รายการอ้างอิง

American Public Health Association. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18th ed. Washington DC : American Public Health Association.

Ayliffe, G. 2000. Decontamination of minimally invasive surgical endoscopes and accessories. **Journal of Hospital Infection**. 45 : (4) 263-277.

Bitton, G. 1999. **Wastewater Microbiology**. New York : John Wiley and son.

Chang, C. Y., Hsieh, Y. H , Shih, I. C., Hsu, S. S. and Wang, K. H. 2000. The formation and control of disinfection by-products using chlorine dioxide **Chemospher**.
41 : (8) 1181-1186.

Cheremisnoff, P. N. 1995. **Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology**. New York : Marcel Dekker.

Chiswell, B. and O'Holloran, R. K. 1991. Use of Lissamine Green B as a spectrophotometric Reagent for the Determination of low Residuals of Chlorine Dioxide. **Analyst** . 16 : 657-661.

Collivignarelli, C., Bertanza, G. and Pedrazzani, R. 2000. A comparison among different wastewater disinfection system : Experimental results. **Environmental technology**. 21: (1) 1-16.

Frascella, J., Gilbert, R. and Fermandez, P. 1998. Odor reduction potential of Chlorine dioxide mouthrinse. **Journal of Clinical Dentistry**. 9 : (2) 39-42.

Galvin, R. M. and Mellado, J. R. 1993. A note on a use of chlorine dioxide VS chlorine for portable water-treatment. **Water SA**. 19 : (3) 231-234.

Han, Y., Sherman, D. M., Linton, R. H., Nielsen, S. S. and Nelson, P. E. 2000. The effect of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of Escherichia coli. **Food Microbiology**. 17 : (5) 521-533.

Hofmann, R., Andrews, R. C. and Ye, Q. 1998. Comparison of spectrophotometric method for measuring chlorine dioxide in drinking water. **Environmental Technology**. 19 : (8) 761-773 .

Hofmann, R., Andrews, R. C. and Ye, Q. 1999. Impact of Giardia inactivation requirements on ClO_2 by-products **Environmental Technology**. 20 : (2) 147-158.

Imaeda, K., et al. 1994. Formation of Trihalomethanes During Production of Bean-curd. **Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health**. 40 : (6) 527-533

Kim, J. M., Huang, T. S., Marshal, M. R. and Wei, C. I. 1999. Chlorine dioxide treatment of seafoods to reduce bacterial loads. **Journal of Food Science**. 64: (6) 1089-1093.

Kim, J. M., Marshal, M. R., Du, W.-X., Otwel, W. S.and Wei, C. I. 1999. Determination of chlorate and chlorite and mutagenicity of seafood treated with aqueous chlorine dioxide. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 47 : (9) 3586-3591.

Letterman, R. D. 1999. Water Quality and Treatment. **A Handbook of community water supplies**. 5th ed. American water work assosiation. New York : McGrew-Hill.

Montgomery, J. M. 1985. **WaterTreatment Principle and Design**. New York : Wiley Intenscience.

Monraca, S., et al. 2000. The Influence of Different Disinfectants on Mutagenicity and Toxicity of Urban Wasterwater. **Water research**. 34 : (17) 4261-4269.

Ortenberg, G., Groisman, I. and Rav-Acha, C. 2000. Test and odor removal from an urban groundeater establishment–case study. **Water Science and Techonology**. 42 : (1-2) 123-128.

Other,K. 1979. **Encyclopecid of Chemical Technology**. Vol. 5 3rd ed. New York : John Wiley and son.

Richardson, S. D., et al. 2000. Identification of new drinking water disinfection by-product from ozone, chlorine dioxide, chloramine, and chlorine **Water Air and Soil Pollution**. 123 : (1-4) 95-102.

Rittmann, D. D. 1997. "Can you have your cake and eat it too" with chlorine dioxide? **Water/Engineering and Management**. 144 (4) 30-35.

Saita, K., Tachikawa, M., Tezuka, M., and Sawamura, R. 1998. Effect of isocyanuric acid on the poliovirus inactivation with hypochlorous acid. **Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health.** 44 : (6) 442-450.

Swetin, D. L., Sullivan, E. and Gordon, G. 1996. The use of chlorophenol red for the selective determination of chlorine dioxide in drinking water. **Talanta.** 43 : 103-108.

Tsai,L.-S., Willson, R and Randall, V. 1997. Mutagenicity of poultry chiller water treated with either chlorine dioxide or chlorine. **Journal of Agricultural Food Chemistry.** 45 : (6) 2267-2272.

Weaver-Meyers, P. L., Stolt, W.A., and Kowaleski, B. 1998. Controlling Mold on Library Material with Chlorine Dioxide : An Eight-year Case Study. **The Journal of Academic Librarianship.** 24 : (6) 455-458.

Williams, R. B., Culp, G. L. 1986. **Handbook of Public Water System.** New York : Van Nostrand Reinhold.

Yanze, F. M., Duru, C. and Jacob, M. 2000. A process to produce effervesceat tablet : Fluidized Bed Dryer Melt Granulation. **Drug Development and Industrial Pharmacy.** 26 : (11) 1167-1176.

Zhang, X. and Zhao, J. Y. 1995. Highly selective spectrophotometric determination of chlorine dioxide in water using Rhodamine B. **Analyst..** 120 : (4) 1199-1200.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนวก ก

การเตรียมสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน (APHA,1992)

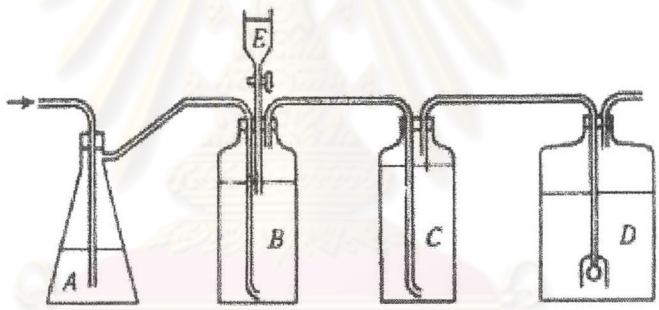
สารเคมี

1. โซเดียมคลอไรท์ ($NaClO_2$)
2. สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 10%

เจือจางกรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc.H_2SO_4) 10 มิลลิลิตรด้วยน้ำที่ผ่านการกำจัดอิออนจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

อุปกรณ์ที่ใช้

ชุดเตรียมก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 ชุดเตรียมก๊าซคลอรีนไดออกไซด์

ขวด A Aspiration flask ขวดขนาด 500 มิลลิลิตร พร้อมจุกยางและท่อนำก๊าซที่ต่ออยู่กับเครื่องอัดอากาศ ภายในบรรจุน้ำกำจัดอิออน 300 มิลลิลิตร

ขวด B Generating bottle ขวดขนาด 1 ลิตร ภายในบรรจุโซเดียมคลอไรท์ ($NaClO_2$) 10.0 กรัมละลายอยู่ในน้ำกำจัดอิออน 750 มิลลิลิตร ต่อท่อนำก๊าซเข้าและท่อนำก๊าซออก และกรวยแยก E ดังรูปที่ ก-1 โดยให้ปลายของท่อนำก๊าซเข้าอยู่ห่างจากก้นขวด 5 มิลลิเมตร และปลายของกรวยแยก E อยู่ผิวหน้าของสารละลาย

ขวด C Scrubber bottle ขวดขนาด 250 มิลลิลิตร พร้อมจุกยางที่มีท่อนำก๊าซเข้าและท่อนำก๊าซออก ภายในบรรจุสารละลายอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรท์ (saturated $NaClO_2$)

ขวด D Collecting bottle ขวดสีชาขนาด 2 ลิตร พร้อมจุกยางที่มีท่อนำก๊าซเข้าและท่อนำก๊าซออก ภายในบรรจุน้ำกำจัดอิออน 1.5 ลิตร

ขวด E Separatory funnel ภายในบรรจุ สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 10% จำนวน 20 มิลลิลิตร

วิธีทดลอง

1. เตรียมเครื่องมือดังรูป ปรับเครื่องอัดอากาศให้มีอัตราที่พอเหมาะโดยสังเกตุให้มีฟองอากาศปรากฏอยู่ในขวดทุกขวด
2. ค่อยๆปล่อยสารละลายกรดซัลฟุริก ที่บรรจุอยู่ใน Separatory funnel **E** ลงไปใน Generating bottle **B** จำนวน 5 มิลลิลิตร ทุกๆ 5 นาทีจนกระทั่งสารละลายกรดซัลฟุริกหมด และปล่อยให้เกิดปฏิกิริยาหลังจากปล่อยสารละลายกรดซัลฟุริก 5 มิลลิลิตรสุดท้าย อย่างน้อย 30 นาที
3. จะได้สารละลายที่มีสีเหลือง มีความเข้มข้นของคลอรีนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 250-600 มิลลิกรัม/ลิตร เก็บรักษาในขวดสีชา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์โดยวิธี IODOMETRY (APHA,1992)

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล
   1.1 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
   ชั่งโซเดียมไทโอซัลเฟต 25.0 กรัม ละลายในน้ำที่ผ่านการกำจัดอิออนจนได้ ปริมาตร 1 ลิตร
   1.2 สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.01 นอร์มัล
   เจือจางสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1นอร์มัล จำนวน 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกำจัด อิออนจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
2. โพแตสเซียมไอโอไดด์ (KI)
3. กรดอะซิติก (Glacial Acetic acid)
4. น้ำแป้งสุก (starch indicator solution)
   ชั่ง starch 5 กรัม ละลายในน้ำเย็นเล็กน้อย เติมลงในน้ำกำจัดอิออนที่ต้มเดือดจำนวน 1 ลิตร กวนให้ละลาย ทิ้งไว้ 12 ชั่วโมงจะได้สารละลายน้ำแป้งสุก

วิธีทดลอง

1. ปิเปตสารละลายคลอรีนไดออกไซด์จำนวน 10-25 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่
2. เติมกรดอะซิติก 5 มิลลิลิตร และโพแตสเซียมไอโอไดด์ประมาณ 1 กรัม จะได้สารละลายสีน้ำตาล ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเพื่อให้คลอรีนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับกรดอะซิติก และ โพแตสเซียมไอโอไดด์ 5 นาที
3. ไตเตรทกับ 0.01xx นอร์มัล สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) จนกระทั่งสีน้ำตาลจางลงได้สารละลายสีเหลืองใส
4. เติมน้ำแป้งสุก 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไตเตรทต่อไปด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไปทั้งหมด
6. ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกำจัดอิออนแทนสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ ทำการทดลอง ตามข้อ 2-5

การคำนวน

$$\text{มิลลิกรัมของคลอรีนไดออกไซด์ / มิลลิลิตร} = \frac{(A+B) \times N \times 13.49}{\text{ปริมาตรของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์}}$$

A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ทั้งหมด

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ในสารละลาย blank

N = นอร์มัลลิตี้ของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนวก ค

การ Standardize สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (APHA,1992)

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. สารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล
   1.1 สารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3)เข้มข้น 0.1นอร์มัล
   ชั่งโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ที่อบที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จำนวน 3.567 กรัม ละลายด้วยน้ำกำจัดอิออนในขวดวัดปริมาตร จนได้ปริมาตร 1 ลิตร
   1.2 สารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล
   ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) เข้มข้น 0.1 นอร์มัล จำนวน 100 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตรปรับปริมาตรด้วยน้ำกำจัดอิออนจนได้ปริมาตร 1 ลิตร
2. กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc.H_2SO_4)
3. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI)
4. น้ำแป้งสุก (starch indicator solution)

วิธีทดลอง

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) เข้มข้น 0.01 นอร์มัล จำนวน 10.00 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีน้ำกำจัดอิออน 80 มิลลิลิตร และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร
2. เติมโพแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) ประมาณ 1 กรัม จะได้สารละลายสีน้ำตาล
3. ไตเตรทกับ 0.01xx นอร์มัล สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) จนกระทั่งสีน้ำตาลจางลงได้สารละลายสีเหลืองใส
4. เติมน้ำแป้งสุก 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม ไตเตรทต่อไปด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) จนกระทั่ง สีน้ำเงินจางหายไป

5. บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ที่ใช้ไปทั้งหมด
5. ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกำจัดอิออนแทนละลายคลอรีนไดออกไซด์ ทำการทดลองตามข้อ 2-4

การคำนวน

นอร์มัลของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) = $\frac{0.1}{\text{ปริมาตรของ } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้}}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ด้วย Visible spectrophotometry โดยใช้ Lissamine Green B (LGB) เป็น รีเอเจนต์

สารเคมีและวิธีการเตรียม

1. สารละลายแอมโมเนีย-แอมโมเนียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ pH = 9

   ชั่งแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 48.5 กรัม ละลายในน้ำกำจัดอิออน เติมสารละลายแอมโมเนีย (NH_4OH) 25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำที่ผ่านการกำจัดอิออนจนได้ปริมาตร 1 ลิตร

2. สารละลาย Lissamine Green B (LGB)

   ชั่ง Lissamine Green B (Aldrich)จำนวน 0.961 กรัมละลายในน้ำกำจัดอิออนให้ได้ ปริมาตร 1 ลิตร

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐานให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0–6 มิลลิกรัม / ลิตร
2. ปิเปตสารละลายแอมโมเนีย-แอมโมเนียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ จำนวน 10 มิลลิลิตร และสารละลาย Lissamine Green B (LGB) จำนวน 1 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตรที่มีขนาด 100 มิลลิลิตร
3. นำสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เตรียมได้จากข้อที่ 1 เติมลงในขวดวัดปริมาตรที่เตรียมได้จากข้อ 2 จนถึงขีดวัดปริมาตร
4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง โดย Visible spectrophotometry ที่ความยาวคลื่น 616 นาโนเมตร
5. ทำ blank โดยใช้น้ำที่ผ่านการกำจัดอิออนแทนสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ ทำการทดลองตามข้อ 2 – 4
6. นำค่าที่ได้สร้างกราฟมาตรฐานโดยให้แกน X เป็นปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ และแกน Y เป็นผลต่างของค่าการดูดกกลืนคลื่นแสงของ blank และ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน (△Absorbance,△Abs)

ผนวก จ

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายโซเดียมคลอไรท์ ($NaClO_2$) เข้มข้น 0.01 %(wt./V)

ชั่งโซเดียมคลอไรท์ (APS, Ajak Finechem. UN No. 1496 B/No. 18242910 ASSAY 80%) 0.125 กรัม ละลายด้วยน้ำที่ผ่านการกำจัดอิออน ในขวดวัดปริมาตรที่มีขนาด 1 ลิตร

2. สารละลาย Dichloroisocyanuric acid Sodium salt diyhdrate ($NaDCC.2H_2O$) เข้มข้น 0.005 %(wt./V)

ชั่ง Dichloroisocyanuric acid Sodium salt diyhdrate (Fluka 35915,lot & filling code : 413924/1 41801 ASSAY 99.9 %) 0.05 กรัม ละลายด้วยน้ำที่ผ่านการกำจัดอิออน ในขวดวัดปริมาตรที่มีขนาด 1 ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนวก ฉ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-1 แสดงผลการ Standardize $Na_2S_2O_3$ โดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไอโอไดด์ (KIO_3) 0.0100 นอร์มัล

ครั้งที่	$Na_2S_2O_3$	Normal ของ $Na_2S_2O_3$
1	9.6	0.01042
2	9.5	0.01053
3	9.4	0.01064
4	9.8	0.01020
5	9.8	0.01020
6	9.7	0.01031
7	9.6	0.01042
8	9.8	0.01020
9	9.7	0.01031
10	9.6	0.01042
เฉลี่ย	9.65	0.01036
SD	0.1354	0.000146

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-2 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์โดยวิธี IODOMETRY โดยใช้ $Na_2S_2O_3$ ที่มีความเข้มข้น 0.01030 นอร์มัล

ครั้งที่	$Na_2S_2O_3$(ml)	mg ClO_2/ml	mg ClO_2/ L
1	23.7	0.3312	331.2
2	23.8	0.3326	332.6
3	23.6	0.3298	329.8
4	23.9	0.3340	334.0
5	24.0	0.3354	335.4
6	23.6	0.3298	329.8
7	24.1	0.3368	336.8
8	23.8	0.3326	332.6
9	23.7	0.3312	331.2
10	24.0	0.3354	335.4
11	23.9	0.3340	334.0
12	23.8	0.3326	332.6
13	23.9	0.3340	334.0
14	23.6	0.3298	329.8
15	24.1	0.3368	336.8
เฉลี่ย	23.83	0.3331	333.09
SD	0.1660	0.0024	2.4014

ตารางที่ ฉ-3 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์และผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์มาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 616 นาโนเมตร

ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)	△ Absorbance											
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	เฉลี่ย	SD
0.333	0.030	0.032	0.032	0.032	0.034	0.030	0.030	0.034	0.030	0.038	0.032	0.0026
0.667	0.076	0.072	0.074	0.074	0.074	0.072	0.078	0.078	0.072	0.080	0.075	0.0029
1.667	0.222	0.226	0.228	0.226	0.212	0.208	0.220	0.214	0.226	0.224	0.221	0.0069
2.334	0.332	0.314	0.316	0.310	0.298	0.294	0.314	0.318	0.298	0.316	0.310	0.0098
3.335	0.428	0.442	0.415	0.412	0.414	0.428	0.435	0.438	0.429	0.442	0.428	0.0616
5.669	0.734	0.722	0.740	0.746	0.725	0.742	0.745	0.728	0.722	0.736	0.734	0.0093

ตารางที่ ฉ-4 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์กรดซิตริก-โซเดียมซิเตรท ที่มีค่า pH = 3, 4, 5, 7 และ 8 ในระยะเวลา 0, 30, 60, 90, และ 120 นาที

เวลา (นาที)		ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)				
		pH=3	pH=4	pH=5	pH=7	pH=8
0	ครั้งที่ 1	0.060	0.006	0.002	0.004	0.000
	ครั้งที่ 2	0.054	0.006	0.006	0.002	0.002
	ครั้งที่ 3	0.064	0.010	0.006	0.000	0.000
	ครั้งที่ 4	0.068	0.008	0.004	0.002	0.004
	ครั้งที่ 5	0.070	0.014	0.000	0.002	0.000
เฉลี่ย		0.063	0.009	0.004	0.002	0.001
30	ครั้งที่ 1	0.340	0.168	0.016	0.018	0.010
	ครั้งที่ 2	0.332	0.172	0.020	0.012	0.012
	ครั้งที่ 3	0.338	0.168	0.026	0.012	0.006
	ครั้งที่ 4	0.328	0.164	0.014	0.010	0.010
	ครั้งที่ 5	0.340	0.172	0.018	0.006	0.008
เฉลี่ย			0.169	0.019	0.012	0.009
60	ครั้งที่ 1	0.320	0.182	0.030	0.010	0.010
	ครั้งที่ 2	0.324	0.192	0.020	0.018	0.018
	ครั้งที่ 3	0.330	0.186	0.034	0.018	0.016
	ครั้งที่ 4	0.336	0.180	0.030	0.014	0.022
	ครั้งที่ 5	0.326	0.197	0.024	0.018	0.016
เฉลี่ย		0.327	0.187	0.028	0.016	0.016
90	ครั้งที่ 1	0.292	0.220	0.042	0.012	0.006
	ครั้งที่ 2	0.294	0.202	0.042	0.012	0.012
	ครั้งที่ 3	0.302	0.188	0.050	0.010	0.010
	ครั้งที่ 4	0.298	0.194	0.046	0.018	0.008
	ครั้งที่ 5	0.310	0.188	0.050	0.024	0.010
เฉลี่ย		0.299	0.194	0.046	0.015	0.009
120	ครั้งที่ 1	0.280	0.174	0.048	0.008	0.000
	ครั้งที่ 2	0.290	0.186	0.044	0.006	0.004
	ครั้งที่ 3	0.278	0.176	0.046	0.004	0.000
	ครั้งที่ 4	0.286	0.178	0.042	0.000	0.004
	ครั้งที่ 5	0.278	0.180	0.036	0.006	0.000
เฉลี่ย		0.282	0.179	0.043	0.005	0.002

ตารางที่ ฉ-5 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในสารละลายบัฟเฟอร์กรดซิตริกโซเดียมซิเตรท ที่มีค่า pH = 3, 4, 5, 7 และ 8 ในระยะเวลา 0, 30, 60, 90, และ 120 นาที

เวลา (นาที)		ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)				
		pH=3	pH=4	pH=5	pH=7	pH=8
0	ครั้งที่ 1	0.51	0.09	0.06	0.08	0.05
	ครั้งที่ 2	0.46	0.09	0.09	0.06	0.06
	ครั้งที่ 3	0.54	0.12	0.09	0.05	0.05
	ครั้งที่ 4	0.57	0.11	0.08	0.06	0.08
	ครั้งที่ 5	0.58	0.15	0.05	0.06	0.05
SD		0.049	0.026	0.020	0.011	0.014
เฉลี่ย		0.53	0.12	0.08	0.06	0.06
30	ครั้งที่ 1	2.64	1.33	0.17	0.19	0.11
	ครั้งที่ 2	0.28	1.36	0.20	0.14	0.12
	ครั้งที่ 3	2.62	1.33	0.25	0.14	0.14
	ครั้งที่ 4	2.55	1.30	0.15	0.12	0.09
	ครั้งที่ 5	2.64	1.36	0.19	0.09	0.12
SD		0.041	0.026	0.035	0.033	0.017
เฉลี่ย		2.61	1.33	0.19	0.14	0.12
60	ครั้งที่ 1	2.49	1.44	0.28	0.12	0.17
	ครั้งที่ 2	2.52	1.51	0.20	0.19	0.12
	ครั้งที่ 3	2.56	1.47	0.31	0.19	0.19
	ครั้งที่ 4	2.61	1.42	0.28	0.15	0.17
	ครั้งที่ 5	2.53	1.53	0.23	0.19	0.22
SD		0.046	0.046	0.042	0.027	0.033
เฉลี่ย		2.54	1.47	0.26	0.17	0.17
90	ครั้งที่ 1	2.7	1.57	0.37	0.14	0.09
	ครั้งที่ 2	2.29	1.59	0.37	0.14	0.14
	ครั้งที่ 3	2.41	1.48	0.46	0.12	0.12
	ครั้งที่ 4	2.35	1.53	0.40	0.19	0.11
	ครั้งที่ 5	2.32	1.48	0.43	0.23	0.12
SD		0.055	0.050	0.030	0.044	0.017
เฉลี่ย		2.33	1.53	0.40	0.16	0.12
120	ครั้งที่ 1	2.18	1.37	0.41	0.11	0.05
	ครั้งที่ 2	2.26	1.47	0.38	0.09	0.05
	ครั้งที่ 3	2.17	1.39	0.40	0.08	0.08
	ครั้งที่ 4	2.23	1.42	0.37	0.05	0.05
	ครั้งที่ 5	2.17	1.40	0.32	0.09	0.08
SD		0.041	0.035	0.035	0.023	0.020
เฉลี่ย		2.20	1.41	0.38	0.08	0.06

ตารางที่ ฉ-6 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank และค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ สารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.01% และสารละลาย NaDCC 0.005% ในเวลา 30 นาที

$NaClO_2$ 0.01% ml	NaDCC 0.005% ml	ρAbsorbance									
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	เฉลี่ย	SD
2	2	0.002	0.006	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.004	0.002	0.002
	3	0.004	0.002	0.006	0.008	0.000	0.002	0.004	0.000	0.003	0.003
	5	0.006	0.006	0.000	0.008	0.010	0.006	0.000	0.004	0.005	0.004
	10	0.002	0.010	0.012	0.004	0.012	0.002	0.004	0.008	0.007	0.004
	20	0.008	0.002	0.016	0.020	0.004	0.002	0.008	0.010	0.009	0.006
3	2	0.038	0.022	0.038	0.032	0.024	0.032	0.024	0.030	0.030	0.006
	3	0.032	0.036	0028	0.036	0.028	0.032	0.032	0.030	0.032	0.003
	5	0.010	0.006	0.004	0.022	0.008	0.012	0.016	0.006	0.011	0.006
	10	0.010	0.010	0.010	0.006	0.008	0.012	0.006	0.012	0.009	0.002
	20	0.014	0.002	0.004	0.020	0.016	0.006	0.008	0.010	0.010	0.006
5	2	0.078	0.080	0.072	0.074	0.070	0.072	0.074	0.068	0.074	0.004
	3	0.065	0.080	0.070	0.072	0.070	0.084	0.060	0.076	0.072	0.008
	5	0.056	0.060	0.048	0.050	0.054	0.060	0.056	0.052	0.055	0.004
	10	0.023	0.020	0.038	0.040	0.038	0.040	0.038	0.044	0.036	0.008
	20	0.040	0.050	0.046	0.046	0.042	0.044	0.048	0.050	0.046	0.004
10	2	0.248	0.230	0.248	0.240	0.252	0.240	0.246	0.258	0.245	0.009
	3	0.302	0.290	0.296	0.280	0.276	0.288	0.272	0.276	0.285	0.011
	5	0.334	0.340	0.328	0.322	0.334	0.334	0.328	0.322	0.330	0.006
	10	0.380	0.383	0.366	0.370	0.394	0.390	0.384	0.384	0.381	0.009
	20	0.439	0.449	0.446	0.432	0.444	0.438	0.450	0.432	0.441	0.007
15	2	0.370	0.395	0.368	0.362	0.355	0.365	0.370	0.370	0.369	0.012
	3	0.435	0.430	0.437	0.425	0.440	0.445	0.425	0.442	0.435	0.008
	5	0.526	0.530	0.540	0.532	0.535	0.525	0.538	0.522	0.531	0.006
	10	0.656	0.665	0.652	0.647	0.660	0.650	0.645	0.654	0.654	0.007
	20	0.715	0.707	0.698	0.705	0.694	0.707	0.696	0.712	0.704	0.008
20	2	0.515	0.516	0.523	0.524	0.520	0.520	0.548	0.522	0.524	0.010
	3	0.595	0.598	0.595	0.590	0.600	0.596	0.602	0.592	0.596	0.004
	5	0.698	0.697	0.703	0.711	0.706	0.702	0.694	0.704	0.702	0.005

ตารางที่ ฉ-7 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.01% และสารละลาย NaDCC 0.005% ในเวลา 30 นาที

$NaClO_2$ 0.01% ml	NaDCC 0.005% ml	ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)									
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	เฉลี่ย	SD
2	2	0.063	0.094	0.048	0.063	0.048	0.079	0.048	0.079	0.065	0.017
	3	0.079	0.063	0.094	0.109	0.048	0.063	0.079	0.048	0.073	0.021
	5	0.094	0.094	0.048	0.109	0.124	0.094	0.048	0.079	0.086	0.027
	10	0.063	0.124	0.139	0.079	0.139	0.063	0.079	0.109	0.099	0.033
	20	0.109	0.063	0.170	0.200	0.079	0.063	0.109	0.124	0.115	0.050
3	2	0.338	0.216	0.338	0.292	0.231	0.292	0.231	0.277	0.277	0.048
	3	0.292	0.322	0.261	0.322	0.261	0.292	0.292	0.277	0.290	0.024
	5	0.124	0.094	0.079	0.216	0.109	0.139	0.170	0.094	0.128	0.046
	10	0.124	0.124	0.124	0.094	0.109	0.139	0.094	0.139	0.119	0.018
	20	0.155	0.036	0.079	0.200	0.170	0.094	0.109	0.124	0.124	0.048
5	2	0.643	0.658	0.597	0.612	0.582	0.597	0.612	0.566	0.608	0.030
	3	0.543	0.658	0.582	0.597	0.582	0.688	0.505	0.627	0.598	0.059
	5	0.475	0.505	0.414	0.429	0.460	0.505	0.475	0.444	0.463	0.033
	10	0.246	0.200	0.338	0.353	0.338	0.353	0.338	0.383	0.319	0.062
	20	0.353	0.429	0.399	0.399	0.368	0.386	0.414	0.429	0.397	0.028
10	2	1.938	1.801	1.938	1.877	1.969	1.877	1.923	2.014	1.917	0.065
	3	2.350	2.258	2.304	2.182	2.152	2.243	2.121	2.152	2.220	0.081
	5	2.594	2.639	2.548	2.502	2.594	2.594	2.548	2.502	2.565	0.049
	10	2.944	2.967	2.838	2.868	3.051	3.021	2.975	2.975	2.955	0.072
	20	3.394	3.470	3.447	3.341	3.432	3.386	3.478	3.341	3.411	0.054
15	2	2.868	3.059	2.853	2.807	2.754	2.830	2.868	2.868	2.863	0.088
	3	3.364	23.32	3.379	3.287	3.402	3.440	3.287	3.417	3.363	0.058
	5	4.057	4.088	4.164	4.103	4.126	4.050	4.149	4.027	4.095	0.049
	10	5.048	5.117	5.018	4.979	5.079	5.002	4.964	5.033	5.030	0.051
	20	5.498	5.437	5.368	5.421	5.338	5.437	5.353	5.475	5.416	0.058
20	2	3.973	3.981	4.034	4.042	4.011	4.011	4.225	4.027	4.038	0.079
	3	4.583	4.606	4.583	4.545	4.621	4.591	4.636	4.560	4.591	0.030
	5	5.368	5.361	5.406	5.467	5.429	5.399	5.338	5.414	5.398	0.041

ตารางที่ จ-8 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ blank กับค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น เมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณปริมาณสารละลาย NaDCC.H2O 0.005% โดยมีปริมาณ ของสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.01 % คงที่

เวลา (นาที)		ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม / ลิตร)				
		NaDCC.2H 2O 0.005% 10 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 15 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 25 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 50 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 100 ml
30	ครั้งที่ 1	0.245	0.276	0.328	0.418	0.462
	ครั้งที่ 2	0.252	0.292	0.316	0.402	0.458
	ครั้งที่ 3	0.248	0.278	0.320	0.398	0.444
	ครั้งที่ 4	0.256	0.286	0.326	0.404	0.466
	ครั้งที่ 5	0.260	0.290	0.322	0.402	0.452
เฉลี่ย		0.252	0.284	0.322	0.405	0.456
60	ครั้งที่ 1	0.238	0.268	0.320	0.390	0.460
	ครั้งที่ 2	0.240	0.284	0.312	0.396	0.452
	ครั้งที่ 3	0.236	0.272	0.314	0.384	0.440
	ครั้งที่ 4	0.244	.0278	0.312	0.372	0.458
	ครั้งที่ 5	0.252	0.280	0.308	0.388	0.446
เฉลี่ย		0.242	0.276	0.313	0.386	0.451
90	ครั้งที่ 1	0.230	0.260	0.296	0.382	0.452
	ครั้งที่ 2	0.238	0.274	0.312	0.374	0.444
	ครั้งที่ 3	0.228	0.262	0.302	0.376	0.432
	ครั้งที่ 4	0.236	0.266	0.308	0.392	0.446
	ครั้งที่ 5	0.240	0.272	0.292	0.386	0.438
เฉลี่ย		0.234	0.267	0.303	0.382	0.442
120	ครั้งที่ 1	0.220	0.240	0.280	0.362	0.432
	ครั้งที่ 2	0.230	0.238	0.282	0.366	0.426
	ครั้งที่ 3	0.218	0.242	0.296	0.350	0.428
	ครั้งที่ 4	0.222	0.232	0.278	0.372	0.438
	ครั้งที่ 5	0.214	0.246	0.276	0.354	0.422
เฉลี่ย		0.221	0.240	0.282	0.361	0.429
180	ครั้งที่ 1	0.180	0.210	0.238	0.328	0.402
	ครั้งที่ 2	0.174	0.188	0.242	0.340	0.396
	ครั้งที่ 3	0.186	0.198	0.222	0.322	0.408
	ครั้งที่ 4	0.172	0.206	0.232	0.342	0.392
	ครั้งที่ 5	0.178	0.202	0.226	0.312	0.386
เฉลี่ย		0.178	0.201	0.232	0.329	0.397

ตารางที่ ฉ-9 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นที่เกิดขึ้นเมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณสารละลาย NaDCC.2H2O 0.005% โดยมีปริมาณของสารละลายโซเดียมคลอไรท์ 0.01 % คงที่

เวลา (นาที)		ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม / ลิตร)				
		NaDCC.2H 2O 0.005% 10 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 15 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 25 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 50 ml	NaDCC.2H 2O 0.005% 100 ml
30	ครั้งที่ 1	1.92	2.15	2.55	3.23	3.57
	ครั้งที่ 2	1.97	2.27	2.46	3.11	3.54
	ครั้งที่ 3	1.94	2.17	2.49	3.08	3.43
	ครั้งที่ 4	2.00	2.23	2.53	3.13	3.60
	ครั้งที่ 5	2.03	2.26	2.50	3.11	3.49
SD		0.046	0.054	0.036	0.059	0.066
เฉลี่ย		1.97	2.22	2.51	3.13	3.53
60	ครั้งที่ 1	1.86	2.09	2.49	3.02	3.55
	ครั้งที่ 2	1.88	2.21	2.43	3.07	3.49
	ครั้งที่ 3	1.85	2.12	2.44	2.97	3.40
	ครั้งที่ 4	1.91	2.17	2.43	2.88	3.54
	ครั้งที่ 5	1.97	2.18	2.40	3.01	3.45
SD		0.048	0.049	0.033	0.068	0.063
เฉลี่ย		1.89	2.15	2.44	2.99	3.49
90	ครั้งที่ 1	1.801	2.030	2.304	2.960	3.493
	ครั้งที่ 2	1.86	2.14	2.43	2.90	3.43
	ครั้งที่ 3	1.79	2.04	2.35	2.91	3.34
	ครั้งที่ 4	1.85	2.08	2.40	3.04	3.45
	ครั้งที่ 5	1.88	2.12	2.27	2.99	3.39
SD		0.039	0.046	0.063	0.056	0.058
เฉลี่ย		1.83	2.08	2.35	2.96	3.42
120	ครั้งที่ 1	1.72	1.88	2.18	2.81	3.34
	ครั้งที่ 2	1.80	1.86	2.20	2.84	3.29
	ครั้งที่ 3	1.71	1.89	2.30	2.72	3.31
	ครั้งที่ 4	1.74	1.82	2.17	2.88	3.39
	ครั้งที่ 5	1.68	1.92	2.15	2.75	3.26
SD		0.045	0.039	0.060	0.068	0.046
เฉลี่ย		1.73	1.87	2.20	2.80	3.32
180	ครั้งที่ 1	1.420	1.649	1.862	2.548	3.112
	ครั้งที่ 2	1.37	1.48	1.89	2.64	3.07
	ครั้งที่ 3	1.47	1.56	1.74	2.50	3.16
	ครั้งที่ 4	1.36	1.62	1.82	2.65	3.04
	ครั้งที่ 5	1.40	1.59	1.77	2.43	3.01
SD		0.042	0.064	0.063	0.096	0.061
เฉลี่ย		1.40	1.58	1.82	2.55	3.08

ตารางที่ ฉ-10 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ Blank กับค่าดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมซิเตรต

เวลา (วัน)	ΔAbsorbance						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	SD
1	0.334	0.342	0.326	0.356	0.336	0.339	0.011
3	0.326	0.352	0.348	0.334	0.358	0.344	0.013
7	0.322	0.316	0.296	0.338	0.344	0.323	0.019
14	0.296	0.272	0.308	0.288	0.268	0.286	0.017
21	0.258	0.244	0.286	0.272	0.268	0.266	0.016
28	0.240	0.224	0.252	0.276	0.238	0.246	0.019
42	0.186	0.152	0.204	0.174	0.166	0.176	0.020
56	0.144	0.165	0.173	0.130	0.182	0.159	0.021
84	0.126	0.134	0.112	0.142	0.146	0.132	0.014
120	0.024	0.022	0.016	0.008	0.012	0.016	0.007

ตารางที่ ฉ-11 แสดงผลต่างระหว่างค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของ Blank กับค่าดูดกลืนคลื่นแสงของสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนต

เวลา (วัน)	ΔAbsorbance						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	SD
1	0.358	0.344	0.328	0.352	0.330	0.342	0.013
3	0.346	0.315	0.328	0.348	0.352	0.338	0.016
7	0.318	0.352	0.348	0.336	0.320	0.335	0.016
14	0.342	0.296	0.316	0.332	0.308	0.319	0.018
21	0.308	0.296	0.312	0.282	0.324	0.304	0.016
28	0.312	0.288	0.324	0.284	0.328	0.307	0.020
42	0.252	0.284	0.248	0.230	0.262	0.255	0.020
56	0.210	0.230	0.212	0.246	0.234	0.226	0.015
84	0.242	0.214	0.184	0.236	0.192	0.214	0.026
120	0.042	0.038	0.016	0.022	0.020	0.028	0.012

ตารางที่ ฉ-12 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมซิเตรต

เวลา (วัน)	ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	SD
1	2.59	2.65	2.53	2.76	2.61	2.63	0.09
3	2.53	2.73	2.70	2.59	2.78	2.67	0.10
7	2.50	2.46	2.30	2.62	2.67	2.51	0.14
14	2.30	2.12	2.40	2.24	2.09	2.23	0.13
21	2.01	1.91	2.23	2.12	2.09	2.07	0.12
28	1.88	1.76	1.97	2.15	1.86	1.92	0.15
42	1.47	1.21	1.60	1.37	1.31	1.39	0.15
56	1.15	1.31	1.37	1.04	1.44	1.26	0.16
84	1.01	1.07	0.90	1.13	1.16	1.05	0.10
120	0.23	0.22	0.17	0.11	0.14	0.17	0.051

ตารางที่ ฉ-13 แสดงปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยโซเดียมคาร์บอเนต

เวลา (วัน)	ปริมาณคลอรีนไดออกไซด์ (มิลลิกรัม/ลิตร)						
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย	SD
1	2.78	2.67	2.55	2.73	2.56	2.66	0.10
3	2.69	2.45	2.55	2.70	2.73	2.62	0.12
7	2.47	2.73	2.70	2.61	2.49	2.60	0.12
14	2.65	2.30	2.46	2.58	2.40	2.48	0.14
21	2.40	2.30	2.43	2.20	2.52	2.37	0.12
28	2.43	2.24	2.52	2.21	2.55	2.39	0.15
42	1.97	2.21	1.94	1.80	2.04	1.99	0.15
56	1.65	1.80	1.66	1.92	1.83	1.77	0.12
84	1.89	1.68	1.45	1.85	1.51	1.68	0.20
120	0.37	0.34	0.17	0.22	0.20	0.26	0.08

ประวัติผู้เขียน

ร.อ.หญิง นันทพร เถาสุวรรณ ร.น. เกิดวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ.2508 ที่กรุงเทพฯ จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา เมื่อปีการศึกษา 2527 สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2532 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรสหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 ปัจจุบันรับราชการที่ กรมวิทยาศาสตร์ทหารเรือ กองทัพเรือ กระทรวงกลาโหม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย