

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- ก้องเกียรติ์ เจริญธีรวงศ์. 2543. การปรับปรุงโครงสร้างของเซลล์โลสด้วยวิธีเคมีเพื่อนำบัคส์ในน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- กาวี ศรีกุลกิจ. 2544. สีย้อม. วารสารกัลเลอร์เวย์ 34: 14-16.
- จารุทัศน์ มลิินทะเล. 2537. การนำบัคส์จากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอโดยวิธีทางเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชนิตา เสมรัตน์. 2543. ประสิทธิภาพการกำจัดสีของน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยกระบวนการดูดซับผิวโดยใช้ถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉालิศา เนียมมณี. 2542. การกำจัดสีรีแอกทีฟเฟรด 2 ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยแบคทีเรียเด่นในกระบวนการเอสปีอาร์แบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐพันธุ์ สุภกา. 2546. การกำจัดสีย้อมรีแอกทีฟโดยจุลินทรีย์ด้วยกระบวนการบำบัดแบบแอนแอโรบิก-แอโรบิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และกาญจนิศา ครองธรรมชาติ. 2525. การใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์ในการกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงย้อม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นุชรา ประชุมญาติ. 2545. การกำจัดสีหมู่อะโซซันตรีแอกทีฟด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม.
- ปวีณา ธนะสังข์. 2539. การกำจัดสีจากน้ำทิ้งฟอกย้อมสิ่งทอโดยวิธีการออกซิเดชัน-รีดักชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- มณีรัตน์ องค์กรวรรณี. 2542. การกำจัดโลหะหนักออกจากร้านเสียบโรงงานชุบโลหะโดยใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมคิด วงศ์ไชยสุวรรณ. 2525. การกำจัดสีของน้ำเสียจากการฟอกย้อมผ้าโดยใช้แมกนีเซียมคาร์บอเนตไฮดรอกไซด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัจฉราพร ไสละสูตร และ ชิงรุ วาดานาเบ. 2524. ขบวนการย้อมและตกแต่งผ้า. วารสารผ้าและสิ่งทอ 4 (กันยายน): 8-26.

### ภาษาอังกฤษ

- Arslan, I. and Balcioglu, I. A. 1999. Degradation of commercial reactive dyestuffs by heterogenous and homogenous advanced oxidation processes: a comparative study. Dye and Pigments 43: 95-108.
- Bochet's group. 2003. Product database of Prof. Bochet's group. Available from: <http://www-chem.unifr.ch/cb/private/database.pdf> [2003, December 25]
- Buckley, C.A. 1992. Membrane technology for the treatment of dyehouse effluents. Water Science & Technology 25: 203-209.
- Cook, M. M. 1996. Sodium borohydride dye reduction in wastewater. In Reife, A., and Freeman, H.S. (eds.), Environmental Chemistry of Dyes and Pigments, pp. 33-41. New York: John Willey & Sons.
- Ghoreishi, S. M. and Haghghi, R. 2003. Chemical catalytic reaction and biological oxidation for treatment of non-biodegradable textile effluent. Chemical Engineering Journal 95: 163-169.
- Johnson, A. 1989. The theory of coloration of textile. 2nd ed. West Yourkshire: Society of Dyers and Colourist.
- Karcher, S., Kornmüller, A. and Jekker, M. 2001. Cucurbituril for water treatment part I: solubility of cucurbituril and sorption of reactive dyes. Water Research 35: 3309-3316.
- Kojima, Y., Suzuki, K., Fukumoto, K., Kawai, Y., Kimbara, M., Nakanishi, H. and Matsumoto, S. 2004. Development of 10 kW-scale hydrogen generator using chemical hydride. Journal of Power Source 125: 22-26.
- Larson, R. A., Miller P. L., and Crowley T. O. 1996. Borohydride photoreduction of nitroaromatic compounds related to military ordnance constituents. Environmental Science & Technology 30: 1192-1197.

- Laszlo, J. A. 1997. Regeneration of dye-saturated quaternized cellulose by bisulfite-mediated borohydride reduction of dye azo groups: an improved process for decolorization of textile wastewaters. Environmental Science & Technology 31: 3647-3653.
- McMaster University. 1998. Reduction of Camphor with Sodium Borohydride. Available from: <http://www.chemistry.mcmaster.ca/~chem2o6/labmanual/expt7/2o6exp7.html> [2004, January 5]
- Moraes, S. G., Freire R. S. and Durán, N. 2000. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes. Chemosphere 40: 369-373.
- The North Carolina Division of Pollution Prevention and Environmental Assistance. 2004. Silver recovery systems and waste reduction in photoprocessing. Available from: <http://www.p2pays.org/ref/01/00048.htm> [2004, January 20]
- Pioneer Magazine. 1997. Paper's tiger. Available from: <http://www.borax.com/pioneer25.html> [2003, December 20]
- Pierce, J. 1994. Colour in textile effluents-the origins of the problem. Journal of The Society of Dyers and Colourist 110: 131-133.
- Rangnekar, D. W. 1980. An Introduction to synthetic dyes. Bombay : Himalaya.
- Robinson, T., McMullan, G., Marchant, R. and Nigham, P. 2001. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology 77: 247-255.
- Sparado, J. T., Isabelle, L. and Renganathan, V. 1994. Hydroxyl generation radical mediated degradation of azo dyes: evidence for benzene. Environmental Science & Technology 28: 1389-1393.
- The Society of dyers and colourists. 1971. Colour Index. Vol. 2-5, 3<sup>rd</sup> ed. Great Britain: Huddersfield.
- Voyksner, R. D., Straub, R. and Keever, J. T. 1993. Determination of aromatic amines originating from azo dyes by chemical reduction combined with liquid chromatography/mass spectrometry. Environmental Science & Technology 27: 1665-1672.
- Wang, C., Yeduker, A., Lienert, D., Wang, A. and Kettrup A. 2003. Ozonation of an azo dye C.I. Remazol Black 5 and toxicological assessment of its oxidation products. Chemosphere 52: 1225-1232.

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- กาวิ ศรีกุลกิจ. 2545. หลักการย้อมสีสิ่งทอ. วารสารคัลเลอร์เวย์ 39: 37-41.
- ขนิษฐา เจริญลาภ. 2544. การกำจัดสีดิสเพิร์ส สีไดเรกต์ และ สีรีแอคทีฟจากน้ำทิ้งย้อมผ้าโดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี. วารสารคัลเลอร์เวย์ 34: 32-38.
- ธีระพงษ์ สว่างปัญญา และเสนีย์ กาญจนวงศ์. 2543. สมรรถนะการกำจัดสารอินทรีย์และสีของน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกย้อมไหมโดยถังจำลองยูเอเอสปีระดับห้องปฏิบัติการ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 8: 1-11.
- ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2527. การกำจัดสีในน้ำเสียจากโรงงานย้อมผ้า (เล่มที่ 1-5). กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาลและสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นฤมล ศิริทรงธรรม. 2545. สีไดเรกต์จากไดอะมีนที่ไม่เป็นพิษทางพันธุกรรม. วารสารคัลเลอร์เวย์ 42: 32-35.
- มันลีน ตันจุลเวศม์ และวุฒิ วิพันธ์พงษ์. 2545. การจัดการน้ำทิ้งโรงงานฟอกย้อม. วารสารคัลเลอร์เวย์ 39: 17-20.
- วัชรีย์ ชาทกิตติคุณวงศ์. 2544. โครมาโทกราฟีของเหลวที่มีสมรรถนะสูง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ศันสนีย์ รุ่งแสงพรเจริญ. 2543. Eco-textile. วารสารคัลเลอร์เวย์ 44: 49-50.
- สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. 2544. คู่มือการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าและฟอกย้อม. กรุงเทพมหานคร: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- อังคณา อมรศรี. 2544. ป้องกันสีตกระหว่างการซัก. วารสารคัลเลอร์เวย์ 34: 43-46.
- อังคณา อมรศรี. 2546. Colour chemistry. วารสารคัลเลอร์เวย์ 47: 43-45.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาษาอังกฤษ

- Akbari, A., Remigy, J. C. and Aptel, P. 2002. Treatment of textile dye effluent using a polyamide-based nanofiltration membrane. Chemical Engineering and Processing 41: 601–609.
- Fanning, C. J., Brooks, B. C., Hoeglund, A. B., Pelletier, D. A. and Wadford, J. A. 2000. The reduction of nitrate and nitrite ions in basic solution with sodium borohydride in the presence of copper (II) ions. Inorganica Chimica Acta 310: 115-119.
- Greenberg, A. E., Clesceri, A. D. and Eaton, A. D. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18<sup>th</sup> ed. Washington, D. C.: American Public Health Association.
- Gottlieb, A., Shaw, C., Smith, A., Wheatley, A. and Forsythe, S. 2003. The toxicity of textile reactive azo dyes after hydrolysis and decolourisation. Journal of Biotechnology 101: 49-56.
- Holcapek, M., Jandera, D. and Zderadick, P. 2001. High performance liquid chromatography-mass spectrometric. Journal of Chromatography A 926: 175-186.
- Hou, M. and Baughmant, G. L. 1992. Predicting the Precipitation of Acid and Direct Dyes in Natural Waters. Dyes and Pigments 18: 35-46.
- Liu, R., Liu, X., Tang, H. and Su, Y. 2001. Sorption Behavior of Dye Compounds onto Natural Sediment of Qinghe River. Journal of Colloid and Interface Science 239: 475–482 .
- Navarro, A. and Sanzb, F. 1999. Dye aggregation in solution: study of C.I. direct red I. Dyes and Pigments 40: 131-139.
- Noel, M. I., Lebrun , R. and Bouchard, C. R. 2000. Electro-nanofiltration of a textile direct dye solution. Desalination 129: 125-136.
- Pielesz, A., Baranowska, I., Rybak, A. and Wlochowicz, A. 2002. Detection and Determination of Aromatic Amines as Products of Reductive Splitting from Selected Azo Dyes. Ecotoxicology and Environmental Safety Environmental Research, Section B 53: 42-47.
- Sharma, J. P. 1999. A review of discharge printing. Textile Chemist and Colorist & American Dyestuff Reporter 1: 28-30.

- Voncina, D. B. and Marechal A. M. 2003. Reactive dye decolorization using combined ultrasound/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Dyes and Pigments 59: 173–179.
- Yoo, E. S. 2002. Kinetics of chemical decolorization of the azo dye C.I. Reactive Orange 96 by sulfide. Chemosphere 47: 925-931.
- Zielinska, B., Grzechulska, J., Kalenczuk, R. J. and Morawski, A. W. 2003. The pH influence on photocatalytic decomposition of organic dyes over A11 and P25 titanium dioxide. Applied Catalysis B: Environmental 45: 293–300.



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

ความปลอดภัยในการใช้ โซเดียม โบรมไฮไดรด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### ความปลอดภัยในการใช้โซเดียม โบโรไฮไดรด์

ชื่อเรียกอื่น	Sodium tetrahydorborate/Sodium tetrahydridoborate
มวลโมเลกุล	37.83
สูตรเคมี	$\text{NaBH}_4$
อันตราย	มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้บริเวณที่สัมผัสเกิดการไหม้เกรียม เป็นพิษต่อทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ หรือการดูดซึมทางผิวหนัง รวมทั้งเป็นของแข็งที่ติดไฟได้ และอันตรายเมื่อเปียกน้ำ
ผลต่อสุขภาพ	มีข้อมูลน้อยมาก
ผลต่อทางเดินหายใจ	การหายใจเอาสารเคมีเข้าไปจะทำอันตรายต่อเยื่อเมือก และทางเดินหายใจ ตอนบน และก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อจมูกและลำคอ ตลอดจนหายใจลำบาก และปวดบวมน้ำ
ผลต่อทางเดินอาหาร	มีฤทธิ์กัดกร่อน และทำให้ปาก คอ และท้องไหม้ นอกจากนั้นยังสามารถทำให้เกิดอาการเจ็บคอ อาเจียนและท้องร่วง
ผลต่อผิวหนัง	ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองหรือผิวหนังไหม้จากการสัมผัสสารเคมีที่เปียกหรือขณะที่ผิวหนังชื้น
ผลต่อดวงตา	มีฤทธิ์กัดกร่อน ทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน ตาแดง เจ็บปวด และทำให้เนื้อเยื่อไหม้อย่างรุนแรง
อาการเรื้อรัง	ไม่มีข้อมูล
การปฐมพยาบาลเบื้องต้น	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เมื่อผิวหนังสัมผัสกับสารเคมีให้เช็ดออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาดทันทีปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที รวมทั้งถอดเครื่องนุ่งห่มและรองเท้าที่เปื้อนสารเคมีออกแล้วไปพบแพทย์โดยเร็ว การนำเครื่องนุ่งห่มที่เปื้อนสารเคมีมาใช้อีก ต้องซักล้างให้สะอาดก่อน</li> <li>- เมื่อสารเคมีเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดปริมาณมาก ๆ นาน 15 นาที พร้อมทั้งยกเปลือกตาบนและล่างเป็นระยะ และนำส่งแพทย์</li> </ul>
อักษกภัย	สามารถลุกไหม้ได้ในอากาศเมื่อสัมผัสกับเปลวไฟ และลุกไหม้อย่างต่อเนื่องถ้าในบรรยากาศมีก๊าซไฮโดรเจน เมื่อทำปฏิกิริยากับน้ำหรือไอน้ำจะเกิดเป็นไฮโดรเจนที่ติดไฟได้

### สมบัติทางกายภาพ และเคมี

ลักษณะภายนอก	เป็นผลึกขนาดเล็กหรือรูปผงหรือก้อน มีสีขาวหรือขาวออกเทา
กลิ่น	ไม่มีกลิ่น
การละลายน้ำ	ทำปฏิกิริยากับน้ำร้อน และละลายได้ในน้ำ
ความถ่วงจำเพาะ	1.074
จุดเดือด	400 องศาเซลเซียส โดยเกิดการสลายตัวอย่างช้า ๆ
จุดหลอมเหลว	36 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่นของไอ	1 : 3 (อากาศ = 1)
ความเสถียร และการเกิดปฏิกิริยา	ทำปฏิกิริยากับน้ำ แต่มีความเสถียรในอากาศแห้งจนถึงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส และสลายตัวอย่างช้า ๆ ในอากาศชื้นหรือสุญญากาศที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส
ผลิตภัณฑ์อันตรายที่เกิดจากการสลายตัว	ได้แก่โซเดียมออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

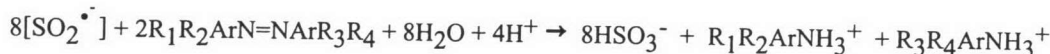
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข  
สมการและการคำนวณสตอยชิโอเมตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กำสตอยซโอมตรรกค่านวนจากสมการเคมี



เมื่อรวม 2 สมการข้างต้นเข้าด้วยกันจะได้สมการของปฏิกิริยารีดักชัน คือ



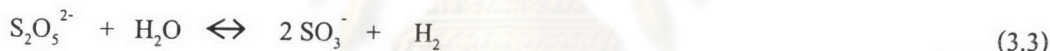
ปริมาณสตอยซโอมตรรกของ  $\text{NaBH}_4 = 0.5$  เท่าของจำนวนโมลของสีย้อม

สรูปอัตราส่วนโดยโมลของสมการเคมีคือ

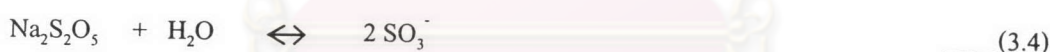
ไบซัลไฟต์ : โซเดียม โบโรไฮไดรด์ : สีย้อม = 8 : 1 : 2

( $\text{HSO}_3^-$ )                      (SBH)                      (dyes)

สมการการแตกตัวของโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์



เมื่อรวมสมการที่ 3.1 ถึง 3.3 จะได้สมการที่ 3.4 คือ



หรือ



ดังนั้นการผลิตไบซัลไฟต์จึงเป็นไปตามอัตราส่วนของ  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 : \text{HSO}_3^- = 1 : 2$

นั่นคือปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลองจะเท่ากับ

โซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ : โซเดียม โบโรไฮไดรด์ : สีย้อม = 4 : 1 : 2

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$                       (SBH)                      (dyes)



ภาคผนวก ค

ผลการทดลองหาระยะเวลาจนเร็ว และความเข้มข้นที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Red 80 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

นาที่ที่	ทีเอช					โออาร์พี					เอทีเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	5.95	6.08	6.04	6.13	6.35	135	130	126	120	116	3,265.42	4,038.63	4,892.89	8,645.11	10,118.69
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.92	4.67	4.84	4.79	4.56	119	120	90	136	46	-	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	5.59	6.67	6.79	6.80	4.91	-49	-138	-208	-213	-364	1,566.78	1,763.23	1,353.74	1,552.57	225.33
1	6.67	6.76	6.84	6.96	7.07	-78	-212	-246	-287	-400	-	-	-	-	-
2	6.65	6.77	6.83	6.97	7.08	-92	-265	-257	-295	-400	-	-	-	-	-
3	6.64	6.79	6.83	6.96	7.10	-110	-310	-261	-304	-402	-	-	-	-	-
4	6.65	6.8	6.83	6.98	7.12	-121	-356	-266	-320	-409	-	-	-	-	-
5	6.61	6.83	6.82	6.97	7.09	-131	-371	-270	-338	-415	1,307.60	294.45	156.11	137.08	55.74
6	6.64	6.80	6.80	6.95	7.09	-144	-401	-273	-353	-417	-	-	-	-	-
7	6.63	6.79	6.81	6.94	7.09	-153	-405	-276	-343	-427	-	-	-	-	-
8	6.62	6.75	6.81	6.94	7.10	-163	-416	-280	-367	-434	-	-	-	-	-
9	6.61	6.72	6.8	6.95	7.07	-164	-431	-289	-372	-446	-	-	-	-	-
10	6.61	6.74	6.82	6.93	7.08	-165	-450	-302	-396	-449	1,065.88	186.21	86.52	109.76	84.34
20	6.57	6.68	6.73	6.85	6.91	-171	-473	-324	-392	-463	944.04	130.55	77.68	76.20	49.28
30	6.66	6.68	6.68	6.72	6.8	-143	-390	-329	-425	-401	-	-	-	-	-
40	6.62	6.67	6.59	6.72	6.72	-117	-306	-340	-440	-380	1,023.02	144.41	65.51	63.21	70.96
50	6.57	6.68	6.51	6.71	6.63	-92	-238	-269	-416	-358	-	-	-	-	-
60	6.66	6.67	6.66	6.72	6.58	-76	-159	-198	-392	-343	1,119.92	154.88	132.74	66.62	86.72
หยุดกวนเร็ว															
70	6.68	6.67	6.66	6.71	6.68	-62	-94	-148	-378	-332	-	-	-	-	-
80	6.69	6.66	6.65	6.68	6.78	-50	-41	-110	-377	-333	1,123.85	159.12	53.75	29.87	96.16
90	6.67	6.66	6.65	6.68	6.71	-49	-21	-98	-370	-332	-	-	-	-	-
100	6.65	6.67	6.75	6.67	6.75	-40	-22	-92	-375	-331	1,120.55	168.05	57.82	33.10	95.12
110	6.65	6.65	6.75	6.67	6.74	-38	-20	-83	-370	-330	-	-	-	-	-
120	6.65	6.66	6.72	6.67	6.74	-33	-20	-77	-375	-330	1,118.25	177.57	68.33	32.37	99.44

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง

ตารางที่ ก.2 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Black 19 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

นาที่ที่	ทีเอช					โออาร์ที					เอดีเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	8.22	8.25	8.28	8.35	8.39	166	165	164	165	160	1,778.50	2,684.65	2,900.02	3,590.96	4,241.33
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.20	5.30	5.32	5.37	5.41	148	105	111	115	53	-	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	6.80	7.18	7.09	7.11	7.12	-301	-412	-435	-409	-435	1,835.45	2,003.40	1,898.46	924.78	1,341.84
1	6.91	7.25	7.23	7.23	7.27	-328	-446	-485	-449	-586	-	-	-	-	-
2	6.91	7.25	7.24	7.23	7.28	-372	-467	-507	-476	-592	-	-	-	-	-
3	6.91	7.25	7.25	7.24	7.27	-403	-496	-533	-516	-612	-	-	-	-	-
4	6.91	7.25	7.24	7.22	7.27	-419	-513	-548	-538	-621	-	-	-	-	-
5	6.91	7.24	7.24	7.22	7.27	-446	-529	-583	-573	-626	417.47	213.48	175.36	471.99	564.41
6	6.91	7.23	7.23	7.21	7.27	-455	-542	-600	-587	-630	-	-	-	-	-
7	6.91	7.23	7.22	7.21	7.26	-463	-542	-617	-604	-632	-	-	-	-	-
8	6.91	7.22	7.22	7.19	7.25	-467	-554	-640	-649	-633	-	-	-	-	-
9	6.90	7.22	7.21	7.20	7.25	-463	-560	-662	-662	-634	-	-	-	-	-
10	6.89	7.22	7.21	7.19	7.20	-471	-571	-667	-702	-633	306.94	243.69	200.71	438.93	543.91
20	6.75	7.15	7.17	7.09	7.13	-480	-571	-699	-636	-634	217.67	270.76	234.66	452.38	561.08
30	6.71	7.06	7.08	7.02	7.02	-484	-579	-625	-609	-636	-	-	-	-	-
40	6.67	7.00	7.05	6.95	6.96	-504	-612	-579	-605	-640	-	-	-	-	-
50	6.78	6.92	6.98	6.89	6.91	-367	-526	-546	-587	-620	-	-	-	-	-
60	6.76	6.90	9.95	6.88	6.87	-253	-475	-520	-582	-612	284.60	339.49	290.35	449.05	524.75
หยุดกวนเร็ว															
70	6.77	6.99	6.94	6.88	6.89	-184	-404	-487	-564	-611	-	-	-	-	-
80	6.78	6.99	6.81	6.88	6.88	-109	-325	-454	-560	-609	391.61	359.99	302.75	447.91	533.12
90	6.77	6.98	6.81	6.87	6.88	-48	-267	-425	-551	-609	-	-	-	-	-
100	6.77	6.97	6.82	6.88	6.88	-32	-197	-383	-551	-608	401.81	361.94	317.30	452.11	542.23
110	6.78	6.96	6.83	6.87	6.87	-30	-164	-359	-560	-609	-	-	-	-	-
120	6.77	6.95	6.83	6.87	6.87	-30	-138	-357	-556	-609	406.09	349.59	312.77	456.24	542.23

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง

ตารางที่ ก.3 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Blue 71 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

นาที่ที่	ฟิโอส					โออาร์ที					เอดิเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	6.05	5.64	6.27	6.02	5.99	195	190	195	190	186	3,523.78	4,714.03	5,693.56	10,047.54	12,561.83
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.40	4.97	5.02	5.03	5.09	102	45	27	47	-30	-	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	6.90	6.89	6.86	6.87	6.95	-110	-198	-179	-188	-309	13,949.83	11,829.39	4,092.95	5,376.21	7,964.70
1	6.92	6.95	6.95	6.96	7.14	-137	-226	-219	-220	-381	-	-	-	-	-
2	6.92	6.95	7.01	7.02	7.15	-163	-229	-247	-304	-384	-	-	-	-	-
3	6.90	6.94	7.01	7.02	7.14	-185	-232	-255	-313	-384	-	-	-	-	-
4	6.89	6.91	7.01	7.02	7.15	-185	-241	-265	-320	-385	-	-	-	-	-
5	6.88	6.91	7.00	7.01	7.14	-198	-241	-277	-324	-385	9,926.91	6,940.74	3,781.66	4,309.61	3,150.37
6	6.86	6.90	6.99	7.00	7.14	-211	-247	-280	-331	-385	-	-	-	-	-
7	6.85	6.89	6.98	6.99	7.13	-223	-254	-294	-344	-387	-	-	-	-	-
8	6.86	6.88	6.97	6.98	7.13	-236	-257	-297	-368	-386	-	-	-	-	-
9	6.85	6.87	6.96	6.97	7.12	-255	-281	-308	-377	-387	-	-	-	-	-
10	6.84	6.85	6.96	6.97	7.11	-264	-290	-322	-406	-390	7,329.08	4,552.16	3,579.86	2,446.71	1,796.81
20	6.75	6.74	6.90	6.91	7.01	-299	-325	-336	-435	-416	4,593.02	2,328.31	2,812.77	2,113.86	1,261.25
30	6.74	6.62	6.84	6.85	6.93	-312	-287	-365	-458	-433	-	-	-	-	-
40	6.73	6.59	6.74	6.75	6.83	-350	-226	-404	-473	-445	-	-	-	-	-
50	6.72	6.57	6.69	6.70	6.77	-280	-149	-365	-484	-427	-	-	-	-	-
60	6.75	6.58	6.68	6.69	6.72	-220	-121	-347	-500	-429	756.54	284.97	1,613.48	173.73	231.20
หยุดกวนเร็ว															
70	6.99	6.88	6.67	6.68	6.72	-170	-93	-334	-393	-429	-	-	-	-	-
80	6.99	6.90	6.66	6.67	6.71	-125	-83	-329	-374	-439	755.96	278.91	1,308.41	134.52	249.35
90	6.99	6.85	6.65	6.66	6.70	-89	-84	-332	-355	-410	-	-	-	-	-
100	6.99	6.85	6.63	6.64	6.69	-65	-78	-336	-338	-418	755.38	277.76	944.43	140.54	234.38
110	6.99	6.82	6.63	6.64	6.77	-51	-76	-333	-321	-428	-	-	-	-	-
120	6.99	6.83	6.64	6.65	6.51	-31	-66	-333	-305	-422	759.36	278.93	746.51	199.46	249.40

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง



ตารางที่ ก.4 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Red 198 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

นาทิตั้ง	ทีโอช					ไออาร์ที					เอ็ดเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	5.21	6.09	5.43	5.43	5.61	225	220	220	215	210	2,598.38	3,429.95	4,185.83	5,821.97	8,892.87
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.73	4.85	4.70	4.49	4.77	110	140	164	102	149	-	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	6.66	6.08	6.73	6.77	6.74	-57	-138	-124	-169	-114	1,343.21	268.46	402.29	976.43	936.36
1	6.69	6.79	6.77	6.91	6.96	-64	-271	-143	-270	-275	-	-	-	-	-
2	6.67	6.79	6.77	6.91	6.96	-71	-290	-162	-280	-275	-	-	-	-	-
3	6.65	6.77	6.77	6.91	6.97	-74	-315	-184	-287	-285	-	-	-	-	-
4	6.64	6.75	6.77	6.91	7.00	-77	-338	-205	-288	-298	-	-	-	-	-
5	6.63	6.76	6.78	6.92	7.02	-80	-351	-220	-291	-305	1,085.89	335.58	396.57	725.25	954.34
6	6.62	6.75	6.77	6.92	7.01	-68	-370	-236	-290	-309	-	-	-	-	-
7	6.59	6.76	6.76	6.91	7.02	-61	-383	-252	-291	-312	-	-	-	-	-
8	6.60	6.75	6.76	6.91	7.01	-50	-390	-264	-293	-315	-	-	-	-	-
9	6.58	6.71	6.75	6.90	7.01	-41	-397	-272	-295	-318	-	-	-	-	-
10	6.59	6.72	6.74	6.90	7.00	-34	-413	-282	-298	-320	1,083.87	330.96	394.20	209.93	940.55
20	6.63	6.61	6.74	6.80	6.94	-30	-363	-295	-316	-310	1,079.28	386.63	393.95	543.65	894.23
30	6.63	6.56	6.70	6.75	6.83	-24	-308	-246	-323	-303	-	-	-	-	-
40	6.63	6.52	6.67	6.67	6.77	-17	-246	-193	-340	-300	1,079.63	425.98	533.85	741.55	797.02
50	6.61	6.54	6.68	6.62	6.69	-12	-191	-143	-304	-260	-	-	-	-	-
60	6.60	6.70	6.68	6.62	6.67	-9	-130	-102	-257	-249	1,070.31	482.72	616.83	742.40	713.09
หยุดกวนเร็ว															
70	6.77	6.65	6.75	6.65	6.73	-7	-79	-74	-230	-200	-	-	-	-	-
80	6.68	6.63	6.81	6.64	6.69	-7	-45	-63	-214	-211	1,070.39	517.49	664.64	805.45	704.08
90	6.80	6.63	6.79	6.76	6.70	-8	-37	-57	-165	-121	-	-	-	-	-
100	6.82	6.62	6.77	6.66	6.70	-6	-40	-51	-151	-124	1,065.98	527.69	684.38	808.45	619.23
110	6.73	6.62	6.76	6.66	6.69	-6	-40	-46	-139	-131	-	-	-	-	-
120	6.73	6.61	6.76	6.66	6.64	-7	-40	-42	-140	-125	1,065.02	541.06	703.68	816.66	569.11

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง

ตารางที่ ก.5 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Black 5 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

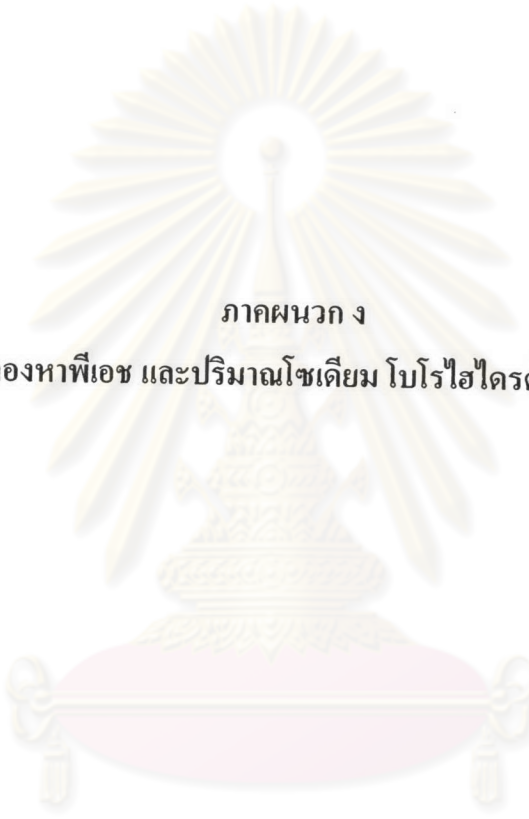
นาที่ที่	พีเอช					ไออาร์พี					เอทีเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	5.01	5.08	4.98	5.00	5.00	349	330	328	325	320	3,324.11	4,139.26	6,103.85	12,550.26	13,835.96
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.82	4.66	4.89	4.54	4.60										
เติม SBH (0)	6.87	6.76	6.33	6.64	6.76	186	168	165	153	150	-	-	-	-	-
1	6.89	6.86	6.45	6.65	6.85	-110	-131	-120	-103	-186	2,894.30	1,074.44	2,454.73	692.87	8,449.95
2	6.87	6.84	6.65	6.67	6.87	-122	-152	-115	-98	-225	-	-	-	-	-
3	6.85	6.83	6.66	6.74	6.89	-128	-169	-125	-115	-276	-	-	-	-	-
4	6.85	6.82	6.75	6.86	6.90	-132	-188	-138	-124	-283	-	-	-	-	-
5	6.83	6.81	6.79	6.97	6.91	-136	-203	-147	-145	-294	-	-	-	-	-
6	6.82	6.80	6.80	7.01	6.93	-144	-215	-154	-157	-297	2,616.95	89.31	572.78	133.80	133.17
7	6.81	6.79	6.81	7.01	6.94	-150	-230	-162	-165	-295	-	-	-	-	-
8	6.81	6.80	6.81	7.01	6.91	-156	-236	-178	-179	-296	-	-	-	-	-
9	6.81	6.78	6.82	7.01	6.85	-162	-242	-184	-191	-295	-	-	-	-	-
10	6.81	6.77	6.80	7.01	6.84	-169	-247	-191	-204	-293	-	-	-	-	-
20	6.79	6.73	6.80	6.95	6.66	-175	-256	-204	-220	-292	2,603.84	153.58	265.70	152.44	140.30
30	6.78	6.69	6.75	6.87	6.59	-180	-199	-162	-240	-305	2,382.21	854.59	296.41	165.48	151.57
40	6.78	6.64	6.71	6.81	6.47	-181	-159	-154	-216	-329	-	-	-	-	-
50	6.78	6.61	6.69	6.71	6.44	-188	-114	-80	-200	-311	2,354.58	962.10	572.84	224.97	200.69
60	6.77	6.59	6.66	6.76	6.51	-155	-82	-75	-185	-299	-	-	-	-	-
						-125	-54	-32	-170	-283	2,366.24	963.89	639.01	594.92	427.43
หยุดกวนเร็ว															
70	6.90	6.75	6.62	6.80	6.57	-104	-28	-32	-148	-241	-	-	-	-	-
80	6.90	6.73	6.56	6.83	6.57	-80	-21	-24	-135	-257	2,344.93	962.16	652.43	525.06	359.38
90	6.92	6.72	6.52	6.82	6.57	-64	-17	-22	-130	-263	-	-	-	-	-
100	6.94	6.69	6.54	6.81	6.57	-58	-14	-18	-112	-231	2,347.88	959.09	679.45	524.92	402.84
110	6.94	6.67	6.55	6.81	6.58	-56	-11	-15	-112	-233	-	-	-	-	-
120	6.94	6.69	6.54	6.81	6.57	-54	-9	-15	-98	-238	2,336.49	962.93	724.89	527.36	465.01

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง

ตารางที่ ก.6 ระยะเวลาผสม และความเข้มข้นเริ่มต้นที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Blue 225 ที่ความเข้มข้น 50 70 90 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

นาที่ที่	พีเอช					โออาร์พี					เอทีเอ็มไอ				
	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200	50	70	90	150	200
เริ่มต้น	5.59	5.34	5.39	4.84	4.75	190	185	180	180	176	2,954.22	3,785.99	5,218.36	9,226.08	12,404.76
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.93	4.45	4.66	4.51	4.48	25	24	24	50	18	-	-	-	-	-
เค็ม SBH (0)	6.83	6.90	6.88	6.82	6.93	-185	-225	-240	-348	-380	325.99	404.93	449.25	118.87	106.37
1	6.92	6.94	6.98	7.07	7.17	-242	-325	-280	-382	-385	-	-	-	-	-
2	6.92	6.95	6.99	7.09	7.18	-288	-348	-345	-397	-394	-	-	-	-	-
3	6.89	6.97	6.99	7.10	6.19	-346	-385	-358	-401	-411	-	-	-	-	-
4	6.92	6.95	7.00	7.11	7.19	-398	-427	-401	-421	-432	-	-	-	-	-
5	6.92	6.95	7.00	7.11	7.19	-435	-449	-412	-437	-433	62.07	58.30	59.78	119.32	94.61
6	6.90	6.96	6.99	7.11	7.19	-453	-466	-425	-462	-442	-	-	-	-	-
7	6.89	6.97	6.99	7.10	7.18	-474	-486	-413	-465	-456	-	-	-	-	-
8	6.88	6.97	6.98	7.10	7.17	-490	-504	-458	-480	-472	-	-	-	-	-
9	6.88	6.96	6.98	7.10	7.16	-505	-512	-476	-490	-489	-	-	-	-	-
10	6.87	6.97	6.97	7.09	7.15	-522	-524	-490	-503	-503	45.16	66.79	65.68	109.01	127.24
20	6.75	6.87	6.91	7.01	7.03	-500	-536	-502	-513	-514	87.74	76.28	86.80	130.55	144.94
30	6.70	6.85	6.78	6.91	6.88	-490	-548	-504	-527	-526	-	-	-	-	-
40	6.72	6.78	6.75	6.84	6.77	-472	-570	-527	-529	-542	438.40	105.86	113.21	140.04	193.10
50	6.72	6.73	6.75	6.83	6.74	-450	-555	-536	-550	-550	-	-	-	-	-
60	6.73	6.70	6.69	6.77	6.69	-420	-543	-548	-574	-568	443.65	202.60	181.15	165.91	210.31
หยุดกวนเร็ว															
70	6.74	6.73	6.73	6.79	6.71	-390	-521	-540	-525	-550	-	-	-	-	-
80	6.74	6.75	6.74	6.79	6.69	-364	-507	-522	-524	-535	446.65	289.65	267.56	210.87	267.98
90	6.70	6.80	6.75	6.79	6.68	-351	-496	-518	-520	-532	-	-	-	-	-
100	6.68	6.78	6.74	6.77	6.68	-343	-475	-509	-518	-529	444.28	468.09	695.40	252.53	359.09
110	6.71	6.75	6.72	6.75	6.67	-334	-460	-505	-516	-521	-	-	-	-	-
120	6.69	6.68	6.73	6.74	6.65	-320	-454	-501	-514	-521	446.89	568.23	665.72	282.7295	453.57

(-) หมายถึง ไม่ทำการทดลอง



ภาคผนวก ง  
ผลการทดลองหาพีเอช และปริมาณโซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมของสี C.I. Direct Red 80

นาที่ที่	พีเอช			เอดีเอ็มไอ		
	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า
เริ่มต้น	6.63	6.38	7.03	10,118.69	10,118.69	10,118.69
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	4.84	4.81	4.70	-	-	-
เติม SBH (0)	6.44	6.66	6.89	6,232.38	3,283.87	2,194.71
5	6.40	6.78	7.05	5,452.77	2,056.98	227.94
10	6.36	6.72	7.04	-	-	-
20	6.31	6.64	6.96	3,601.18	392.10	63.54
40	6.34	6.63	6.98	1,740.14	191.51	65.27
60	6.30	6.64	6.95	791.65	137.55	70.31
80	6.28	6.61	6.94	-	-	-
90	-	-	-	356.94	110.44	75.36
100	6.26	6.59	6.90	-	-	-
120	6.23	6.59	6.88	582.38	97.90	76.33

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.2 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมของสี C.I. Direct Black 19

นาที่ที่	พีเอช			เอดีเอ็มไอ		
	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า
เริ่มต้น	8.22	8.12	7.90	4,241.33	4,241.33	4,241.33
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	5.35	7.85	5.33	-	-	-
เติม SBH (0)	6.44	6.56	6.89	2,520.35	2,094.41	1,060.20
5	6.42	6.56	7.01	1,888.21	1,546.10	567.97
10	6.41	6.53	6.97	1,537.30	1,195.17	556.08
20	6.33	6.45	6.87	1,042.73	2,404.79	557.85
40	6.37	6.46	6.90	543.51	449.63	572.97
60	6.34	6.46	6.91	447.70	459.64	550.00
80	6.34	6.45	5.81	-	-	-
90	-	-	-	539.70	550.70	559.47
100	6.34	6.42	6.91	-	-	-
120	6.28	6.42	6.91	576.95	595.63	545.85

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.3 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสมของสี C.I. Direct Blue 71

นาที่ที่	ฟือช			เอ็ดเอ็มไอ		
	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า	10 เท่า	15 เท่า	20 เท่า
เริ่มต้น	6.50	6.01	5.82	12,561.83	12,561.83	12,561.83
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	5.07	4.86	4.80	-	-	-
เติม SBH (0)	6.51	6.61	6.87	8,772.11	7,803.14	7,179.14
5	6.40	6.74	6.96	6,359.97	6,322.15	2,589.65
10	6.37	6.69	6.93	5,446.90	4,708.70	981.71
20	6.30	6.58	6.84	3,874.43	2,725.82	106.42
30	6.24	6.50	6.77	-	-	-
40	6.19	6.44	6.69	1,366.76	761.48	190.07
60	6.21	6.42	6.74	520.65	129.65	469.82
80	6.11	6.42	6.73	-	-	-
90	-	-	-	140.04	212.43	230.98
100	6.09	6.40	6.73	-	-	-
120	6.10	6.40	6.72	214.66	221.57	230.57

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตาราง ง.4 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Red 198

นาที่ที่	ฟือช			เอ็ดเอ็มไอ		
	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า
เริ่มต้น	4.98	4.99	4.91	8,892.87	8,892.87	8,892.87
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	4.46	4.46	4.44	-	-	-
เติม SBH (0)	5.65	5.95	6.11	209.80	408.13	544.39
5	5.63	5.90	6.11	261.61	413.00	516.27
10	5.62	5.89	6.12	259.24	381.81	500.75
20	5.59	5.85	6.08	-	-	-
40	5.63	5.82	6.12	302.46	364.43	479.62
60	5.62	5.84	6.10	338.60	381.11	479.88
80	5.65	5.83	6.05	-	-	-
90	-	-	-	383.99	363.91	468.69
100	5.60	5.82	6.06	-	-	-
120	5.60	5.81	6.05	549.48	357.17	458.24

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตาราง ง.5 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Black 5

นาที่ที่	พีเอช			เอดีเอ็มไอ		
	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า
เริ่มต้น	5.44	5.53	5.15	13,835.96	13,835.96	13,835.96
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	4.49	4.50	4.40	-	-	-
เติม SBH (0)	5.58	6.04	6.06	1,603.32	2,776.83	606.94
5	5.58	6.00	6.06	976.35	814.02	126.61
10	5.57	5.98	6.03	213.06	99.16	131.79
20	5.56	5.92	6.04	795.68	152.40	155.48
40	5.49	5.93	6.01	1,208.65	250.08	203.61
60	5.55	5.79	6.02	1,213.15	327.30	239.19
80	5.52	5.78	6.01	-	-	-
90	-	-	-	1,243.59	389.34	273.88
100	5.55	5.78	6.00	-	-	-
120	5.52	5.78	6.00	1,249.48	332.36	280.88

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.6 ผลการทดลองการหาปริมาณ โซเดียม โบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Blue 225

นาที่ที่	พีเอช			เอดีเอ็มไอ		
	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า	3 เท่า	5 เท่า	7 เท่า
เริ่มต้น	6.04	6.43	6.02	12,404.76	12,404.76	12,404.76
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	4.60	4.77	4.57	-	-	-
เติม SBH (0)	6.44	4.77	7.04	7,700.40	7,966.42	7,700.40
5	6.38	6.85	7.10	3,974.42	6,194.34	3,974.42
10	6.38	6.79	7.10	3,406.88	5,007.59	3,406.88
20	6.31	6.69	7.00	1,513.51	3,288.20	1,513.51
30	6.24	6.60	6.93	-	-	-
40	6.24	6.53	6.85	194.62	1,178.49	194.62
50	6.21	6.47	6.79	-	-	-
60	6.21	6.59	6.81	172.42	349.05	172.42
80	6.11	6.45	6.76	-	-	-
90	-	-	-	241.05	207.16	241.05
100	6.18	6.46	6.79	-	-	-
120	6.11	6.45	6.78	256.88	237.67	256.88

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ๖.7 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Direct red 80

นาที่ที่	พีเอช				เอ็ดเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	6.63	8.50	10.00	10,118.69	10,118.69	10,118.69	10,118.69
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.25	4.84	4.90	4.98	-	-	-	-
เติม SBH (0)	6.34	6.44	6.43	6.51	5,463.75	6,915.87	5,807.00	5,540.32
5	6.33	6.40	6.39	6.29	5,069.86	6,595.82	1,819.88	2,145.65
10	6.33	6.36	6.37	6.32	4,322.72	5,881.98	4,950.97	3,514.87
20	6.21	6.31	6.28	6.22	1,180.70	5,088.68	3,870.50	2,789.15
30	6.20	6.34	6.24	6.20	-	-	-	-
40	6.18	6.30	6.29	6.19	1,654.44	4,124.67	1,651.00	1,045.54
60	6.19	6.28	6.27	6.23	1,883.62	3,024.22	1,016.69	985.47
80	6.19	6.26	6.25	6.25	-	-	-	-
90	-	-	-	-	1,786.21	1,533.07	445.38	540.22
100	6.18	6.23	6.23	6.26	-	-	-	-
120	6.18	5.89	6.24	6.26	661.17	582.38	333.57	170.19

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ๖.8 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Direct Black 19

นาที่ที่	พีเอช				เอ็ดเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	8.13	8.50	10.00	4,241.33	4,241.33	4,241.33	4,241.33
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.23	5.36	5.27	6.20	-	-	-	-
เติม SBH (0)	6.31	5.57	6.97	6.65	2,784.54	2,520.35	2,230.88	2,242.59
5	6.28	5.92	6.34	6.49	2,302.81	1,888.21	1,716.55	1,640.52
10	6.24	5.91	6.64	6.45	1,364.63	1,537.30	2,126.59	1,142.33
20	6.19	5.91	6.32	6.40	886.53	1,042.73	453.39	744.36
40	6.18	5.93	6.35	6.49	469.80	543.51	479.48	466.30
60	6.17	5.92	6.35	6.47	453.25	447.70	480.24	522.90
80	6.17	5.94	6.34	6.45	-	-	-	-
90	-	-	-	-	543.22	539.70	558.54	637.90
100	6.18	5.97	6.34	6.43	-	-	-	-
120	6.18	5.95	6.30	6.41	555.94	576.95	583.69	617.12

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง



ตารางที่ ง.9 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Direct Blue71

นาที่ที่	พีเอช				เอดีเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	6.26	8.50	10.00	12,561.83	12,561.83	12,561.83	12,561.83
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.34	4.93	4.82	5.44	-	-	-	-
เติม SBH (0)	6.32	5.84	6.38	6.56	7,992.76	8,772.11	8,126.32	8,421.93
5	6.30	5.82	6.33	6.46	5,689.08	6,359.97	4,428.48	6,169.04
10	6.23	5.82	6.26	6.44	3,298.07	5,446.90	3,715.29	5,268.85
20	6.21	5.81	6.25	6.38	688.46	3,874.43	159.46	3,160.29
30	6.19	5.82	6.20	6.30	-	-	-	-
40	6.19	5.83	6.17	6.30	185.68	1,366.76	168.08	680.24
60	6.19	5.83	6.24	6.28	241.58	520.65	219.72	185.11
80	6.19	5.83	6.25	6.30	-	-	-	-
90	-	-	-	-	252.37	140.04	235.48	209.82
100	6.18	5.83	6.25	6.25	-	-	-	-
120	6.18	5.83	6.25	6.25	254.89	214.66	243.29	264.82

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.10 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Red 198

นาที่ที่	พีเอช				เอดีเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	4.98	8.51	10.00	8,892.87	8,892.87	8,892.87	8,892.87
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.71	4.46	4.76	4.75	-	-	-	-
เติม SBH (0)	5.65	5.65	5.73	5.69	276.26	209.80	235.14	225.40
5	5.62	5.63	5.70	5.72	296.09	261.61	275.37	284.14
10	5.59	5.62	5.66	5.70	292.66	259.24	276.17	280.96
20	5.57	5.59	5.70	5.71	343.39	295.36	328.54	334.78
40	5.63	5.63	5.75	5.71	439.84	302.46	323.43	351.62
60	5.64	5.62	5.68	5.65	525.56	338.60	322.88	365.45
80	5.65	5.65	5.66	5.65	-	-	-	-
90	-	-	-	-	633.07	383.99	388.16	370.57
100	5.66	5.60	5.66	5.67	-	-	-	-
120	5.66	5.60	5.56	5.67	732.54	549.48	471.34	384.41

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.11 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Black 5

นาที่ที่	พีเอช				เอซีเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	5.53	8.50	10.00	13,835.96	13,835.96	13,835.96	13,835.96
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.18	4.50	4.72	5.20	-	-	-	-
เติม SBH (0)	5.93	6.04	5.98	6.28	1,956.55	2,776.83	4,140.53	1,032.86
5	5.90	6.00	5.94	6.15	97.46	814.02	689.75	110.65
10	5.89	5.98	5.90	6.12	132.24	99.16	87.24	160.37
20	5.85	5.92	5.86	6.09	147.16	152.40	144.09	168.10
40	5.93	5.93	5.91	6.14	193.14	250.08	231.71	238.87
60	5.88	5.79	5.91	6.14	248.53	327.30	308.73	331.66
80	5.82	5.78	5.91	6.14	-	-	-	-
90	-	-	-	-	304.66	389.34	356.58	340.52
100	5.80	5.78	5.90	6.15	-	-	-	-
120	5.79	5.78	5.90	6.15	327.51	332.36	397.44	347.53

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ง.12 ผลการทดลอง หาพีเอชที่เหมาะสม ของสี C.I. Reactive Blue 225

นาที่ที่	พีเอช				เอซีเอ็มไอ			
	4	ปกติ	8.5	10	4	ปกติ	8.5	10
เริ่มต้น	4.00	4.93	8.50	10.00	12,404.76	12,404.76	12,404.76	12,404.76
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.28	4.59	4.88	5.74	-	-	-	-
เติม SBH (0)	5.30	6.06	6.02	6.22	3,594.60	2,347.74	3,126.58	2,918.88
5	5.95	5.99	5.98	6.15	2,445.99	1,773.65	1,996.34	1,794.15
10	5.91	5.97	5.96	6.12	1,475.61	1,131.78	1,022.16	915.65
20	5.88	5.93	5.91	6.08	1,206.53	826.50	524.50	369.81
30	5.84	5.89	5.86	6.07	-	-	-	-
40	5.76	5.80	5.83	6.06	865.64	190.28	156.35	192.56
50	5.74	5.88	5.84	6.06	-	-	-	-
60	5.72	5.87	5.84	6.06	1,149.21	280.70	313.03	329.17
80	5.71	5.84	5.84	6.07	-	-	-	-
90	-	-	-	-	1,146.97	428.83	656.37	354.21
100	5.70	5.84	5.83	6.07	-	-	-	-
120	5.70	5.81	5.83	6.07	1,153.86	395.89	542.99	364.49

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

๑๒๓๔๕๖๗๘๙๐



ภาคผนวก จ  
หาปริมาณโซเดียมเมตะไบซัลไฟต์ที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.1 ปริมาณ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Red 80

นาที่ที่	ฟีนอล				โออาร์พี				เอดีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	6.66	6.46	6.53	6.58	122	120	130	125	10,118.69	10,118.69	10,118.69	10,118.69
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5.94	4.02	4.65	4.42	110	100	95	98	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	7.44	6.22	6.13	5.75	-402	-413	-480	-498	6,799.13	6,232.38	6,758.25	2,229.78
5	7.59	6.16	6.06	5.68	-441	-539	-561	486	5,269.97	5,452.77	6,347.71	6,565.92
10	7.49	6.11	6.02	5.62	-354	-543	-555	-477	4,225.71	4,716.24	6,185.49	6,213.74
20	7.41	6.01	5.95	5.53	-94	-534	-548	-473	4,328.02	3,601.18	5,543.89	5,501.55
30	7.41	6.03	5.9	5.47	-70	-532	-538	-469	-	-	-	-
40	7.51	6.04	6.01	5.31	-66	-533	-536	-459	4,214.97	1,740.14	4,787.96	4,173.04
60	7.46	6.03	5.98	5.32	-45	-529	-536	-565	4,120.13	791.65	2,931.66	2,241.74
80	7.44	6.03	5.96	5.30	-32	-527	-533	-452	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	4,306.55	356.94	1,070.17	913.84
120	7.43	6.04	5.97	5.31	-18	-522	-514	-450	4,387.63	582.38	507.83	235.72

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง



ตารางที่ จ.2 ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Black 19

นาที่ที่	พีเอช				โออาร์พี				เอดีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	8.37	8.35	8.37	8.36	160	158	162	161	4,241.33	4,241.33	4,241.33	4,241.33
หลังเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	5.68	5.55	5.42	5.39	87	75	65	44	-	-	-	-
เติม SBH (0)	7.67	7.55	7.41	7.28	-403	-412	-425	-454	55.97	1,060.20	2,388.08	2,441.48
5	8.14	7.42	7.32	7.11	-522	-435	-442	-465	906.87	567.97	1,735.77	1,639.77
10	8.12	7.35	7.22	6.46	-503	-475	-485	-525	1,547.18	556.08	1,176.22	808.73
20	7.97	7.02	7.01	6.37	428	-458	-477	-503	1,826.78	557.85	570.07	503.43
30	8.02	6.98	6.86	6.25	-434	-432	-456	-489	-	-	-	-
40	7.99	6.64	6.74	6.22	-356	-402	-418	-445	1,850.07	572.97	498.31	569.41
60	8.01	6.57	6.52	6.18	-243	-354	-403	-405	1,792.65	550.00	553.69	564.27
80	8.02	6.54	6.44	6.18	-176	-324	-385	-398	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	1,830.03	559.47	604.64	601.75
100	8.04	6.53	6.42	6.17	-148	-214	-345	-342	-	-	-	-
110	8.06	6.55	6.43	6.12	-141	-198	-325	-311	-	-	-	-
120	8.07	6.56	6.45	6.13	-134	-195	-323	-314	1,879.41	545.85	590.35	578.93

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ จ.3 ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Direct Blue 71

นาที่ที่	พีเอช				โออาร์พี				เอดีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	5.91	5.99	5.94	5.95	178	186	180	184	12,561.83	12,561.83	12,561.83	12,561.83
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.32	5.09	5.01	4.89	127	130	85	50	-	-	-	-
เติม SBH (0)	8.81	6.95	6.84	5.98	-223	-309	-314	-327	9,344.71	7,179.14	8,176.53	7,725.06
5	8.78	7.14	6.55	5.78	-261	-385	-384	-405	9,414.33	2,589.65	5,748.45	4,147.12
10	8.86	7.11	6.45	5.65	-262	-390	-397	-412	9,443.07	981.71	3,758.76	2,526.44
20	8.93	7.01	6.37	5.41	-246	-416	-401	-455	9,505.94	106.42	1,667.56	600.94
30	8.96	6.93	6.29	5.42	-235	-433	-418	-464	-	-	-	-
40	8.98	6.83	6.1	5.39	-222	-445	-425	-458	9,104.13	190.07	168.17	195.81
50	9.05	6.72	5.89	5.17	-230	-427	-412	-432	-	-	-	-
60	9.08	6.72	5.85	5.04	-212	-429	-408	-421	8,932.66	469.82	173.65	261.96
80	9.03	6.71	5.88	4.78	-212	-439	-407	-417	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	8,942.12	230.98	247.57	304.33
100	9.04	6.51	5.84	4.65	-206	-428	-401	-408	-	-	-	-
120	9.05	6.51	5.84	4.62	-203	-422	-402	-409	2,949.66	230.57	279.64	283.27

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.4 ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Red 198

นาที่ที่	พีเอช				โออาร์พี				เอทีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	5.14	5.16	5.20	4.98	203	210	205	208	8,892.87	8,892.87	8,892.87	8,892.87
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.73	4.77	4.57	4.51	160	149	132	87	-	-	-	-
เดิม SBH (0)	7.48	6.74	5.95	5.77	-160	-114	-458	-278	6,297.71	449.89	339.69	261.96
5	7.73	7.02	5.95	5.75	-111	-305	-464	-487	5,310.29	426.13	379.39	306.15
10	7.78	7.00	5.92	5.73	-274	-320	-474	-483	61,859.99	428.13	427.92	319.48
20	7.88	6.94	5.88	5.70	-124	-310	-388	-339	5,200.34	462.55	430.54	358.00
30	8.13	6.83	5.95	5.74	-118	-303	-264	-218	-	-	-	-
40	8.08	6.77	5.94	5.74	-105	-300	-242	-113	1,698.84	533.44	495.56	431.45
60	8.04	6.67	5.94	5.74	-85	-249	-125	-111	1,694.98	608.95	546.56	479.48
80	8.01	6.69	5.91	5.70	-25	-211	-115	-98	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	1,725.81	696.24	598.47	578.45
100	8.01	6.69	5.89	5.69	-10	-131	-88	-55	-	-	-	-
120	7.97	6.64	5.87	5.64	32	-125	-60	-12	1,747.19	749.80	636.57	590.31

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

ตารางที่ ๑.5 ปริมาณ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Black 5

นาที่ที่	ฟิเอช				โออาร์พี				เอทีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	5.23	5.10	5.06	5.25	310	320	315	317	13,835.96	13,835.96	13,835.96	13,835.96
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.30	4.60	4.70	4.57	140	150	128	150	-	-	-	-
เติม SBH (0)	8.84	6.76	6.23	5.99	-200	-186	-387	-410	5,357.38	1,204.52	1,078.32	972.66
5	8.79	6.91	6.17	5.96	-210	-297	-549	-510	5,405.07	120.25	364.10	106.73
10	8.82	6.84	6.16	5.93	-210	-292	-550	-540	5,220.73	173.25	164.49	127.70
20	8.79	6.66	6.15	5.9	-213	-305	-542	-536	5,186.65	200.53	223.07	148.08
30	8.95	6.59	6.16	5.95	-234	-329	-480	-526	-	-	-	-
40	8.95	6.47	6.15	5.93	-182	-311	-430	-481	5,232.71	269.11	250.80	212.22
60	8.95	6.51	6.16	5.93	-164	-283	-272	516	5,084.27	322.82	312.04	240.10
80	8.95	6.57	6.15	5.95	-163	-257	-254	-518	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	5,026.80	431.56	354.37	134.66
100	8.94	6.58	6.12	5.89	-124	-233	-187	-516	-	-	-	-
120	8.95	6.57	6.09	5.87	-114	-238	-111	-514	5,176.89	445.26	366.90	310.36

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง



ตารางที่ จ.6 ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดสี C.I. Reactive Blue 225

นาทิต่ำ	พีเอช				โออาร์พี				เอดีเอ็มไอ			
	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า	0.5 เท่า	2 เท่า	3 เท่า	4 เท่า
เริ่มต้น	4.69	4.75	4.77	4.68	174	176	175	175	12,404.76	12,404.76	12,404.76	12,404.76
หลังเติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.69	4.48	4.25	4.6	126	98	92	85	-	-	-	-
เติม SBH (0)	7.61	6.93	6.31	6.89	-265	-380	-452	-496	6,121.07	3,479.48	2,478.00	1,810.50
5	7.96	7.19	6.45	5.82	-408	-433	-474	-534	5,689.01	1,939.98	1,885.03	1,512.64
10	8.07	7.15	6.44	5.79	-247	-503	-511	-529	5,417.55	399.92	994.28	291.89
20	8.10	7.03	6.32	5.78	-119	-514	-514	-515	5,426.96	278.73	564.62	456.35
30	8.10	6.88	6.28	5.74	-102	-526	-503	-508	-	-	-	-
40	8.05	6.77	6.17	5.72	-5	-542	-498	-492	1,710.72	266.37	201.15	654.88
60	8.17	6.69	6.04	5.73	-15	-568	-465	-479	1,617.71	276.40	256.75	735.18
80	8.09	6.69	5.99	5.71	-7	-535	-356	-261	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-	-	-	-	1,569.74	347.31	376.18	264.95
100	8.11	6.67	5.98	5.69	-2	-521	-378	-185	-	-	-	-
120	8.18	6.65	5.97	5.65	12	-521	-211	-150	1,617.91	489.22	425.29	335.38

(-) หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง



ภาคผนวก ฉ  
ผลการกำจัดสีข้อมในน้ำเสียจริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑.1 ผลการทดลองการกำจัดสีในน้ำเสียจริง

ปริมาณสารรีดิวซ์ (เท่า) ของปริมาณที่เหมาะสม สำหรับน้ำเสียสังเคราะห์	ฟีนอล		เอซีเอ็มไอ		ประสิทธิภาพ การกำจัดสี (ร้อยละ)
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	
<b>Direct Black</b>					
3	7.68	5.90	7,760.05	1,686.97	78.26
5	7.69	6.06	7,760.05	1,248.17	83.92
7	7.69	5.83	7,760.05	1,071.41	86.19
10	7.60	5.92	7,760.05	592.14	92.37
<b>Reactive Red (เจือจาง 1 ต่อ 4)</b>					
3	10.23	8.86	40,008.18	14,056.84	64.87
5	10.24	6.17	40,008.18	714.10	98.22
7	10.24	6.00	40,008.18	660.81	98.35
10	10.24	5.96	40,008.18	564.80	98.59
<b>Reactive Black</b>					
10	10.22	9.23	7,773.21	5,083.78	34.60
20	10.21	8.96	7,773.21	3,087.96	60.27
30	10.24	8.45	7,773.21	792.43	89.81
50	10.20	7.54	7,773.21	450.61	94.20
<b>Reactive Blue</b>					
10	10.73	7.26	9,419.68	7,164.56	23.94
20	10.76	6.77	9,419.68	6,539.27	30.58
30	10.75	6.54	9,419.68	2,034.56	78.40
50	10.75	6.30	9,419.68	230.46	97.55



ภาคผนวก ช  
การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีในการกำจัดสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### การคำนวณค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีในการกำจัดสี

การคำนวณค่าใช้จ่ายในด้านสารเคมีในการกำจัดสีจะคำนวณจากปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมซึ่งได้จากผลการทดลองที่ 3.3.3 โดยมีปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมดังแสดงในตารางที่ ข.1 และราคาสารเคมีดังแสดงในตารางที่ ข.2 และสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีได้ดังแสดงในตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.1 ปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายในการรีดิวซ์สีข้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ และน้ำเสียจริง

สี	ปริมาณโซเดียมโบโรไฮไดรด์ที่เหมาะสม		ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่เหมาะสม		ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์
	(เท่ากับของสตอยชิโอเมตริก)	กรัม	(เท่ากับของสตอยชิโอเมตริก)	กรัม	กรัม
	C.I. Direct Red 80	10	0.03	2	0.11
C.I. Direct Black 19	10	0.05	2	0.18	0.15
C.I. Direct Blue 71	10	0.04	2	0.15	0.12
C.I. Reactive Red 198	3	0.01	4	0.31	0.04
C.I. Reactive Black 5	5	0.02	2	0.15	0.06
C.I. Reactive Blue 225	5	0.02	2	0.16	0.07
น้ำเสียจริง Direct Black (เท่ากับของน้ำเสียสังเคราะห์)	10	0.5	10	1.8	1.5
น้ำเสียจริง Reactive Red (เท่ากับของน้ำเสียสังเคราะห์)	10	0.1	10	3.1	0.4
น้ำเสียจริง Reactive Black (เท่ากับของน้ำเสียสังเคราะห์)	50	1.0	50	7.5	3.0
น้ำเสียจริง Reactive Blue (เท่ากับของน้ำเสียสังเคราะห์)	50	1.0	50	8.0	3.5

ตารางที่ ข.2 ราคาของสารเคมีที่ใช้ในการรีดิวซ์

สารเคมี	ราคา (บาท)	ต่อปริมาณ (กรัม)	คิดเป็นเงิน (บาทต่อกรัม)
โซเดียม โบโรไฮไดรด์	1,530	100	15.30
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (ตัวเร่งปฏิกิริยา)	250	500	0.50
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (เพื่อใช้ในการรักษา สภาพของโซเดียม โบโรไฮไดรด์)	280	1,000	0.28

ตารางที่ ข.3 ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี

สี	โซเดียม โบโรไฮไดรด์			โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์			โซเดียมไฮดรอกไซด์			รวม
	กรัม	บาทต่อ กรัม	บาท	กรัม	บาทต่อ กรัม	บาท	กรัม	บาทต่อ กรัม	บาท	บาท
C.I. Direct Red 80	0.03	15.30	0.46	0.11	0.50	0.06	0.09	0.28	0.03	0.54
C.I. Direct Black 19	0.05	15.30	0.77	0.18	0.50	0.09	0.15	0.28	0.04	0.90
C.I. Direct Blue 71	0.04	15.30	0.61	0.15	0.50	0.08	0.12	0.28	0.03	0.72
C.I. Reactive Red 198	0.01	15.30	0.15	0.31	0.50	0.16	0.04	0.28	0.01	0.32
C.I. Reactive Black 5	0.01	15.30	0.15	0.15	0.50	0.08	0.06	0.28	0.02	0.24
C.I. Reactive Blue 225	0.01	15.30	0.15	0.16	0.50	0.08	0.07	0.28	0.02	0.25
น้ำเสียจริง Direct Black	0.5	15.30	7.65	1.8	0.50	0.90	1.5	0.28	0.42	8.97
น้ำเสียจริง Reactive Red	0.1	15.30	1.53	3.1	0.50	1.55	0.4	0.28	0.11	3.19
น้ำเสียจริง Reactive Black	1.0	15.30	15.30	7.5	0.50	3.75	3.0	0.28	0.84	19.89
น้ำเสียจริง Reactive Blue	1.0	15.30	15.30	8.0	0.50	4.00	3.5	0.28	0.98	20.28



ภาคผนวก ข  
การวิเคราะห์ด้วยแมสสเปกโตรเมตริก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การตรวจโครงสร้างของโมเลกุลด้วยเครื่องแมสเปกโตรเมตริก

### เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์

- Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-flight Mass Spectrometry (MALDI TOF-MS) ด้วยเครื่อง Bruker Biflex

### วิธีทำ

#### 1. เลือกแมทริกซ์

แมทริกซ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ

- $\alpha$ -Cyano-4-hydroxycinnamic acid (CHCA)
- 2,5-Dihydroxybenzoic acid (DHB)

#### 2. เตรียมแมทริกซ์

#### 3. เตรียมตัวอย่าง

เติมตัวอย่างปริมาตรตัวอย่าง 1 ไมโครลิตรในแมทริกซ์ 9 ไมโครลิตร จากนั้นทำการฉายเลเซอร์จาก Nitrogen gas ที่ 337 nm ในโหมด Negative ion ทำให้สารที่ทำการวิเคราะห์อยู่ในสภาพเป็น ไอ และ ไอออไนเซชัน

#### 4. ผสมตัวอย่างเข้ากับแมทริกซ์

#### 5. ใส่ตัวอย่างและแมทริกซ์ลงบนเพลทที่สะอาดปริมาตร 1 ถึง 2 ไมโครลิตร

#### 6. ปล่อยให้เพลทแห้ง

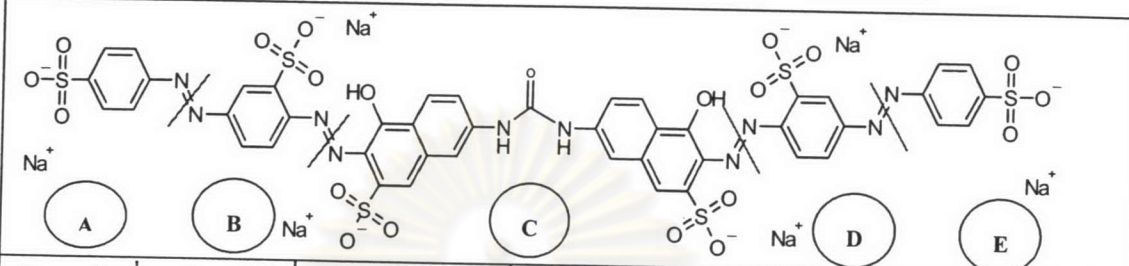


ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### โครงสร้างสี่ข้อมที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ

ตารางที่ ข.1 โครงสร้างของสี C.I. Direct Red 80 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ

			
โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)	โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A (1 ประจุ)	171.18	B+C+D (4 ประจุ)	225.73
B (1 ประจุ)	186.20	B+C+D (3 ประจุ)	308.97
C (2 ประจุ)	265.25	B+C+D (2 ประจุ)	475.44
C (1 ประจุ)	554.50	B+C+D (1 ประจุ)	974.88
D (1 ประจุ)	186.20	A+B+C+D/ B+C+D+E (5 ประจุ)	214.82
E (1 ประจุ)	171.18	A+B+C+D/ B+C+D+E (4 ประจุ)	274.52
A+B/D+E (2 ประจุ)	178.70	A+B+C+D/ B+C+D+E (3 ประจุ)	374.02
A+B/D+E (1 ประจุ)	381.37	A+B+C+D/ B+C+D+E (2 ประจุ)	573.03
B+C/C+D (3 ประจุ)	239.00	A+B+C+D/ B+C+D+E (1 ประจุ)	1,170.05
B+C/C+D (2 ประจุ)	370.35	C.I. Direct Red 80 (6 ประจุ)	204.77
B+C/C+D (1 ประจุ)	404.36	C.I. Direct Red 80 (5 ประจุ)	250.52
A+B+C/C+D+E (4 ประจุ)	221.72	C.I. Direct Red 80 (4 ประจุ)	319.15
A+B+C/C+D+E (3 ประจุ)	303.63	C.I. Direct Red 80 (3 ประจุ)	433.52
A+B+C/C+D+E (2 ประจุ)	467.43	C.I. Direct Red 80 (2 ประจุ)	662.28
A+B+C/C+D+E (1 ประจุ)	958.86	C.I. Direct Red 80 (1 ประจุ)	1,348.56

หมายเหตุ : จำนวนประจุหมายถึงจำนวนประจุที่มีในโครงสร้างหลังจากหักธาตุโซเดียมออกแล้ว

ตารางที่ ข.2 โครงสร้างของสี C.I. Direct Black 19 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ

โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A	122.16
B	107.14
C (2 ประจุ)	184.16
C (1 ประจุ)	392.31
D	107.14
E	122.16
A+B/D+E	230.30
B+C/C+D (2 ประจุ)	238.23
B+C/C+D (1 ประจุ)	500.45
A+B+C/C+D+E (2 ประจุ)	299.81
A+B+C/C+D+E (1 ประจุ)	623.61
B+C+D (2 ประจุ)	292.3
B+C+D (1 ประจุ)	608.59
A+B+C+D/B+C+D+E (2 ประจุ)	353.88
A+B+C+D/B+C+D+E (1 ประจุ)	731.75
C.I. Direct Black 19 (2 ประจุ)	395.40
C.I. Direct Black 19 (1 ประจุ)	814.79

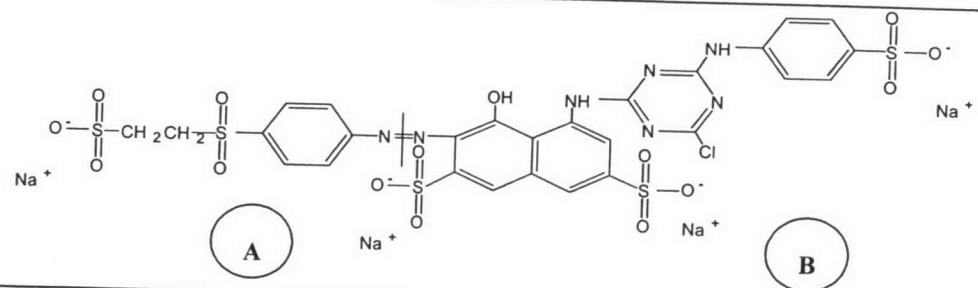
หมายเหตุ : จำนวนประจุหมายถึงจำนวนประจุที่มีในโครงสร้างหลังจากหักธาตุโซเดียมออกแล้ว

ตารางที่ ข.3 โครงสร้างของสี C.I. Direct Blue 71 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ

โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A (2 ประจุ)	149.65
A (1 ประจุ)	323.29
B	147.20
C (1 ประจุ)	236.26
D (1 ประจุ)	252.26
A+B (2 ประจุ)	246.74
A+B (1 ประจุ)	517.47
B+C (1 ประจุ)	384.46
C+D (2 ประจุ)	244.26
C+D (1 ประจุ)	512.50
A+B+C (3 ประจุ)	227.92
A+B+C (2 ประจุ)	353.87
A+B+C (1 ประจุ)	731.74
B+C+D (2 ประจุ)	318.39
B+C+D (1 ประจุ)	660.71
C.I. Direct Blue 71 (4 ประจุ)	229.48
C.I. Direct Blue 71 (3 ประจุ)	313.97
C.I. Direct Blue 71 (2 ประจุ)	482.95
C.I. Direct Blue 71 (1 ประจุ)	989.89

หมายเหตุ : จำนวนประจุหมายถึงจำนวนประจุที่มีในโครงสร้างหลังจากหักธาตุโซเดียมออกแล้ว

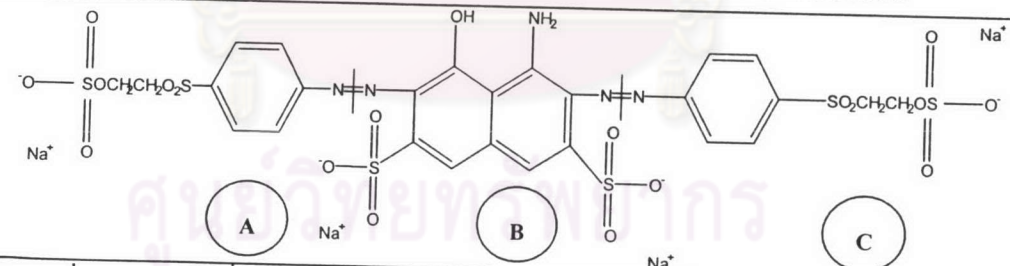
ตารางที่ ข.4 โครงสร้างของสี C.I. Reactive Red 198 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ



โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A (1 ประจุ)	263.30
B (3 ประจุ)	204.33
B (2 ประจุ)	318.48
B (1 ประจุ)	660.96
C.I. Reactive Red 198 (4 ประจุ)	222.06
C.I. Reactive Red 198 (3 ประจุ)	304.08
C.I. Reactive Red 198 (2 ประจุ)	468.11
C.I. Reactive Red 198 (1 ประจุ)	960.21

หมายเหตุ : จำนวนประจุหมายถึงจำนวนประจุที่มีในโครงสร้างหลังจากหักธาตุโซเดียมออกแล้ว

ตารางที่ ข.5 โครงสร้างของสี C.I. Reactive Black 5 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ



โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)	โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A/C (1 ประจุ)	279.30	A+B/B+C (1 ประจุ)	672.51
B (2 ประจุ)	172.62	C.I. Reactive Black 5 (4 ประจุ)	223.96
B (1 ประจุ)	369.22	C.I. Reactive Black 5 (3 ประจุ)	306.61
C (1 ประจุ)	285.91	C.I. Reactive Black 5 (2 ประจุ)	451.91
A+B/B+C (3 ประจุ)	208.18	C.I. Reactive Black 5 (1 ประจุ)	967.81
A+B/B+C (2 ประจุ)	324.26		

หมายเหตุ : จำนวนประจุหมายถึงจำนวนประจุที่มีในโครงสร้างหลังจากหักธาตุโซเดียมออกแล้ว

ตารางที่ ข.6 โครงสร้างของสี C.I. Reactive Blue 225 ที่คาดว่าจะแตกที่ตำแหน่งพันธะอะโซ

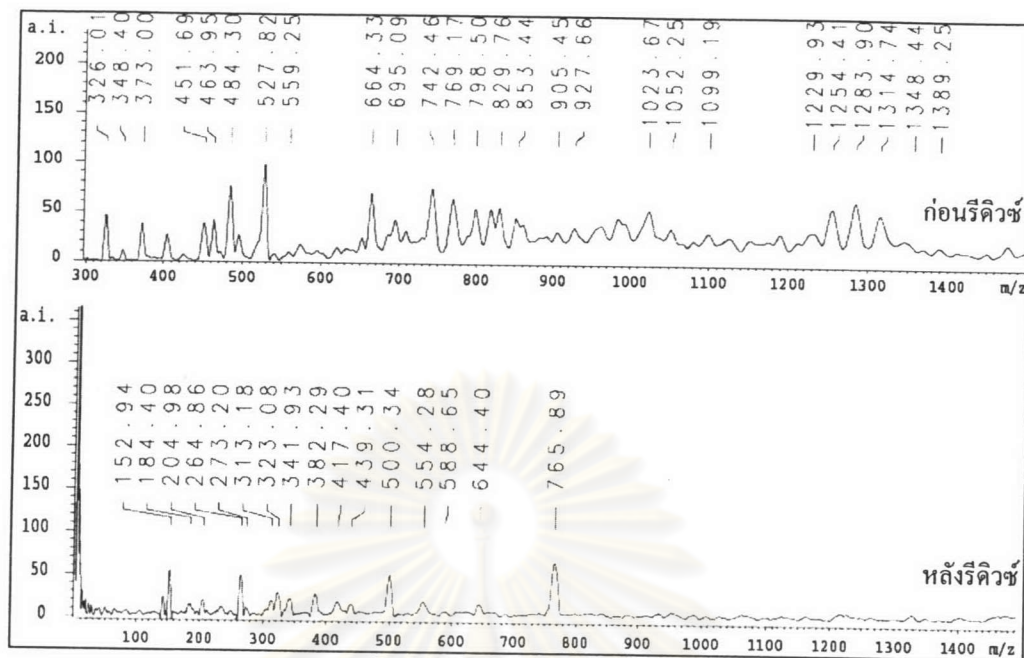
โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลต่อประจุ (m/z)
A (1 ประจุ)	279.30
B (3 ประจุ)	225.33
B (2 ประจุ)	339.00
B (1 ประจุ)	680.01
C.I. Reactive Blue 225 (4 ประจุ)	216.33
C.I. Reactive Blue 225 (3ประจุ)	296.44
C.I. Reactive Blue 225 (2ประจุ)	456.65
C.I. Reactive Blue 225 (1ประจุ)	937.30

โครงสร้างอื่นๆ นอกเหนือจากสี่ข้อตามสมการ

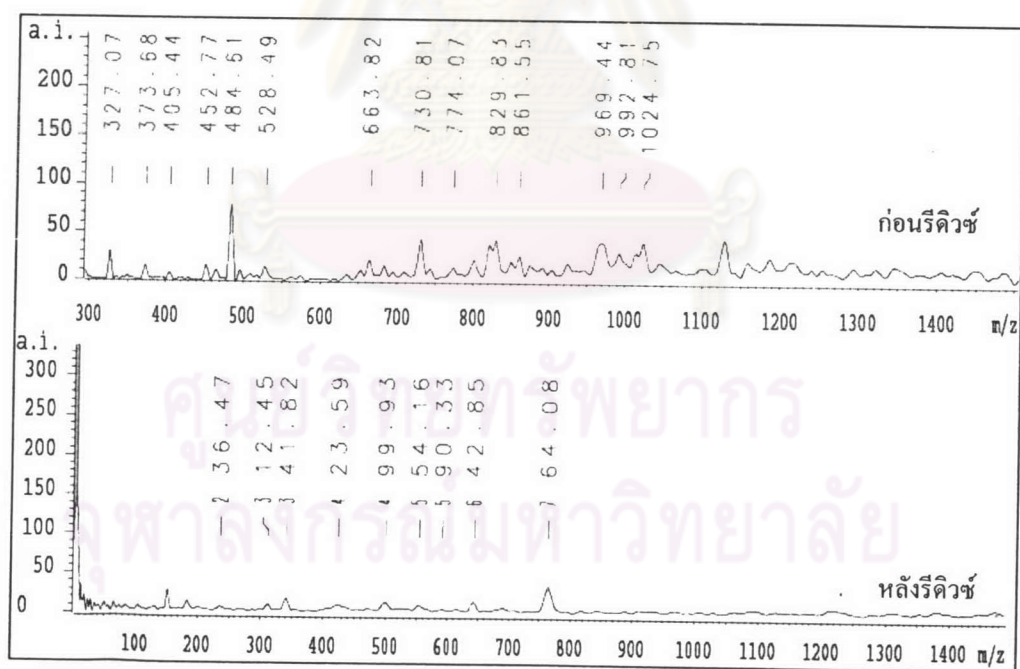
ตารางที่ ข.7 โครงสร้างของสารอื่นๆ

โครงสร้างที่คาดว่าจะพบ	มวลโมเลกุล
1. B(OH) <sub>3</sub> (กรดบอริก)	62.05
2. Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์)	190.10

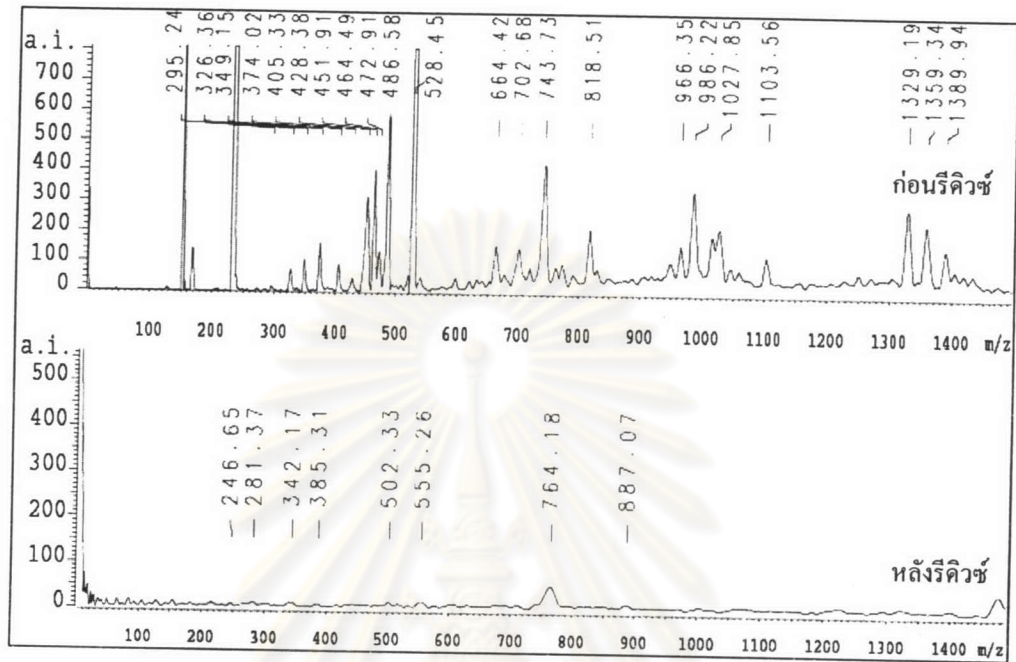
ศูนย์วิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



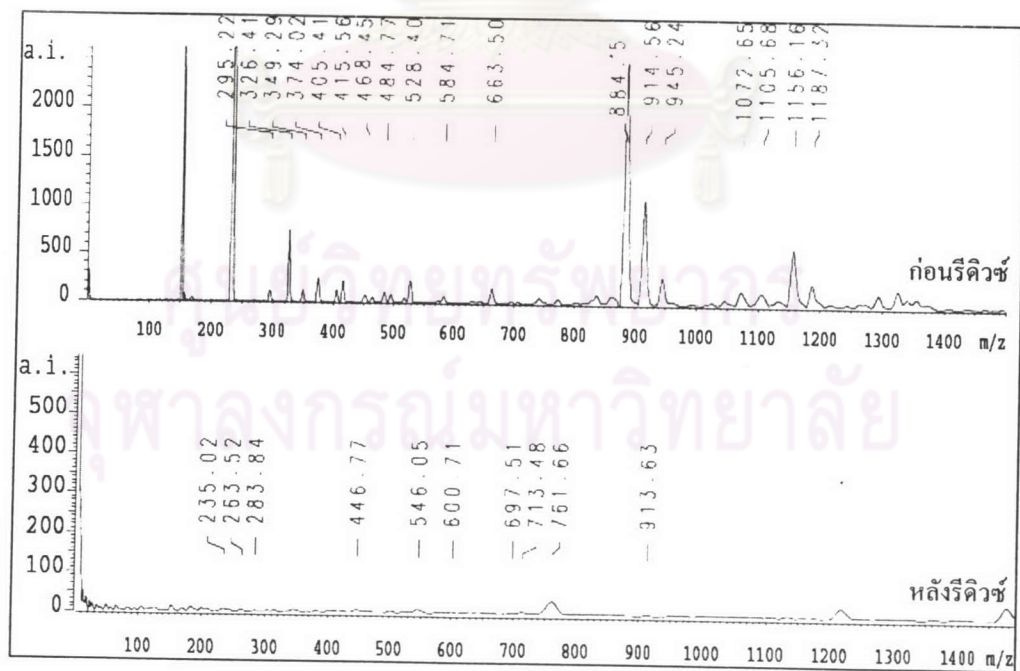
รูปที่ ข.1 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Direct Red 80 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



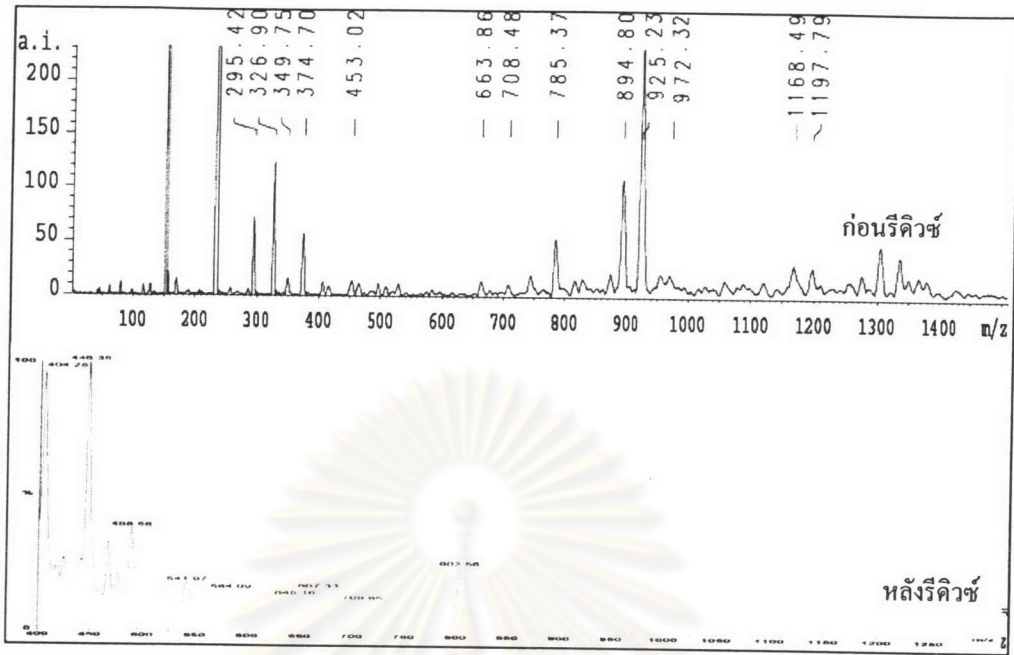
รูปที่ ข.2 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Direct Black 19 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



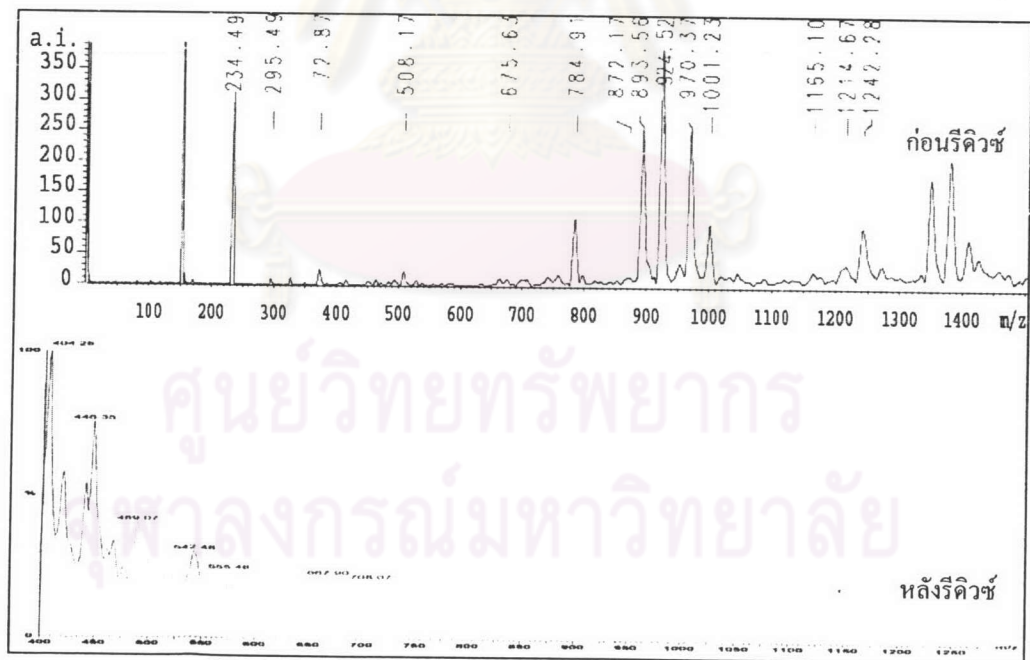
รูปที่ ๓.3 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Direct Blue 71 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



รูปที่ ๓.4 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Reactive Red 198 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์

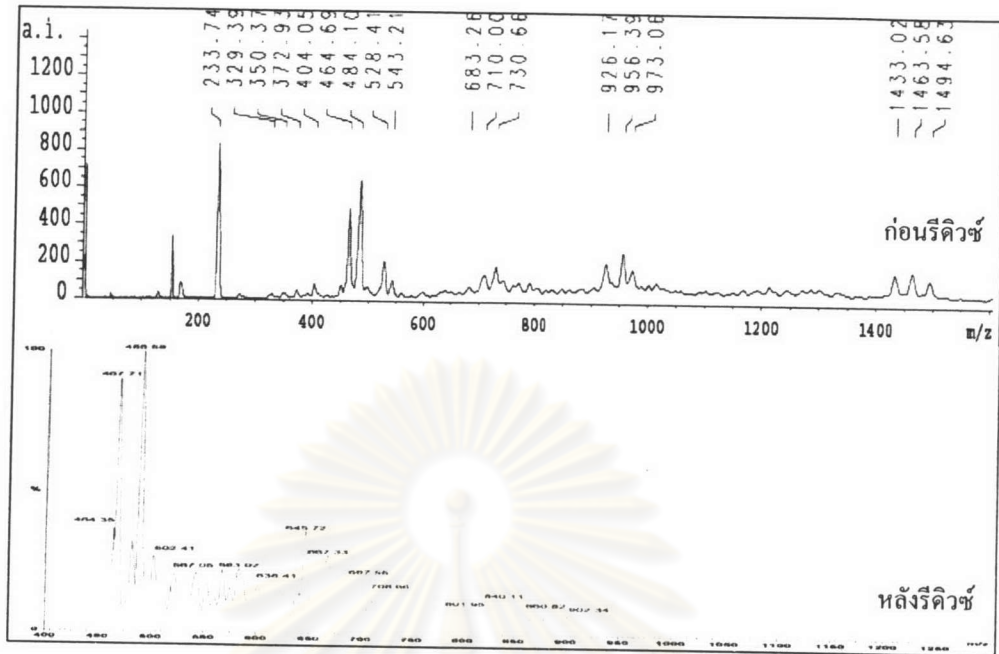


รูปที่ ๕.5 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Reactive Black 5 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์

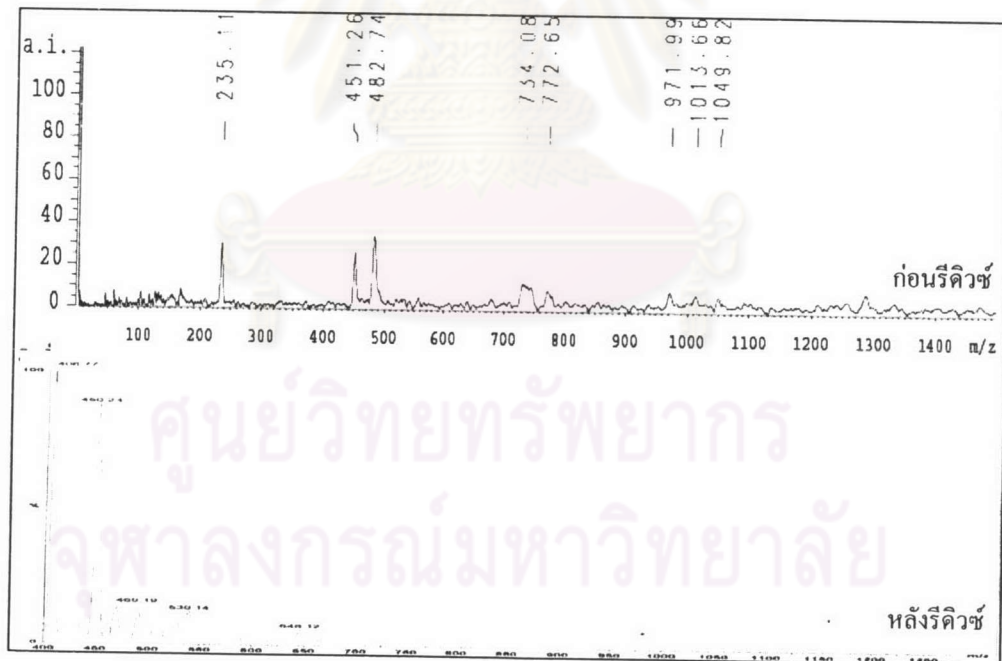


รูปที่ ๕.6 แมสสเปกตรัมของสี C.I. Reactive Blue 225 ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์

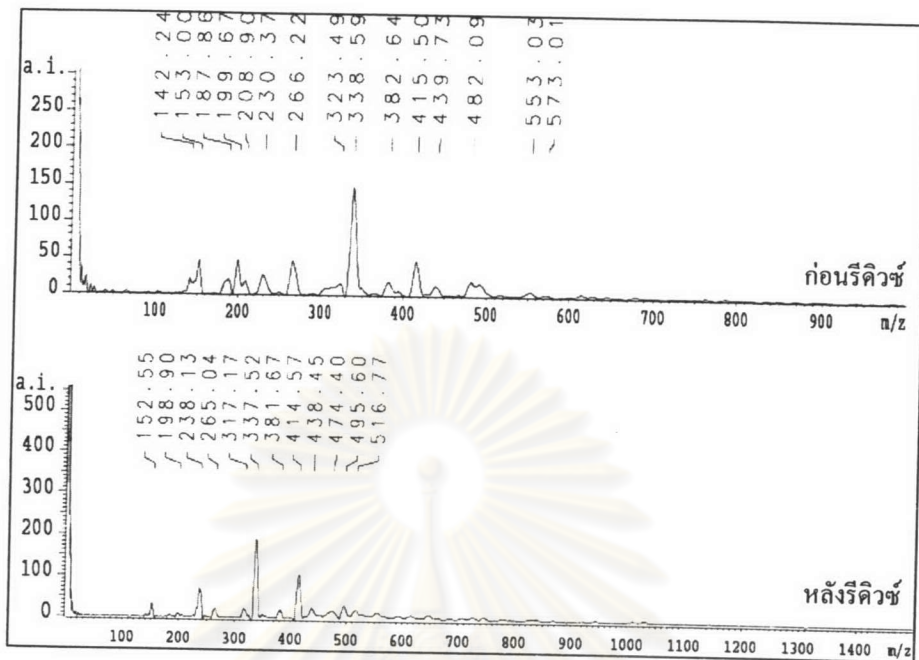




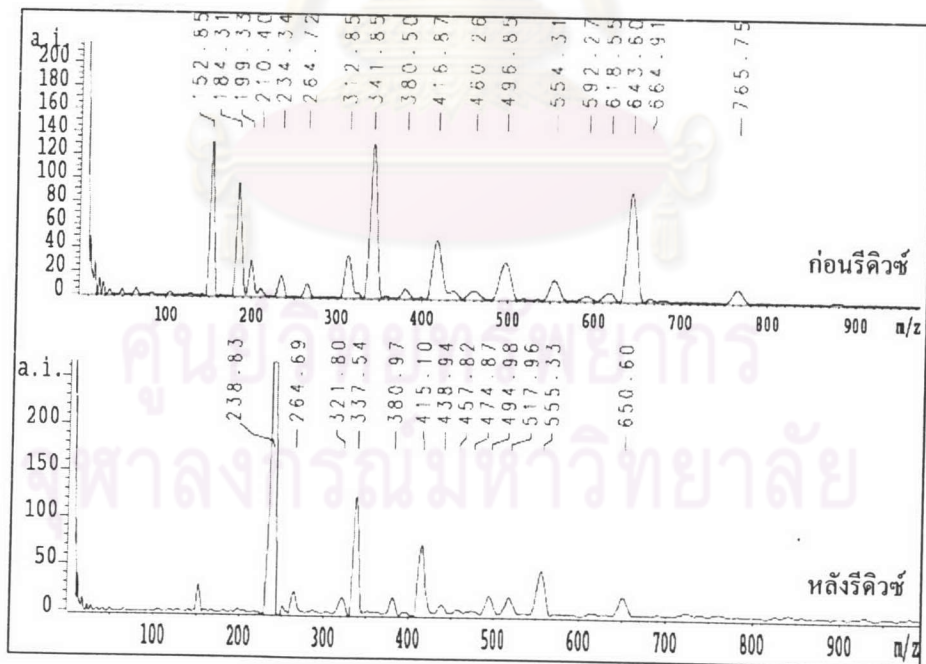
รูปที่ ๗.7 แมสสเปกตรัมของสี Direct Black ในน้ำเสี้ยวจริง ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



รูปที่ ๗.8 แมสสเปกตรัมของสี Reactive Red ในน้ำเสี้ยวจริง ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



รูปที่ ๙.๑ แมสสเปกตรัมของสี Reactive Black ในน้ำเสียจริง ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์



รูปที่ ๙.๑๐ แมสสเปกตรัมของสี Reactive Blue ในน้ำเสียจริง ก่อนและหลังถูกรีดิวซ์

ตารางที่ ๗.8 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์ C.I. Direct Red 80

C.I. Direct Red 80	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Direct Red 80	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
152.94	-	588.65	-
184.40	B/D	611.10	-
204.98	-	664.33	-
264.86	C	695.09	-
273.20	A+B+C+D/B+C+D+E	742.46	-
313.18	-	765.89	-
323.08	-	769.17	-
326.01	-	798.50	-
341.93	-	829.76	-
348.40	-	853.44	-
373.00	-	905.45	-
382.29	A+B/D+E	927.66	-
417.40	-	1,023.67	-
439.31	-	1,052.25	-
451.69	-	1,099.19	-
463.95	-	1,229.93	-
484.30	-	1,254.41	-
500.34	-	1,283.90	-
527.82	-	1,314.74	-
551.28	C	1,348.44	Direct Red 80 (1 ประจุ)
559.25	-	1,389.25	-

หมายเหตุ : - C, D และ E คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ๗.1

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้

- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.9 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์ C.I. Direct Black 19

C.I. Direct Black 19	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Direct Black 19	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
236.47	B+C/C+D	590.33	-
312.45	-	642.85	-
327.07	-	663.82	-
341.82	-	730.81	-
373.68	-	764.08	-
405.44	-	774.07	-
423.59	-	829.83	Direct Black 19 (1 ประจุ)
452.77	-	861.55	-
484.61	-	969.11	-
499.93	-	992.81	-
528.49	-	1,024.75	-
554.16	-	590.33	-

หมายเหตุ : - C คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.2

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้
- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากแมสสเปกตรัม
- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากแมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.10 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์ C.I. Direct Blue 71

C.I. Direct Blue 71	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Direct Blue 71	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
246.65	A+B	385.31	B+C
281.37	-	405.33	-
295.24	-	428.38	-
326.36	-	451.91	-
342.17	-	464.49	-
349.15	-	472.91	-
374.02	-	486.58	Direct Blue 71 (2 ประจุ)

หมายเหตุ : - A,B,C และ D คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.3

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้
- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากแมสสเปกตรัม
- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากแมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.10 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์สี C.I. Direct Blue 71 (ต่อ)

C.I. Direct Blue 71	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Direct Blue 71	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
502.33	-	887.07	-
528.45	-	966.35	-
555.26	-	986.22	Direct Blue 71 (1 ประจุ)
664.42	-	1,027.85	-
702.68	-	1,103.56	-
743.73	-	1,329.19	-
764.18	-	1,359.31	-
818.51	-	1,389.91	-

หมายเหตุ : - A,B,C และ D คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.3

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้
- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม
- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.11 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์สี C.I. Reactive Red 198

C.I. Reactive Red 198	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Reactive Red 198	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
235.02	-	600.71	-
263.52	A	663.50	-
283.84	-	697.51	-
295.22	-	713.48	-
326.41	-	761.66	-
349.29	-	884.15	-
405.41	-	913.63	-
415.56	-	914.56	-
446.77	-	945.24	-
468.45	Reactive Red 198 (21ประจุ)	1,072.65	-
484.77	-	1,105.68	-
528.40	-	1,156.16	-
546.05	-	1,187.32	-
584.71	-	1,217.72	-
		3,714.02	-

หมายเหตุ : - B คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.4

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้
- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม
- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.12 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์สี C.I. Reactive Black 5

C.I. Rective Black 5	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Rective Black 5	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
295.42	-	663.86	-
326.90	-	667.33	-
349.75	-	708.18	-
374.70	-	709.85	-
404.25	-	785.37	-
446.35	-	802.58	-
453.02	Reactive Black 5 (2 ประจุ)	894.80	-
488.58	-	925.23	-
541.97	-	1,168.49	-
584.09	-	1,197.79	-
645.16	-		

หมายเหตุ : - A,B และ C คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.5

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้

- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

ตารางที่ ข.13 มวลโมเลกุลผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการรีดิวซ์สี C.I. Reactive Blue 225


Reactive Blue 225	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้	C.I. Rective Black 5	การคาดการณ์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปได้
234.49	-	675.63	-
295.49	Reactive Blue 225 (3 ประจุ)	708.07	-
372.87	-	781.91	-
404.25	-	872.17	-
446.35	-	893.56	-
489.07	-	924.52	-
508.17	-	970.37	-
542.48	-	1,001.23	-
555.48	-	1,165.10	-
667.90	B	1,214.67	-
		1,242.28	-

หมายเหตุ : - B คือ โครงสร้างดังแสดงในตารางที่ ข.5

- (-) หมายถึง ไม่สามารถคาดการณ์ได้

- ช่องที่ไม่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์ก่อนการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม

- ช่องที่มีแถบสีแสดงมวลโมเลกุลของผลิตภัณฑ์หลังการรีดิวซ์ จากเมสสเปกตรัม



ภาคผนวก ฅ  
การวิเคราะห์หาซีไอดีด้วยวิธีฟลักซ์ปิด แบบไตเตรชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## วิธีฟลักซ์ปิด แบบไตเตรชัน

### หลักการ

ภายใต้สภาวะการรีฟลักซ์ในสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่มีอุณหภูมิสูง สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์โดยสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้นและปริมาณเกินพอที่ทราบจำนวน หลังจากรีฟลักซ์ วัดปริมาณ โปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือโดยนำไปไตเตรตกับเฟรสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate) และใช้เฟอโรอิน (Ferroun) เป็นอินดิเคเตอร์ ทำให้ทราบปริมาณของโปแตสเซียมไดโครเมตที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หลอดย่อยขนาด 20x150 มิลลิเมตร มีฝาพลาสติกเกลียว
2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต
  - ซังซิลเวอร์ซัลเฟต ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 ถึง 2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด
3. สารละลายมาตรฐานเฟรสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 นอร์มัล
  - ละลายเฟรสแอมโมเนียมซัลเฟต ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เดิม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร แล้วเจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายเฟอร์โรอินอินดิเคเตอร์
  - ละลายเฟรสซัลเฟต ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) 695 มิลลิกรัม และ 1,10-ฟีแนนโทรีนโมโนไฮไดรด์ ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 1.485 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร
5. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไฮโครเจนพธาเลต (เคเอชพี)
  - บดเคเอชพีเพื่อลดขนาดและนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส จนแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วละลายเคเอชพีที่บดและอบแห้งแล้ว 425 มิลลิกรัม น้ำกลั่น เจือจางให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีซีไอดีเท่ากับ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถเก็บรักษาในตู้เย็นได้นานไม่เกิน 3 เดือน

### วิธีวิเคราะห์

1. ในงานวิจัยนี้ใช้หลอดแก้วขนาด 20x150 มิลลิเมตร และใช้น้ำตัวอย่างปริมาตร 5 มิลลิลิตร
2. ใส่น้ำตัวอย่างลงในหลอดแก้ว เดิมโปแตสเซียมไดโครเมต 3 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริกอย่างช้า ๆ ปริมาณ 7 มิลลิลิตร ปิดฝาให้แน่นและเขย่าให้เข้ากัน สำหรับแบบลงค้ใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่างแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกประการ
3. วางหลอดแก้วในบัสเอท แล้วใส่ตู้อบ ตั้งอุณหภูมิไว้ที่  $150 \pm 2$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้วนำออกจากตู้อบ ปล่อยให้เย็น



## 4. การทำไตเตรชัน

- เทศสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมด แล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมเฟอโรอินอินดิเคเตอร์ 3 หยด แล้วไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานเอฟเอเอส สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลือง → สีเขียวอมเหลือง → สีฟ้า → สีน้ำตาลแดง ซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ

## การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี (มิลลิกรัมออกซิเจนต่อลิตร)} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{มล.ของตัวอย่างน้ำ}}$$

เมื่อ	A	=	มิลลิลิตรของ เอฟเอเอส ที่ใช้ในการไตเตรตแบลงค์
	B	=	มิลลิลิตรของ เอฟเอเอส ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างน้ำ
	N	=	ความเข้มข้นของ เอฟเอเอส (นอร์มัล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวนวลจิรา วโรตตมะ เกิดเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2523 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย