รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

โกมล ศิวะบวร, เชาวยุทธ พรพิมลเทพ และ สุวิทย์ ชุมนุมศิริวัฒน์. 2534. การประปาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: ธนะการพิมพ์.

จารุรัตน์ วรนิสรากุล, เฉลิมราช วันทนิน, อุดร จารุรัตน์, ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และ นิศากร โฆษิตรัตน. 2536. การใช้ซีโอไลท์ในสารซักฟอกช่วยลดการเกิดยูโทรฟิเคชั่นในประเทศไทยได้จริงหรือ. ใน ธงชัย พรรณสวัสดิ์, มีนา พิทยโสภณกิจ, ปราณี พันธุมสินชัย และ อินจิรา นิยมธูร (บรรณาธิการ), รายงานประกอบการประชุม สวสท'36 เรื่องเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ, หน้า 166-178. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไฟน์อาร์ตพับลิชชิ่ง.

ชฎารัตน์ อนันต์ และ ธงชัย พรรณสวัสดิ์. 2539. กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสทางชีวภาพ. Thai Environmental Engineering Journal 10 (5): 32-33.

ชฎารัตน์ อนันต์. 2540. ผลของความเค็มที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของกระบวนการแอกทิเวเต็ดสลัดจ์แบบเอทู/โอ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2536. ข้อพิจารณาเกี่ยวกับน้ำทิ้งชุมชนในประเทศไทย. ใน ธงชัย พรรณสวัสดิ์, มีนา พิทยโสภณกิจ, ปราณี พันธุมสินชัย และ อินจิรา นิยมธูร (บรรณาธิการ), รายงานประกอบการประชุม สวสท'36 เรื่องเทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ, หน้า 120-127. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไฟน์อาร์ตพับลิชชิ่ง.

ทัศนา เพชรวัชราไพบูลย์. 2539. วิกฤติการณ์น้ำในเมืองไทยถึงขั้นโคม่าจริงหรือ. วารสารสิ่งแวดล้อม 1: 41-46.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, จารุรัตน์ วรนิสรากุล, อุดร จารุรัตน์ และ เฉลิมราช วันทนิน. 2539. แนวทางการลดปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนจากการใช้สารซักฟอก. Thai Environmental Engineering Journal 10 (2): 39-43.

นิภา เตโชดำรงสิน. 2540. การใช้ *Bacillus spp.* เพื่อเพิ่มผลผลิตกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2537. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.

ประยูร ฟองสถิตย์กุล และ พรสวัสดิ์ ศรีสวัสดิ์. 2539. เราสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือนพร้อมๆกันได้หรือไม่. วารสารเทคโนโลยี 129: 96-99.

ประยูร ฟองสถิตย์กุล, ชลาศัย ห่วงประเสริฐ และ พรสวัสดิ์ ศรีสวัสดิ์. 2541. ประสิทธิภาพของระบบเอสบีอาร์ในการกำจัดสารอินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน. Thai Environmental Engineering Journal 12 (13): 33-36.

เปรมสุดา สมาน. 2539. จุลินทรีย์สำหรับบำบัดน้ำเสียจากการเลี้ยงกุ้งทะเล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เพราพรรณ แสงสกุล. 2529. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของฟอสฟอรัสที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ได้ในทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล ภู่ไพบูลย์. 2529. การวิเคราะห์กฎหมายเกี่ยวกับปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิติศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิทยา เพียรวิจิตร. 2525. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮาส์.

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. 2536. แนวทางในการแก้ไขปัญหามลภาวะทางน้ำในเขตชุมชน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท วอเตอร์ แอนด์ เอนไวรอนเม้นท์ คอนซัลแตนท์ จำกัด.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย.

อรุณี สาระยา. 2531. ยาต้านจุลชีพ. เภสัชจุลชีววิทยา, หน้า 83-107. กรุงเทพมหานคร: อักษรบัณฑิต.

ภาษาอังกฤษ

APHA-AWWA-WEF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18th ed. Washington D.C.: American Public Health Association.

Auling, G., Pils, F., Busse, H. J., Karrasch, S., Streichan, M. and Schon, G. 1991. Analysis of polyphosphate accumulating microflora in phosphorus-eliminating, anaerobic-aerobic activated sludge systems by using diaminopropane as a biomarker for rapid estiimation of *Acinetobacter spp.* Appl. Environ. Microbiol. 57: 3585-3596.

Baumann, P., Doudoroff, M. and Stanier, R. Y. 1968. A study of the *Moraxella* group II. Oxidative-negative species (Genus *Acinetobacter*). J. Bacteriol. 95: 1520-1541.

Bayly, R. C., Dumsday, G., Vasiliadis, G., Woods, A. and May, J. W. 1994. *Acinetobacter* and enhanced biological phosphate removal. Proceedings of Conference on Biological Nutrient Removal. Albury. Oct 3-6.

Bayly, R. C., Duncan, A., May, J. W., Schembri, M., Semertjis, A., Vasiliadis, G. and Raper, W. G. C. 1991. Microbiological and genetic aspects of the synthesis of polyphosphate by species of *Acinetobacter*. Wat. Sci. Tech. 23: 747-754.

Bitton, G. 1994. Wastewater microbiology. New York: Wiley-Liss.

Bonting, C. F. C., Kortstee, G. J. J. and Zehnder, A. J. B. 1991. Properties of polyphosphate: AMP Phosphotransferase of *Acinetobacter* strain 210A. J. Bacteriol. 173: 6484-6488.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.

Brodisch, K. E. U. and Joyner, S. J. 1983. The role of microorganisms other than *Acinetobacter* in biological phosphate removal in activated sludge processes. Wat. Sci. Tech. 15: 117-125.

Buchan, L. 1981. The location and nature of accumulated phosphorus in seven sludges from activated sludge plants which exhibited enhanced phosphorus removal. Water SA. 7: 1-7.

Buchan, L. 1983. Possible biological mechanism of phosphorus removal. Wat. Sci. Tech. 15: 87-103.

Cloete, T. E. and Bosch, M. 1994. *Acinetobacter* cell biomass growth stage and phosphorus uptake from activated sludge mixed liquor. Wat. Sci. Tech. 30: 219-230.

Cloete, T. E. and Steyn, P. L. 1988. A combined membrane filter-immunofluorescent technique for the in situ identification and enumeration of *Acinetobacter* in activated sludge. Wat. Res. 22: 961-969.

Comeau, Y., Hall, K. J., Hancock, R. E. W. and Oldham, W. K. 1986. Biochemical model for enhanced biological phosphorus removal. Wat. Res. 20: 1511-1521.

Csonka, L. N. 1989. Physiological and genetic response of bacteria to osmotic stress. Microbiol. Revs. 53: 121-147.

Deinema, M. H., Habels, L. H. A., Scholten, J., Turkstra, E. and Webers, H. A. A. M. 1980. The accumulation of polyphosphate in *Acinetobacter spp.*. FEMS Micro. Lett. 9: 275-279.

Dugrid, J. P., Smith, I. W. and Wilkinson, J. F. 1954. Volutin production in bacterium aerogenes due to development of an acid reaction. J. Pathol. Bacteriol. 67: 289-300.

Dumsday, G. 1994. *Acinetobacter* and enhanced biological phosphate removal. Proceedings of Conference on Biological Nutrient Removal. Albury. Oct 3-6.

Fuhs, G.W. and Chen, M. 1975. Microbiological basis of phosphate removal in the activated sludge process for the treatment of wastewater. Microb. Ecol. 2: 119-138.

Gilardi, G. L. 1973. Nonfermentative gram-negative bacteria encountered in clinical specimens. Antonie van Leuwenhoek. 39: 229-242.

Harold, F. M. 1964. Enzymic and genetic control of polyphosphate accumulation in *Aerobacter aerogenes*. J. Gen. Microbiol. 35: 81-90.

Harold, F. M. and Harold, R. L. 1965. Degradation of inorganic polyphosphate in mutants of *Aerobacter aerogenes*. J. Bacteriol. 89: 1262-1270.

Hascoet, M. C., Florentz, M. and Granger, P. 1985. Biochemical aspects of enhanced biological phosphorus removal from wastewater. Wat. Sci. Tech. 17: 23-41.

Hirashi, A. K., Masamune, K. and Kitamura, H. 1989. Characterization of the bacterial population structure in an anaerobic-aerobic activated sludge system on the basis of respiratory quinone profiles. Appl. Environ. Microbiol. 55: 897-901.

Kavanaugh, R. G. and Randall, C. W. 1994. Bacterial populations in a biological nutrient removal plant. Wat. Sci. Tech. 29: 25-34.

Knight, G. C., Seviour, R. J., Soddell, J. A., Mcdonnell, S. and Bayly, R. C. 1995. Metabolic variation among strains of *Acinetobacter* isolated from activated sludge. Wat. Res. 29: 2081-2084.

Kornberg, A., Kornberg, S. R. and Simms, E. S. 1956. Metaphosphate synthesis by an enzyme from *Escherichai coli*. Biochem. Biophys. Acta. 20: 215-227.

Lautrop, H. 1974. Genus *Acinetobacter*. In R. E. Buchanan and others (eds.), Bergey's manual of determinative bacteriology. Baltimore. USA: The Williams&Wilkins company.

Lewis, D. L., Hodson, R. E. and Freeman, L. F. 1984. Effect of microbial community interactions on transformation rates of xenobiotic chemical. Appl. Environ. Microbiol. 43: 561-565.

Mandel, A. D., Wright, K. and McKinnon, J. M. 1964. Selective medium for isolation of *Mima* and *Herellea* organisms. J. Bacteriol. 88: 1524-1525.

McCarty, P. L., Reinhard, M. and Rittmann, B. E. 1981. Trace organics in groundwater. Environ. Sci. Technol. 15: 40-51.

Meers, J. R. 1973. Growth of bacteria in mixed cultures. Crit. Rev. Microbiol. 2: 139-184.

Meganck, M. T. J. and Faup, G. M. 1988. Enhanced biological phosphorus removal from waste waters. In D. L. Wise (ed.), Biotretment system, pp. 111-203. Florida: CRC Press.

Meganck, M., Malnou, D., Leflohic, P., Faup, G. M. and Rovel, J. M. 1985. The importance of the acidogenic microflora in biological phosphorus removal. Wat. Sci. Tech. 17: 199-212.

Momba, M. N. B. and Cloete, T. E. 1996. The relationship of biomass to phosphate uptake by *Acinetobacter junii* in activated sludge mixed liquor. Wat. Res. 30: 364-370.

Nester, E. W., Roberts, C. E. and Nester, M. T. 1995. Microbiology : a human perspective. Iowa: Wm. C. Brown.

Panswad, T. and Anan, C. 1998. Impact of high chloride wastewater on an anaerobic/anoxic/aerobic process with and without inoculation of chloride acclimated seeds. Wat. Res.

Randall, C. W. 1994. Acetic acid inhibition of biological phosphorus removal. Proceeding of the Waste environment federation 67th annual conference and exposition. Chicago. Illinois. USA. Oct. 15-19.

Round, F. E. 1985. The ecology of algae. Cambridge: Cambridge University Press.

Sedlak, R. I. 1991. Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater: Principle and practice. New York: The Sorp and Detergent Association.

Shin, H. S. and Park, H. S. 1991. Enhanced nutrient removal in Porous Biomass Carrier Sequencing Batch Reactor (PBCSBR). Wat. Sci. Tech. 23: 719-728.

Smith, I. W., Wilkinson, J. F. and Dugrid, J. P. 1954. Volutin production in *Aerobacter aerogenes* due to nutrient imbalance. J. Bacteriol. 68: 450-463.

Streichan, M., Golecki, J. R. and Schon, G. 1990. Polyphosphate accumulating bacteria from sewage plants with different proceses for biological removal. FEMS Microb. Ecol. 73: 113-124.

Suzuki, M. and Yoon, C. H. 1989. Kinetics of phosphorus release and uptake by microorganism under cyclic Anaerobic/Aerobic continuous-experimental study. Wat. Sci. Tech. 21: 1717-1720.

Toerien, D. F., Gerber, A., Lotter, L. H. and Cloete, T. E. 1990. Advances in microbial ecology. Vol 11. New York: Plenum.

Vaker, D., Connell, C. H. and Wells, W. N. 1967. Phosphate removal through municipality wastewater treatment at San Antonio. Texas. J. Wat. Poll. Cont. Fed. 39: 750-771.

Van Groenstijn, J. W., Bentvelsen, M. M. A., Deinema, M. H. and Zehnder, A. J. B. 1989. Polyphosphate-degrading enzymes in *Acinetobacter* spp. and activated sludge. Appl. Environ. Microbiol. 55: 219-223.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

1. อาหารแข็งเฮอเรลลาร์ที่เติมเพนนิซิลลินจี (Herrellae plus Pen G)

แบคโตทริปโตน	15.0	กรัม
แบคโตซอยโตน	5.0	กรัม
แล็กโทส	10.0	กรัม
มอลโทส	10.0	กรัม
Bile salt no. 3	1.25	กรัม
บรอมคลีซอลเพอเพิล	0.02	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
ผงวุ้น	16	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที) ทิ้งไว้ให้อุ่นพอที่มือจะทนได้ เติมเพนนิซิลลินจี 100,000 หน่วย ผสมเบาๆให้เข้ากันก่อนเทใส่จานเพาะเชื้อ

2. อาหารแข็งเฮอเรลลาร์ที่เติมเพนนิซิลลินจีและคลอแรมฟีนิคอล (Herrellae plus Pen G&C)

แบคโตทริปโตน	15.0	กรัม
แบคโตซอยโตน	5.0	กรัม
แล็กโทส	10.0	กรัม
มอลโทส	10.0	กรัม
Bile salt no. 3	1.25	กรัม
บรอมคลีซอลเพอเพิล	0.02	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
ผงวุ้น	16	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที) ทิ้งไว้ให้อุ่นพอที่มือจะทนได้ เติมเพนนิซิลลินจี 100,000 หน่วย คลอแรมฟีนิคอล 100,000 ไมโครกรัมผสมเบาๆให้เข้ากันก่อนเทใส่จานเพาะเชื้อ

3. อาหารแข็งเฮอเรลลาร์ที่เติมนอร์ฟลอกซาซิน (Herrellae plus Nor)

แบคโตทริปโตน	15.0	กรัม
แบคโตซอยโตน	5.0	กรัม
แล็กโทส	10.0	กรัม
มอลโทส	10.0	กรัม
Bile salt no. 3	1.25	กรัม
บรอมคลีซอลเพอเพิล	0.02	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
ผงวุ้น	16	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที) ทิ้งไว้ให้อุ่นพอที่มือจะทนได้ เติมนอร์ฟลอกซาซิน 30,000 ไมโครกรัมผสมเบาๆให้เข้ากัน ก่อนเทใส่จานเพาะเชื้อ

4. อาหารแข็งนิวเตรียนท์ (Nutrient agar)

สารสกัดจากเนื้อ	3.0	กรัม
แบคโตเปปโตน	5.0	กรัม
ผงวุ้น	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที)

5. อาหารเหลวนิวเตรียนท์ (Nutrient broth)

สารสกัดจากเนื้อ	3.0	กรัม
แบคโตเปปโตน	5.0	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121 °ซ เป็นเวลา 15 นาที)

6. อาหารแข็งมูลเลอร์ฮินตัน (Mueller Hinton agar)

สารสกัดจากเนื้อ	5.0	กรัม
สารสกัดจากเคซีน	17.5	กรัม
แป้ง	1.5	กรัม
ผงวุ้น	12.5	กรัม

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 10 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 110 °ซ เป็นเวลา 15 นาที

7. เกลือแร่พื้นฐานน้ำเสียสังเคราะห์ (Base medium of synthetic wastewater)(ชฎารัตน์ อนันต์, 2540)

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.0335	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$	0.1886	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.135	กรัม
เฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)	0.006	กรัม
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ($NaHCO_3$)	0.325	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปรับระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.0

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

8. น้ำเสียสังเคราะห์สูตรดัดแปลง 1

โซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa.3H_2O$)	5.0	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.1433	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	0.1886	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.135	กรัม
เฟอริกคลอไรด์	0.006	กรัม
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	0.325	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปรับระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.56, 6.87, 7.13, 7.43 ตามลำดับ

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

9. น้ำเสียสังเคราะห์สูตรดัดแปลง 2

โซเดียมอะซิเตท	5.0	กรัม

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.1433	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	0.1886	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.135	กรัม
เฟอริกคลอไรด์	0.006	กรัม
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	0.325	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปรับระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.5

โซเดียมคลอไรด์ 5, 10, 15, 20, 25, 30 กรัม ตามลำดับ

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

10. น้ำเสียสังเคราะห์สูตรดัดแปลง 3

โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.1433	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	0.1886	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.135	กรัม
เฟอริกคลอไรด์	0.006	กรัม
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	0.325	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปรับระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.5

โซเดียมอะซิเตท 0.5670, 0.7087, 0.8505, 0.9923 กรัม ตามลำดับ

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

11. น้ำเสียสังเคราะห์สูตรดัดแปลงจำกัดฟอสเฟต

โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.01	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	0.1886	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.135	กรัม
เฟอริกคลอไรด์	0.006	กรัม
โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต	0.325	กรัม
โซเดียมอะซิเตท	1.4174	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ปรับระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.5

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

1. ไดโซเดียมเอทธิลีนไดเอมีนเตตระอะซิเตท (disodium ethylene diamine tetraacetate, EDTA) เข้มข้น 0.004 โมลาร์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอช ซี แอล (Tris-HCl) เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ความเป็นกรดด่าง 7.0

ละลายทริสมาเบส (Trizma base) 3.0275 กรัมในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร เติม EDTA 0.7444 กรัม เมื่อละลายดีแล้วปรับความเป็นกรดด่างของสารละลายด้วย กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ให้ได้เท่ากับ 7.6 ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

2. สารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอชซีแอล เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรดด่าง 7.0

ละลายทริสมาเบส 1.2110 กรัมในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรดด่างของสารละลายด้วย กรดไฮโดรคลอริกให้ได้เท่ากับ 7.0 ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

3. สารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอชซีแอล เข้มข้น 0.05 โมลาร์ ความเป็นกรดด่าง 7.6

ละลายทริสมาเบส 0.6055 กรัมในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรดด่างของสารละลายด้วย กรดไฮโดรคลอริกให้ได้เท่ากับ 7.6 ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

4. สารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอชซีแอล เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ความเป็นกรดด่าง 8.5

ละลายทริสมาเบส 1.2110 กรัมในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรดด่างของสารละลายด้วย กรดไฮโดรคลอริกให้ได้เท่ากับ 8.5 ปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, 121°ซ เป็นเวลา 15 นาที)

5. สารละลายสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธี Bradford

โคแมสซี บริลเลียนท์ บลู จี 250	50.0	กรัม
เอทธานอลเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)	25.0	มิลลิลิตร
กรดฟอสฟอริกเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)	50.0	มิลลิลิตร

ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 500 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส (Alkaline phosphatase)

เป็นสารละลายสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสประกอบด้วย

สารละลายบัฟเฟอร์ ไดเอทธาโนลามีน ความเป็นกรดด่าง 9.8 เข้มข้น 1.0 โมลาร์ 1 ลิตร

แมกนีเซียมคลอไรด์	0.0005	โมลาร์
พาราไนโตรฟีนิลฟอสเฟต	0.01	โมลาร์

7. สารละลายสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนส (Polyphosphate Kinase)

สารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอชซีแอล ความเป็นกรดด่าง 7.0 เข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1 ลิตร

แมกนีเซียมคลอไรด์	0.008	โมลาร์
กลูโคส	0.200	โมลาร์
นิโคตินาไมด์ไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต (NADP)	0.00065	โมลาร์
อะดีนีนนิวคลีโอไทด์ไดฟอสเฟต (ADP)	0.001	โมลาร์
โพลีฟอสเฟต (n=35)	0.6	กรัม/ลิตร
เอนไซม์เฮกโซไคเนส (Hexokinase)	3.4	ยูนิต/มิลลิลิตร
เอนไซม์กลูโคสซิกฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6PD)	1.7	ยูนิต/มิลลิลิตร

8. สารละลายสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์โพลีฟอสเฟตเอเอ็มพีฟอสโฟทรานเฟอร์เรส (PP:AMP Phosphotransferase)

สารละลายบัฟเฟอร์ ทริส-เอชซีแอล ความเป็นกรดด่าง 8.5 เข้มข้น 0.1 โมลาร์ 1 ลิตร

แมกนีเซียมคลอไรด์	0.008	โมลาร์
กลูโคส	0.005	โมลาร์
นิโคตินาไมด์ไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต (NADP)	0.0004	โมลาร์
อะดีนีนนิวคลีโอไทด์โมโนฟอสเฟต (AMP)	0.001	โมลาร์
โพลีฟอสเฟต (n=35)	0.2	กรัม/ลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอนไซม์เฮกโซไคเนส (Hexokinase)	2	ยูนิต/มิลลิลิตร
เอนไซม์กลูโคสซิกฟอสเฟตดีไฮโดรจีเนส (G-6PD)	1	ยูนิต/มิลลิลิตร
เอนไซม์มายโอไคเนส (Myokinase)	1	ยูนิต/มิลลิลิตร

9. สารละลายสำหรับวิเคราะห์ฟอสเฟตอนินทรีย์

เป็นสารละลายสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ฟอสเฟตอนินทรีย์ ประกอบด้วย

แอมโมเนียมเฮปตาโมลิบเดต	0.0003	โมลาร์
กรดซัลฟูริกความเป็นกรดด่าง	1.0	
สารลดแรงตึงผิว	1%	
ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวคงสภาพน้ำยา		

10. สารละลายสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมดวิธี Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method (APHA AWWA WEF 1992)

10.1 สารละลายสำหรับย่อยสลาย

กรดซัลฟูริกเข้มข้น		
กรดไนตริกเข้มข้น		
โซเดียมไฮดรอกไซด์	6	นอร์มอล
ฟีนอลทาลีน อินดิเคเตอร์		

10.2 สารละลายวานาเดต-โมลิบเดต

สารละลาย A : แอมโมเนียมโมลิบเดต 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร

สารละลาย B : แอมโมเนียมเมตาวานาเดต 1.25 กรัม ละลายด้วยน้ำเดือด 300 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็นเติมกรดเกลือเข้มข้น 330 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น นำสารละลาย A เติมลงในสารละลาย B เติมน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

11. สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ COD

11.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 0.0167 โมลาร์

โพแทสเซียมไดโครเมตอบแห้ง	4.913	กรัม
กรดซัลฟูริกเข้มข้น	167	มิลลิลิตร
เมอร์คิวริกซัลเฟต	33.3	กรัม
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้	1000	มิลลิลิตร

11.2 สารละลายกรดซัลฟูริก

กรดซัลฟูริกเข้มข้น	1	ลิตร
ซิลเวอร์ซัลเฟต	5.5	กรัม

11.3 สารละลายอินดิเคเตอร์เฟอร์โรอิน (Ferroin indicator solution)

1,10-ฟีแนนทอลีนโมโนไฮเดต ($C_{12}H_2N_2.H_2O$)	1.485	กรัม
เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$)	0.695	กรัม
น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

11.4 สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตไตเตรนท์ (Standard ferrous ammonium sulfate titrant 0.1 M)

เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)	39.2	กรัม
น้ำกลั่น	500	มิลลิลิตร
ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตในน้ำกลั่น		
กรดซัลฟูริกเข้มข้น	20	มิลลิลิตร
เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร	1000	มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

1. วิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีของ Bradford (1976)

นำสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ปริมาตร 20 ไมโครลิตร มาใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายสีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (ภาคผนวก ข หมายเลข 5) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ 2 นาที นำส่วนผสมนี้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร

2. วิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดด้วยวิธี Vanadomolybdophosphoric Acid Colorimetric Method (APHA AWWA WEF, 1992)

2.1 ย่อยสลายด้วยกรดซัลฟูริกและกรดไนตริก

นำตัวอย่างใส่ microkjeldahl flask ใส่เม็ดลูกแก้วกันเดือด เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร นำไปย่อยสลายบนเครื่องย่อยสลายเจลดาห์ลจนเหลือตัวอย่างไม่มีสีประมาณ 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นเติมน้ำกลั่นแล้วหยดฟีนอลทาลีน 1 หยด นำไปไตเตรดด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้สีชมพูอ่อน

2.2 ทำให้เกิดสีด้วยสารละลายวานาโดโมลิบเดต

นำสารละลายวานาโดโมลิบเดต (ภาคผนวก ข หมายเลข 10.2) 10 มิลลิลิตรเติมลงในหลอดเนสสเลอร์ จากนั้นนำสารละลายสีชมพูอ่อนจากข้อ 2.1 เติมลงไปในหลอดเนสสเลอร์ นำน้ำกลั่นเติมลงไปจนปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งให้เกิดสี 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

3. วิธีวิเคราะห์ปริมาณ COD ด้วยวิธี Closed Reflux Titrimetric Method (APHA AWWA WEF, 1992)

3.1 การหาความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

นำน้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยสลายที่ทำจากบอโรซิลิเคต ขนาด 25x150 มิลลิเมตร เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต (ภาคผนวก ข หมายเลข 11.1) 1.5 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (ภาคผนวก ข หมายเลข 11.2) 3.5 มิลลิลิตร ตั้งหลอดทิ้งไว้ให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง นำไปไตเตรตกับสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (ภาคผนวก ข หมายเลข 11.4) โดยใช้เฟอร์โรอิน (ภาคผนวก ข หมายเลข 11.3) จำนวน 1-2 หยดเป็นอินดิเคเตอร์

การคำนวณ

นอร์มอลลิตี้ (normality) = $\frac{\text{มล. โพแทสเซียมไดโครเมต x 0.1}}{\text{มล. เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต}}$

3.2 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

3.2.1 ตกตะกอนสารรบกวนคลอไรด์ด้วยเมอร์คิวริกซัลเฟต โดยใช้เมอร์คิวริกซัลเฟต 10 ส่วนต่อคลอไรด์ 1 ส่วน (น้ำหนัก/น้ำหนัก)

3.2.2 นำตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์ 2.5 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดย่อยสลาย โดยใช้น้ำกลั่น 2.5 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างน้ำเพื่อทำเป็นแบลงค์

3.2.3 เติมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 3.5 มิลลิลิตร

3.2.4 นำไปใส่เตาอบที่มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.5 นำมาไตเตรตหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือ ด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอิน 1-2 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าอมเขียวและเป็นสีน้ำตาล บันทึกปริมาตรเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

การคำนวณ

ซีโอดี(มก.ออกซิเจน/ล.) = (A-B) x N x 8000/มล.ของตัวอย่างที่ใช้

A = มล. ของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตแบลงค์

B = มล. ของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นนอร์มอลลิตี้

4. การวิเคราะห์ค่า MLSS (Mixed Liquor Suspended Solids)

4.1 อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนักกระดาษกรอง สมมุติว่าเป็น A มิลลิกรัม

4.2 วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ

4.3 ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกและให้ถูกดูดติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์

4.4 กรองน้ำตะกอนตัวอย่างโดยอาศัยแรงดูดช่วย

4.5 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง

4.6 ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบกระดาษกรองใส่ภาชนะทนไฟ นำไปอบในตู้อบแห้ง อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

4.7 ทิ้งให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักกระดาษกรองใหม่ สมมุติว่าเป็น B มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{เอ็มแอลเอสเอส (มก./ลบ.คม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (B-A) x 1000}}{\text{มล.ของตัวอย่างน้ำ}}$$

5. การหาค่าฟอสฟอรัสอนินทรีย์ด้วยชุดตรวจสอบอนินทรีย์ฟอสเฟตของบริษัท Human, Germany

ชุดตรวจสอบอนินทรีย์ฟอสเฟตของบริษัท Human, Germany เป็นสารละลายสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบตามภาคผนวก ข หมายเลข 9 มีหลักการคือ ฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับโมลิบเดตในสภาวะความเป็นกรดอย่างแรงให้สารประกอบที่ดูดกลืนแสงในช่วงอัลตราไวโอเลต เป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของอนินทรีย์ฟอสเฟต ดังสมการ

$$7\ H_3PO_4 + 12\ [Mo_7O_{24}]^{6-} \longrightarrow 7\ H_3PO_4\ [MoO_3]_{12} + 36\ O^{2-}$$

วิธีทดสอบ

5.1 นำสารละลายสำเร็จรูป 1000 ไมโครลิตร เติมน้ำกลั่น 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อย่างน้อย 1 นาที สำหรับตั้งค่าศูนย์ที่ความยาวคลื่นแสง 340 นาโนเมตร

5.2 นำสารละลายสำเร็จรูป 1000 ไมโครลิตร เติมสารมาตรฐาน 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อย่างน้อย 1 นาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 340 นาโนเมตร สมมุติให้อ่านค่าได้เท่ากับ B

5.3 นำสารละลายสำเร็จรูป 1000 ไมโครลิตร เติมสารตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง อย่างน้อย 1 นาที อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 340 นาโนเมตร สมมุติให้อ่านค่าได้เท่ากับ A

การคำนวณ

$$\text{อนินทรีย์ฟอสเฟต (มก./ล.)} = 10 \times A/B$$

6. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสด้วยชุดตรวจสอบเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสสำเร็จรูปของบริษัท Human, Germany

ชุดตรวจสอบเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสสำเร็จรูปของบริษัท Human, Germany เป็นสารละลายสำเร็จรูปที่มีส่วนประกอบตามภาคผนวก ข หมายเลข 6 มีหลักการทดสอบคือ เอนไซม์

อัลคาไลน์ฟอสฟาเตส จะย่อยสลาย p-Nitrophenylphosphate ในสภาพด่างได้ผลิตผลคือ phosphate และ p-nitrophenol ซึ่ง p-nitrophenol ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร อัตราการเกิดผลิตผลเป็นสัดส่วนกับปริมาณเอนไซม์

วิธีทดสอบ

6.1 ตั้งความยาวคลื่นแสงของเครื่องวิเคราะห์กึ่งอัตโนมัติให้เท่ากับ 405 นาโนเมตร

6.2 ตั้งแฟคเตอร์สำหรับการคำนวณเท่ากับ 2757

6.3 ตั้งโปรแกรมการวัดคลื่นแสงทุกๆ 20 วินาทีเป็นเวลา 4 ครั้ง

6.4 นำสารตรวจสอบเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสสำเร็จรูป 1000 ไมโครลิตร อุ่นที่ 37 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที

6.5 นำสารสกัดจากเซลล์ 20 ไมโครลิตร ผสมในสารตรวจสอบเอนไซม์อัลคาไลน์ฟอสฟาเตสสำเร็จรูป ที่อุ่นดีแล้วให้เข้ากันดีด้วยเครื่องผสมสาร

6.6 ดูดเข้าเครื่องเมื่อเครื่องวิเคราะห์เสร็จจะรายงานค่าเอนไซม์มีหน่วยเป็น ยูนิต/ลิตร

7. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนส (Van Groenstijn et al., 1989)

สารละลายสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนสมีส่วนประกอบตามภาคผนวก ข หมายเลข 7 โดยมีหลักการทดสอบดังสมการ

$$(PolyP)_{n+1} + ADP \xrightarrow{PK} (PolyP)_n + ATP$$

$$Glucose + ATP \xleftarrow{HK} Glucose\text{-}6\text{-}phosphate + ADP$$

$$Glucose\text{-}6\text{-}phosphate + NADP \xleftarrow{G\text{-}6PDH} Gluconate\text{-}6\ phosphate + NADPH+H^+$$

เอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนสจะดึงหมู่ฟอสเฟตจากโพลีฟอสเฟตไปเติมใน ADP เกิดเป็น ATP ซึ่งจะทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงต่อไปดังสมการเกิดเป็น Glucose-6- phosphate ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ NADP เกิดเป็น Gluconate-6 phosphate + $NADPH+H^+$ ดังสมการ $NADPH+H^+$ ที่เกิดขึ้นอยู่ในรูป reduce ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร เป็นสัดส่วนกับปริมาณ ATP ที่เกิดขึ้น

วิธีทดสอบ

7.1 ตั้งความยาวคลื่นแสงของเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงให้เท่ากับ 340 นาโนเมตร

7.2 ตั้งแฟคเตอร์สำหรับการคำนวณตามปริมาตรสารสกัดจากเซลล์ที่ใช้ทดสอบ

7.3 ตั้งโปรแกรมการวัดคลื่นแสงทุกๆ 10 วินาทีเป็นเวลา 6 ครั้ง

7.4 นำสารตรวจสอบเอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนส 240 ไมโครลิตร ใส่ในไมโครคิวเวต

7.5 นำสารสกัดจากเซลล์ผสมในสารตรวจสอบ

7.6 เติม ADP 10 ไมโครลิตร เพื่อเป็นการเริ่มปฏิกิริยา

7.7 เมื่อวิเคราะห์เสร็จจะได้ค่าเอนไซม์มีหน่วยเป็น ยูนิต/ลิตร

8. การวิเคราะห์กิจกรรมเอนไซม์โพลีฟอสเฟต: เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานเฟอร์เรส (Bonting et al., 1991)

สารละลายสำหรับวิเคราะห์เอนไซม์โพลีฟอสเฟต: เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานเฟอร์เรส มีส่วนประกอบตามภาคผนวก ข หมายเลข 8 โดยมีหลักการทดสอบดังสมการ

$$(PolyP)_n + AMP \quad \text{PP:AMP} \longrightarrow \quad (PolyP)_{n-1} + ADP$$

$$2\ ADP \longleftarrow AK \longrightarrow ATP + AMP$$

$$Glucose + ATP \longleftarrow HK \longrightarrow Glucose\text{-}6\text{-}phosphate + ADP$$

$$Glucose\text{-}6\text{-}phosphate + NADP \longleftarrow G\text{-}6PDH \longrightarrow Gluconate\text{-}6\ phosphate + NADPH+H^+$$

เอนไซม์โพลีฟอสเฟต: เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานเฟอร์เรส จะดึงหมู่ฟอสเฟตจากโพลีฟอสเฟตไปเติมใน AMP เกิดเป็น ADP ซึ่ง ADP 2 โมเลกุลจะถูกเปลี่ยนเป็น AMP และ ATP โดยเอนไซม์ adenylate kinase (AK) ซึ่ง ATP จะทำปฏิกิริยาเชื่อมโยงต่อไปดังสมการเกิดเป็น Glucose-6-phosphate ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ NADP เกิดเป็น Gluconate-6 phosphate + $NADPH+H^+$ ดังสมการ $NADPH+H^+$ ที่เกิดขึ้นอยู่ในรูป reduce ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340 นาโนเมตร เป็นสัดส่วนกับปริมาณ ATP ที่เกิดขึ้น

วิธีทดสอบ

8.1 ตั้งความยาวคลื่นแสงของเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงให้เท่ากับ 340 นาโนเมตร

8.2 ตั้งแฟคเตอร์สำหรับการคำนวณตามปริมาตรสารสกัดจากเซลล์ที่ใช้ทดสอบ

8.3 ตั้งโปรแกรมการวัดคลื่นแสงทุกๆ 10 วินาทีเป็นเวลา 6 ครั้ง

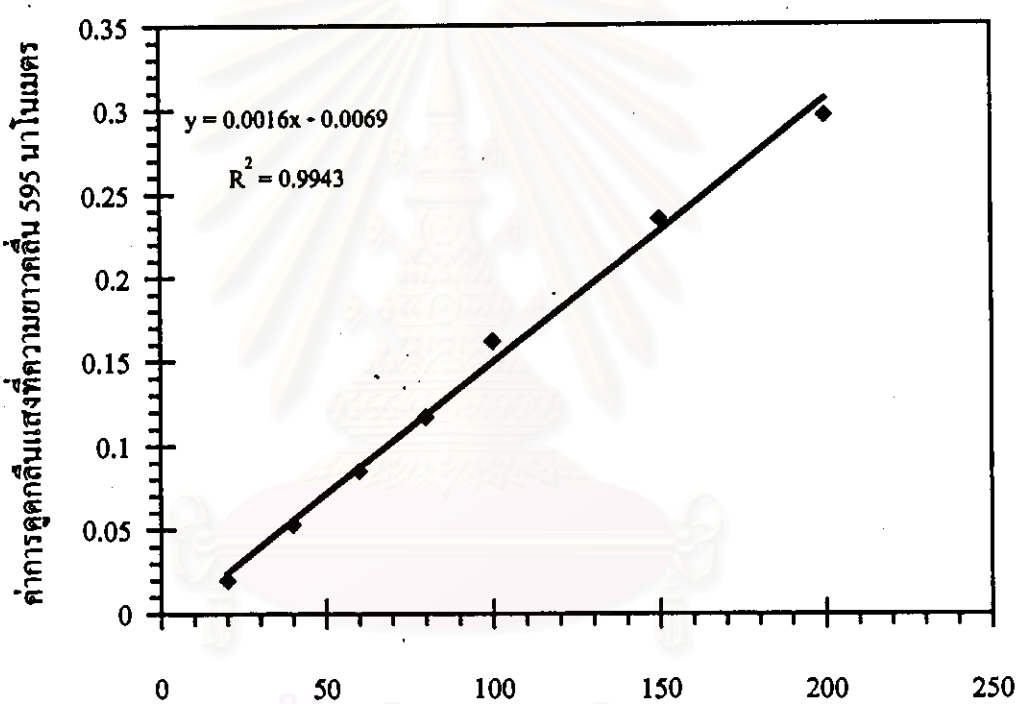
8.4 นำสารตรวจสอบเอนไซม์โพลีฟอสเฟต: เอเอ็มพี ฟอสโฟทรานเฟอร์เรส 240 ไมโครลิตร ใส่ในไมโครคิวเวต

8.5 นำสารสกัดจากเซลล์ผสมในสารตรวจสอบ

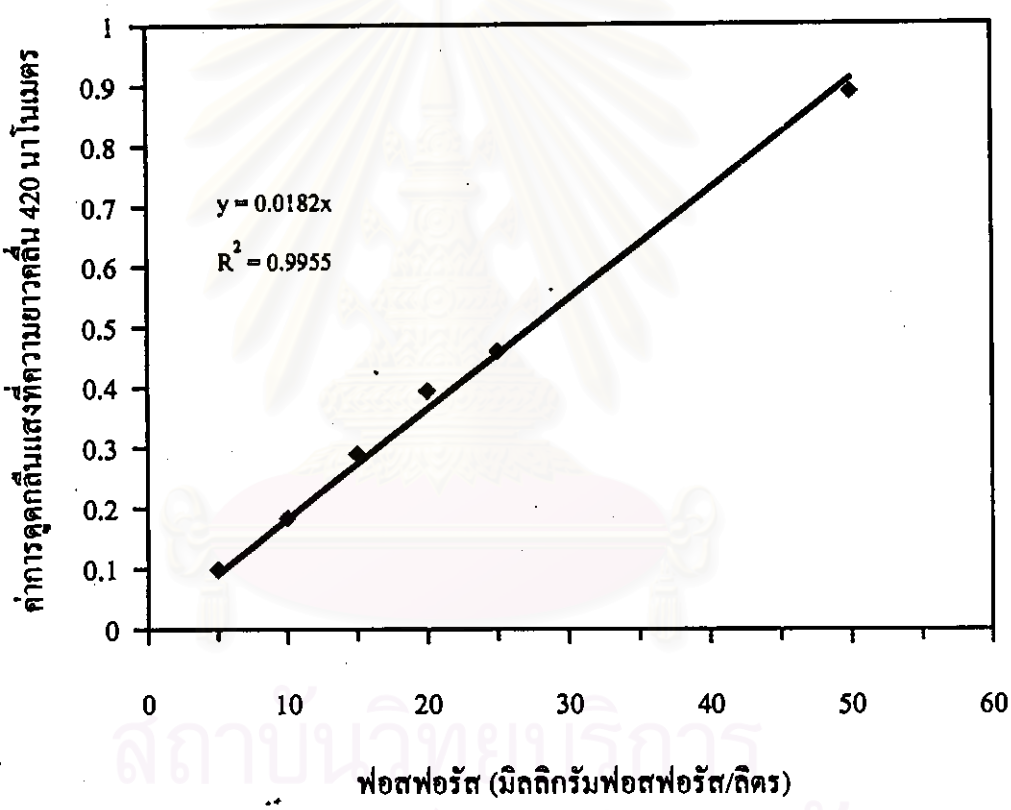
8.6 เติม AMP 10 ไมโครลิตร เพื่อเป็นการเริ่มปฏิกิริยา

8.7 เมื่อวิเคราะห์เสร็จจะได้ค่าเอนไซม์มีหน่วยเป็น ยูนิต/ลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

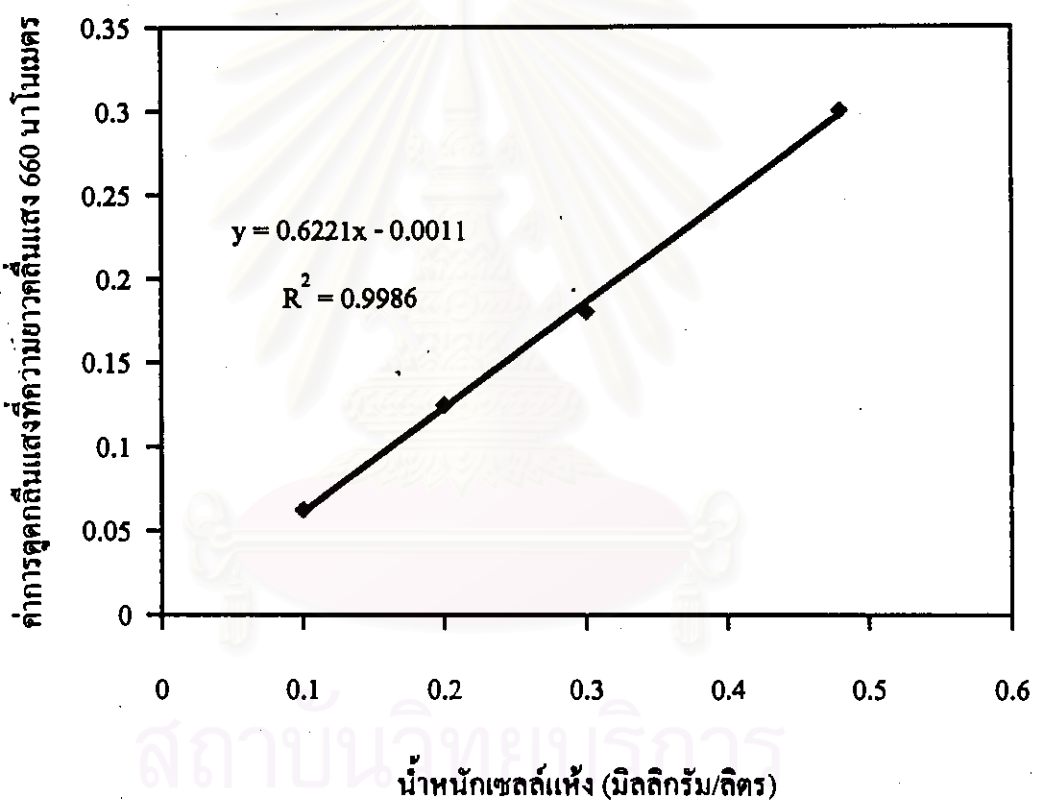


รูปที่ 52 กราฟมาตรฐานของโปรตีนไบวายน์ซีลัมอัลบูมิน
เพื่อใช้หาความเข้มข้นของโปรตีนทดสอบ



รูปที่ 53 กราฟมาตรฐานแสดงปริมาณฟอสฟอรัสด้วยวิธีแวนาโดโมลิบเดต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 54 กราฟมาตรฐานน้ำหนักเซลล์แห้งของ *Acinetobacter* sp. เพื่อใช้หาน้ำหนักเซลล์แห้ง

ภาคผนวก จ

เริ่มทำงานวิจัยในหัวเรื่อง "ประชากรและประสิทธิภาพของ ACINETOBACTER sp. ในการกำจัดฟอสเฟตในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดทนเค็ม" เมื่อเดือน ธันวาคม 2539 เริ่มต้นด้วยการแยกเชื้อ *Acinetobacter sp.* จากระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ที่มีการเติมเชื้อชนิดนี้ก่อนแล้วด้วยอาหารแข็ง Herellea พบว่ามีจุลินทรีย์อื่นเจริญได้ ทำให้รบกวนการติดตามจำนวน *Acinetobacter sp.* จึงศึกษาคุณสมบัติของ *Acinetobacter sp.* พบว่าสามารถดื้อต่อยาเพนนิซิลลิน จึงนำยาเพนนิซิลลินไปเติมในอาหารที่ใช้ติดตาม *Acinetobacter sp.* พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อรบกวนได้ลงมากแต่ยังมีเชื้อรบกวนอยู่ ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไข จากประสบการณ์ที่ข้าพเจ้าเคยทำงานแยกเชื้อก่อโรคในตัวอย่างที่ได้จากคนไข้พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อบางชนิดจำเป็นต้องเติมยาปฏิชีวนะบางอย่างเพื่อลดจำนวนเชื้อประจำถิ่นลง ประกอบกับการที่เคยทดสอบการไวและดื้อต่อยาปฏิชีวนะในเชื้อต่างๆที่แยกได้ ข้าพเจ้าจึงได้นำความรู้นี้มาประยุกต์ใช้โดยทำการศึกษาการไวและการดื้อต่อยาในเชื้อรบกวนและ *Acinetobacter sp.* โดยคัดเลือกยาที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อรบกวนแต่ไม่มีผลต่อ *Acinetobacter sp.* โดยได้รับความเอื้อเฟื้อแผ่นยาทดสอบต่างๆจากเพื่อนที่ทำงานในโรงพยาบาลหลายแห่ง ซึ่งทำให้ประหยัดงบในการจัดหาแผ่นยาทดสอบได้มาก อย่างไรก็ตามถ้าท่านคิดว่าวิธีนี้จะมีประโยชน์ต่อท่าน ข้าพเจ้าขอแนะนำว่าควรนำเชื้อรบกวนและเชื้อที่ต้องการติดตามส่งตรวจการไวและการดื้อต่อยา จะประหยัดกว่าการจัดหาแผ่นยาทดสอบต่างๆมาทำเอง และเมื่อใช้อาหารที่เติมยาปฏิชีวนะติดตามจุลินทรีย์ใดก็ตามสมควรที่จะทำลายเชื้อนั้นให้หมดเพื่อไม่ให้มีเชื้อที่อาจกลายพันธุ์ดื้อต่อยาแล็ดรอดสู่สิ่งแวดล้อมได้ อันจะเป็นการก่อปัญหาทางสาธารณสุขได้โดยไม่ตั้งใจ เมื่อได้อาหารที่เหมาะสมแล้วจึงติดตามจำนวน *Acinetobacter sp.* จากระบบบำบัด Three-Stage Phoredox พบว่าไม่มี *Acinetobacter sp.* เหลืออยู่ในระบบ ข้าพเจ้าจึงเติม *Acinetobacter sp.* ลงในระบบอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจได้ว่ามี *Acinetobacter sp.*ในระบบจริง และติดตามจำนวนพบว่าค่อยๆลดจำนวนลงและหมดไปใน 46 ชั่วโมง ข้าพเจ้าจึงลองเลี้ยง *Acinetobacter sp.* ในขวดเขย่าโดยใช้แหล่งคาร์บอน 3 ชนิดที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบในน้ำเสียสังเคราะห์ คือ กลูโคส, อะซิเตท, คาซามิโนแอซิด พบว่ากลูโคสไม่เหมาะต่อการเจริญของ *Acinetobacter sp.* โดยคาซามิโนแอซิดเหมาะสมที่สุดแต่อะซิเตท *Acinetobacter sp.* ก็เจริญได้ดีและยังเป็นผลิตผลจากการหมักในระยะแอนแอโรบิกจึงคิดว่าน่าจะใช้อะซิเตทเป็นตัวแทนแหล่งคาร์บอนที่ใช้ศึกษาจะเหมาะกว่าการใช้คาซามิโนแอซิด หลังจากนั้นข้าพเจ้าศึกษาองค์ประกอบง่ายๆของน้ำเสียสังเคราะห์ที่อาจกระทบต่อการเจริญคือ ค่ากรดด่างของน้ำเข้า, ค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์, ค่าCOD, และค่ารอบการเขย่า โดยข้าพเจ้าคิดว่าค่ากรดด่างของน้ำทิ้งที่กฎหมายยอมให้ปล่อยสู่แหล่งน้ำได้อยู่ในช่วง pH 5-9 ซึ่ง

แบคทีเรียส่วนใหญ่จะเจริญได้ในช่วงค่ากรดด่างที่เป็นกลางและจากการศึกษาก็พบว่า *Acinetobacter sp.* จะเจริญไม่ได้ถ้ามีค่า pH น้อยกว่า 6.0 และการศึกษาค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ก็เพื่อดูความสามารถในการรองรับเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์เพื่อจะได้ปรับองค์ประกอบของน้ำทิ้งให้พร้อมก่อนปล่อยน้ำเข้าระบบบำบัดและจากการศึกษาก็พบว่า *Acinetobacter sp.* ทนค่าเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์ได้ถึง 1.5 % โดยไม่กระทบต่อการเจริญและถ้าสูงกว่านี้การเจริญจะลดลงและหยุดการเจริญเมื่อเปอร์เซ็นต์โซเดียมคลอไรด์สูงถึง 3% ในการศึกษารอบการเขย่าก็เพื่อดูแนวโน้มของการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายต่อการเจริญและการสะสมฟอสเฟต ที่ต้องใช้รอบการเขย่าทดลองแทนค่าออกซิเจนละลายเพราะว่าไม่มีอุปกรณ์การทดลองที่จะควบคุมค่าออกซิเจนละลาย การใช้รอบการเขย่าทดแทนจึงน่าจะเป็นการประหยัดและเหมาะสมที่สุดในสภาวะที่เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มีจำกัดเช่นนี้ ภายหลังข้าพเจ้าได้ปรับองค์ประกอบของน้ำเสียสังเคราะห์ให้เหมาะสมมากกว่าเดิมและมีองค์ประกอบคงที่ตลอดการเดินระบบโดยทำให้ปลอดเชื้อซึ่งมีประโยชน์คือจะทำให้ระบบเข้าสู่สมดุลเร็วขึ้น (ซึ่งถ้าไม่ทำให้น้ำเสียสังเคราะห์ปลอดเชื้อก่อนในการเดินระบบแบบต่อเนื่องจะพบว่าน้ำเข้าจะมีค่าซีโอดีลดลงเรื่อยๆประกอบกับปริมาณเชื้อปนเปื้อนที่เข้าระบบจะมากขึ้นเรื่อยๆ แต่ถ้าเป็นการทดลองแบบ Batch ก็ไม่จำเป็นต้องทำให้ปลอดเชื้อแต่น้ำเสียสังเคราะห์ต้องเตรียมใหม่และใช้ทันที) และเติม *Acinetobacter sp.* แล้วติดตามปริมาณเชื้อพบว่า *Acinetobacter sp.* ยังคงลดจำนวนลงและหมดไปจากระบบในที่สุด ซึ่งขัดแย้งกับข้อมูลในขวดเขย่า ทั้งนี้เกิดจากปัจจัยทางชีวภาพเช่นชนิดของเชื้อและสายพันธุ์ตลอดจนปฏิสัมพันธ์ของเชื้อต่างๆที่ไม่สามารถคุมได้

หลังจากนี้ข้าพเจ้าได้ศึกษาความสัมพันธ์ของเอนไซม์บางชนิดต่อระยะการเจริญและการสะสมฟอสเฟตของ *Acinetobacter sp.* ในการศึกษาเอนไซม์จำเป็นต้องใช้เอนไซม์และสารเคมีหลายชนิดเป็นส่วนประกอบในปฏิกิริยาการหากิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งส่วนประกอบในน้ำยาวิเคราะห์ไม่มีอยู่ในภาควิชาจุลชีววิทยา และก็มีราคาแพงด้วย ข้าพเจ้าพยายามค้นหาวิธีวิเคราะห์อื่นๆแต่ไม่พบว่ามีวิธีใดที่เหมาะสมกว่านี้ เช่นบางวิธีใช้สารที่ติดฉลากรังสีในปฏิกิริยาการวิเคราะห์ซึ่งทำให้อันตรายและยุ่งยากมากขึ้นไปอีก อย่างไรก็ตามอาจารย์ชาญวิทย์ ได้ขอทุนสนับสนุนบางส่วนจากโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ ในการจัดซื้อเอนไซม์ต่างๆที่ใช้เป็นส่วนประกอบในน้ำยาวิเคราะห์ เอนไซม์เหล่านี้เมื่อผสมเป็นส่วนประกอบของน้ำยาวิเคราะห์แล้วจะเสื่อมสภาพได้ง่าย ข้าพเจ้าจึงแบ่งน้ำยาวิเคราะห์ใส่ในขวดสีชาในปริมาณที่พอใช้ในครั้งหนึ่งๆ และนำไปทำให้อยู่ในรูปน้ำยาผงสำเร็จรูป (lyophilized) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-8 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นการเก็บรักษาน้ำยาให้คงสภาพได้ประมาณ 6 เดือน เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเงินทุนและปริมาณสารเคมีจึงจำเป็นที่ต้องคงส่วนประกอบของน้ำยาวิเคราะห์ไว้คงเดิมตามเอกสารที่ใช้อ้างอิงและเลือกการแปรปริมาตรของตัวอย่างทดสอบแทนการแปรผันส่วนประกอบน้ำยา อย่างไรก็ตามถ้า

ไม่มีอุปสรรคด้านเงินทุนสามารถหาสารได้อย่างเพียงพอ การทดลองแปรผันสารตั้งต้นและส่วนประกอบของน้ำยาวิเคราะห์อื่นๆ เพื่อรองรับการวิจัยด้านนี้ต่อไปในอนาคตก็เป็นการสมควร

สำหรับการย้อมโพลีฟอสเฟตแกรนูลในเซลล์ควรใช้สีที่ไม่เก่า เพื่อหลีกเลี่ยงตะกอนสีที่จะทำให้เข้าใจผิดว่าเป็นโพลีฟอสเฟตแกรนูลได้ เซลล์ระยะ phosphate starved cell เมื่อเราย้อมสี Albert แล้วสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นเป็นรูปร่างเซลล์ที่ไม่ติดสี ซึ่งการถ่ายภาพจะเห็นได้ไม่ชัดและเก็บรายละเอียดได้ไม่ดีเท่าที่ควร ถ้าสามารถหาผู้ชำนาญในการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์หรือผ่านการอบรมการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์มาบ้างก็จะทำให้ภาพถ่ายที่ได้เหมือนจริงและสื่อความหมายได้ดีที่สุด

และแล้วงานวิจัยก็สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษา ช่วยให้แง่คิดและช่วยแก้ไขอุปสรรคบางอย่างให้ผ่านพ้นไปได้ ตลอดจนโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และเพื่อนๆที่เอื้อเฟื้อแผ่นยาทดสอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ และแนะนำการถ่ายภาพผ่านกล้องจุลทรรศน์ ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ.โอกาสนี้อีกครั้งหนึ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

1. ในกระบวนการ Three-Stage Phoredox ประกอบด้วยถัง 3 ถัง คือ ถังแอนแอโรบิก ถังแอนอ็อกซิก ถังออกซิก ให้อธิบายว่าในแต่ละถังมีความแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ กระบวนการ Three-Stage Phoredox ถูกออกแบบให้สามารถกำจัดไนโตรเจนและสารประกอบฟอสฟอรัสได้ โดยในระยะคงตัว (steady state) สภาวะในถังแอนแอโรบิก จะอยู่ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนอิสระและออกซิเจนในรูปไนเตรต ไนไตรต์ ซึ่งในสภาพนี้ โพลีฟอสเฟตแบคทีเรียจะมีการปลดปล่อยฟอสเฟตออกมา (phosphte release) เพื่อให้ได้พลังงานในการดึงสารอาหารในกลุ่มกรดระเหยง่ายเข้ามาสะสมในเซลล์ในรูป PHB และไกลโคเจน และเมื่อโพลีฟอสเฟตแบคทีเรียถูกเวียนมาสู่ถังออกซิก จะมีการดึงออกซิเจนอิสระมาใช้ย่อยสลายอาหารที่สะสมไว้ ได้พลังงานในการเจริญ และดึงฟอสเฟตจากภายนอกเข้ามาสะสมไว้ในเซลล์ในปริมาณที่มากกว่าที่เซลล์ต้องการใช้ในการเจริญ (luxury uptake) ดังนั้นจะเห็นว่ากระบวนการ Three-Stage Phoredox จะเกิดการกำจัดฟอสฟอรัสโดยอาศัยถัง 2 ถังคือ ถังแอนแอโรบิก และถังออกซิก

การกำจัดไนโตรเจนอาศัยปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่สำคัญคือ ไนตริฟิเคชั่นและ ดีไนตริฟิเคชั่น โดยไนตริฟิเคชั่น จะเกิดในถังออกซิก ซึ่งไนตริฟายอิงแบคทีเรียจะเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรต และเมื่อมีการเวียนน้ำจากถังออกซิกมาเข้าถังแอน็อกซิก ซึ่งในระยะคงตัวถังแอน็อกซิกจะมีออกซิเจนในรูปไนเตรตและไนไตรต์เท่านั้น ซึ่งดีไนตริฟายอิงแบคทีเรียจะใช้ในกระบวนการดีไนตริฟิเคชั่น เปลี่ยนไนเตรตและไนไตรต์ให้เป็นก๊าซไนโตรเจนซึ่งเป็นรูปที่ออกสู่บรรยากาศได้ง่าย ดังนั้นจะเห็นว่ามีการกำจัดไนโตรเจนโดยอาศัย 2 ถังคือ ถังออกซิก และถังแอน็อกซิก

2. อุณหภูมิในแต่ละถังในระบบบำบัด Three-Stage Phoredox ที่ใช้ทดลองเหตุใดอุณหภูมิในถังแอน็อกซิกจึงสูงกว่าในถังแอนแอโรบิก และในถังออกซิกทำไมอุณหภูมิจึงต่ำที่สุด ทั้งๆที่ทดลองที่อุณหภูมิเดียวกัน

ตอบ ในการทดลองนี้ทำที่อุณหภูมิห้อง (27-33 องศาเซลเซียส) ซึ่งอุณหภูมิเวลาค่ำจะต่ำกว่าเวลากลางวัน และขนาดของถังแอนแอโรบิกและแอน็อกซิกเท่ากันคือ 1.7 ลิตร และถังออกซิกขนาด 10 ลิตร ดังนั้นถังออกซิกจึงมีอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปอย่างช้าๆ เนื่องจากปริมาณน้ำในถังมาก อีกทั้งมีการให้ออกซิเจนตลอดเวลาจึงเป็นการนำความร้อนออกไปด้วยอุณหภูมิจึงต่ำกว่าถังอื่น ในขณะที่ถังแอนแอโรบิกและแอน็อกซิกมีขนาดเล็กอุณหภูมิจึงเปลี่ยนแปลงได้เร็ว และที่น้ำในถังแอน็อกซิกอุณหภูมิสูงกว่าถังแอนแอโรบิกเพราะต้องรับน้ำจากถังแอนแอโรบิกซึ่งสูงอยู่แล้วเมื่อมีการกวนในถังแอน็อกซิกอีกจึงทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก

3. การคิดค่ากลูโคสเทียบเท่าค่า COD มีวิธีการคิดอย่างไร

ตอบ ค่า COD คือ ค่าปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมออกซิเจน/ลิตร ดังนั้นการคิดค่ากลูโคสเทียบเท่าค่า COD เราจะต้องดุลสมการการออกซิไดส์กลูโคสโดยออกซิเจนจนสมบูรณ์และได้น้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตผลดังสมการที่จะแสดงดังต่อไปนี้

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2$$

จากสมการจะเห็นได้ว่า $C_6H_{12}O_6$ มีน้ำหนักโมเลกุล = 180 ต้องใช้ $6O_2$ ซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลรวม 192 จึงจะออกซิไดส์ กลูโคสได้สมบูรณ์

ดังนั้นแสดงว่า กลูโคสหนัก 180 มิลลิกรัม/ลิตร จะมีค่า COD 192 มิลลิกรัม/ลิตร

สมมุติต้องการค่าซีโอดี 100 มิลลิกรัม/ลิตร จะต้องชั่งกลูโคส = 100 x 180/192

= 93.75 มิลลิกรัม/ลิตร

4. การทดลองที่ 9 มีการแปรผันรอบการเขย่ามีประโยชน์อย่างไร

ตอบ การแปรผันรอบการเขย่าจะทำให้เราทราบแนวโน้มของค่าออกซิเจนละลายต่อการเจริญและการสะสมฟอสเฟต ซึ่งจะนำไปใช้ในการพิจารณาว่าในการเดินระบบบำบัด สามารถที่จะลดอัตราการให้อากาศได้หรือไม่ ทั้งนี้เพราะว่าการให้อากาศจะต้องเสียค่าใช้จ่าย ถ้าสามารถลดอัตราการให้อากาศลงได้ครึ่งหนึ่ง ก็เป็นการลดค่าใช้จ่ายสำหรับการให้อากาศลงได้ครึ่งหนึ่งเช่นกัน

5. ถ้าน้ำเสียมีฟอสฟอรัสเข้มข้นสูงมากจะมีผลอย่างไรต่อระบบบำบัด Three-Stage Phoredox

ตอบ ถ้าน้ำเสียมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงมาก เราจะต้องพิจารณาว่าอัตราส่วนระหว่างค่า COD : P เพียงพอหรือไม่ เพราะว่าถ้าฟอสฟอรัสมีมากแต่ COD มีน้อยถึงระบบจะกำจัดฟอสฟอรัสได้ดีแต่น้ำออกก็จะยังคงมีฟอสฟอรัสสูงอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสลัดจ์ที่จะกำจัดทิ้งมีน้อย

6. ถ้าน้ำเสียมีฟอสฟอรัสเข้มข้นสูงมากเราจะใช้สารเคมีบำบัดก่อนเข้าระบบ Three-Stage Phoredox ได้หรือไม่

ตอบ น้ำเสียมีฟอสฟอรัสเข้มข้นสูงมากจะใช้สารเคมีบำบัดก่อนเข้าระบบ Three-Stage Phoredox ได้หรือไม่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของฟอสฟอรัสด้วย เพราะว่าการบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีจะใช้ได้ดีในน้ำเสียที่มีฟอสฟอรัสอยู่ในรูปอนินทรีย์ เช่น ออโธฟอสเฟต นอกจากนี้การตกตะกอนด้วยสารเคมีก่อนบางครั้งพบว่าจะรบกวนการกำจัดทางชีวภาพได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายวิโรจน์ ประเทืองสวัสดิ์ เกิดวันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2514 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย