

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธรรนิศวรร ทรพรพนันท์. 2535. การปนเปื้อนของปรอท แคดเมียม แมงกานีส ในน้ำชะมูลฝอยจาก
สถานกำจัดมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนตรนภา ศรุตวราพวงศ์. 2539. การใช้ยูเอเอสพีแบบมีถังสร้างกรดในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์
ที่มีแอมโมเนีย วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เบกพล ก้านสังวร. 2542. การบำบัดน้ำชะมูลฝอยแบบโคเมตาบอลิซด้วยระบบยูเอเอสพี
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธีระ เกรอด. 2539. วิศวกรรมน้ำเสียการบำบัดทางชีวภาพ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มันสิน ตันชุลเวศม์. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 1.
กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรพงศ์ บิลลี. 2542. การกำจัดน้ำชะมูลฝอยโดยกระบวนการระเหย วิทยานิพนธ์ปริญญา
มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

วุฒิ วิพันธ์พงษ์. 2540. การใช้สารเคมีเพนตันกำจัดสีและสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

ศิริรัตน์ ชาญไวยวิทย์. 2536. ผลกระทบของน้ำชะขยะต่อคุณภาพน้ำใต้ดินอำเภอหาดใหญ่
 วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิต
 วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภา ชินเวชกิจวานิชย์. 2540 การลดสีรีแอกทีฟในน้ำเสียภายใต้สภาวะไร้อากาศด้วย
ระบบยูเอเอสบี วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถฤทธิ์ รื่นเรืองใจ. 2541. บทบาทของสารให้อิเล็กตรอนที่มีต่อการบำบัดน้ำเสียที่มีสีเอซี
รีแอกทีฟด้วยระบบไร้ออกซิเจน วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม
 สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทัย สิ้นเพ็ง. 2538. การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยถังกรองไร้ออกซิเจนตามแนวราบ วิทยานิพนธ์
 ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกอนามัยสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Andriaens Peter and Dunja Grbic-Galic. 1994. Cometabolic transformation of mono And dichlorophenyls and chlorohydroxybiphenyls by methanotrophic Groundwater isolates. Environment Science Technology 28(7): 1325-1330.

Arcangeli Jean-Pierre and Erik Arvin. 1995. Biodegradation rates of aromatic Contaminants in biofilm reactors. Water Science Technology 31(1): 117-128.

Bitton Gabriel. 1994. Wastewater Microbiology. Wiley-Liss.

C. Gottschalk, J.A. Libra, A.Saupe. 2000. Ozonation of Water and Waste Water. Wiley-VCH.

Chain, E.S.K. and DeWall, F.B. 1977. Character of soluble organic matter in leachate. Environment Science Technology 11(2) :158-162.

Chang, J. 1989. Treatment of landfill leachate with upflow anaerobic reactor combining A Sludge bed and a filter. Water Science Technology 21:133-143.

Chang Hsiao-Lung and Lisa Alvarez-Cohen. 1997. Two – stage methanotrophic Bioreactor for the treatment of chlorinated organic wastewater. Water Science Technology 31(8) : 2026-2036.

Chang Myung-Kun, Thomas C.Voice, and Craig S. Criddle. 1993. Kinetic of competitive Inhibition and Cometabolism in biodegradation of Benzene, Toluene, and *p*-xylene By two *Pseudomonas* isolates. Biotechnology and Bioengineering 41(11): 1057-1065.

- Cheng Jiayang, Makram T.Suidan, and Albert D.Venosa. 1997. Kinetic of anaerobic Cometabolism of 2,4-dinitrotoluene with ethanol as the primary substrate. Water Science and Technology 36(6-7) : 271-278.
- Criddle Craig S. 1993. The kinetics of cometabolism. Biotechnology and Bioengineering 41(11): 1048-1056.
- Diamadopoulos E., Samaras P., Dabou X. and Sakellaropoulos G.P. 1997. Combined Treatment of landfill leachate and domestic sewage in a sequencing batch Reactor. Water Science and Technology 36(2-3): 61-68.
- Dollerer, J. and Wilderer, P.A. 1996. Biological treatment of leachates from hazardous Waste landfills using SBBR technology. Water Science and Technology 34(7-8) : 133-143.
- Flaherty K.A. and Huang.C.P.1999.Continuous Flow Application of Fenton's Reagent For the Treatment of Refractory Wastewaters.Chemical Oxidation : Technology for the Nineties 2:44-57.
- Grady, C. P. L. Jr., G. T.Daigger, H.C. Lim. 1999. Biological Wastewater Treatment. Marcel Dekker.
- Gregor K.H. 1992. Oxidation Decolorization of Textile Wastewater with Advance Oxidation Process. Wastewaters.Chemical Oxidation : Technology for the Nineties 2:161-193.
- Gupta Munish, Makram T.Suidan and Gregory D. Sayles. 1996. Modeling kinetics of Chloroform cometabolism in Methanogenic and Sulfate-reducing environments. Water Science and Technology 34(5-6): 403-410.

- Hamamura Natsuko, Cynthia Page, Tulley Long, Lewis Semprini and Daniel J. Arp.
1997. Chloroform cometabolism by Butane-Grown *Methylosinus trichosporium*
OB3b. Applied and Environment Microbiology. 21(11): 1395-1399.
- Henry J.G., Prasad, D. and Young H., 1987. Removal of organics from leachates by
Anaerobic filter. Water Research. 21(11): 1395-1399.
- Karimi A. Ali et al. 1997. Evaluating an AOP for TCE and PCE removal.
J.AWWA. 89:41-53.
- Keenan, Peter J., Iza jon and Switzenbaum Michael, S. 1993. Inorganic Solids
Development in a pilot-scale anaerobic reactor treating municipal solid waste
Landfill leachate. Water Environment Research. 65 (2): 181-188.
- Kenedy, j et al. 1988. The Comparison of Fixed Film and Sludge Bed treating landfill
leachate. Biotechnology and Bioengineering 11(2):138-146.
- Lin Chu-Yue, Bian Feng-Yi, Chou Jen. 1999. Anaerobic co-digestion of septage and
landfill leachate. Bioresource Technology 68: 275-282.
- Lu C.-J., Lee C. M., and Chung M-S., 1998. The comparison of Trichloethylene removal
Rates by Methane and Aromatic-Utilizing microorganism. Water Science and
Technology 38(7): 19-24.
- Meinander Nina Q. and Barbel Hahn-Hagerdal. 1997. Influence of cosubstrate
Concentration on Xylose conversion by recombinant, XYL-expressing
Saccharomyces cerevisiae: a comparison of different sugar and ethanol as
Cosubstrate. Applied and Environmental Microbiology 63(5): 1959-1964.

- Mendez, R. et al. 1989. Characterization, digestibility and anaerobic treatment of Leachate from old and young landfills. Water Science and Technology 21: 133-143.
- Nedwell, D.B. and Reynolds, P.J. 1996. Treatment of landfill leachate by Methanogenic And Sulfate-reducing digestion. Water Research 30(1): 21-28.
- Overbeck, Paul. Ozone treats groundwater aesthetic[online]
Available from : [http://WWW.OSMONICH.COM/Products/Page 728.htm](http://WWW.OSMONICH.COM/Products/Page%20728.htm). [2000, june 22]
- Powell W.W., Michelsen D.L., Boardman G.D., Dietrich A.M. and Woodby R.M. 1992. Removal of Color And TOC from Segregated Dye Discharges Using Ozone And Fenton's Reagent. Wastewaters. Chemical Oxidation : Technology for the Nineties 2:278-300.
- Raymond C. LinneNan and T. Houston Flippin. 1992. Hydrogen Peroxide Pretreatment of Inhibitory Wastestrea-Bench-Scale Treatability Testing to Full-Scale Implementation : A Case History. Wastewaters. Chemical Oxidation : Technology for the Nineties 2:89-95.
- Reij Martine W., Jasper Kieboom, Jan A.M. de bont and Sybe Hartmans. 1995. Continuous degradation of trichlorethylene by *Xanthobacter* sp. Strain Py2 during growth on Propane. Applied and Environment Microbiology 62(8): 2936-2942.
- Sung, Moon Sung, Chang Duk and Lee Hwa Young. 1997. Performance improvement of substrate and anaerobic leachate treatment system in an industrial waste landfill. Water Science and Technology 36(12): 333-340.

- Tarver M.L., Castrantas H.M., Weibel A.T. and Fagan M.R. 1993. TOC Reduction in Petroleum Process Water with Hydrogen Peroxide. Wastewaters. Chemical Oxidation : Technology for the Nineties 2:368-376.
- Tchobanoglous G., Theisen and Vigil. 1993. Integrated solid waste management. McGraw-Hill.
- Timur, H. and Ozturk, I. 1997. Anaerobic treatment of leachate using sequencing batch reactor and hybrid bed filter. Water Science and Technology.36(6-7): 501-508.
- Urase, T. et al. 1997. Effect of high concentration of organic matters in landfill leachate On the treatment of heavy metals in very low concentration level. Water Science and Technology36(12): 349-356.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
ผลการทดลองชุดที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UASB 1/1(BLANK)

| วันที่ | พีเอช | | | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | ความเข้มข้น (เอสยู) | | | ซีไอดี (มก./ล.) | | | สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล.) | | | กรดไขมันระเหย (มก./ล.) | | | ไออาร์พี (มิลลิโวลท์) | ก๊าซ | | | | | |
|--------|---------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|-----------------------|------|--|--|--|--|--|
| | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | | | | | | | |
| 19 | 7.00 | 7.02 | 7.31 | 29.6 | 29.6 | 30.9 | 108.6 | 106.4 | 99.5 | 944 | 830 | 944 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 7.00 | 6.97 | 7.25 | 29.5 | 29.5 | 30.2 | 104.3 | 104.2 | 112.2 | 1210 | 1048 | 910 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | 7.33 | | | | | | 104.2 | | | 923 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | 7.00 | 6.95 | 7.26 | 29.2 | 29.2 | 30.1 | 126.0 | 119.2 | 135.5 | 1324 | 1087 | 1013 | 1571 | 1635 | 1628 | 349 | 317 | 294 | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 7.00 | 6.98 | 7.18 | 29.5 | 29.5 | 29.6 | 118.2 | 116.9 | 123.9 | 1160 | 1014 | 939 | 1457 | 1482 | 1536 | 375 | 327 | 318 | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 7.00 | 6.95 | 7.24 | 29.6 | 29.6 | 30.5 | 111.4 | 110.5 | 125.1 | 1199 | 1026 | 1029 | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 7.00 | 6.95 | 7.36 | 29.3 | 29.3 | 29.9 | 114.7 | 113.2 | 114.4 | 1127 | 1010 | 900 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 7.00 | 6.97 | 7.34 | 29.7 | 29.7 | 29.7 | 134.5 | 136.4 | 121.6 | 1136 | 964 | 923 | 1330 | 1335 | 1471 | 360 | 348 | 324 | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | 7.16 | | | 30.9 | | | 119.3 | | | 873 | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 7.00 | 6.93 | 7.22 | 29.6 | 29.6 | 30.2 | 108.4 | 110.5 | 114.7 | 1091 | 1135 | 863 | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | | | 7.18 | | | 29.3 | | | 126.3 | | | 918 | 1466 | 1493 | 1525 | 332 | 307 | 294 | | | | | | | |

UASB 1/2 (น้ำตาลทราย)

| วันที่ | พีเอช | | | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | ความเข้มข้น (เฮคยู) | | | ซีไอดี (มก./ล.) | | | สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล.) | | | กรดไขมันระเหย (มก./ล.) | | | ไออาร์พี (มิลลิโวลท์) | ก๊าซ (มล.) |
|--------|---------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|-----------------------|------------|
| | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | | |
| 19 | 7.00 | 6.98 | 7.05 | 29.6 | 29.6 | 30.9 | 110.9 | 104.8 | 81.9 | 2010 | 998 | 862 | | | | | | | -350 | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 7.00 | 6.84 | 7.26 | 29.5 | 29.5 | 30.2 | 117.7 | 100.6 | 92.1 | 2092 | 1002 | 869 | | | | | | | -336 | 150 |
| 22 | | | 7.24 | | | | | | 87.6 | | | 923 | | | | | | | -340 | |
| 23 | 7.00 | 6.83 | 7.18 | 29.2 | 29.2 | 30.1 | 130.3 | 116.3 | 98.0 | 2317 | 1190 | 889 | 1536 | 1548 | 1604 | 327 | 459 | 323 | -362 | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 7.00 | 6.85 | 7.31 | 29.5 | 29.5 | 29.6 | 132.1 | 114.1 | 105.1 | 2120 | 1066 | 939 | 1387 | 1411 | 1512 | 375 | 427 | 296 | -348 | 120 |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 7.00 | 6.80 | 7.06 | 29.6 | 29.6 | 30.5 | 115.3 | 107.5 | 108.4 | 2151 | 1084 | 943 | | | | | | | -356 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 7.00 | 6.85 | 7.08 | 29.3 | 29.3 | 29.9 | 118.8 | 110.8 | 105.3 | 2087 | 977 | 902 | | | | | | | -332 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 7.00 | 6.92 | 7.13 | 29.7 | 29.7 | 29.7 | 138.1 | 128.9 | 112.1 | 2271 | 1128 | 841 | 1368 | 1426 | 1527 | 375 | 430 | 305 | -350 | 120 |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | 7.14 | | | 30.9 | | | 99.5 | | | 906 | | | | | | | -336 | |
| 35 | 7.00 | 6.97 | 7.06 | 29.6 | 29.6 | 30.2 | 115.2 | 103.1 | 96.9 | 2182 | 1200 | 779 | | | | | | | -340 | 125 |
| 36 | | | 7.17 | | | 29.3 | | | 113.4 | | | 918 | 1398 | 1457 | 1536 | 403 | 462 | 337 | -362 | |

UASB 1/3(นมแก้วเหลือง)

| วันที่ | พีเอช | | | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | ความเข้มข้น (เอชยู) | | | ซีไอดี (มก./ล.) | | | สภาพต่างทั้งหมด (มก./ล.) | | | กรดไขมันระเหย (มก./ล.) | | ไออาร์พี (มิลลิวัตต์) | ก๊าซ (มล.) |
|--------|---------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|------------------------|--------|-----------------------|------------|
| | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | ถึงกรด | น้ำออก | | |
| 19 | 7.00 | 6.85 | 7.23 | 29.6 | 29.6 | 30.9 | 112.3 | 108.4 | 83.5 | 1928 | 978 | 985 | | | | | | -364 | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | 7.00 | 6.86 | 7.35 | 29.5 | 29.5 | 30.2 | 156.6 | 104.1 | 97.3 | 2420 | 1046 | 1034 | | | | | | -354 | 80 |
| 22 | | | 7.27 | | | | | | 115.6 | | | 1005 | | | | | | -350 | |
| 23 | 7.00 | 6.84 | 7.28 | 29.2 | 29.2 | 30.1 | 192.0 | 128.8 | 108.7 | 2235 | 1319 | 1034 | 1620 | 1742 | 1816 | 427 | 439 | -328 | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 7.00 | 6.75 | 7.32 | 29.5 | 29.5 | 29.6 | 200.3 | 118.0 | 136.9 | 2440 | 1360 | 1085 | 1548 | 1588 | 1714 | 485 | 391 | -340 | 85 |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | 7.00 | 6.81 | 7.28 | 29.6 | 29.6 | 30.5 | 156.5 | 113.3 | 107.5 | 2525 | 1045 | 1114 | | | | | | -376 | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | 7.00 | 6.85 | 7.32 | 29.3 | 29.3 | 29.9 | 170.8 | 114.5 | 111.9 | 2003 | 994 | 923 | | | | | | -379 | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | 7.00 | 6.82 | 7.29 | 29.7 | 29.7 | 29.7 | 225.7 | 125.7 | 111.8 | 2443 | 1125 | 903 | 1564 | 1473 | 1657 | 348 | 305 | -365 | 100 |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34 | | | 7.41 | | | 30.9 | | | 116.0 | | | 960 | | | | | | -368 | |
| 35 | 7.00 | 6.84 | 7.23 | 29.6 | 29.6 | 30.2 | 123.7 | 128.0 | 108.7 | 2531 | 1200 | 926 | | | | | | -355 | 105 |
| 36 | | | 7.35 | | | 29.3 | | | 120.2 | | | 939 | 1562 | 1519 | 1680 | 438 | 372 | -348 | |



ภาคผนวก ข
ผลการทดลองชุดที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


UASB 2/2 (น้ำตาลทราย)

| วันที่ | พีเอช | | | อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | ความเข้มข้น (เอสยู) | | | ซีโอดี (มก./ล.) | | | สภาพทางทั้งหมด (มก./ล.) | | | กรดไขมันระเหย (มก./ล.) | | | ไออาร์พี | ก๊าซ | | | |
|--------|---------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|----------|------|------|------|--|
| | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | น้ำเสีย | ถึงกรด | น้ำออก | | | | | |
| 1 | 7.00 | 6.81 | 7.09 | 29.1 | 29.1 | 30.2 | 100.8 | 87.8 | 93.9 | 3339 | 1860 | 895 | | | | | | | | -380 | 430 | | |
| 2 | | | 7.01 | | | 30.5 | | | 93.3 | | | 1000 | | | | | | | | | -362 | | |
| 3 | 7.00 | 6.77 | 7.12 | 29.3 | 29.3 | 30.6 | 97.8 | 91.6 | 90.3 | 3119 | 1557 | 880 | 1458 | 1478 | 1554 | 257 | 385 | 361 | | | -360 | 430 | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 7.00 | 6.81 | 7.19 | 30.2 | 30.2 | 30.6 | 117.3 | 105.4 | 93.6 | 3200 | 1578 | 900 | | | | | | | | | -359 | 435 | |
| 6 | | | 7.18 | | | 31.3 | | | 87.5 | | | 814 | | | | | | | | | | -376 | |
| 7 | 7.00 | 6.81 | 7.19 | 29.6 | 29.6 | 31.6 | 109.6 | 90.5 | 87.3 | 3428 | 1543 | 879 | 1489 | 1517 | 1657 | 340 | 425 | 377 | | | -380 | 430 | |
| 8 | | | 7.13 | | | 30.2 | | | 90.8 | | | 869 | | | | | | | | | | -378 | |
| 9 | 7.00 | 6.77 | 7.26 | 30.8 | 30.8 | 30.1 | 120.4 | 100.7 | 90.4 | 3286 | 2048 | 875 | 1536 | 1580 | 1619 | 351 | 468 | 385 | | | -374 | 445 | |
| 10 | | | 7.01 | | | 29.6 | | | 88.5 | | | 793 | | | | | | | | | | -385 | |
| 11 | 7.00 | 6.79 | 7.03 | 30.8 | 30.8 | 30.5 | 110.6 | 104.6 | 91.7 | 3729 | 1944 | 854 | | | | | | | | | -374 | 430 | |
| 12 | | | 7.08 | | | 29.9 | | | 91.2 | | | 854 | | | | | | | | | | -378 | |
| 13 | 7.00 | 6.82 | 7.09 | 29.6 | 29.6 | 29.7 | 110.7 | 99.7 | 90.6 | 3051 | 1302 | 826 | 1384 | 1448 | 1536 | 384 | 441 | 359 | | | -383 | 460 | |
| 14 | | | 7.12 | | | 30.2 | | | 96.7 | | | 925 | | | | | | | | | | -359 | |
| 15 | 7.00 | 6.79 | 7.19 | 29.5 | 29.5 | 30.6 | 126.3 | 108.1 | 97.0 | 3103 | 1495 | 1117 | | | | | | | | | -356 | 440 | |
| 16 | | | 7.18 | | | 31.3 | | | 94.3 | | | 897 | | | | | | | | | | -380 | |
| 17 | 7.00 | 6.79 | 7.19 | 29.2 | 29.2 | 31.6 | 98.2 | 98.4 | 120.0 | 3310 | 1878 | 1002 | 1410 | 1463 | 1525 | 250 | 452 | 368 | | | -356 | 460 | |
| 18 | | | 7.13 | | | 31.4 | | | 100.3 | | | 1064 | | | | | | | | | | -385 | |




ภาคผนวก ค
ผลการทดลองชุดที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง
ผลการทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ๑
ผลการวิเคราะห์ปีโอติตลอดการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑1 ค่าบีโอดีของระบบยูเอเอสบีชุดต่าง ๆ ตลอดการทดลองชุดที่ 1

| วัน | ค่าบีโอดี (มก./ล.) ของชุดการทดลองที่ 1 | | | | | |
|-----|---|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | ยูเอเอสบี 1/1 | | ยูเอเอสบี 1/2 | | ยูเอเอสบี 1/3 | |
| | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก |
| 7 | 43 | 39 | 1158 | 39 | 1158 | 54 |
| 13 | 46 | 43 | 1008 | 47 | 1267 | 59 |
| 17 | 62 | 56 | 1005 | 72 | 1624 | 93 |
| 23 | 46 | 37 | 1743 | 30 | 1593 | 48 |
| 27 | 65 | 63 | 1259 | 44 | 1432 | 87 |
| 31 | 56 | 47 | 1432 | 56 | 1432 | 58 |
| 35 | 41 | 39 | 896 | 28 | 956 | 48 |

ตารางที่ ๑2 ค่าบีโอดีของระบบยูเอเอสบีชุดต่าง ๆ ตลอดการทดลองชุดที่ 2

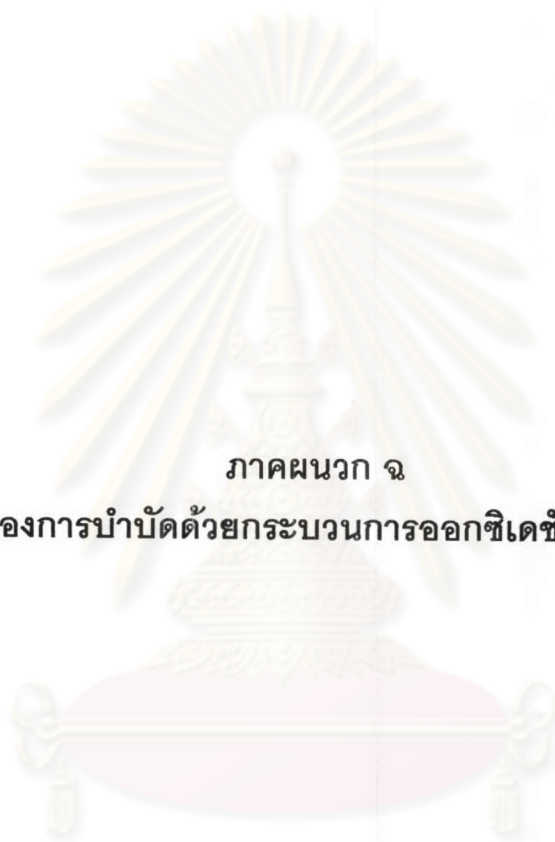
| วัน | ค่าบีโอดี (มก./ล.) ของชุดการทดลองที่ 3 | | | | | |
|-----|---|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | ยูเอเอสบี 2/1 | | ยูเอเอสบี 2/2 | | ยูเอเอสบี 2/3 | |
| | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก |
| 3 | 66 | 40 | 1984 | 46 | 2114 | 76 |
| 7 | 81 | 42 | 2483 | 72 | 2423 | 71 |
| 9 | 84 | 45 | 2259 | 69 | 2059 | 67 |
| 13 | 68 | 35 | 2144 | 65 | 2047 | 77 |
| 17 | 58 | 32 | 1948 | 74 | 1976 | 81 |
| 21 | 52 | 30 | 2030 | 75 | 1883 | 86 |
| 23 | 52 | 29 | 2065 | 48 | 1743 | 51 |

ตารางที่ ๑3 ค่าบีโอดีของระบบยูเอเอสบีชุดต่าง ๆ ตลอดการทดลองชุดที่ 3

| วัน | ค่าบีโอดี (มก./ล.)ของชุดการทดลองที่ 3 | | | | | |
|-----|--|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | ยูเอเอสบี 3/1 | | ยูเอเอสบี 3/2 | | ยูเอเอสบี 3/3 | |
| | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก |
| 3 | 61 | 33 | 3725 | 77 | 3650 | 60 |
| 7 | 66 | 35 | 3413 | 67 | 3675 | 61 |
| 11 | 66 | 33 | 2775 | 46 | 2925 | 48 |
| 15 | 64 | 29 | 3015 | 38 | 2925 | 51 |
| 19 | 68 | 20 | 3225 | 36 | 2880 | 60 |
| 23 | 42 | 19 | 3575 | 68 | 3450 | 72 |
| 25 | 39 | 14 | 3015 | 41 | 3675 | 84 |

ตารางที่ ๑4 ค่าบีโอดีของระบบยูเอเอสบีชุดต่าง ๆ ตลอดการทดลองชุดที่ 4

| วัน | ค่าบีโอดี (มก./ล.)ของชุดการทดลองที่ 4 | | | | | |
|-----|--|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | ยูเอเอสบี 4/1 | | ยูเอเอสบี 4/2 | | ยูเอเอสบี 4/3 | |
| | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก | น้ำเสีย | น้ำออก |
| 3 | 45 | 36 | 76 | 32 | 248 | 44 |
| 7 | 48 | 36 | 88 | 24 | 260 | 29 |
| 13 | 30 | 25 | 54 | 19 | 480 | 25 |
| 17 | 44 | 35 | 62 | 24 | 234 | 32 |
| 21 | 36 | 28 | 62 | 22 | 230 | 30 |
| 25 | 28 | 24 | 50 | 19 | 218 | 30 |
| 29 | 45 | 38 | 54 | 24 | 230 | 28 |



ภาคผนวก ฉ

ผลการทดลองการบำบัดด้วยกระบวนการออกซิเดชันขั้นสูงวิธีต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ1 ผลการทดลองเติมโอโซนความเข้มข้น 200 มก./ล.ด้วยเวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาทีที่พีเอช 3

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 3 | 0 | 1032 | 148 | 0 | 0 |
| | | 30 | 989 | 115 | 4 | 22 |
| | | 60 | 905 | 86 | 12 | 42 |
| | | 90 | 842 | 72 | 18 | 52 |
| | | 120 | 779 | 51 | 25 | 66 |
| | | 150 | 716 | 37 | 31 | 75 |
| | | 180 | 716 | 34 | 31 | 77 |

ตารางที่ จ2 ผลการทดลองเติมโอโซนความเข้มข้น 200 มก./ล.ด้วยเวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาทีที่พีเอช 5

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 5 | 0 | 1032 | 148 | 0 | 0 |
| | | 30 | 1015 | 105 | 2 | 29 |
| | | 60 | 890 | 90 | 14 | 40 |
| | | 90 | 842 | 69 | 18 | 54 |
| | | 120 | 786 | 50 | 24 | 66 |
| | | 150 | 786 | 40 | 24 | 73 |
| | | 180 | 745 | 32 | 28 | 78 |

ตารางที่ ๓ ผลการทดลองเติมโอโซนความเข้มข้น 200 มก./ล.ด้วยเวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาทีที่พีเอช 7

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 7 | 0 | 1032 | 148 | 0 | 0 |
| | | 30 | 1017 | 124 | 1 | 17 |
| | | 60 | 977 | 120 | 5 | 19 |
| | | 90 | 977 | 85 | 5 | 43 |
| | | 120 | 977 | 78 | 5 | 47 |
| | | 150 | 977 | 67 | 5 | 55 |
| | | 180 | 956 | 54 | 7 | 63 |

ตารางที่ ๔ ผลการทดลองเติมโอโซนความเข้มข้น 200 มก./ล.ด้วยเวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาทีที่พีเอช 9

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 9 | 0 | 1382 | 148 | 0 | 0 |
| | | 30 | 931 | 104 | 10 | 30 |
| | | 60 | 807 | 98 | 22 | 34 |
| | | 90 | 807 | 71 | 22 | 52 |
| | | 120 | 807 | 57 | 22 | 62 |
| | | 150 | 765 | 49 | 26 | 67 |
| | | 180 | 745 | 39 | 28 | 74 |

ตารางที่ จ5 ผลการทดลองเติมโอโซนความเข้มข้น 200 มก./ล.ด้วยเวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาทีที่พีเอช 11

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 11 | 0 | 1032 | 148 | 0 | 0 |
| | | 30 | 869 | 96 | 16 | 36 |
| | | 60 | 828 | 88 | 20 | 41 |
| | | 90 | 766 | 55 | 26 | 63 |
| | | 120 | 766 | 37 | 26 | 75 |
| | | 150 | 766 | 28 | 26 | 81 |
| | | 180 | 638 | 18 | 38 | 88 |

ตารางที่ จ6 ผลการทดลองเติมโอโซนที่พีเอช 11 ด้วยความเข้มข้น 100 มก./ล. เวลาดั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาที

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 100 | 11 | 0 | 997 | 166 | 0 | 0 |
| | | 30 | 976 | 162 | 2 | 1 |
| | | 60 | 936 | 133 | 6 | 20 |
| | | 90 | 895 | 120 | 10 | 28 |
| | | 120 | 885 | 116 | 11 | 30 |
| | | 150 | 875 | 97 | 12 | 42 |
| | | 180 | 875 | 91 | 12 | 45 |

ตารางที่ ๗ ผลการทดลองเติมโอโซนที่พีเอช 11 ด้วยความเข้มข้น 200 มก./ล. เวลาตั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาที

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 200 | 11 | 0 | 1158 | 146 | 0 | 0 |
| | | 30 | 1096 | 92 | 5 | 37 |
| | | 60 | 997 | 71 | 14 | 51 |
| | | 90 | 910 | 67 | 21 | 54 |
| | | 120 | 910 | 56 | 21 | 62 |
| | | 150 | 889 | 53 | 23 | 64 |
| | | 180 | 889 | 48 | 23 | 67 |

ตารางที่ ๘ ผลการทดลองเติมโอโซนที่พีเอช 11 ด้วยความเข้มข้น 400 มก./ล. เวลาตั้งแต่ 30 นาทีถึง 180 นาที

| O3 dose (mg./l.) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|---------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 400 | 11 | 0 | 820 | 168 | 0 | 0 |
| | | 30 | 740 | 112 | 10 | 33 |
| | | 60 | 640 | 52 | 22 | 69 |
| | | 90 | 620 | 44 | 24 | 74 |
| | | 120 | 600 | 35 | 27 | 79 |
| | | 150 | 600 | 25 | 27 | 85 |
| | | 180 | 580 | 17 | 29 | 90 |

ตารางที่ ๑๑ การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 2:1 ด้วยเวลา 180 นาที ที่พีเอชต่าง ๆ

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|-----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 200 | 0.18 | 8.1 | 0 | 1123 | 150 | 0 | 0 |
| | | 3 | 180 | 987 | 18 | 12 | 88 |
| | | 5 | 180 | 890 | 25 | 21 | 83 |
| | | 7 | 180 | 813 | 12 | 28 | 92 |
| | | 9 | 180 | 794 | 18 | 29 | 88 |
| | | 11 | 180 | 736 | 10 | 34 | 94 |

ตารางที่ ๑๒ การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 2:1 เมื่อความเข้มข้นโอโซน 100 มก./ล. เวลาตั้งแต่ 30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 100 | 0.09 | 11 | 0 | 1149 | 151 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1092 | 96 | 5 | 36 |
| | | | 60 | 1000 | 53 | 13 | 65 |
| | | | 90 | 954 | 32 | 17 | 79 |
| | | | 120 | 954 | 21 | 17 | 86 |
| | | | 150 | 908 | 18 | 21 | 88 |
| | | | 180 | 908 | 15 | 21 | 90 |

ตารางที่ จ11 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ O_3 : H_2O_2 เท่ากับ 1:1เมื่อความเข้มข้นโอโซน 100 มก./ล. เวลาตั้งแต่30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 100 | 0.18 | 11 | 0 | 1149 | 151 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1057 | 95 | 8 | 37 |
| | | | 60 | 954 | 53 | 17 | 65 |
| | | | 90 | 919 | 29 | 20 | 81 |
| | | | 120 | 873 | 15 | 24 | 90 |
| | | | 150 | 816 | 15 | 29 | 90 |
| | | | 180 | 816 | 14 | 29 | 91 |

ตารางที่ จ12 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ O_3 : H_2O_2 เท่ากับ 1:2เมื่อความเข้มข้นโอโซน 100 มก./ล. เวลาตั้งแต่30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 100 | 0.36 | 11 | 0 | 1149 | 151 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1057 | 95 | 8 | 37 |
| | | | 60 | 954 | 53 | 17 | 65 |
| | | | 90 | 919 | 29 | 20 | 81 |
| | | | 120 | 873 | 15 | 24 | 90 |
| | | | 150 | 816 | 15 | 29 | 90 |
| | | | 180 | 816 | 14 | 29 | 91 |

ตารางที่ จ13 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 2:1เมื่อความเข้มข้นโอโซน 200 มก./ล. เวลาตั้ง แต่30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 200 | 0.18 | 11 | 0 | 1260 | 213 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1172 | 126 | 7 | 41 |
| | | | 60 | 1058 | 70 | 16 | 67 |
| | | | 90 | 995 | 36 | 21 | 83 |
| | | | 120 | 920 | 22 | 27 | 90 |
| | | | 150 | 844 | 21 | 33 | 90 |
| | | | 180 | 844 | 15 | 33 | 93 |

ตารางที่ จ14 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 1:1เมื่อความเข้มข้นโอโซน 200 มก./ล. เวลาตั้ง แต่30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 200 | 0.36 | 11 | 0 | 1260 | 213 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1084 | 102 | 14 | 52 |
| | | | 60 | 995 | 56 | 21 | 73 |
| | | | 90 | 945 | 32 | 25 | 85 |
| | | | 120 | 945 | 31 | 25 | 85 |
| | | | 150 | 895 | 23 | 29 | 89 |
| | | | 180 | 895 | 17 | 29 | 92 |

ตารางที่ ๑15 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 1:2 เมื่อความเข้มข้นโอโซน 200 มก./ล. เวลาตั้ง แต่ 30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 200 | 0.72 | 11 | 0 | 1260 | 213 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1071 | 107 | 15 | 50 |
| | | | 60 | 970 | 51 | 23 | 76 |
| | | | 90 | 920 | 36 | 27 | 83 |
| | | | 120 | 857 | 34 | 32 | 84 |
| | | | 150 | 857 | 26 | 32 | 88 |
| | | | 180 | 857 | 17 | 32 | 92 |

ตารางที่ ๑16 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 2:1 เมื่อความเข้มข้นโอโซน 400 มก./ล. เวลาตั้ง แต่ 30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------|----------------------|----|-------------|--------------|------------|--------------|----------------|
| 400 | 0.36 | 11 | 0 | 1306 | 207 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1110 | 114 | 15 | 45 |
| | | | 60 | 940 | 62 | 28 | 70 |
| | | | 90 | 940 | 44 | 28 | 79 |
| | | | 120 | 914 | 25 | 30 | 88 |
| | | | 150 | 849 | 13 | 35 | 94 |
| | | | 180 | 849 | 12 | 35 | 94 |

ตารางที่ จ17 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 1:1 เมื่อความเข้มข้นโอโซน 400 มก./ล. เวลาตั้งแต่ 30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|-------------------------|----------------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 400 | 0.72 | 11 | 0 | 1306 | 207 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1110 | 100 | 15 | 52 |
| | | | 60 | 914 | 48 | 30 | 77 |
| | | | 90 | 875 | 29 | 33 | 86 |
| | | | 120 | 875 | 19 | 33 | 91 |
| | | | 150 | 849 | 18 | 35 | 91 |
| | | | 180 | 849 | 14 | 35 | 93 |

ตารางที่ จ18 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยโอโซนร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พีเอช 11 ด้วยอัตราส่วนโดยโมลของ $O_3: H_2O_2$ เท่ากับ 1:2 เมื่อความเข้มข้นโอโซน 400 มก./ล. เวลาตั้งแต่ 30 ถึง 180 นาที

| O_3 dose (mg/l) | H_2O_2 dose (ml/l) | pH | Time (Min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------|----------------------------|----|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 400 | 1.44 | 11 | 0 | 1306 | 207 | 0 | 0 |
| | | | 30 | 1058 | 97 | 19 | 53 |
| | | | 60 | 940 | 41 | 28 | 80 |
| | | | 90 | 884 | 25 | 32 | 88 |
| | | | 120 | 884 | 21 | 32 | 90 |
| | | | 150 | 884 | 17 | 32 | 92 |
| | | | 180 | 849 | 12 | 35 | 94 |

ตารางที่ จ19 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 500มก./ล.ด้วยอัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ เท่ากับ 2:1 5:1 10:1 20:1 และ 30:1 โดยจะทำปฏิกิริยาที่พีเอช 3 เป็นเวลา 180 นาที

| H_2O_2 Dose (mg/l) | $FeSO_4$ Dose (g/l) | อัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------------|---------------------------|---|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 964 | 158 | 0 | 0 |
| 500 | 2.043 | R= 2:1 | 321 | 44 | 67 | 72 |
| 500 | 0.817 | R=5:1 | 361 | 26 | 63 | 84 |
| 500 | 0.409 | R=10:1 | 452 | 19 | 53 | 88 |
| 500 | 0.204 | R=20:1 | 466 | 17 | 52 | 89 |
| 500 | 0.136 | R=30:1 | 466 | 13 | 52 | 92 |

ตารางที่ จ20 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 1000มก./ล.ด้วยอัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ เท่ากับ 2:1 5:1 10:1 20:1 และ 30:1 โดยจะทำปฏิกิริยาที่พีเอช 3 เป็นเวลา 180 นาที

| H_2O_2 Dose (mg/l) | $FeSO_4$ Dose (g/l) | อัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------------|---------------------------|---|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 895 | 155 | 0 | 0 |
| 1000 | 4.086 | R= 2:1 | 325 | 51 | 64 | 67 |
| 1000 | 1.634 | R=5:1 | 285 | 32 | 68 | 80 |
| 1000 | 0.817 | R=10:1 | 305 | 23 | 67 | 85 |
| 1000 | 0.409 | R=20:1 | 373 | 16 | 58 | 90 |
| 1000 | 0.272 | R=30:1 | 380 | 11 | 58 | 93 |

ตารางที่ จ21 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 1500มก./ล.ด้วยอัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ เท่ากับ 2:1 5:1 10:1 20:1 และ 30:1 โดยจะทำปฏิกิริยาที่พีเอช 3 เป็นเวลา 180 นาที

| H_2O_2 Dose (mg/l) | $FeSO_4$ Dose (g/l) | อัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------------|---------------------------|---|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 840 | 166 | 0 | 0 |
| 1500 | 6.129 | R= 2:1 | 293 | 48 | 65 | 71 |
| 1500 | 2.452 | R=5:1 | 247 | 28 | 71 | 83 |
| 1500 | 1.226 | R=10:1 | 247 | 14 | 71 | 92 |
| 1500 | 0.613 | R=20:1 | 280 | 9 | 67 | 95 |
| 1500 | 0.408 | R=30:1 | 273 | 8 | 68 | 95 |


ตารางที่ จ22 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 2000มก./ล.ด้วยอัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ เท่ากับ 2:1 5:1 10:1 20:1 และ 30:1 โดยจะทำปฏิกิริยาที่พีเอช 3 เป็นเวลา 180 นาที

| H_2O_2 Dose (mg/l) | $FeSO_4$ Dose (g/l) | อัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------------|---------------------------|---|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 0 | 0 | 0 | 720 | 158 | 0 | 0 |
| 2000 | 8.172 | R= 2:1 | 220 | 50 | 69 | 69 |
| 2000 | 3.268 | R=5:1 | 180 | 26 | 75 | 83 |
| 2000 | 1.634 | R=10:1 | 173 | 15 | 76 | 90 |
| 2000 | 0.817 | R=20:1 | 207 | 8 | 71 | 95 |
| 2000 | 0.544 | R=30:1 | 200 | 5 | 72 | 97 |

ตารางที่ จ23 การบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยการเติม H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 2000มก./ล.ด้วยอัตราส่วนโดยโมล ของ $H_2O_2 : Fe^{2+}$ เท่ากับ 10:1โดยจะทำปฏิกิริยาที่พีเอช 3 เป็นเวลาดังแต่30 ถึง 180 นาที

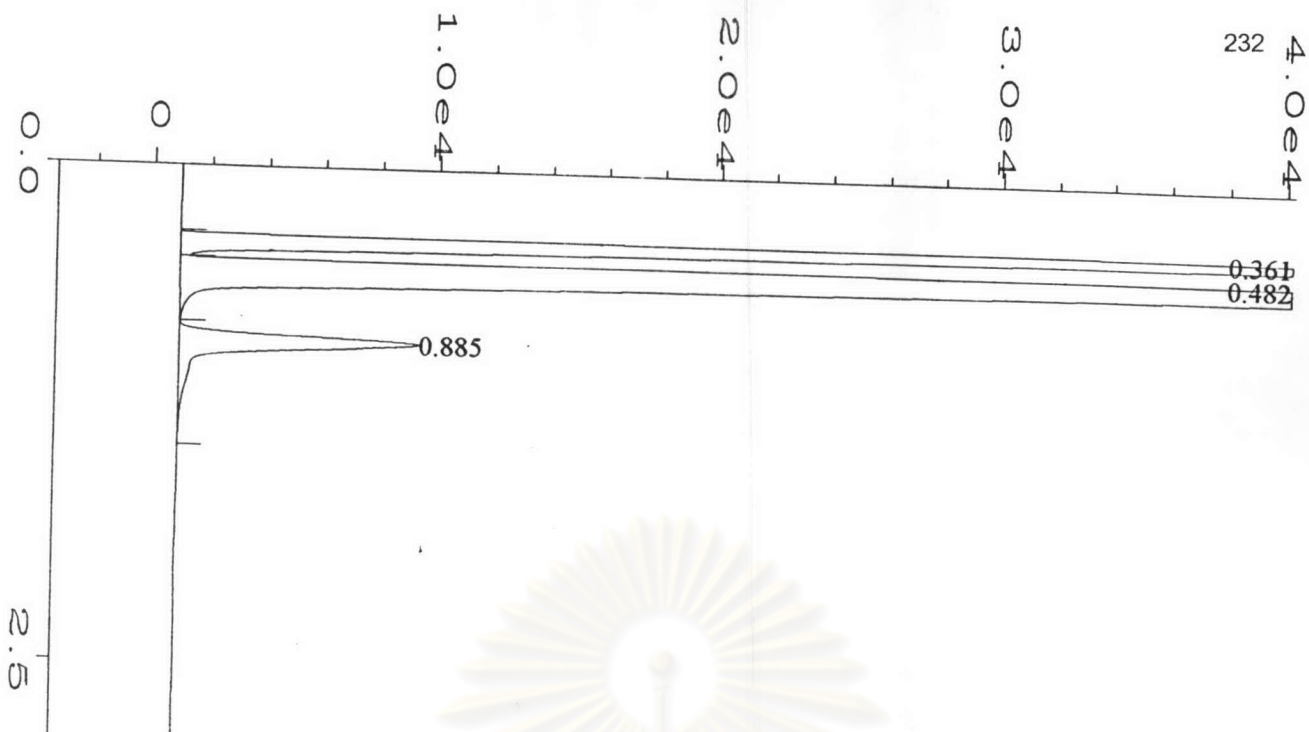
| H_2O_2 Dose (mg/l) | $FeSO_4$ Dose (g/l) | Time (min.) | COD (mg./l.) | Color (SU) | %COD removal | %Color removal |
|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|
| 2000 | 1.634 | 0 | 890 | 172 | 0 | 0 |
| | | 30 | 145 | 27 | 84 | 85 |
| | | 60 | 121 | 26 | 86 | 85 |
| | | 120 | 111 | 26 | 88 | 85 |
| | | 150 | 111 | 25 | 88 | 86 |
| | | 180 | 106 | 23 | 88 | 87 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ช
ผลการวัดสัดส่วนก๊าซมีเทนตลอดการทดลอง

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Area Percent Report

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak24.D
 Operator : SUNE
 Instrument : ANALYZER1
 Sample Name : PULAWY060-65%
 Run Time Bar Code:
 Acquired on : 10 Jun 02 10:03 AM
 Report Created on: 10 Jun 02 10:07 AM
 Page Number : 1
 Vial Number : 1
 Injection Number :
 Sequence Line :
 Instrument Method: NO2.MTH
 Analysis Method : NO2.MTH

Fig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak24.D

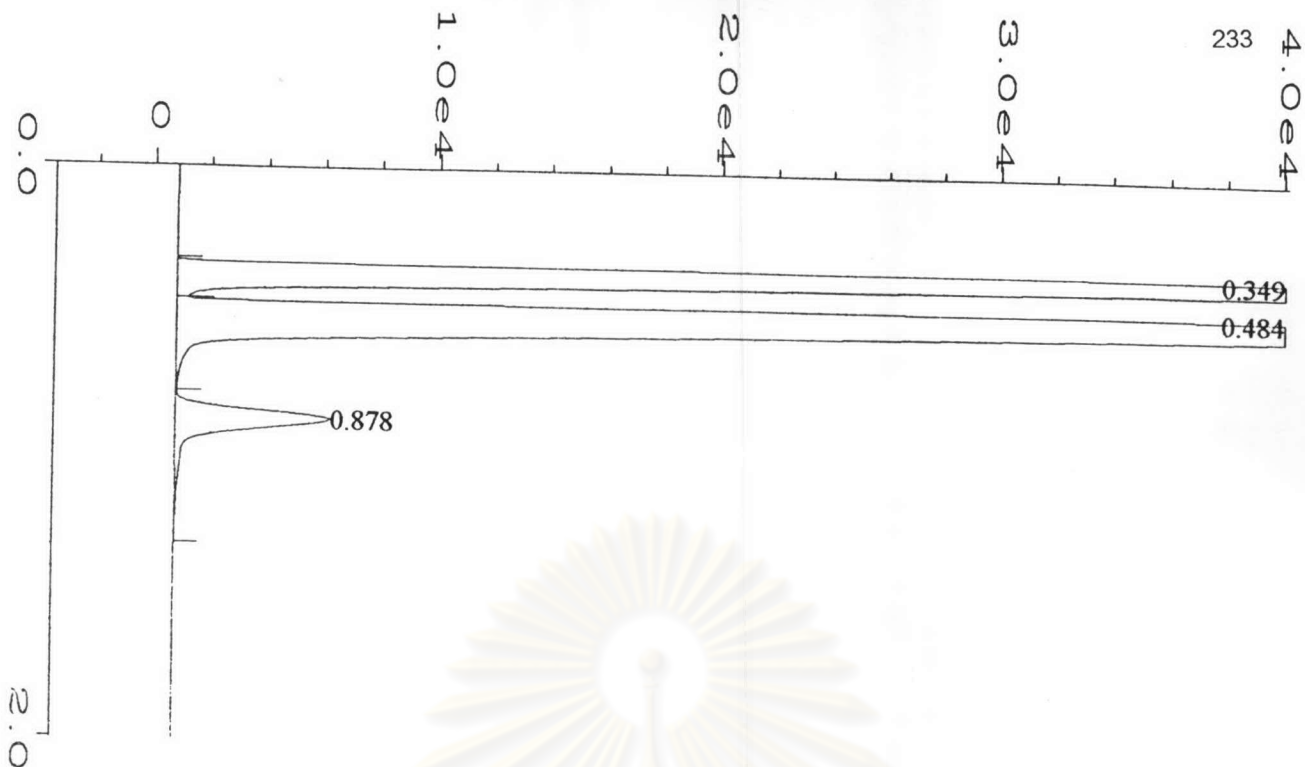
| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.361 | 238433 | 114820 | BV | 0.029 | 31.6891 |
| 2 | 0.482 | 472515 | 115246 | VV | 0.060 | 62.7999 |
| 3 | 0.885 | 41466 | 8477 | VB | 0.074 | 5.5110 |

Total area = 752414

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

QA SB 1/3

V1



Area Percent Report

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak64.D
 Operator : SUNEE
 Instrument : ANALYZER1
 Sample Name : PULAWY060-65%
 Run Time Bar Code:
 Acquired on : 10 Jul 02 10:38 AM
 Report Created on: 10 Jul 02 10:41 AM

Page Number : 1
 Vial Number : 1
 Injection Number :
 Sequence Line :
 Instrument Method: NO2.MTH
 Analysis Method : NO2.MTH

Sig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak64.D

| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.349 | 346270 | 148830 | BV | 0.035 | 45.1791 |
| 2 | 0.484 | 394784 | 104025 | VV | 0.055 | 51.5090 |
| 3 | 0.878 | 25384 | 5458 | VB | 0.071 | 3.3119 |

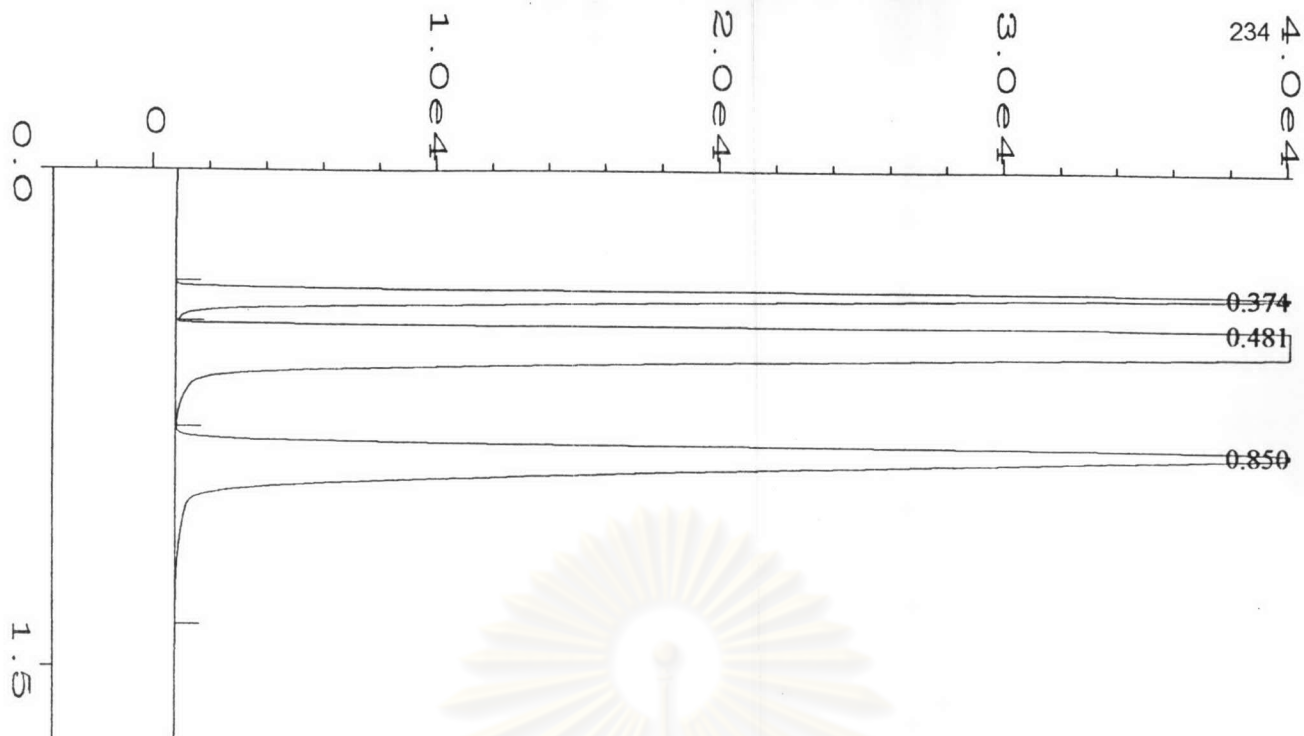
Total area = 766438

ศูนย์ยาที่ทรพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UASB 2/2

S₂



Area Percent Report

```

Data File Name      : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak62.D
Operator            : SUNEE
Instrument           : ANALYZER1
Sample Name         : PULAWY060-65%
Run Time Bar Code  :
Acquired on         : 10 Jul 02 10:31 AM
Report Created on   : 10 Jul 02 10:33 AM
Page Number         : 1
Vial Number         : 1
Injection Number    :
Sequence Line       :
Instrument Method    : NO2.MTH
Analysis Method     : NO2.MTH
  
```

Sig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak62.D

| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.374 | 84188 | 43575 | BV | 0.028 | 11.0574 |
| 2 | 0.481 | 484745 | 122018 | VV | 0.059 | 63.6675 |
| 3 | 0.850 | 192437 | 40911 | VB | 0.072 | 25.2751 |

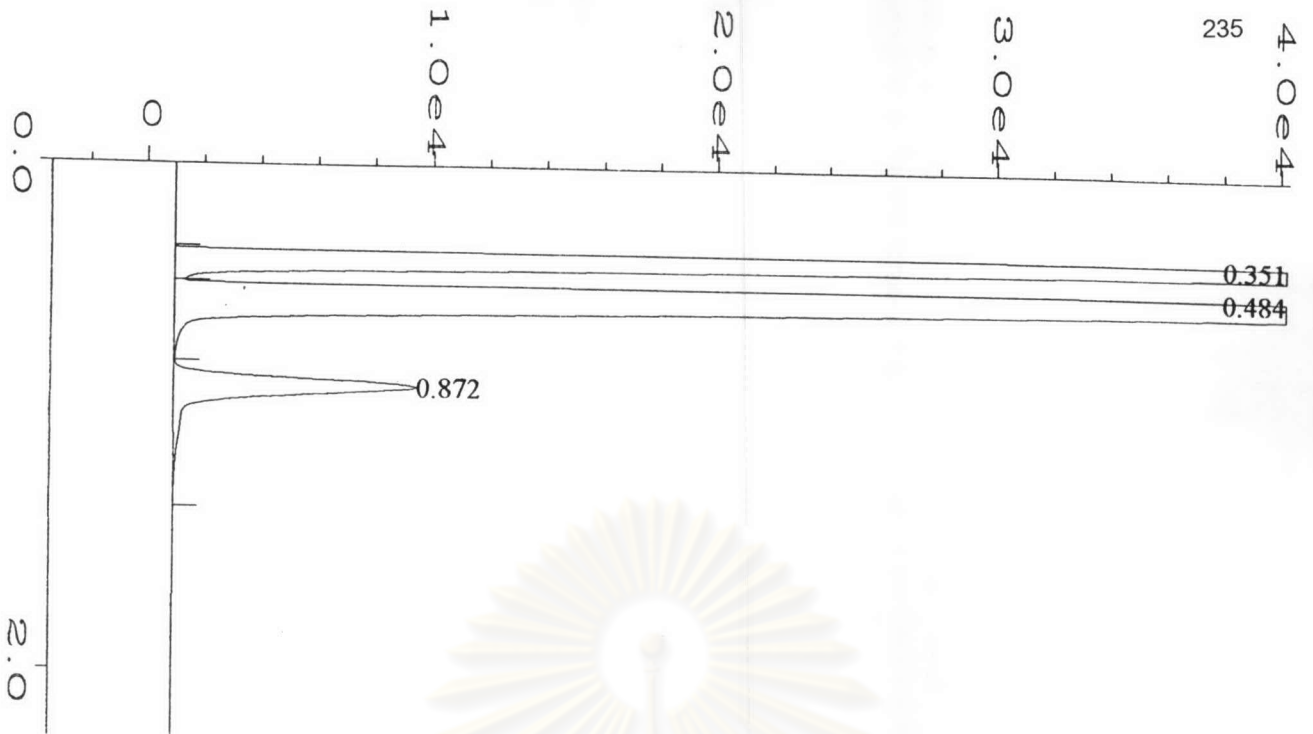
Total area = 761370

ศูนย์ยาวิทยเภสัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UASB 2/3

No. 4

(3)



Area Percent Report

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fal01.D
 Operator : SUNEE
 Instrument : ANALYZER1
 Sample Name : PULAWY060-65%
 Run Time Bar Code:
 Acquired on : 30 Sep 02 10:23 AM
 Report Created on: 30 Sep 02 10:25 AM

Page Number : 1
 Vial Number : 1
 Injection Number :
 Sequence Line :
 Instrument Method: NO2.MTH
 Analysis Method : NO2.MTH

Sig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fal01.D

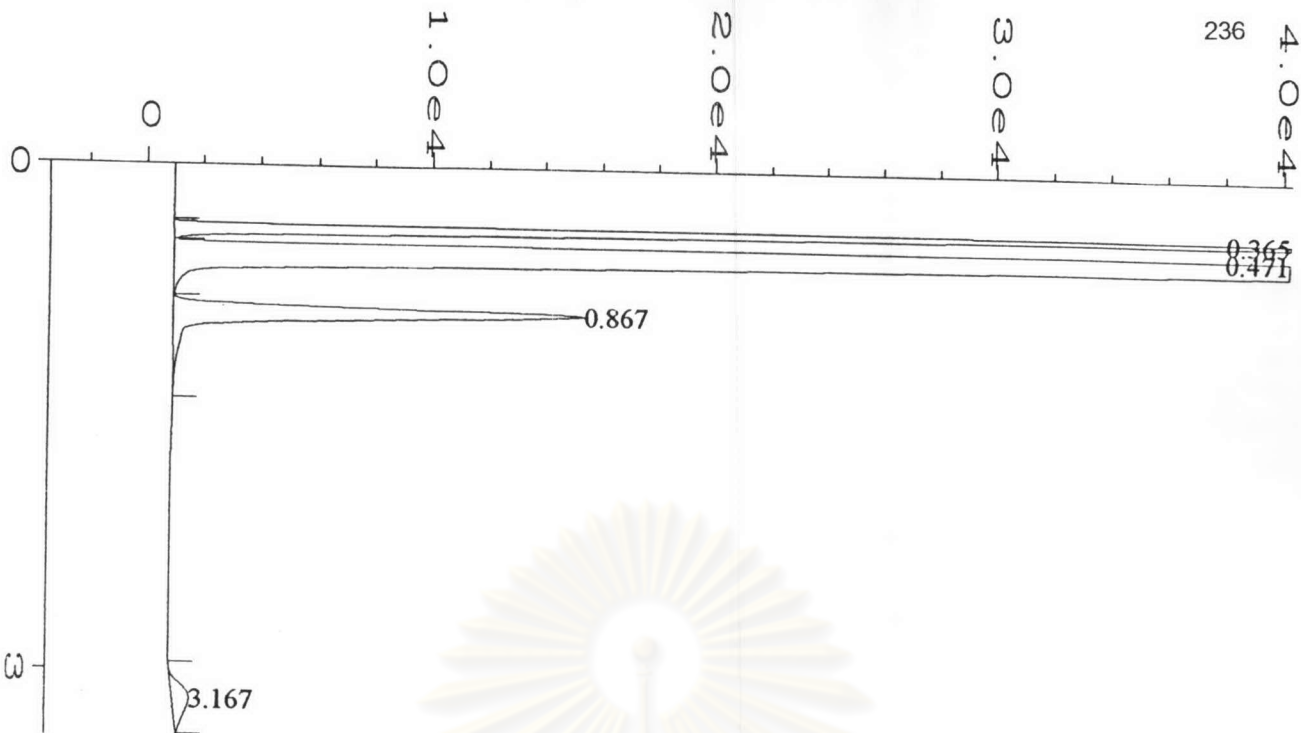
| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.351 | 347448 | 155110 | BV | 0.031 | 44.2240 |
| 2 | 0.484 | 398699 | 105690 | VV | 0.057 | 50.7475 |
| 3 | 0.872 | 39507 | 8519 | VB | 0.071 | 5.0285 |

Total area = 785654

ศูนย์วิทยาศาสตร์การ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

S1

UASB 3/2



Area Percent Report

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fa103.D
 Operator : SUNEE
 Instrument : ANALYZER1
 Sample Name : PULAWY060-65%
 Run Time Bar Code:
 Acquired on : 30 Sep 02 10:30 AM
 Report Created on: 30 Sep 02 10:34 AM

Page Number : 1
 Vial Number : 1
 Injection Number :
 Sequence Line :
 Instrument Method: NO2.MTH
 Analysis Method : NO2.MTH

Sig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fa103.D

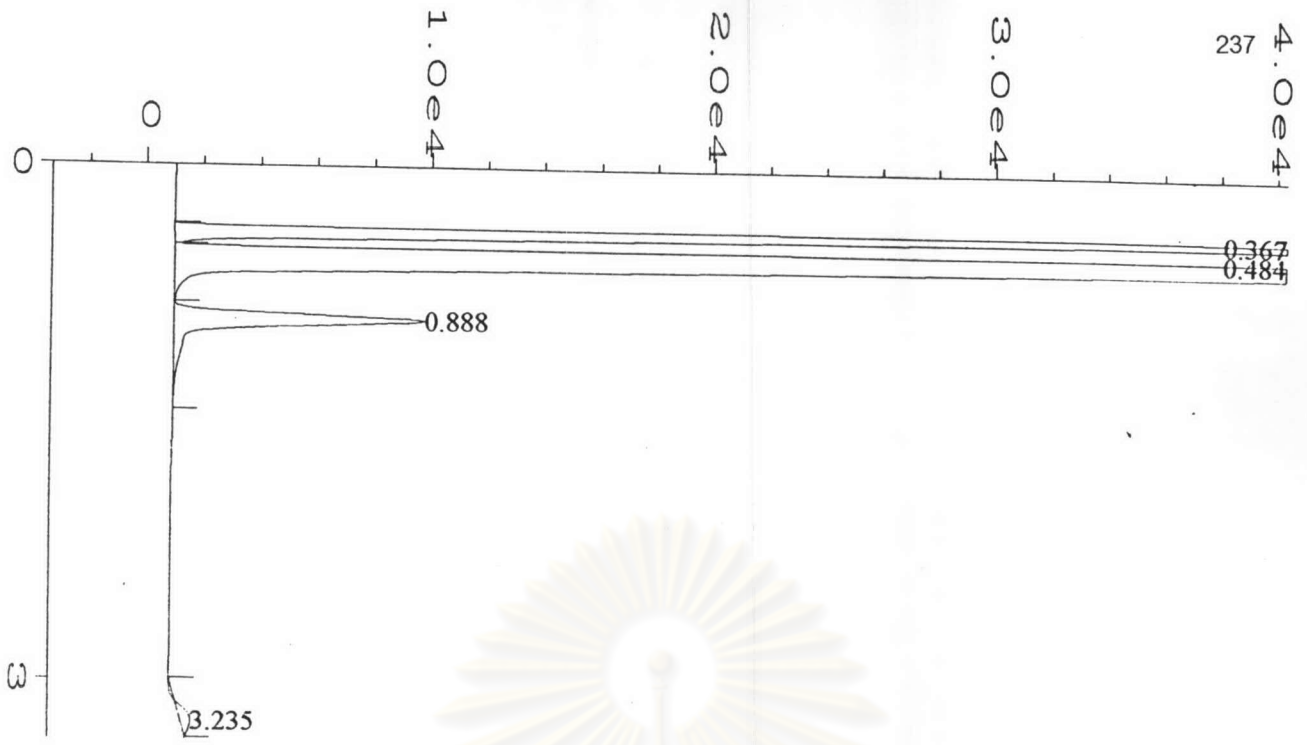
| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.365 | 128085 | 70040 | BV | 0.027 | 16.9806 |
| 2 | 0.471 | 551923 | 130131 | VV | 0.062 | 73.1701 |
| 3 | 0.867 | 67190 | 14461 | VB | 0.072 | 8.9076 |
| 4 | 3.167 | 7103 | 589 | BBA | 0.173 | 0.9417 |

Total area = 754301

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1/1

WASB 3/3



Area Percent Report

Data File Name : C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak23.D
 Operator : SUNEE
 Instrument : ANALYZER1
 Sample Name : PULAWY060-65%
 Run Time Bar Code:
 Acquired on : 10 Jun 02 09:59 AM
 Report Created on: 10 Jun 02 10:03 AM

Page Number : 1
 Vial Number : 1
 Injection Number :
 Sequence Line :
 Instrument Method: NO2.MTH
 Analysis Method : NO2.MTH

Sig. 1 in C:\HPCHEM\1\DATA\STEROL\001Fak23.D

| Pk# | Ret Time | Area | Height | Type | Width | Area % |
|-----|----------|--------|--------|------|-------|---------|
| 1 | 0.367 | 198200 | 97727 | BV | 0.029 | 26.6938 |
| 2 | 0.484 | 499155 | 119724 | VV | 0.061 | 67.2267 |
| 3 | 0.888 | 42708 | 8824 | VB | 0.074 | 5.7520 |
| 4 | 3.235 | 2432 | 353 | BBA | 0.113 | 0.3276 |

Total area = 742496

WASB 1/2

S₂




ภาคผนวก ซ
รูปของระบบยูเอเอสบีที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๓1 ระบบยูเอเอสพีที่ใช้ในการทดลอง



ภาคผนวก ฅ

รูปแสดงการกำจัดสีโดยปฏิกิริยาเฟนตันที่อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+}$ ต่าง ๆ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๓๑ แสดงการกำจัดสีโดยปฏิกิริยาเฟนตันที่อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+}$ ต่าง ๆ โดยหลอดที่ 1 จากซ้ายเป็นน้ำเสียก่อนการบำบัด

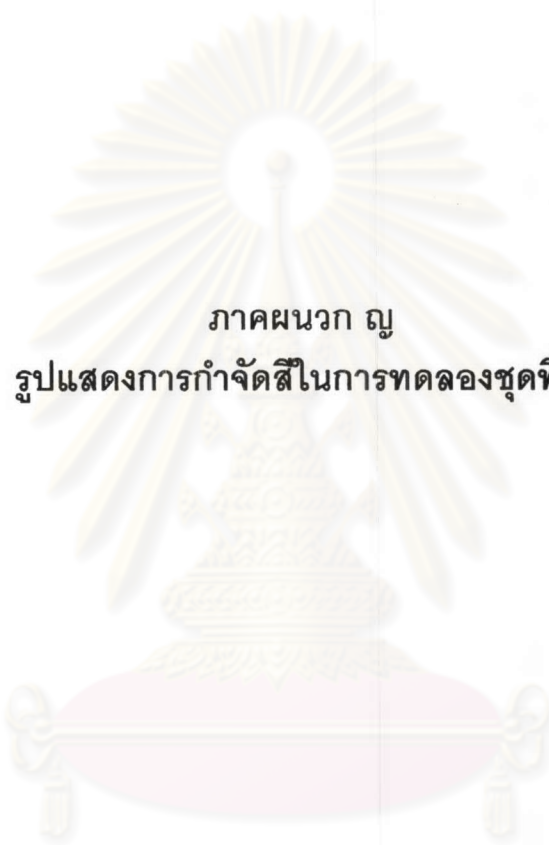
หลอดที่ 2 เป็นน้ำเสียที่บำบัดโดยปฏิกิริยาเฟนตันโดยใช้อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+} = 2 : 1$

หลอดที่ 3 เป็นน้ำเสียที่บำบัดโดยปฏิกิริยาเฟนตันโดยใช้อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+} = 5 : 1$

หลอดที่ 4 เป็นน้ำเสียที่บำบัดโดยปฏิกิริยาเฟนตันโดยใช้อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+} = 10 : 1$

หลอดที่ 5 เป็นน้ำเสียที่บำบัดโดยปฏิกิริยาเฟนตันโดยใช้อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+} = 20 : 1$

หลอดที่ 6 เป็นน้ำเสียที่บำบัดโดยปฏิกิริยาเฟนตันโดยใช้อัตราส่วน $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{Fe}^{2+} = 30 : 1$



ภาคผนวก ญ
รูปแสดงการกำจัดสีในการทดลองชุดที่ 4

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑ แสดงการกำจัดสีในการทดลองชุดที่ 1


โดยหลอดที่ 1 จากซ้ายเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดโดยถังยูเอเอสบี 4/1

หลอดที่ 2 เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยปฏิกิริยาเฟนตันเท่านั้น

หลอดที่ 3 เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยปฏิกิริยาเฟนตันจากนั้นบำบัดต่อ
ด้วยระบบยูเอเอสบีชุดที่ 4/2

หลอดที่ 4 เป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นด้วยปฏิกิริยาเฟนตันจากนั้นนำมาเติม

น้ำตาลทราย 250 มก.ซีไอดี / ล.ก่อนนำไปบำบัดด้วยระบบยูเอเอสบีชุดที่ 4/3



ภาคผนวก ก
การคำนวณปริมาณและราคาสารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาเฟนตัน

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดลองปฏิกิริยาเฟนตัน

ตารางที่ ฎ1 ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และเหล็กซัลเฟตที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน

| ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (มก/ล) | ปริมาณเหล็กซัลเฟต (มก/ล) ที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน | | | | |
|--------------------------------|---|--------|--------|-------|-------|
| | 2:1 | 5:1 | 10:1 | 20:1 | 30:1 |
| 500 | 1116.2 | 446.5 | 223.2 | 111.5 | 74.4 |
| 1000 | 2232.4 | 892.9 | 446.5 | 223.2 | 148.8 |
| 1500 | 3348.5 | 1339.4 | 669.7 | 334.9 | 223.2 |
| 2000 | 4464.7 | 1785.9 | 892.9* | 446.5 | 297.6 |

*ตัวเลขที่ใช้เป็นตัวอย่งการคำนวณ

จากความสัมพันธ์

อัตราส่วนโดยโมลระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับเหล็กซัลเฟต (R) = (H/h)/(F/f)

โดย H : ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (กรัม)

F : ปริมาณเหล็กซัลเฟต (กรัม)

h : มวลโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ = 34 กรัม

f : มวลโมเลกุลของเหล็กซัลเฟต = 151.5

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมุติ ใช้น้ำ 1 ลิตร, R = 10:1, H = 2000 มก., F = ?

จากสมการ $F = (H/h) * f/R$

$$= (2000/34) * (151.8/10)$$

$$= 892.9 \text{ มก.}$$

2. การคำนวณค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยปฏิกิริยาเฟนตัน

$$\text{ค่าสารเคมี} = H \cdot a + F \cdot b + A \cdot c + S \cdot d$$

โดย H = ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ (ก./ล.)

F = ปริมาณเหล็กซัลเฟตที่ใช้ (ก./ล.)

A = ปริมาณกรดที่ใช้ปรับพีเอชให้เหลือ 3

S = ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ปรับพีเอชให้เท่ากับ 7.5

a = ราคาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (28 บาท/กก.)

b = ราคาเฟอร์รัสซัลเฟต (12 บาท/กก.)

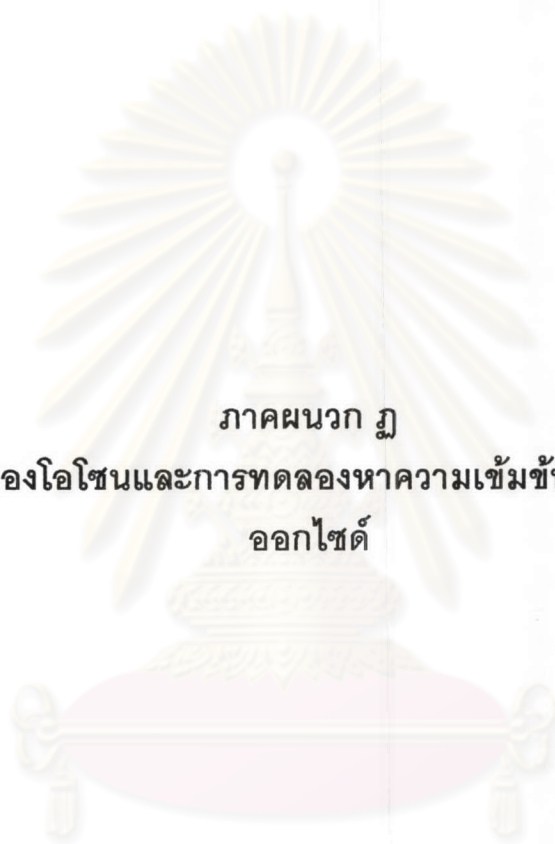
c = ราคากรดซัลฟิวริก(1.9 บาท/กก.)

d = ราคาโซเดียมไฮดรอกไซด์(25 บาท/กก.)

ค่าสารเคมีเมื่อใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2000 มก./ล. เหล็กซัลเฟต 892.9 มก./ล. ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ 1.89 ก./ล. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.59 ก./ล.

ค่าสารเคมี = 85 บาท/ ลบ.ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
การถ่ายเทมวลของไอโซนและการทดลองหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์
ออกไซด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การหาค่าไอโชนละลายน้ำที่อัตราการเติมไอโชนต่าง ๆ

ในการหาปริมาณไอโชนที่ละลายในน้ำทำได้โดยอาศัย วิธีการไอโอดิเมตริกซ์ (Iodometric Method) โดยอาศัยหลักการที่ว่าไอโชนเมื่อทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมไอโอไดด์จะให้ไอโอดีนอิสระออกมา ดังนั้นสามารถไตเตรตหาปริมาณไอโอดีนอิสระที่เกิดขึ้นโดยใช้โซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.005 นอร์มัลลิตีและใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์

ขั้นตอนการทดลองหาความเข้มข้นของไอโชนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ

- 1.1 นำน้ำตัวอย่างที่ต้องการจะหาปริมาณไอโชนละลายน้ำมา 800 มิลลิลิตรใส่ลงในปิกเกอร์ที่มีหัวฟุ้งเติมอากาศจากนั้นเติมกรดซัลฟิวริก 1 นอร์มัลลิตี 8 มิลลิลิตรลงไป
- 1.2 เติมอากาศลงในน้ำตัวอย่าง จากนั้นเทสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (เตรียมโดยละลาย 20 กรัมโปแตสเซียมไอโอไดด์ในน้ำ 1 ลิตร) เติมอากาศอย่างน้อย 5 นาทีด้วยอัตราการเติม 0.2-1.0 ลิตร/นาที เพื่อไล่อิโชนจากตัวอย่างน้ำให้ละลายในสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์
- 1.3 นำตัวอย่างน้ำจากข้อ 1.2 มาเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 นอร์มัลลิตี 20 มิลลิลิตรเพื่อปรับพีเอชให้ต่ำกว่า 2 นำมาไตเตรตด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟตจนกระทั่งน้ำตัวอย่างมีสีเหลืองเนื่องจากไอโอดีนอิสระที่เกิดขึ้นจากนั้นเติมน้ำแบ่ง 4 มิลลิลิตรเป็นอินดิเคเตอร์แล้วไตเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป
- 1.4 ทำแบบลงค์โดยการนำสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 400 มิลลิลิตรมาเติมกรดซัลฟิวริก 1 นอร์มัลลิตี 20 มิลลิลิตรและเติมน้ำแบ่ง 4 มิลลิลิตรเป็นอินดิเคเตอร์ ถ้าเกิดสีน้ำเงินเกิดขึ้นแสดงว่ามีไอโอดีนอิสระปนเปื้อนในสารเคมีที่ใช้ ให้ไตเตรตด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไปและจดปริมาตรที่ใช้ แต่ถ้าหากไม่เกิดสีน้ำเงินขึ้นเมื่อหยดน้ำแบ่งแสดงว่าอาจมีสารบางตัวที่ใช้ไอโอดีนอิสระในสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ ให้ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานไอโอดีนเข้มข้น 0.005 นอร์มัลลิตีจนกระทั่งเกิดสีน้ำเงินขึ้น จากนั้นไตเตรตกลับด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป จดปริมาตรที่ใช้
- 1.5 การคำนวณใช้สูตร

$$\text{มก./ล.ไอโชน} = \frac{(A+B) \times N \times 24000}{\text{มิลลิลิตร ตัวอย่างน้ำ}}$$

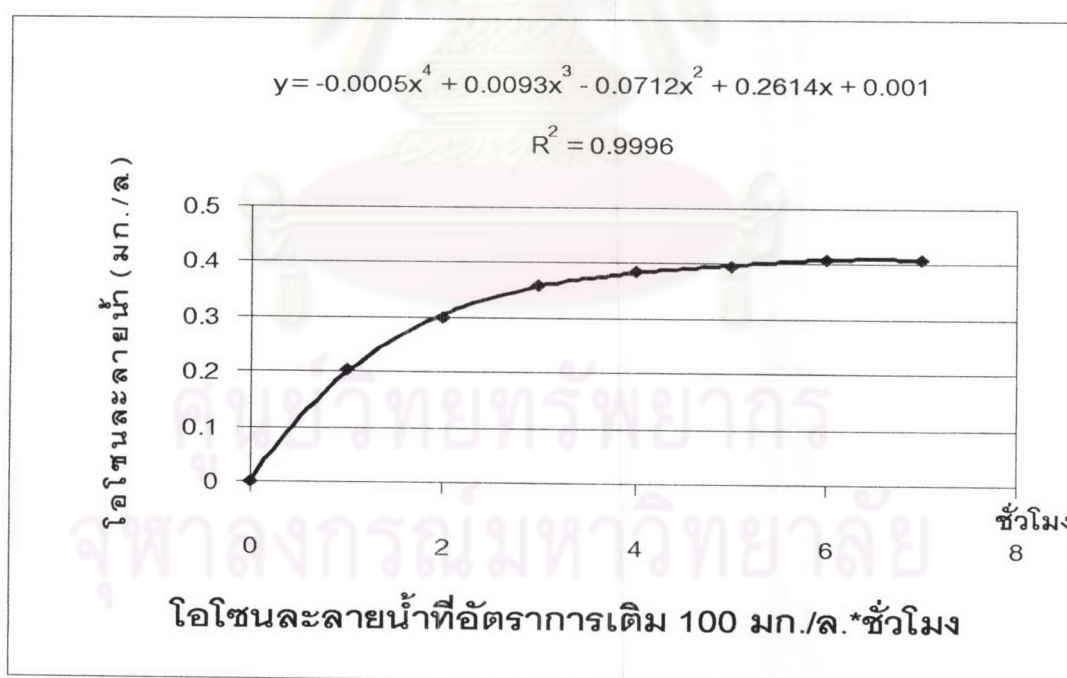
เมื่อ A = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตแบบลงค์ (มิลลิลิตร) โดยมีค่าเป็นลบเมื่อมีปริมาณไอโอดีนอิสระปนเปื้อนในสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์

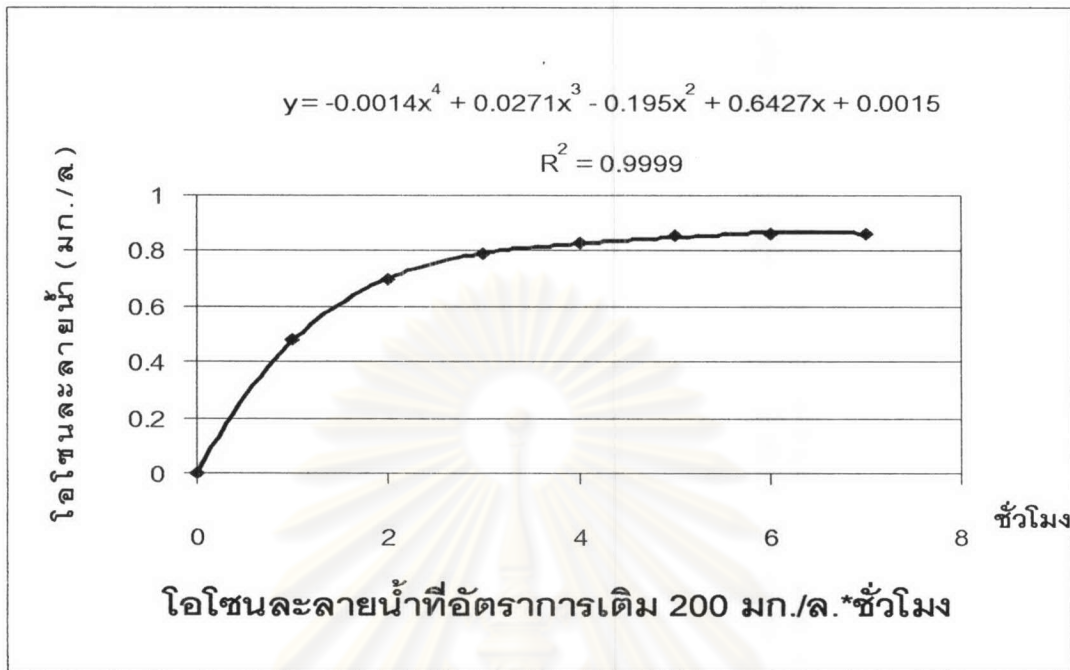
และมีค่าเป็นบวกเมื่อมีสารบางตัวที่ใช้ไอโอดีนอิสระในสารละลายไปแต่สเต็มไอโอดีน
 $N =$ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นอร์มัลลิตี)

ตารางที่ ๑๑ แสดงค่าการละลายของไอโอดีนในน้ำที่เวลาต่าง ๆ เมื่อมีการเติมไอโอดีนที่
 อัตราการเติม 100 200 และ 400 มก./ล.*ชั่วโมง

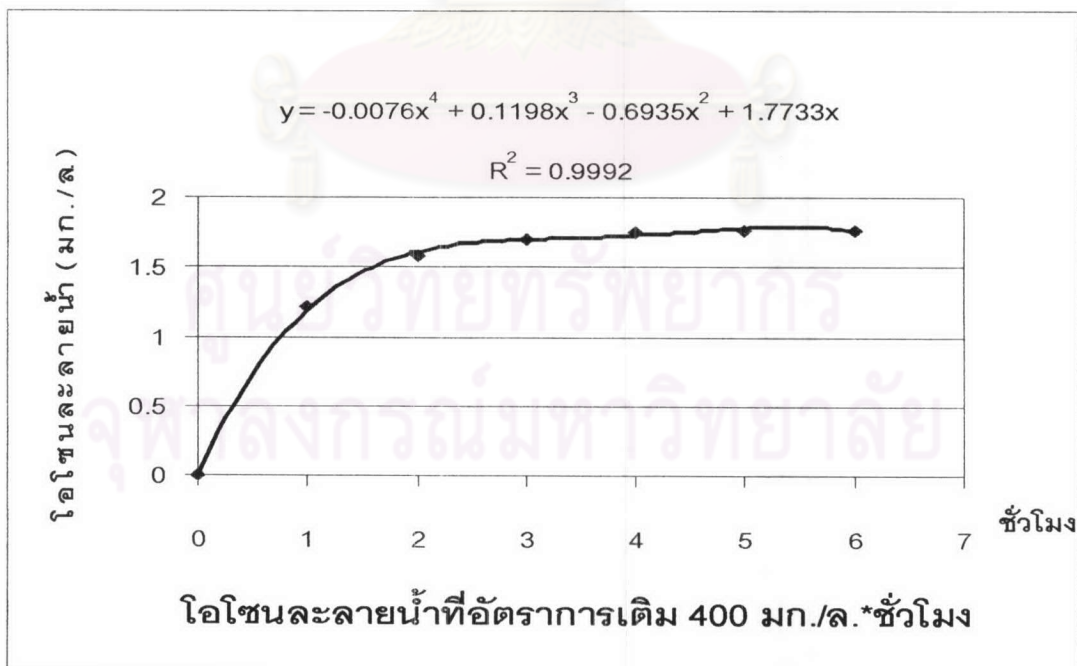
| เวลาในการเติม (ชั่วโมง) | ความเข้มข้นของไอโอดีนละลายในน้ำ(มก./ล.)ที่อัตราการเติม | | |
|------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| | 100 มก./ล.*ชั่วโมง | 200 มก./ล.*ชั่วโมง | 400 มก./ล.*ชั่วโมง |
| 1 | 0.204 | 0.480 | 1.212 |
| 2 | 0.300 | 0.696 | 1.584 |
| 3 | 0.360 | 0.792 | 1.704 |
| 4 | 0.384 | 0.828 | 1.752 |
| 5 | 0.396 | 0.852 | 1.764 |
| 6 | 0.408 | 0.864 | 1.764 |
| 7 | 0.408 | 0.864 | 1.764 |



รูปที่ ๑๑ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโอดีนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ เมื่อเติม
 ก๊าซไอโอดีนด้วยอัตราการเติม 100 มก./ล.*ชั่วโมง



รูปที่ ๒ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโชนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ เมื่อเติมก๊าซไอโชนด้วยอัตราการเติม 200 มก./ล.*ชั่วโมง

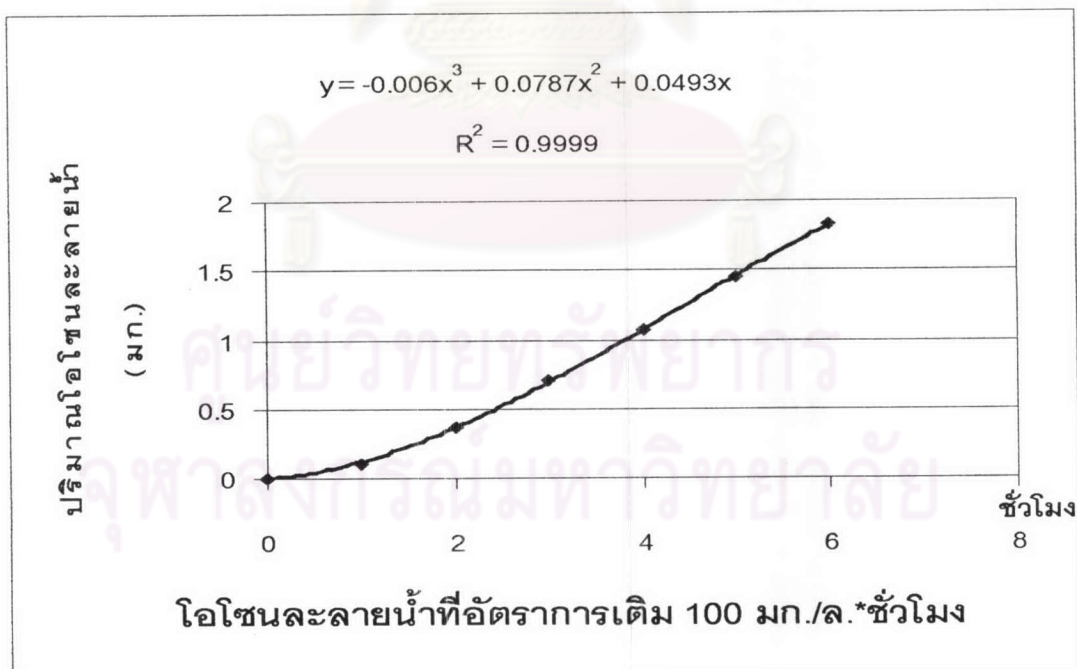


รูปที่ ๓ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโชนละลายน้ำที่เวลาต่าง ๆ เมื่อเติมก๊าซไอโชนด้วยอัตราการเติม 400 มก./ล.*ชั่วโมง

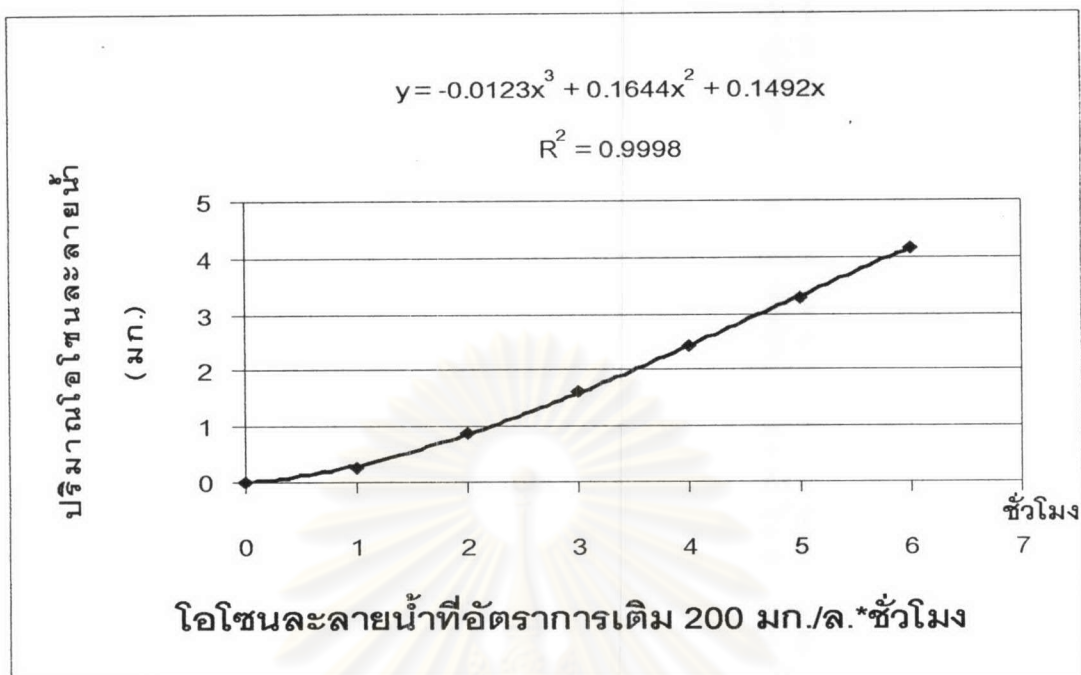
จากกราฟรูปที่ ๓ พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของไอโซน(Y) มีความสัมพันธ์กับเวลาในการเติมไอโซน(X) ดังสมการที่แสดงอยู่ในรูป เมื่อนำสมการที่ได้มาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโซนที่ละลายน้ำ (ความเข้มข้น x เวลาในการเติม : $C \times t$) ที่เวลาต่าง ๆ จะได้ความสัมพันธ์ดังตาราง ๓

ตารางที่ ๓ แสดงค่าปริมาณของไอโซนละลายในน้ำ($C \times t$,มก.)ที่อัตราการเติม 100 200 และ 400 มก./ล.

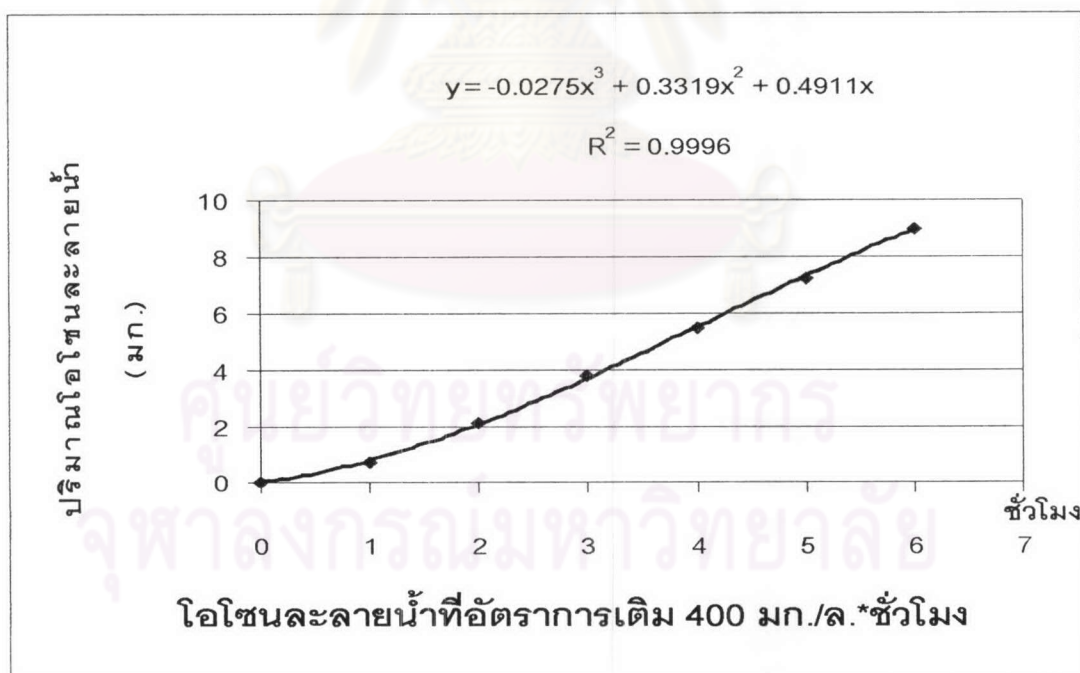
| เวลาในการเติม (ชั่วโมง) | ปริมาณของไอโซนละลายในน้ำ($C \times t$,มก.)ที่อัตราการเติม | | |
|------------------------------|---|-------------------|-------------------|
| | 100 มก./ล*ชั่วโมง | 200 มก./ล*ชั่วโมง | 400 มก./ล*ชั่วโมง |
| 1 | 0.1097 | 0.2636 | 0.6839 |
| 2 | 0.3685 | 0.8672 | 2.1278 |
| 3 | 0.7025 | 1.6224 | 3.7949 |
| 4 | 1.0699 | 2.4376 | 5.5025 |
| 5 | 1.4496 | 3.2840 | 7.2392 |
| 6 | 1.8288 | 4.1623 | 8.9831 |



รูปที่ ๓ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโซนละลายในน้ำ($C \times t$,มก.)ที่เวลาต่าง ๆ เมื่ออัตราการเติมไอโซนเท่ากับ 100 มก./ล*ชั่วโมง



รูปที่ ๕ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโชนละลายในน้ำ(Cxt,มก.)ที่เวลาต่าง ๆ เมื่ออัตราเติมไอโชนเท่ากับ 200 มก./ล*ชั่วโมง



รูปที่ ๖ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไอโชนละลายในน้ำ(Cxt,มก.)ที่เวลาต่าง ๆ เมื่ออัตราเติมไอโชนเท่ากับ 400 มก./ล*ชั่วโมง

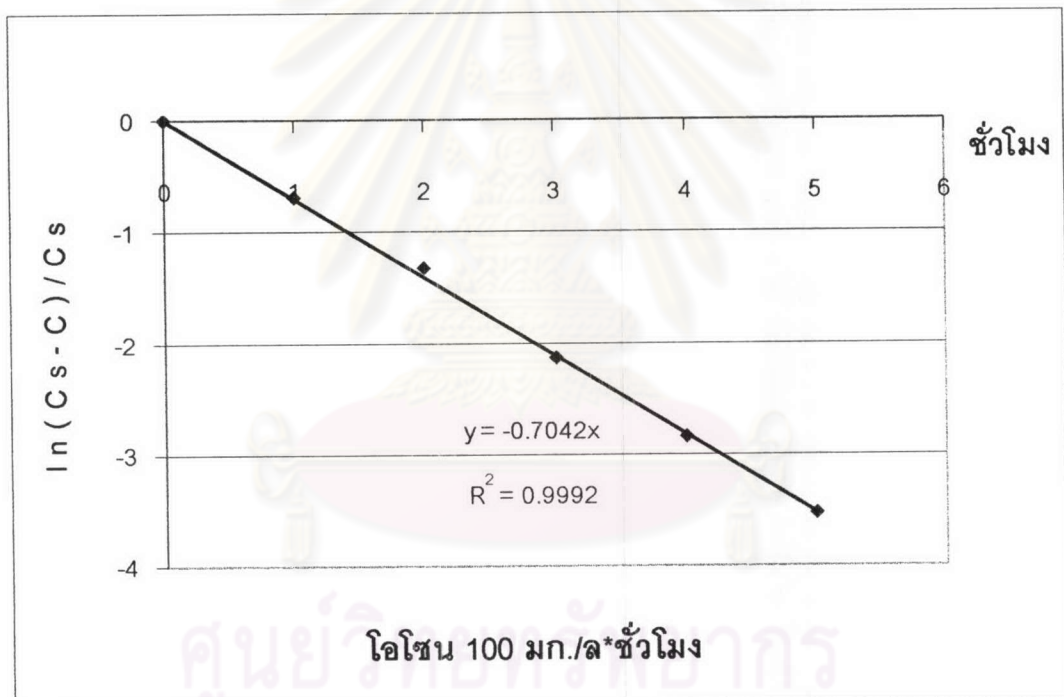
จากกราฟรูปที่ ๗4 ๗5 และ ๗6 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณของไอโซนละลายในน้ำ (C_x , มก.) ซึ่งก็คือค่า Y มีความสัมพันธ์กับเวลา (ค่า X) ดังสมการที่แสดงในกราฟ ซึ่งเราสามารถนำสมการนี้ในการทำนายปริมาณไอโซนที่เติมไปแล้วละลายในน้ำได้

เมื่อนำค่าที่ได้จากตารางที่ ๗1 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln (C_s - C) / C$ และเวลาในการเติมไอโซน โดยค่า C_s คือความเข้มข้นของไอโซนละลายน้ำที่จุดสมดุล (มก./ล.)

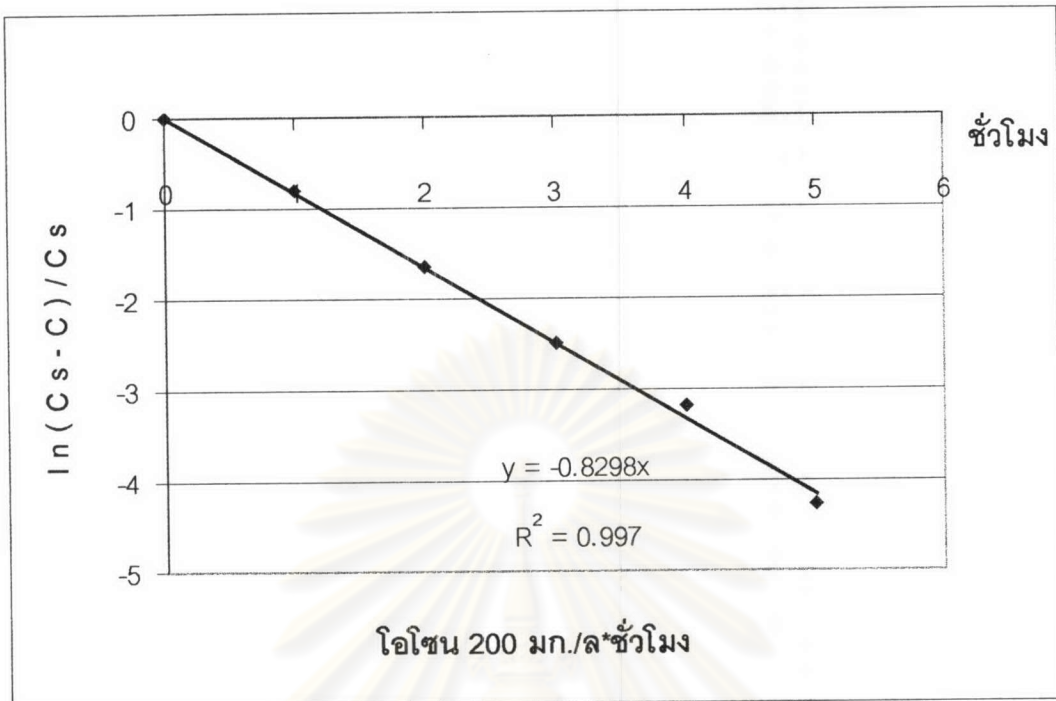
ค่า C คือ ค่าความเข้มข้นของไอโซนละลายน้ำที่เวลาในการเติมต่าง ๆ (มก./ล.)

ค่า K_{1a} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลโดยปริมาตร (ชั่วโมง⁻¹)

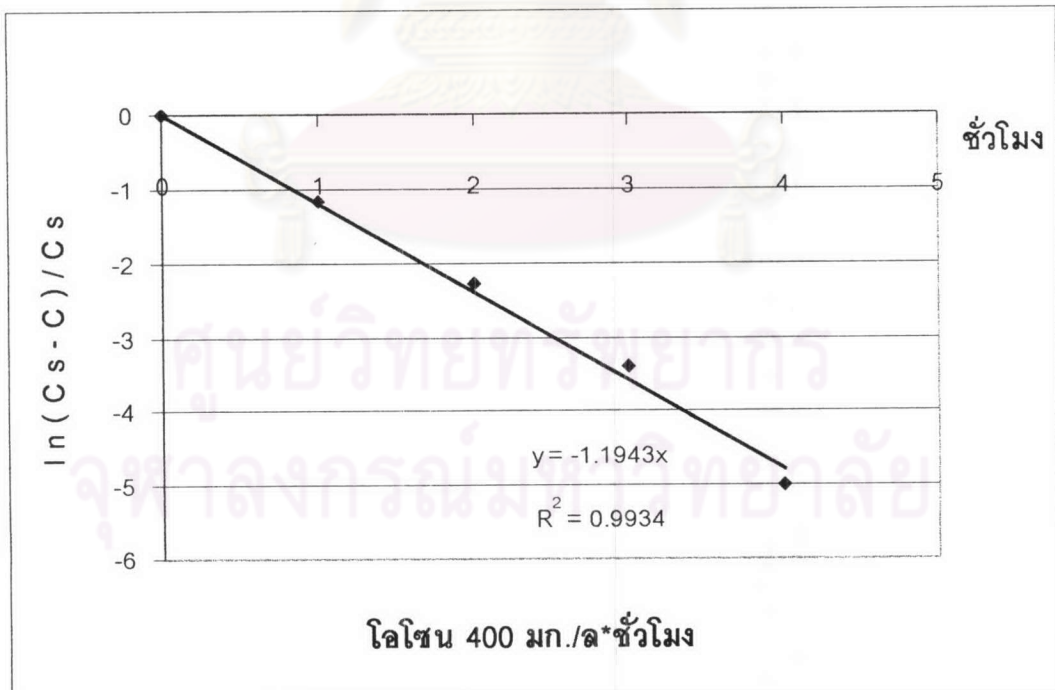
ค่า K_{1a} มีค่าเท่ากับค่าลบของความชันที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (C_s - C) / C$ และเวลาในการเติมไอโซน



รูปที่ ๗7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln (C_s - C) / C$ และเวลาในการเติมไอโซนโดยอัตราการเติมไอโซนเท่ากับ 100 มก./ล*ชั่วโมง



รูปที่ ๘ แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln (Cs - C) / C$ และเวลาในการเติมไอโชนโดย อัตราการเติมไอโชนเท่ากับ 200 มก./ล*ชั่วโมง



รูปที่ ๙ แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\ln (Cs - C) / C$ และเวลาในการเติมไอโชนโดย อัตราการเติมไอโชนเท่ากับ 400 มก./ล*ชั่วโมง

ตารางที่ ฎ3 แสดงค่าความเข้มข้นของไอโซนละลายน้ำที่จุดสมดุล(Cs)และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลโดยปริมาตร(K_{La})ที่อัตราการเติมไอโซน 100 200 และ 400 มก./ล*ชั่วโมง

| อัตราการเติมไอโซน (มก./ล.*ชั่วโมง) | ความเข้มข้นของ ไอโซนละลายน้ำที่จุด สมดุล (Cs, มก./ล.) | ความเข้มข้นของ ไอโซนละลายน้ำที่จุด สมดุล (Cs, ไมโครโมล/ลิตร) | สัมประสิทธิ์การถ่าย เทมวลโดยปริมาตร (K_{La} , ชั่วโมง ⁻¹) |
|---------------------------------------|--|---|--|
| 100 | 0.408 | 8.5 | 0.7042 |
| 200 | 0.864 | 18.0 | 0.8298 |
| 400 | 1.764 | 36.8 | 1.1943 |

2. การหาค่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการหาความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะใช้วิธีการที่คล้ายคลึงกับการหาปริมาณไอโซนที่ละลายน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับโปแตสเซียมไอโอไดด์เกิดเป็นไอโอดีนอิสระ จากนั้นหาปริมาณของไอโอดีนที่เกิดขึ้นโดยไตเตรตด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟต วิธีนี้ได้ผลดีเพราะไม่มีผลกระทบจากสารเพิ่มความเสถียรที่เติมในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ขั้นตอนการหาความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มิลลิลิตรมาเจือจางให้เป็น 250 มิลลิลิตร
2. นำมาผสมกับสารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ 100 มิลลิลิตร(ใช้ 1 กรัมโปแตสเซียมไอโอไดด์ละลายในกรดซัลฟิวริก 0.2 นอร์มัลลิตี 100 มิลลิลิตร)
3. ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลลิตี จนเกิดสีเหลืองของไอโอดีนอิสระ จากนั้นเติมน้ำแป้ง 2 มิลลิลิตร ไตเตรตด้วยโซเดียมไทโอซัลเฟตต่อไปจนสีน้ำเงินหายไป
4. ทำแบลนด์
5. คำนวณได้โดย สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลลิตี 1 มิลลิลิตรสมมูลกับ 0.01701 กรัมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากการทดลองได้ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 38.5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร

วิธีคำนวณ

จากการทดลองปริมาณโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1028 ที่ใช้ในการไตเตรตเท่ากับ 44.7 มิลลิเมตร ทำแบบลงค้ได้ 0.7 มิลลิเมตร ดังนั้นปริมาณโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตเท่ากับ 44.0 มิลลิเมตร

จากสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1 นอร์มัลลิตี้ 1 มิลลิเมตรสมมูลกับ 0.01701 กรัม ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ดังนั้นสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต 0.1028 นอร์มัลลิตี้ 1 มิลลิเมตรจะสมมูลกับ 0.01749 กรัมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ใช้โซเดียมไทโอซัลเฟตในการไตเตรตเท่ากับ 44.0 มิลลิเมตรคิดเป็นปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 44.0×0.01749 กรัม ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2 มิลลิเมตร ดังนั้นความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ $44.0 \times 0.01749 / 0.002 = 38.5$ กรัม/ลิตร หรือเท่ากับ 38.5 % โดยมวลต่อปริมาตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ปริญญา เอื้อสุนทรราชู เกิดเมื่อวันที่ 22 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัด ลำปาง สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเมื่อปี พ.ศ. 2537 และได้เข้าศึกษาต่อในภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีเดียวกัน ได้รับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตในปี พ.ศ.2541 ต่อมาในปี พ.ศ. 2542 ได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย