รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห์. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2522.

ทบวงมหาวิทยาลัย. คณะอนุกรรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาเคมีตามโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมหาวิทยาลัย. เคมีเล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อักษรเจริญทัศน์, 2528.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง. กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

โรงงานสุราบริษัทแสงโสม จำกัด. งานสิ่งแวดล้อมฝ่ายเทคนิคและการผลิต. สำนักงานกลุ่มบริษัทสุราทิพย์, 2529. (อัดสำเนา)

สุเมธ ชวเดช. เอกสารประกอบการบรรยาย การฝึกอบรมวิชาการเรื่อง "การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพของโรงงานประกอบกิจการอาหารและเครื่องดื่ม". กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Abdo, M.S., and Sedahmed, G.H. A new technique for removing hexavalent Chromium from wastewater via galvanic reduction with Iron scrap. World Congress of Chemical Engineering, June 16-21, pp. 10-14. Karlsruhe, Germany, 1991.

Allmand, J. The principles of electrochemical engineering. 1st ed. New York: 1931.

APHA, AWWA, and WPCF. Standard method of the examination of water and wastwater. 17th ed. New York: American Public Health Association, 1989.

Berger, K. Electrochemical engineering. 2nd ed. New York: 1987.

Biwyk, A. Electrocoagulation of biologically treated sewage. World Congress of Chemical Engineering, June 16-21, pp. 41-49. Karlsruhe, Germany, 1991.

Clarence, R.H. Electrolysis in a particulate carbon packing. U.S.Pat 3,616,356 , October 26, 1971.

Clesceri, L.S., Greenbery, A.E., Trrssell, R.R., Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th edition, American Public Health Association, 1987.

Comninellis, C. Electrochemical treatment of waste water containing phenol. ICHEME Symposium series 127 (1992): 97-103.

Ding, Z., Min, C.W., and Hui, W.Q. A study on the use of bipolar-particles-electrodes in decolorization of dyeing effluents. Wat. Sci. Tech. 19 (1987): 391-400.

Heitz, E., and Kreysa, G. Principles of electrochemical engineering. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft, 1985.

Krause, W.A. and Shea E.P. System for electrocatalytic treatment of waste water streams. U.S.Pat 4,179,347 , December 18, 1979.

Laferty, H., Riper, A., and Zuundel, F. Electrooxidation of heavy metal. World Congress of Chemical Engineering, June 16-21, pp. 51-52. Karlsruhe, Germany, 1991.

Lee, S.K. Electrochemical contamination removal from aqueous media.. U.S. Pat 3,926,754 , December 16, 1975

Mcdonald, H., Electrolytic reduction of chromium (VI) and copper using coke electrodes. USBM.RI8472, 1980.

Mendia, L. Electrochemical processes for wastewater treatment. Wat. Sci. Tech. 14 (1982): 331-344.

Migo, V.P., et al. Decolorization of molasses wastewater using an inorganic flocculant. Journal of Fermentation and Bioengineering 75 (1993): 438-442.

Molina, C., Rigal, C., and Lacoste, G. Electrotreatment of industrial wastewaters and products: A good way for environmental protection. World Congress of Chemical Engineering, June 16-21, pp. 20-21. Karlsruhe, Germany, 1991.

Ohmomo, S., et al. Adsorption of Melanoidin to the *Mycelia of Aspergillus Oryzae Y-2-32*. Agric. Biol. Chem. 52 (1988): 381-386.

Ohmomo, S., et al. Decolorization of molasses wastewater by a Thermophilic Strain, *Aspergillus fumigatus G-2-6*. Agric. Biol. Chem. 51 (1987): 3339-3346.

Ohsasa, K., Nakakura, H., and Sambuichi, M. Development of electroflotation technique using sacrificial electrodes for treatment of oily wastewater. World Congress of Chemical Engineering, June 16-21, pp. 1-2. Karlsruhe, Germany, 1991.

Oloman, M. Tutorial lectures in electrochemical Eng. and Tech-II. AIChE Symposium Series 79 (1983): 69-77.

Patermarakis, G., and Fountoukidis, E. Disinfection of water by electrochemical treatment. Wat. Res. 24 (1990): 1491-1496.

Pretorius, W., Johannes, W., and Lempert, G. 1991. Electrolytic iron flocculant production with a bipolar electrode in series arrangement. Water SA. 17 (April 1991): 133-138.

Reussard, S., Benezech, J.F. and Lacoste, G. Removal of hexavalent chromium converting to chromium hydroxide by treatment in an electrochemical reactor. ICHEME Symposium series 127 (1992): 97-103

Rojo, S.A. Apparatus for removing impurities from waste water. U.S.Pat 4,149,953 , April 17,1979.

Suntud Sirianuntapiboon, et al. Microbial decolorization of molasses wastewater by *Mycelia Sterilia D90*. Agri. Biol. Chem. 52 (1988): 393-398.

Suntud Sirianuntapiboon, et al. Screening of filmentous fungi having the ability to decolorize molasses pigments. Agri. Biol. Chem. 52 (1988): 387-392.

Zuranski, D. Electrochemical supplementation to ion exchange for groundwater treatment. Waste Business Magazine 5 (November 1994): 23-27.

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์

ก 1 สี (Colour)

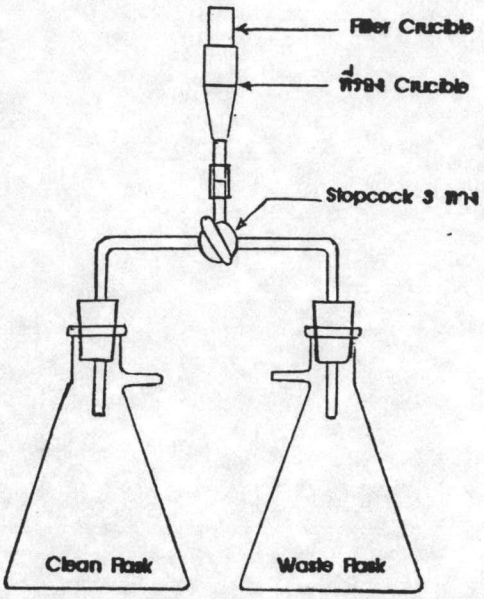
ที่มา APHA , AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์น้ำเสียในการบำบัดที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างมาแล้วด้วยเครื่อง Spectrophotometer ชนิด Spectronic 21 ผลิตโดย Bausch & Lomb ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร

การเตรียมตัวอย่าง

นำน้ำเสียตัวอย่างจำนวน 50 มิลลิลิตร centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เพื่อแยกของแข็งแขวนลอยที่มีปริมาณมากออก ใส่ 0.1 กรัมของ filter aid ในน้ำเสียตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge แล้วจำนวน 10 มิลลิลิตร นำมากรองใน filter crucible ของเครื่องมือกรองดังแสดงในรูปที่ ก.1 โดยให้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองไหลลงใน waste flask ผลในการกรองครั้งนี้เพื่อให้ filter aid เคลือบอยู่บนผิว filter crucible ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกรองน้ำตัวอย่างในการกรองครั้งต่อไป จากนั้นใส่ 40 มิลลิกรัมของ filter aid ในน้ำเสียตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge แล้วจำนวน 35 มิลลิลิตร นำมากรองผ่าน filter crucible ที่มี filter aid เคลือบอยู่โดยอาศัยแรงดูดช่วย ให้น้ำเสียตัวอย่างที่ผ่านการกรองไหลลงใน waste flask จนกระทั่งได้น้ำเสียตัวอย่างที่ใส จึงควบคุม stopcock 3 ทาง ให้น้ำเสียตัวอย่างที่เหลือไหลลงใน clear flask จากนั้นนำน้ำตัวอย่างใน clear flask จำนวน 25 มิลลิลิตรไปทำการหา %Transmittance โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank คือต้องปรับเครื่องมือให้อ่าน %Transmittance เท่ากับ 100 จากนั้นจึงใส่น้ำเสียที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างใน absorption cell ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรที่สะอาดด้วยปริมาณที่เหมาะสม นำไปวัด %Transmittance ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตรด้วยเครื่อง



รูปที่ ก.1 เครื่องมือกรองในการวิเคราะห์สี

Spectrophotometer

ก 2 pH

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง pH meter 7020 Electronic Instruments Limited

<u>หมายเหตุ</u> : รายละเอียดการใช้เครื่อง pH meter ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้นๆ

ก 3 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง Conductometer

<u>หมายเหตุ</u> : รายละเอียดการใช้เครื่อง Conductometer ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้นๆ

ก 4 COD

ที่มา APHA , AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

ใส่ 0.4 กรัมของ $HgSO_4$ ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำเสียตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที นำมาทำให้เจือจางจำนวน 20 มิลลิลิตร (หรือน้อยกว่า แต่เติมน้ำกลั่นจนครบ 20 มิลลิลิตร) เขย่า เติม 10 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ เข้มข้น 0.25 N ใส่ glass beads ค่อยๆ เติม 30 มิลลิลิตรของสารละลาย conc H_2SO_4 + Ag_2SO_4 เขย่าให้เข้ากัน รีฟลักประมาณ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ล้างด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 140 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น ไตเตรต $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วยสารละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ เข้มข้น 0.1 N ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว โดยใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำเสียตัวอย่าง

วิธีคำนวณ

$$COD(mg/l) = \frac{(D-S) \times N \times 8{,}000}{V}$$

เมื่อ D = ปริมาตรของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ใช้ไตเตรต blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาตรของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ใช้ไตเตรตน้ำเสียตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ (Normality)

V = ปริมาตรของน้ำเสียตัวอย่าง

<u>หมายเหตุ</u> : กรณีที่มีการเจือจางน้ำเสียตัวอย่างต้องนำค่า dilution factor มาคูณด้วย

ก 5 BOD

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง BOD HACH MODEL 2173B

หมายเหตุ : รายละเอียดการใช้เครื่อง BOD HACH ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้นๆ

ก 6 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)

ที่มา APHA , AWWA และ WPFC (1989)

ก 7 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids)

ที่มา APHA , AWWA และ WPFC (1989)

ก 8 ซัลเฟต (Sulphate)

ที่มา ฝ่ายเทคนิคฯ โรงงานสุราบริษัทแสงโสม จำกัด

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาทีนาน 10 นาที จำนวน 50 มิลลิลิตรใส่ในถ้วยระเหย นำไประเหยบนเครื่องขังไอน้ำจนแห้ง จึงนำไปเผาที่ 650 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำเถ้าในถ้วยระเหยที่ได้ไปละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้นจำนวน 6 มิลลิลิตรพร้อมด้วยน้ำกลั่น โดยใช้แท่งคนละลายเถ้าในถ้วยระเหยให้หมด นำสารละลายที่ได้ทั้งหมดใส่ในขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วต้มสารละลายให้เดือดประมาณ 30 นาที จึงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองหมายเลข 1 ปรับปริมาตรของสารละลายที่ผ่านการกรองให้เป็น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้เรียกว่า stock solution

ปิเปต stock solution จำนวน 25 มิลลิลิตรใส่ในขวดเออเลนเมเยอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 50 มิลลิลิตร ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ 4.5-5 ด้วยสารละลาย conc. NH_4OH และสารละลาย NH_4OH เข้มข้น 3 N โดยใช้เมทธิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์ กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองหมายเลข 1 จึงใส่สารละลายที่ผ่านการกรองใน

ขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปเติมกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้นจำนวน 2 มิลลิลิตร แล้วต้มสารละลายให้ร้อนจนใกล้เดือด จึงเติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์เข้มข้น 10% จำนวน 5 มิลลิลิตรพร้อมเขย่า ตั้งสารละลายทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง อบกระดาษกรองหมายเลข 42 ให้แห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก เพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์ กรองตะกอน $BASO_4$ ของสารละลายที่ตั้งทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงโดยอาศัยแรงดูดช่วย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด รอจนแห้ง นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator หาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีคำนวณ

$$SO_4^{2-}\,(mg/l) = \frac{M \times 1{,}646{,}312.831}{V}$$

เมื่อ M = น้ำหนักตะกอน (กรัม)

V = ปริมาตรของน้ำเสียตัวอย่างที่นำมาระเหย (มิลลิลิตร)

ก 9 โพแทสเซียม (Potassium)

ที่มา ฝ่ายเทคนิคฯ โรงงานสุราบริษัทแสงโสม จำกัด

เตรียม stock solution วิธีเดียวกับการเตรียม stock solution ของซัลเฟต ปิเปต stock solution จำนวน 10 มิลลิลิตรใส่ในขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 25 มิลลิลิตร ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50% , สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 N และสารละลายกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 1 N กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองหมายเลข 1 จึงใส่สารละลายที่ผ่านการกรองในขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็นกรดด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 N แล้วจึงเติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 N เพิ่มอีก 1 มิลลิลิตร เติม Sodium Cobaltinitrite 20% จำนวน 5 มิลลิลิตร พร้อมกวน ณ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง อบกระดาษกรองหมายเลข 42 ให้แห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศา

เซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator แล้วชั่งน้ำหนัก วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์ กรองตะกอนโดยอาศัยแรงดูดช่วย ใช้สารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.01 N ในการล้างตะกอน นำกระดาษกรองไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator หาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีคำนวณ

$$K^{+}\,(mg/l) = \frac{M \times 1,721.6093}{V}$$

เมื่อ M = น้ำหนักตะกอน (กรัม)

V = ปริมาตรของน้ำเสียตัวอย่างที่นำมาระเหย (มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ข

การหาความยาวคลื่นเพื่อวิเคราะห์สี

นำน้ำเสียตัวอย่างมาวิเคราะห์หา %Transmittance ที่แต่ละความยาวคลื่นตามตารางที่ ข.1 ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในกรณีที่ต้องการความแม่นยำมากในการหาความยาวคลื่น ต้องทำการวิเคราะห์ %Transmittance ทั้งหมด 30 ลำดับ แต่ถ้าต้องการหาความยาวคลื่นที่พอใช้งานได้ สามารถวิเคราะห์ %Transmittance เพียง 10 ลำดับคือ ลำดับที่ 2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26 และ 29 เมื่อวิเคราะห์ %Transmittance ของน้ำเสียตัวอย่างแล้วให้ทำตาราง %Transmittance ที่สอดคล้องกับความยาวคลื่นของตารางที่ ข.1 หาผลรวม %Transmittance ในแต่ละสดมภ์ของ X, Y และ Z จากนั้นนำผลรวมแต่ละสดมภ์คูณด้วยผลคูณที่เหมาะสม (สำหรับ 10 ลำดับหรือ 30 ลำดับ) ดังแสดงที่ท้ายตารางที่ ข.1 ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่า tristimulus value X, tristimulus value Y และ tristimulus value Z จากนั้นคำนวณค่า trichromatic coefficient x,y จาก tristimulus X, Y และ Z โดยใช้สมการต่อไปนี้

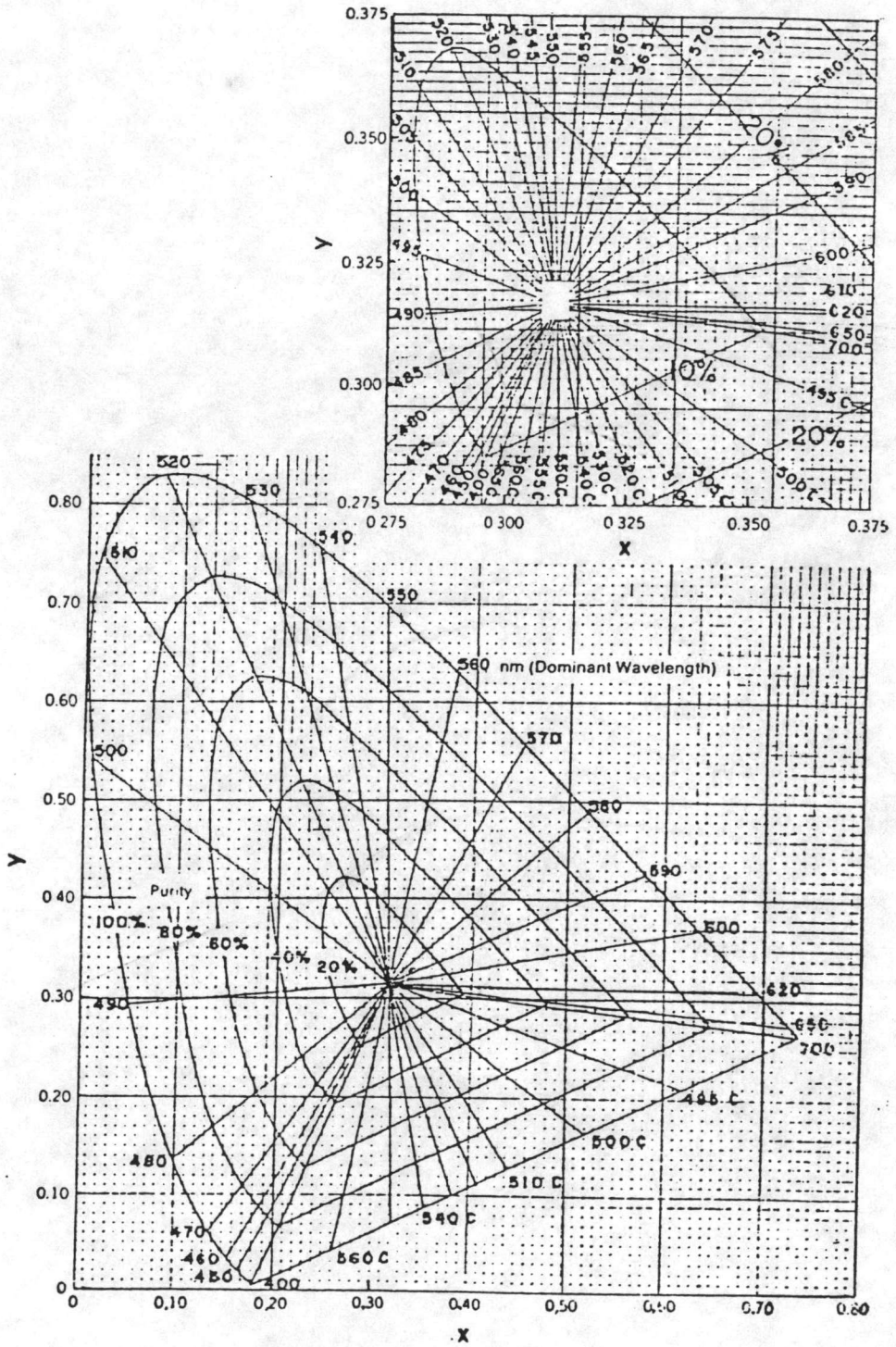
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

เมื่อได้ค่า trichromatic coefficients x,y แล้ว นำไปกำหนดจุด (x,y) ใน Chromaticity diagrams ดังรูปที่ ข.1 เพื่อหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียตัวอย่าง นอกจากนี้สามารถหาสีจากค่าความยาวคลื่นที่ได้โดยใช้ตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.1 ลำดับของความยาวคลื่นที่ใช้หาความยาวคลื่นที่เหมาะสมสำหรับน้ำตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

ลำดับที่	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)		
	X	Y	Z
1	424.4	465.9	414.1
2	435.5	489.5	422.2
3	433.9	500.4	426.3
4	452.1	508.7	429.4
5	461.2	515.2	432.0
6	474.0	520.6	434.3
7	531.2	525.4	436.5
8	544.3	529.8	438.6
9	552.4	533.9	440.6
10	558.7	537.7	442.5
11	564.1	541.4	444.4
12	568.9	544.9	446.3
13	573.2	548.4	448.2
14	577.4	551.8	450.1
15	581.3	555.1	452.1
16	585.0	558.5	454.0
17	588.7	561.9	455.9
18	592.4	565.3	457.9
19	596.0	568.9	459.9
20	599.6	572.5	462.0
21	603.3	576.4	464.1
22	607.0	580.4	466.3
23	610.9	584.8	468.7
24	615.0	589.6	471.4
25	619.4	594.8	474.3
26	624.2	600.8	477.7
27	629.8	607.7	481.8
28	636.6	616.1	487.2
29	645.9	627.3	495.2
30	663.0	647.4	511.2
	Factors เมื่อวิเคราะห์ทั้งหมด 30 ลำดับ		
	0.03269	0.03333	0.03938
	Factors เมื่อวิเคราะห์เพียง 10 ลำดับ		
	0.09806	0.10000	0.11814



รูปที่ ข.1 Chromaticity diagrams

ตารางที่ ข.2 สีที่สอดคล้องกับช่วงความยาวคลื่นต่างๆ

ช่วงความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สี
400 - 465	ม่วง
465 - 482	น้ำเงิน
482 - 497	น้ำเงินแกม
497 - 530	เขียวเขียว
530 - 575	เขียวแกม
575 - 580	เหลืองเหลือง
580 - 587	เหลืองแกมส้ม
587 - 598	ส้ม
598 - 620	ส้มแกมแดง
620 - 700	แดง

ตัวอย่างการคำนวณ ใช้น้ำกากส่าเจือจางเป็นน้ำตัวอย่างในการหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สีของน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลอง โดยนำไปวิเคราะห์หา %Transmittance ที่แต่ละความยาวคลื่นตามตารางที่ ข.1 ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.3 %Transmittance ทั้งหมด 30 ลำดับของน้ำกากส่าเจือจาง ณ ความยาวคลื่นต่างๆ ที่สอดคล้องกับตารางที่ ข.1

ลำดับที่	%Transmittance		
	X	Y	Z
1	5.0	15.0	3.3
2	6.9	25.1	5.6
3	8.6	30.9	5.1
4	10.9	34.0	6.0
5	13.1	37	6.1
6	17.9	40.0	7.0
7	45.0	42.0	7.0
8	50.0	44.0	7.5
9	52.9	46.0	8.0
10	55.1	47.5	8.2
11	56.8	49.0	8.9
12	58.9	50.0	9.0
13	59.6	51.9	10.0
14	61.1	53.0	10.0
15	62.0	54.0	11.0
16	63.1	55.0	11.2
17	64.1	56.0	12.0
18	65.5	57.0	12.4
19	66.4	58.0	13.0
20	67.2	59.4	14.0
21	67.2	61.0	14.2
22	69.2	62.2	15.0
23	70.0	63.0	16.0
24	71.1	64.1	17.0
25	72.0	65.2	18.0
26	73.0	68.0	19.6
27	74.1	69.2	21.4
28	76.0	71.3	24.0
29	78.0	73.9	28.4
30	80.9	78.1	35.9
	1,621.60	1,580.80	384.8

$$X = 0.03269 \times 1{,}621.6 = 53.010104$$

$$Y = 0.03333 \times 1{,}580.8 = 52.688064$$

$$Z = 0.03938 \times 384.8 = 15.153424$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$= \frac{53.010104}{53.010104 + 52.688064 + 15.153424}$$

$$= 0.439$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

$$= \frac{52.688064}{53.010104 + 52.688064 + 15.153424}$$

$$= 0.436$$

เพราะฉะนั้น (x,y) = (0.439,0.436) นำไปกำหนดจุดใน Chromaticity diagrams ดังรูปที่ ข.1 จะได้ช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมคือ 570-580 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับสีเหลืองตามตารางที่ ข.2

ดังนั้น ความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สีของน้ำกากส่าเจือจางคือ 580 นาโนเมตร

ภาคผนวก ค

ข้อมูลการทดลอง

ในภาคผนวก ค ได้แสดงข้อมูลการทดลองในการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ ที่ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองของบทที่ 3 ดังนี้

ตาราง ค.1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า

ตาราง ค.2 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า

ตาราง ค.3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Fe-Fe, Al-Al, Pt-Pt, Pt-Fe, Pt-Al เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า

ตาราง ค.4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe, Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวลท์ ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า

ตาราง ค.5 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวลท์ ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่า

ตาราง ค.6 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวน 2, 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8, 1.6 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4, 6, 8, 10 โวลท์ ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า

ตาราง ค.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่างๆ โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวน 2, 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8, 1.6 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 4, 6, 8, 10 โวลท์ ที่ความเข้มข้นน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่า

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ต่อตารางเมตร, A/m^2) เป็นตัวแทนของแต่ละการทดลองดังนี้

ตาราง ค.8 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.1

ตาราง ค.9 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.2

ตาราง ค.10 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.3

ตาราง ค.11 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.4

ตาราง ค.12 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.5

ตาราง ค.13 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.6

ตาราง ค.14 แสดงความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าในการทดลองของตาราง ค.7

ตาราง ค1 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่าโดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)									COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity (mS)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)	
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	0	3	6	8	เริ่มต้น	เริ่มต้น	สุดท้าย
0.8	Pt - Pt	4	6	2.1	8	38.4		42.8	47			61.8	65.2	68	4,139	3,900	3,648	2,951	2.13	232.5	65
	Pt - Pt	4	10	5.1	4	29.6	42	50.2	59	68									2.03		
	Pt - Pt	4	10	4.4	4	36.2	41	51	62	66									1.87	136	56
	Pt - Pt	6	6	2.6	8	29	31.5	35	40	45.5		53.2	58.8	67.3					2.42	371	139
	Pt - Pt	6	6	3.4	8	38.9		49	55		66	71	74.2	79	4,008	3,725		3,482	2.05		

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	pH ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)									อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)								
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0.8	Pt - Pt	4	6	2.1	8	5.48		5.15	5.1			5	5.05	5.1	27		33.5	35.5			39	40	40
	Pt - Pt	4	10	5.1	4	5.76		6.2							27			61	64				
	Pt - Pt	4	10	4.4	4	6.05	6.15	5.8	6.1						27		52	60					
	Pt - Pt	6	6	2.6	8	5.6	5.3	5.1	5	4.7		5.2	5.3	5.4	27	34	37	39.5	41.5	43	43.5	44	44.5
	Pt - Pt	6	6	3.4	8	5.3		5	4.9		4.8	4.75	4.8	4.9	25	32	36	39	41	42.5	44	44.5	45

ตาราง ค2 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่าโดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)										COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity (mS)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)	
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	3	6	8	เริ่มต้น	เริ่มต้น	สุดท้าย
0.8	Pt - Pt	2	6	1.3	9	18			19			24		29	33					3.83	740	410
*	Pt - Pt	2	7.17	2.68	9	20		24				36.5		44.2	50.5					3.69	274	124
	Pt - Pt	4	6	2.6	8	20		23	28	31	35.5	41	43	48.2		7,879	6,580		6,407	3.06		
*	Pt - Pt	4	6	1.6	8		20	21	24	28	32	39	44	47.5		8,064			6,452	3.32	737	216
	Pt - Pt	4	7.16	5.61	8	17		31	41	47		64	73.2	80.5		7,448	6,360	5,858	6,025	3.95		
*	Pt - Pt	6	6	3.56	8	17	17.8	25.5	36	46	54.2	64.2	71.6									

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	pH ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)										อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)								
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0.8	Pt - Pt	2	6	1.3	9	5.21			5.2			5.15		5.1	5.2	28.5			32.5			36		36.5
*	Pt - Pt	2	7.17	2.68	9	5.12		5.21	5.2			4.91		4.82	4.78	27			42	49	56	58		49
	Pt - Pt	4	6	2.6	8	4.95			4.8			4.7		4.6		27		34.5	37.5	39.5	41	42	42	42.5
*	Pt - Pt	4	6	1.6	8	5	5	5.1	5	4.9	4.8	4.8	5	4.9		28	32.5	35	38	40	40.5		40.5	
	Pt - Pt	4	7.16	5.61	8	5.2			5.1			4.8		4.8		25	45	64	72	63.5	59.5	54	51	49
*	Pt - Pt	6	6	3.56	8	5.8	5.2	5	4.9	4.72	4.7	4.5	4.52			27.5	35	41.5	47	49.5	51.5	52	52	

ตาราง ค3 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่าโดยใช้อิเล็กโตรดชนิดต่างๆ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)									COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity (mS)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)	
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	0	3	6	8	เริ่มต้น	เริ่มต้น	สุดท้าย
0.8	Fe - Fe	4	6	2.3	3	33	52	80	94						4,751	2,529					
	Al -Al	4	6	2.1	3	38.5	39	78	88						4,765	2,707					
	Pt - Pt	4	6	2.1	8	38.4		42.8	47			61.8	65.2	68	4,139	3,900	3,648	2,951	2.13	232.5	65
	Pt - Fe	4	6	2.2	3	38.5	56	81	93						4,765	2,635					
	Pt - Al	4	6	2.5	3	33	73	87	87						4,751	2,567					

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	pH ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)						อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)						
						0	2	3	6	7	8	0	1	2	3	6	7	8
0.8	Fe - Fe	4	6	2.3	3	5.6	6	7.8				26	31	35	37			
	Al -Al	4	6	2.1	3	5.45	7.3	7.5				25.5	30.5	35	37			
	Pt - Pt	4	6	2.1	8	5.48	5.15	5.1	5	5.05	5.1	27		33.5	35.5	39	40	40
	Pt - Fe	4	6	2.2	3	5.45	7.3	8				26	30.5	34	37			
	Pt - Al	4	6	2.5	3	5.6	7	7.45				26	33	37	40			

ตาราง ค4 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่าโดยใช้อิเล็กโตรดชนิดต่างๆ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)								COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity (mS)
						0	1	2	3	4	5	7	8	0	3	4	8	เริ่มต้น
0.8	Pt - Al	4	6	6.6	3	20	52.6	69	87					10,335	8,366			4.35
	Pt - Al	4	6	7.7	3	11	35	68.2	87.2					10,700	5,144			4.42
	Pt - Fe	4	6	4.4	4	10			78.3	87				11,111		9,425		4.58
	Pt - Pt	4	6	1.7	8		20	21	24	28	32	44	47.5	8,064			6,452	3.32
	Pt - Pt	4	6	2.6	8	20		23	27.8	31	35.5	43	48.2	7,879	6,580		6,407	3.06

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)									ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)		
						0	1	2	3	4	5	6	7	8	เริ่มต้น	สุดท้าย	
																ทั้งหมด	ส่วนใส
0.8	Pt - Al	4	6	6.6	3										1,965	12,750	
	Pt - Al	4	6	7.7	3	29.5	46	56	65.5						195	14,180	20
	Pt - Fe	4	6	4.4	4	26.5			45	46					1,955	12,300	
	Pt - Pt	4	6	1.7	8	28	32.5	35	38	40	40.5		40.5		737	216	
	Pt - Pt	4	6	2.6	8	27		34.5	37.5	39.5	41	42	42	42.5			

ตาราง ค5 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่าโดยใช้อิเล็กโตรดชนิดต่างๆ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)		ค่าการนำไฟฟ้า Conductivity (mS)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)			ปริมาตรที่ใช้ในการบำบัด (ลบ.ซม.)
						0	1	2	3	0	3	เริ่มต้น	เริ่มต้น	สุดท้าย		
														ทั้งหมด	ส่วนใส	
0.8	Pt - Al	4	6	5.6	3	2.8	5	41	55	21,042	15,833	7.85	500	17,090	683	1,900
	Pt - Fe	4	6	4.3	3	1	2	30	48	20,868	17,355	7.83	520	19,240	น้อยมาก	2,200

ตาราง ค6 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่าโดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวนอิเล็กโตรด 2, 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8, 1.6 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 4, 6, 8, 10 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)											COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)										
						0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1.6	Pt - Al	4	4	2.14	5	14	14	14	18	23.2	29.8	39	43.2	53.7	62	62	11,042		10,104		8,083		7,250		6,667		6,167
	Pt - Fe	4	4	1.75	5	9	1.2	1	1	8	22.3	40	50.5	56.8	60	69	10,771		10,672		8,617		7,545		6,722		6,166
	Pt - Al	4	6	3.68	4	13.8	13	17	29	41.5	51.4	60	68	77			11,053					6,715	6,533	6,302	6,095		
	Pt - Al	4	6	3.65	4	14.5	15	21	31.5	39	51	62	69	72.3			10,345						7,330	6,142	5,819		
	Pt - Fe	4	6	3.21	3.5	8	1	1	25	48	61.5	68	75.5				10,968						6,482	6,166			
	Pt - Al	4	8	5.03	3	13.5	13.5	26.2	41	56.5	70.8	79					10,645			6,936		6,016	5,469				
	Pt - Fe	4	8	4.68	3.5	9	1	11.2	42.5	58		83.5	87				10,897	10,577		7,265		6,278	5,756	5,299			
	Pt - Al	4	9.7	7.85	2.5	14	22	40	64	80.5	86.4						11,067					6,621					
	Pt - Al	2	9.1	2.48	5	14	12.5	13	22	29	36	44	51.2	59.5	64.8	68	11,042		9,917		8,083		7,000		6,500		6,280
	Pt - Fe	2	9.5	2.75	5	8	1	0.8	1.8	27	44.7	54	66	71.5	75.2	79	11,702		11,063		8,426		7,600		6,809		6,128
0.8	Pt - Al	4	4	3.84	3.5	14	13.5		35	52	59	69.3	72				10,729			7,490		6,275		5,972			
	Pt - Fe	4	4	3.49	4	7.9	1	1	12	49.5	58	70	80	83.8			11,179		10,061	8,645		6,771		5,930	5,528		
	Pt - Al	4	6	7.79	3	14.2	19	36.2	61.6	71	83.2	90					10,798						5,642				
	Pt - Al	4	6	7.42	2.5	11.3	16.3	32	57.5	71	83.7						12,247		8,259		6,964	6,640					
	Pt - Fe	4	6	6.18	3	10.5	1	58.3		81	86	91					10,632				5,651	5,364	4,981				
	Pt - Al	4	7.5	9.65	2	14	45.8	57.3	74	89							10,744		6,612	5,903	5,888						
	Pt - Fe	4	7.5	7.74	2	9.2	0.8	45.8	68	79.5							11,260	10,640	7,851	6,280	5,620						
	Pt - Pt	4	7.4	4.4	4	16				21				29			9,502								8,966		
	Pt - Al	2	9.2	4.9	2.5	13.8	12	22	57.2	61	69						11,157		8,264		6,694	6,364					
	Pt - Fe	2	9.7	5.58	2.5	7	0.8	30	53	70.4	81						11,245		8,417		6,333	5,917					

ตาราง ค6 - ต่อ -

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	pH ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)											ค่าการนำไฟฟ้า (mS) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)										
						0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1.6	Pt - Al	4	4	2.14	5	5	5.7	6.12	6.7	6.9	7.12	7.15	7.25	7.34	7.5	7.5	4.2	4.06	4.02	3.96	3.98	3.96	3.88	3.81	3.79	3.71	3.69
	Pt - Fe	4	4	1.75	5	4.9	5.68	6.1	5.82	6.1	6.1	6.3	6.5	6.52	6.6	6.85	4.05	3.75	3.8	3.75	3.73	3.69	3.64	3.63	3.59	3.57	3.58
	Pt - Al	4	6	3.68	4	5.2								7.5													
	Pt - Al	4	6	3.65	4	5.25	6.23							7.7													
	Pt - Fe	4	6	3.21	3.5	5.25	6.1	6.57	6.5	6.8	7.3	7.6	7.9														
	Pt - Al	4	8	5.03	3	5.2	6.5	7	7.2	7.1	7.8	7.8															
	Pt - Fe	4	8	4.68	3.5	5.1	6.15	6.35	6.35	6.9		8	8														
	Pt - Al	4	9.7	7.85	2.5	5.35					7																
	Pt - Al	2	9.1	2.48	5	5.2	6	6.48	6.95	7.12	7.23	7.3	7.38	7.5	7.55	7.65	4.12	4.04	4.02	3.92	3.97	3.83	3.81	3.8	3.78	3.74	3.85
	Pt - Fe	2	9.5	2.75	5	5.05	5.85	6.25	6.6	6.4	6.5	6.7	6.9	7.2	7.45	7.75	3.99	3.83	3.8	3.73	3.67	3.73	3.74	3.71	3.63	3.63	3.67
0.8	Pt , Al	4	4	3.84	3.5	5.15	6.32		7	7.05	7.1	7.35	7.5														
	Pt - Fe	4	4	3.49	4	5.1	6.1	6.4	7.1	7.1	6.85	7.5	8.2	8.2			4.3	4.02	3.99	3.83	3.79	3.83	3.8	3.76	3.76		
	Pt - Al	4	6	7.79	3	5.3						8															
	Pt - Al	4	6	7.42	2.5	5	6.45	7.15	7.4	7.7	7.5						4.55	4.45	4.28	4.04	4.05	3.92					
	Pt - Fe	4	6	6.18	3	5.1	6.3	7.1		8.14	8.35	8.4															
	Pt - Al	4	7.5	9.65	2	5.15	7	7.4	7.5																		
	Pt - Fe	4	7.5	7.74	2	5	6.65	6.95	7.9	8.3							4.11	3.94	3.78	3.72	3.68						
	Pt - Pt	4	7.4	4.4	4	4.95				4.5				4.48													
	Pt - Al	2	9.2	4.9	2.5	5	6.5	7	7.1	7.3	7.32						4.1	4.04	4.03	3.84	3.75	3.82					
	Pt - Fe	2	9.7	5.58	2.5	5.1	5.64	6.25	6.7	7.48	7.95						3.97	3.84	3.68	3.56	3.46	3.41					

ตาราง ค6 - ต่อ -

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)			ปริมาณของแข็งทั้งหมด Total Solids (mg/l)			BOD (mg/l)		SO_4^{2-} (mg/l)		K^+ (mg/l)		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)										
						เริ่มต้น	สุดท้าย		เริ่มต้น	สุดท้าย		เริ่มต้น	สุดท้าย	เริ่มต้น	สุดท้าย	เริ่มต้น	สุดท้าย											
							ทั้งหมด	ส่วนใส		ทั้งหมด	ส่วนใส							0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
1.6	Pt - Al	4	4	2.14	5	355	7,180		12,780	14,860				2,007	624			29	30	32	34	35	36	37	38	39	39.5	40
	Pt - Fe	4	4	1.75	5	395	6,940	20				5,061	3,061	1,338	1,294			30	31	32	33	33.5	34	35	36	36.5	37	37.5
	Pt - Al	4	6	3.68	4	320	9,100							614	221	1,750	1,750	30	34.5	38.5	43	46						
	Pt - Al	4	6	3.65	4													29	33	37.5	41.5	45	47	49.5	51	54		
	Pt - Fe	4	6	3.21	3.5	596	9,010	64						673	384	1,750	1,750	27	30	32.5	34.5	37	38.5	40	41			
	Pt - Al	4	8	5.03	3	896	7,990	30						692	311	1,750	1,750	27	34	43	47	52	55	59				
	Pt - Fe	4	8	4.68	3.5	1,272	13,770	238						636	298	1,750	1,750	28	33	38	43	48	52	55	57			
	Pt - Al	4	9.7	7.85	2.5													29	46	56	66	74	80.5					
	Pt - Al	2	9.1	2.48	5	315	8,240	500	12,850	16,640	8,240	4,322	2,267	1,116	604			28	33	37	41	45	47	49	50	50	51	51
	Pt - Fe	2	9.5	2.75	5	570	11,740	47	13,120	19,760	8,085	5,028	3,472	914	760			29	33	36.5	40	43	46	49	51.5	53	55	56
0.8	Pt - Al	4	4	3.84	3.5	628	8,400							591	230	1,750	1,750	30	33.5	37	40	42	44	46	48.5			
	Pt - Fe	4	4	3.49	4	310	12,920	88	12,660	20,320	7,530	3,822	2,711	1,059	591			29	31	33	35	37	38	40	41	42		
	Pt - Al	4	6	7.79	3													29	38	47	54	59	63	67				
	Pt - Al	4	6	7.42	2.5	1,860	12,240	210	15,760		8,910	5,733	3,011	601	239	2,000	2,000	28	37	44	50	56	60					
	Pt - Fe	4	6	6.18	3	324	13,780	48						594	196	1,750	1,500	28	33	38	43	47	50	52				
	Pt - Al	4	7.5	9.65	2	4,496	16,110							565	405	1,750	1,750	30		50		74						
	Pt - Fe	4	7.5	7.74	2	870	13,100	36				5,506	2,728	501	249			29	38	45	51							
	Pt - Pt	4	7.4	4.4	4									403	313			27		35.5		40		45.5		49		
	Pt - Al	2	9.2	4.9	2.5	715	9,240	328	12,130	18,280	8,335	4,844	2,844	644	314	1,750	1,750	28	36	45	51	57	60					
	Pt - Fe	2	9.7	5.58	2.5	1,130	11,380	100				5,694	3,083	956	390			30	39	46.5	54	62.5	67					

ตาราง ค7 ผลการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่าโดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวนอิเล็กโตรด 2, 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8, 1.6 เซนติเมตร แรงดันไฟฟ้า 4, 6, 8, 10 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	% Transmittance ที่ 580 nm ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)								COD (mg/l) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)				
						0	1	2	3	4	5	6	7	0	2	4	6	7
1.6	Pt - Al	4	4	2.26	7	1.5		2	5	12	28	37	41	21,457	19,028	14,980	12,045	10,628
	Pt - Fe	4	4	2.04	7	1		0.8	2	8	20	34	47	20,000	16,852	13,519	11,204	10,185
	Pt - Al	4	6	3.85	7	1.2	2	6.5	23	35	47	59.5	69	21,862	16,059	12,146	10,729	10,324
	Pt - Fe	4	6	3.81	7	1		13	43	58	64	75	84	21,400	14,200	10,600	9,000	8,100
	Pt - Al	2	6	1.7	7	1.5		2		4	7	13	21	21,308	20,464	17,722	14,346	13,186
	Pt - Fe	2	6	1.43	7	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.9	1.5	3.5	22,134	21,937	20,553	16,601	15,810
	Pt - Al	4	6.9	7.7	4	2.5	10.5	32.3	60	70				22,541		12,740		
	Pt - Al	2	8	2.4	7	1.5		2.2	6	15	28	33	36	21,757	19,456	14,853	12,866	12,239
	Pt - Fe	2	8	2.44	7	1		0.5	9	22	42	53	65	20,833	17,659	13,294	11,409	10,516
	Pt - Al	2	10	3.24	7	1.5		5	18	29	38	46	58	20,318	16,135	11,952	11,056	10,259
	Pt - Fe	2	10	3.04	7	1		4	23	39	50	61	70	20,385		12,692	10,577	10,000
0.8	Pt - Al	4	4	4.17	6	1.2	2.5	12.5	23	38	62	66		22,521	15,014	11,674	10,847	
	Pt - Fe	4	4	3.16	7	1		10	32	44	57	70	79	21,825	14,683	12,103	9,722	8,631
	Pt - Al	2	6	2.59	7	1	2	7	10.5	19.5	26.5	30	42	25,510	16,463	13,469	11,713	11,633
	Pt - Fe	2	6	2.09	7	1		0.5	3	11	21	28	35	20,307	17,625	14,368	12,931	12,261
	Pt - Al	2	8	3.98	7	1	1.5	9	20	28	34	47	63.5	22,267	15,655	12,146	11,134	10,931
	Pt - Fe	2	8	3.3	7	1	0.5	9	33.5	57	68	76.5	78					
	Pt - Fe	2	8	3.84	7	1	0.8	9	32	53	68	77.5	79	20,612	14,898	12,245	10,000	9,796
	Pt - Al	2	9.4	4.39	7	2	3	17	26	39	57	70	72.3	21,548	13,389	11,297	10,460	10,356
	Pt - Fe	2	9.6	4.81	7	1	0.8	16.5	47.5	72	83	83.5	85	21,457	14,170	10,931	9,919	9,717

ตาราง ค7 - ต่อ -

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	pH ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)								ค่าการนำไฟฟ้า (mS) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)							
						0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
1.6	Pt - Al	4	4	2.26	7	5.3		6.15	6.5	6.9	7.25	7.4	7.58	6.42		6.19	6.09	6.01	6	5.85	5.79
	Pt - Fe	4	4	2.04	7	4.6		6.1	5.95	6.05	6.05	6.1	6.1	5.94		5.9	5.86	5.81	5.8	5.79	5.65
	Pt - Al	4	6	3.85	7	5.3	6.05	6.6	6.8	7.35	7.65	7.65	7.7	7.11	6.82	6.76	6.6	6.41	6.21	6.2	6.06
	Pt - Fe	4	6	3.81	7	4.9		6.5				7.8	8	7.01		6.64	6.5			6.46	6.4
	Pt - Al	2	6	1.7	7	5.05		6.1		6.7	6.95	7.2	7.25	6.45		6.16		6.17	6.17	6.08	6.02
	Pt - Fe	2	6	1.43	7	5.3	6.35	6.38	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	7	6.9	6.84	6.82	6.81	6.79	6.78	6.67
	Pt - Al	4	6.9	7.7	4	5.05	6.55	7.4	7.15	7.4				8.5							
	Pt - Al	2	8	2.4	7	5.1		6.3	6.5	6.75	7.25	7.3	7.4	6.72		6.48	6.39	6.35	6.25	6.16	6.12
	Pt - Fe	2	8	2.44	7	5.2		6.25	6.55	6.58	6.65	6.82	7	6.56		6.19	6.09	6.05	6.03	6.02	5.99
	Pt - Al	2	10	3.24	7	5.3		6.7	7.3	7.35	7.35	7.52	7.63	6.88		6.69	6.43	6.4	6.37	6.25	6.19
	Pt - Fe	2	10	3.04	7	5.25		6.8	6.95			7.1	7.6	6.58		6.39	6.3	6.28	6.26	6.22	6.21
0.8	Pt - Al	4	4	4.17	6	5.5	6.3	6.55	6.75	7.1	7.3	7.4		7.3		6.92	6.73	6.58	6.45	6.36	6.23
	Pt - Fe	4	4	3.16	7	4.9		6		6.3	6.8	7.8	8	6.78		6.61	6.52	6.41	6.33	6.2	6.16
	Pt - Al	2	6	2.59	7	5.25	5.7	6.2	6.5	6.7	6.7	6.85	6.95	7.7	7.41	7.39	7.1	7.02	6.98	6.89	6.83
	Pt - Fe	2	6	2.09	7	5		6.3	6.45	6.45	6.45	6.8	6.8	6.47		6.27	6.13	6.03	6	6.02	5.91
	Pt - Al	2	8	3.98	7	5.3	6.4	6.7	7.15	7.1	7.35	7.5	7.5	6.8	6.61	6.59	6.47	6.26		6.05	6.04
	Pt - Fe	2	8	3.3	7																
	Pt - Fe	2	8	3.84	7	4.5	6.05	6.25	6.38	6.9	7.2	8.1	8.1	6.65	6.52	6.38	6.24	6.16	5.98	5.95	5.93
	Pt - Al	2	9.4	4.39	7	4.7	6.2	6.95	7.2	7.36	7.49	7.5	7.5	6.39	6.2	5.92	5.84	5.73	5.67	5.63	5.59
	Pt - Fe	2	9.6	4.81	7	4.6	5.05	6.1	6.9	7.9	8.28	8.62	8.95	6.44	6.27	6.2	6.07	5.9	5.72	5.6	5.55

ตาราง ค7 - ต่อ -

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (ซม.)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)	ปริมาณสารแขวนลอย Suspended Solids (mg/l)			ปริมาณของแข็งทั้งหมด Total Solids (mg/l)			BOD (mg/l)		SO_4^{2-} (mg/l)		K^+ (mg/l)		อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ณ เวลาต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง (ชั่วโมง)							
						เริ่มต้น	สุดท้าย		เริ่มต้น	สุดท้าย		เริ่มต้น	สุดท้าย	เริ่มต้น	สุดท้าย	เริ่มต้น	สุดท้าย	0	1	2	3	4	5	6	7
							ทั้งหมด	ส่วนใส		ทั้งหมด	ส่วนใส														
1.6	Pt - Al	4	4	2.26	7	110	8,300	4,475	21,100	20,480	16,960	6,822	5,488	967	626			25	30	33	36	38	40	41	41.5
	Pt - Fe	4	4	2.04	7	227	12,820	45	20,360	27,980	13,660	7,404	5,072	919	649			25	28	30	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5
	Pt - Al	4	6	3.85	7	2,230	19,000	513	25,000	31,200	12,565	7,700	5,380	527	278			24	33.5	41.5	47	52	55.5	56	57.5
	Pt - Fe	4	6	3.81	7	5,800	28,320	180	28,260	42,820	10,960	7,960	3,738	1,475	1,334			25	33	38.5	43	47	48	49	49
	Pt - Al	2	6	1.7	7	820	6,120	4,920	23,100	20,720	19,010	7,049	5,493					24	29.5	33.5	36.5	38.5	40	41	42
	Pt - Fe	2	6	1.43	7	2,247	8,140	680	24,940	26,580	19,900	8,244	6,244	1,195	1,040			25	28	31	32	34.5	35.5	36.5	37
	Pt - Al	4	6.9	7.7	4	385	19,567							1,539	792	3,500	3,500	30	56	75	80	81			
	Pt - Al	2	8	2.4	7	860	11,180	5,020	22,640	24,580	18,240	6,160	4,361	562	417			25	31.5	40	45	48.5	52	53	54
	Pt - Fe	2	8	2.44	7	87	16,880	50	20,840	29,520	13,420	5,800	4,912	705	563			25	31	35	40.5	44	47	49	50
	Pt - Al	2	10	3.24	7	1,727	14,060	1,030	23,540	27,880	14,320	8,378	5,378	1,423	502			25	36	48	56	60.5	64.5	66	67
	Pt - Fe	2	10	3.04	7	907	20,780	15	21,840	33,760	13,140	6,044	4,488	925	820			25	34	44	50	54		58	59.5
0.8	Pt - Al	4	4	4.17	6	2,280	18,280	780	24,960	31,440	13,427	8,320	4,463	772	324			25	36	42	46	49	54	55.5	
	Pt - Fe	4	4	3.16	7	3,700	23,160	20	24,975	31,300	12,020	8,106	4,174	1,860	1,334			27	31	36	38	40	41	42	42
	Pt - Al	2	6	2.59	7	4,740	15,460	6,040	24,660	29,260	21,080	8,320	3,860	1,600	440			25	34	39.5	44	46.5	47	47.5	47
	Pt - Fe	2	6	2.09	7	273	10,880	35	20,800	25,040	15,000	6,266	5,156	1,014	568			25	29	33	36	38	39.5	40	40
	Pt - Al	2	8	3.98	7	1,290	18,520	1,060	25,380	34,560	14,055	7,920	5,700	494	199			26	39	50	57	62	64	66	65.5
	Pt - Fe	2	8	3.3	7																				
	Pt - Fe	2	8	3.84	7	1,280	26,720	20	22,540	38,680	12,625	8,320	4,876	1,543	1,408			26	37	46	53.5	57.5	60.5	62	61
	Pt - Al	2	9.4	4.39	7	1,210	22,880	675	22,210	34,600	13,140	7,542	4,320	901	836			28	48.5	62.5	68	70	70.5	71.5	72
	Pt - Fe	2	9.6	4.81	7	1,100	29,550	60	21,280	41,640	12,450	6,328	4,996	1,157				27	43.5	57	66	74	76	76.5	76

ตาราง ค8 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า โดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
0.8	Pt - Pt	4	6	2.1	93	8
	Pt - Pt	4	10	5.1	227	4
	Pt - Pt	4	10	4.4	196	4
	Pt - Pt	6	6	2.6	69	8
	Pt - Pt	6	6	3.4	91	8

ตาราง ค9 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า โดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A) 0	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
0.8	Pt - Pt	2	6	1.3	173	9
*	Pt - Pt	2	7.17	2.68	357	9
	Pt - Pt	4	6	2.6	116	8
*	Pt - Pt	4	6	1.6	76	8
	Pt - Pt	4	7.16	5.61	249	8
*	Pt - Pt	6	6	3.56	102	8

ตาราง ค10 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า โดยใช้อิเล็กโตรดชนิดต่างๆ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
0.8	Fe - Fe	4	6	2.3	102	3
	Al -Al	4	6	2.1	93	3
	Pt - Pt	4	6	2.1	93	8
	Pt - Fe	4	6	2.2	98	3
	Pt - Al	4	6	2.5	111	3

ตาราง ค11 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า โดยใช้อิเล็กโตรดชนิดต่างๆ ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
0.8	Pt - Al	4	6	6.6	293	3
	Pt - Al	4	6	7.7	342	3
	Pt - Fe	4	6	4.4	196	4
	Pt - Pt	4	6	1.7	76	8
	Pt - Pt	4	6	2.6	116	8

ตาราง ค12 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่า โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้า 6 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
0.8	Pt - Al	4	6	5.6	249	3
	Pt - Fe	4	6	4.3	191	3

ตาราง ค13 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 10 เท่า โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวนอิเล็กโตรด 2 และ 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 และ 1.6 เซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้า 4, 6, 8 และ 10 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
1.6	Pt - Al	4	4	2.14	95	5
	Pt - Fe	4	4	1.75	78	5
	Pt - Al	4	6	3.68	164	4
	Pt - Al	4	6	3.65	162	4
	Pt - Fe	4	6	3.21	143	3.5
	Pt - Al	4	8	5.03	224	3
	Pt - Fe	4	8	4.68	208	3.5
	Pt - Al	4	9.7	7.85	349	2.5
	Pt - Al	2	9.1	2.48	331	5
	Pt - Fe	2	9.5	2.75	367	5
0.8	Pt - Al	4	4	3.84	171	3.5
	Pt - Fe	4	4	3.49	155	4
	Pt - Al	4	6	7.79	346	3
	Pt - Al	4	6	7.42	330	2.5
	Pt - Fe	4	6	6.18	275	3
	Pt - Al	4	7.5	9.65	429	2
	Pt - Fe	4	7.5	7.74	344	2
	Pt - Pt	4	7.4	4.4	196	4
	Pt - Al	2	9.2	4.9	653	2.5
	Pt - Fe	2	9.7	5.58	744	2.5

ตาราง ค14 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 5 เท่า โดยใช้ Pt-Al, Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด จำนวนอิเล็กโตรด 2 และ 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 และ 1.6 เซนติเมตร ที่แรงดันไฟฟ้า 4, 6, 8 และ 10 โวลท์

ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด (cm)	ชนิดของอิเล็กโตรด	จำนวนของอิเล็กโตรด (แผ่น)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (A/m^2)	เวลาที่ใช้ในการทดลอง (h)
1.6	Pt - Al	4	4	2.26	100	7
	Pt - Fe	4	4	2.04	91	7
	Pt - Al	4	6	3.85	171	7
	Pt - Fe	4	6	3.81	169	7
	Pt - Al	2	6	1.7	227	7
	Pt - Fe	2	6	1.43	191	7
	Pt - Al	4	6.9	7.7	342	4
	Pt - Al	2	8	2.4	320	7
	Pt - Fe	2	8	2.44	325	7
	Pt - Al	2	10	3.24	432	7
	Pt - Fe	2	10	3.04	405	7
0.8	Pt - Al	4	4	4.17	185	6
	Pt - Fe	4	4	3.16	140	7
	Pt - Al	2	6	2.59	345	7
	Pt - Fe	2	6	2.09	279	7
	Pt - Al	2	8	3.98	531	7
	Pt - Fe	2	8	3.3	440	7
	Pt - Fe	2	8	3.84	512	7
	Pt - Al	2	9.4	4.39	585	7
	Pt - Fe	2	9.6	4.81	641	7

ภาคผนวก ง

วิธีการคำนวณ

ง 1 ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า

$$C = \frac{I}{A}$$

เมื่อ C = ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์ต่อตารางเมตร, A/m^2)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์, A)

A = พื้นที่ผิวอิเล็กโตรดในการทำปฏิกิริยา (ตารางเมตร, m^2)

ตัวอย่างการคำนวณ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่ใช้บำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า ปริมาตร 3 ลิตร โดยใช้ Pt-Pt กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร หนา 1 มิลลิเมตร เป็นอิเล็กโตรด จำนวน 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวลท์ กระแสไฟฟ้า 2.1 แอมแปร์

$$C = \frac{2.1}{(4-1) \times 0.05 \times 0.15} = 93$$

ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า = 93 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

ง 2 พลังงานที่ใช้ในการบำบัด

$$W = \frac{V \times I \times t}{v \times 1{,}000}$$

เมื่อ W = พลังงานที่ใช้ในการบำบัด (kWh/m^3)

V = ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลท์, V)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์, A)

t = เวลาที่ใช้ในการบำบัด (ชั่วโมง, hr)

v = ปริมาตรที่ใช้ในการบำบัด (ลูกบาศก์เมตร, m^3)

ตัวอย่างการคำนวณ อัตราการใช้พลังงานในการบำบัดน้ำกากส่าเจือจาง 20 เท่า ปริมาตร 3 ลิตร โดยใช้ Pt-Pt เป็นอิเล็กโตรด จำนวน 4 แผ่น ระยะห่างระหว่างอิเล็กโตรด 0.8 เซนติเมตร ความต่างศักย์ไฟฟ้า 6 โวลท์ กระแสไฟฟ้า 2.1 แอมแปร์ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า 93 แอมแปร์ต่อตารางเมตร เวลาในการกำจัดสีให้เหลือสีที่ 60 %Transmittance 5.60 ชั่วโมง

$$W = \frac{6 \times 2.1 \times 5.60}{(3 \div 1000) \times 1000} \times 20 = 470$$

พลังงานที่ใช้ในการบำบัด = 470 kWh/m^3

หมายเหตุ

1. ในการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการบำบัดนี้คิดจากน้ำกากส่าเริ่มต้นก่อนทำการเจือจาง นั่นคือจากสภาวะตัวอย่างการทดลองดังกล่าวเพื่อบำบัดน้ำกากส่าเริ่มต้นก่อนทำการเจือจาง 1 m^3 ต้องใช้พลังงานในการบำบัด 470 kWh คิดเป็น 799 บาท

2. ราคาพลังงานไฟฟ้า 1.70 บาทต่อ kWh

ภาคผนวก จ

รูปภาพ

ในภาคผนวก จ ได้แสดงรูปภาพที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยดังต่อไปนี้

รูปที่ จ.1 แสดงสีของน้ำกากส่าเจือจางในรูปของ %Transmittance ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank ซึ่งมี %Transmittance เท่ากับ 100

รูปที่ จ.2 แสดงอิเล็กโตรดที่ทำด้วยอะลูมิเนียมก่อนและหลังการทดลอง

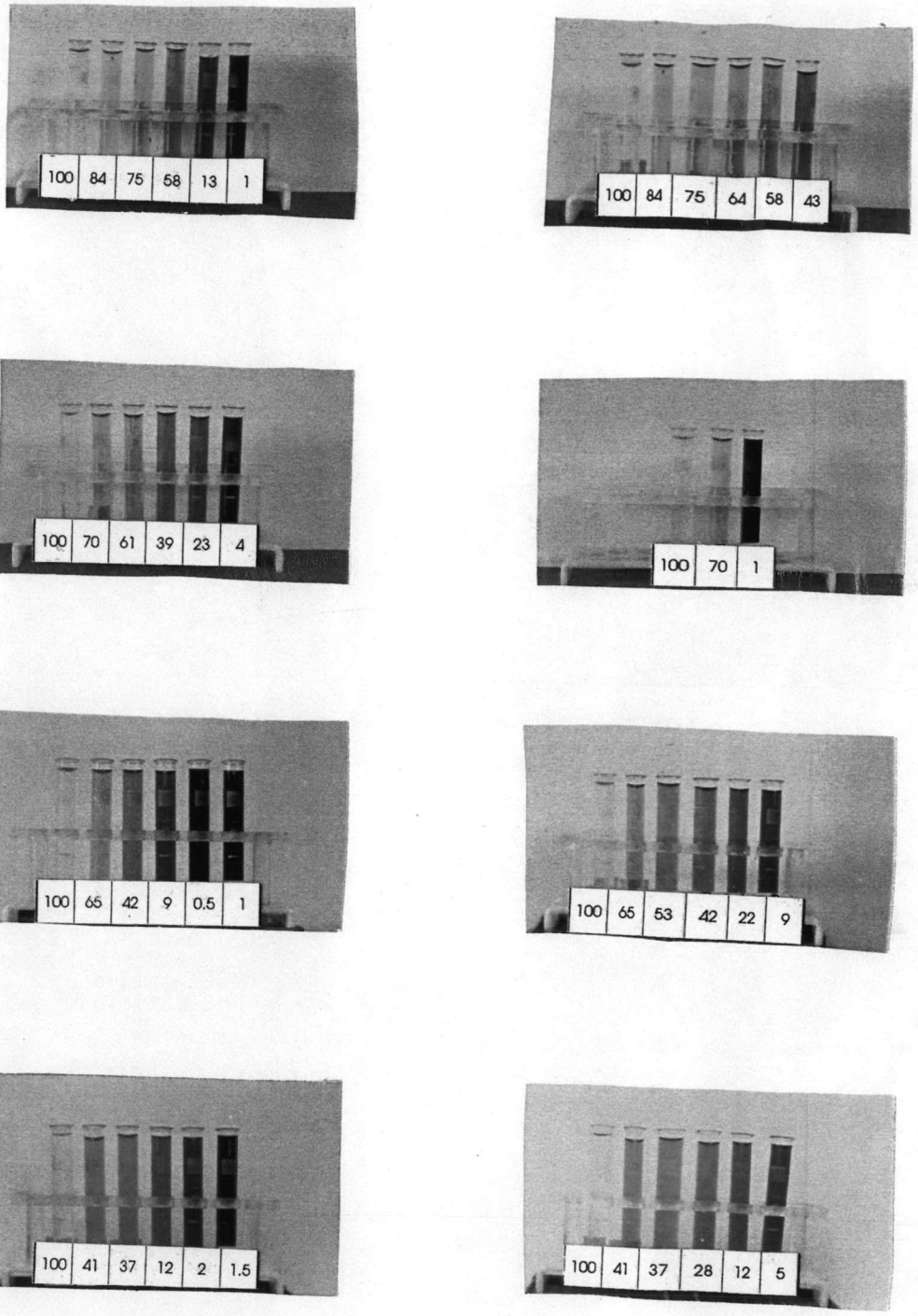
รูปที่ จ.3 แสดงอิเล็กโตรดที่ทำด้วยเหล็กก่อนและหลังการทดลอง

รูปที่ จ.4 แสดงระบบการทดลองที่ใช้ไทเทเนียมเคลือบแพลทินัมสีดำเป็นแคโทด และอะลูมิเนียมเป็นแอโนด

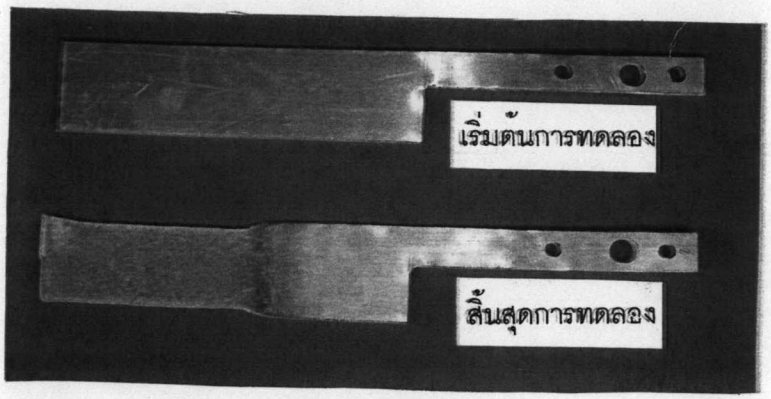
รูปที่ จ.5 แสดงน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Al เป็นอิเล็กโตรด หลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

รูปที่ จ.6 แสดงระบบการทดลองที่ใช้ไทเทเนียมเคลือบแพลทินัมสีดำเป็นแคโทด และเหล็กเป็นแอโนด

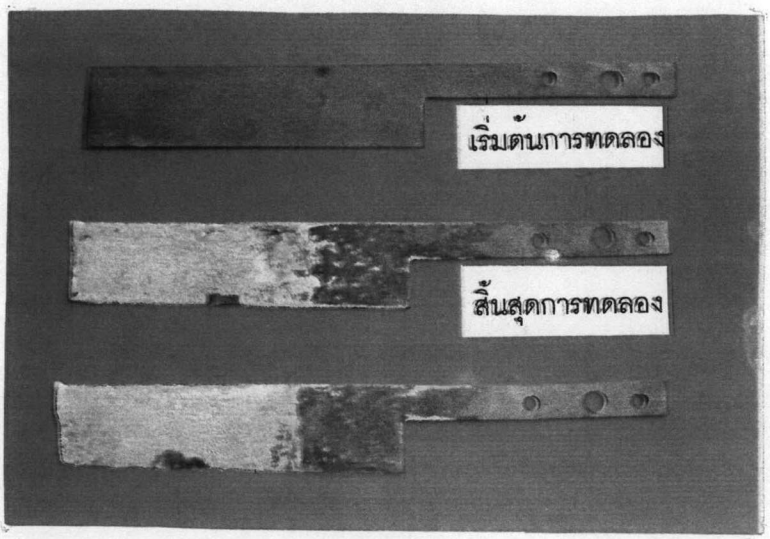
รูปที่ จ.7 แสดงน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด หลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน



รูปที่ จ.1 สีของน้ำกากส่าเจือจางในรูปของ %Transmittance ที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร



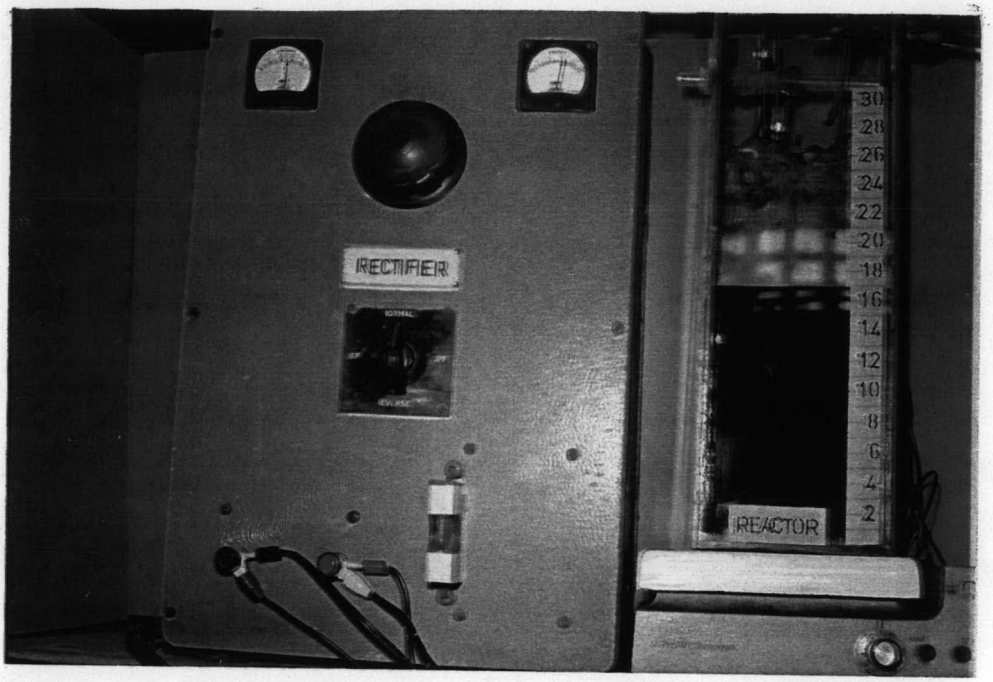
รูปที่ จ.2 อิเล็กโตรดที่ทำด้วยอะลูมิเนียม
(ก) เริ่มต้นการทดลอง (ข) สิ้นสุดการทดลอง



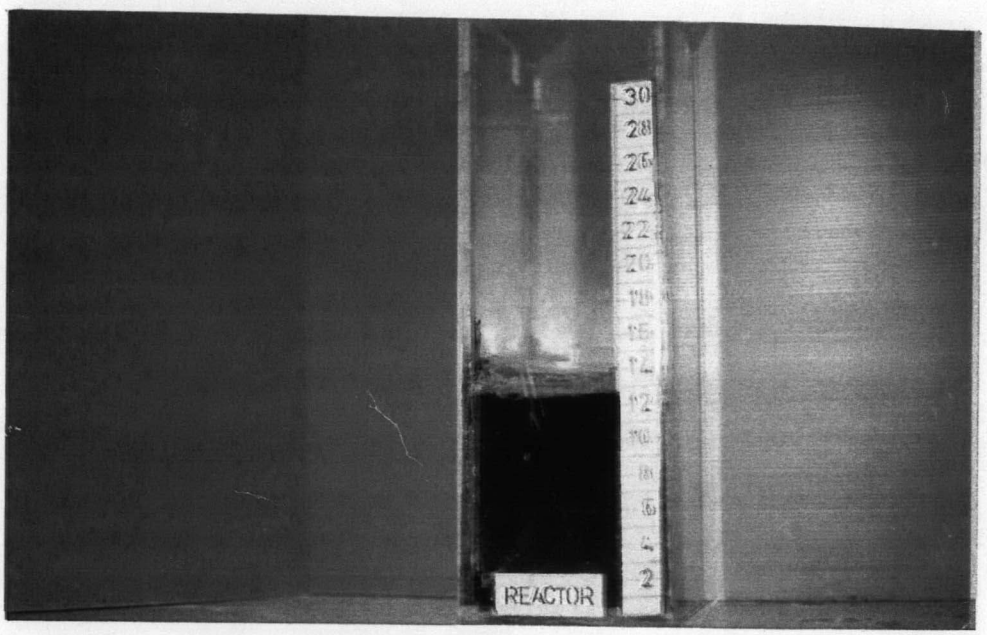
รูปที่ จ.3 อิเล็กโตรดที่ทำด้วยเหล็ก
(ก) เริ่มต้นการทดลอง (ข) สิ้นสุดการทดลอง

รูปที่ จ.4 ระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Al เป็นอิเล็กโตรด

รูปที่ จ.5 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Al เป็นอิเล็กโตรด หลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน



รูปที่ จ.6 ระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด



รูปที่ จ.7 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วด้วยระบบการทดลองที่ใช้ Pt-Fe เป็นอิเล็กโตรด หลังจากตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัณฑมาศ สุทธิเรืองวงศ์ เกิดวันที่ 9 ตุลาคม พ.ศ.2513 ที่อำเภอคลองสาน จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2534