

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และคณะ. 2542. การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานแปงมันสำปะหลัง โดยการพัฒนากระบวนการผลิตแห่ง. ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ.
- กีรณา ชินสุวรรณโสภณ. 2547. การใช้สารดูดซับที่ผลิตจากเปลือกมันสำปะหลังในการกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กฤตพล สมมาตย์. 2544. รายงานความก้าวหน้าการวิจัยครั้งที่ 2 โครงการวิจัย และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากหัวมันสำปะหลัง เพื่อเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อลดต้นทุนการผลิต. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กฤติยา เสือสีนาค. 2542. การดูดซับก๊าซโพรเพนด้วยตัวดูดซับชนิดถ่านที่เตรียมจากกะลามะพร้าว โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กรรณิกา มินสิรินันท์. 2542. การตกสะสมของซิงค์ในถ่านกัมมันต์จากแอนทราไซต์และกะลาปาล์มน้ำมันกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2546. ของเสียอันตราย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : มิตรนราการพิมพ์.
- ขวัญเนตร สบายใจ. 2542. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสีย้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิตตกานต์ สินธุเสก. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบทองแดงเชิงซ้อนโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนและทรายเคลือบเหล็กออกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชฎิล ฉายรัศมี. 2541. การดูดซับโลหะหนักโดยวัสดุชีวมวลผสมดินเหนียว. รายงานโครงการปริญญาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- ไชยยนต์ ไชยยะ. 2542. การพัฒนาออกแบบเม็ดดูดซับเซรามิกส์ผลิตจากกากกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชลธา ไกรวัตนุสสรณ์ ลัดดา ยาวิรัช และศักดิ์จิตรา ต้นสมบุญ. 2538. การผลิตถ่านกัมมันต์จากขานอ้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธนาภรณ์ บุญพิทักษ์. 2548. การกำจัดไยยาไนต์และโลหะหนักจากน้ำเสียโรงงานชุปโลหะโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน : กรณีของคอลัมน์แบบแยกเรซิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญชัย ตระกูลมหัย. 2536. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตเนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นิริรัชต์ สงวนเดือน. 2545. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนที่ทำจากขังข้าวโพด เปลือกถั่วเหลือง และก้านดอกทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พานิชย์, กระทรง. กรมการค้าต่างประเทศ. 2545-2546. รายงานการสำรวจสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2545-2546.
- พิธิ กระสินธุ์ศรี. 2539. การกำจัดโลหะหนักโดยใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดลิกโนเซลลูโลสฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำจากผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พงศธร โค้วชาภรณ์. 2538. ถ่านกัมมันต์จากขังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ต้นทุลเวศม์. 2538. วิศวกรรมการประปา. เล่มที่ 2. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ต้นทุลเวศม์ และ มันรัชต์ ต้นทุลเวศม์. 2545. เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มานพ ตีระรัตนสมโภช. 2545. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. 2540. คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง แป้งมันต์ดัดแปร และแป้งมันแปรรูป. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.).

- ลลิตา นิตศนจากรุก. 2544. การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิศรุต ไชจนานนท์. 2542. ผลการเตรียมตัวดูดซับชนิดถ่านจากเปลือกถั่วลิสงด้วยกรดฟอสฟอริกต่อการดูดติดไอเบนซินเจือจาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สัญชวัล อิงคภาคย์. 2539. ประสิทธิภาพการลดซีไอดีและสีออกจากน้ำชะมูลฝอย ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้และถ่านแกลบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2539. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 เรื่องมาตรฐานน้ำทิ้ง กระทรวงอุตสาหกรรม. (ม.ป.ท.).
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ่านกัมมันต์. กรุงเทพมหานคร: (ม.ป.ท.).
- โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน. 2548. หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ.
- อริชัย นพแก้ว. 2539. การใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดติดผิวโลหะหนักจากน้ำชะมูลฝอยที่ผ่านบ่อเก็บกักน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

## ภาษาอังกฤษ

- American Society for Testing and Material.1996. Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by Aqueous Phase Isotherm Technique ASTM D 3860-89a. Annual Book of ASTM Standards.
- American Society for Testing and Material.1996. Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon. D 4607-94. Annual Book of ASTM Standards. 15.01. Philadelphia.
- Beker U.G. Guner F.S., Dizman M., and Erciyas A.T. 1999. Heavy Metal Removal by Ion Exchanger Based on Hydroxyethyl Cellulose. Journal of Applied Polymer Science. 74: 3501-3506.
- Bunnaul, P., Saejen, R., Arrykul, S. and Kooptarnond, K. Study on the Preparation of Activated Carbon Using for Arsenic Removal and its Adsorption Characteristics. FEISEAP'99 Inter-Regional Symposium on Sustainable Development (ISSD). : 301-311.
- Cheremisinoff, P.N.,and Morresi, A.C. 1978. Carbon Adsorption Application. In P.N. Cheremisinoff, and F. Ellerbusch (eds.), Carbon Adsorption Handbook. Michigan : Ann Arbor Science. : 1- 53.
- Eckenfelder, W.W., Jr. 1989. Industrial Water Pollution Control. 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill.
- Eckenfelder, W.W., Jr. 2000. Industrial Water Pollution Control. 3<sup>rd</sup> ed., McGraw-Hill.
- Faust, S.D., and Aly, O.M. 1987. Adsorption Process for Water Treatment. MA.: Butterworth Publishers.
- Hassler, J.W. 1963. Activated carbon. Newyork: Chemical Publishing Co.,Inc.
- Horsfall, M. Jnr.; Abia, A. A.; and Spiff, A. I. 2003. Removal of Cu (II) and Zn (II) Ions from Wastewater by Cassava Waste Biomass. Afr. J. Biotechnol. 2(10): 360-364.
- Inoue K., Ohto K., Yoshizuka K., Yamaguchi T. and Tanaka T. 1997. Adsorption of Lead(II) Ion on Complexane Types Chemically Modified Chitosan. Bulletin of the Chemical Society of Japan. 70(10): 2443-2447.
- Maranon E., Sastre H. 1991. Heavy Metal Removal in Packed Beds Using Apple Waste. Bioresource Technology. 38: 39-43.

- Maranon E., Sastre H. 1992. Preconcentration and Removal of Trace Metals from Water by Apple Waste. Bioresource Technology. 40: 73-76.
- Marshall W.E., Wartelle L.H., Boler D.E., Johns M.M., and Toles C.A. 1999. Enhance Metal Adsorption by Soybean Hulls Modified with Citric Acid. Bioresource Technology. 69: 263-268.
- Mulligan, T.J., and Fox, R.D. 1976. Treatment of Industrial Wastewater. Journal of Chemical Engineering. 15(3): 256-291.
- Ngah W.S. and Isa I.M. 1998. Comparison Study of Copper Ion Adsorption on Chitosan, Dowex A-1 and Zerolite 225. Journal of Applied Polymer Science. 67(6): 1067-1070.
- Omar B. Said, Marline B. Shalmor, and J. N. Egila. 1993. A Note on the Binding of Nickel and Copper Ions by Cellulose Materials. Bioresource Technology. 43: 63-65.
- Pan, SC., Lin, CC., Tseng, DH. 2003. Reusing Sewage Sludge Ash as Adsorbent for Copper Removal from Wastewater. Resource Conservation and Recycling. 39: 79-90.
- Potgieter, J.H., Potgieter-Vermaak, S.S., Kalibantonga, P.D. 2005. Heavy Metals Removal from Solution by Palygorskite Clay. Mineral Engineering. 1: 1-8.
- Reed, B.E., Jamil, M., and Thomas B. 1996. Effect of pH, Empty Bed Contact Time and Hydraulic Loading Rate on Lead Removal by Granular Activated Carbon Columns. Water Environment Research. 8(5): 879-882.
- Schmuhl R., Krieg H.M. and Keizer K. 2001. Adsorption of Cu(II) and Cr(VI) Ions by Chitosan: Kinetics and Equilibrium studies. Water SA. 27(1) : 1-7.
- Stefanova, R.Y. 2001. Metal Removal by Thermally Activated Clay Marl. Journal of Environmental Science and Health Part A-Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering. 36: 293-306.
- Sunstrom, D.W. and Klei, H.E. 1979. Wastewater Treatment. Connecticut: Prentice-Hall Co., Inc.
- Tan W.T., Ooi S.T. and Lee C.K. 1993. Removal of Chromium (VI) from Solution by Coconut Husk and Palm Pressed Fibers. Environmental Technology. 14: 227-282.

- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L. 1991. Wastewater Engineering.: Treatment, Disposal and Reuse. 3<sup>rd</sup> ed. NewYork: McGraw-Hill.
- Wu F.C., Tseng R.L. and Juang R.S. 1999. Role of pH in Metal Adsorption from Aqueous Solutions Containing Chelating Agents on Chitosan. Industrial & Engineering Chemistry Research. 49: 91-93.
- Zoumpoulakis L, and Smitzis J. 2001. Ion Exchange Resins from Phenol/Formaldehyde Resin Modified lignin. Polymer International. 50: 277-283.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนของสารดูดซับ



### การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนของสารดูดซับ

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน ซึ่งสมมติว่าเป็นสารพิษในน้ำตามวิธี ASTM D 4607-86 มีรายละเอียดของการวิเคราะห์ดังนี้

#### สารเคมีที่ใช้

- 1) สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เตรียมโดยตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจำนวน 70 มิลลิลิตร เทใส่น้ำกลั่นที่มีปริมาตร 550 มิลลิลิตร
- 2) น้ำแป้งเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก เตรียมโดยชั่งแป้ง 1 กรัม ละลายน้ำด้วยน้ำร้อนจนมีน้ำหนักเป็น 10 กรัม น้ำแป้งที่เตรียมไว้จะใช้ได้ภายในวันที่เตรียมเท่านั้น
- 3) สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้น  $0.100 \pm 0.001$  นอร์มัล เตรียมโดยละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 24.820 กรัมในน้ำ 75 มิลลิลิตร เติมโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 0.1 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร
- 4) สารละลายไอโอดีนเข้มข้น  $0.100 \pm 0.001$  นอร์มัล เตรียมโดยละลายไอโอดีน 12.700 กรัม และโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 19.10 กรัมด้วยน้ำ 50 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง จนผลึกไอโอดีนละลายหมด แล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร
- 5) สารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต( $\text{KIO}_3$ )เข้มข้น 0.100 นอร์มัล เตรียมโดยอบโปแตสเซียมไอโอเดตที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งมา 3.5667 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

#### กรรมวิธีเทียบมาตรฐานสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

1) ปิเปตสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต( $\text{KIO}_3$ ) 25 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 กรัม เขย่าให้ละลายเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาณ 5 มิลลิลิตร

2) ไตเตรตด้วยสารละลายไธโอซัลเฟต( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) โดยใช้แป้งเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติคือจุดที่สารละลายไม่มีสี

คำนวณความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตจาก

$$N_1 = \frac{(P * R)}{S}$$

โดย	P	=	ปริมาตรของสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (มิลลิลิตร)
	S	=	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร)
	R	=	ความเข้มข้นของสารละลายโปแตสเซียมไอโอเดต (นอร์มัล)
	N <sub>1</sub>	=	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัล)

### กรรมวิธีเทียบมาตรฐานของสารละลายไอโอดีน

- ปิเปตสารละลายไอโอดีน 25 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติ คือ จุดที่สารละลายไม่มีสี  
คำนวณความเข้มข้นสารละลายไอโอดีนจาก

$$N_2 = \frac{(P * R)}{S}$$

โดย	N <sub>2</sub>	=	ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มัล)
	P	=	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (มิลลิลิตร)
	S	=	ปริมาตรของสารละลายไอโอดีนที่ใช้ไตเตรต (มิลลิลิตร)
	R	=	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มัล)
	N <sub>2</sub>	=	ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มัล)

### กรรมวิธีวิเคราะห์

- 1) บดและคัดขนาดตัวอย่างให้ละเอียดน้อยกว่า 60 เมช (0.246 มิลลิเมตร)
- 2) อบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 - 120 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดซีเคเตอร์
- 3) ชั่งและบันทึกน้ำหนักตัวอย่างเท่ากับ M ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 4 (คือมีความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม) ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งมีจุกปิด

หมายเหตุ : ต้องชั่งน้ำหนักของตัวอย่าง 2 ค่าต่อตัวอย่าง เพื่อให้ได้ค่า C มีค่าน้อยกว่า เท่ากับ และมากกว่า 0.02 น้ำหนักประมาณของตัวอย่าง ดูจากตารางที่ ก-1

- 4) ใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกจำนวน 10 มิลลิลิตร (ตวงด้วยปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร) ต้มให้เดือดประมาณ 10 วินาที แก้วขวดเบาๆ เพื่อให้ผงสารดูดซับทุกส่วนชุ่มด้วยสารละลายเพื่อกำจัดเถ้าหรือซัลเฟอร์ออกจากผิวของสารดูดซับ
- 5) ใส่สารละลายไอโอดีน 100 มิลลิลิตร ปิดจุกแล้วเขย่าแรงๆ เป็นเวลา 30 วินาที
- 6) กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 47 ทิ้งสารละลายที่กรองได้ 20 มิลลิลิตรแรก
- 7) ดูดสารละลายที่กรองได้ 50 มิลลิลิตร ด้วยปิเปต
- 8) ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัล โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติคือ จุดที่สารละลายไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้เป็นมิลลิลิตร (S)
- 9) คำนวณค่าการดูดซับจำเพาะ  $\frac{X}{M}$  และความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายไอโอดีน (C) ได้

จาก

$$\frac{X}{M} \text{ (mg/g)} = \frac{1269.30}{M} - (2.2)(12.693) \frac{S}{M}$$

$$C = (0.1) \frac{S}{50}$$

- 10) นำค่า  $X/M$  ที่ได้ทั้งสามค่ามาสร้างกราฟระหว่างแกนราบคือ  $\log C$  แกนตั้งฉากคือ  $\log X$  จะได้เส้นความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง
- 11) จากเส้นความสัมพันธ์ที่ตำแหน่ง  $C = 0.02$  หรือ  $\log C = -1.639$  จะทราบค่าบนแกนตั้งฉากสมมุติเท่ากับ  $Y$  นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า  $IA$  ดังนี้

$$IA \text{ (มิลลิกรัม/กรัม)} = 10^Y$$

ตาราง แสดงน้ำหนักประมาณของตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ค่าไอโอดีน

Find M for Calculate Iodine Number by Using ASTM D4607-86

M				M			
E	C = 0.01	C = 0.02	C = 0.03	E	C = 0.01	C = 0.02	C = 0.03
300	3.766	3.300	2.835	1550	0.729	0.639	0.549
350	3.228	2.829	2.430	1600	0.706	0.619	0.531
400	2.824	2.475	2.126	1650	0.684	0.600	0.515
450	2.510	2.200	1.890	1700	0.664	0.582	0.500
500	2.259	1.980	1.701	1750	0.645	0.566	0.486
550	2.054	1.800	1.546	1800	0.628	0.550	0.472
600	1.883	1.650	1.417	1850	0.610	0.535	0.460
650	1.738	1.523	1.308	1900	0.594	0.521	0.447
700	1.614	1.414	1.215	1950	0.579	0.508	0.436
750	1.506	1.320	1.134	2000	0.565	0.495	0.425
800	1.412	1.237	1.063	2050	0.551	0.483	0.415
850	1.329	1.164	1.000	2100	0.538	0.471	0.405
900	1.255	1.100	0.945	2150	0.525	0.460	0.396
950	1.189	1.042	0.895	2200	0.513	0.450	0.388
1000	1.130	0.990	0.850	2250	0.502	0.440	0.378
1050	1.076	0.943	0.810	2300	0.491	0.430	0.370
1100	1.027	0.900	0.773	2350	0.481	0.421	0.362
1150	0.982	0.861	0.739	2400	0.471	0.412	0.354
1200	0.941	0.825	0.709	2450	0.461	0.404	0.347
1250	0.904	0.792	0.680	2500	0.452	0.396	0.340
1300	0.869	0.761	0.654	2550	0.443	0.388	0.333
1350	0.837	0.733	0.630	2600	0.434	0.381	0.327
1400	0.807	0.707	0.607	2650	0.426	0.374	0.321
1450	0.779	0.683	0.586	2700	0.418	0.367	0.315
1500	0.735	0.666	0.567	2750	0.411	0.360	0.309

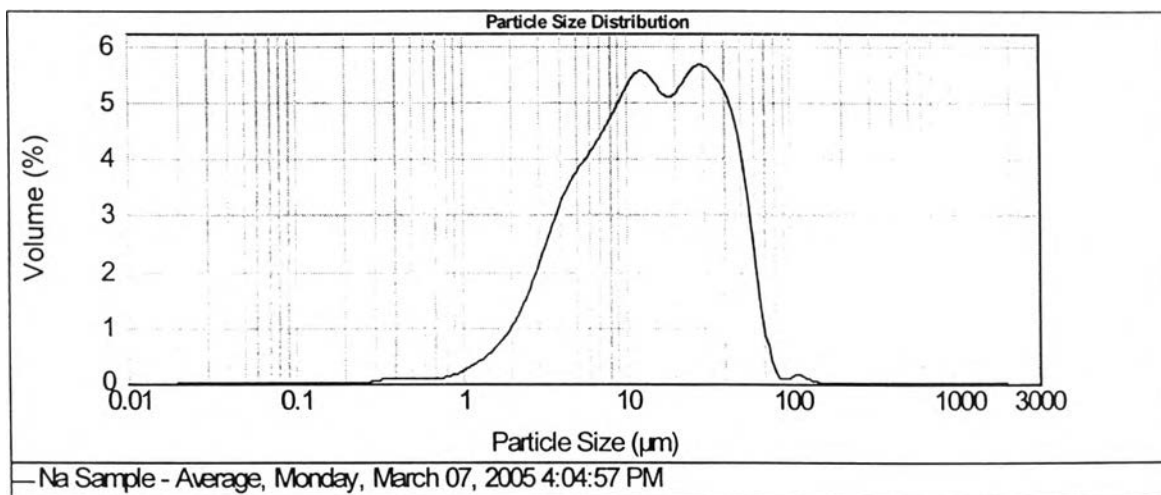
## ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ค่า Particle Size Analyzer

Sample Name: SOP N Measured :Measured:  
 AC-Na Sample-Average - Monday, March 07, 2005  
 Sample Source Analysis Measured by: Analysed  
 Factory = UF Default Monday, March 07, 2005  
 Sample bulk of set Result Source  
 1) Average

.....  
 Particle Name: Accessory Name Analysis model Sensitivity  
 Carbon Hydro 2000 MU(A) Single narrow mode Enhanced  
 Particle RI Absorption Size range: Obscuration  
 2.420 1 0.02 to 2,000,000  $\mu\text{m}$  12.83 %  
 Dispersant Name: Dispersant RI: Weighted Residual: Result Emulation:  
 Water 1.330 0.229 % off

.....  
 Concentration: Span: Uniformity: Result Units:  
 0.014 % 2.880 0.891 Volume  
 Specific Surface Area Surface Weighted Mean D(3,2) Volume Weighted Mean D(4,3)  
 0.745  $\text{m}^2/\text{g}$  8.058  $\mu\text{m}$  19.921  $\mu\text{m}$   
 d(0.1): 3.623  $\mu\text{m}$  d(0.5):14.330  $\mu\text{m}$  d(0.9):44.886  $\mu\text{m}$



Sample Name: SOP N Measured :Measured:

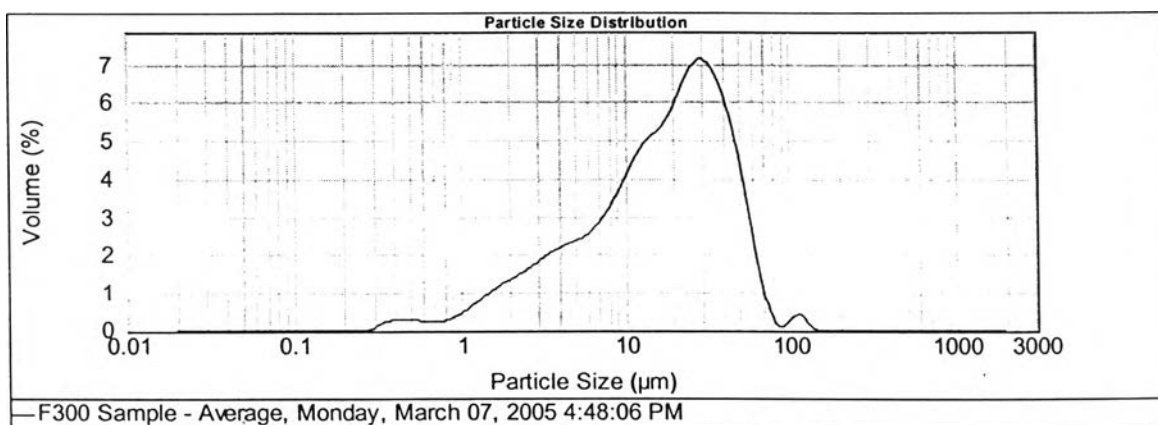
AC-F300 Sample-Average - Monday, March 07, 2005  
 Sample Source Analysis Measured by: Analysed  
 Factory = UF Default Monday, March 07, 2005  
 Sample bulk of set Result Source  
 1) Average

.....

Particle Name:	Accessory Name	Analysis model	Sensitivity
Carbon	Hydro 2000 MU(A)	Single narrow mode	Enhanced
Particle RI	Absorption	Size range:	Obscuration
2.420	1	0.02 to 2,000,000 $\mu\text{m}$	11.86 %
Dispersant Name:	Dispersant RI:	Weighted Residual:	Result Emulation:
Water	1.330	0.165 %	off

.....

Concentration:	Span:	Uniformity:	Result Units:
0.0103 %	2.404	0.770	Volume
Specific Surface Area	Surface Weighted Mean D(3,2)	Volume Weighted Mean D(4,3)	
0.88 $\text{m}^2/\text{g}$	8.058 $\mu\text{m}$	19.921 $\mu\text{m}$	
d(0.1): 2.924 $\mu\text{m}$	d(0.5): 18.082 $\mu\text{m}$	d(0.9): 46.385 $\mu\text{m}$	

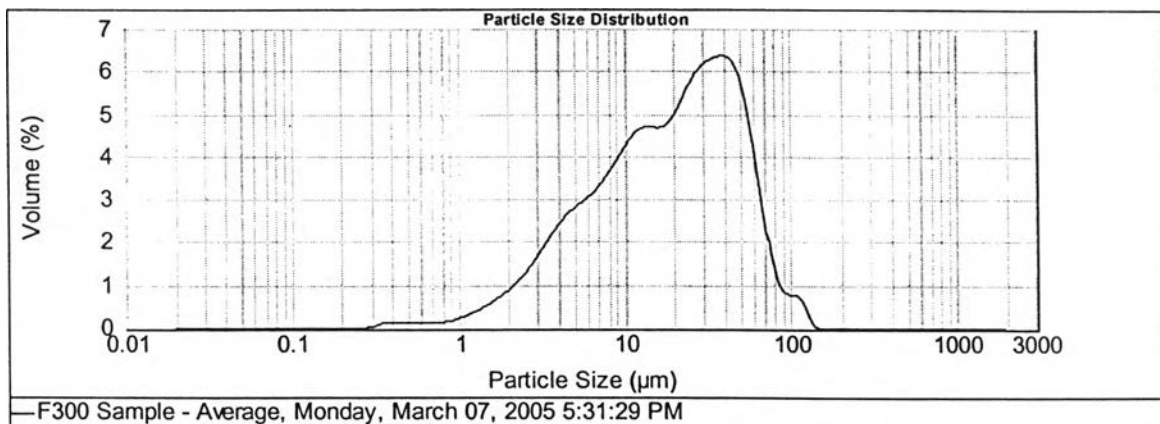


Sample Name: SOP N Measured :Measured:  
 AC-HW Sample-Average - Monday, March 07, 2005

Sample Source Analysis	Measured by:	Analysed
Factory = UF	Default	Monday, March 07, 2005
Sample bulk of set	Result Source	
	2) Average	

Particle Name:	Accessory Name	Analysis model	Sensitivity
Carbon	Hydro 2000 MU(A)	Single narrow mode	Enhanced
Particle RI	Absorption	Size range:	Obscuration
2.420	1	0.02 to 2,000,000 $\mu\text{m}$	12.18 %
Dispersant Name:	Dispersant RI:	Weighted Residual:	Result Emulation:
Water	1.330	0.536 %	off
Concentration:	Span:	Uniformity:	Result Units:
0.0142 %	2.605	0.845	Volume
Specific Surface Area	Surface Weighted Mean D(3,2)	Volume Weighted Mean D(4,3)	

d(0.1): 3.911  $\mu\text{m}$                       d(0.5): 19.628  $\mu\text{m}$                       d(0.9): 55.035  $\mu\text{m}$





ภาคผนวก ค

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์  
ด้วยสารดูดซับทั้ง 3 แบบ ในการทดลองแบบแบตช์

ตารางที่ ค-1 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดทองแดงด้วยถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ยี่ห้อ Calgon Filtrasorb 300

ปริมาณถ่าน (mg/l)	pH in	pH out	Absorbance	Conc. (mg/l)	% Removal
20	2.73	4.77	0.8215	7.34	26.60
40	2.73	5.50	0.7504	5.743	42.57
60	2.73	5.75	0.5740	3.238	67.62
80	2.73	6.19	0.3807	1.668	83.32
100	2.73	6.66	0.2130	0.781	92.19
120	2.73	6.91	0.0885	0.29	97.10

ตารางที่ ค-2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดทองแดงด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลังแบบที่ 2

ปริมาณถ่าน (mg/l)	pH in	pH out	Absorbance	Conc. (mg/l)	% Removal
20	2.73	3.35	0.5109	2.635	73.65
40	2.73	3.53	0.4551	2.181	78.19
60	2.73	3.93	0.4429	2.091	79.09
80	2.73	4.28	0.5747	3.246	67.54
100	2.73	4.68	0.3392	1.418	85.82
120	2.73	5.34	0.2852	1.125	88.75

ตารางที่ ค-3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการกำจัดทองแดงด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลังแบบที่ 3

ปริมาณถ่าน (mg/l)	pH in	pH out	Absorbance	Conc. (mg/l)	% Removal
20	2.73	3.58	0.5789	3.29	67.10
40	2.73	3.59	0.5248	2.759	72.41
60	2.73	3.72	0.4309	2.004	79.96
80	2.73	3.97	0.3691	1.595	84.05
100	2.73	4.17	0.3360	1.399	86.01
120	2.73	5.46	0.2627	1.012	89.88

## ภาคผนวก ง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพที่เหมาะสมและค่าความสามารถการดูดซับในการ  
กำจัดทองแดงในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้น และพีเอชต่างๆ  
ในการทดลองแบบแบตช์

ตาราง ง-1 ผลการทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 20 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่เตรียมจากสัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ปริมาณถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.02 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้น ทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>o</sub>	X/M
Blank	3	3	9.20	9.11	-	0.98	-	-
Sample	3	3.07	9.20	8.25	10.33	-	9.44	2.15
Blank	4	4	9.18	9.01	-	1.84	-	-
Sample	4	4.02	9.18	1.98	78.43	-	78.02	17.58
Blank	5	5	9.16	8.88	-	3.08	-	-
Sample	5	5.04	9.16	5.40	41.05	-	39.19	8.70

Blank	สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>o</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง

ตาราง ง-2 ผลการหาทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 40

มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เตรียมจาก สัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2

ปริมาณถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.04 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้น

ทองแดง เริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>d</sub>	X/M
Blank	3	3	9.20	9.11	-	0.98	-	-
Sample	3	3.07	9.20	6.96	24.35	-	23.60	2.69
Blank	4	4	9.18	9.01	-	1.84	-	-
Sample	4	4.02	9.18	0.66	92.81	-	92.68	10.44
Blank	5	5	9.16	8.88	-	3.08	-	-
Sample	5	5.04	9.16	3.30	63.97	-	62.84	6.98

Blank	สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>d</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง

ตาราง ง-3 ผลการหาทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เตรียมจาก สัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ปริมาณถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.06 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง และ ความเข้มข้นทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
Blank	3	3.00	9.20	9.11	-	0.98	-	
Sample	3	3.07	9.20	5.03	45.33	-	44.79	3.40
Blank	4	4.00	9.18	9.01	-	1.84	-	
Sample	4	4.02	9.18	0.31	96.62	-	96.56	7.25
Blank	5	5.00	9.16	8.88	-	3.08	-	
Sample	5	5.04	9.16	2.36	74.24	-	73.42	5.43

Blank	Blank สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>a</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง

ตาราง ง-4 ผลการหาทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เตรียมจาก สัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ปริมาณถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.08 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง ลิตรน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้นทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>d</sub>	X/M
Blank	3	3	9.20	9.11	-	0.98	-	-
Sample	3	3.07	9.20	4.59	50.11	-	49.62	2.83
Blank	4	4	9.18	9.01	-	1.84	-	-
Sample	4	4.02	9.18	0.35	96.19	-	96.12	5.41
Blank	5	5	9.16	8.88	-	3.08	-	-
Sample	5	5.04	9.16	1.44	84.28	-	83.78	4.65

Blank	สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>d</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง



ตาราง ง-5 ผลการหาทดลองหาค่าพีเอชที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 100

มิลลิกรัมต่อลิตร ที่เตรียมจาก สัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ปริมาณถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.10 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้น ทองแดง เริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
Blank	3	3	9.20	9.11	-	0.98	-	-
Sample	3	3.07	9.20	3.63	60.54	-	60.15	2.74
Blank	4	4	9.18	9.01	-	1.84	-	-
Sample	4	4.02	9.18	0.31	96.62	-	96.56	4.35
Blank	5	5	9.16	8.88	-	3.08	-	-
Sample	5	5.04	9.16	1.06	88.43	-	88.06	3.91

Blank	สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>a</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง

ตาราง ง-6 ผลการทดลองหาพีเอชที่เหมาะสมของด่านกัมมันต์แบบที่ 2 ที่ปริมาณ 120 มิลลิกรัม ต่อลิตร ที่เตรียมจาก สัดส่วนเปลือกมันสำปะหลังต่อกรดฟอสฟอริกเป็น 1:2 ปริมาณด่านกัมมันต์แบบที่ 2 0.12 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง และความเข้มข้น ทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่พีเอชน้ำเสีย 3 ถึง 5

	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>d</sub>	X/M
Blank	3	3	9.20	9.11	-	0.98	-	
Sample	3	3.07	9.20	2.82	69.35	-	69.05	2.62
Blank	4	4	9.18	9.01	-	1.84	-	
Sample	4	4.02	9.18	0.15	98.37	-	96.57	3.69
Blank	5	5	9.16	8.88	-	3.08	-	
Sample	5	5.04	9.16	1.02	88.87	-	88.51	3.28

Blank	สารละลายที่ไม่เติมด่านกัมมันต์
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>d</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M (mg/g)	ความสามารถในการกำจัดทองแดงของด่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง

### ภาคผนวก ฅ

ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดทองแดง  
เพื่อใช้ในการทดลองหาไอโซเทอมการดูดซับ  
และความเข้มข้นทองแดงที่เหลือ โดยการทดลองแบบแบดจ์  
ของถ่านกัมมันต์แบบที่ 1 และ 2

ตาราง ณ-1 ผลการทดลองเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
20 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตร

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.02	9.81	1.24	87.36	1.84	85.52	21.43
0.17	5.00	5.03	9.81	1.89	80.73	1.84	78.89	19.80
0.25	5.00	5.05	9.81	2.58	73.70	1.84	71.86	18.08
0.33	5.00	5.04	9.81	1.42	85.52	1.84	83.68	20.98
0.42	5.00	5.04	9.81	2.26	76.96	1.84	75.12	18.88
0.50	5.00	5.03	9.81	2.53	74.21	1.84	72.37	18.20
1	5.00	5.03	9.81	2.69	72.58	1.84	70.74	17.80
2	5.00	5.04	9.81	3.23	67.07	1.84	65.23	16.45
4	5.00	5.05	9.81	3.19	67.48	1.84	65.64	16.55
6	5.00	5.04	9.81	3.14	67.99	1.84	66.15	16.68

ตาราง ณ-2 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
40 มิลลิกรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>t</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.01	9.81	1.19	87.87	1.84	86.03	10.78
0.17	5.00	5.03	9.81	1.43	85.42	1.84	83.58	10.48
0.25	5.00	5.03	9.81	1.23	87.46	1.84	85.62	10.73
0.33	5.00	5.04	9.81	0.42	95.72	1.84	93.88	11.74
0.42	5.00	5.03	9.81	1.02	89.60	1.84	87.76	10.99
0.50	5.00	5.03	9.81	1.14	88.38	1.84	86.54	10.84
1	5.00	5.04	9.81	2.00	79.61	1.84	77.77	9.76
2	5.00	5.03	9.81	0.80	91.85	1.84	90.01	11.26
4	5.00	5.02	9.81	0.35	96.43	1.84	94.59	11.83
6	5.00	5.03	9.81	1.73	82.36	1.84	80.52	10.10

ตาราง ฅ-3 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
60 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.02	9.81	0.93	90.52	1.84	88.68	7.40
0.17	5.00	5.04	9.81	0.59	93.99	1.84	92.15	7.68
0.25	5.00	5.04	9.81	0.83	91.54	1.84	89.70	7.48
0.33	5.00	5.02	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	8.13
0.42	5.00	5.03	9.81	0.27	97.25	1.84	95.41	7.95
0.50	5.00	5.04	9.81	0.75	92.35	1.84	90.51	7.55
1	5.00	5.03	9.81	0.81	91.74	1.84	89.90	7.50
2	5.00	5.04	9.81	0.33	96.64	1.84	94.80	7.90
4	5.00	5.06	9.81	0.21	97.86	1.84	96.02	8.00
6	5.00	5.03	9.81	0.30	96.94	1.84	95.10	7.93

ตาราง ฅ-4 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
80 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.02	9.81	0.23	97.66	1.84	95.82	5.99
0.17	5.00	5.02	9.81	0.15	98.47	1.84	96.63	6.04
0.25	5.00	5.04	9.81	0.64	93.48	1.84	91.64	5.73
0.33	5.00	5.03	9.81	0.04	99.59	1.84	97.75	6.11
0.42	5.00	5.03	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	6.10
0.50	5.00	5.03	9.81	0.18	98.17	1.84	96.33	6.02
1	5.00	5.05	9.81	0.63	93.58	1.84	91.74	5.74
2	5.00	5.04	9.81	0.08	99.18	1.84	97.34	6.08
4	5.00	5.04	9.81	0.17	98.27	1.84	96.43	6.03
6	5.00	5.04	9.81	0.08	99.18	1.84	97.34	6.08

ตาราง ณ-5 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
100 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.01	9.81	0.08	99.18	1.84	97.34	4.87
0.17	5.00	5.02	9.81	0.07	99.29	1.84	97.45	4.87
0.25	5.00	5.02	9.81	0.25	97.45	1.84	95.61	4.78
0.33	5.00	5.04	9.81	0.04	99.59	1.84	97.75	4.89
0.42	5.00	5.03	9.81	0.04	99.59	1.84	97.75	4.89
0.50	5.00	5.04	9.81	0.07	99.29	1.84	97.45	4.87
1	5.00	5.03	9.81	0.19	98.06	1.84	96.22	4.81
2	5.00	5.04	9.81	0.07	99.29	1.84	97.45	4.87
4	5.00	5.04	9.81	0.07	99.29	1.84	97.45	4.87
6	5.00	5.03	9.81	0.06	99.39	1.84	97.55	4.88



ตาราง ฅ-6 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1 ที่ปริมาณ  
120 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	5.00	5.04	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	4.07
0.17	5.00	5.05	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	4.07
0.25	5.00	5.04	9.81	0.11	98.88	1.84	97.04	4.04
0.33	5.00	5.05	9.81	0.03	99.69	1.84	97.85	4.08
0.42	5.00	5.03	9.81	0.03	99.69	1.84	97.85	4.08
0.50	5.00	5.04	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	4.07
1	5.00	5.04	9.81	0.09	99.08	1.84	97.24	4.05
2	5.00	5.03	9.81	0.05	99.49	1.84	97.65	4.07
4	5.00	5.04	9.81	0.03	99.69	1.84	97.85	4.08
6	5.00	5.04	9.81	0.04	99.59	1.84	97.75	4.07

Blank	สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับมีค่าเท่ากับ 9.81 มิลลิกรัมต่อลิตร
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>i</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>a</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M(mg/g)	ความสามารถในการกำจัดโลหะหนักของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกมันสำปะหลัง (มิลลิกรัม Cu ต่อกรัมมันสำปะหลัง)

ตารางที่ ฅ-7 แสดงความเข้มข้นที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ทองแดงจากการกำจัด  
ด้วยถ่านกัมมันต์ แบบที่ 1

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นทองแดงที่เหลือ (มก./ 50 มล.)					
	20	40	60	80	100	120
0.08	1.24	1.19	0.93	0.23	0.08	0.05
0.17	1.89	1.43	0.59	0.15	0.07	0.05
0.25	2.58	1.23	0.83	0.64	0.25	0.11
0.33	1.42	0.42	0.049	0.04	0.04	0.03
0.42	2.26	1.02	0.27	0.05	0.04	0.03
0.50	2.53	1.14	0.75	0.18	0.07	0.05
1	2.69	2	0.81	0.63	0.19	0.09
2	3.23	0.8	0.33	0.08	0.07	0.05
4	3.19	0.35	0.21	0.17	0.07	0.03
6	3.14	1.73	0.30	0.08	0.06	0.04

ตาราง ฅ-8 ผลการทดลองเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
20 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.99	9.18	4.68	49.02	1.84	47.18	11.25
0.17	4.00	3.98	9.18	4.64	49.46	1.84	47.62	11.35
0.25	4.00	4.00	9.18	4.43	51.74	1.84	49.90	11.85
0.33	4.00	3.99	9.18	4.41	51.96	1.84	50.12	11.93
0.42	4.00	3.99	9.18	4.33	52.83	1.84	50.99	12.13
0.50	4.00	4.00	9.18	4.16	54.65	1.84	52.81	12.55
1.00	4.00	3.99	9.18	4.18	54.47	1.84	52.63	12.50
1.50	4.00	3.97	9.18	4.01	56.32	1.84	54.48	12.93
2.00	4.00	4.02	9.18	4.00	56.44	1.84	54.60	12.95
2.50	4.00	4.04	9.18	3.94	57.08	1.84	55.40	13.10
3.00	4.00	4.03	9.18	3.73	59.37	1.84	57.53	13.63
3.50	4.00	4.04	9.18	3.17	65.47	1.84	63.63	15.03
4.00	4.00	4.01	9.18	2.87	68.74	1.84	66.90	15.78
6.00	4.00	4.02	9.18	1.61	82.46	1.84	80.62	18.93
8.00	4.00	4.04	9.18	1.20	86.93	1.84	85.09	19.95
10.00	4.00	4.01	9.18	1.36	85.19	1.84	83.35	19.55
12.00	4.00	3.99	9.18	1.11	87.91	1.84	86.07	20.18
14.00	4.00	4.00	9.18	1.33	85.51	1.84	83.67	19.63
16.00	4.00	4.00	9.18	0.95	89.65	1.84	87.81	20.58
18.00	4.00	3.99	9.18	1.21	86.82	1.84	84.98	19.93
20.00	4.00	4.00	9.18	1.22	86.71	1.84	84.26	19.90
22.00	4.00	4.01	9.18	1.28	86.06	1.84	84.22	19.75
24.00	4.00	4.01	9.18	1.30	85.84	1.84	84.00	19.70

ตาราง ฅ-9 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
40 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>t</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.98	9.18	4.28	53.38	1.84	51.54	5.63
0.17	4.00	3.98	9.18	3.42	62.75	1.84	60.91	7.20
0.25	4.00	4.00	9.18	3.23	64.82	1.84	62.98	7.44
0.33	4.00	3.99	9.18	2.91	68.30	1.84	66.46	7.84
0.42	4.00	4.00	9.18	2.80	69.50	1.84	67.66	7.98
0.50	4.00	4.00	9.18	3.06	66.67	1.84	64.83	7.65
1.00	4.00	4.00	9.18	2.76	69.94	1.84	68.10	8.03
1.50	4.00	3.99	9.18	2.88	68.63	1.84	66.79	7.88
2.00	4.00	4.03	9.18	2.66	71.02	1.84	69.18	8.15
2.50	4.00	4.03	9.18	2.60	71.68	1.84	69.84	8.23
3.00	4.00	4.03	9.18	2.62	71.46	1.84	69.62	8.20
3.50	4.00	4.04	9.18	2.44	73.42	1.84	71.58	8.43
4.00	4.00	4.02	9.18	2.36	74.29	1.84	72.45	8.53
6.00	4.00	4.03	9.18	2.05	77.67	1.84	75.83	8.91
8.00	4.00	4.04	9.18	0.91	90.09	1.84	88.25	10.34
10.00	4.00	4.02	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	10.64
12.00	4.00	4.00	9.18	0.85	90.74	1.84	88.90	10.41
14.00	4.00	4.00	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	10.64
16.00	4.00	4.00	9.18	0.78	91.50	1.84	89.66	10.50
18.00	4.00	4.00	9.18	0.64	93.03	1.84	91.19	10.68
20.00	4.00	4.01	9.18	0.71	92.27	1.84	90.43	10.59
22.00	4.00	4.00	9.18	0.63	93.14	1.84	91.30	10.69
24.00	4.00	4.02	9.18	0.61	93.36	1.84	91.52	10.71

ตาราง ณ-10 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
60 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.98	9.18	1.66	81.92	1.84	80.08	6.27
0.17	4.00	3.98	9.18	1.66	81.92	1.84	80.08	6.27
0.25	4.00	4.00	9.18	1.59	82.68	1.84	80.84	6.33
0.33	4.00	3.99	9.18	1.56	83.01	1.84	81.17	6.35
0.42	4.00	4.00	9.18	1.29	85.95	1.84	85.11	6.58
0.50	4.00	4.00	9.18	1.29	85.95	1.84	85.11	6.58
1.00	4.00	4.02	9.18	1.34	85.40	1.84	83.56	6.53
1.50	4.00	4.00	9.18	1.27	86.17	1.84	84.33	6.59
2.00	4.00	4.03	9.18	1.15	87.47	1.84	85.63	6.69
2.50	4.00	4.03	9.18	1.11	87.91	1.84	86.07	6.73
3.00	4.00	4.03	9.18	1.10	88.02	1.84	86.18	6.73
3.50	4.00	4.03	9.18	0.96	89.54	1.84	87.70	6.90
4.00	4.00	4.02	9.18	0.90	90.20	1.84	88.36	6.90
6.00	4.00	4.03	9.18	0.90	90.20	1.84	88.36	6.90
8.00	4.00	4.03	9.18	0.50	94.55	1.84	92.71	7.23
10.00	4.00	4.02	9.18	0.33	96.41	1.84	94.57	7.38
12.00	4.00	4.00	9.18	0.30	96.73	1.84	94.89	7.40
14.00	4.00	4.00	9.18	0.36	96.08	1.84	94.24	7.35
16.00	4.00	4.00	9.18	0.36	95.10	1.84	93.26	7.35
18.00	4.00	4.01	9.18	0.45	93.36	1.84	91.52	7.28
20.00	4.00	4.01	9.18	0.45	95.10	1.84	93.26	7.28
22.00	4.00	4.00	9.18	0.54	94.12	1.84	92.28	7.20
24.00	4.00	4.00	9.18	0.26	97.18	1.84	95.34	7.42

ตาราง ฅ-11 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
80 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.99	9.18	1.62	82.35	1.84	80.51	4.73
0.17	4.00	3.99	9.18	1.17	87.26	1.84	85.42	5.01
0.25	4.00	4.00	9.18	1.04	88.67	1.84	86.83	5.09
0.33	4.00	3.99	9.18	0.99	89.22	1.84	87.38	5.12
0.42	4.00	4.00	9.18	0.91	90.09	1.84	88.25	5.17
0.50	4.00	4.00	9.18	0.79	91.39	1.84	89.55	5.24
1.00	4.00	4.01	9.18	0.76	91.72	1.84	89.88	5.26
1.50	4.00	4.00	9.18	0.75	91.83	1.84	89.99	5.27
2.00	4.00	4.03	9.18	0.72	92.16	1.84	90.32	5.29
2.50	4.00	4.04	9.18	0.68	92.59	1.84	90.75	5.31
3.00	4.00	4.03	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	5.32
3.50	4.00	4.03	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	5.32
4.00	4.00	4.03	9.18	0.56	93.90	1.84	92.06	5.39
6.00	4.00	4.03	9.18	0.51	94.44	1.84	92.06	5.42
8.00	4.00	4.04	9.18	0.32	96.51	1.84	94.67	5.54
10.00	4.00	4.02	9.18	0.36	96.08	1.84	94.24	5.56
12.00	4.00	4.00	9.18	0.28	96.95	1.84	95.11	5.56
14.00	4.00	4.00	9.18	0.27	97.06	1.84	95.22	5.52
16.00	4.00	4.00	9.18	0.33	96.41	1.84	94.57	5.58
18.00	4.00	4.01	9.18	0.23	97.50	1.84	95.66	5.59
20.00	4.00	4.01	9.18	0.28	96.95	1.84	95.11	5.65
22.00	4.00	4.02	9.18	0.27	97.06	1.84	95.22	5.58
24.00	4.00	4.00	9.18	0.24	97.39	1.84	95.55	5.59

ตาราง ณ-12 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของด่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
100 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.99	9.18	2.28	75.16	1.84	73.32	3.45
0.17	4.00	3.98	9.18	0.87	90.52	1.84	88.68	4.16
0.25	4.00	4.00	9.18	0.97	89.43	1.84	87.59	4.11
0.33	4.00	3.99	9.18	0.90	90.20	1.84	88.36	4.14
0.42	4.00	3.99	9.18	0.83	90.96	1.84	89.12	4.18
0.50	4.00	4.00	9.18	0.98	89.32	1.84	87.48	4.10
1.00	4.00	3.99	9.18	0.91	90.09	1.84	88.25	4.14
1.50	4.00	3.97	9.18	0.75	91.83	1.84	89.99	4.22
2.00	4.00	4.02	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	4.26
2.50	4.00	4.04	9.18	0.66	92.81	1.84	90.97	4.26
3.00	4.00	4.03	9.18	0.57	93.79	1.84	91.95	4.31
3.50	4.00	4.04	9.18	0.70	92.38	1.84	90.54	4.24
4.00	4.00	4.01	9.18	0.70	92.38	1.84	90.54	4.24
6.00	4.00	4.02	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	4.26
8.00	4.00	4.04	9.18	0.38	95.86	1.84	94.02	4.40
10.00	4.00	4.01	9.18	0.31	96.62	1.84	94.78	4.44
12.00	4.00	3.99	9.18	0.28	96.85	1.84	95.11	4.45
14.00	4.00	4.00	9.18	0.26	97.17	1.84	95.33	4.46
16.00	4.00	4.00	9.18	0.26	97.17	1.84	95.33	4.46
18.00	4.00	3.99	9.18	0.26	97.17	1.84	95.33	4.46
20.00	4.00	4.00	9.18	0.25	97.28	1.84	95.44	4.47
22.00	4.00	4.01	9.18	0.25	97.28	1.84	95.44	4.47
24.00	4.00	4.01	9.18	0.25	97.60	1.84	95.76	4.47

ตาราง ณ-13 ผลการทดสอบเวลาสัมผัสที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2 ที่ปริมาณ  
120 มิลลิกรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำเสีย

Time (hr.)	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	%Removal <sub>i</sub>	%Removal <sub>s</sub>	%Removal <sub>a</sub>	X/M
0.08	4.00	3.99	9.18	0.94	89.76	1.84	89.92	3.43
0.17	4.00	3.99	9.18	0.87	90.52	1.84	88.68	3.46
0.25	4.00	4.00	9.18	0.78	91.50	1.84	89.66	3.50
0.33	4.00	3.99	9.18	0.90	90.20	1.84	88.36	3.45
0.42	4.00	4.00	9.18	0.73	92.05	1.84	90.21	3.52
0.50	4.00	4.01	9.18	0.71	92.27	1.84	90.43	3.53
1.00	4.00	4.01	9.18	0.65	92.92	1.84	91.08	3.55
1.50	4.00	4.01	9.18	0.67	92.70	1.84	90.86	3.55
2.00	4.00	4.04	9.18	0.65	92.92	1.84	91.08	3.55
2.50	4.00	4.04	9.18	0.63	93.14	1.84	91.30	3.56
3.00	4.00	4.03	9.18	0.60	93.46	1.84	91.62	3.58
3.50	4.00	4.03	9.18	0.62	93.25	1.84	91.41	3.57
4.00	4.00	4.03	9.18	0.56	93.90	1.84	92.06	3.59
6.00	4.00	4.03	9.18	0.54	94.12	1.84	92.28	3.60
8.00	4.00	4.04	9.18	0.32	96.51	1.84	94.67	3.69
10.00	4.00	4.02	9.18	0.26	97.17	1.84	95.33	3.72
12.00	4.00	4.01	9.18	0.28	96.95	1.84	95.11	3.71
14.00	4.00	4.00	9.18	0.29	96.84	1.84	95.00	3.70
16.00	4.00	4.01	9.18	0.28	96.95	1.84	95.11	3.71
18.00	4.00	4.01	9.18	0.25	97.28	1.84	95.44	3.72
20.00	4.00	4.02	9.18	0.29	96.84	1.84	95.00	3.70
22.00	4.00	4.01	9.18	0.23	97.50	1.84	95.66	3.73
24.00	4.00	4.01	9.18	0.20	97.82	1.84	95.98	3.74



Blank	สารละลายที่ไม่เติมตัวดูดซับมีค่าเท่ากับ 9.18 มิลลิกรัมต่อลิตร
pH <sub>i</sub>	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
pH <sub>f</sub>	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
Conc. <sub>i</sub>	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
Conc. <sub>f</sub>	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
%Removal <sub>t</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
%Removal <sub>s</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน
%Removal <sub>a</sub>	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ
X/M(mg/g)	ความสามารถในการกำจัดโลหะหนักของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกมันสำปะหลัง (มิลลิกรัม Cu ต่อกรัมมันสำปะหลัง)

ตารางที่ ฅ-14 แสดงความเข้มข้นที่เหลือในน้ำเสียสังเคราะห์ทองแดงจากการกำจัด  
ด้วยถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2

เวลา(ชม.)	ความเข้มข้นทองแดงที่เหลือ (มก./ 50 มล.น้ำตัวอย่าง)					
	20	40	60	80	100	120
0.08	4.68	4.28	1.66	1.62	0.94	2.28
0.09	4.64	3.42	1.66	1.17	0.87	1.60
0.25	4.43	3.23	1.59	1.04	0.78	0.97
0.33	4.41	2.91	1.56	0.99	0.79	0.90
0.42	4.33	2.80	1.29	0.91	0.73	0.83
0.50	4.16	3.06	1.29	0.79	0.71	0.98
1	4.18	2.76	1.34	0.76	0.65	0.91
1.5	4.01	2.88	1.27	0.75	0.67	0.75
2	4.00	2.66	1.15	0.72	0.65	0.67
2.5	3.94	2.60	1.11	0.68	0.63	0.66
3	3.73	2.62	1.10	0.67	0.60	0.57
3.5	3.17	2.44	0.96	0.67	0.62	0.70
4	2.87	2.36	0.90	0.56	0.56	0.70
6	1.61	2.05	0.90	0.51	0.54	0.67
8	1.2	0.91	0.50	0.32	0.32	0.38
10	1.36	0.67	0.33	0.36	0.26	0.31
12	1.11	0.85	0.3	0.28	0.28	0.28
14	1.33	0.67	0.36	0.27	0.29	0.26
16	0.95	0.78	0.36	0.33	0.28	0.26
18	1.21	0.64	0.45	0.23	0.25	0.26
20	1.22	0.71	0.45	0.28	0.29	0.25
22	1.28	0.63	0.54	0.27	0.23	0.25
24	1.3	0.61	0.26	0.24	0.20	0.25

### ภาคผนวก จ

ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์ แบบที่ 2  
ที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 10, 20 และ 30 นาที

ตารางที่ ฉ-1 ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ในการกำจัดทองแดง  
ที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 10 นาที

Sample	Day	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	Conc. <sub>f</sub> / Conc. <sub>i</sub>	%removal <sub>a</sub>	BV.	X/M
Sample1	0.50	4.00	4.04	9.88	0.02	0.002	97.96	43	3.00E-02
Sample2	1	4.00	4.03	9.88	0.06	0.006	97.55	85	2.90E-02
Sample3	1.5	4.00	4.03	9.88	2.07	0.21	77.21	101	2.30E-02
Sample4	2	4.00	4.03	9.88	2.55	0.26	72.35	150	2.20E-02
Sample5	3	4.00	4.03	9.88	5.85	0.59	38.95	299	1.20E-02
Sample6	4	4.00	4.03	9.88	8.09	0.82	16.28	450	5.37E-03
Sample7	5	4.00	4.03	9.88	9.20	0.93	5.04	600	2.04E-03
Sample8	6	4.00	4.05	9.98	9.77	0.98	0.29	749	6.30E-04
Sample9	7	4.00	4.04	9.88	9.78	0.99	-	899	3.00E-04

ตารางที่ จ-2 ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ในการกำจัดทองแดง  
ที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 20 นาที

Sample	Day	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	Conc. <sub>f</sub> / Conc. <sub>i</sub>	%removal <sub>a</sub>	BV.	X/M
Sample1	0.5	4	4.03	9.88	0.002	2.02E-04	98.14	29	2.96E-02
Sample2	1	4	4.04	9.88	0.34	3.44E-02	94.77	57	2.86E-02
Sample3	1.5	4	4.02	9.88	0.75	7.59E-02	90.58	74	2.74E-02
Sample4	2	4	4.03	9.88	1.80	0.18E-02	80.01	92	2.40E-02
Sample5	3	4	4.04	9.80	2.51	2.56E-01	72.57	132	2.19E-02
Sample6	4	4	4.04	9.22	7.33	7.95E-01	18.66	207	5.67E-03
Sample7	5	4	4.02	9.89	4.69	4.74E-01	50.74	282	1.56E-02
Sample8	6	4	4.02	9.71	6.76	6.96E-01	28.54	357	8.85E-03
Sample9	7	4	4.03	9.79	8.10	8.27E-01	15.42	432	5.07E-03
Sample10	8	4	4.03	9.73	8.26	8.49E-01	13.27	507	4.41E-03
Sample11	9	4	4.02	9.88	8.63	8.74E-01	10.81	582	3.75E-03
Sample12	10	4	4.02	9.54	8.53	8.94E-01	8.75	657	3.03E-03
Sample13	11	4	4.04	9.50	9.06	9.54E-01	2.79	732	1.32E-03
Sample14	12	4	4.03	9.27	9.23	9.96E-01	-	807	1.20E-04
Sample15	13	4	4.02	9.87	9.19	9.31E-01	5.05	882	2.04E-03
Sample16	14	4	4.04	9.88	9.70	9.81E-01	-	957	5.40E-04
Sample17	15	4	4.04	9.87	9.81	9.94E-01	-	1,032	1.80E-04

ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์แบบที่ 2 ในการกำจัดทองแดง  
ที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 30 นาที

Sample	Day	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	Conc. <sub>f</sub> / Conc. <sub>i</sub>	%removal <sub>a</sub>	BV.	X/M
Sample1	0.5	4	4.05	9.88	0.0016	1.62E-04	98.14	14	2.96E-02
Sample2	1	4	4.05	9.88	0.0024	2.43E-04	98.14	28	2.96E-02
Sample3	1.5	4	4.04	9.24	1.78	1.93E-01	78.90	42	2.24E-02
Sample4	2	4	4.03	9.87	4.14	4.19E-01	56.21	56	1.72E-02
Sample5	3	4	4.04	9.87	3.84	3.89E-01	59.25	84	1.81E-02
Sample6	4	4	4.04	9.89	7.27	7.35E-01	24.65	112	7.86E-03
Sample7	5	4	4.02	9.87	7.78	7.88E-01	19.34	148	6.27E-03
Sample8	6	4	4.03	9.87	7.74	7.84E-01	19.74	184	6.39E-03
Sample9	7	4	4.03	9.89	8.19	8.28E-01	15.35	220	5.10E-03
Sample10	8	4	4.05	9.89	8.40	8.49E-01	13.23	256	4.47E-03
Sample11	9	4	4.05	9.88	8.52	8.62E-01	11.93	292	4.08E-03
Sample12	10	4	4.04	9.88	9.11	9.22E-01	5.95	328	2.31E-03
Sample13	11	4	4.02	9.88	9.28	9.39E-01	4.23	364	1.80E-03
Sample14	12	4	4.03	9.88	9.56	9.68E-01	1.40	400	9.60E-04
Sample15	13	4	4.03	9.88	9.42	9.53E-01	2.82	436	1.38E-03
Sample16	14	4	4.05	9.89	9.56	9.67E-01	1.50	472	9.90E-04
Sample17	15	4	4.05	9.88	9.79	9.91E-01	-	508	2.70E-04
Sample18	16	4	4.04	9.88	9.64	9.76E-01	0.59	544	7.20E-01
Sample19	17	4	4.02	9.88	9.58	9.70E-01	1.20	580	9.00E-04
Sample20	18	4	4.03	9.88	9.61	9.73E-01	0.89	616	8.10E-04
Sample21	19	4	4.03	9.88	9.50	9.62E-01	2.01	652	1.14E-03
Sample22	20	4	4.05	9.89	9.69	9.80E-01	0.18	688	6.00E-04
Sample23	21	4	4.05	9.88	9.39	9.50E-01	3.12	724	1.47E-03
Sample24	22	4	4.04	9.88	9.59	9.71E-01	1.10	760	8.70E-04

ตารางที่ จ-3 (ต่อ) ผลการทดสอบแบบต่อเนื่องของถ่านกัมมันต์แบบที่ 3 ในการกำจัดทองแดง  
ที่เวลาสัมผัสถึงเปล่า 30 นาที

Sample	Day	pH <sub>i</sub>	pH <sub>f</sub>	Conc. <sub>i</sub>	Conc. <sub>f</sub>	Conc. <sub>f</sub> / Conc. <sub>i</sub>	%removal <sub>a</sub>	BV.	X/M
Sample25	23	4.00	4.02	9.88	9.64	9.76E-01	0.59	796	7.20E-04
Sample26	24	4.00	4.03	9.88	9.44	9.55E-01	2.61	832	1.32E-03
Sample27	25	4.00	4.03	9.88	9.56	9.68E-01	1.40	868	9.60E-04
Sample28	26	4.00	4.05	9.89	9.26	9.36E-01	4.53	904	1.89E-03
Sample29	27	4.00	4.05	9.88	9.66	9.78E-01	0.39	940	6.60E-04
Sample30	28	4.00	4.04	9.88	9.55	9.67E-01	1.50	976	9.90E-04
Sample31	29	4.00	4.02	9.88	9.38	9.49E-01	3.22	1,012	1.50E-03
Sample32	30	4.00	4.03	9.88	9.71	9.83E-01	-	1,048	5.10E-04
Sample33	31	4.00	4.03	9.88	9.70	9.82E-01	-	1,084	5.40E-04
Sample34	32	4.00	4.05	9.89	9.49	9.60E-01	2.20	1,120	1.20E-03
Sample35	33	4.00	4.05	9.88	9.66	9.78E-01	-	1,156	6.60E-04
Sample36	34	4.00	4.05	9.88	9.74	9.86E-01	-	1,192	4.20E-04

Blank	สารละลายที่ไม่เติมถ่านกัมมันต์มีค่าเท่ากับ 9.81 มิลลิกรัมต่อลิตร
$pH_i$	พีเอชเริ่มต้นของสารละลาย
$pH_f$	พีเอชของสารละลายหลังการทดลอง
$Conc._i$	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$Conc._f$	ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$\%Removal_i$	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับ
$\%Removal_s$	ร้อยละการกำจัดโดยการตกตะกอน มีค่าเท่ากับ 1.84
$\%Removal_a$	ร้อยละการกำจัดโดยการดูดซับ ( $\%Removal_i - Removal_s$ )
BV(Bed Volume)	หน่วยของปริมาตรน้ำที่ถูกบำบัดผ่านคอลัมน์(ปริมาตรเบด)
X	ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายก่อนการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ความเข้มข้นที่เหลือของสารละลายหลังการทดลอง (มิลลิกรัมต่อลิตร)
M	น้ำหนักของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลังที่ความยาว 30 ซม.
X/M(mg/g)	ความสามารถในการกำจัดโลหะหนักของถ่านกัมมันต์ จากเปลือกมันสำปะหลัง (มิลลิกรัมทองแดง ต่อ กรัมมันสำปะหลัง)



ภาคผนวก ช.

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

## มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม

น้ำเสีย หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนหรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

น้ำทิ้ง หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรม หรือนิคมอุตสาหกรรม ที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวมทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

การบำบัดน้ำเสีย หมายความว่า กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ.2535) เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม แต่ทั้งนี้ห้ามมิให้ใช้วิธีการทำให้เจือจาง

ตารางที่ ข.1 มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม  
(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3, 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1.ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	- 5.5-9.0	- pH Meter
2.ค่าทีดีเอส(TDS หรือ Total Dissolved Solids )	- ไม่เกิน 3,000 มก./ล.หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรับรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	- ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3.สารแขวนลอย (Suspended Solids)	- ไม่เกิน 50 มก./ล.+ หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งของรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	- กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)
4.อุณหภูมิ (Temperature)	- ไม่เกิน 40°C	- เครื่องวัดอุณหภูมิวัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
5. สีหรือกลิ่น	- ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	- ไม่ได้กำหนด
6.ซัลไฟด์ (Sulfide as H <sub>2</sub> S)	- ไม่เกิน 0.1 มก./ล.	- Titrate
7.ไซยาไนด์ (Cyanide as HCN)	- ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	- กลั่นและตามด้วยวิธี Pyridine Barbituric Acid

ตารางที่ ช.1 มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม  
(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3, 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
8. น้ำมันและไขมัน(Fat,Oil and Grease)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	- สกัดด้วยตัวทำละลายแล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
9. ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- Spectrophotometry
10. สารประกอบฟีนอล(Phenols)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล	- กลั่นและตามด้วยวิธี 4-Amino-antipyrine
11. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	- Iodometric Method
12. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์(Pesticide)	- ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	- Gas-Chromatography
13. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	- ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมแต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	- Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน
14. ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjedahl Nitrogen)	- ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	- Kjedahl

ตารางที่ ข.1 มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม  
(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3, 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
15. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)	- ไม่เกิน 100 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 200 มก./ล.	- Potassium Dichromate Digestion
16. โลหะหนัก (Heavy Metal)		
1. สังกะสี	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrometry ชนิด Direct Aspiration หรือวิธี Plasma Emission Spectroscopy ชนิด Inductive Coupled Plasma : ICP
2. โครเมียมชนิดไตรวาเลนต์ (Trivalent Chromium)	- ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
3. โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Hexavalent Chromium)	- ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
4. ทองแดง (Cu)	- ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
5. แบเรียม (Ba)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
6. ตะกั่ว (Pb)	- ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
7. แคดเมียม (Cd)	- ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	

ตารางที่ ข.1 มาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม  
(ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3, 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
8. แมงกานีส (Mn)	- ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	- Atomic Absorption Spectrometry ชนิด
9. นิกเกิล (Ni)	- ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	Direct Aspiration หรือ
10. อาเซนิก (As)	- ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	วิธี Plasma Emission
11. เซเลเนียม (Se)	- ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	Spectroscopy ชนิด
12.ปรอท (Hg)	- ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	Inductive Coupled Plasma : ICP - Atomic Absorption Cold Vapor Technique

ที่มา : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) วันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง จากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ง ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

### ภาคผนวก ช

ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดติดผิวของถ่านกัมมันต์แบบที่ 1 และสารดูดซับ  
แบบที่ 2 ที่ พีเอช 4 และความเข้มข้นทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร  
ที่สภาวะสมดุล

ตารางที่ ข-1 การศึกษาไอโซเทอมการดูดซับทองแดงของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง (แบบที่ 1) ที่พีเอช 4 ปริมาณต่าง ๆ และความเข้มข้นทองแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สภาวะสมดุล

Co	X	m	x/m	1/(x/m)	Ce	1/Ce	logCe	log(x/m)
9.18	6.58	0.40	16.45	0.06	3.23	0.31	0.51	1.22
9.18	9.01	0.80	11.26	0.09	0.80	1.25	-0.10	1.05
9.18	9.06	1.20	7.55	0.13	0.75	1.33	-0.12	0.88
9.18	9.76	1.60	6.10	0.16	0.05	20.00	-0.13	0.79
9.18	9.74	2.00	4.87	0.21	0.07	14.29	-1.15	0.69
9.18	9.76	2.40	4.07	0.25	0.05	20.00	-1.30	0.61

Co ความเข้มข้นของทองแดงเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)

Ce ความเข้มข้นของทองแดงที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร)

X ความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกกำจัด (มิลลิกรัม/ลิตร)

m ปริมาณถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลัง (กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง)



ตารางที่ ข-2 ผลการศึกษาไอโซเทอมการดูดซับของสารดูดซับจากเปลือกมันสำปะหลัง (แบบที่ 2) ที่เตรียมจากสัดส่วนเปลือกมันสำปะหลัง ต่อ กรดฟอสฟอริกสัดส่วนเป็น 1:2 โดย น้ำหนัก ที่พีเอช 4 ปริมาณต่าง ๆ และความเข้มข้นของแดงเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่สภาวะ สมดุล

Co	x	m	x/m	1/(x/m)	Ce	1/Ce	logCe	log(x/m)
9.18	7.82	0.4	19.55	0.05	1.36	0.74	0.13	1.29
9.18	8.51	0.8	10.64	0.09	0.67	1.49	-0.17	1.03
9.18	8.68	1.2	7.23	0.14	0.50	2.00	-0.30	0.86
9.18	8.86	1.6	5.54	0.18	0.32	3.13	-0.50	0.74
9.18	8.80	2.0	4.40	0.23	0.38	2.63	-0.42	0.64
9.18	8.86	2.4	3.69	0.27	0.32	3.13	-0.50	0.57

Ce ความเข้มข้นของทองแดงที่สภาวะสมดุล (มิลลิกรัม/ลิตร)

Co ความเข้มข้นของทองแดงเริ่มต้น (มิลลิกรัม/ลิตร)

X ความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกกำจัด (มิลลิกรัม/ลิตร)

m ปริมาณสารดูดซับจากเปลือกมันสำปะหลัง (กรัมต่อ 50 มิลลิลิตรน้ำตัวอย่าง)

**ภาคผนวก ฅ**

**มาตรฐาน ASTM (D3860-89a, 1996)**

# 1996



## ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS

SECTION  
**15**

General Products, Chemical Specialties,  
and End Use Products



VOLUME  
**15.01**

Refractories; Carbon and Graphite  
Products; Activated Carbon;  
Advanced Ceramics

*Revised annually.*



Designation: D 3860 - 89a (Reapproved 1993)<sup>1</sup>

## Standard Practice for Determination of Adsorptive Capacity of Activated Carbon by Aqueous Phase Isotherm Technique<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D 3860; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

<sup>1</sup>NOTE—Section 13 was added editorially in September 1993.

### 1. Scope

1.1 This practice covers the determination of the adsorptive capacity of activated carbon to remove undesirable constituents from water and waste water. It can be used to evaluate the adsorptive capacity of both virgin and reactivated granular activated carbons and powdered activated carbon.

1.2 This practice is not recommended for concentrations of volatile constituents that may be lost under the filter conditions of the procedure section. If volatile constituents are suspected, comparison of a vacuum filtered and unfiltered sample analysis shall be conducted.

1.3 This practice is recommended to determine the adsorptive capacity of activated carbon for the following applications, but is not limited to these applications:

1.3.1 Removal of color from dye mill waste water,

1.3.2 Removal of taste or odor constituents, or both, from potable waters,

1.3.3 Removal of toxicants from water,

1.3.4 Removal of surface active agents from water,

1.3.5 Removal of BOD<sub>5</sub> from sanitary waste waters, and

1.3.6 Removal of TOC from industrial waste waters.

1.4 The following safety caveat applies to the procedure section of this practice: *This standard does not purport to address all of the safety problems, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

D 1129 Terminology Relating to Water<sup>2</sup>

D 1193 Specification for Reagent Water<sup>2</sup>

D 3370 Practices for Sampling Water from Closed Conduits<sup>2</sup>

D 2652 Terminology Relating to Activated Carbon<sup>3</sup>

D 2867 Test Method for Moisture in Activated Carbon<sup>3</sup>

E 300 Practice for Sampling Industrial Chemicals<sup>4</sup>

<sup>1</sup> This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee D-28 on Activated Carbon and is the direct responsibility of Subcommittee D28.02 on Liquid Phase Evaluation Tests.

Current edition approved Dec. 29, 1989. Published February 1990. Originally published as D 3860 - 79. Last previous edition D 3860 - 89.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 11.01.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.01.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.05.

### 3. Terminology

#### 3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of terms used in this practice relating to activated carbon, refer to Terminology D 2652.

3.1.2 For definition of terms used in this practice relating to water, refer to Terminology D 1129.

### 4. Summary of Practice

4.1 This practice consists of the determination of the adsorptive capacity of activated carbon for adsorbable constituents by contacting the aqueous solution with activated carbon, determining the amount of the constituents removed, and calculating the adsorptive capacity from a Freundlich isotherm plot.

4.1.1 Sample weights of activated carbon may have to be adjusted, depending on the concentration of adsorbable constituents in the water.

### 5. Significance and Use

5.1 This practice is used when activated carbon is considered as an adsorbent in treating water. Since both granular and powdered activated carbons are commercially available, a standard practice is needed to ensure that the activated carbons are evaluated under the same test conditions. Specified particle size carbon is to be used to ensure that the same test conditions are used. The practice is generally performed at 20°C; however, other temperatures may be used and noted.

### 6. Interferences

6.1 The water sample must not contain any immiscible oil.

6.2 Generally, membrane filters contain a slight amount of leachable surfactants and wetting agents that might be a source of detectable error in waters having low concentrations of adsorbable constituents.

### 7. Apparatus

7.1 *Agitator*, able to keep slurried activated carbon in suspension.

NOTE 1—A wrist-action shaker or a magnetic stirrer is suitable as an agitator.

7.2 *Grinding mill*, capable of grinding material so that 95 % passes through a 325-mesh sieve.

7.3 *Vacuum or pressure-filtration apparatus*.

7.4 *Membrane filters*, 0.40 to 0.45  $\mu\text{m}$ .

## D 3860

7.5 Erlenmeyer flasks, glass stoppered, 500-mL and 1000-mL capacity.

7.6 Analytical balance, capable of weighing to the nearest 0.1 mg.

7.7 Oven, forced-air circulation, capable of temperature regulation between 145 and 155°C.

7.8 Constant temperature water bath, capable of temperature regulation of  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ .

7.9 Pipet, 100-mL.

## 8. Sampling

8.1 Sample activated carbon that has been sampled according to Practice E 300 and reduced in particle size so that 95 % passes through a U.S. 325-mesh sieve by wet screening or equivalent, and oven-dried according to Test Method D 2867 (3 hours at 150°C is usually sufficient).

8.2 Collect water samples in accordance with Practices D 3370.

## 9. Procedure

9.1 Table 1 is a suggested list of the activated carbon weights and solution sample volume to be used for the expected concentrations of adsorbable constituents. Suggested carbon weights or solution sample volumes should be adjusted to obtain a maximum of 85 % adsorbate removal and a minimum of 10 % adsorbate removal.

9.2 For water containing  $>10$  mg/L adsorbable constituents, pipet aliquots of 100 mL each into 500-mL glass-stoppered Erlenmeyer flasks. For water containing  $\leq 10$  mg/L, measure 500-mL aliquots into 1000-mL glass-stoppered Erlenmeyer flasks.

9.3 Add to the containers the appropriate amount of pulverized activated carbon corrected to dry basis (Table 1) in regular intervals to allow time for filtration. Generally, a 5-min interval is adequate. Use one flask without activated carbon for a control sample.

9.4 After the addition of each activated carbon sample, swirl the flask to wet the carbon. Stopper the flask and place on the agitator. Record the time.

9.5 Allow each flask to shake or agitate for 2 h in a water bath at the desired temperature. Two hours contact time is normally sufficient to achieve steady state. However, a contact time study should be performed to verify that steady state is achieved (see 4.1).

9.6 After 2 h, immediately filter each test and control samples through separate new 0.40 to 0.45- $\mu\text{m}$  membrane filters.

NOTE 2—If the water sample contains volatile constituents, use pressure filtration with nitrogen gas to reduce loss.

NOTE 3—It is recommended that each membrane filter be rinsed with 500 mL of reagent grade Type II water (Specification D 1193) prior to filtration.

TABLE 1 Solution Sample Volumes and Carbon Weights for Determining Adsorbable Constituents

Concentration of Adsorbable Constituents, mg/L	Solution Sample Volume, mL	Suggested Carbon Weights (Dry Basis), mg
$\leq 10$	500	1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 25.0, and 50.0
$>10$ –100	100	0.01, 0.02, 0.04, 0.10, 0.20, 0.40, 1.0, 2.0, and 4.0
$>100$	100	0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, and 10.0

9.7 Immediately analyze the filtrates for the specific constituent of interest and record the results along with the corresponding carbon weight.

## 10. Calculation

10.1 Determine the amount of constituent adsorbed,  $X$ , as follows:

$$X = C_0V - CV$$

where:

$X$  = amount of constituent adsorbed, mg,

$C_0$  = concentration of constituents before carbon treatment, mg/L,

$C$  = concentration of constituents after carbon treatment, mg/L, and

$V$  = volume of sample, L.

10.2 Determine the amount of constituent adsorbed per unit weight of carbon,  $X/M$ , as follows:

$$X/M = (C_0V - CV)/M$$

where:

$M$  = weight of carbon, g,

$X$  = amount of constituent adsorbed, mg,

$X/M$  = constituent adsorbed per unit weight of carbon, mg/g,

$C_0$  = concentration of constituents before carbon treatment, mg/L,

$C$  = concentration of constituents after carbon treatment, mg/L, and

$V$  = volume of sample, L.

## 11. Report

11.1 See Table 2 for the recommended format for data reporting.

11.2 Plotting of Data:

11.2.1 Use three-cycle log/log paper and plot concentration remaining in mg/L on the abscissa axis and  $X/M$  on the ordinate axis, and then connect the points.

11.2.2 If a vertical line is erected from the point on the abscissa scale corresponding to the original concentration  $C_0$  and the isotherm plot is extrapolated to intersect this line, the  $X/M$  value at the point of intersection can be read from the ordinate scale. This value termed  $X/M_{\infty}$  represents the amount of impurity adsorbed when the carbon is in equilibrium with the influent concentration. This value represents the ultimate capacity of the carbon for the adsorbate.

TABLE 2 Format for Data Reporting

M Grams of Carbon	C	(C) V	X Constituent Adsorbed, mg	X/M = mg/g
	Concentration Remaining in Solution, mg/L	Constituent Remaining in Solution, mg		
Control	500	50	---	---
0.0500	475	47.5	2.5	50
0.1000	450	45.0	5.0	50
0.2000	420	42.0	8.0	40
0.5000	310	31.0	19	38
1.000	200	20.0	30	30
2.000	100	10.0	40	20
5.000	35	3.5	46.5	9.3
10.00	12	1.2	48.6	4.9
20.00	4	0.4	49.6	2.48


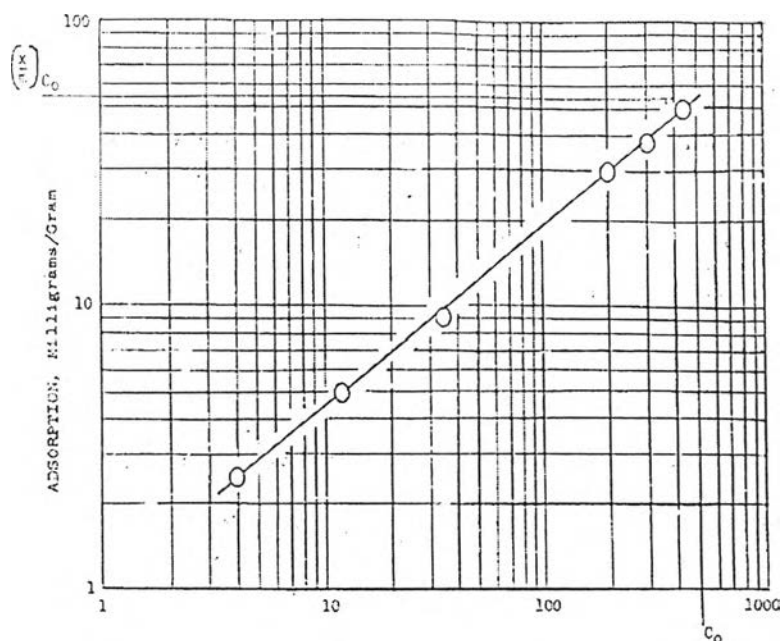
 D 3860


FIG. 1 Plotting of Data Concentration (C) mg/L

## 12. Precision and Bias

12.1 *Precision*—The precision is limited by the precision of the test methods used in determining the concentrations of the constituents.

12.2 *Bias*—The bias is limited by the bias of the test

methods used in determining the concentrations of the constituents.

## 13. Keywords

13.1 activated carbon

*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, PA 19103.*

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเรืองศักดิ์ ชื่อประสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2512 ที่จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2530 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546

