	กรดไฮโดรคลอริก	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
ปริมาตรเริ่มต้น มล.	11.00	11.00	11.00
ปริมาตรหลัง 24 ชั่วโมง มล.	12.00	11.30	16.50
ค่าการบวมน้ำ	1.09	1.03	1.46

ภาคผนวก ค
ผลการหาประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก

ตารางที่ ค.4 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของเส้นใยที่ปรับสภาพด้วยวิธีการต่างๆ

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.41	5.00	0.90	4.10	81.94
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.40	5.00	1.71	3.29	65.88
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.05	5.00	1.00	4.00	80.07
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	ทองแดง	5.00	2.53	5.00	2.73	2.27	45.40
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	นิกเกิล	5.00	2.99	5.00	3.61	1.39	27.78
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	สังกะสี	5.00	2.58	5.00	3.38	1.62	32.43
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.47	5.00	0.87	4.13	82.58
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.52	5.00	0.45	4.55	90.98
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.79	5.00	0.28	4.72	94.46

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์หาไอโซเทอม

ตารางที่ ง.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	3.00	ทองแดง	5.00	4.59	5.00	1.772	3.228	64.56
ไม่ปรับสภาพ	2.50	ทองแดง	5.00	4.65	5.00	1.627	3.373	67.46
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.78	5.00	1.706	3.294	65.88
ไม่ปรับสภาพ	1.50	ทองแดง	5.00	4.83	5.00	1.800	3.200	64.00
ไม่ปรับสภาพ	1.00	ทองแดง	5.00	4.89	5.00	2.169	2.831	56.62
ไม่ปรับสภาพ	0.50	ทองแดง	5.00	4.93	5.00	2.859	2.141	42.82
กรดไฮโดรคลอริก	3.00	ทองแดง	5.00	2.42	5.00	4.009	0.991	19.82
กรดไฮโดรคลอริก	2.50	ทองแดง	5.00	2.54	5.00	2.667	2.333	46.66
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	ทองแดง	5.00	2.62	5.00	3.611	1.389	27.78
กรดไฮโดรคลอริก	1.50	ทองแดง	5.00	2.71	5.00	1.772	3.228	64.56
กรดไฮโดรคลอริก	1.00	ทองแดง	5.00	2.74	5.00	1.627	3.373	67.46
กรดไฮโดรคลอริก	0.50	ทองแดง	5.00	2.96	5.00	1.706	3.294	65.88
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	ทองแดง	5.00	5.56	5.00	1.800	3.200	64.00
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	ทองแดง	5.00	5.50	5.00	2.169	2.831	56.62
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.47	5.00	2.859	2.141	42.82
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	ทองแดง	5.00	5.45	5.00	4.009	0.991	19.82
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	ทองแดง	5.00	5.38	5.00	2.667	2.333	46.66
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	ทองแดง	5.00	5.33	5.00	3.611	1.389	27.78

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.2 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.684	4.316	7.50	5.75E-04	1188.60	-0.165	-3.240
5.00	0.626	4.374	6.25	7.00E-04	894.49	-0.203	-3.155
5.00	0.903	4.097	5.00	8.19E-04	1102.03	-0.044	-3.087
5.00	0.755	4.245	3.75	1.13E-03	666.96	-0.122	-2.946
5.00	0.833	4.167	2.50	1.67E-03	499.76	-0.079	-2.778
5.00	0.825	4.175	1.25	3.34E-03	247.01	-0.084	-2.476
5.00	1.685	3.315	7.50	4.42E-04	3812.22	0.227	-3.355
5.00	2.116	2.884	6.25	4.61E-04	4585.64	0.326	-3.336
5.00	2.73	2.270	5.00	4.54E-04	6013.22	0.436	-3.343
5.00	1.182	3.818	3.75	1.02E-03	1160.95	0.073	-2.992
5.00	2.316	2.684	2.50	1.07E-03	2157.23	0.365	-2.969
5.00	3.209	1.791	1.25	1.43E-03	2239.67	0.506	-2.844
5.00	0.864	4.136	7.50	5.51E-04	1566.73	-0.063	-3.258
5.00	0.871	4.129	6.25	6.61E-04	1318.42	-0.060	-3.180
5.00	0.871	4.129	5.00	8.26E-04	1054.73	-0.060	-3.083
5.00	0.989	4.011	3.75	1.07E-03	924.64	-0.005	-2.971
5.00	0.711	4.289	2.50	1.72E-03	414.43	-0.148	-2.766
5.00	0.693	4.307	1.25	3.45E-03	201.13	-0.159	-2.463

ตารางที่ ง.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	3.00	นิกเกิล	5.00	5.43	5.00	1.772	3.228	64.56
ไม่ปรับสภาพ	2.50	นิกเกิล	5.00	5.41	5.00	1.627	3.373	67.46
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.37	5.00	1.706	3.294	65.88
ไม่ปรับสภาพ	1.50	นิกเกิล	5.00	5.26	5.00	1.800	3.200	64.00
ไม่ปรับสภาพ	1.00	นิกเกิล	5.00	5.13	5.00	2.169	2.831	56.62
ไม่ปรับสภาพ	0.50	นิกเกิล	5.00	5.06	5.00	2.859	2.141	42.82
กรดไฮโดรคลอริก	3.00	นิกเกิล	5.00	2.94	5.00	4.009	0.991	19.82
กรดไฮโดรคลอริก	2.50	นิกเกิล	5.00	3.08	5.00	2.667	2.333	46.66
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	นิกเกิล	5.00	3.12	5.00	3.611	1.389	27.78
กรดไฮโดรคลอริก	1.50	นิกเกิล	5.00	3.23	5.00	4.023	0.977	19.54
กรดไฮโดรคลอริก	1.00	นิกเกิล	5.00	3.41	5.00	3.776	1.224	24.48
กรดไฮโดรคลอริก	0.50	นิกเกิล	5.00	3.52	5.00	3.478	1.522	30.44
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	นิกเกิล	5.00	5.75	5.00	0.334	4.666	93.32
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	นิกเกิล	5.00	5.61	5.00	0.450	4.550	91.00
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.52	5.00	0.451	4.549	90.98
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	นิกเกิล	5.00	5.43	5.00	0.381	4.619	92.38
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	นิกเกิล	5.00	5.31	5.00	0.765	4.235	84.70
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	นิกเกิล	5.00	5.22	5.00	1.049	3.951	79.02

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.4 วิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	1.772	3.228	7.50	4.30E-04	4117.10	0.248	-3.366
5.00	1.627	3.373	6.25	5.40E-04	3014.75	0.211	-3.268
5.00	1.706	3.294	5.00	6.59E-04	2589.56	0.232	-3.181
5.00	1.800	3.200	3.75	8.53E-04	2109.38	0.255	-3.069
5.00	2.169	2.831	2.50	1.13E-03	1915.40	0.336	-2.946
5.00	2.859	2.141	1.25	1.71E-03	1669.20	0.456	-2.766
5.00	4.009	0.991	7.50	1.32E-04	30340.57	0.603	-3.879
5.00	2.667	2.333	6.25	3.73E-04	7144.77	0.426	-3.428
5.00	3.611	1.389	5.00	2.78E-04	12998.56	0.558	-3.556
5.00	4.023	0.977	3.75	2.61E-04	15441.40	0.605	-3.584
5.00	3.776	1.224	2.50	4.90E-04	7712.42	0.577	-3.310
5.00	3.478	1.522	1.25	1.22E-03	2856.44	0.541	-2.914
5.00	0.334	4.666	7.50	6.22E-04	536.86	-0.476	-3.206
5.00	0.45	4.550	6.25	7.28E-04	618.13	-0.347	-3.138
5.00	0.451	4.549	5.00	9.10E-04	495.71	-0.346	-3.041
5.00	0.381	4.619	3.75	1.23E-03	309.32	-0.419	-2.909
5.00	0.765	4.235	2.50	1.69E-03	451.59	-0.116	-2.771
5.00	1.049	3.951	1.25	3.16E-03	331.88	0.021	-2.500

ตารางที่ ง.5 ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

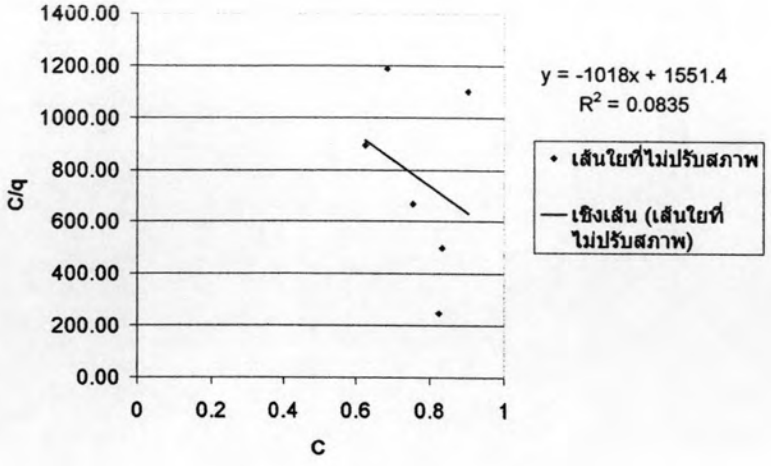
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	3.00	สังกะสี	5.00	5.38	5.00	0.850	4.150	82.99
ไม่ปรับสภาพ	2.50	สังกะสี	5.00	5.33	5.00	0.993	4.007	80.14
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.25	5.00	0.996	4.004	80.07
ไม่ปรับสภาพ	1.50	สังกะสี	5.00	5.23	5.00	1.276	3.724	74.48
ไม่ปรับสภาพ	1.00	สังกะสี	5.00	5.16	5.00	1.544	3.456	69.11
ไม่ปรับสภาพ	0.50	สังกะสี	5.00	5.12	5.00	2.163	2.837	56.74
กรดไฮโดรคลอริก	3.00	สังกะสี	5.00	2.38	5.00	4.161	0.839	16.78
กรดไฮโดรคลอริก	2.50	สังกะสี	5.00	2.45	5.00	3.954	1.046	20.91
กรดไฮโดรคลอริก	2.00	สังกะสี	5.00	2.47	5.00	3.378	1.622	32.43
กรดไฮโดรคลอริก	1.50	สังกะสี	5.00	2.53	5.00	3.775	1.225	24.50
กรดไฮโดรคลอริก	1.00	สังกะสี	5.00	2.59	5.00	3.801	1.199	23.98
กรดไฮโดรคลอริก	0.50	สังกะสี	5.00	2.64	5.00	3.602	1.399	27.97
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	สังกะสี	5.00	5.60	5.00	0.315	4.685	93.70
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	สังกะสี	5.00	5.56	5.00	0.310	4.690	93.80
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.51	5.00	0.277	4.723	94.46
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	สังกะสี	5.00	5.44	5.00	0.285	4.715	94.30
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	สังกะสี	5.00	5.38	5.00	0.273	4.727	94.54
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	สังกะสี	5.00	5.35	5.00	0.902	4.098	81.95

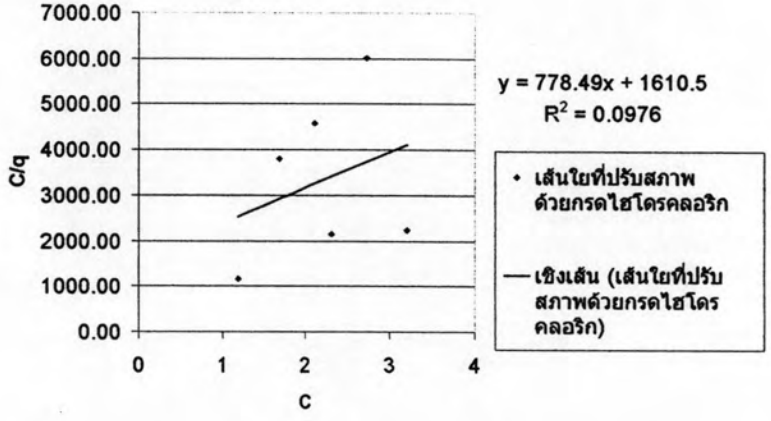
หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

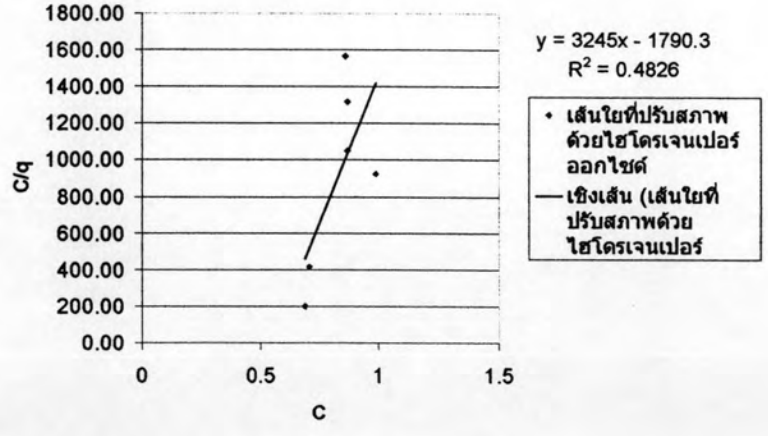
- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.6 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์ม

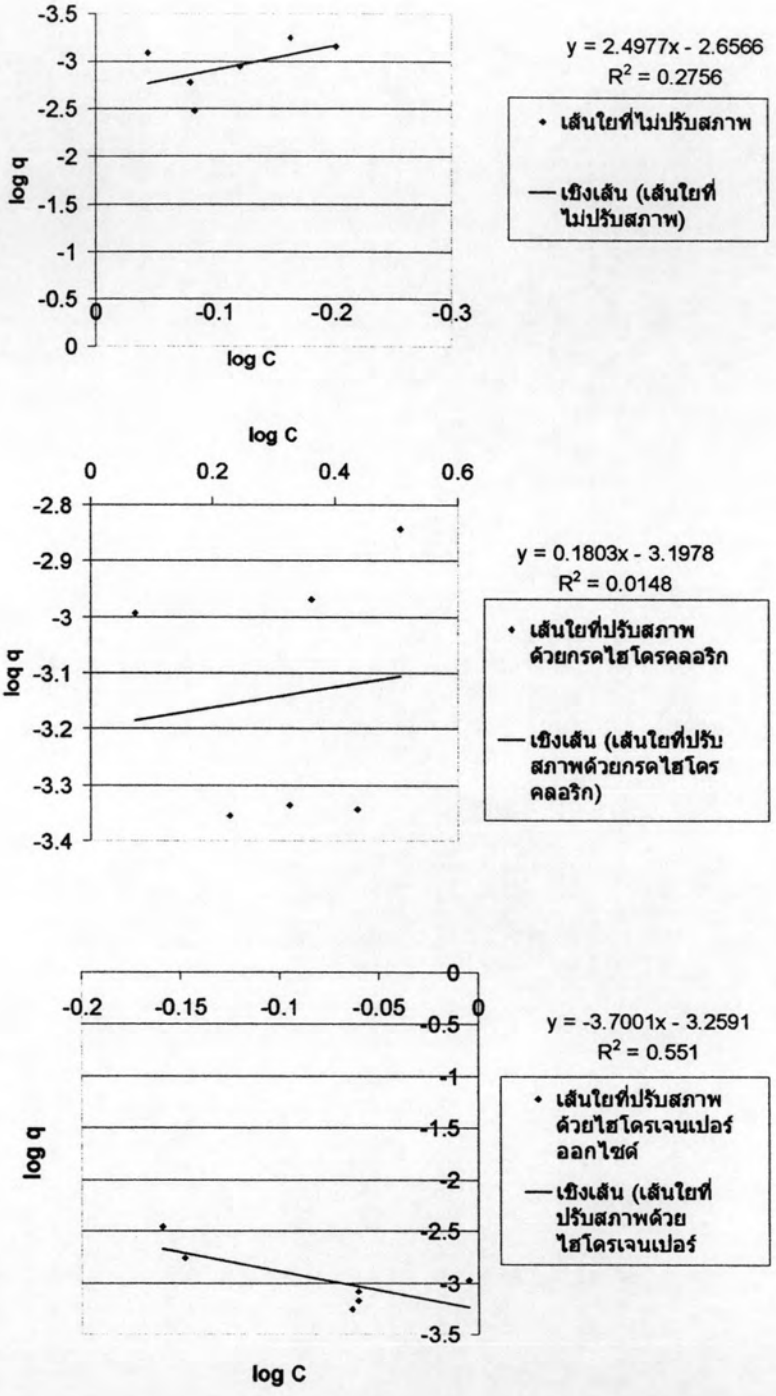
C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.850	4.150	7.50	5.53E-04	1537.02	-0.070	-3.257
5.00	0.993	4.007	6.25	6.41E-04	1548.66	-0.003	-3.193
5.00	0.996	4.004	5.00	8.01E-04	1244.22	-0.002	-3.097
5.00	1.276	3.724	3.75	9.93E-04	1285.04	0.106	-3.003
5.00	1.544	3.456	2.50	1.38E-03	1117.21	0.189	-2.859
5.00	2.163	2.837	1.25	2.27E-03	952.88	0.335	-2.644
5.00	4.161	0.839	7.50	1.12E-04	37196.07	0.619	-3.951
5.00	3.954	1.046	6.25	1.67E-04	23634.29	0.597	-3.776
5.00	3.378	1.622	5.00	3.24E-04	10416.87	0.529	-3.489
5.00	3.775	1.225	3.75	3.27E-04	11556.12	0.577	-3.486
5.00	3.801	1.199	2.50	4.80E-04	7924.49	0.580	-3.319
5.00	3.602	1.399	1.25	1.12E-03	3219.07	0.556	-2.951
5.00	0.315	4.685	7.50	6.25E-04	503.93	-0.502	-3.204
5.00	0.310	4.690	6.25	7.50E-04	412.83	-0.509	-3.125
5.00	0.277	4.723	5.00	9.45E-04	293.02	-0.558	-3.025
5.00	0.285	4.715	3.75	1.26E-03	226.75	-0.545	-2.901
5.00	0.273	4.727	2.50	1.89E-03	144.38	-0.564	-2.723
6.00	0.902	5.098	1.25	4.08E-03	221.28	-0.045	-2.390



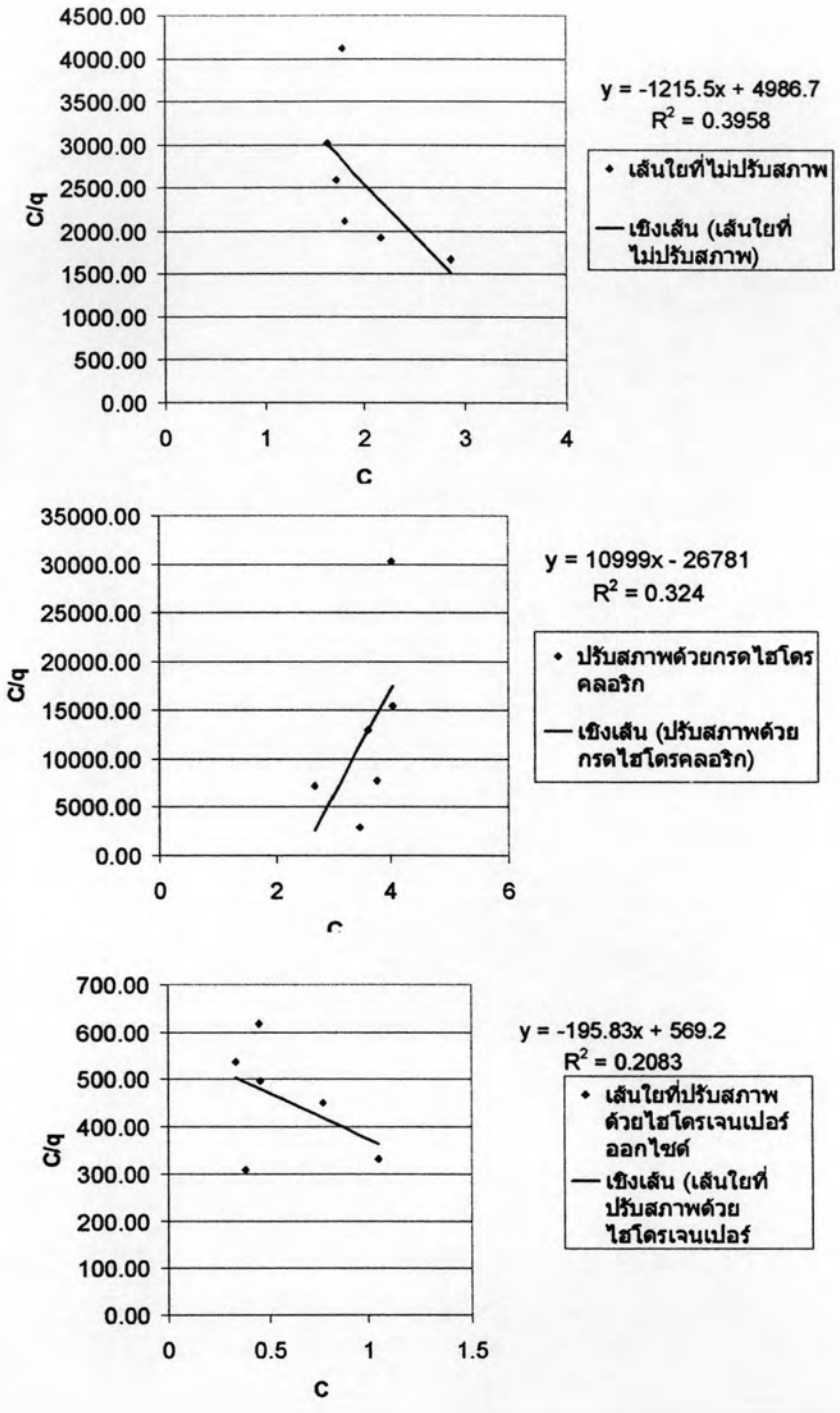




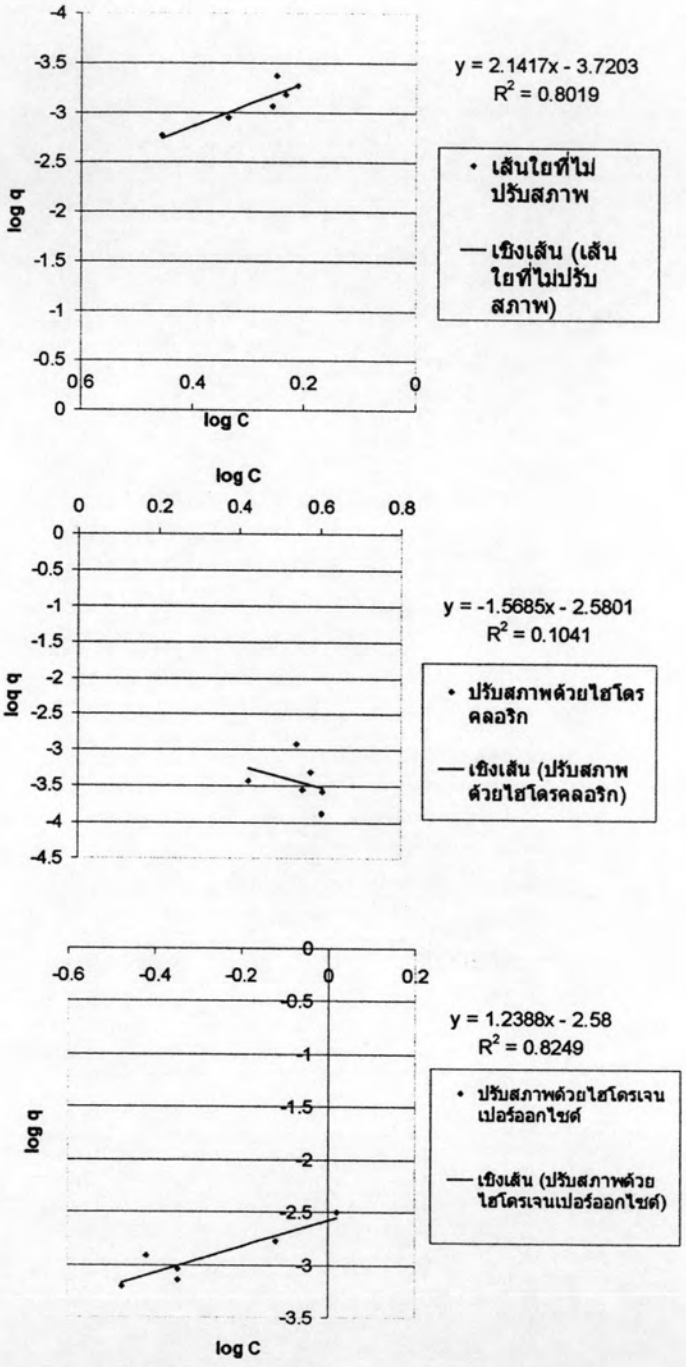
รูปที่ ง.1 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดทองแดง



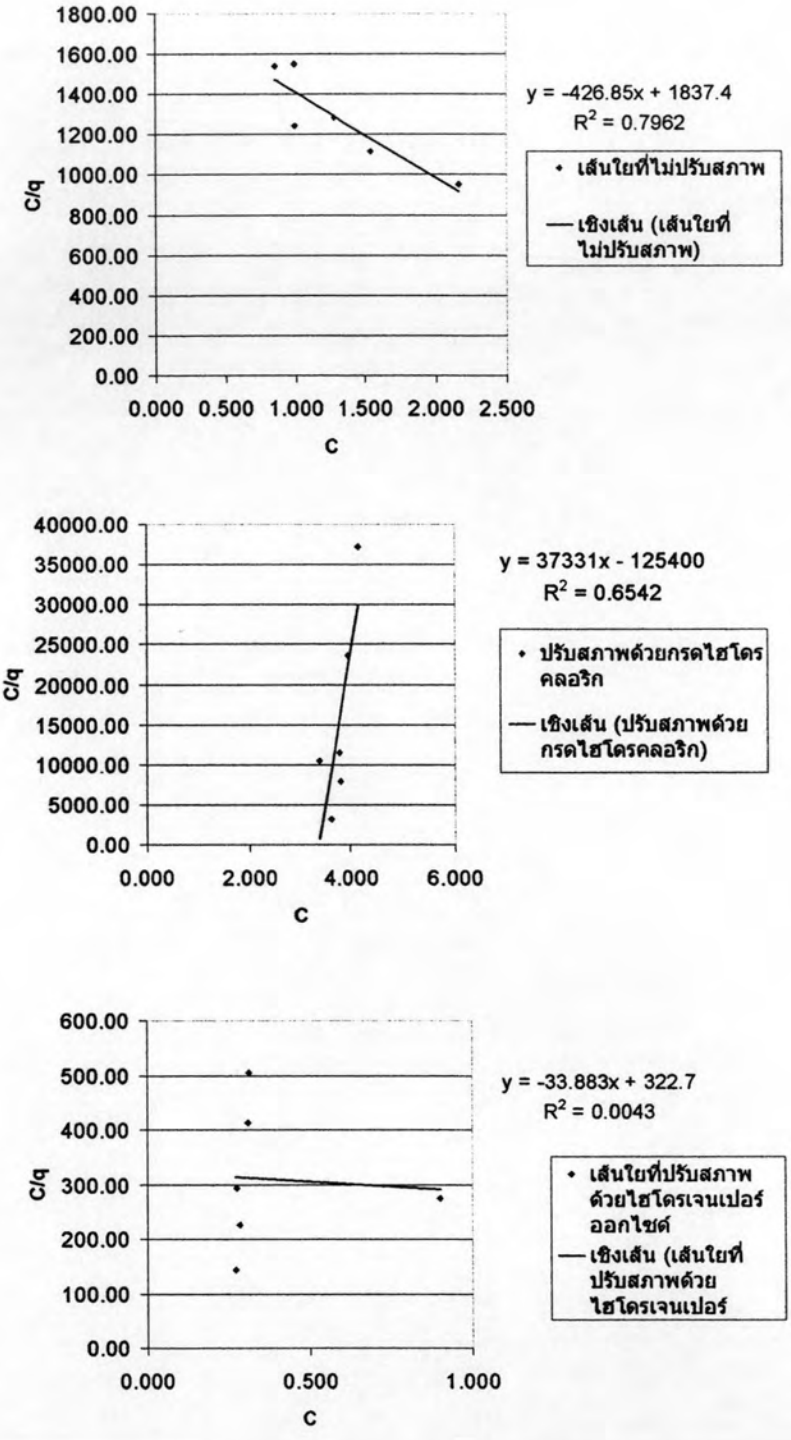
รูปที่ ง.2 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดทองแดง



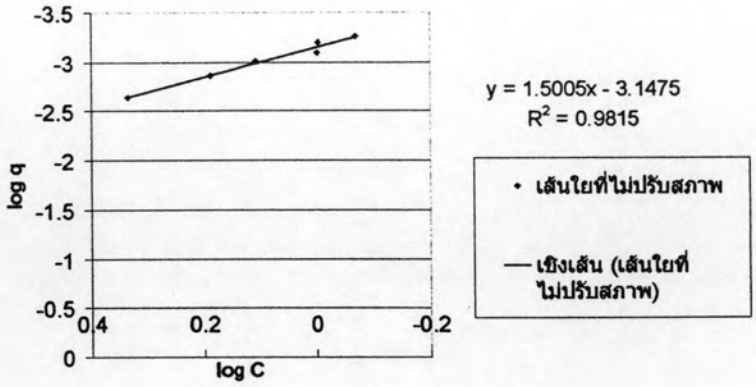
รูปที่ ง.3 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดนิกเกิล

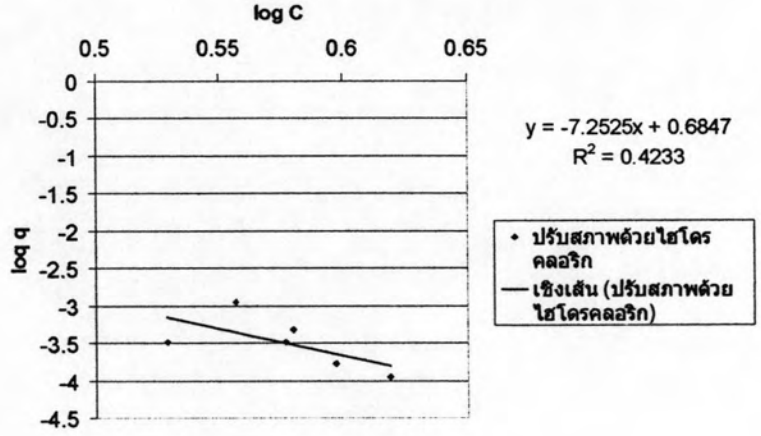


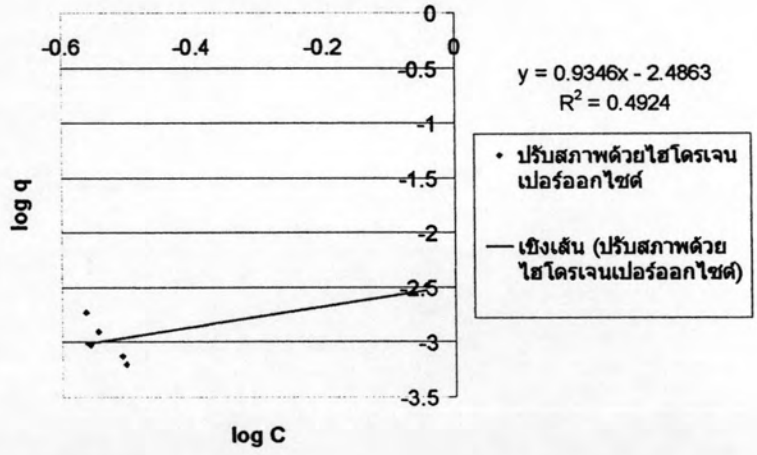
รูปที่ ง.4 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดนิกเกิล



รูปที่ ง.5 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดสังกะสี







รูปที่ ง.6 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยวิธีต่างๆ ในการกำจัดสังกะสี

ตารางที่ ง.7 ประสิทธิภาพในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	ทองแดง	5.00	5.58	5.00	0.573	4.427	88.54
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.75	ทองแดง	5.00	5.55	5.00	0.761	4.239	84.78
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	ทองแดง	5.00	5.48	5.00	0.639	4.361	87.22
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.25	ทองแดง	5.00	5.47	5.00	0.643	4.357	87.14
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.47	5.00	0.726	4.274	85.48
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.75	ทองแดง	5.00	5.45	5.00	1.389	3.611	72.22
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	ทองแดง	5.00	5.43	5.00	0.891	4.109	82.18
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.25	ทองแดง	5.00	5.40	5.00	0.651	4.349	86.98
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	ทองแดง	5.00	5.38	5.00	0.838	4.162	83.24
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.75	ทองแดง	5.00	5.35	5.00	1.084	3.916	78.32
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	ทองแดง	5.00	5.34	5.00	0.632	4.368	87.36
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.25	ทองแดง	5.00	5.32	5.00	0.994	4.006	80.12

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.8 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดทองแดงออกจากน้ำเสีย

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.573	4.427	7.500	5.90E-04	970.75	-0.242	-3.229
5.00	0.761	4.239	6.875	6.17E-04	1234.22	-0.119	-3.210
5.00	0.639	4.361	6.25	6.98E-04	915.79	-0.194	-3.156
5.00	0.643	4.357	5.625	7.75E-04	830.13	-0.192	-3.111
5.00	0.726	4.274	5.000	8.55E-04	849.32	-0.139	-3.068
5.00	1.389	3.611	4.375	8.25E-04	1682.88	0.143	-3.083
5.00	0.891	4.109	3.750	1.10E-03	813.15	-0.050	-2.960
5.00	0.651	4.349	3.125	1.39E-03	467.78	-0.186	-2.856
5.00	0.838	4.162	2.500	1.66E-03	503.36	-0.077	-2.779
5.00	1.084	3.916	1.875	2.09E-03	519.02	0.035	-2.680
5.00	0.632	4.368	1.250	3.49E-03	180.86	-0.199	-2.457
5.00	0.994	4.006	0.625	6.41E-03	155.08	-0.003	-2.193

ตารางที่ ง.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	นิกเกิล	5.00	5.73	5.00	1.772	3.228	64.56
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.75	นิกเกิล	5.00	5.72	5.00	1.627	3.373	67.46
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	นิกเกิล	5.00	5.65	5.00	1.706	3.294	65.88
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.25	นิกเกิล	5.00	5.62	5.00	1.800	3.200	64.00
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.58	5.00	2.169	2.831	56.62
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.75	นิกเกิล	5.00	5.55	5.00	2.859	2.141	42.82
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	นิกเกิล	5.00	5.43	5.00	4.009	0.991	19.82
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.25	นิกเกิล	5.00	5.43	5.00	2.667	2.333	46.66
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	นิกเกิล	5.00	5.35	5.00	3.611	1.389	27.78
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.75	นิกเกิล	5.00	5.31	5.00	4.023	0.977	19.54
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	นิกเกิล	5.00	5.28	5.00	3.776	1.224	24.48
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.25	นิกเกิล	5.00	5.24	5.00	3.478	1.522	30.44

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.10 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดนิกเกิลออกจากน้ำเสีย

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.3263	4.674	7.500	6.23E-04	523.62	-0.486	-3.205
5.00	0.3749	4.625	6.875	6.73E-04	557.27	-0.426	-3.172
5.00	0.4464	4.554	6.250	7.29E-04	612.70	-0.350	-3.138
5.00	0.5232	4.477	5.625	7.96E-04	657.39	-0.281	-3.099
5.00	0.4823	4.518	5.000	9.04E-04	533.79	-0.317	-3.044
5.00	0.6569	4.343	4.375	9.93E-04	661.72	-0.183	-3.003
5.00	1.2998	3.700	3.750	9.87E-04	1317.29	0.114	-3.006
5.00	0.9255	4.075	3.125	1.30E-03	709.83	-0.034	-2.885
5.00	0.9206	4.079	2.500	1.63E-03	564.18	-0.036	-2.787
5.00	1.3324	3.668	1.875	1.96E-03	681.17	0.125	-2.709
5.00	1.4803	3.520	1.250	2.82E-03	525.72	0.170	-2.550
5.00	1.9689	3.031	0.625	4.85E-03	405.98	0.294	-2.314

ตารางที่ ง.11 ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

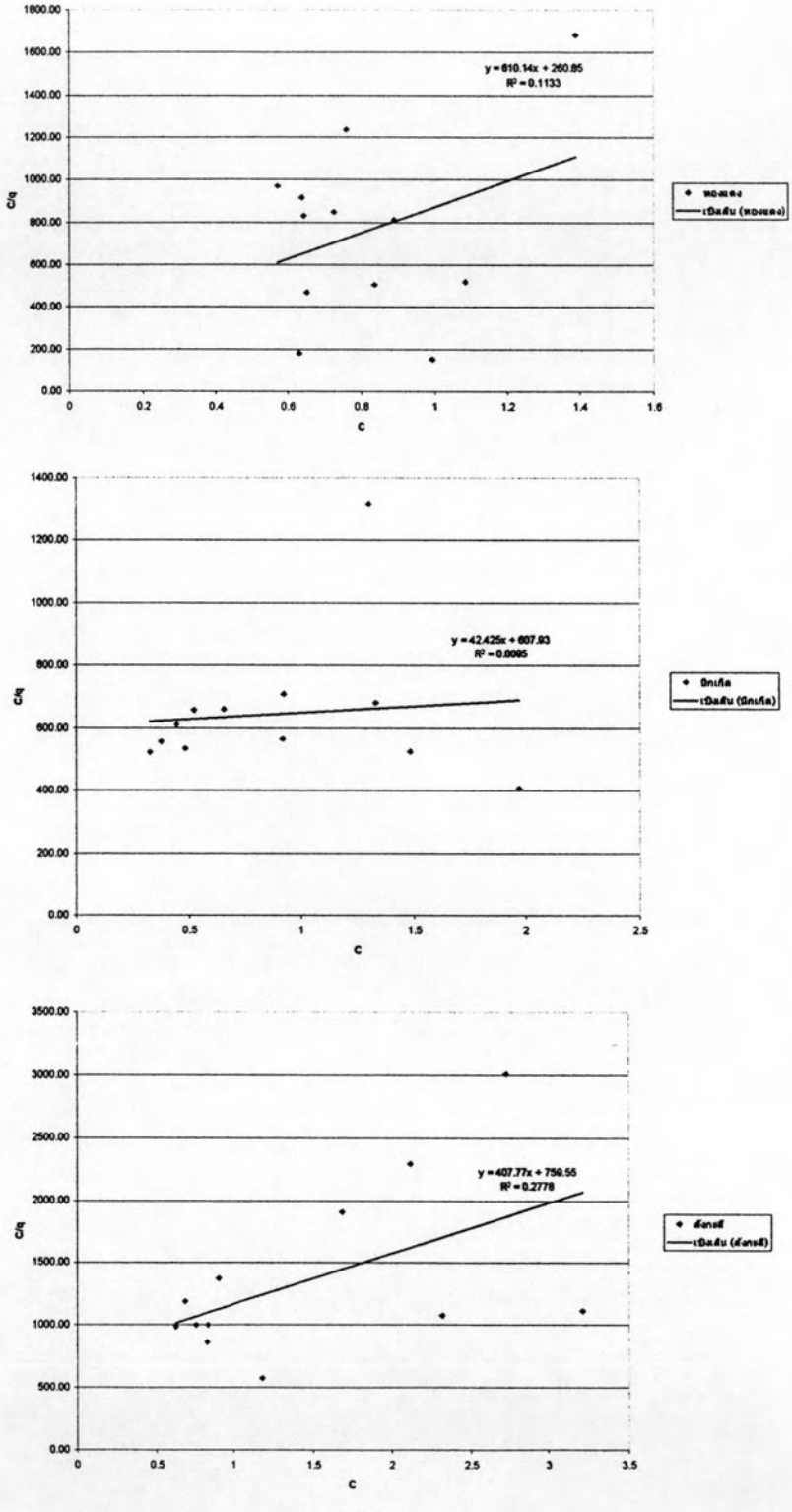
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
	กรัม		ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	%
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	3.00	สังกะสี	5.00	5.62	5.00	0.684	4.316	86.32
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.75	สังกะสี	5.00	5.60	5.00	0.626	4.374	87.48
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.50	สังกะสี	5.00	5.58	5.00	0.903	4.097	81.94
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.25	สังกะสี	5.00	5.55	5.00	0.755	4.245	84.90
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.51	5.00	0.833	4.167	83.34
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.75	สังกะสี	5.00	5.49	5.00	0.825	4.175	83.50
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.50	สังกะสี	5.00	5.45	5.00	1.685	3.315	66.30
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.25	สังกะสี	5.00	4.43	5.00	2.116	2.884	57.68
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1.00	สังกะสี	5.00	5.41	5.00	2.730	2.27	45.40
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.75	สังกะสี	5.00	3.39	5.00	1.182	3.818	76.36
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.50	สังกะสี	5.00	5.34	5.00	2.316	2.684	53.68
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	0.25	สังกะสี	5.00	5.33	5.00	3.209	1.791	35.82

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

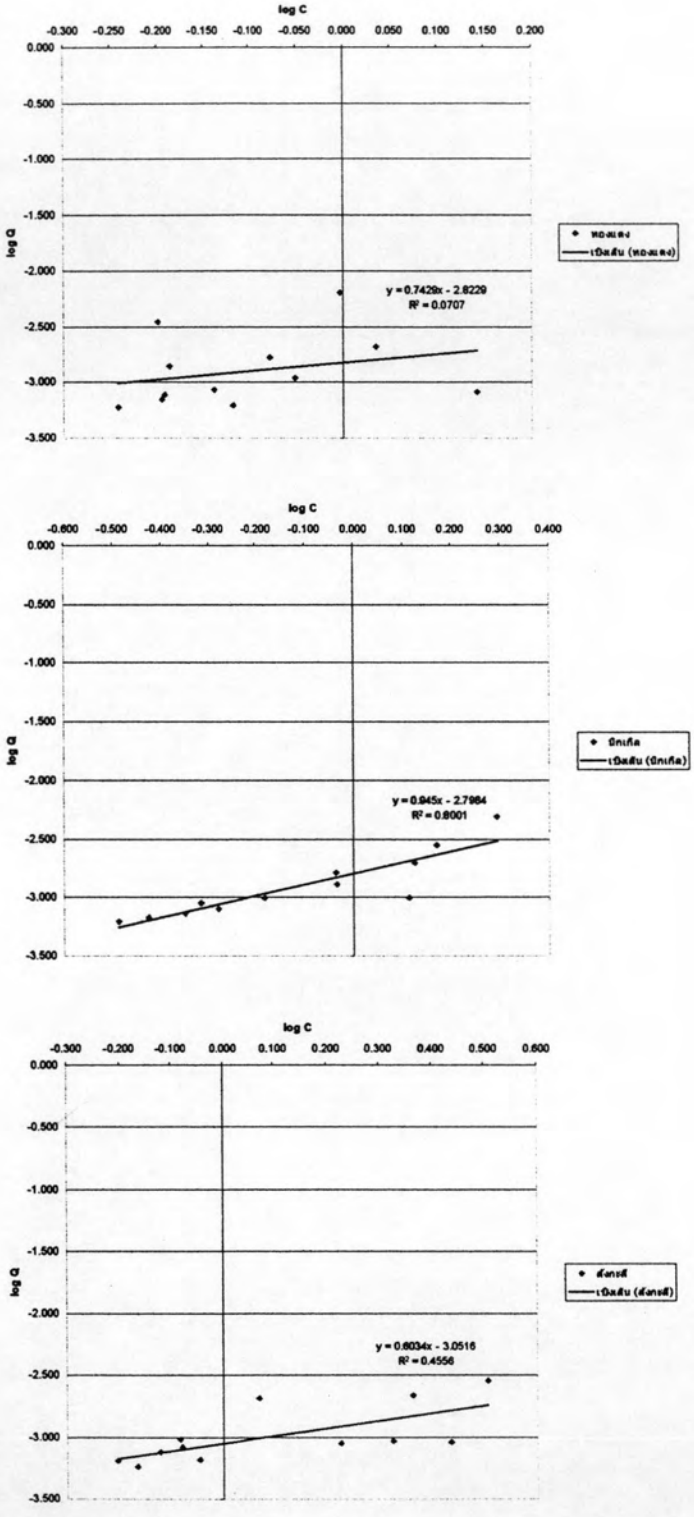
- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.12 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการแปรเปลี่ยนปริมาณเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.684	4.316	7.500	5.75E-04	1188.60	-0.165	-3.240
5.00	0.626	4.374	6.875	6.36E-04	983.94	-0.203	-3.196
5.00	0.903	4.097	6.250	6.56E-04	1377.53	-0.044	-3.183
5.00	0.755	4.245	5.625	7.55E-04	1000.44	-0.122	-3.122
5.00	0.833	4.167	5.000	8.33E-04	999.52	-0.079	-3.079
5.00	0.825	4.175	4.375	9.54E-04	864.52	-0.084	-3.020
5.00	1.685	3.315	3.750	8.84E-04	1906.11	0.227	-3.054
5.00	2.116	2.884	3.125	9.23E-04	2292.82	0.326	-3.035
5.00	2.730	2.270	2.500	9.08E-04	3006.61	0.436	-3.042
5.00	1.182	3.818	1.875	2.04E-03	580.47	0.073	-2.691
5.00	2.316	2.684	1.250	2.15E-03	1078.61	0.365	-2.668
5.00	3.209	1.791	0.625	2.87E-03	1119.84	0.506	-2.543



รูปที่ ง.7 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดโลหะหนัก



รูปที่ ง.8 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดโลหะหนัก

ตารางที่ ง.13 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.45	5.00	0.757	4.24	84.86
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.47	10.00	1.155	8.85	88.45
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.46	20.00	3.810	16.19	80.95
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	ทองแดง	5.00	5.47	50.00	17.525	32.48	64.95
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.52	5.00	0.684	4.32	86.32
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.56	10.00	1.452	8.55	85.48
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.58	20.00	6.083	13.92	69.59
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	นิกเกิล	5.00	5.61	50.00	32.300	17.70	35.40
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.54	5.00	0.407	4.59	91.86
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.55	10.00	1.363	8.64	86.37
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.53	20.00	3.916	16.08	80.42
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2.00	สังกะสี	5.00	5.57	50.00	21.060	28.94	57.88

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.14 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนักในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	0.757	4.24	5.00	8.49E-04	892.057	-0.121	-3.071
10.00	1.155	8.85	5.00	1.77E-03	652.911	0.063	-2.752
20.00	3.810	16.19	5.00	3.24E-03	1176.652	0.581	-2.490
50.00	17.525	32.48	5.00	6.50E-03	2698.229	1.244	-2.187
5.00	0.684	4.32	5.00	8.63E-04	792.400	-0.165	-3.064
10.00	1.452	8.55	5.00	1.71E-03	849.321	0.162	-2.767
20.00	6.083	13.92	5.00	2.78E-03	2185.457	0.784	-2.555
50.00	32.300	17.70	5.00	3.54E-03	9124.294	1.509	-2.451
5.00	0.407	4.59	5.00	9.19E-04	443.184	-0.390	-3.037
10.00	1.363	8.64	5.00	1.73E-03	789.248	0.135	-2.763
20.00	3.916	16.08	5.00	3.22E-03	1217.359	0.593	-2.493
50.00	21.060	28.94	5.00	5.79E-03	3638.563	1.323	-2.237

ตารางที่ ง.15 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

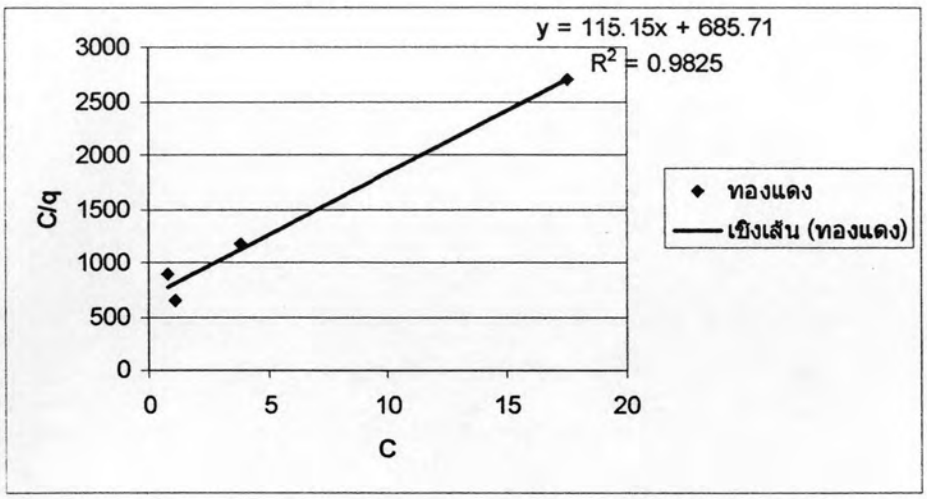
เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.97	5.00	1.152	3.85	76.96
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.99	10.00	3.144	6.86	68.56
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.96	20.00	5.930	14.07	70.35
ไม่ปรับสภาพ	2.00	ทองแดง	5.00	4.95	50.00	37.500	12.50	25.00
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.23	5.00	4.541	0.46	9.18
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.21	10.00	2.425	7.58	75.75
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.23	20.00	11.165	8.84	44.17
ไม่ปรับสภาพ	2.00	นิกเกิล	5.00	5.25	50.00	49.518	0.48	0.96
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.25	5.00	0.9907	4.01	80.18
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.27	10.00	2.984	7.02	70.16
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.23	20.00	6.018	13.98	69.91
ไม่ปรับสภาพ	2.00	สังกะสี	5.00	5.26	50.00	34.540	15.46	30.92

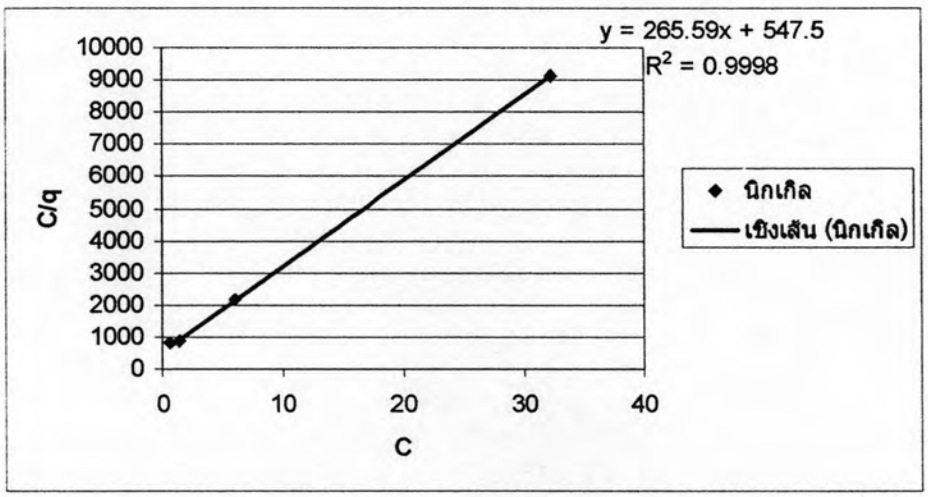
หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

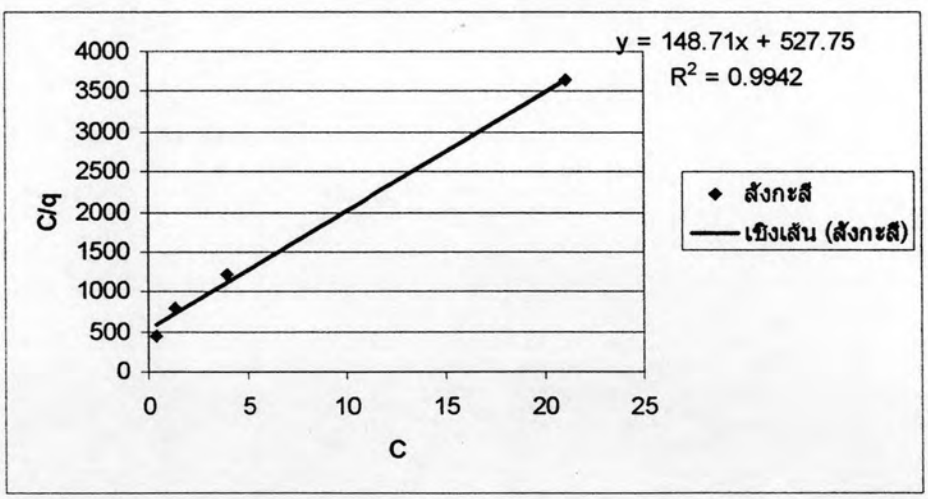
- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ง.16 การวิเคราะห์หาไอโซเทอมในการการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนักในการกำจัดสังกะสีออกจากน้ำเสีย โดยใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

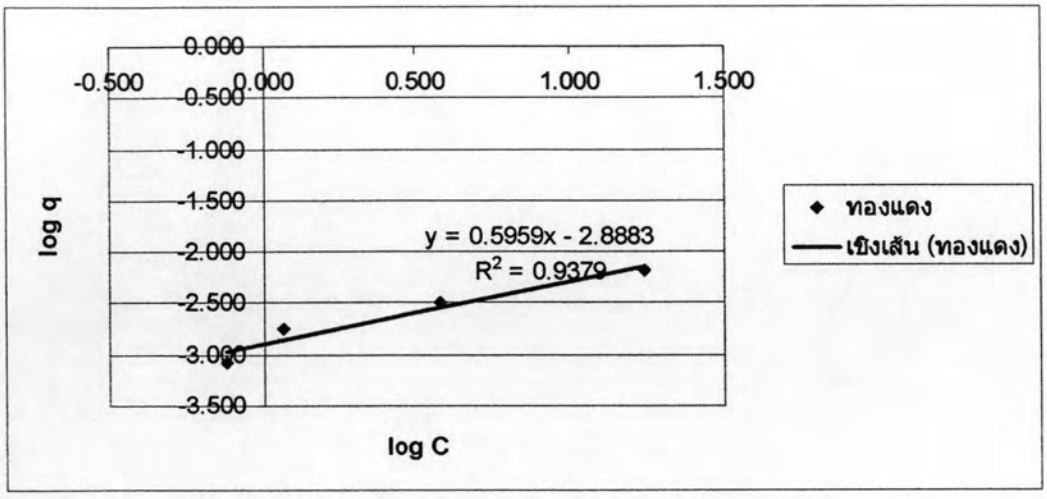
C_0 mg/l	C mg/l	$\Delta C = C-C_0$ mg/l	M g/l	$q = \Delta C/(1000M)$ mg/g	C/q g/l	log C	log q
5.00	1.152	3.85	5	7.70E-04	1496.88	0.06	-3.11
10.00	3.144	6.86	5	1.37E-03	2292.88	0.50	-2.86
20.00	5.930	14.07	5	2.81E-03	2107.32	0.77	-2.55
50.00	37.500	12.50	5	2.50E-03	15000.00	1.57	-2.60
5.00	4.541	0.46	5	9.18E-05	49466.23	0.66	-4.04
10.00	2.425	7.58	5	1.52E-03	1600.66	0.38	-2.82
20.00	11.165	8.84	5	1.77E-03	6318.61	1.05	-2.75
50.00	49.518	0.48	5	9.64E-05	513672.20	1.69	-4.02
5.00	0.991	4.01	5	8.02E-04	1235.50	0.00	-3.10
10.00	2.984	7.02	5	1.40E-03	2126.57	0.47	-2.85
20.00	6.018	13.98	5	2.80E-03	2152.05	0.78	-2.55
50.00	34.54	15.46	5	3.09E-03	11170.76	1.54	-2.51

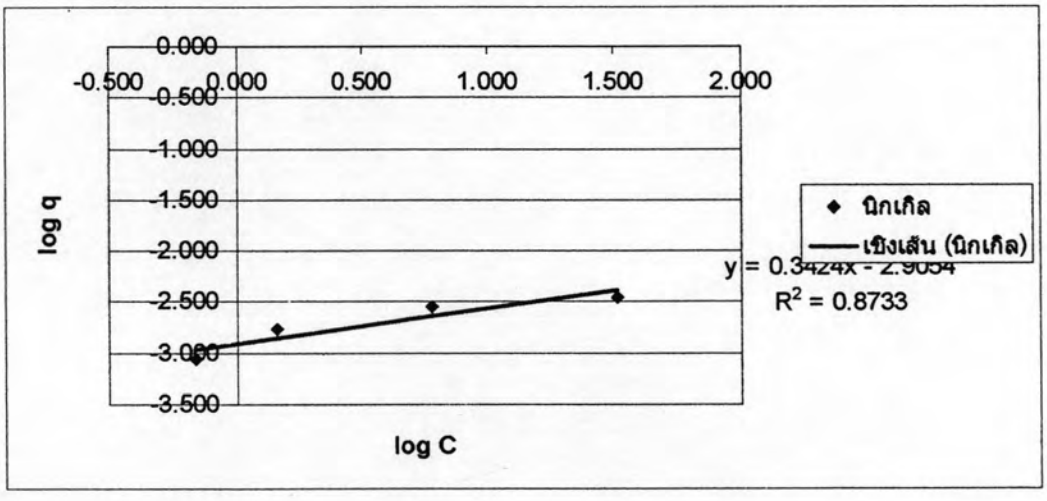


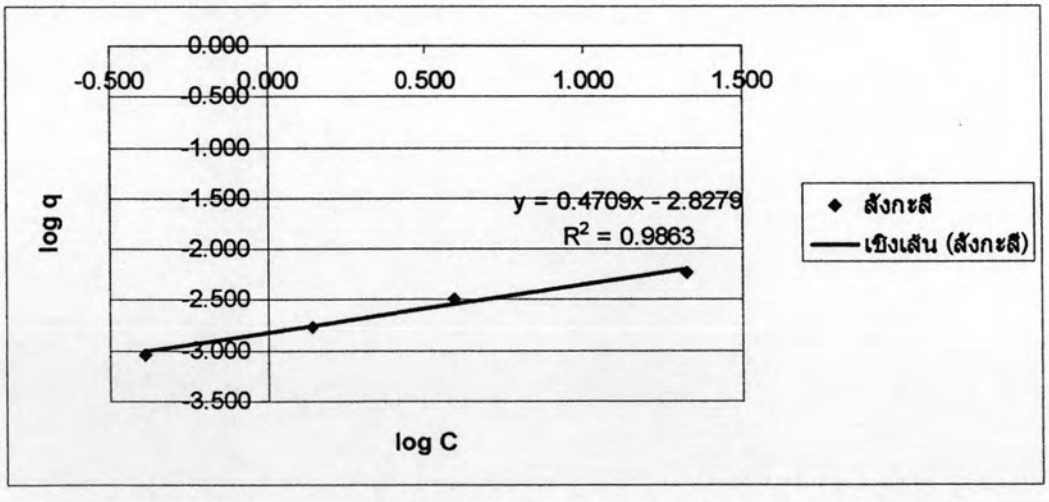




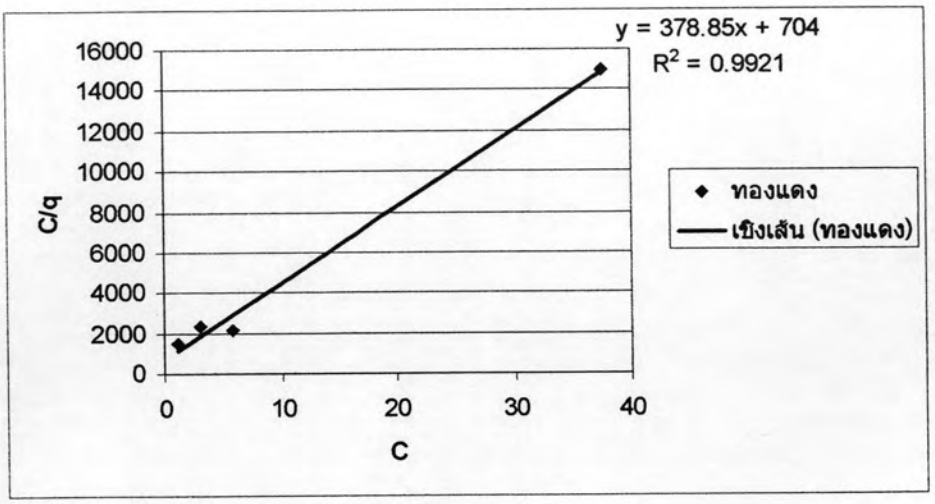
รูปที่ ง.9 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดโลหะหนัก โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้น

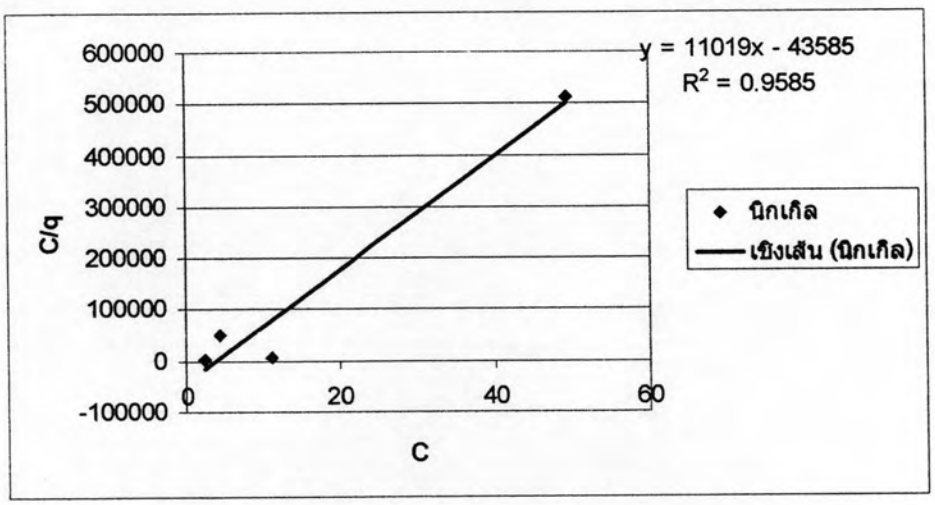


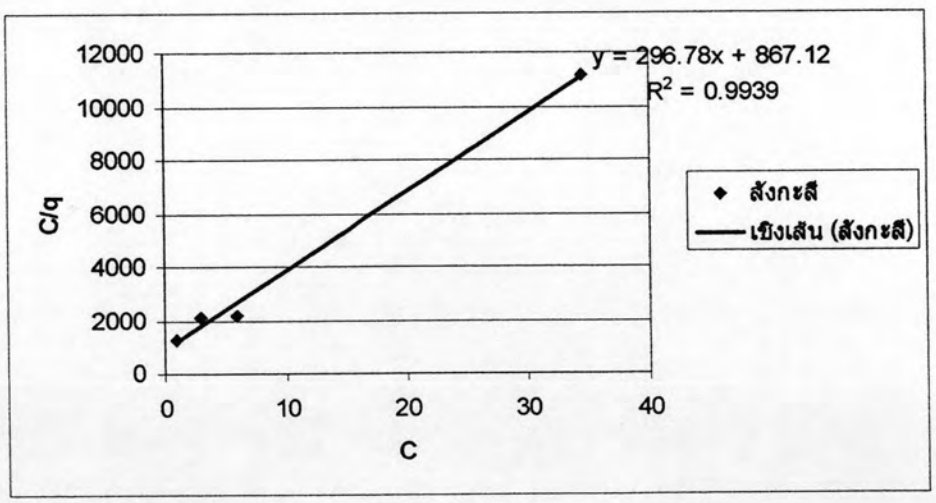




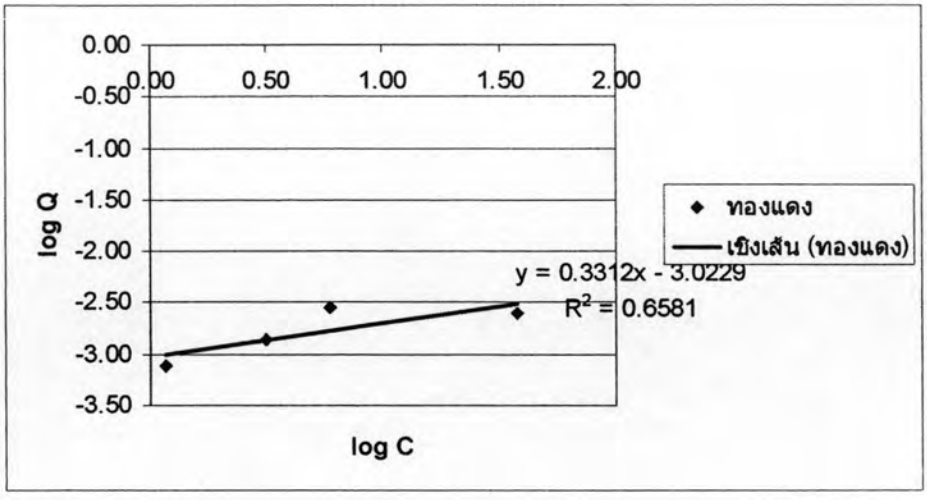
รูปที่ ง.9 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการกำจัดโลหะหนัก โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้น

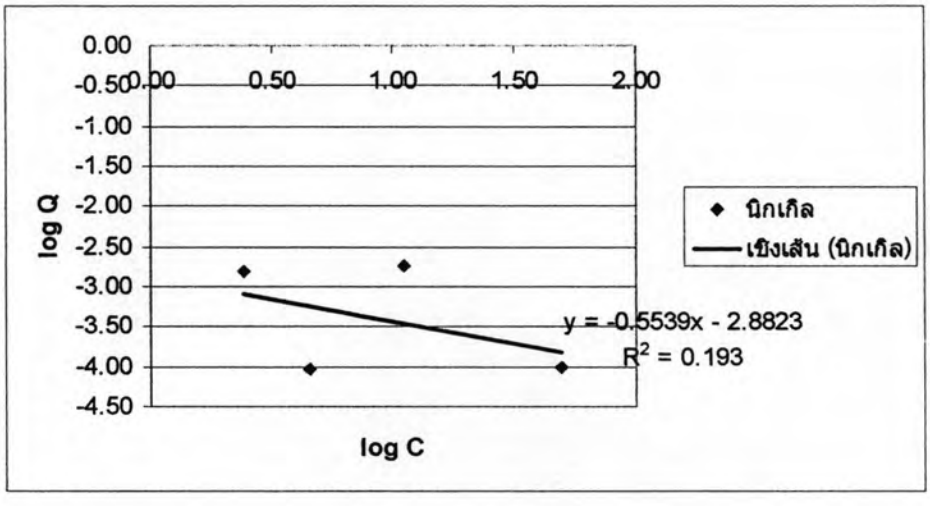


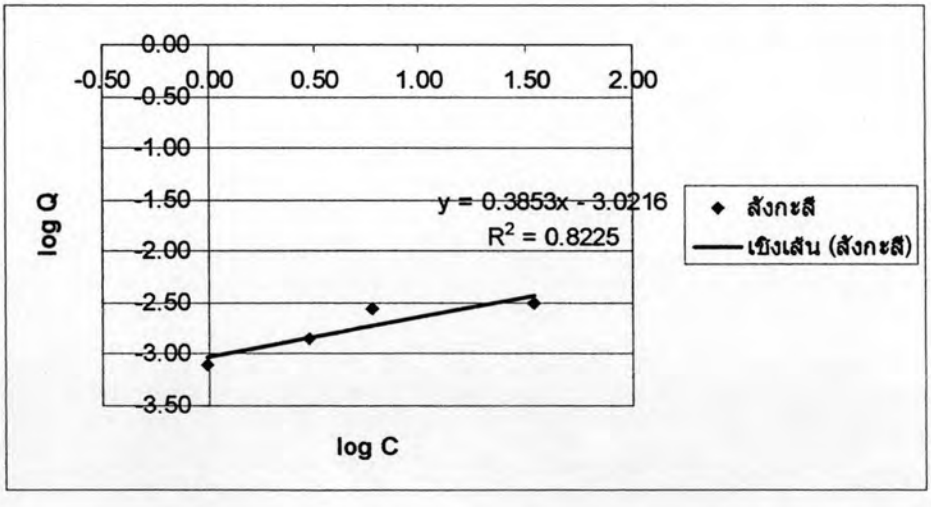




รูปที่ ง.10 แลงเมียร์ไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพในการกำจัดโลหะหนัก โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้น







รูปที่ ง.11 ฟรุนดริชไอโซเทอมของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพในการกำจัดโลหะหนัก โดยการแปรเปลี่ยนความเข้มข้น

ภาคผนวก จ.

ผลการของการปรับเปลี่ยนขนาดที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก

ตารางที่ จ.1 ผลการของการปรับเปลี่ยนขนาดที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก

ขนาด		โลหะหนัก						
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	ประสิทธิภาพ
เบอร์	มิลลิเมตร		ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	%
No.4	4.76 - 9.525	ทองแดง	5.00	5.42	5.00	0.651	4.35	86.98
No.10	2.00 - 4.76	ทองแดง	5.00	5.44	5.00	1.093	3.91	78.14
No.40	0.425 - 0.85	ทองแดง	5.00	5.45	5.00	0.583	4.42	88.34
pan	< 0.18	ทองแดง	5.00	5.54	5.00	0.698	4.30	86.04
No.4	4.76 - 9.525	นิกเกิล	5.00	5.51	5.00	0.843	4.16	83.14
No.10	2.00 - 4.76	นิกเกิล	5.00	5.53	5.00	0.777	4.22	84.46
No.40	0.425 - 0.85	นิกเกิล	5.00	5.56	5.00	0.571	4.43	88.58
pan	< 0.18	นิกเกิล	5.00	5.61	5.00	1.106	3.89	77.88
No.4	4.76 - 9.525	สังกะสี	5.00	5.55	5.00	0.681	4.32	86.38
No.10	2.00 - 4.76	สังกะสี	5.00	5.56	5.00	0.621	4.38	87.57
No.40	0.425 - 0.85	สังกะสี	5.00	5.61	5.00	0.555	4.45	88.90
pan	< 0.18	สังกะสี	5.00	5.65	5.00	0.171	4.83	96.57

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ภาคผนวก ฉ
ผลการแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

ตารางที่ ฉ.1 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	ทองแดง	5.00	5.45	5.00	0.757	4.24	84.86
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	ทองแดง	5.00	5.47	10.00	1.155	8.85	88.45
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	ทองแดง	5.00	5.46	20.00	3.810	16.19	80.95
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	ทองแดง	5.00	5.47	50.00	17.525	32.48	64.95
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	นิกเกิล	5.00	5.52	5.00	0.684	4.32	86.32
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	นิกเกิล	5.00	5.56	10.00	1.452	8.55	85.48
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	นิกเกิล	5.00	5.58	20.00	6.083	13.92	69.59
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	นิกเกิล	5.00	5.61	50.00	32.300	17.70	35.40
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	สังกะสี	5.00	5.54	5.00	0.407	4.59	91.86
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	สังกะสี	5.00	5.55	10.00	1.363	8.64	86.37
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	สังกะสี	5.00	5.53	20.00	3.916	16.08	80.42
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	2	สังกะสี	5.00	5.57	50.00	21.060	28.94	57.88

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ตารางที่ ฉ.2 ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียของเส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโลหะหนัก

เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วย	ปริมาณเส้นใย กรัม	โลหะหนัก						ประสิทธิภาพ %
		ชนิด	พีเอช		เริ่ม	เหลือ	กำจัด	
			ก่อน	หลัง	มก./ล.	มก./ล.	มก./ล.	
ไม่ปรับสภาพ	2	ทองแดง	5.00	4.97	5.00	1.152	3.85	76.96
ไม่ปรับสภาพ	2	ทองแดง	5.00	4.99	10.00	3.144	6.86	68.56
ไม่ปรับสภาพ	2	ทองแดง	5.00	4.96	20.00	5.930	14.07	70.35
ไม่ปรับสภาพ	2	ทองแดง	5.00	4.95	50.00	37.500	12.50	25.00
ไม่ปรับสภาพ	2	นิกเกิล	5.00	5.23	5.00	4.541	0.46	9.18
ไม่ปรับสภาพ	2	นิกเกิล	5.00	5.21	10.00	2.425	7.58	75.75
ไม่ปรับสภาพ	2	นิกเกิล	5.00	5.23	20.00	11.165	8.84	44.17
ไม่ปรับสภาพ	2	นิกเกิล	5.00	5.25	50.00	49.518	0.48	0.96
ไม่ปรับสภาพ	2	สังกะสี	5.00	5.25	5.00	0.991	4.01	80.18
ไม่ปรับสภาพ	2	สังกะสี	5.00	5.27	10.00	2.984	7.02	70.16
ไม่ปรับสภาพ	2	สังกะสี	5.00	5.23	20.00	6.018	13.98	69.91
ไม่ปรับสภาพ	2	สังกะสี	5.00	5.26	50.00	34.540	15.46	30.92

หมายเหตุ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมของโลหะหนักที่ใช้ในการทดลอง

- ทองแดง (Cu) ไม่เกิน 2.0 มก./ล.
- นิคเกิล (Ni) ไม่เกิน 1.0 มก./ล.
- สังกะสี (Zn) ไม่เกิน 5.0 มก./ล.

ภาคผนวก ช.

การคำนวณประมาณการค่าใช้จ่าย

1.) การประมาณการค่าใช้จ่าย

1.1) เส้นใยปาล์มที่ไม่ปรับสภาพ

เส้นใยปาล์ม 100 กรัม

ใช้น้ำปราศจากไอออนล้างจำนวน 5 ลิตร ราคาลิตรละ 0.40 บาท

ดังนั้น

มีค่าใช้จ่าย 2 บาทต่อเส้นใยปาล์ม 100 กรัม

ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำเสีย 0.40 ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ 2 กรัม

น้ำเสีย 1000 ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ 5000 กรัม

จาก การผลิตเส้นใยปาล์ม 100 กรัม จะมีค่าใช้จ่าย 2 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นดังนี้

1 ลูกบาศก์เมตร ใช้เส้นใย 5000 กรัม จะมีค่าใช้จ่าย = $\frac{2 \times 5000}{100}$

= 100 บาท

1.2) เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก

เส้นใยปาล์ม 100 กรัม

ใช้

กรดไฮโดรคลอริก 37 เปอร์เซ็นต์ ราคาลิตรละ 180 บาท

เพราะฉะนั้น กรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มัล ราคาลิตรละ 18 บาท

กรดไฮโดรคลอริก 5 ลิตร ราคาลิตรละ 18 บาท

น้ำปราศจากไอออนล้างจำนวน 10 ลิตร ราคาลิตรละ 0.40 บาท

ดังนั้น

มีค่าใช้จ่าย 94 บาทต่อเส้นใยปาล์ม 100 กรัม

ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำเสีย 0.40 ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ 2 กรัม

น้ำเสีย 1000 ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ 5000 กรัม

จาก การผลิตเส้นใยปาล์ม 100 กรัม จะมีค่าใช้จ่าย 94 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นดังนี้

1 ลูกบาศก์เมตร ใช้เส้นใย 5000 กรัม จะมีค่าใช้จ่าย = $\frac{94 \times 5000}{100}$

= 4700 บาท

นอกจากนี้ หากรวมค่าใช้จ่ายในการบำบัดกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (8500 บาท/ตัน)

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียทั้งหมด = 4700 + 2125

= 6825 บาท

1.3) เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก

เส้นใยปาล์ม	100	กรัม	

ใช้

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 50 เปอร์เซ็นต์	15	กรัม	ราคากิโลกรัมละ 30 บาท
โซเดียมไฮดรอกไซด์	1	กรัม	ราคา 80 บาทต่อ 250 มิลลิลิตร
น้ำปราศจากไอออนล้างจำนวน	15	ลิตร	ราคาลิตรละ 0.40 บาท

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายประมาณ 7.50 บาทต่อเส้นใยปาล์ม 100 กรัม ที่ความเข้มข้นน้ำเสีย 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

น้ำเสีย	0.40	ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ		2	กรัม
น้ำเสีย	1000	ลิตร จะใช้เส้นใยปาล์มที่ปรับสภาพ		5000	กรัม
จาก	การผลิตเส้นใยปาล์ม	100	กรัม จะมีค่าใช้จ่าย	7.50	บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร เป็นดังนี้

1 ลูกบาศก์เมตร ใช้เส้นใย 5000 กรัม จะมีค่าใช้จ่าย = $\frac{7.50 \times 5000}{100}$

= 375 บาท

ภาคผนวก ซ

มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ตารางที่ ช.1 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ไม่เกิน 3,000 มก/ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล. - น้ำทิ้งที่จะระบายลงแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มก./ล. หรือลงสู่ทะเลค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก.ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105oC เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4. อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40°C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6. ซัลไฟด์ (Sulfide as H2S)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Titrate
7. ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid
8. น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือ ประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
9. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Aminoantipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรือแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen)	ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	Kjeldahl
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.หรืออาจแตกต่างแล้วแต่ละประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	Atomic Absorption Spectro Photometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductively Coupled Plama : ICP

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
2. โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (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. นิคเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
9. แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
10. อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	Atomic Absorption Spectrophotometry ชนิค Hydride Generation หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิค Inductively Coupled Plasma : ICP
11. เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	
12. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Atomic Absorption Cold Vapour Techique

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสิริกุลกันยา พิพิธวัฒนาพันธุ์ เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม พ.ศ.2526 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปีการศึกษา 2547 และได้เข้าทำการศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2548