# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


พัชรวิภา ใจจักรคำ 2542. การศึกษาลักษณะและการย่อยสลายสาร PAHs ภายใต้สภาวะไร้ $O_2$ ของแบคทีเรียสายพันธุ์ CU-A1. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2542. การกำจัดสารพิษอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการศึกษาเผยแพร่โดยสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

องค์การอนามัยโลก. 1992. สุขภาพและสิ่งแวดล้อม. แปลโดย มาลินี วงศ์พานิช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อุดมศักดิ์ เจียรวิชญ์ 2540. การจัดการกากของเสียจากเขตอุตสาหกรรม. Thai Environmental Engineering J. 10: 24-28.


## ภาษาอังกฤษ


Alexander, M. 1994. Effect of chemical structure on biodegradation. In Biodegradation and Bioremediation. pp. 159-176., Alexander, M. (ed.). Academic Press.

Allen, C. C. R., Boyd, D. R., Hempenstall, F., Larkin, M. J. and Sharma, N. D. 1999. Contrasting effects of a nonionic surfactant on the biotransformation of polycyclic aromatic hydrocarbons to *cis*-dihydrodiols by soil bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1335-1339.

Altschul, S. F., Madden, T. L., Schaffer, A. A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W. and Lipman, D. J. 1997 Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Nucleic Acids Res. 25: 3389-3402.

Arostein, B. N. and Alexander, M. 1993. Effect of a non-ionic surfactant added to the soil surface on the biodegradation of aromatic hydrocarbons within the soil. Appl. Environ. Microbiol. 39: 386-390.

Balba, M. T. 1991. Personal communication with Dr. M. T. Balba of Trea Tek Inc., Technology Center. USA.

Bauer, J. E. and Capone, D. G. 1985. Degradation and mineralization of the polycyclic aromatic hydrocarbons anthracene and naphthalene in intertidal marine sediments. Appl. Environ. Microbiol. 50: 81-90.

Bauer, J. E. and Capone, D. G. 1988. Effects of co-occurring aromatic hydrocarbons on degradation of individual polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediment slurries. Appl. Environ. Microbiol. 54: 1649-1655.

Blumer, M. 1976. Polycyclic aromatic compounds in nature. Scientific American. 234: 34-35.

Bouchez, M., Blanchet, D. and Vandecasteele, J.-P. 1995. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by pure strain and by defined strain associations: inhibition phenomena and cometabolism. Appl. Microbiol. Biotechnol. 43: 156-164.

Bouquard, C., Ouazzani, J., Prome, J.-C., Michel-Briand, Y. and Plesiat, P. 1997. Declorination of atrazine by *Rhizobium* sp. isolate. Appl. Environ. Microbiol. 63: 862-866.

Cerniglia, C. E. 1992. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. Biodegradation. 3: 351-368.

Cerniglia, C. E. and Heitkamp, M. A. 1989. Microbial degradation of polycyclic compounds (PAH) in the aquatic environment. In Metaboism of PAHs in the Aquatic Environment. pp. 41-68., Varanasi, V. (ed.). CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.

Chapman, P. J. 1979. Degradation mechanisms. In Proceedings of the workshop: microbial degradation of pollutants in marine environments. pp. 28-66., Bourquin, A. W. and Pritchard, P. H. (eds.). U.S. Environmental Protection Agency, Gulf Breeze, Fla.

Chen, Y. P., Dilworth, M. J. and Glenn, A. R. 1984a. Uptake and oxidation of aromatic substances by *Rhizobium leguminosarum* MNF 8841 and *Rhizobium trifolii* TA1. FEMS Microbiol. Lett. 21: 201-205.

Chen, Y. P., Dilworth, M. J. and Glenn, A. R. 1984b. Aromatic metabolism of *Rhizobium trifolii*-protocatechuate 3,4-dioxygenase. Arch. Microbiol. 138: 187-190.

Chen, Y. P. and Lovell, C. R. 1990. Purification and properties of catechol 1,2-dioxygenase from *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae USDA 2370. Appl. Environ. Microbiol. 56: 1971-1973.

Cookson, J. T. 1995. Application of biological processes. In Bioremediation engineering design and application. p. 9., Cookson, J T. (ed.). McGraw-Hill, Inc. USA.

Cox, D. P. and Williams, A. L. 1980. Biological process for converting naphthalene to *cis*-1,2- dihydroxy-1,2-dihydronaphthalene. Appl. Environ. Microbiol. 39: 320-326.

Cuny, P., Faucet, J., Acquaviva, M., Bertrand, J.-C. and Gilewicz, M. 1999. Enhanced biodegradation of phenanthrene by a marine bacterium in the presence of a synthetic surfactant. Letters in Appl. Microbiol. 29: 242-245.

Dagher, F., Deziel, E., Lirette, P., Paquette, G., Bisaillon, J.-G. and Villemur, R. 1997. Comparative study of five polycyclic aromatic hydrocarbon degrading bacterial strains isolated from contaminated soils. Can. J. Microbiol. 43: 368-377.

Dechenes, L., Lafrance, P., Villeneuve, J.-P. and Samson, R. 1996. Adding sodium dodesyl sulfate and *Pseudomonas aeruginosa* UG2 biosurfactants inhibits polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation in a weathered creosote-contaminated soil. Appl. Microbiol. Biotechnol. 46 : 638-646.

Dilworth, M. J. and Glenn, A. R. 1981. Control of carbon utilization by rhizobia. In Current perspectives in nitrogen fixation. pp. 244-251., Gibson, A. H. and Newton, W. E. (eds.). Australia, Academic of Science, Canberra.

Dilworth, M. J., Mckay, I., Franklin, M. and Glenn, A. R. 1983. Catabolite effects on enzyme induction and substrate utilization in *Rhizobium leguminosarum.* J. Gen. Microbiol. 129: 359-366.

Fu, M. H. and Alexander, M. 1995. Use of surfactants and slurrying to enhance the biodegradation in soil of compounds initially dissolved in nonaqueous-phase liquids. Appl. Microbiol. Biotechnol. 43 : 551-558.

Gajendiran, N. and Mahadevan, A. 1969. Utilization of catechin by *Rhizobium* sp. Plant and Soil. 108: 263-266.

Gajendiran, N. and Mahadevan, A. 1990a. Growth of *Rhizobium* sp. in the presence of catechol. Plant and Soil. 125: 207-211.

Gajendiran, N. and Mahadevan, A. 1990b. Utilization of phenolic substances by *Rhizobium* sp. Indian J. Experimental Biology. 28: 1136-1140.

Grifoll, M., Casellas, M., Bayona, M. J. and Solanas, A. M. 1992. Isolation and characterization of fluorene-degrading bacteria: identification of ring oxidation and ring fission products. Appl. Environ. Microbiol. 58: 2910-2917.

Grifoll, M., Selifonov, S. A. and Chapman, P. J. 1995. Transformation of substituted fluorenes and fluorene analogs by *Pseudomonas* sp. strain F274. Appl. Environ. Microbiol. 61: 3490-3493.

Grifoll, M., Selifonov, S. A., Gatlin, C. V. and Chapman, P. J. 1995. Actions of a versatile fluorene-degrading bacterial isolate on polycyclic aromatic compounds. Appl. Environ. Microbiol. 61: 3711-3723.

Gschwend, P. M. and Hites, R. A. 1981. Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons to marine and lacustrine sediments in the northeastern United States. Geochim. Cosmochim. Acta. 45: 2359-2367.

Guerin, W. F. and Jones, G. E. 1988a. Two-stage mineralization of phenanthrene by estuarine enrichment cultures. Appl. Environ. Microbiol. 54: 929-936.

Guerin, W. F. and Jones, G. E. 1988b. Mineralization of phenanthrene by *Mycobacterium* sp. Appl. Environ. Microbiol. 54: 937-944.

Haigh, N. 1990. EEC Environmental Policy and Britain. 2nd revised edition. Longman Group UK Ltd., UK.

Heitkamp, M. A. and Cerniglia, C. E. 1987. The effects of chemical structure and exposure on the microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in freshwater and estuarine ecosystems. Environ. Toxicol. Chemistry. 6: 35-46.

Heitkamp, M. A., Franklin, W. and Cerniglia, C. E. 1988. Microbial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons: isolation and charaterization of pyrene-degrading bacterium. Appl. Environ. Microiol. 54: 2549-2555.

Heitkamp, M. A., Freeman, J. P. and Cerniglia, C. E. 1987. Naphthalene biodegradation in environmental microcosms: estimates of degradation rates and characterization of metabolites. Appl. Environ. Microbiol. 53: 129-136.

Herbes, S. E. and Schwall, L. R. 1978. Microbial transformation of polycyclic aromatic hydrocarbons in pristine and petroleum contaminated sediments. Appl. Environ. Microbiol. 35: 306-316.

Hites, R. A., LaFlamme, R. E. and Farrington, J. W. 1977. Sedimentary polycyclic aromatic hydrocarbons: The historical record. Science. 198: 829-831.

Hites, R. A., LaFlamme, R. E. and Windsor, J. G. 1980. Polycyclic aromatic hydrocarbons in marine/aquatic sediments: Their ubiquity. In Petroleum in the Marine Environment. pp. 289-311., Petrakis, L. and Weiss, F. T. (eds.). Advanced in Chemistry Series, American Chemical Society, Washington, D. C.

Hopkins, R. P., Brooks, C. J. W. and Young, L. 1962. Biochemical studies of toxic agents: The metabolism of acenaphthylene. Biochem. J. 82: 457-466.

Hussien, Y. A., Tewfik, M. S. and Hamdi, Y. A. 1974. Degradation of certain aromatic compounds by rhizobia. Soil Biology and Biochemistry. 6: 377-381.

Jimenez, I. Y. and Bartha, R. 1996. Solvent-augmented mineralization of pyrene by *Mycobacterium* sp. Appl. Environ. Microbiol. 62: 2311-2316.

Johannes, C., Majcherczyk, A. and Huttermann, A. 1998. Oxidation of acenaphthene and acenaphthylene by laccase of *Trametes versicolor*. J. Biotechnol. 61: 151-156.

Juhasz, A. L., Britz, M. L. and Stanley, G. A. 1997. Degradation of fluoranthene, pyrene, benz[*a*] anthracene and dibenz[*a,h*]anthracene by *Burkholderia cepacia*. J. Appl. Microbiol. 83: 189-198.

Keith, L. H. and Telliard, W. A. 1979. Priority pollutants. A perspective view. Environ. Sci. Technol. 13: 416-423.

Keuth, S. and Rehm, H.-J. 1991. Biodegradation of phenanthrene by *Arthrobacter polychromogenes* isolated from a contaminated soil. Appl. Microbiol. Biotechnol. 34: 804-808.

Komatsu, T., Omori, T. and Kodama, T. 1993. Microbial degradation of the polycyclic aromatic hydrocarbons acenaphthene and acenaphthylene by a pure bacterial culture. Biosci. Biotech. Biochem. 57: 864-865.

Laha, S. and Luthy, R. G. 1992. Effect of nonionic surfactant on the solubilization and mineralization of phenanthrene in soil-water systems. Biotechnol. Bioeng. 40: 1367-1380.

Lapinskas, J. 1989. Bacterial degradation of hydrocarbon contamination in soil and groundwater. Chemistry and Industry. 23: 784-789.

Latha, S. and Mahadevan, A. 1997. Role of rhizobia in the degradation of aromatic substances: A review. World J. of Microbiology and Biotechnology. 13: 601-607.

LaVoie, E. J. and Rice, J. E. 1988. Structure-activity relationships among tricyclic polynuclear aromatic hydrocarbons. In Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Carcinogenesis: Structure-Activity Relationships. Vol.1. pp. 151-156., Yang, S. K. and Silverman, B. D. (eds.). CRC Press.

Lederer, W. H. 1985. Acenaphthylene. In Regulatory Chemicals of Health and Environmental Concern. p. 1., Lederer, W. H. (ed.). Van Nostrand Reinhold Company.

Lee, S. and Cutright, T. J. 1996. Nutrient medium for the bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons contaminated soils. Environ. Sci. Technol. 14: 1524-1528.

Lewis, J. A. and Starkey, R. L. 1969. Decomposition of plant tannins by soil microorganisms. Soil Science. 107: 235-241.

Lupton, F. S. and Marshall, K. C. 1978. Effectiveness of surfactants in the microbial degradation of oil. Geomicrobiol. J. 1: 235-247.

Majcherczyk, A., Johannes, C. and Huttermann, A. 1998. Oxidation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) by laccase of *Trametes versicolor*. Enzyme Microbiol. Technol. 22: 335-341.

Manahan, S. E. 1993. Reduction, Treatment, and Disposal of Hazardous waste. In Fundamentals of Environmental Chemistry. pp. 687-720., Manahan, S. E. (ed.). Lewis Publishers.

McCoy and Associates, Inc. 1988. Regulated hazardous chemicals: A comprehensive listing of chemicals regulated under RCRA, CERCLA and SARA. The Hazardous Waste Consultant, September/December, 4.1-4.39.

Means, J. C., Ward, S. G., Hassett, J. J. and Banwart, W. L. 1980. Sorption of polynuclear aromatic hydrocarbons by sediments and soils. Environ. Sci. Technol. 14: 1524-1528.

Morgan, P. and Watkinson, R. J. 1989. Hydrocarbon degradation in soils and methods for soil biotreatment. CRC Critical Reviews in Biotechnology. 8: 305-333.

Mueller, J. G., Chapman, P. J. and Pritchard, P. H. 1989. Action of fluorene-utilizing bacterial community on polycyclic aromatic hydrocarbon components of creosote. Appl. Environ. Microbiol. 55: 3085-3090.

Muthukumar, G., Arunakumari, A. and Mahadevan, A. 1982. Degradation of aromatic compounds by *Rhizobium* spp. Plant and Soil. 69: 163-169.

Neurath, G. B. 1972. Recent advances in knowledge of the chemical composition of tobacco smoke. In The Chemistry of Tobacco and Tobacco smoke. pp. 77-97., Schmeltz, I. (ed.). Plenum Publishing Corp., New York.

Omori, T., Monna, L., Saiki, Y. and Kodama, T. 1992. Desulfurization of dibenzothiophene by *Corynebacterium* sp. strain SY1. Appl. Environ. Microbiol. 58: 911-915.

Palleroni, N. J. 1994. Gram-negative aerobic rods and cocci. In Bergey 's manual of systematic bacteriology. pp. 140-199., Krieg, N. R. and Hott, J. G. (eds.). The William & Wikins Co., Baltimore, Md.

Panther, B., Hooper, M., Limpaseni, W. and Hooper, B. 1996. Polycyclic aromatic hydrocarbons as environmental contaminants: some result from Bangkok. In Proceedings of the Third International Symposium of ETER NET-APR: Conservation of the Hydrospheric Environment.: pp. 178-181.

Park, K. S., Sims, R. C., Doucette, W. J. and Matthews, J. E. 1988. Biological transformation and detoxification of 7,12-dimethylbenz[*a*]anthracene in soil systems. J. the Water Pollution Control Federation. 60: 1822-1825.

Park, K. S., Sims, R. C., Dupont, R. R., Doucette, W. J. and Matthews, J. E.1990. Fate of PAH compounds in two soil types: influence of volatilization, abiotic loss and biological activity. Environmental Toxicology and Chemistry. 9: 187-195.

Parke, D. and Ornston, L. N. 1984. Nutritional diversity of rhizobiaceae revealed by auxonography. J. General Microbiol. 130: 1743-1750.

Samanta, S. K., Chakraborti, A. K. and Jain, R. K. 1999. Degradation of phenanthrene by different bacteria: evidence for novel transformation sequences involving the formation of 1-naphthol. Appl. Microbiol. Biotechnol. 53: 98-107.

Schocken, M. J. and Gibson, D. T. 1984. Bacterial oxidation of the polycyclic aromatic hydrocarbons acenaphthene and acenaphthylene. Appl. Environ. Microbiol. 48: 10-16.

Siegrist, R. L. 1990. Development and implementation of soil quality and clean up criteria for contaminated sites. In Contaminated Soil. pp. 149-156., Wolf, K., Van den Brink, J. and Colon, F. J.(eds.). Kluwer Academic Publishers.

Selifonov, S. A., Grifoll, M., Eaton, R. W. and Chapman, P. J. 1996. Oxidation of naphthenoaromatic and methyl-substituted aromatic compounds by naphthalene 1,2-dioxygenase. Appl. Environ. Microbiol. 62: 507-514.

Sims, J. L., Sims, R. C. and Matthews, J. E. 1990. Approach to bioremediation of contaminated soil. Hazardous Waste and Hazardous Materials. 7: 117-149.

Sims, R. C. 1990. Soil remediation techniques at uncontrolled hazardous waste sites. A critical review. J. the Air and Waste Management Association. 40: 704-732.

Sims, R. C. and Overcash, M. R. 1983. Fate of polynuclear aromatic compounds (PNAs) in soil-plant systems. Residue Reviews. 88: 1-68.

Sims, R. C., Doucette, W. J., McLean, J. E., Grenny, W. J. and Dupont, R. R. 1988. Treatment potential for 56 EPA listed hazardous chemicals in soil. EPA/600/6-88/001. Robert Kerr Environmental Research laboratory. Ada. OK, USA.

Song, H.-G., Wang, X. and Bartha, R. 1990. Bioremediation potential of terrestrial fuel spills. Appl. Environ. Microbiol. 56: 652-656.

Sutherland, J. B., Rafii, F., Khan, A. A. and Cerniglia, C. E. 1995. Mechnisms of polycyclic aromatic hydrocarbon degradation. In Microbial Transformation and Degradation of Toxic Organic Chemicals. pp. 269-306., Young, L. Y. and Cerniglia, C. E. (eds.). New York, Wiley-Liss, Inc.

Tabak, H. H., Quave, S. A., Mashni, C. I. and Barth, E. E. 1981. Biodegradability studies with organic priority pollutant compounds. J. the Water Pollution Control Federation. 53: 1503-1518.

Thomas, J. M., Lee, M. D., Scott, M. J. and Ward, C. H. 1989. Microbial ecology of the subsurface at an abandoned creosote waste site. J. Industrial Microbiol. 4: 109-120.

Tiehm, A. 1994. Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the presence of synthetic surfactants. Appl. Environ. Microbiol. 60: 258-263.

Tongpim, S. and Pickard, M. A. 1999. Cometabolic oxidation of phenanthrene to phenanthrene *trans*-9,10-dihydrodiol by *Mycobacterium* strain S1 growing on anthracene in the presence of phenanthrene. Can. J. Microbiol. 45: 369-376.

Van Hamme, J. D. and Ward, O. P. 1999. Influence of chemical surfactants on the biodegradation of crude oil by a mixed bacterial culture. Can. J. Microbiol. 45: 130-137.

Verschueren, K. 1996. Acenaphthylene. In Handbook of Environmental Data on Organic Chemistry 3rd edition. p. 100., Van Nostrand Reinhold an International Thomson Publishing company.

Volkering, F. A., Breure, A. M., Sterkenberg, A. and Van Andel, J. G. 1992. Microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons: effect of substrate availability on bacterial growth kinetics. Appl. Microbiol Biotechnol. 36: 548-552.

Weissenfels, W. D., Beyer, M., Klein, J. and Rehm, H. J. 1990. Degradation of phenanthrene, fluorene and fluoranthene by pure bacterial cultures. Appl. Microbiol Biotechnol. 32: 479-484.

Weissenfels, W. D., Beyer, M., Klein, J. and Rehm, H. J. 1991. Microbial metabolism of fluoranthene: isolation and identification of ring fission products. Appl. Microbiol. Biotechnol. 34: 528-535.

Werner, D., Dittrich, W. and Thierfelder, H. 1982. Malonate and Kreb 's cycle intermediates utilization in the presence of other carbon sources by *Rhizobium leguminosarum* and soybean bacteroids. Zeitschrift fur Naturforschung. 37: 921-926.

West, C. C. and Harwell, J. H. 1992. Surfactants and subsurface remediation. Environ. Sci. Technol. 26: 2324-2330.

Wilson, S. C. and Jones, K. C. 1993. Bioremediation of soil contaminated with polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs): A review. Environ. Pollut. 81: 229-249.

Wodzinski, R. S. and Coyle, J. E. 1974. Physical state of phenanthrene for utilization by bacteria. Appl. Microbiol. 27: 1081-1084.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## สูตรและวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

### 1. อาหารเลี้ยงเชื้อเหลว carbon free mineral salt medium (CFMM medium)

| | | |
|---|---|---|
| แอมโมเนียมไนเตรต ($NH_4NO_3$) | 3.0 | กรัม |
| ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโดเดคคะไฮเดรต ($Na_2HPO_4 \bullet 12H_2O$) | 5.5 | กรัม |
| โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($KH_2PO_4$) | 0.8 | กรัม |
| แมกนีเซียมซัลเฟตเฮพทะไฮเดรต ($MgSO_4 \bullet 7H_2O$) | 0.01 | กรัม |
| เฟอริกคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3 \bullet 6H_2O$) | 0.005 | กรัม |
| แคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต($CaCl_2 \bullet 2H_2O$) | 0.005 | กรัม |

ละลายสารสามอย่างแรกในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มล. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล เป็น 7.5 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที ส่วนสารสามอย่างหลัง เตรียมแยกแต่ละตัวฆ่าเชื้อด้วยการกรองผ่านชุดกรองสำเร็จรูปชนิดเซลลูโลสอะซีเตตขนาด 0.45 ไมโครเมตร แล้วจึงนำมาเติมลงในสารสามอย่างแรกที่ทำการฆ่าเชื้อแล้ว

### 2. อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง CFMM (CFMM agar)

ละลายแบคโตอการ์ 15 กรัม ลงในอาหารเหลว CFMM (เฉพาะสารสามอย่างแรก) ปริมาตร 1,000 มล. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 7.5 นำไปต้มให้ละลายและนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้จนได้อุณหภูมิ 50-60 °ซ. จึงเติมสารสามอย่างหลังที่ฆ่าเชื้อแล้วก่อนนำไปใช้

### 3. อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Luria/Bertani (LB agar)

| | | |
|---|---|---|
| ทริปโตน | 10.0 | กรัม |
| ผงสกัดจากยีสต์ | 5.0 | กรัม |
| โซเดียมคลอไรด์ | 5.0 | กรัม |
| วุ้นผง | 15.0 | กรัม |

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นปริมาตร 1,000 มล. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 7.2 นำไปต้มให้ละลายและนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 $^{o}$ซ. เป็นเวลา 20 นาที

# ภาคผนวก ข

## สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. **สารละลายอะซีแนพธิลีนในไดเมทธิลซัลฟอกไซด์** (acenaphthylene in DMSO solution)

ชั่งอะซีแนพธิลีน 0.1 กรัม ละลายในไดเมทธิลซัลฟอกไซด์ปริมาตร 3.0 มล. ผสมด้วยเครื่องปั่นผสมจนอะซีแนพธิลีนละลายหมด นำมากรองฆ่าเชื้อผ่านชุดกรองสำเร็จรูปชนิด PTFE ที่มีขนาด 0.20 ไมโครเมตร เก็บไว้ในขวดสีเข้มหรือห่อให้มิดชิดที่อุณหภูมิ -20 °ซ. แต่ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ต้องการใช้

2. **สารละลาย 0.85 % โซเดียมคลอไรด์**

ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 0.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. นึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที

3. **100 % กลีเซอรอล**

นำกลีเซอรอล มานึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 °ซ. เป็นเวลา 20 นาที ทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วนำมาฆ่าเชื้อใหม่ ทำซ้ำ 2 ครั้ง

4. **สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 โมลาร์** (0.1 M NaOH)

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 900 มล. ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มล.

5. **สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล**

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 90 มล. ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มล.

6. **สารละลายเมทธานอลเข้มข้น** 80 % **ในน้ำ (ปริมาตรต่อปริมาตร)**

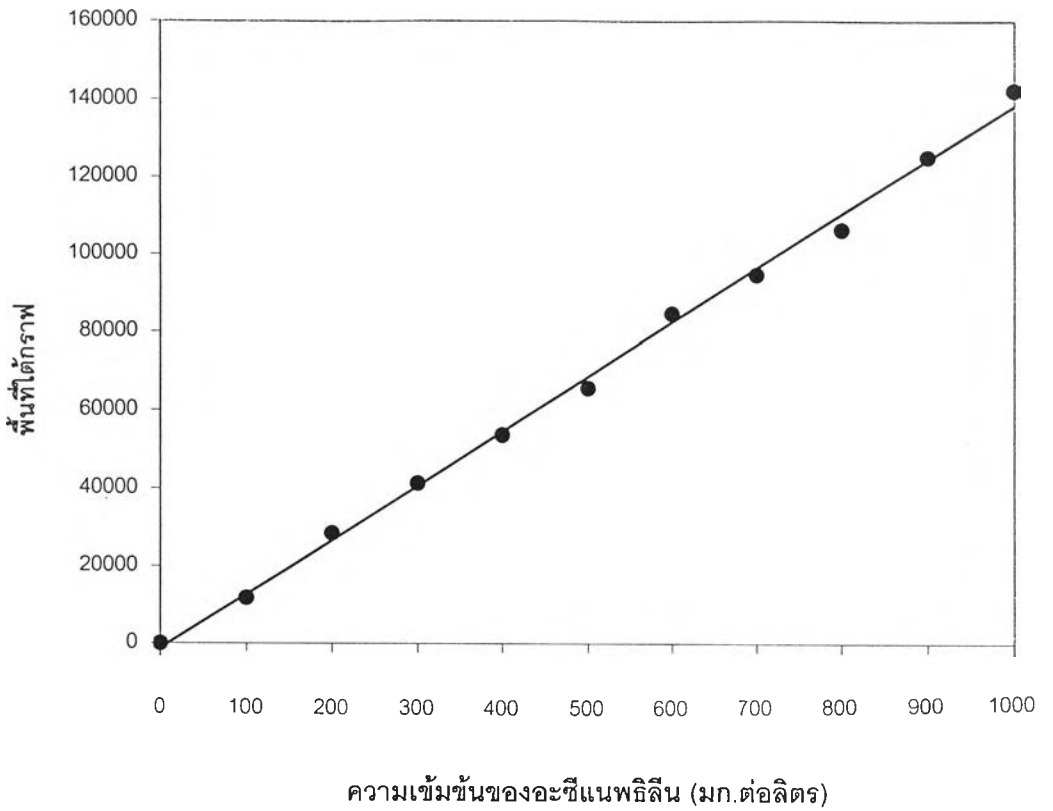
กรองเมทธานอล 100 % ผ่านกระดาษกรองชนิด FH ที่มีขนาด 0.5 ไมโครเมตร มากำจัดก๊าซด้วยเครื่องกำเนิดเสียงความถี่สูงจนหมด จากนั้นผสมเมทธานอล 100 % ปริมาตร 800 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่นที่กรองและกำจัดก๊าซแล้วให้ได้ปริมาตรครบ 1,000 มล. นำไปกำจัดก๊าซด้วยเครื่องกำเนิดเสียงความถี่สูงอีกครั้งจนก๊าซหมดหรือสังเกตไม่พบฟองอากาศ

7. **สารละลายไดอะโซมีเทน** (diazomethane)

ละลาย *พารา*-โทลูอีนซัลโฟนิล-*เอ็น*-เมทิล-*เอ็น*-ไนโตรซามีด (*p*-toluenesulfonyl-*N*-methyl-*N*-nitrosamide) 5 กรัม ด้วยไดเอทิลอีเทอร์ปริมาตร 5 มล. โดยที่สารละลายดังกล่าวอยู่ในขวดทำปฏิกิริยาเคมีชนิดมีท่อระบายก๊าซ แช่ขวดทำปฏิกิริยาในอ่างน้ำแข็ง 5 นาที จากนั้นเติมสารละลายอิ่มตัวของโพแทสเซียมในเอทธานอล 4-5 หยด ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาจะออกจากขวดทางท่อระบายก๊าซ ไปสะสมอยู่ในไดเอทิลอีเทอร์ซึ่งถูกบรรจุอยู่ในขวดสีเข้ม และแช่อยู่ในอ่างน้ำแข็ง สามารถเก็บสารละลายนี้ไว้ได้ที่อุณหภูมิ -20 $^{\circ}$ซ. (ไม่เกิน 1 สัปดาห์)

# ภาคผนวก ค

1. กราฟมาตรฐานของอะซีแนพธิลีน




**รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานระหว่างปริมาณอะซีแนพธิลีนกับพื้นที่ใต้กราฟ ที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธี HPLC**

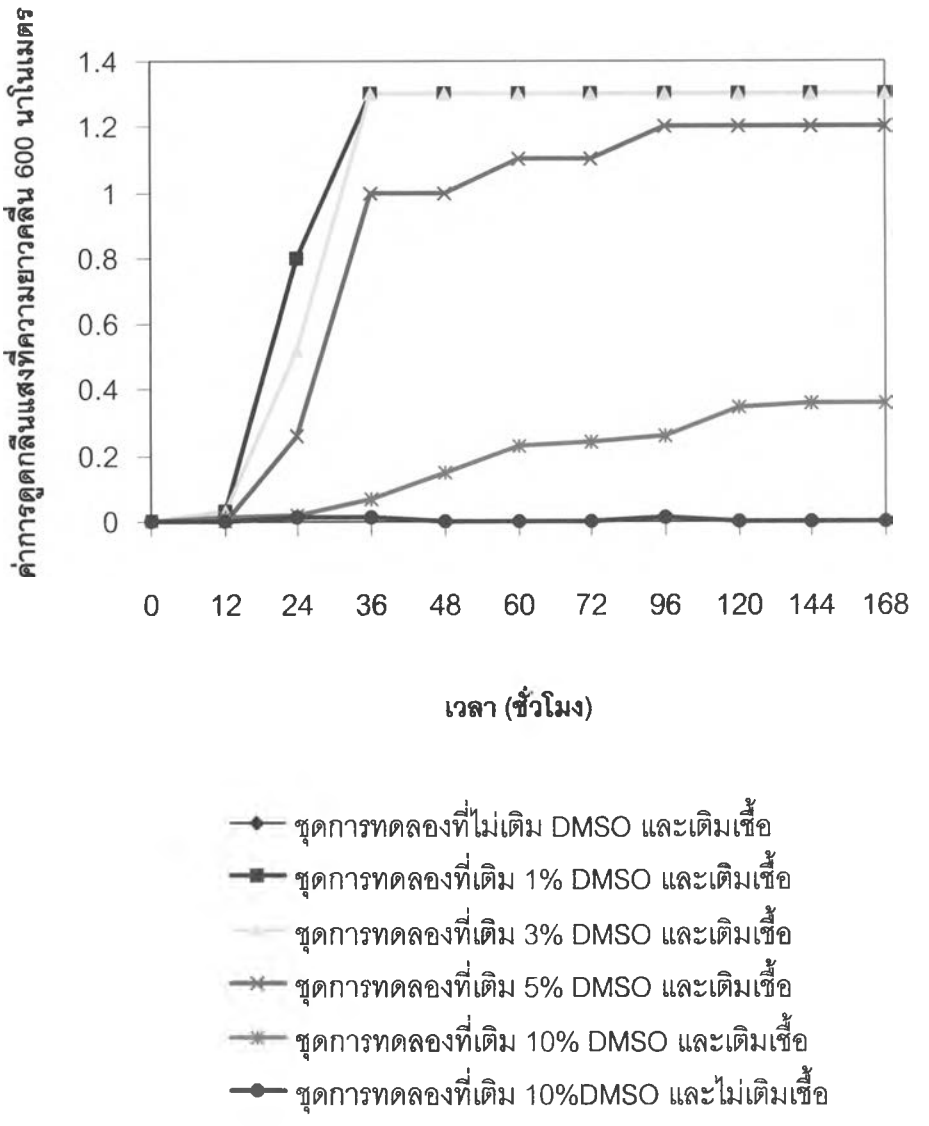
หาความเข้มข้นของอะซีแนพธิลีนได้จากการนำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดย HPLC มาแทนค่าในสมการเส้นตรงดังนี้

พื้นที่ใต้กราฟ = (ความชันของกราฟมาตรฐาน×ปริมาณอะซีแนพธิลีน)+จุดตัดแกนวาย

โดยที่: ความชันของกราฟมาตรฐาน = 13956

จุดตัดแกนวาย = -15208

2. ผลของไดเมทธิลซัลฟอกไซด์ต่อการเจริญของเชื้อ *Rhizobium* sp. สายพันธุ์ CU-A1




**รูปที่ ค.2 กราฟผลของไดเมทธิลซัลฟอกไซด์ต่อการเจริญของเชื้อ *Rhizobium* sp. สายพันธุ์ CU-A1**

# ประวัติผู้เขียน

นางสาวศรัลยา แพงไตร เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 และเข้ารับการศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540

# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


อุดมศักดิ์ เจียรวิชญ์ 2540. การจัดการกากของเสียจากเขตอุตสาหกรรม. Thai Environmental Engineering J. 10: 24-28.

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2542. การกำจัดสารพิษอันตรายจากโรงงานอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการศึกษาเผยแพร่โดยสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535.

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535.

พัชรวิภา ใจจักรคำ 2542. การศึกษาลักษณะและการย่อยสลายสาร PAHs ภายใต้สภาวะไร้ $O_2$ ของแบคทีเรียสายพันธุ์ CU-A1. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องค์การอนามัยโลก. 1992. สุขภาพและสิ่งแวดล้อม. แปลโดย มาลินี วงศ์พานิช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.


## ภาษาอังกฤษ


Alexander, M. 1994. Effect of chemical structure on biodegradation. In Biodegradation and Bioremediation. pp. 159-176., Alexander, M. (ed.). Academic Press.

Allen, C. C. R., Boyd, D. R., Hempenstall, F., Larkin, M. J. and Sharma, N. D. 1999. Contrasting effects of a nonionic surfactant on the biotransformation of polycyclic aromatic hydrocarbons to *cis*-dihydrodiols by soil bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 65: 1335-1339.

Altschul, S. F., Madden, T. L., Schaffer, A. A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W. and Lipman, D. J. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Nucleic Acids Res. 25: 3389-3402.

Arostein, B. N. and Alexander, M. 1993. Effect of a non-ionic surfactant added to the soil surface on the biodegradation of aromatic hydrocarbons within the soil. Appl. Environ. Microbiol. 39: 386-390.