

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

จินตนา แป้นสุวรรณ. การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะภาพของการกำจัดสีจากน้ำเสียโรงฟอกย้อมระหว่างกระบวนการเอสบีอาร์แบบธรรมดา กับแบบแอนแอโรบิก-ออกซิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์. การกำจัดสีของน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า เส้นที่ 2 : ข้อมูลพื้นฐาน. รายงานวิจัยขั้นสมบูรณ์ ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลและสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พฤศจิกายน 2527.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์ บก. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เรือนแก้วการพิมพ์, 2540.

อภิชาติ หิรัญจิตต์. การกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟจากน้ำเสียย้อมผ้าด้วยกระบวนการร่วมของการดูดซับผิวและโคแอกูเลชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

อัจฉราพร ไชยะสูต. คู่มือการย้อมสี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : เทคนิค 19 การพิมพ์, 2527.

### ภาษาอังกฤษ

Allen, W., Prescott, W.B., Derby, R.E., Garland, C.E., Peret, J.M. & Saltzman, M.

Determination of Color of Water and Wastewater by Means of ADMI Color Values. Proc. 28<sup>th</sup> Ind. Waste Conf., Purdue Univ. 1973.

Barnard, J. Biological Nutrient Removal without the Addition of Chemicals. Water Research. 9, 1975 : 485.

- Baughman,G.L. and Weber,E.J. Transformation of Dyes and Related Compounds in Anoxic Sediment : Kinetics and Products. Environ. Sci. Technol. Vol.28, 1994 : 267-276.
- Bortone,G., Malaspina,F., Stante,L. and Tilche,A. Biological Nitrogen and Phosphorus Removal in an Anaerobic/Anoxic Sequencing Batch Reactor with Separated Biofilm Nitrification. Wat. Sci. Tech. Vol.30, No.6, 1994 : 303-313.
- Brown,D. and Hamburger,B. The Degradation of Dyestuffs : Part III - Investigations of Their Ultimate Degradability. Chemosphere. Vol.16, No.7, 1987 : 1539-1553.
- Brown,D. and Laboureur,P. The Degradation of Dyestuffs : Part I - Primary Bildegradation under Anaerobic Conditions. Chemosphere. Vol.12, No.3, 1983 : 397-404.
- Carliell,CM., Barclay,SJ. and Buckley,CA. Treatment of Exhausted Reactive Dyebath Effluent Using Anaerobic Digestion : Laboratory and Full-Scale Trials. Water SA. Vol.22, No.3, 1996 : 225-233.
- Carliell,CM., Barclay,SJ. Naidoo,N. Buckley,CA. Microbial Decolourisation of a Reactive Azo Dye under Anaerobic Conditions. Water SA. Vol.21, No.1, 1995 : 61-69.
- Gregor,K.H. Oxidative Decolorization of Textile Waste Water with Advanced Oxidation Processes. Chemical Oxidation VolumeII : Proceeding of the Second International Symposium Chemical Oxidation : Technology of the Nineties (February 19-21, 1992) : 161-193.
- Hoepker,E.C. and Schroeder,E.D. The Effect of Loading Rate on Batch Activated Sludge Effluent Quality. J. Wat. Pollut. Control. Fed. 52, 1979 : 264.
- Hu,T.L. Sorption of Reactive Dyes by *Aeromonas* Biomass. Wat. Sci. Tech. Vol.26, No.1-2, 1992 : 357-366.

Irvine,R.L., Miller,G. and Bhamrah,A.S. Sequencing Batch Treatment of Wastewaters in Rural Areas. J. Wat. Pollut. Control. Fed. 52 ,1979 : 244.

Ketchum,L.H. and Liao,P.C. Tertiary Chemical Treatment for Phosphorus Reduction Using Sequencing Batch Reactors. J. Wat. Pollut. Control. Fed. 52, 1979 : 298.

Metcalf and Eddy,INC. by Tchobanoglous,G. and Burton,F(Ed). Wastewater Engineering : Treatment, Disposal and Reuse. 3rd ed., New York : McGraw-Hill, 1991.

Meyer,U. Biodegradation of synthetic organic colorants. In "Microbial degradation of Xenobiotics and recalcitrant compounds". FEMS Symposium No.12. Leisinger,L. et al., New York : Eds; Academic Press, 1981, p.371.

Mino,T. Liu,W.T. Kurisu,F. and Matsuo T. Modelling Glycogen Storage and Denitrification Capability of Microorganisms in Enhanced Biological Phosphate Removal Processes Wat. Sci. Tech. Vol.31, No.2, 1995 : 25-34.

Nigam, P., Mullan, G.M., Banat, I.M. and Marchant, R. Decolorisation at Effluent from the Textile Industry by a Microbial Consortium. Biotechnology Letter Vol.18, No.1, January 1996 : 117-120.

Orhan,D. and Artan,N. Modelling of Activated Sludge System. Pennsylvania : Technomic Publishing Company, 1994.

Randall W. Boe, Gregory M. Dietrich, et. al. Pilot Scale Study on Anaerobic Treatment of a Textile Wastewater. Hazardous and Industrial Wastes : Proceedings of the Mid Atlantic Industrial Waste Conference (1993) : 218-227.

Randall,C.W. Burnard,J.L. and Stensel,H.D. Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal. Pennsylvania : Technomic Publishing Company, 1992.

Randall,C.W. (e-mail : cliff@vt.edu). personal communication, 1996.

- Rangnekar, D.W. and Singh, P.P., An Introduction to Synthetic Dyes. Dhanraj : Himalaya Publishing House, 1980.
- Sedlak, R.I. Phosphorus and Nitrogen Removal from Municipal Wastewater : Principle and Practice. New York : The Soap and Detergent Association, 1991.
- Setiadi, T. and Loosdrecht, M.V. Anaerobic Decolorization of Textile Wastewater Containing Reactive Azo Dye. Proc. 8 th International Conf. On Anaerobic Digestion, Vol.2, 1997, 437-444.
- Shenai, V.A., Technology of Textile Processing Volumell : Chemistry of Dyes and Principles of Dyeing. Sevak Publications, 1977.
- Shore, J., Colorants and Auxiliaries Organic Chemistry and Application Properties Volume I : Colorants. Staples Printers Rochester : Society of Dyers and Colourists, 1990.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C., 1992.
- Venkataraman, K., The Analytical Chemistry of Synthetic Dyes. America : John Wiley and Sons, 1977.
- Walker, R. The Metabolism of Azo Compounds. A review of the literature. Food Cosmet. Toxicol. 8, 1970 : 659.
- WEF manual and practice No.8. Design of Municipal Wastewater Treatment Plant vol.2 : 1992.
- Wuhrman, K. Mechsner, K. Kappeler, Th. Investigation on rate-determining factors in the microbial reduction of azo dyes. Europ. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 9, 1980 : 325.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

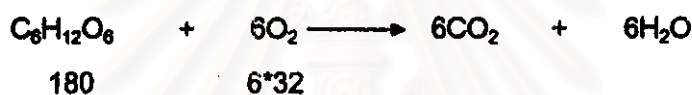
## ภาคผนวก ก.

## การคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการเตรียมน้ำเสียสังเคราะห์

- ซีโอดีที่ต้องการ 1000 มก./ล.  $\longrightarrow$  จากกรดอะซิติก 150 มก./ล.  
จากกลูโคส 850 มก./ล.
- ค่า ซีโอดี : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ไม่น้อยกว่า 150 : 5 : 1
- สภาพต่าง 500 มก./ล.

## 1. ซีโอดีจากกลูโคส 850 มก./ล.

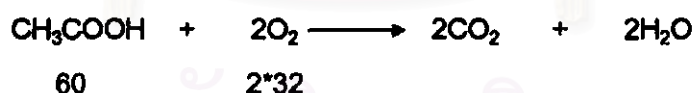
- จากการคำนวณซีโอดี โดยใช้น้ำตาลทรายในการเตรียม จากสมการ



- พบว่าออกซิเจน(ซีโอดี) 6\*32 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับกลูโคส 180 กรัม
- ดังนั้นออกซิเจน(ซีโอดี) 850 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับกลูโคส 769.9 กรัม
- จากการทดลองจริงเมื่อใช้กลูโคส 860 มก./ล. เมื่อละลายในน้ำให้ซีโอดี 850 มก./ล.

## 2. ซีโอดีจากกรดอะซิติก 150 มก./ล.

- จากการคำนวณซีโอดี โดยใช้กรดอะซิติกในการเตรียม จากสมการ



- พบว่าออกซิเจน(ซีโอดี) 2\*32 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดอะซิติก 60 กรัม
- ดังนั้นออกซิเจน(ซีโอดี) 150 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดอะซิติก 140.6 กรัม
- จากการทดลองต้องใช้กรดอะซิติก 0.150 มล./ล. หรือ 0.155 มก./ล.  
จะได้ซีโอดี 150 มก./ล.

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต้องการ 50 มก.ไนโตรเจน/ล. ใช้ยูเรีย  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  (99.426%)  
มวลโมเลกุลเท่ากับ 60

- ต้องการไนโตรเจน 28 กรัม ต้องใช้ยูเรีย 60 กรัม
- ต้องการไนโตรเจน 50 กรัม ต้องใช้ยูเรีย 107.1 กรัม
- ดังนั้นต้องใช้ยูเรีย  $107.1/(0.99426) = 107.76$  มก./ล. เพื่อให้ได้ค่าไนโตรเจน

- จากการทดลองจริงต้องใช้ยูเรีย 108 มก./ล. เพื่อให้ได้ค่าไนโตรเจนทั้งหมด 50 มก./ล.

ทั้งหมด 50 มก./ล.

4. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดต้องการ 15 มก./ล. ใช้  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (98%) แล็บเกรด มวลโมเลกุลเท่ากับ 136.1

ต้องการฟอสฟอรัส 31 กรัม ต้องใช้  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  136.1 กรัม

ต้องการฟอสฟอรัส 15 กรัม ต้องใช้  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  65.85 กรัม

ดังนั้นต้องใช้  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $65.85/0.98 = 67.2$  มก./ล. เพื่อให้ได้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 15 มก./ล.

- จากการทดลองจริงต้องใช้  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  67 มก./ล. เพื่อให้ได้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด 15 มก./ล.

5. สภาพต่างต้องการ 500 มก./ล. ในรูปหินปูน ใช้  $\text{NaHCO}_3$  (80%) คอมเมอร์เชียลเกรด มวลโมเลกุลเท่ากับ 84

สภาพต่าง 61/50 มก. ในรูปหินปูน จะต้องใช้  $\text{NaHCO}_3$  84 มก.

สภาพต่าง  $500 \times 61/50$  มก. ในรูปหินปูน จะต้องใช้  $\text{NaHCO}_3$  840 มก.

ดังนั้นต้องใช้  $\text{NaHCO}_3$   $840/0.8 = 1050$  มก./ล. เพื่อให้ได้สภาพต่าง 500 มก./ล. ในรูปของหินปูน

6. เหล็ก 2 มก./ล. (อัตราส่วน ซีโอดี:เหล็ก = 100:0.2) ใช้  $\text{FeCl}_3$  มวลโมเลกุลเท่ากับ 162.2

เหล็ก 55.85 มก. ใช้  $\text{FeCl}_3$  162.2 มก.

เหล็ก 2 มก. ใช้  $\text{FeCl}_3$  5.8 มก.

ดังนั้นต้องใช้  $\text{FeCl}_3$  5.8 มก./ล. เพื่อให้ได้เหล็ก 2 มก./ล.

7. แมกนีเซียม 3.75 มก./ล. (อัตราส่วน แมกนีเซียม:ฟอสฟอรัส = 1:4) ใช้  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (99.5%) มวลโมเลกุลเท่ากับ 246

แมกนีเซียม 24.3 มก. ใช้  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  246.4 มก.

แมกนีเซียม 3.75 มก. ใช้  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  38.02 มก.

ดังนั้นต้องใช้  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $38.02/0.995 = 38.22$  มก./ล. เพื่อให้ได้แมกนีเซียม 1.75 มก./ล.

8. แคลเซียม 7.5 มก./ล. (อัตราส่วน แคลเซียม:ฟอสฟอรัส = 1:2) ใช้  $\text{CaCl}_2$  (80%) มวล  
โมเลกุลเท่ากับ 111

แคลเซียม 40.1 มก. ใช้  $\text{CaCl}_2$  111 มก.

แคลเซียม 7.5 มก. ใช้  $\text{CaCl}_2$  20.76 มก.

ดังนั้นต้องใช้  $\text{CaCl}_2$   $20.76/0.8 = 25.95$  มก./ล. เพื่อให้ได้แมกนีเซียม 7.5 มก./ล.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ภาคผนวก ข

## การหาค่า ADMI โดยการใช้เครื่อง Single Beam Spectrophotometer

สถาบันผู้ผลิตสีแห่งอเมริกา (American Dye Manufacturers Institute : ADMI) มีสมาชิกอยู่ 23 บริษัทด้วยกัน โดยที่บริษัทผลิตสีรายใหญ่ร่วมเป็นสมาชิกอยู่ด้วยทั้งหมด ในปี 1970 สถาบันนี้ได้จัดตั้งคณะกรรมการทางนิเวศวิทยาขึ้นเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของสีย้อมผ้า (dyes) ต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้จำเป็นที่จะต้องหาวิธีในการวัดสีที่สามารถเชื่อถือได้มากกว่าวิธีการวัดสีที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยมีบรรทัดฐาน 4 ข้อคือ

- สามารถใช้ได้กับสีทุกเฉดสี (hue)
- สามารถบ่งบอกถึงความแตกต่างของค่าสีที่ปริมาณน้อยๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สัมพันธ์กับค่าวัดสีในหน่วย APHA
- เครื่องมือที่ใช้ในการวัดราคาไม่สูงมากนัก

สิ่งที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คือการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอ ซึ่งปกติการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนี้ตาม Standard Methods 2120E จะต้องใช้เครื่อง Filter photometer โดยใช้ CIE tristimulus filters ประกอบด้วย แต่ที่ท้ายหัวข้อนี้ใน Standard Method ก็ยังได้บอกว่าการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนั้นยังสามารถหาได้โดยการใช้เครื่อง Spectrophotometer โดยอ้างอิงถึงการศึกษารายงานของ Allen และคณะ (Allen et. al., 1973)

ซึ่งจะอธิบายวิธีในการหาดังต่อไปนี้

## A. หลักการ

เนื่องจากการวัดสีในหน่วยเอดีเอ็มไอนี้ จะต้องทำการวัดโดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิซัน ดังนั้นตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดจะต้องทำการกำจัดคอยลอยด์และของแข็งแขวนลอยออกเสียก่อน โดยหลักการที่ใช้วัดจะยึดตามสูตรของ Adams-Nickerson Chromatic Value เช่น ถ้ามีสีอยู่ 2 สี เมื่อมองด้วยตาเปล่าแล้วเห็นความแตกต่างของสีจากสภาวะไร้สีในระดับที่เท่ากันแล้ว ค่าสีทั้งสองสีนี้จะมีค่าเอดีเอ็มไอเท่ากัน

อธิบายโดยละเอียดได้ดังนี้ ถ้ามีสารละลายสีฟ้าอยู่และมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าว่ามีความแตกต่างจากสภาวะไร้สีเทียบเท่ากับค่าความแตกต่างของ APHA 100 platinum-cobalt standard (สีเหลือง) จากสภาวะไร้สี เมื่อนำไปพล็อตเวกเตอร์ใน Adams-Nickerson Chromatic Value ความยาวของเวกเตอร์จากสภาวะไร้สีที่ชี้ไปที่ส่วนของสีฟ้าจะมีความยาวเท่ากับเวกเตอร์ของสภาวะไร้สีที่ชี้ไปที่ APHA 100 ซึ่งก็จะได้ค่าสีของสีฟ้าเท่ากับ 100 ADMI นั่นเอง

## B. กรรมวิธีการวัด

- 1) ทำการวัดตัวอย่างด้วยเครื่อง Single Beam Spectrophotometer และทำการบันทึกค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตชันที่ทุก 10 แลมบ์ด้า ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400-700 นาโนเมตร (คลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น)

- 2) คำนวณเป็นค่า C.I.E Tristimulus Values X, Y, Z ตามตาราง ข1

- 3) แปลงค่า X, Y, Z ให้เป็นค่า  $V_x, V_y, V_z$  โดยสูตรของ McLaren

$$X = 0.98071(1.2219V_x - 0.23111V_x + 0.23951V_x^3 - 0.021009V_x^4 + 0.0008404V_x^5)$$

$$Y = (1.2219V_y - 0.23111V_y^2 + 0.23951V_y^3 - 0.021009V_y^4 + 0.0008404V_y^5)$$

$$Z = 1.181032(1.2219V_z - 0.23111V_z^2 + 0.23951V_z^3 - 0.021009V_z^4 + 0.0008404V_z^5)$$

เนื่องจากการแปลงค่าตามสมการข้างบนยุ่งยากมาก เพื่อความสะดวกจึงใช้ตารางสำเร็จรูปสำหรับหาค่า  $V_x, V_y, V_z$  หลังจากทราบค่า X, Y, Z แล้ว อนึ่งตารางดังกล่าวนี้มีปริมาณมากจึงไม่ขอกล่าวในที่นี้ แต่สามารถหาดูได้ใน "Color Science : Concepts and Methods Quantitative Data and Formular" (Wyszecki และ Stiles, 1967)

หรือสามารถใช้การคำนวณในโปรแกรม QuickBasic (ดูตัวอย่างโปรแกรมที่ท้ายภาคผนวก ข.)

(หมายเหตุ : ต้องทำการแก้ไขในบรรทัดที่ 450 เนื่องจากค่าคงที่ของเครื่องวัดแต่ละเครื่องจะมีค่าที่ไม่เท่ากัน)

- 4) คำนวณค่าความแตกต่างของสี Adams-Nickerson (DE)

$$DE = [(0.23\Delta V_y)^2 + \{\Delta(V_x - V_y)\}^2 + \{0.4\Delta(V_y - V_z)\}^2]^{1/2}$$

ตัวอย่างของความหมาย  $\Delta$  เช่น ความหมายของ  $\Delta V_y$  คือ  $V_{yc} - V_{ys}$  โดยที่  $V_{yc}$  เป็นค่า  $V_y$  ของน้ำกลั่น ส่วนค่า  $V_{ys}$  เป็นค่า  $V_y$  ของตัวอย่าง ซึ่งค่า  $V_{yc}$  และ  $V_{ys}$  นั้นก็สามารถหาได้จากค่า X, Y, Z ดังได้กล่าวมาแล้ว

- สำหรับน้ำกลั่น เมื่อแทนค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตชันในตารางที่ 1 เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ทุกค่าความยาวคลื่นจะได้ค่า  $V_{xc}, V_{yc}, V_{zc}$  เท่ากับ 9.900, 9.902, 9.910 ตามลำดับ ซึ่งจะช่วยให้ได้สมการใหม่ดังนี้

$$DE = [(0.23(9.902 - V_y))^2 + (V_y - V_x - 0.002)^2 + \{0.4(V_z - V_y - 0.008)\}^2]^{1/2}$$

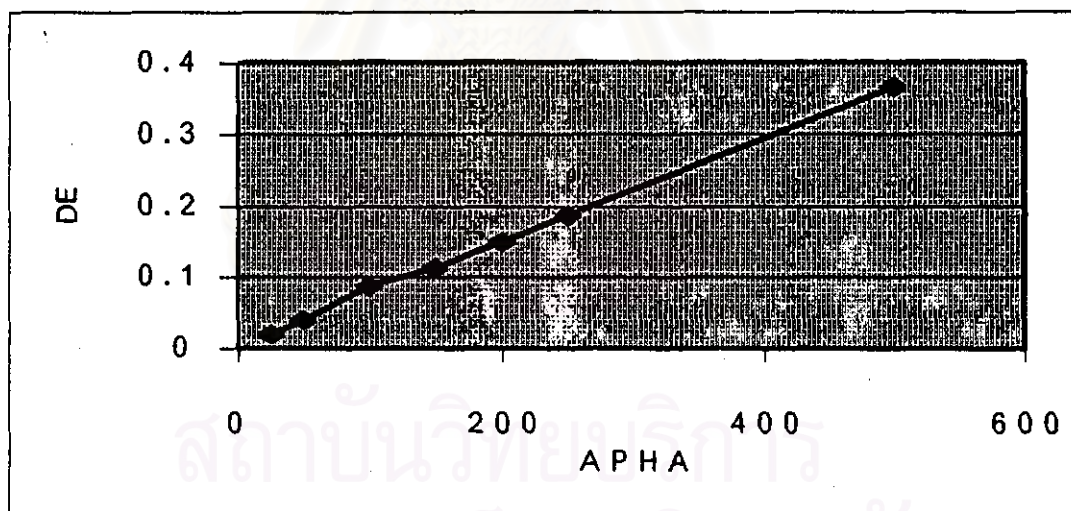
- 5) แปลงค่า DE มาเป็นค่าในหน่วย ADMI

โดยจะต้องจัดทำกราฟมาตรฐานระหว่างค่า DE กับค่า ADMI (APHA) ของเครื่อง Single Beam Spectrophotometer ออกมาก่อน ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

- ละลาย 1.246 กรัมโพแทสเซียมคลอโรแพลตตินेट,  $K_2PtCl_6$  (เทียบเท่ากับ 500 มก.แพลทินัม) และ 1 กรัมโคบอลต์คลอไรด์,  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  (เทียบเท่า

กับ 250 มก.โคบอล) ในน้ำกลั่น ซึ่งเติมกรดไฮโดรคลอริก 100 มล. แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มล. สารละลายสต็อกสีมาตรฐานนี้มีความเข้มข้นเท่ากับ 500 หน่วย

- เตรียมสารละลายสีมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 25, 50, 100, 150, 200 และ 250 จากสารละลายสต็อกสีมาตรฐาน 500 หน่วย ซึ่งสารละลายต่างๆเหล่านี้จะมีหน่วยเป็น APHA
- นำสารละลายสีมาตรฐานแต่ละตัวไปวัดค่าเปอร์เซ็นต์ทรานสมิตชันตั้งข้อ B.1 ทำต่อไปตามลำดับจนถึงข้อ B.4
- นำค่า DE และ APHA มาพลอตกราฟจะได้กราฟเส้นตรง(รูป ข1)หาค่าคงที่จากสมการกราฟเส้นตรงนี้ไปแทนค่าในโปรแกรม QuickBasic ที่บรรทัดที่ 450 ( $b = \text{ค่าคงที่} * a$ ) เนื่องจากเครื่องวัด Spectrophotometer แต่ละเครื่องจะวัดค่า DE ออกมาไม่เท่ากัน ดังนั้นควรทำการ calibrate เพื่อหาค่าคงที่นี้เฉพาะของแต่ละเครื่อง



รูป ข1 ตัวอย่างกราฟระหว่างค่า DE และ APHA

ตาราง ข1 ตารางการคำนวณค่า C.I.E. Tristimulus (Allen et. al., 1973)

Wavelength	%T.	X		Y		Z	
		Factor	%T x Fact.	Factor	%T x Fact.	Factor	%T x Fact.
700		0.00156		0.00056		0	
690		0.00171		0.00062		0	
680		0.00369		0.00134		0	
670		0.00708		0.00259		0	
660		0.01361		0.00504		0	
650		0.02349		0.00886		0	
640		0.03693		0.01443		0	
630		0.05309		0.0219		0	
620		0.0707		0.03153		0.00002	
610		0.08325		0.04176		0.00002	
600		0.08949		0.05316		0.00007	
590		0.08984		0.06627		0.0001	
580		0.08417		0.07992		0.00018	
570		0.07322		0.09147		0.0002	
560		0.0588		0.09841		0.00039	
550		0.04282		0.09832		0.00086	
540		0.02785		0.09149		0.00195	
530		0.01523		0.07934		0.00388	
520		0.00576		0.06462		0.00712	
510		0.00089		0.04833		0.0152	
500		0.00052		0.03401		0.02864	
490		0.00363		0.02358		0.05274	
480		0.01112		0.01618		0.09461	
470		0.02272		0.01058		0.14972	
460		0.03362		0.00694		0.19299	
450		0.03915		0.00443		0.20638	
440		0.03975		0.00262		0.19938	
430		0.02997		0.00122		0.14628	
420		0.01238		0.00037		0.05949	
410		0.00329		0.00009		0.0157	
400		0.00108		0.00002		0.00513	
		X Sum =		Y Sum =		Z Sum =	

### ข้อสังเกต

จากการที่ผู้วิจัยได้ทดลองทำการวัดค่าสีที่ dilution ต่าง ๆ กันหลายค่า โดยหาเป็นค่า SU และค่า ADMI เปรียบเทียบกันได้ผลดังตาราง ข2 โดยตามปกติข้อมูลในคอลัมน์ที่ 3 ซึ่งเป็นการคูณค่า SU ที่วัดได้ด้วยค่าสัดส่วนการเจือจาง ควรจะได้ค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาข้อมูลจากแถว A และ B พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันมาก แสดงว่าเครื่องมือวัดนี้จะเริ่มพบความผิดพลาดในการวัดค่าแอมป์ซอมแบนซ์ในระดับที่สูงเกินกว่าระดับ 1.5 abs

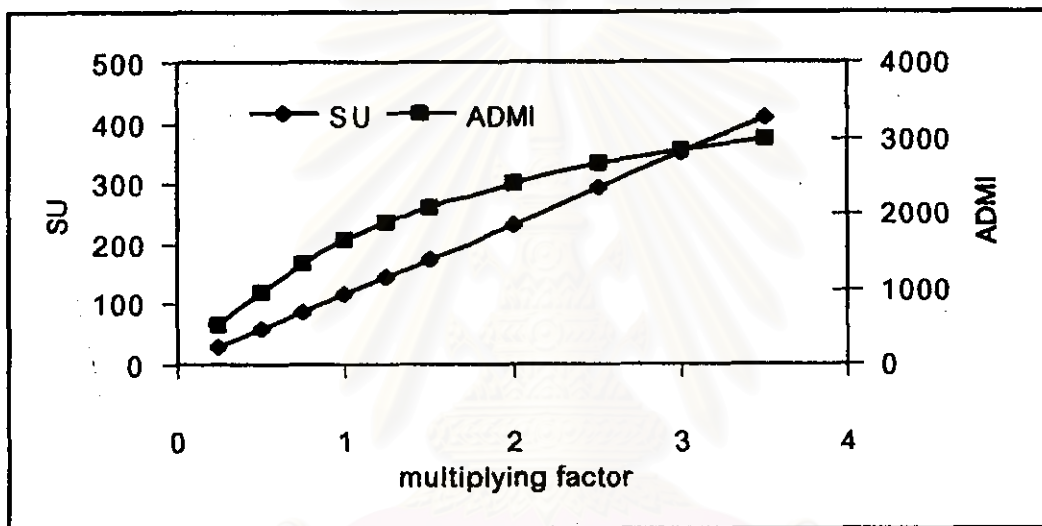
ตาราง ข2 ผลการวัดสีที่ dilution ต่าง ๆ กัน

	1	2	3	4	5	6	7
	Dilution	ค่า SU	SU * dll. factor	Max Abs	ค่า ADMI	ADMI * dll. factor	Max %T
A	Inf.	422	422	2.5331	3126	3126	0.558
B	1 : 1	232.2	464	1.5765	2508	5016	2.852
C	1 : 3	116.8	467	0.8009	1638	6552	15.816
D	1 : 5	78.0	468	0.6356	1257	7542	29.134
E	1 : 7	58.7	470	0.4037	1010	8080	39.473
F	1 : 10	42.6	469	0.2920	752	8272	51.051
G	1 : 14	30.5	458	0.2101	555	8325	61.645
H	1 : 16	28.2	479	0.1935	515	8755	64.047
I	1 : 20	21.8	458	0.1503	403	8463	70.746

ตาราง ข3 ผลจากการคูณ factor ของน้ำตัวอย่าง C (จากตาราง ข2)

Factor	ค่า SU	Max Abs	ค่า ADMI	Max %T
0.25	29.2	0.2	520	63.1
0.5	58.4	0.4	965	39.8
0.75	87.6	0.6	1335	25.1
1.0	116.8	0.8	1638	15.8
1.25	146	1.0	1889	10
1.5	175.2	1.2	2096	6.3
2.0	233.6	1.6	2416	2.5
2.5	292	2.0	2654	1
3.0	350.4	2.4	2837	0.4
3.5	408.8	2.8	2981	0.16

เมื่อทดลองใช้ตัวอย่างจากการสแกนที่สัดส่วนเงืองาง 1 : 3 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่ค่อนข้างจะมั่นใจได้ว่าไม่เกิดความผิดพลาดในการสแกนจากเครื่อง โดยนำค่าแอมป์ขอบแบนซ์ที่วัดได้ในทุกความยาวคลื่นมาคูณด้วย factor ต่างๆในช่วงที่สนใจ แล้วนำมาแปลงเป็นค่า ADMI ได้ผลดังตาราง ข3 ซึ่งถ้าเราให้ค่าที่ multiplying factor เท่ากับ 1 เป็นผลจากการละลายของสี 1 หน่วย นั่นคือเมื่อแฟคเตอร์เป็น 2 ก็จะมีค่าคล้ายกับการนำสีปริมาณ 2 หน่วยมาละลายในน้ำที่ปริมาตรเท่ากันนั่นเอง และเมื่อนำค่า SU, ADMI มาพล็อตหาความสัมพันธ์กับ multiplying factor ได้กราฟดังรูป ข2



รูปที่ ข2 ความสัมพันธ์ระหว่าง SU กับ ADMI

พบว่าค่า ADMI ที่ได้จะเป็นเส้นโค้ง ทั้งนี้เนื่องมาจากการแปลงค่า Abs เป็น %T ต้องคำนวณจากสูตร

$$\text{Abs} = -\log (\%T/100)$$

แล้วจึงนำค่า %T ไปแทนค่าในตาราง ข1 เพื่อหาค่า X, Y, Z ออกมา แล้วจึงทำการคำนวณออกมาเป็นค่า ADMI จากความสัมพันธ์ในรูปของ logarithm ดังกล่าว ทำให้ความสัมพันธ์ของค่า ADMI ได้เป็นเส้นโค้ง อย่างไรก็ตามพบว่าความชันของกราฟ ADMI จะมีค่าสูงกว่ากราฟของ SU เมื่อ multiplying factor ต่ำกว่า 1.25 หรือที่ค่าแอมป์ขอบแบนซ์ต่ำกว่า 1.0 นั่นเอง แสดงว่าที่ค่าแอมป์ขอบแบนซ์ต่ำกว่า 1.0 หน่วยวัดสี ADMI สามารถแยกแยะความแตกต่างของการเห็นสีได้ดีกว่าหน่วย SU ในทางตรงข้ามที่ค่าแอมป์ขอบแบนซ์สูงกว่า 1.0 หน่วยวัดสี ADMI จะวัดค่าสีออกมาได้แตกต่างน้อยกว่าค่าสีในหน่วย SU

แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวัดค่าสี ADMI ตามที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการวัดจากเครื่อง single beam spectrophotometer แล้วนำมาคำนวณตามวิธีของ Allen (1973) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ standard methods (1992) กล่าวอ้างถึงไว้ โดยตามความจริงแล้วการวัดค่าสี ADMI จะวัดโดยเครื่อง filter photometer โดยต้องใช้ CIE tristimulus filters ประกอบด้วย ซึ่งจะต่างจากวิธีของ Allen ตรงวิธีนี้จะวัดค่า %T ออกมา 3 ค่าจาก filter แต่ละตัวทั้ง 3 ตัว แล้วนำไปคำนวณเป็น X, Y, Z ซึ่งทางผู้วิจัยเองยังไม่ได้ทดลองวัดด้วยเครื่องดังกล่าวว่าได้ค่าออกมาตรงกันกับวิธีที่ผู้วิจัยใช้หรือไม่



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างโปรแกรมการคำนวณหาค่า  $V_x, V_y, V_z$  และค่า ADMI โดยโปรแกรม QuickBasic

```

10 INPUT "X=", x
11 INPUT "Y=", y
12 INPUT "Z=", z
15 u = 1
16 v = 1
17 w = 1
20 IF x = 0 THEN
    END
25 ELSE
    GOTO 40
27 END IF
35 u = u + .001
40 c = .98071 * (1.2219 * u - 0.23111 * u ^ 2 + 0.23951 * u ^ 3 - 0.021009 * u ^ 4 +
    0.0008404 * u ^ 5)
50 d = INT(c)
60 e = (c - d) * 1000
70 f = INT(e)
80 g = f / 1000
90 h = d + g
100 IF h < x THEN
    GOTO 35
110 ELSE GOTO 130
120 END IF
130 PRINT u, c
140 v = v + 0.001
150 i = (1.2219 * v - 0.23111 * v ^ 2 + 0.23951 * v ^ 3 - 0.021009 * v ^ 4 + 0.0008404 *
    v ^ 5)
160 j = INT(i)
170 k = (i - j) * 1000
180 l = INT(k)
190 m = l / 1000

```



```

200 n = j + m
300 IF n < y THEN
      GOTO 140
310 ELSE
      GOTO 320
315 END IF
320 PRINT v, i
330 w = w + .001
340 o = 1.181032 * (1.2219 * w - 0.23111 * w ^ 2 + 0.23951 * w ^ 3 - 0.021009 * w ^ 4 +
      0.0008404 * w ^ 5)
350 p = INT(o)
360 q = (o - p) * 1000
370 r = INT(q)
380 s = r / 1000
390 t = p + s
400 IF t < z THEN
      GOTO 330
410 ELSE
      GOTO 430
420 END IF
430 PRINT w, o
440 a = ((.23 * (9.902 - v)) ^ 2 + (v - u - .002) ^ 2 + (.4 * (w - v - .008)) ^ 2) ^ .5
450 b = 1338.858 * a
455 PRINT "DE=", a
460 PRINT "ADMI=", b
470 GOTO 10
1000 END

```

เอกสารอ้างอิง

Allen, W., W. B. Prescott, R. E. Derby, C. E. Garland, J. M. Peret & M. Saltzman.

Determination of color of water and wastewater by means of ADMI color values.

Proc. 28<sup>th</sup> Ind. Waste Conf., Purdue Univ. 1973.

## ภาคผนวก ค

ข้อมูลดิบชุดการทดลองความเข้มข้น 20 มก./ล.

ข้อมูลดิบของพารามิเตอร์ที่ท่าเก็บผลรายวันที่ได้จากการทดลองทั้งหมดของชุดการทดลองความเข้มข้น 20 มก./ล.แสดงในตาราง ค-1 ถึง ค-16 ดังต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค1 อุณหภูมิที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1		สี 2		สี 3		สี 4	
		An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.
28/2/98	13	30	30	30	30.2	30	30.2	30	30
3/3/98	16	29.6	29.8	29.6	30	29.6	29.7	29.6	29.8
4/3/98	17		29.8		30.1		29.8		29.9
6/3/98	19		29.5		29.8		29.5		29.6
13/3/98	26	29.6	30.2	29.6	30.3	29.6	30.2	29.5	30.2
15/3/98	28		30.3		30.4		30.3		30.4
17/3/98	30	30.1	30.4	30.1	30.5	30	30.4	30	30.5
18/3/98	31	30.1	30.6	30.1	30.7	30.1	30.6	30.1	30.7
23/3/98	35		30.1		30.2		30		30.2
24/3/98	36	29.8		29.8		29.8		29.8	
27/3/98	39	30.1	30.5	30.2	30.7	30.2	30.6	30.2	30.7
29/3/98	41	28.9	30.1	28.9	30.1	28.9	30.2	29	30.2
30/3/98	42		30.3		30.5		30.2		30.4
31/3/98	43	30.2	30.7	30.2	30.8	30.2	30.7	30.2	30.9
2/4/98	45	30.2	30.5	30.2	30.7	30.2	30.6	30.2	30.6
3/4/98	46		30.5		30.7		30.7		30.8

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค2 ค่าดีไอที่ความเข้มข้นสี 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1		สี 2		สี 3		สี 4	
		An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.
28/2/98	13	0.07	5.25	0.06	4.47	0.07	4.76	0.07	
3/3/98	16	0.11	5.22	0.09	4.2	0.11	5.17	0.09	5.24
4/3/98	17		4.87		4.31		5.2		5.27
6/3/98	19		5.15		4.9		5.05		5.03
13/3/98	26	0.11	4.6	0.12	4.66	0.09	4.73	0.09	4.39
15/3/98	28		4.11		4.86		4.71		4.53
17/3/98	30	0.06	3.95	0.05	4.07	0.05	4.34	0.05	4.12
18/3/98	31	0.1	4.33	0.09	4.6	0.09	4.87	0.08	3.95
23/3/98	35		3.3		3.94		4.77		4.34
24/3/98	36	0.12		0.12		0.13		0.13	
27/3/98	39	0.07	4.6	0.08	4.24	0.07	3.61	0.07	3.82
29/3/98	41	0.08	4.76	0.06	4.87	0.09	5.3	0.08	5.04
30/3/98	42		4.02		3.2		4.72		4.01
31/3/98	43	0.05	4.44	0.05	4.26	0.06	4.97	0.05	4.08
2/4/98	45	0.09	5.18	0.11	4.89	0.1	5.41	0.11	4.76
3/4/98	46		4.87		4.53		5.17		4.35

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค3 ค่าพีเอชที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	พี 1			พี 2			พี 3			พี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2		7.34			7.39			7.31			7.34	
18/2/98	3	6.93	7.29	8.23	6.97	7.34	8.23	7.01	7.33	8.27	7.01	7.33	8.4
20/2/98	5	7.07	7.2		7.07	7.25		7.08	7.36		7.09	7.26	
28/2/98	13		7.17	8.31		7.18	8.07		7.37	8.29		7.18	8.07
2/3/98	15			8.24			8.08			8.27			8.26
3/3/98	16		7.34	8.14		7.34	7.96		7.56	8.26		7.28	8.24
4/3/98	17	7.07		8.26	7.08		8.08	7.07		8.36	7.05		8.37
5/3/98	18		7.05			7.29			7.48			7.18	
6/3/98	19	7.03		8.13	7.03		8.18			8.32			8.23
12/3/98	25			8.19			8.32			8.37			8.2
13/3/98	26		7.23			7.24			7.49			7.13	
15/3/98	28			8.12			8.26			8.31			8.17
17/3/98	30		7.16	8.37		7.3	8.4		7.58	8.45		7.24	8.38
18/3/98	31		7.18	8.42	7.16	7.3	8.43	7.17	7.6	8.51	7.17	7.22	8.3
22/3/98	35			8.25			8.3			8.41			8.34
23/3/98	36		7.18			7.21			7.41			7.15	
26/3/98	39	7.18	7.21	8.34	7.22	7.25	8.33	7.24	7.4	8.23	7.24	7.29	8.14
28/3/98	41		7.24	8.39		7.3	8.33		7.45	8.46		7.3	8.42
29/3/98	42	7.14			7.12			7.14			7.14		
30/3/98	43		7.18	8.45		7.37	8.37		7.47	8.51		7.33	8.32
1/4/98	45		7.18	8.41		7.38	8.27		7.41	8.45		7.35	8.36
2/4/98	46			8.57			8.42			8.54			8.41
3/4/98	47			8.57			8.38			8.57			8.49

ตาราง ค4 ค่าสภาพต่างที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2	571	696		581	683		581	704		587	740	
18/2/98	3	556	714	658	581	719	658	581	714	660	581	740	686
20/2/98	5	566	719	629	566	743	638	566	694	638	563	740	653
27/2/98	12	536		619	543		614	546		614	558		619
28/2/98	13		683			678			701			714	
2/3/98	15	547		627	547		624			617			617
3/3/98	16		688			674			694			705	
4/3/98	17	579		611	572		615	566		617	559		613
5/3/98	18		669			643			669			684	
6/3/98	19	553		611	547		611			604			611
12/3/98	25			598			598	556		611	557		595
13/3/98	26		625			634			639			676	
15/3/98	28	536		583	536		588			581			592
17/3/98	30		637	574		637	575	558	649	579	559	664	
18/3/98	31	515	643	563	514	635	563		643	559		675	562
22/3/98	35	542		594	537		584			604			599
23/3/98	36		668			640			658			658	
26/3/98	39			586		639	598	536	660	608	540	654	606
28/3/98	41		604	568		645	584	547	648	604	537	648	589
30/3/98	43	532	632	594	544	646	576		652	584		643	592
1/4/98	45		636	594		641	592	546	644	591	544	647	594
2/4/98	46			595			594			594			593

ตาราง ค5 ค่าไออาร์พีที่ความเข้มสี 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1		สี 2		สี 3		สี 4	
		An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.	An.	Ox.
26/3/98	38	-208	96	-178	96	-155	99	-204	105
27/3/98	39	-201	133	-189	136	-254	134	-227	131
29/3/98	41	-199	122	-171	129	-198	132	-183	136
30/3/98	42		124		129		138		139
31/3/98	43	-208	114	-207	118	-185	119	-197	118
2/4/98	45	-201	137	-172	143	-212	145	-195	147
3/4/98	46		128		136		128		131

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ท6 ค่าเอ็มแอลเอสเอส ของระบบที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	ค่าเอ็มแอลเอสเอส			
		สี1	สี2	สี3	สี4
18/2/98	3	1924	2112	1832	2404
20/2/98	5	1888	2144	1960	2268
27/2/98	12	1816	2052	1928	2080
2/3/98	15	1860	2112	1976	1916
4/3/98	17	1968	2112	2008	1716
6/3/98	19	1948	2100	2056	1760
12/3/98	25	1932	2004	1948	1816
15/3/98	28	2038	2012	1964	1660
17/3/98	30	1908	1924	1864	1268
18/3/98	31	1936	1916	1952	2352
20/3/98	33	1968	1988	2044	2116
22/3/98	35	1912	2068	2032	2692
23/3/98	36	1948	2080	1956	2560
24/3/98	37	1936	2028	2088	2284
25/3/98	38	1836	2068	1984	2216
26/3/98	39	1980	2127	2080	2053
27/3/98	40	1856	2100	2016	2120
28/3/98	41	1844	1972	2008	2108
30/3/98	43	1924	2016	2056	1972
1/4/98	45	1932	2076	2024	1952
2/4/98	46	2040	2004	1972	1972

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตาราง ค7 ค่าเอสเอสในน้ำทิ้งที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	ค่าเอสเอส			
		สี1	สี2	สี3	สี4
20/2/98	5	17	16	9	17
27/2/98	12	13	17	18	9
2/3/98	15	9	17	20	13
4/3/98	17	10	24	22	14
12/3/98	25	14	21	22	31
15/3/98	28	23	24	25	42
17/3/98	30	29	28	23	50
18/3/98	31	39	29	29	44
22/3/98	35	76	34	31	54
24/3/98	37	63	31	30	56
25/3/98	38	80	40	30	62
26/3/98	39	46	28	24	40
27/3/98	40	62	38	30	52
28/3/98	41	38	32	28	60
30/3/98	43	30	29	33	58
1/4/98	45	21	28	29	36
2/4/98	46	34	30	35	27

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค8 ค่าซีไอที่ความเข้มสี 20 ก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2		47.6			47.6			55.5			42	
18/2/98	3	996	64	46	1091	54	46	1043	48	50	1023	40	48
20/2/98	5	1002	47	53	1033	44	38	1010	51	49.5	991	38	36.4
27/2/98	12	967		38.4	1006		32.1	963		48.5	979		25.8
28/2/98	13		41.1			32			35			29	
2/3/98	15	976		52.4	995		36.5	976		50.9			28.1
3/3/98	16		61.5			40.3			50.9			43.3	
4/3/98	17	987		46.5	998		37.3	983		45.7	991		25.9
5/3/98	18		44.2			30.5			37.3			48.8	
6/3/98	19	1020		38.4	1028		35.2	1012		38.4	1000		30.4
12/3/98	25	1016		38.9	964		32.5	1012		34.1	988		29.4
13/3/98	28		35.7			31.7			28.6			21.4	
15/3/98	28	1019		37	1007		29.1	988		40.1			26
17/3/98	30	952	33.8	35.4	980	28.3	29.9	976	33.8	33	976	27.5	23.6
18/3/98	31	958	35.6	38.6	1001	26.3	42.5		30.1	41.7	997	41.7	31.7
22/3/98	35	997		39.1	974		33.7	970		38.3	958		33
23/3/98	36		36			32.2			30.7			32.2	
26/3/98	39	967	30.6	34.4	955	25.2	26	955	21.4	30.6	978	22.2	30.6
28/3/98	41	979	39.8	36.8	1009	27.8	33	990	36	42.8	968	26.3	46.5
30/3/98	43	982	36.4	34.9	986	27.3	31.1	971	23.5	34.9	971	23.5	34.9
1/4/98	45	981	28.1	31.9	981	27.4	31.2	993	28.1	26.6	981	24.3	24.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค9 ค่าที่เคเอ็นที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
16/2/98	2	52.4			52.1	13.5		52.1	14.1		52.4	18.1	
17/2/98	3	54	15.1	3.5	52.1	13	2.7	53	13.5	3.5	53.8	16.2	8.6
27/2/98	13		14.3	1.08	51.1	11.9	0		11.9	0.27		8.3	1.35
1/3/98	15	52.1		2.48	52.1		1.3			1.62			2.97
2/3/98	16		14.3			12.2			11.1			11.9	
3/3/98	17			2.24			0.91	51.4		1.52	51		4.36
4/3/98	18		13.3			11.2			11.3			11.9	
5/3/98	19	50.6		1.82			0.61			1.64			2.61
11/3/98	25			1.82			0.79	49.4		1.03	50.3		2.91
12/3/98	26		10.6			9.8			11			11.6	
14/3/98	28			1.82	50		0.73			1.33			2.61
16/3/98	30		9.8	1.21		10.6	1.7		10.5	1.33		11.6	3.15
17/3/98	31	49.4	9.9	0.3	49.2	10	0.8		10.6	1.4		12.4	1.9
21/3/98	35			1.09	49.8		0.42			1.15			1.88
22/3/98	36		9.9			10.2			9.9			9.5	
25/3/98	39			1.4		11	0.9	49.4	12.3	0.9		10.2	
27/3/98	41		9.8	1		10	0.8	48.5	10.6	1	48.2	9.3	1.9
29/3/98	43	48.3	10.5	1.21	48.4	10	0.42		8.7	0.79			1.94
31/3/98	45			0.81					10.6	0.81	53.3		1.52
2/4/98	47			1			0.36						1.58

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค10 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2		37.9			16.2			19.5			39.6	
18/2/98	3	93.6	35.4	32.9	29.6	12	11	42.7	11.5	13.9	52.8	38.2	35.4
20/2/98	5	93.3	32	31.2	29.6	12	10.8	44.7	12	13.8	52.4	32.7	34.6
27/2/98	12	93.1		29.9	30.8		10.5	45.6		12.3	52.6		30.9
28/2/98	13		31.1			11.2			12.9			31.9	
2/3/98	15	98.2		29.3	30		9.94	43.6		13.4	52.5		30
3/3/98	16		33			11.5			13.7			31.7	
4/3/98	17	97.2		33	30.3		11.1	43.6		13.9	52.3		30.3
5/3/98	18		34.3			11.7			12.4			31.4	
12/3/98	25	97.3		36.3	30.2		10.7	43.5		14.3	52.6		33.4
13/3/98	26		37.2			13			13.4			32.5	
15/3/98	28	95.9		35	29.5		10.4	43.4		12.8	50.7		32.1
17/3/98	30	97.3	35.4	35.1	28.7	12.5	10.6	43.6	13.5	13.8	52	31	32.9
18/3/98	31	96.3	36	34.5	28.1	11.2	9.3	42.3	12.9	13	50.7	33.6	32.6
22/3/98	35	94.3		36.1	30.2		11.2	42.3		15.3	51.3		33
23/3/98	36		37.2			13.9			13.7			30.8	
26/3/98	39	97.3	38.1	36.4	30.1	13.3	11	43.7	13.6	13.9	53.4	30.8	31.4
28/3/98	41	98.8	37.1	37.5	30.4	11.8	10.9	44.3	14.6	16.1	54.1	28.7	32.1
30/3/98	43	97.2	39.4	37.6	29.5	12.6	10.4	43.6	15.2	15.4	52.7	28.5	29.6
1/4/98	45	99.7	38.5	38	29.4	12.6	10.3	44.2	15.1	16.2	53.1	24.9	29.2

ตาราง ค11 ค่าสถิติเอ็มไอที่ความเข้มสี 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2		569			238			227			683	
18/2/98	3	1372	579	548	585	217	190	792	218	247	990	706	750
20/2/98	5	1372	527	518	587	214	184	806	209	242	980	672	730
27/2/98	12	1353		489	582		174	819		219	963		666
28/2/98	13		507			207			240			615	
2/3/98	15	1422		487	583		170	806		255	974		661
3/3/98	16		538			207			258			605	
4/3/98	17	1420		541	597		182	805		254	975		659
5/3/98	18		553			217			265			603	
12/3/98	25	1408		590	584		181	795		256	971		708
13/3/98	26		608			244			253			653	
15/3/98	28	1410		582	590		189	811		244	965		704
17/3/98	30	1434	609	586	588	249	196	821	268	267	982	677	716
18/3/98	31	1420	604	586	578	233	177	802	267	262	969	685	724
22/3/98	35	1391		602	590		208	782		270	964		720
23/3/98	36		625			275			266			646	
26/3/98	39	1432	628	606	580	264	200	810	267	265	996	639	681
28/3/98	41	1429	633	628	588	231	192	806	289	305	991	625	685
30/3/98	43	1430	646	622	590	243	182	815	300	299	982	591	642
1/4/98	45	1449	647	628	595	246	184	820	302	319	988	529	596

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค12 ค่าพอลิเมอร์วัดผลจากความเข้มข้น 120 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2		16.4			14.6			15			29.4	
18/2/98	3	15	15.4	6.2	15.6	15.2	4.38	15.8	14	4.43	16.1	28.7	0.14
20/2/98	5		18.8	6.1		17.7	8.2		12.5	6.4		30.4	0.27
27/2/98	12	17.1		5.5	16.9		8.9	17.7		9.2			0.14
28/2/98	13		21.9			14.9			12.6			32.4	
2/3/98	15	16.5		4.2	17.3		8			9			0.18
3/3/98	16		21.6			13.7						32.1	
4/3/98	17			4.8			7.9	16.4		9.3	16.5		0.65
5/3/98	18		23.6			14.2			12			33.7	
6/3/98	19	16.4		5.5	17.1		8.3			9.2			2.8
12/3/98	25			4.6			8.3	16.3		9	16.5		1.8
13/3/98	26		24.3			14.4			11.6			30.9	
15/3/98	28			3.8	15.7		8.1			10.4			3.3
17/3/98	30		21.9	3.8			7.8	17	11.7	9.2	16.3	32.5	5.1
18/3/98	31	16.1	25.1	3.8		13.7	7.9		11.7			31.7	
20/3/98	33			3.51			7.39			9.15			0.28
22/3/98	35	16.7		5.7	16.2		7.8			9.4			0.03
23/3/98	36		26.1			13.5						30.6	
26/3/98	39		25.9	3.3		13.7	7.7	16.1		9.5	16.2	27.1	1.1
28/3/98	41		25.9	3.3		14	8.2	16	11.5	10	16.3	27.5	
30/3/98	43	17	26.3	2.4	16.5	14			11.6	9.8		27.3	0.37
1/4/98	45		26.5	3.5		13.9	8	15.8	12.1	9.6	16	27.3	0.55
2/4/98	46			3.3			8.4			9.5			0.97

ตาราง ค13 ค่า VSS/TSS (%) ที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1	สี 2	สี 3	สี 4
17/2/98	3	92.3	93	93.9	87.4
19/2/98	5	92.6	92.7	94.3	89.4
26/2/98	12	92	93.8	94.6	88.5
1/3/98	15	91.6	93.8	93.7	88.3
3/3/98	17	91.1	93.6	93.6	87.9
5/3/98	19	92.6	93.7	94.4	87
11/3/98	25	90.5	93	93	87.9
14/3/98	28	91.6	94.4	94.7	90
16/3/98	30	91.4	93.8	93.8	90.9
17/3/98	31	90.7	93.3	94.3	90.3
19/3/98	33	89.6	94	93.2	88.8
21/3/98	35	87.9	93.4	94.5	92.4
22/3/98	36	91	94	92.8	90.6
23/3/98	37	91.5	94.1	93.5	91.1
24/3/98	38	91.9	94.2	94.4	90.1
25/3/98	39	93.9	95	94.6	92.6
26/3/98	40	91.9	94.1	93.9	90.4
27/3/98	41	90.9	94.5	94.2	88.4
29/3/98	43	90.6	94.1	94.6	89.7
31/3/98	45	92.8	93.8	94.7	89.8
1/4/98	46	90.4	93.2	93.1	88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค14 ค่า SV ที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1	สี 2	สี 3	สี 4
17/2/98	3	85	95	85	110
19/2/98	5	80	95	80	105
26/2/98	12	80	100	110	95
1/3/98	15	85	105	115	85
3/3/98	17	75	110	115	85
11/3/98	25	100	115	120	100
12/3/98	26	105	125	130	105
14/3/98	28	105	115	115	95
16/3/98	30	100	100	125	90
17/3/98	31	95	105	125	130
19/3/98	33	100	125	125	120
21/3/98	35	100	130	120	135
24/2/98	38	105	140	130	105
25/2/98	39	120	140	130	105
26/2/98	40	110	145	130	110
27/2/98	41	110	140	115	100
28/2/98	42	110	155	120	100
1/3/98	43	120	145	135	105
3/3/98	45	120	140	120	105
4/3/98	46	120	150	135	120
5/3/98	47	120	140	150	110



ตาราง ค15 ค่า SVI ที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1	สี 2	สี 3	สี 4
17/2/98	3	44	45	46	46
19/2/98	5	42	44	41	48
26/2/98	12	44	49	57	46
1/3/98	15	46	50	58	44
3/3/98	17	38	52	57	50
11/3/98	25	52	57	62	55
14/3/98	28	50	57	59	57
16/3/98	30	52	52	67	71
17/3/98	31	49	55	64	55
19/3/98	33	51	63	61	57
21/3/98	35	52	63	59	50
24/2/98	38	57	68	66	47
25/2/98	39	61	66	63	51
26/2/98	40	59	69	64	52
14/3/98	41	60	71	57	47
16/3/98	43	62	72	66	53
18/3/98	45	62	67	59	54
19/3/98	46	59	75	68	61

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค16 ค่าวิเอฟเอทีความเข้มข้น 20 มก./ล.

วันที่	วัน	สี 1			สี 2			สี 3			สี 4		
		Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.	Inf.	An.	Ox.
17/2/98	2	119	28.3		119	24.4		118	28.3		116	39	
18/2/98	3	96	27	15	97	26	18	90	30	19	96	40	13
20/2/98	5	112	28	14	116	28	16.4	113	24	16.2	116	41	8.2
27/2/98	12	115		13.7	105		18.9	117		17.9	107		9
28/2/98	13		31.8			21.5			19.7			42.9	
2/3/98	15	104			98					16.6			8.8
3/3/98	16		34.5			26.5			21.5			43.9	
4/3/98	17	114		18.3	112		19			18.1	115		8.8
5/3/98	18		31.4			23.4			20.5			52.3	
6/3/98	19	106		15.6	120		17.6			18.5			12.7
12/3/98	25			16.8			22.4	123		21.8	128		11.7
13/3/98	26		33.9			23.4			19.5			43.9	
15/3/98	28	121		11.7	118		17			18.1			10.5
17/3/98	30		35.7	12.5		23.4	16	126	20.5	19.5	120	45.8	17.9
18/3/98	31		35.5	12.7		24.4	17.9		22			50.7	9.4
22/3/98	35	115		14.5	117		15.8			18.5			9.1
23/3/98	36		36.3			22.1			21.2			41.5	
26/3/98	39		41.2	10.9		22.1	14.5	103	20.9	18.5	100	39.3	9.4
28/3/98	41		37.2	13.6		23.9	19	122	21.9	19.9	129	39.5	
1/4/98	45		33.4	12.5		20.3		119	18.7	17.2	125	35.7	8.2
2/4/98	46			9.8			14.1			16.1			7.8

## ภาคผนวก ง

ข้อมูลดิบของไฟล์ชุดการทดลองความเข้มข้น 20 มก./ล.

ข้อมูลดิบของพารามิเตอร์ที่หาเก็บไฟล์ในช่วงสถานะคงตัวที่ได้จากการทดลอง  
ในชุดการทดลองความเข้มข้น 20 มก./ล.แสดงในตาราง ง-1 ถึง ง-8 ดังต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง1 โพรไฟล์อุณหภูมิในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
2.5	30.5	2.5	33.2	2.5	33.7	2.5	32.4
3	30.5	3	33.2	3	33.7	3	32.5
4	30.6	4	33.3	3.5	33.8	3.5	32.5
5	30.6	5	33.3	4	33.8	4	32.6
6	30.6	6	33.3	4.5	33.8	4.5	32.6
8	30.6	8	33.3	5	33.8	5	32.6
9	30.6	9	33.2	6	33.8	6	32.6
10	30.6	10	31.2	7.5	33.8	7.5	32.6
11	30.6	11	31.2	8.5	33.8	8.5	32.6
12	30.6	12	31.2	9.5	33.8	9.5	32.6
13	30.6	13	31.2	10	33.8	10	32.6
14	30.6	14	31.2	11	33.7	11	32.6
15	30.6	15	31.2	12	33.7	12	32.6
16	30.6	16	31.2	13.5	33.6	13.5	32.6
17	30.6	17	31.2	15	31.2	15	32.6
18	30.6	18	31.2	16	31.2	16	32.6
19	30.6	19	31.2	18	31.2	18	32.6
20	30.6	20	31.2	20	31.2	20	32.6
21	30.6	21	31.2	22	31.2	22	32.6
22	30.6	22	31.2	25	31.2	25	32.5
23	30.6	23	31.2	27	31.2	27	32.6
24	30.6	24	31.2	29	31.2	29	32.5
25	30.6	25	31.2	31	31.2	31	32.5
26	30.6	26	31.2	34	31.2	34	32.5
27	30.6	27	31.2	36	31.2	36	32.5
28	30.6	28	31.2	41	31.2	41	32.5
29	30.6	29	31.3	45	31.2	45	32.5
30	30.6	30	31.3	47	31.2	47	32.4
31	30.6	31	31.4	50	31.2	50	32.4
32	30.6	32	31.4	53	31.2	53	32.4
33	30.6	33	31.4	55	31.2	55	32.4
34	30.6	34	31.8	58	31.2	58	32.4

ตาราง ง1 โพรไฟล์อุณหภูมิในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. (ต่อ)

เวลา (นาที)	ตี 1
38	30.6
39	30.6
41	30.6
43	30.6
46	30.6
48	30.6
50	30.6
52	30.6
54	30.6
58	30.6
58	30.5
60	30.5
64	30.5
73	30.3
78	30.3
84	30.2
90	30.1
96	30
102	30
110	29.9
124	29.8
144	29.6
150	29.6
159	29.5
174	29.4
186	29.4
196	29.3
208	29.3
229	29.2
240	29.2
255	29.1
269	29.1

เวลา (นาที)	ตี 3
75	31.2
80	31.2
85	31.2
88	31.2
93	31.2
99	31.3
104	31.3
110	31.3
115	31.3
121	31.3
129	31.3
132	31.3
137	31.3
143	31.3
147	31.3
156	31.4
161	31.4
168	31.4
172	31.5
177	31.5
182	31.5
187	31.5
196	31.5
206	31.5

เวลา (นาที)	ตี 4
75	32.3
80	32.3
85	32.3
88	32.3
93	32.2
99	32.2
104	32.2
110	32.1
115	32.1
121	32
129	32
132	32
137	31.9
143	31.9
147	31.9
156	31.8
161	31.8
168	31.8
172	31.8
177	31.7
182	31.7
187	31.7
196	31.6
206	31.6
218	31.6
224	31.5
246	31.5
254	31.5
268	31.5
293	31.4
304	31.4
320	31.4

ตาราง ง1 โพรไฟล์อุณหภูมิในช่วงสถานะคงตัวที่ความชื้นสัมพัทธ์ 20 มก./ค. (ต่อ)

เวลา (นาที)	สี 1
1065	28.1
1075	28.1
1085	28.1
1085.5	28.2
1086	28.2
1086.5	28.2
1087	28.2
1088	28.2
1089	28.2
1091	28.2
1093	28.2
1095	28.2
1097	28.2
1099	28.2
1104	28.2
1108	28.2
1111	28.3
1114	28.3
1117	28.3
1120	28.3
1125	28.3
1128	28.3
1131	28.3
1135	28.4
1140	28.4
1146	28.4
1152	28.5
1161	28.5
1165	28.5
1172	28.5
1178	28.6
1185	28.6

เวลา (นาที)	สี 4
420	31.2
443	31.1
450	31.1
472	31.1
484	31
1071	30.5
1073	30.5
1076	30.5
1078	30.5
1079	30.5
1080	30.5
1082	30.5
1083	30.5
1085	30.5
1086	30.5
1086.5	30.5
1087	30.5
1087.5	30.5
1088	30.5
1088.5	30.5
1089	30.5
1089.5	30.5
1090	30.5
1091	30.5
1092	30.5
1093	30.5
1095	30.5
1097	30.5
1099	30.5
1102	30.5
1104	30.5
1106	30.5

ตาราง ง1 โพรไฟล์อุณหภูมิในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มสี 20 มก./ล. (ต่อ)

เวลา (นาที)	สี 1
1214	28.7
1219	28.8
1224	28.8
1237	28.8
1247	28.9
1259	28.9
1265	29
1279	29.1
1287	29.1
1303	29.2
1370	29.4
1377	29.6
1381	29.5
1384	29.5

เวลา (นาที)	สี 4
1116	30.6
1133	30.6
1138	30.6
1143	30.6
1146	30.6
1153	30.6
1160	30.6
1164	30.6
1169	30.6
1176	30.7
1184	30.7
1188	30.7
1196	30.7
1203	30.7
1215	30.7
1221	30.7
1230	30.7
1237	30.7
1241	30.8
1250	30.8
1253	30.8
1299	30.9
1318	30.9
1327	30.9
1337	30.9
1346	31
1366	31
1369	31
1376	31

ตาราง ง2 ไพรไฟล์ดีไอในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	ดี 1	เวลา (นาที)	ดี 2	เวลา (นาที)	ดี 3	เวลา (นาที)	ดี 4
2.5	1.04	2.5	1.4	2.5	1	2.5	0.3
3	0.43	3	0.54	3	0.52	3	0.25
4	0.18	4	0.14	3.5	0.28	3.5	0.21
5	0.14	5	0.08	4	0.23	4	0.18
6	0.13	6	0.08	4.5	0.17	5	0.15
8	0.11	8	0.05	5	0.14	6	0.14
9	0.09	9	0.02	6	0.12	7.5	0.11
10	0.09	10	0.02	7.5	0.1	8.5	0.1
11	0.08	11	0.11	8.5	0.09	9.5	0.09
12	0.07	12	0.24	9.5	0.08	10	0.08
13	0.07	13	0.44	10	0.07	11	0.08
14	0.06	14	0.53	11	0.05	12	0.07
15	0.06	15	0.66	12	0.04	13.5	0.06
16	0.05	16	0.79	13.5	0.03	15	0.05
17	0.05	17	0.87	15	0.03	16	0.05
18	0.05	18	0.91	16	0.03	18	0.05
19	0.05	19	1.21	18	0.03	20	0.04
20	0.05	20	1.48	20	0.12	22	0.04
21	0.05	21	1.71	22	0.35	25	0.04
22	0.05	22	1.78	25	0.54	27	0.04
23	0.04	23	1.81	27	0.77	29	0.03
24	0.04	24	1.88	29	1.15	31	0.03
25	0.04	25	1.92	31	1.32	34	0.03
26	0.04	26	1.96	34	1.56	36	0.03
27	0.04	27	1.87	36	1.69	41	0.03
28	0.04	28	1.85	41	1.85	45	0.03
29	0.04	29	1.74	45	1.91	47	0.03
30	0.04	30	1.74	47	2.04	50	0.03
31	0.04	31	1.98	50	2.06	53	0.03
32	0.04	32	2.06	53	2.11	55	0.03
33	0.04	33	2.14	55	2.11	58	0.02
34	0.04	34	4.72	58	2.18	61	0.02



ตาราง ง2 โพรไฟล์ดีไอในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล. (ต่อ)

เวลา (นาที)	ดี 1
35	0.04
36	0.04
37	0.04
38	0.04
39	0.04
41	0.03
43	0.03
46	0.03
48	0.03
50	0.03
52	0.03
54	0.03
56	0.03
58	0.03
60	0.03
64	0.03
73	0.03
78	0.03
84	0.03
90	0.03
96	0.02
102	0.02
110	0.02
124	0.02
144	0.02
150	0.02
159	0.02
174	0.02
186	0.02

เวลา (นาที)	ดี 2
35	4.94
36	4.99

เวลา (นาที)	ดี 3
61	2.24
66	2.2
70	2.23
75	2.34
80	2.34
85	2.34
88	2.34
93	2.39
99	2.37
104	2.38
110	2.28
115	2.32
121	2.28
129	2.36
132	2.34
137	2.38
143	2.35
147	2.44
156	2.7
161	3.83
168	3.92
172	4.08
177	4.13
182	1.15
187	4.26
196	4.62
206	4.7

เวลา (นาที)	ดี 4
66	0.02
70	0.02
75	0.02
80	0.02
85	0.02
88	0.02
93	0.02
99	0.02
104	0.02
110	0.02
115	0.02
121	0.02
129	0.02
132	0.02
137	0.02
143	0.02
147	0.02
156	0.02
161	0.02
168	0.02
172	0.02
177	0.02
182	0.02
187	0.02
196	0.02
206	0.02
218	0.02
224	0.02
246	0.02

ตาราง ง2 โพรไฟล์ดีไอในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.(ต่อ)

เวลา (นาที)	ดี 1
196	0.02
208	0.02
229	0.02
240	0.02
255	0.02
269	0.02
465	0.02
502	0.02
1060	0.02
1065	0.02
1075	0.02
1085	0.02
1085.5	0.06
1086	0.1
1086.5	0.15
1087	0.15
1088	0.2
1089	0.2
1091	0.23
1093	0.25
1095	0.25
1097	0.28
1099	0.34
1104	0.4
1108	0.41
1111	0.41
1114	0.42
1117	0.42
1120	0.42
1125	0.42
1128	0.45

เวลา (นาที)	ดี 4
254	0.02
268	0.02
293	0.01
304	0.01
320	0.02
342	0.02
366	0.01
385	0.01
420	0.01
443	0.02
450	0.02
472	0.01
484	0.01
1071	0.03
1073	0.03
1076	0.03
1078	0.03
1080	0.03
1082	0.03
1083	0.03
1085	0.03
1086	0.03
1087	0.4
1088	0.58
1089	0.68
1090	0.77
1091	0.9
1097	1.1
1099	1.14
1102	1.17
1104	1.23

## ตาราง ง2 โพรไฟล์ดีไอในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.(ต่อ)

เวลา (นาที)	ดี 1
1146	0.54
1152	0.59
1161	0.63
1165	0.67
1172	0.72
1178	0.8
1185	0.93
1190	1.03
1202	1.31
1209	1.48
1214	1.56
1219	1.72
1224	1.87
1237	2.19
1247	2.45
1259	2.94
1265	3.29
1279	3.82
1287	4.08
1303	4.46
1370	5.44
1377	5.65
1381	4.77
1384	4

เวลา (นาที)	ดี 4
1106	1.25
1108	1.24
1111	1.25
1113	1.24
1116	1.24
1133	1.25
1138	1.28
1143	1.24
1146	1.36
1153	1.46
1160	1.5
1164	1.55
1169	1.57
1176	1.57
1184	1.68
1188	1.81
1203	2.06
1215	2.3
1221	2.48
1230	3
1237	3.02
1241	3.32
1250	3.26
1253	3.52
1299	4.09
1318	4.37
1327	4.39
1337	4.51
1348	4.55
1366	4.87
1369	4.82
1376	5.18

ตาราง ง3 โพรไฟล์ไฮดรอฟิลในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	ดี 1	เวลา (นาที)	ดี 2	เวลา (นาที)	ดี 3	เวลา (นาที)	ดี 4
2.5	82	2.5	2	2.5	63	2.5	0
3	77	3	-6	3	53	3	-9
4	61	4	-17	3.5	45	3.5	-21
5	48	5	-23	4	40	4	-29
6	33	6	-29	4.5	35	4.5	-35
8	12	8	-40	5	28	5	-43
9	-3	9	-48	6	17	6	-53
10	-14	10	-50	7.5	-1	7.5	-70
11	-29	11	-54	8.5	-20	8.5	-83
12	-44	12	-60	9.5	-69	9.5	-93
13	-58	13	-67	10	-98	10	-100
14	-70	14	-73	11	-135	11	-108
15	-83	15	-77	12	-154	12	-116
16	-96	16	-84	15	-178	15	-133
17	-107	17	-90	16	-185	16	-139
18	-118	18	-97	18	-194	18	-148
19	-130	19	-103	20	-203	20	-154
20	-138	20	-109	22	-211	22	-161
21	-148	21	-115	25	-222	25	-168
22	-155	22	-122	27	-229	27	-173
23	-163	23	-129	29	-234	29	-177
24	-168	24	-135	31	-241	31	-180
25	-175	25	-141	34	-248	34	-187
26	-179	26	-146	36	-254	36	-189
27	-184	27	-150	41	-263	41	-197
28	-188	28	-154	45	-270	45	-201
29	-191	29	-157	47	-273	47	-203
30	-196	30	-161	50	-276	50	-207
31	-199	31	-164	53	-280	53	-208
32	-201	32	-166	55	-283	55	-211
33	-205	33	-170	58	-286	58	-214
34	-208	34	-172	61	-286	61	-218

ตาราง ง3 โพรไฟโอรฟในชวงสถานะคงตัวที่ความเข้มสี 20 มก./ล. (ต่อ)

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
35	-211	35	-175	68	-289	68	-222
36	-212	36	-177	70	-290	70	-225
37	-216	37	-179	75	-290	75	-229
38	-219	38	-181	80	-292	80	-233
39	-221	39	-183	85	-293	85	-237
41	-225	41	-187	88	-293	88	-239
43	-230	43	-191	93	-295	93	-242
46	-238	46	-197	99	-294	99	-246
48	-242	48	-199	104	-292	104	-249
50	-246	50	-203	110	-296	110	-252
52	-249	52	-205	115	-294	115	-254
54	-256	54	-209	121	-296	121	-257
56	-259	56	-211	129	-297	129	-262
58	-265	58	-214	132	-297	132	-261
60	-269	60	-217	137	-300	137	-264
64	-277	64	-222	143	-300	143	-262
73	-296	73	-233	147	-301	147	-263
78	-303	78	-238	156	-301	156	-267
84	-309	84	-243	161	-298	161	-268
90	-313	90	-246	168	-295	168	-270
96	-317	96	-252	172	-295	172	-271
102	-319	102	-255	177	-292	177	-270
110	-321	110	-258	182	-294	182	-273
124	-321	124	-263	187	-294	187	-273
144	-319	144	-268	196	-290	196	-275
150	-317	150	-269	206	-290	206	-279
159	-318	159	-271	218	-287	218	-277
174	-313	174	-269	224	-285	224	-276
186	-311	186	-265	246	-276	246	-278
196	-309	196	-261	254	-277	254	-275
208	-308	208	-246	268	-276	268	-278
229	-308	229	-238	293	-260	293	-281



ตาราง ง3 โพรไฟล์ไออาร์พีในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มสี 20 มก./ล. (ต่อ)

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
240	-305	240	-236	304	-268	304	-279
255	-305	255	-267	320	-267	320	-278
269	-289	269	-229	342	-266	342	-280
465	-275	465	-250	366	-265	366	-281
502	-268	502	-235	385	-263	385	-281
1060	-255	1060	-205	420	-263	420	-285
1065	-241	1065	-205	443	-254	443	-287
1075	-244	1075	-203	450	-257	450	-288
1085	-244	1085	-203	472	-257	472	-293
1085.5	-191	1085.5	-151	484	-256	484	-292
1086	-143	1086	-123	1071	-215	1071	-280
1086.5	-140	1086.5	-114	1073	-216	1073	-283
1087	-134	1087	-111	1076	-218	1076	-288
1088	-126	1088	-109	1078	-217	1078	-290
1089	-118	1089	-109	1079	-217	1079	-290
1091	-110	1091	-102	1080	-218	1080	-292
1093	-109	1093	-88	1082	-217	1082	-295
1095	-108	1095	-72	1083	-216	1083	-295
1097	-106	1097	-48	1085	-216	1085	-296
1099	-101	1099	-26	1086	-216	1086	-299
1104	-96	1104	12	1087	-148	1087	-190
1108	-93	1108	32	1088	-106	1088	-134
1111	-90	1111	42	1089	-81	1089	-101
1114	-88	1114	47	1090	-62	1090	-84
1117	-83	1117	53	1091	-50	1091	-72
1120	-79	1120	55	1092	-33	1092	-60
1125	-73	1125	57	1093	-22	1093	-52
1128	-66	1128	59	1095	-7	1095	-40
1131	-58	1131	59	1097	5	1097	-30
1135	-50	1135	59	1099	20	1099	-21
1140	-37	1140	60	1102	32	1102	-8
1146	-28	1146	60	1104	40	1104	-3

ตาราง ง3 โพรไฟล์ไออาร์พีในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มสี 20 มก./ล.(ต่อ)

เวลา (นาที)	สี 1
1152	-16
1161	0
1165	8
1172	20
1178	29
1185	40
1190	48
1202	64
1209	72
1214	78
1219	83
1224	89
1237	100
1247	109
1259	119
1265	125
1279	136
1287	139
1303	144
1370	159
1377	156
1381	157
1384	156

เวลา (นาที)	สี 2
1152	61
1161	64
1165	65
1172	68
1178	70
1185	72
1190	74
1202	81
1209	84
1214	88
1219	90
1224	93
1237	100
1247	104
1259	109
1265	112
1279	117
1287	121
1303	127
1370	147
1377	147
1381	147
1384	146

เวลา (นาที)	สี 3
1108	52
1111	56
1113	60
1116	64
1133	75
1138	78
1143	78
1146	80
1153	81
1160	84
1164	85
1169	85
1176	87
1184	89
1188	91
1196	94
1203	95
1215	100
1221	100
1230	103
1237	107
1241	110
1250	117
1253	117
1299	140
1318	143
1327	143
1337	144
1346	146
1366	147
1369	147

เวลา (นาที)	สี 4
1108	8
1111	16
1113	20
1116	27
1133	46
1138	51
1143	55
1146	59
1153	67
1160	72
1164	74
1169	76
1176	81
1184	87
1188	91
1196	97
1203	103
1215	113
1221	118
1230	130
1237	137
1241	140
1250	145
1253	146
1299	161
1318	165
1327	168
1337	170
1346	172
1366	174
1369	176

ตาราง ง4 โพรไฟล์ซีไอทีในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	ดี 1	เวลา (นาที)	ดี 2	เวลา (นาที)	ดี 3	เวลา (นาที)	ดี 4
5	202	5	200	5	182	5	182
15	169	15	170	15	166	15	171
30	153	30	154	35	117	35	143
45	141	45	116	60	83	60	106
60	120	60	96	90	59	90	84
90	77	90	63	120	23	120	70
120	58	120	44	180	13.5	180	35
180	38	180	27	250	21.5	250	13.5
240	32	240	37	360	15.1	360	47.7
360	31	480	30	480	11.9	480	9.5
480	28	600	48	1080	23	1080	13.5
600	27	1080	32	1085	43.7	1085	35.8
1080	39	1085	36	1095	15.1	1095	19.1
1085	53	1095	32	1115	16.7	1115	32.6
1095	30	1115	35	1140	18.3	1140	34.2
1115	53	1140	35	1185	18.3	1185	34.2
1140	38	1185	35	1230	21.5	1230	21.5
1185	41	1230	37	1290	24.6	1290	28.6
1230	56	1290	35	1380	43.7	1380	16.7
1290	36	1380	37				
1380	40						

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตาราง ง5 โพรไฟล์ที่เคเย็นในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	ดี 1	เวลา (นาที)	ดี 2	เวลา (นาที)	ดี 3	เวลา (นาที)	ดี 4
5	25.7	5	24.2	5	25.4	5	25.1
35	22.9	35	23.1	35	22.7	35	22.1
68	21.9	68	21.2	68	21.3	68	20.6
120	19.5	120	18.3	120	19	120	18.3
180	18.1	340	14.8	180	17.6	180	16.8
340	15	480	13.1	340	14.4	340	14.1
480	14.2	1085	10.7	480	12.2	480	13.4
1085	11.2	1115	1.71	1085	9.2	1085	9
1115	1.75	1175	1.12	1115	1.34	1175	0.98
1175	1.18	1265	0.39	1175	0.83	1265	0.2
1265	0.46	1385	0.13	1265	0.25	1385	0.2
1385	0.38			1385	0.14		

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง6 โพรไฟล์ฮีเอสยูในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
5	61.7	5	18.6	5	25.7	5	18.1
30	57.2	15	17.9	15	25.9	15	20.5
45	53.8	30	18.3	35	25.7	35	21.3
60	49.9	45	18.2	60	25.2	60	22.4
90	43.8	60	17.9	90	24.8	90	21.9
120	42.5	90	17.2	120	24.5	120	22.7
180	41.4	120	17.2	180	23.7	180	23.3
240	41.3	180	15.9	260	22.5	260	22.4
360	39.9	240	15.2	360	21.8	360	21.4
480	39	360	15	480	20.9	480	20.7
600	38.6	480	15.1	1080	17.1	1080	17.3
1080	36.5	600	13.5	1085	17.5	1085	17.8
1085	37.1	1080	11.9	1095	17.6	1095	19
1095	38.4	1085	12.5	1115	17.9	1115	19.3
1115	37.8	1095	12.7	1140	18.1	1140	20.6
1140	37.5	1115	12.6	1185	18.1	1185	20.7
1185	37.2	1140	12.6	1230	17.7	1230	21
1230	37.7	1185	12	1290	17.5	1290	19.9
1290	38.3	1230	11.6	1380	17.4	1380	21
1380	37.8	1290	11.1				
		1380	10.1				

ตาราง ง7 โพรไฟล์สีเอทีเอ็มไอในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
5	1000	5	380	5	522	5	410
30	935	15	372	15	526	15	459
45	891	30	377	35	523	35	480
60	844	45	368	60	516	60	503
90	758	60	364	90	508	90	499
120	754	90	351	120	503	120	516
180	736	120	350	180	488	180	526
240	735	180	323	250	457	250	501
360	713	240	309	360	442	360	479
480	696	360	312	480	422	480	461
600	683	480	307	1080	340	1080	389
1080	630	600	271	1085	350	1085	399
1085	642	1080	223	1095	352	1095	421
1095	657	1085	243	1115	353	1115	428
1115	654	1095	245	1140	356	1140	451
1140	652	1115	241	1185	354	1185	451
1185	645	1140	237	1230	351	1230	461
1230	651	1185	224	1290	345	1290	441
1290	662	1230	217	1380	342	1380	464
1380	647	1290	207				
		1380	181				

สถาบันส่งเสริมบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ง8 โพรไฟล์ฟอสฟอรัสละลายน้ำในช่วงสถานะคงตัวที่ความเข้มข้น 20 มก./ล.

เวลา (นาที)	สี 1	เวลา (นาที)	สี 2	เวลา (นาที)	สี 3	เวลา (นาที)	สี 4
5	10.6	5	12.4	5	10.8	5	8.7
15	12.15	15	12.2	15	11	15	9.8
30	12.9	30	12.2	35	10.9	35	10.7
60	14.5	45	12.3	60	11.3	60	12.4
90	16.9	60	12.2	90	10.6	90	13.2
120	18.6	120	13	120	10.4	120	15.5
360	21.2	180	13.1	180	10.8	180	16.4
480	21.5	360	12.1	250	10	250	17
600	23	600	12.4	360	10.3	360	17.6
1080	24.5	1080	13.1	480	9.6	480	17.6
1085	23.9	1085	12.8	1080	9.1	1080	18
1095	20.6	1095	11.6	1095	7	1085	16.7
1115	18.3	1115	11.8	1115	8.6	1095	13.9
1140	14	1140	10.6	1140	8.6	1115	9.4
1185	11	1185	9.8	1185	8	1140	7.3
1230	9.9	1230	9.2	1230	8.6	1185	5.7
1290	5.7	1290	8.8	1290	8	1230	4.4
1380	4.3	1380	8.6	1380	7.4	1290	3
						1380	2.5

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก จ

## บันทึกการทดลองของผู้วิจัย

1 ม.ค. 40

เมื่อผู้วิจัยทราบว่าจะทำวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์ จึงขอใช้ชุดถังปฏิกิริยาของจินตนา เป็นสุวรรณ (นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของอาจารย์ธงชัยและทำการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยระบบเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก) ซึ่งกำลังจะหยุดทำการทดลอง โดยทำการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในถังต่อตามสูตรอาหารของจินตนา โดยกำหนดเป็น Feed 0.05 h. + Ana. 20 h. + Aer. 2 h. + Set. 1.50 h. + drain 0.05 h. ทำการเตรียมน้ำเสียจากถังเดียวกันผสมสีจำนวนหนึ่ง แล้วป้อนเข้าถังปฏิกิริยาทั้ง 4 ถัง โดยการปั๊มไปไว้ที่ถังเตรียม feed ของแต่ละชุด สำหรับช่วงแรกนี้ทำการเปลี่ยนน้ำเสียทุก 3-4 วัน

2 ม.ค. -31 พ.ค. 40

หาข้อมูลและบทความต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสีโดยใช้ระบบทางชีวภาพ เพื่อนำมาใช้ในการเขียนโครงร่างวิทยานิพนธ์ ศึกษาการทำงานของระบบเอสบีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก และทำการหาข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นเพื่อใช้ในการเลือกสีที่จะใช้ในการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำเสียที่เตรียมไว้เพื่อรอป้อนเข้าถังปฏิกิริยา เมื่อทิ้งไว้ถึง 3-4 วัน จะเกิดการลดลงของสีในถังมากพอควร โดยพบว่าสีจะหายไปได้เร็ว ถ้าเกิดตะกอนสีดำที่ก้นถัง และเมื่อนำตะกอนดังกล่าวไปส่องกล้องจุลทรรศน์โคชัวจำนวนมาก ทั้งที่ก่อนเตรียมน้ำเสียผู้วิจัยก็ทำการขัดถังก่อนทุกครั้งแต่ไม่ได้ล้างหัวกรองและสายพลาสติกสำหรับดูดน้ำเสียเข้าถังรอ feed เข้าใจว่าระบบชีวภาพดังกล่าวเกิดขึ้นได้จากหัวกรองและสายพลาสติกซึ่งน่าจะมีแบคทีเรียเริ่มต้นอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อได้รับน้ำเสียที่มีอาหารอยู่สมบูรณ์จึงเกิดการเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และทำการเปลี่ยนระบบเป็น Feed 0.05 h. + Ana. 17 h. + Aer. 4 h. + Anx. 1 h. + Set. 1.51 h. + drain 0.05 h. โดยยังทำการเปลี่ยนน้ำเสียที่เตรียมไว้ทุก 3 วันเหมือนเดิม แต่เปลี่ยนเป็นสีเฉพาะของแต่ละถังปฏิกิริยา และการวัดสีใช้วิธีการหาค่าแอมป์ซ็อบแมนซ์ ที่  $\lambda$  เท่ากับ 400, 500, 600 และ 700 นาโนเมตร แล้วนำมาคำนวณเป็นพื้นที่ใต้กราฟออกมาในหน่วย SU

4 มิ.ย. 40

นำตัวอย่างน้ำจากการลอกแป้งของบริษัทยูเนียนเท็กซ์ไทล์ มาหาปริมาณกลูโคสด้วยวิธีดีเอ็นเอส (ได้รับคำแนะนำจาก อ.ชาญวิทย์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) พบว่ามีกลูโคสในระดับประมาณ 1000 มก./ล. แต่เมื่อทดลองใช้ Gluco Test ซึ่งเป็นแถบวัดน้ำตาลในปัสสาวะของทางการแพทย์ กลับพบว่าน่าจะมียกลูโคสไม่เกิน 500 มก./ล.

5 มิ.ย. 40

ทดลองหาปริมาณไนเตรดในน้ำเสียที่มีสีในช่วงท้ายแอนน็อกซิกโดยเครื่อง merck พบว่าสีกวนการวัดไนเตรดทำให้ได้ค่าที่ไม่น่าจะถูกต้อง เนื่องจากวัดไนเตรดออกมาได้ในช่วง 7-12 มก./ล. โดยเมื่อผ่านกระบวนการแอนน็อกซิกในเวลาที่มากขึ้นกลับวัดไนเตรดได้ในปริมาณที่มีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นเรื่อยๆ

16 มิ.ย. 40

ทำการลดเวลาที่ใช้ในช่วง settle จาก 1.51 h. เหลือเพียง 52 นาที แล้วไปเพิ่มเวลาในช่วงแอโรบิกเป็น 5 ชั่วโมง พบปัญหาในการใช้เครื่องมือวัดดีโอซึ่งเป็นแบบใช้เมมเบรน จากการทดลองขณะที่ทำการวัดค่าดีโอเพื่อทำโปรไฟล์ซึ่งจะแช่โพรบไว้ตั้งแต่เริ่มป้อนน้ำเสียเข้า พออ่านค่าได้ค่าต่ำสุดแล้วประมาณ 0.02 มก./ล. เมื่อยกโพรบขึ้นเหนือน้ำแล้วลองจุ่มลงไปอีกครั้ง ต้องใช้เวลาประมาณ 10-15 นาทีกว่าค่าที่อ่านได้จะลดลงจนเท่าเดิม แต่ถ้าทำการล้างโพรบให้สะอาดแล้วจุ่มลงไปวัดใหม่ จะต้องใช้เวลานานกว่านี้มาก ถึงจะอ่านค่าได้เท่าเดิม นอกจากนี้ในช่วงแอโรบิก ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หัวฟูแบบที่ใช้ในตู้ปลาเป็นตัวกระจายฟองอากาศ จากการทดลองเมื่อแช่โพรบไว้อ่านค่าได้ 2.75 เมื่อทำการกววนโพรบไปรอบถังอ่านค่าได้ 2.10 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟองอากาศไปค้างอยู่ที่หน้าสัมผัสของเมมเบรน สำหรับงานวิจัยนี้ในช่วงโปรไฟล์จะใช้วิธีจุ่มโพรบแช่ไว้ ส่วนการวัดช่วงท้ายแอโรบิกจะทำการกววนโพรบไปรอบๆถังแล้วค่อยอ่านค่า

24 มิ.ย. 40

ทดลองทำการวัดไนเตรดด้วยเครื่อง merck อีกครั้ง แต่ใช้ blank ที่มีสีปนอยู่ด้วย แต่ก็ยังไม่สามารถวัดได้ค่าที่ถูกต้องเหมือนเดิม

13 ก.ค. 40

เริ่มทำการวัดถึงในช่วงท้ายแอนน็อกซิก ทำให้ได้ผลค่าสีต่างจากวันก่อนๆ และเริ่มเปลี่ยนการวัดสีจากการที่วัดเฉพาะค่า  $\lambda$  ทุก 100 นาโนเมตร เป็นการสแกนทุก 1 นาโนเมตร แทน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องกว่า นอกจากนี้ยังพบปัญหาในการวัดพีเอช เมื่อผู้วิจัยนำตัวอย่างน้ำเสียปนเซลล์จุลชีพมาจากถังปฏิบัติการในช่วงท้ายแอนแอโรบิกแล้วทำการวัดค่าพีเอชทันทีโดยทำการกวาดโพรมิเตอร์พีเอชไปรอบ ๆ ภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำ จะได้ค่าพีเอชประมาณ 7.2-7.4 (ผลที่อ่านได้ข้างต้นนั้นเป็นค่าที่อ่านในช่วงต้น ๆ ของการวัด ซึ่งเมื่อทำการกวาดโพรมิเตอร์ไปค่าพีเอชที่อ่านได้จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ) เมื่อตั้งตัวอย่างน้ำทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วทำการวัดพีเอชอีกครั้งจะได้ค่าถึง 7.8-8.0 หรือแม้แต่การนำตัวอย่างน้ำเสียไปกรองเอาเซลล์ออกก็จะได้ค่าพีเอชสูงขึ้นในระดับนี้เช่นเดียวกัน

6 ส.ค. 40

ทดลองวัดค่า COD ที่ได้จากการเติมสี 100 มก./ล. พบว่าได้ค่าเท่ากับ 49, 96, 73 และ 42 มก./ล. เรียงตามสี 1, สี 2, สี 3 และสี 4 ตามลำดับ แต่ทางผู้วิจัยเองก็ยังไม่แน่ใจนักกับตัวเลขนี้ เนื่องจากฝีมือในการวัดสีโอติซของผู้วิจัยเองในช่วงแรกๆ ยังไม่ค่อยแม่นยำเท่าใดนัก

16 ส.ค. 40

เริ่มพบว่าวิธีการวัดสีที่ผ่านๆ มาใช้หลอดไฟที่เป็น source light ในเครื่องมือ ที่ใช้มาตลอดเป็น D2 lamp ที่ใช้วัดในช่วง  $\lambda$  ต่ำกว่า 400 นาโนเมตร ซึ่งจริงๆ การวัดในช่วง 400-700 นาโนเมตรต้องใช้ Tungsten lamp ส่งผลให้ค่าสีที่วัดได้ก่อนหน้านี้นั้นผิดไปจากความจริงประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์

20 ส.ค. 40

ทดลองทำการวัด TOC ของตัวอย่างน้ำเสียในช่วงเริ่มเติมอากาศ พบว่าการ fix ตัวอย่างน้ำโดยการเติมกรด HCl 1 ml. ต่อตัวอย่างน้ำ 17 ml. ทำให้วัดค่า TOC ออกมาได้ค่าสูงกว่าตัวอย่างน้ำที่ไม่ได้เติมกรดประมาณ 20 -26 มก./ล. (จากค่าที่วัดได้เมื่อไม่มีการเติมกรด 10 - 20 มก./ล.)

18 ก.ย. 40

เริ่มทำการเก็บผลการทดลองเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในช่วงสถานะคงตัว เนื่องจากฝีมือในการวัดค่าต่างๆของผู้วิจัยเริ่มจะค่อนข้างคงที่ (ก่อนหน้านี้อาจารย์เองวัดผลในบางพารามิเตอร์ออกมาโดยรู้ตัวว่ายังมีความผิดพลาดในการวิเคราะห์หรืออยู่บ้าง จากผลที่แตกต่างกันมากในบางวัน ซึ่งถือเป็นช่วงที่ลองผิดลองถูก แต่บางพารามิเตอร์ก็เชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง)

25 ก.ย. 40

หยุดทำการทดลองในชุดสีความเข้ม 100 มก./ล. เนื่องจากบิดาของผู้วิจัยเสียชีวิต

15 ธ.ค. 40 - 15 ก.พ. 41

เริ่มทำการเลี้ยงเชื้อใหม่อีกครั้งโดยใช้สีความเข้ม 20 มก./ล. โดยเดินระบบเป็น Ana. 17 h. + Aer 5 h. + Anx. 1 h. ทำการทดลองวัดพารามิเตอร์ต่างๆ

16 ก.พ. 41 - 3 เม.ย. 41

เริ่มเปลี่ยนระบบเป็น Ana. 18 h. + Aer 5 h. โดยตัดส่วนแอนน็อกซิกทิ้ง แล้วทำการเก็บผลต่างๆ รวมทั้งผลในช่วงสถานะคงตัว โดยประมาณวันที่ 13 เม.ย. ผู้วิจัยเริ่มทำการขัดถังปฏิบัติการทุกวันด้วยแปรงในช่วงเริ่มมีอนน้ำเสียเข้าระบบฯ ส่งผลให้ค่าเอสเอสของน้ำทิ้งมีแนวโน้มที่สูงขึ้นเรื่อยๆ และประมาณวันที่ 18 เม.ย. ผู้วิจัยพบว่าในถังของสี 4 ซึ่งมีการกำจัดฟอสฟอรัสได้ดี กลับมีค่าเอ็มแอลเอสเอสต่ำลงเรื่อยๆ ผู้วิจัยจึงทำการขัดถังให้ฟล็อกที่ติดอยู่ตามมุมของกันถังปฏิบัติการได้กระจายอย่างทั่วถึงกัน (การที่สลัดจ์กระจายไม่สม่ำเสมอทำให้การนำสลัดจ์ส่วนเกินทิ้งไม่ได้สัดส่วนตามที่ต้องการ) ดังนั้นผลของเอ็มแอลเอสเอสในวันนี้เพิ่มขึ้นทันทีทันใด

4 เม.ย. 41 - 28 เม.ย. 41

ทำการเก็บผลโพไฟล์ของพารามิเตอร์ต่างๆ พบปัญหาในการวัดโออาร์พิดล้ายกับการวัดค่าดีไอ กล่าวคือเมื่อจุ่มโพรบเข้าทำโพไฟล์ในช่วงแอนแอโรบิกไปนานๆ (7-8 ชั่วโมง) ค่าโออาร์พิดที่อ่านได้ค่อนข้างคงที่แล้ว เมื่อทดลองยกโพรบขึ้นมาล้างและจุ่มลงไปวัดใหม่ ค่าที่อ่านได้จะมีค่าสูงขึ้นประมาณ 60-100 mV. เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมงก็ยังไม่สามารถอ่านค่าที่ระดับเดิม



ได้ ค่าที่อ่านได้จะยังคงสูงกว่าก่อนยกโพรบขึ้นมาล่างประมาณ 10-50 mV. ในงานวิจัยนี้ การวัดค่าโออาร์พีในการเก็บผลช่วงสถานะคงตัว จะใช้วิธีการจุ่มโพรบลงไปวัดในถังปฏิกิริยา รอจนกระทั่งค่าที่อ่านได้ค่อนข้างคงที่จึงจดบันทึกผล ซึ่งใช้เวลาโดยประมาณ 5 นาที

7 พ.ศ. 41 -10 พ.ศ. 41

ทำการทดลองแบบแบตช์ในชุดผลของสภาวะที่ต่างกัน

12 พ.ศ. 41 - 16 พ.ศ. 41

ทำการทดลองแบบแบตช์ในชุดผลของจุลชีพที่มีชีวิตกับไม่มีชีวิต

18 พ.ศ. 41 - 21 พ.ศ. 41

ทำการทดลองแบบแบตช์ในชุดผลของอุณหภูมิต่างกัน

26 พ.ศ. 41 - 29 พ.ศ. 41

ทำการทดลองแบบแบตช์ในชุดผลของไนโตรเจน

2 มิ.ย. 41 - 5 มิ.ย. 41

ทำการทดลองแบบแบตช์ในชุดผลของซัลเฟต

ศูนย์บริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาคผนวก ฉ**

**ข้อมูลดิบของชุดการทดลองความเข้มข้น 100 มก./ล.**

**ข้อมูลดิบของพารามิเตอร์ที่เก็บผลรายวันที่ได้จากการทดลองทั้งหมดของชุดการทดลองความเข้มข้น 100 มก./ล.แสดงในตาราง ฉ-1 ถึง ฉ-12 ดังต่อไปนี้**



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข1 ค่าดีไอทีความเข้มข้น 100 มก./ล.

DO	7-Jun	8-Jun	3-Jul	23-Jul	25-Sep
Inf.1	0.28				
Inf.2	0.4				
Inf.3	0.38				
Inf.4	0.57				
Ana.1		0.1	0.14		
Ana.2			0.13		
Ana.3	0.15				
Ana.4	0.13				
Aer.1	6.7	6.2	5.88	6.08	6.66
Aer.2	6.52		6.03	6.48	6.47
Aer.3			6.36		6.52
Aer.4			6.37		6.78
Anx.1		0.06	0.23		0.23
Anx.2			0.31		0.15
Anx.3			0.24		0.18
Anx.4			0.19		0.14
Eff.1	0.68	0.04			
Eff.2	0.33				
Eff.3					
Eff.4					

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข2 ค่าที่เอชทีความเข้มข้น 100 มก./ล.

pH	7-Jun	8-Jun	11-Jun	12-Jun	14-Jun	3-Jul	13-Jul	17-Jul	21-Jul	23-Jul	17-Aug	29-Aug	4-Sep	15-Sep	16-Sep
Inf.1	7.22	7.97		6.8	6.88		7.07	6.97	6.81	7.1	6.94		7.37	6.63	
Inf.2	7.31	8.07		6.96	6.75		7.06	7.03	6.82	7.13	6.85		7.45	6.61	
Inf.3			7.4	6.79	6.8		7.09	6.97	6.83				7.43	6.62	
Inf.4			7.6	6.78	6.75		7.04	7	6.81				7.43	6.61	
Ana.1		7.87		8.06		8.08	7.89	7.84	7.78	7.72					7.07
Ana.2		7.93		8.11		8.24	7.81	7.69	7.85	7.6					7.29
Ana.3				8.15		8.05	7.8	7.85	7.8						7.41
Ana.4				8.25		8.07	7.9	7.71	7.9						7.38
Aer.1		8.57		8.31	8.33	8.47	8.51		8.53	8.5					8.44
Aer.2		8.61		8.52		8.5	8.51		8.43	8.45					8.44
Aer.3				8.54		8.59	8.67		8.67						8.48
Aer.4				8.51		8.57	8.62		8.63						8.47
Anx.1		8.46		8.22		8.39	8.44	8.39		8.37				8.3	8.35
Anx.2		8.5		8.35		8.4	8.3	8.35		8.32				8.2	8.24
Anx.3				8.46		8.49	8.51	8.54						8.35	8.39
Anx.4				8.44		8.47	8.49	8.51						8.3	8.34
Eff.1	8.53			8.1						8.39		8.47	8.43		
Eff.2	8.4			8.28						8.29		8.48	8.36		
Eff.3				8.4								8.5	8.51		
Eff.4				8.38								8.43	8.45		

ตาราง ข3 ค่าสภาพต่างที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

Alk.	14-Jun	16-Aug	17-Aug	28-Aug	29-Aug	4-Sep	15-Sep	16-Sep
Inf.1	550	657	680	650		675	630	
Inf.2		662	680	660		681	643	
Inf.3		647		660		679	624	
Inf.4		662		661		670	630	
Ana.1								682
Ana.2								731
Ana.3								707
Ana.4								722
Aer.1								643
Aer.2								746
Aer.3								691
Aer.4								729
Anx.1	758						707	675
Anx.2							759	759
Anx.3							706	688
Anx.4							746	725
Eff.1					751	737		
Eff.2					805	828		
Eff.3					760	760		
Eff.4					783	783		

ตาราง ๑4 ค่าไออาร์พีที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

ORP	7-Jun	8-Jun	3-Jul	23-Jul
Inf.1	-215			
Inf.2	-210			
Inf.3	-278			
Inf.4	-226			
Ana.1		-421	-324	-307
Ana.2			-307	-341
Ana.3	-164		-310	
Ana.4	-272			
Aer.1	-47	0	27	14
Aer.2	-27		28	-5
Aer.3			36	
Aer.4			33	
Anx.1		-128	-87	
Anx.2			-75	
Anx.3			-57	
Anx.4			-50	
Eff.1	3	-1		
Eff.2	-32			
Eff.3				
Eff.4				



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข5 ค่าเอ็มแอลเอสเอส, %VSS/TSS, เอสเอส และ SV30 ที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

	3-Jul	13-Jul	23-Jul	4-Sep	8-Sep	15-Sep	16-Sep	18-Sep	25-Sep
MLSS1	2032	1950	1805	2668	1542	1501	1797	1757	
MLSS2	1660	1935	1985	2332	1719	1708	1890	1744	
MLSS3	1915	1970		2022		1747		1536	
MLSS4	1975	2075		2487		1315		994	
%VSS/TSS 1				94.5	96.5	98		96.7	
%VSS/TSS 2				95.1	96.7	97		96	
%VSS/TSS 3				94.2		95.9		95.3	
%VSS/TSS 4				95.1		95.5		98.9	
SS1									
SS2									
SS3									
SS4									
SV1				70		40	40	35	35
SV2				95		85	85	75	80
SV3				110		70	55	55	90
SV4				110		50	55	25	90

ตาราง ๑6 ค่าซีไอดีที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

COD	7-Jun	8-Jun	3-Jul	13-Jul	17-Jul	23-Jul	4-Sep	16-Sep	18-Sep
Inf.1	397	293		1205	1227	1072	1093	1143	1114
Inf.2	491	335		1253	1169	1103	1171	1021	1179
Inf.3				1253	1160		1073	990	1183
Inf.4				1205	1310		1093	1017	1094
Ana.1		82	99	16	80	85			
Ana.2		109	99	193	99	120			
Ana.3			116	90	91				
Ana.4			72	66	68				
Aer.1		97	82	53	74	81			
Aer.2		132	100	122	131	120			
Aer.3			91	201	103				
Aer.4			75	120	69				
Anx.1		82	64	35	82	75		87	104
Anx.2		89	72	183	101	113		118	127
Anx.3			84	141	87			103	114
Anx.4			52	125	75			88	90
Eff.1	72					77	74		
Eff.2	87					115	115		
Eff.3							96		
Eff.4							70		



ตาราง ๗ ค่าบีโอดีที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

BOD	26-Jun	12-Aug	4-Sep	15-Sep	16-Sep
Inf.1		700	760	650	
Inf.2		767	703	580	
Inf.3		760	746	600	
Inf.4			800	750	
Ana.1	60				2.43
Ana.2					1.44
Ana.3					2.65
Ana.4					1.28
Aer.1					1.87
Aer.2					1.41
Aer.3					3.11
Aer.4					1
Anx.1				0.81	
Anx.2				0.52	1.54
Anx.3				2.67	2.72
Anx.4				0.75	1.85
Eff.1		6.7	2		
Eff.2			0.3		
Eff.3			0.5		
Eff.4			0.6		

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข8 ค่าที่ไอซีที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

TOC	17-Jul	23-Jul	20-Aug	25-Sep
Inf.1	387	381		
Inf.2	408	404		
Inf.3	409			
Inf.4	407			
Ana.1	9	4.5	19.8	
Ana.2	16.6	15.3	10.9	
Ana.3	12.8		13.1	
Ana.4	7.1		1.3	
Aer.1	6.3	5.4		27.5
Aer.2	16.7	17.3		45.3
Aer.3	11.7			39.2
Aer.4	6.6			25.1
Anx.1	4.1	11.9		
Anx.2	10.9	15.6		
Anx.3	9			
Anx.4	3.4			
Eff.1		4.8		
Eff.2		11.7		
Eff.3				
Eff.4				



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ๑9 ค่าที่เคเอ็นที่ความเข้มสี 100 มก./ล.

TKN	3-Jul	23-Jul	5-Sep	7-Sep	9-Sep	10-Sep	16-Sep	17-Sep	18-Sep
Inf.1		50.7	48.9	50		51.6		55.4	54.3
Inf.2		52.1	52.4	46.3		49.4			54.1
Inf.3			51.4	49.5		51		54.9	50.9
Inf.4				52.1		51.5			53.5
Ana.1	13.9	8.1						18.5	
Ana.2	17							17.7	
Ana.3	16								
Ana.4	15.1							18.8	
Aer.1		2.6	0.87	4.6				3.7	
Aer.2		10.4	10	12.3				12.9	
Aer.3			0.87	4.05				3.7	
Aer.4			6.8	2.55				25.8	
Anx.1		2					9.7	10.3	
Anx.2		10.1					13.5	8.5	13.5
Anx.3									5.9
Anx.4							9.6	4.4	10.8
Eff.1		2							
Eff.2		10.7							
Eff.3					5.81	5.9			
Eff.4					7.8	7.7			

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ๑10 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้น 100 มก./ล.

SU	7-Jun	8-Jun	11-Jun	12-Jun	3-Jul	13-Jul	17-Jul	21-Jul	23-Jul	21-Aug	25-Aug	4-Sep
Inf.1	292	219		570		466	445	455	495		460	439
Inf.2	139	131		142		140	144	146	154			144
Inf.3			92	143		219	217	217				214
Inf.4			171	233		272	264	263				264
Ana.1		81.7		130	195	196	200	194	203			
Ana.2		72		49	87	140	94	98	105			
Ana.3				94	124	130	141	130				
Ana.4				222	237	243	254	240				
Aer.1		84		131	179	185		189	208			
Aer.2		48		62	73	162		96	109			
Aer.3				94	120	127		124				
Aer.4				220	239	241		230				
Anx.1		80		129	176	182	192		201			
Anx.2		41		36	58	132	80		118			
Anx.3				100	119	126	129					
Anx.4				212	250	239	238					
Eff.1	95			130					205	156		147
Eff.2	54			37					99	113		113
Eff.3				99						168		194
Eff.4				206						243		247

ตาราง ข11 ค่าฟอสฟอรัสละลายที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

SP	3-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	5-Sep	7-Sep	15-Sep
Inf.1		14.3	15.8	16.2	15.2	15.9	15
Inf.2		12.4	15.5	16.7	15.8	16	15.3
Inf.3		22.5	15.1		16.5	17.1	16.3
Inf.4		15.54	15.4		11.5	15.7	14.2
Ana.1	11.7	13.7		12.3			
Ana.2	11.6	14.7		13.5			
Ana.3	12.4	15.4					
Ana.4	7.8	14.3					
Aer.1		9.7		9.6	9.4	8.7	
Aer.2		10.5		33.3	8.9	8.9	
Aer.3		8.9			8.5	8.5	
Aer.4		11.7			9.2	8.9	
Anx.1				9.5			
Anx.2				8.3			9.63
Anx.3							9.3
Anx.4							9.3
Eff.1				9.7			
Eff.2				9.6			
Eff.3							
Eff.4							

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข12 ค่าวีเอฟเอที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

VFA	16-Aug	17-Aug	29-Aug	4-Sep	15-Sep	16-Sep
Inf.1	238	280		201	116	
Inf.2	228	283		222	136	
Inf.3	233			184	119	
Inf.4	243			225	131	
Ana.1						22.8
Ana.2						20.6
Ana.3						22.1
Ana.4						20.2
Aer.1						22.4
Aer.2						22.4
Aer.3						24.4
Aer.4						21.6
Anx.1					22.2	20.7
Anx.2					20.5	20.5
Anx.3					22.2	21.1
Anx.4					20.7	20.1
Eff.1				39		
Eff.2				42		
Eff.3			21			
Eff.4			20	50		

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

### ข้อมูลดิบของชุดการทดลองแบบแบดซ์

ข้อมูลดิบของค่าซีไอทีและค่าอีเอสยูสำหรับชุดการทดลองแบบแบดซ์ แสดงในตาราง ข-1 ถึง ข-5 ดังต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข1 การทดลองแบบแบตช์ชุดผลของไนเตรต

	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
5 min.	207	194	200	183	59.1	16.0	21.9	29.0
	195	184	182	182	62.0	17.3	21.9	29.2
	187	176	167	167	63.0	17.6	21.9	29.4
10 h.	131	131	106	106	52.9	13.0	20.4	26.9
	118	129	102	108	54.7	15.8	20.2	27.1
	114	104	102	101	55.3	16.0	19.9	27.5
จุด C 24 h.	76	80	62	81	42.7	10.6	18.1	17.2
	68	79	61	76	42.9	13.9	17.8	17.2
	44	71	51	89	43.1	14.0	17.3	18.0
48 h.	51	48	48	24	38.7	6.9	11.7	14.9
	56	60	61	31	38.7	9.4	11.7	15.4
	58	64	62	39	38.4	10.1	11.0	15.6
72 h.	49	42	78	37	33.6	9.7	6.8	13.5
	57	61	76	31	33.6	9.4	7.5	14.9
	59	108	68	28	36.1	9.3	8.1	15.0
5 min.	182	158	144	150	63.8	16.6	22.2	30.8
	173	164	134	148	64.1	17.5	22.5	30.7
	169	166	133	144	64.3	17.6	22.6	30.4
10 h.	98	82	74	73	60.8	14.2	19.8	27.7
	96	80	73	51	61.7	15.3	20.3	27.9
	94	80	41	49	62.1	15.6	20.6	28.3
จุด N5 24 h.	55	40	39	24	55.8	11.6	15.6	25.5
	56	42	39	37	57.2	13.2	15.8	25.6
	57	55	46	41	59.9	14.0	16.4	25.9
48 h.	55	39	35	23	54.0	13.3	12.6	22.2
	57	43	39	25	56.1	12.4	12.0	22.9
	61	48	46	31	57.3	11.9	11.4	23.0
72 h.	52	38	45	24	52.9	10.2	10.7	22.4
	53	44	45	26	55.8	10.3	10.9	23.1
	54	47	45	27	55.9	11.7	11.3	24.7



	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
5 min.	183	164	146	148	63.7	17.2	22.4	30.6
	183	166	150	156	64.0	17.7	22.6	30.6
	177	166	156	158	64.2	17.8	22.8	30.7
10 h.	135	69	65	73	61.7	15.3	19.3	28.7
	114	83	67	79	62.9	15.8	20.2	28.8
	106	100	78	84	63.4	16.4	20.5	29.1
จุด N10 24 h.	56	45	50	50	60.0	14.4	17.2	27.2
	77	46	50	57	60.7	15.5	17.7	27.7
	79	59	60	63	62.0	15.6	17.9	27.8
48 h.	53	39	50	43	57.2	12.7	14.3	25.8
	62	47	55	47	57.6	12.5	13.9	25.7
	65	49	57	48	57.7	9.9	13.6	25.3
72 h.	61	22	46	38	53.9	8.8	11.4	25.3
	62	38	54	50	54.5	8.9	12.0	25.8
	68	45	59	54	54.8	11.0	13.6	25.8

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข2 การทดลองแบบแบตช์ชุดผลของซิลเฟต

		COD				SU			
		ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
ชุด C	5 min.	191	181	181	166	60.0	18.3	22.6	30.7
		193	185	184	166	62.6	18.6	22.6	30.9
		196	186	185	166	63.1	19.5	23.1	31.3
	24 h.	129	92	82	88	42.8	15.9	17.3	19.0
		130	103	83	130	45.0	16.8	17.4	19.9
		160	115	88	149	45.8	17.4	17.4	20.7
	48 h.	78	54	57	53	37.8	10.3	10.0	14.2
		92	71	69	69	39.1	11.1	10.8	15.6
		96	78	143	90	39.8	11.4	12.7	15.9
	72 h.	61	76	76	51	31.8	4.4	4.5	10.2
		67	81	81	61	34.0	7.2	4.9	10.9
		80	143	84	116	35.7	8.4	5.2	11.0
ชุด S5	5 min.	191	181	181	166	60.0	18.3	22.6	30.7
		193	185	184	166	62.6	18.6	22.6	30.9
		196	186	185	166	63.1	19.5	23.1	31.3
	24 h.	103	79	74	80	43.8	15.7	16.8	20.7
		110	95	76	86	45.7	16.2	17.1	23.2
		139	110	80	90	46.0	16.5	17.5	23.6
	48 h.	59	51	51	46	38.4	11.2	12.0	15.8
		65	65	53	48	40.2	12.2	12.1	15.9
		128	130	122	106	40.4	12.8	14.9	16.5
	72 h.	56	60	65	47	34.7	7.0	4.1	11.1
		61	69	70	50	34.8	8.9	4.2	11.1
		67	128	73	62	36.0	9.1	4.9	11.8
ชุด S10	5 min.	191	181	181	166	60.0	18.3	22.6	30.7
		193	185	184	166	62.6	18.6	22.6	30.9
		196	186	185	166	63.1	19.5	23.1	31.3
	24 h.	90	79	67	57	44.6	15.9	17.5	24.9
		104	86	73	61	46.6	16.0	17.8	25.3
		132	88	74	67	48.0	16.6	18.7	25.7

	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
48 h.	57	46	48	46	37.9	11.4	9.0	15.3
	60	52	49	50	40.2	12.0	9.6	16.2
	124	58	74	106	40.4	13.3	11.7	18.0
72 h.	64	60	82	51	31.2	8.1	4.6	12.4
	70	68	90	51	34.9	9.0	4.9	12.4
	143	136	143	51	35.7	9.8	7.7	13.2



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข3 การทดลองแบบแบตเตอรี่ชุดผลของสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน

	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
5 min.	195	178	175	157	61.4	17.5	20.8	15.2
	203	185	177	168	64.1	17.6	22.5	15.6
	208	189	180	171	64.9	20.3	22.6	15.9
12 h.	158	119	113	113	60.3	17.2	24.5	17.0
	178	125	114	121	61.4	17.3	24.6	17.1
	182	162	119	122	62.4	20.1	24.8	17.5
จุด DR 24 h.	154	121	103	90	58.0	16.8	24.8	17.7
	170	128	128	103	61.0	17.4	24.9	17.7
	184	145	131	95	63.3	18.9	25.1	18.1
48 h.	144	110	123	96	59.8	16.8	23.1	16.0
	150	117	125	107	61.2	17.2	23.2	16.3
	167	137	129	123	61.8	20.5	23.2	17.7
72 h.	151	142	109	112	57.1	16.4	23.6	15.7
	158	144	111	118	60.6	17.2	23.8	16.3
	175	149	130	119	60.7	18.0	26.2	17.2
5 min.	195	178	175	157	61.4	17.5	20.8	15.2
	203	185	177	168	64.1	17.6	22.5	15.6
	208	189	180	171	64.9	20.3	22.6	15.9
12 h.	128	103	89	59	54.1	16.3	21.9	15.9
	140	105	91	80	58.0	16.3	23.5	17.1
	149	110	92	99	58.3	17.6	25.6	17.5
จุด RC 24 h.	69	72	48	54	45.1	16.0	20.5	12.6
	77	73	52	66	47.7	16.7	20.6	13.3
	87	81	65	70	51.0	17.1	21.4	13.3
48 h.	63	72	41	39	36.0	10.7	12.3	11.3
	68	77	45	57	37.2	10.9	13.3	11.7
	69	104	77	80	37.3	11.0	13.9	11.8
72 h.	67	49	29	20	33.1	8.2	6.4	9.6
	70	62	32	21	33.5	9.9	6.9	10.3
	75	64	48	29	34.5	10.9	7.0	11.7

	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
5 min.	195	178	175	157	61.4	17.5	20.8	15.2
	203	185	177	168	64.1	17.6	22.5	15.6
	208	189	180	171	64.9	20.3	22.6	15.9
12 h.	114	91	73	92	48.9	16.1	14.3	10.4
	124	93	74	102	51.4	16.2	14.6	10.6
	126	108	78	104	54.3	17.7	16.8	11.1
๒๓ OE 24 h.	81	67	53	69	31.4	12.4	2.4	7.2
	89	71	65	75	35.8	14.2	2.6	8
	90	79	70	96	42.1	15.3	3.4	9.4
48 h.	78	74	60	51	17.4	5.6	0.1	6.3
	87	77	66	56	19.2	7.2	0.7	6.7
	126	101	105	60	20.0	7.6	0.8	7.0
72 h.	87	106	75	63	14.4	5.1	1.0	4.8
	112	109	86	68	14.6	6.7	1.3	5.3
	116	111	117	73	14.8	6.9	1.8	5.4

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข4 การทดลองแบบแบตเตอรี่ชุดเปรียบเทียบผลของจุลินทรีย์ที่มีชีวิตกับไม่มีชีวิต

		COD				SU			
		ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
ชุด C	5 min.	178	162	155	144	59.6	20.6	22.4	25.7
		187	170	160	155	66.6	21.3	23.9	26.0
		191	170	164	158	67.2	22.1	26.5	29.5
	24 h.	90	79	56	74	41.8	12.5	4.0	8.5
		96	89	69	74	41.9	13.4	4.3	8.6
		100	89	71	110	43.6	13.6	6.2	8.9
	48 h.	66	62	44	36	18.4	8.9	1.9	7.0
		82	86	51	42	18.8	10.0	2.3	7.2
		99	117	79	59	19.8	1.0	2.5	9.0
	72 h.	100	92	62	69	14.2	5.0	2.1	5.9
		101	95	64	77	14.6	6.5	2.2	6.3
		133	100	81	89	15.7	8.4	2.7	6.4
ชุด F/St	5 min.	175	162	159	150	53.5	16.2	21.9	22.4
		179	164	159	153	59.0	16.9	23.3	23.2
		195	175	171	155	59.2	18.3	23.4	26.5
	24 h.	182	160	152	152	49.4	13.4	23.3	14.6
		182	163	158	156	50.8	13.8	23.5	15.7
		183	180	155	159	54.4	15.5	24.6	15.9
	48 h.	190	183	152	156	41.5	13.0	20.4	11.8
		193	186	160	163	46.0	13.8	22.8	12.0
		195	190	169	166	46.0	17.2	24.9	12.5
	72 h.	189	180	168	168	36.0	14.9	14.3	9.1
		196	182	170	170	41.3	14.3	17.7	9.7
		200	194	172	183	42.5	9.0	17.1	8.8
ชุด St	5 min.	398	306	329	317	44.8	24.9	17.1	29.9
		428	343	362	317	52.5	25.1	17.7	31.0
		455	409	393	321	53.4	25.4	20.5	31.4
	24 h.	421	433	345	402	36.0	18.0	14.0	26.0
		439	460	360	439	36.3	18.7	14.5	27.3
		463	464	372	445	37.0	20.7	18.7	27.6

	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
48 h.	482	512	404	423	25.5	11.2	6.1	18.9
	549	516	495	433	26.0	12.5	7.6	20.2
	550	528	496	497	26.3	14.3	10.0	21.8
72 h.	573	553	420	420	17.2	9.5	5.4	13.3
	598	558	457	488	17.3	10.1	5.5	16.2
	602	558	514	508	22.0	11.9	5.9	17.0



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ข5 การทดลองแบบแบดซ์ชุดผลของอุณหภูมิ

		COD				SU			
		ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
ชุด T20	5 min.	239	227	228	227	63.6	18.0	21.2	24.2
		240	227	236	227	65.9	18.3	21.5	24.7
		247	232	236	227	66.2	21.3	21.6	25.1
	24 h.	164	132	120	145	53.1	16.2	19.1	23.1
		174	147	144	153	54.3	16.5	19.7	23.7
		181	161	145	160	55.2	18.8	20.2	23.7
	48 h.	106	94	100	86	43.9	15.5	19.1	22.8
		117	100	120	116	44.1	16.2	20.0	23.1
		121	100	125	145	44.6	16.9	20.0	23.4
	72 h.	77	77	119	68	39.8	13.3	15.9	22.3
		79	82	105	68	39.9	14.3	16.4	22.7
		107	123	99	132	40.5	14.6	16.4	23.7
ชุด C	5 min.	239	227	228	227	63.6	18.0	21.2	24.2
		240	227	236	227	65.9	18.3	21.5	24.7
		247	232	236	227	66.2	21.3	21.6	25.1
	24 h.	141	126	99	103	41.8	13.7	18.3	23.3
		153	138	135	105	42.3	15.0	18.3	24.0
		161	151	138	115	42.9	17.0	19.3	24.4
	48 h.	111	68	53	53	35.0	8.2	11.2	22.6
		130	87	71	55	36.3	10.0	14.2	23.3
		156	97	130	128	36.8	11.0	15.0	25.3
	72 h.	120	72	40	106	32.8	5.0	5.2	25.5
		156	86	42	122	33.6	9.0	5.9	26.1
		158	151	51	134	33.7	9.9	7.7	27.5
ชุด T40	5 min.	239	227	228	227	63.6	18.0	21.2	24.2
		240	227	236	227	65.9	18.3	21.5	24.7
		247	232	236	227	66.2	21.3	21.6	25.1
	24 h.	125	94	100	93	37.4	11.2	14.4	23.9
		167	156	151	134	37.9	11.6	15.0	24.3
		180	157	161	106	38.3	11.9	15.1	24.4



	COD				SU			
	ส1	ส2	ส3	ส4	ส1	ส2	ส3	ส4
48 h.	207	152	135	160	28.0	4.6	9.2	23.4
	264	202	193	181	28.2	7.5	9.9	23.5
	270	220	200	194	29.5	8.4	10.0	23.7
72 h.	352	158	178	189	24.2	4.4	3.1	26.9
	363	237	244	246	25.8	6.6	6.2	26.9
	368	240	256	249	27.2	11.6	7.8	30.5



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

### สไลด์ที่ใช้ในการนำเสนอผลงานวิจัย

ตัวอย่างสไลด์ที่ผู้วิจัยใช้นำเสนอผลงานวิจัยในการสอบเพื่อทำเรื่องขอจบการศึกษา  
ในระดับปริญญาโทของภาควิชา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ผลของโครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอที่มีต่อการกลายพันธุ์โดยกระบวนการแอนเนลโรบิก**

รววิทย์ เหลืองดิลก                      ผู้ทำวิจัย  
 ศ.ดร. ชงชัย พรหมสวัสดิ์            อาจารย์ที่ปรึกษา  
 บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ที่มาของงานวิจัย**

- กระบวนการซ่อมแซมดีเอ็นเอเป็นขั้นตอนที่กินน้ำเพียง 10-15%
- มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาว่าดีเอ็นเอสามารถกำจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- กระบวนการแอนเนลโรบิกสามารถกำจัดได้ดีกว่าระบบแอนโรบิก
- น้ำทิ้งที่ออกจากกระบวนการแอนเนลโรบิกมีสารอาหารไนโตรเจน

**ข้อดีของระบบเอสบีอาร์แบบแอนเนลโรบิก**

- ค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการใช้ระบบเคมีกำจัด
- ผลิตได้จากโรงบำบัดน้ำเสียดิบได้
- กำจัดสารอาหารไนโตรเจนที่เกิดจากการย่อยในถังแอนเนลโรบิกได้
- กำจัดธาตุอาหาร N, P และลดค่า BOD, COD ของน้ำเสียได้ด้วย
- ใช้ร่วมกับน้ำเสียอื่น เช่น sewage ได้

**วัตถุประสงค์**

- ประสิทธิภาพในการกำจัดและ COD
- ประสิทธิภาพการกำจัด P, TKN ซึ่งเป็นผลเสริมของระบบ
- อิทธิพลของโครงสร้างต่อการกลายพันธุ์
- กลไกที่เป็นไปได้ในการกำจัด

**การดำเนินการวิจัย**

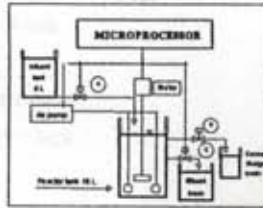
- ตั้งปฏิกรณ์ 10 ลิตร, ทดลองในห้องทดลอง
- SBR แบบ Anaerobic-Aerobic
- น้ำเสียสังเคราะห์ 1000 mg/l COD ( glucose 850 + acetic acid 150)  
TKN 50 mg/l และ TP 15 mg/l
- เชื้อจุลินทรีย์ จากโรงบำบัดน้ำเสียที่พระยา ปริมาณที่ยังให้ผลดีกับน้ำเสียที่มีสี

**แผนการทดลอง**

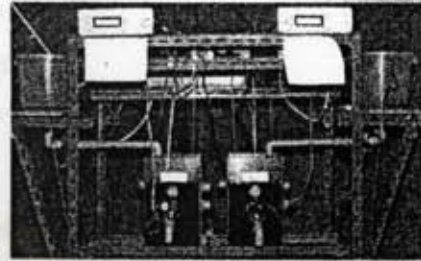
- ทดลองที่ความเข้มข้น 20 และ 100 มก./ล.
- สำหรับจุดความเข้มข้น 20 มก./ล. ทำการทดลองแบบเบสต่อ
  - ผลของไนโตรเจน
  - ผลของซิลิเกต
  - ผลของสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน
  - ผลของการมีจุดชีพที่มีชีวิตกับ ไม่มีชีวิต
  - ผลของอุณหภูมิ

เวลาในการทำงานของระบบ

- Feed 4 นาที
- Anoxic+Anaerobic 18(17) ชั่วโมง
- Aerobic 5 ชั่วโมง
- (Anoxic) (1) ชั่วโมง
- Settle 52 นาที
- Drain 4 นาที
- รวม 24 ชั่วโมง



ชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

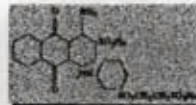


ชนิดสี (ทดลองเฉพาะสีรีแอกทีฟโทนสีน้ำเงิน)

- สี 1 - Remazol Black B or Reactive Black 5 → โครงสร้าง Desazo Vinylsulphonyl
- สี 2 - Remazol Blue R or Reactive Blue 19 → โครงสร้าง Anthraquinone Vinylsulphonyl
- สี 3 - Cibacron Blue CR or Reactive Blue 5 → โครงสร้าง Anthraquinone Monochlorotriazinyl
- สี 4 - Procion Blue H-EGN or Reactive Blue 196 → โครงสร้าง Oxazine



สี 1 Disazo vinylsulphonyl



สี 2 Anthraquinone vinylsulphonyl



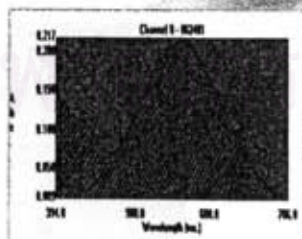
สี 3 Anthraquinone monochlorotriazinyl



สี 4 Oxazine

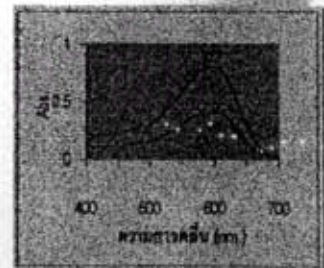
การวัดสี

- ตัวอย่างการกรอง (true color)
- ตมแสงในช่วง 400-700 nm. หัวข้อเรื่อง spectroscopy
- ส่วนของพื้นที่กราฟ (Absorbance กับ ความยาวคลื่น) มีน SU



ตัวอย่างการวัดสี

- สี S1, S2 มี SU เท่ากัน แต่คนละโทนสี
- สี S2, S3 ความเข้มข้นแตกต่างกัน
- สี S1, S3 ความเข้มข้นต่างกัน และเปลี่ยนโทนสีด้วย



**พารามิเตอร์ที่ไม่มี ความแตกต่างกัน จากผลของ โกรงธรรางี**

- อุณหภูมิ (28-33 C)
- DO (Ana. 0.09 mg/l , Aer. 4.3-4.9 mg/l)
- pH และ Alk
- ORP (Ana. -200 mV., Aer. +130 mV.)
- MLSS, SS ( 1930-2050 mg/l , 30-46 mg/l)
- COD (%rem 97%)
- TKN (%rem 96-98%)

11

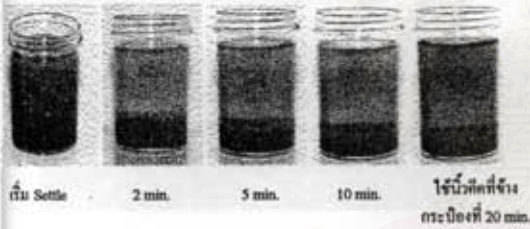
**พารามิเตอร์ที่กระทบได้โดย โกรงธรรางี**

- ค่าสี SU, ADMI
- SP
- VSS/TSS(%), SV, 30, SVI

12

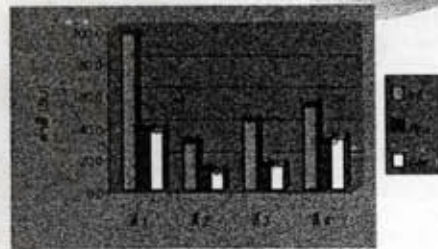
**การกลับมาของสี Oxazine**

- ตัวอย่างน้ำจากถังปฏิกิริยาเมื่อผ่าน Ana. 3.5 ชั่วโมง



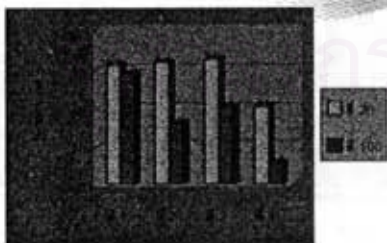
13

**การลดสีที่เกิดขึ้นในชั้นคอนแอมไฮไรบิกเป็นหลัก**



14

**ความเข้มข้นในน้ำเสียดสูงขึ้น เป็นผลเสียต่อการกำจัดสี (บางสี)**



15

**การลดสีของสี disazo มี 2 อัตรากว่า สี anthraquinone มีเพียงอัตราเดียว**



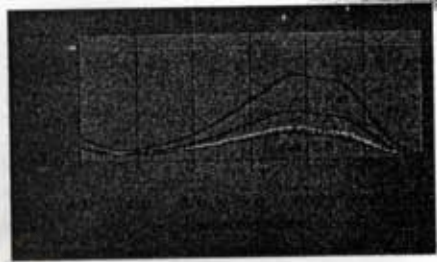
16

การดูดสีในช่วงแรกของสี disazo มีการเปลี่ยน  
maximum wavelength



19

สี Anthraquinone 1



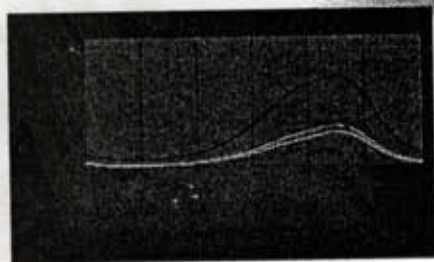
20

สี Anthraquinone 2



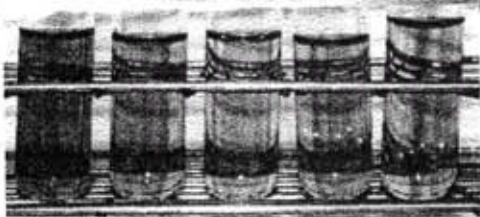
21

สี Oxazine



22

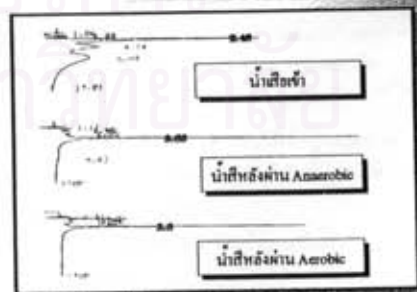
การเปลี่ยนแปลงของสี disazo



สีจำ 20 1:1 1:2 สี 10 Ana. สี 10 Aer.  
มก./ล.

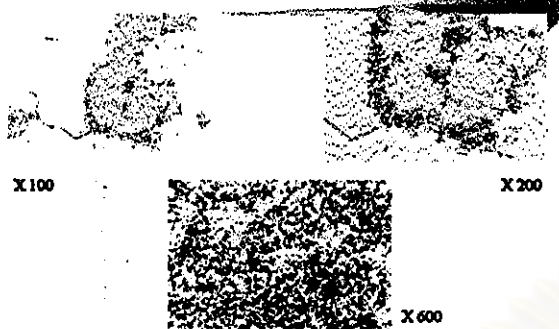
23

ผลจาก HPLC, สี disazo เปลี่ยนโครงสร้างของสีจริง  
หลังจากผ่านชั้นคอนเทนแอนแอโรบิก

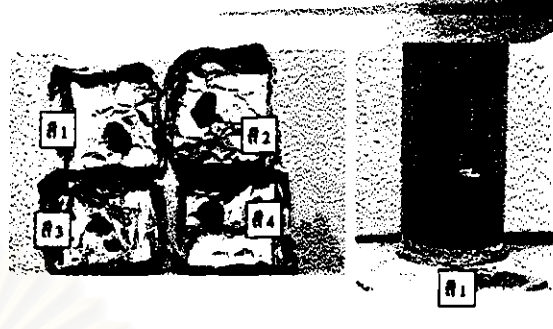


24

**adsorption ของดี Anthraquinone 334-floc**



**สีของ floc ที่แตกต่างกัน**



**ผลของปริมาณ**

ศึกษาผลของปริมาณในขวด ตั้งไว้ในห้องทดลอง (อุณหภูมิประมาณ

30 C ไมโครเมตร) โดยแปรเป็น 3 ค่าคือ

- C จุดควบคุม (ไม่มีสารเติมในขวด)
- N5 เติมในขวด 5 มิลลิโมล
- N10 เติมในขวด 10 มิลลิโมล

**ผลของสีฟloc**

ศึกษาผลของปริมาณสีฟloc ตั้งไว้ในห้องทดลอง (อุณหภูมิประมาณ

30 C ไมโครเมตร) โดยแปรเป็น 3 ค่าคือ

- C จุดควบคุม (ไม่มีสารเติมสีฟloc)
- S5 เติมสีฟloc 5 มิลลิโมล
- S10 เติมสีฟloc 10 มิลลิโมล

**ผลของสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน**

ศึกษาผลของสภาวะแวดล้อม 3 จุดที่แตกต่างกันคือ

- DR ในตู้เย็นมืด (อุณหภูมิ 4 C),
- RC ในห้องทดลอง (อุณหภูมิห้องช่วง 28-33 C ไมโครเมตร),
- OE สภาวะกลางแจ้ง (ไมโครเมตร มีโต๊ะไม้ป้องกันรังสีและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามกลางวัน-กลางคืนในช่วง 28-38C)

**ผลของจุดรีฟที่มีชีวิตกับไม่มีชีวิต**

ศึกษาการลดสีในสภาวะที่มีกับไม่มีจุลินทรีย์ในสภาวะที่ควบคุมด้วย

- VO จุดควบคุม(t=5)
- F/St น้ำสีจากถังปฏิกรณ์ชีวภาพที่ t=5 นาที นำมากรองด้วยกระดาษ GF/C เพื่อแยกเซลล์ออกแล้วนำน้ำสีที่ได้นำไปผ่านเชื้อในหม้อปิ้งข้าว (autoclave)
- DC น้ำสีที่ t=5 นาที นำไปผ่านเชื้อในหม้อปิ้งข้าวโดยที่ไม่ได้กรองเซลล์ออก

**ผลของอุณหภูมิ**

ศึกษาต่อสารละลายในสภาวะไม่แรง โดยทดลองที่อุณหภูมิต่างๆดังนี้

- T20 อุณหภูมิ 20 C
- RT อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 28-33 C ในตู้มีคไม่มันเองเช้า)
- T40 อุณหภูมิ 40 C (ในตู้เย็นความเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิ)

**ความแตกต่างในการกำจัดสี**

ทีอะโซ

ตีนอเทรควิโนน 1 และ 2 (ที2,3)

- ความเข้มข้นของสีในน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีไม่มากนัก
- มีประสิทธิภาพการกำจัดสีสูงกว่าสี 2 และ สี3
- มีอัตราการลดสี 2 อัตรา โดยช่วง 2 ชั่วโมงแรกของปฏิกิริยาแล้วไม่มีการลดสีในอัตราที่สูงกว่าช่วงถัดไปมาก
- ความเข้มข้นของสีในน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีมาก
- มีประสิทธิภาพการกำจัดสีต่ำกว่าสี 1
- มีอัตราการลดสีเพียงอัตราเดียวตลอดปฏิกิริยาแล้วไม่มีการ

ทีอะโซ

ตีนอเทรควิโนน 1 และ 2 (ที2,3)

- มีการเปลี่ยนแปลง dominant wavelength ในช่วง 2 ชั่วโมงแรกของปฏิกิริยาแล้วไม่มีการลดสีต่อ
- ผลจาก HPLC โคโรนาโดแกรม พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบสีที่พบ
- ปริมาณไนเตรตในน้ำเสียมีผลต่ออัตราการลดสี
- สีของฟลอรอมีนน้ำแดงอ่อนซึ่งเป็นคนละโทนสีกับสีอื่นในน้ำเสีย
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ dominant wavelength ตลอดช่วงเวลาปฏิกิริยา
- ไม่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบสีอย่างชัดเจนเหมือนผลใน HPLC โคโรนาโดแกรม
- ปริมาณไนเตรตในน้ำเสียไม่มีผลต่ออัตราการลดสี
- สีของฟลอรอมีนน้ำเงิน ซึ่งเป็นโทนสีเดียวกับสีของสีอื่นในน้ำเสีย

**การกำจัด P**

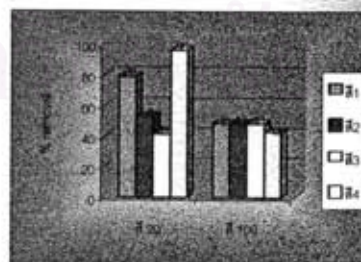
- มี PAO ได้สำหรับระบบที่น้ำเสียมีพีเจือปน
- โครงสร้างของพีมีผลต่อการกำจัด P (หรือ PAO) ในระบบ



**ปัจจัยที่มีผลจากประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัส**

	VSS/TSS(%)	S/C/D	S/M
สี1	92	15	8
สี2	94	16	7
สี3	94	13	6
สี4	90	15	5

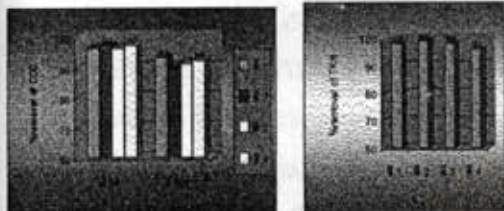
**ผลของความเข้มสีต่อการกำจัด P**





**การกำจัด COD และ TKN**

- โครงสร้างที่ต่างกันไม่มีผลต่อการกำจัด COD และ TKN



๓๗

**สรุป**

- โครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอที่มีผลต่อลักษณะการลดสีในช่วงแอมมอโรบิก และมีผลต่อการกำจัด P แต่ไม่ส่งผลต่อการกำจัด COD และ TKN
- ความเข้มข้นของดีเอ็นเอที่มีผลต่อระบบบำบัดมากขึ้น ทั้งด้านการกำจัดดีเอ็นเอ และ P
- คาดว่าการลดสีของดีเอ็นเอ ในขั้นตอนแอมมอโรบิกเกิดจากวิธีตกตะกอนเป็นหลัก โดยใช้พันธะอะมิโนเป็นตัวจับอิเล็กตรอน

๓๘

**สรุป (ต่อ)**

- ลำดับความง่ายยากในการเป็นตัวจับอิเล็กตรอนในทรอป > ทีอะโซ > ซัลเฟด
- ดี anthraquinone ใช้การดูดซับบนฟล็อกเป็นหลัก
- ดี oxazine ยังไม่ทราบกลไกการลดสีที่ชัดเจน
- สภาวะที่มีแสงแดด และความร้อน ส่งผลให้อัตราการลดสีสูงขึ้น โดยจะเกิด ได้ดีเมื่อมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตอยู่ในระบบด้วย

๓๙

**กิตติกรรมประกาศ**

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- ผศ.ดร.อนรร เทพรเสน
- บ.ยูนิเอนอุตสาหกรรมตั้งทอง จก.
- ศ.ดร.ชงชัย ทวรรณศรีศักดิ์



๔๐

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## ประวัติผู้เขียน

นายวริทย์ เหลืองดิลก เกิดวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2513 ที่อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย