

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิการ์ สิริสิงห, 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ประยูรวงส์ จำกัด.
- จิราภรณ์ สุขุมาวาสี, พวงเพ็ญ สุยะนันท์, วัลลภา อรุณไพโรจน์ และสุภาพ อัจฉริยศรีพงษ์, 2536. การกำจัดคราบน้ำมันโดยจุลินทรีย์. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ประจำปี 2536 ของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, เทคโนโลยีการควบคุมมลพิษ. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์, 18 - 19 มิถุนายน , 2536 : 350 - 356.
- ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์, 2533. น้ำมัน. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน.
- ดวงพร คันธโชติ, 2537. อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและการปฏิบัติการ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 1 - 31, 62 - 65 และ 93 - 97.
- ธงชัย พรธนะสวัสดิ์, บรรณาธิการ, 2535. คู่มือการวิเคราะห์น้ำทิ้ง. กรุงเทพมหานคร : คณะกรรมการจัดทำคู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, (ม.ป.ท., ม.ป.ป.) 1 - 21, 24 - 35 และ 173 - 178 .
- ธวัชชัย สุภาจากรุพันธุ์, 2530. หลักการทดสอบทางชีวเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาคลินิก. (อัดสำเนา), (ม.ป.ท., ม.ป.ป.)
- นริกุล สุระพัฒน์, จันทรเพ็ญ วิวัฒน์, ประมวญ เทพชัยศรี, ปรีชา พุทธาภูมิไกร และ สุวณี สุขเวชย์, บรรณาธิการ, 2529. จุลชีววิทยาทางกรแพทย์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์กรุงเทพเวช
- นันทนา อรุณฤกษ์, 2537. การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรบัสต์. พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
- ประเสริฐ เทียนนิมิตร, ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร, 2532. เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด เอช - เอ็น การพิมพ์ บริษัท ซี - เอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, 226 - 323 .
- มนัส เพ็ชรทองคำ, 2522. พิษเฉียบพลันของน้ำมันดิบ ดีเซล และเบนซินที่มีต่อกุ้งแชบ๊วยขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มยุรีย์ พันธย์, ชื่นจิตต์ บุญเจ็ด, ปราวณี สิทธิสาร, เพ็ญจิตร เปรมะบุตร, จินดา นัยเนตร และ วิรุฬห์ ไพฑูริกุล, 2530. จุลชีววิทยา ปฏิบัติการและหลักเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์ .

- ยูวเรศน์ เอมแยม, 2537 . การย่อยสลายนอร์มัล - อัลเคนในน้ำจืด โดย *Pseudomonas fluorescens* และ *Alicalligenes faecalis* . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2537 . การวิเคราะห์หัตถมูลทางสถิติ ด้วยคอมพิวเตอร์ . พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริพร เหลืองนฤทัย, 2536. การย่อยสลายปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำทะเลโดย *Flavobacterium maningosepticum* และ *Pseudomonas fluorescens*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริลักษณ์ เจียมจิตรพรชัย, 2537. การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC⁺ เรียนด้วยตนเอง . พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม
- สมรัตน์ ยินดีพิธ, 2533 . การกำจัดคราบน้ำมันด้วยวิธีชีวภาพ . วารสาร ความเป็นอยู่ปริทัศน์ 33 , ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม - กันยายน) 13 - 20.
- สมรัตน์ ยินดีพิธ, 2533 . การกำจัดคราบน้ำมันในทะเล . วารสาร ความเป็นอยู่ปริทัศน์ 33 , ฉบับที่ 4 (ตุลาคม - ธันวาคม) : 30 - 37 .
- สุจิตรา เขาวังปรีชา, 2530 . ผลกระทบของน้ำมันดิบอะโรมาติกชนิดเบาในรูปที่ละลายน้ำต่อลูกปลากระพงขาว . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุชาดา จาติกวณิช และกาญจนา จันทองจีน, 2532 . ปฏิบัติการจุลชีววิทยา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวณี สุขเวทย์ และมาลัย วรจิตร, บรรณาธิการ, 2536. แบคทีเรียพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ศิริยอด : 46 - 71 .
- โสภณ เริงสำราญ และคณะ, 2539. รายงาน เรื่อง โครงการวิเคราะห์หัตถมูลเติมแต่งในน้ำมันหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์เบนซิน. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรรถวุฒิ อิมพุลทรัพย์ และคณะ, 2536 . รายงานสถานการณ์ เรื่อง การศึกษาปัญหาและวิเคราะห์เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับคราบน้ำมันตามแหล่งต่างๆในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ .
- อะนาสตาเซีย พุเทกซิส, 2534 . ทะเลที่แสนสกปรก . เสรีภาพ . ฉบับที่ 4 : 2 - 9 .

ภาษาอังกฤษ

- Ajaji, O.D., and Poxton, M.G., 1987 . Sediment aliphatic hydrocarbons in the Forth Estuary. Estuarine, Coastal and Shelf Science . 25: 227 - 244 .
- Alcamo, I.E., 1983 . Fundamental of microbiology . USA : Addison Wesley Publishing Co., 41 - 49 .
- Atlas, R.M., and Bartha, R., 1972 . Biodegradation of petroleum in seawater at low temperature. Can. J. Microbiol . 18 : 1,851 - 1,855 .
- Atlas, R.M., and Bartha, R., 1972 . Degradation and mineralization of petroleum in seawater limitation by nitrogen and phosphorus. Biotechnol. Bioeng. 14: 297 - 308 .
- Atlas, R.M., Schofield, E.A., Morelli, F.A., and Cameron, R.E., 1976 . Interactions of microorganisms and petroleum in the Arctic. Environ. Pollut. 10 : 35 - 44 .
- Bailey, W.R., and Scott, E.G., 1974. Diagnostic microbiology. A textbook for the isolation and identification of pathogenic microorganisms. 4 th ed. St. Louis :The C.V.Mosby Co., 338 - 341.
- Bartha, R., and Atlas, R.M., 1977. The Microbiology of aquatic oil spills. Adv. Appl. Microbiol . 22 : 225 - 226.
- Brown, H.M., Goudey, J.S., and Foghy, J.M., 1990. Dispersion of spilled oil in freshwater system; field trial of a chemical Dispersant. Oil and Chemical Pollution . 6 : 37 - 54 .
- Buchanan, R.E., and Gibbons, N.E., eds., 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology. 8 th ed. Baltimore : The Williams and Wilkins Co.
- Calder, J.A., and Lader, J.H., 1976. Effect of dissolved aromatic hydrocarbons on the growth of marine bacteria in batch culture. Appl. Environ. Microbiol . 32 : 95 - 101.
- Carlberg, S.R., 1980. Oil pollution of the marine environment with an emphasis on estuarine studies. In E.Olausson and I. Cato (ed). Chemistry and Biogeochemistry of Estuarine . A Wiley Interscience Publication. 367 - 402.
- Cerniglia, C.E., 1984. Microbial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons. Appl. Microbiol. 30 : 31 - 71.
- Creager, J.G., Black, J.G., and Davidson, V.E., 1990. Microbiology principles & Applications . New Jersey : Prentice - Hall International Editors .
- Davies, J.S., and Westlake, D.W.S., 1979. Crude oil utilization by fungi. Can. J. Microbiol. 25 : 146 - 156.
- Davis, B.D., Dulbecco, R., Eisen, H.N., and Ginsberg, H.S., 1980. Microbiology . 4 th ed. New York : Harper and Row.

- Donaheue, W.H., Wang, R.T., Wetch, M., and Nicol, C.J.A. 1977. Effects of water soluble components of petroleum oils and aromatic hydrocarbons on *Barnacle larvae*. Environ. Pollut. 13 : 187 - 202.
- Duckworth, D.F., 1973. Aspects of petroleum pollutant analysis. Wat. Pollut. Oil., 165 - 185.
- EPA., 1990. Alaskan oil spill bioremediation project. Office of Research and Development Washington, DC 20460.
- FranKerberger, Jr.W.T., 1988. Use of Urea as a nitrogen fertilizer in bioreclamation of petroleum hydrocarbons in soil. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 40 : 60 -66 .
- Galli, E., Silver, S., and Witholt, B., eds., 1992. Pseudomonas : Molecular biology and biotechnology. Washington, DC : American Society for Microbiology , 5 - 6, 268 - 289.
- Geyer, R.A., 1980. Marine environmental pollution. Netherlands : Elsevier scientific publishing, (1) : 265 - 351.
- Giger, W., Molnar - Kubica, E., and Wakeham, S., 1977. Volatile chlorinated hydrocarbons in ground and lake waters. Aquatic pollutants transformation and biological effects., 101 - 123.
- Goldsmith, C.D., and Balderson, R.K., 1988. Biodegradation and growth kinetics of enrichment isolates on benzene, toluene and xylene. Wat.Sci.Tech. 20, 11/12 : 505 - 507.
- Goodfellow, M., and Berkley, R.C.W., eds., 1981. The Aerobic endospore forming bacteria : Classification and Identification. London : Academic press. 1 - 15, 59 - 90.
- Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., and Eaton, A.D., 1992. Standard methods for the examination of Water and Wastewater. 18 th ed. Washington, DC : American Public Health Association. 1- 15.
- Grimalt, T., Albaiges, J., Ai-Sead, H.T., and Dov Abul, A.A.Z., 1985. N- alkanes distribution in Surface sediment from the Arabian Guff. Naturwissenschaften. 72 : 35 - 37.
- Hoch, J.A., and Losick, R., eds., 1993. Bacillus subtilis and other gram- positive bacteria : Biochemistry physiology and molecular genetics : Washington, DC : American Society for Microbiology, 1 - 8.
- Holdom, R.S., and Turner, A.G., 1969. Growth of *Mycobacterium rhodochrous* on n-decane : a new growth factor and emulsifying agent. J. Appl. Bacteriol. 34 : 448 - 456.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T., and Williams, S.T., 1994. Bergey's manual of determinative bacteriology. 9 th ed. Baltimore : The Williams and Wilkina Co.

- Horowitz, A. , and Atlas, R.M., 1979. Response of microorganisms to an accidental gasoline spillage in an Arctic freshwater ecosystem. Appl. Environ. Microbio. 33 : 1,252 - 1,258.
- Horowitz, A. , Gutnick, D., and Rosenberg, E., 1975. Sequential growth of bacterias on crude oil. Appl. Microbiol. 30 : 10 - 19.
- ITOE., 1991. Response to marine oil spills. London : Wiherby, Co.
- Jobson, A., Cook, F.D., and Westlake, DWS., 1972. Microbial utilization of crude oil. J.Appl. Microbiol. 23 : 1082 - 1089.
- Jones, J.G., and Eddington, M.A., 1968. An ecological survey of hydrocarbon oxidizing microorganisms. J.Gen.Microbio. 52 : 381 - 390.
- Klamann, D. et al, 1984. Lubricants and related products. Germany : Verlag Chemie. 96 - 153.
- Knowles, R. and Wishart, C. , 1977. Nitrogen fixation in arctic marine sediment, effects of oil and hydrocarbons fractions. Environ. Pollut. 13 : 133 - 149.
- Koneman, E.W., Allen, S.D., Dowell, V.R., and Sommers, H.M., 1979. Color atlas and textbook of diagnostic microbiology. 2 nd ed. Philadelphia : J.B. Lippincott Co., 338 - 341.
- Koneman, E.W., Allen, S.D., Dowell, V.R., and Sommers, H.M., 1983. Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology. 2 nd ed. Philadelphia : J.B. Lippincott Co.
- Kornberg, H., 1981. Royal Commission on Environmental Pollution. Oil Pollution of the Sea. London.
- Linden, O., 1975. Acute effect of oil and oil / dispersants mixture on larval of baltic herring. Ambio. 4(3) : 130 - 133.
- Macleod, R.A., 1985. The question of the existence of specific marine bacteria. Bac.Rev.Mar. 29,1.
- Macleod, R.A., and Onofrey., 1975. Nutrition and metabolism of marine bacteria. J. Bacteriol. 71,6.
- Marowitch, J., Dale, M.R.T., and Hoddinott, J., 1988. The Effect of crude oil and oil spill chemical on nitrogen fixation in the Cyanobacteria *Nostoc* sp. Environ. Pollut. 5 : 75 - 83.
- McAuliffe,C., 1963. Solubility in Water of C₁ - C₉ Hydrocarbons. Nature. 200 : 1,092 - 1,093
- Michael, J.R., Chan, E.C.S., and Noel, R.K., 1988. Microbiology. 5 th ed. Singapore : McGraw-Hill Book Co. 110 - 119.
- Morita, R.Y., 1966. Marine psychrophillic bacteria. Oceanogr. Mar. Biol. ann. Rev. 4 : 105 - 121.
- Mulkins - Phillips, G.J., and Steward, J.E., 1974. Distribution of hydrocarbon utilizing bacteria in northwestern Atlantic waters and Coastal sediments. Can.J.Microbiol. 20 : 955 - 962.

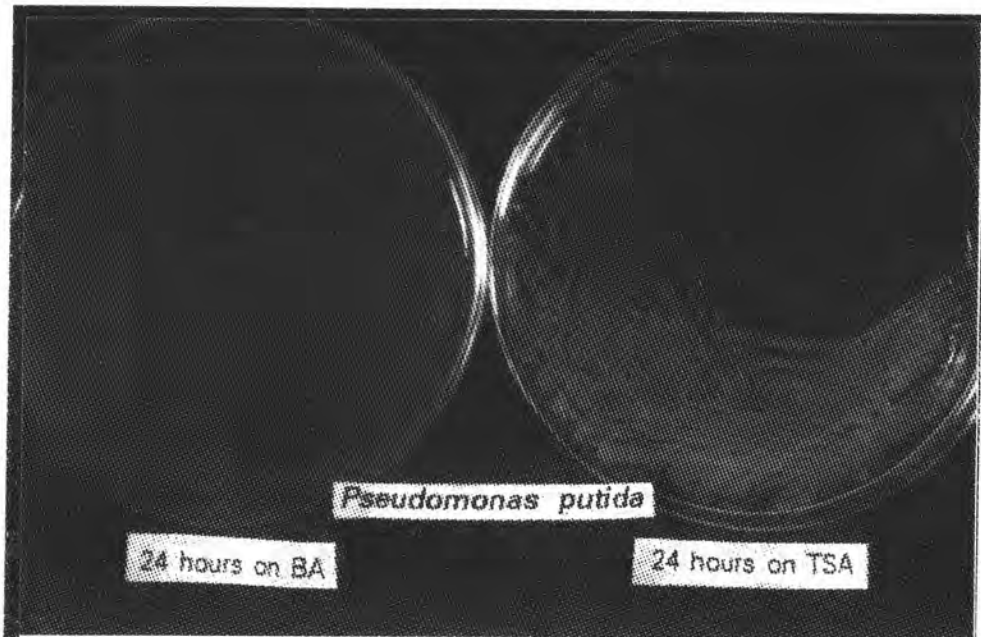
- Mulkins- Phillips, G.J., and Steward, J.E., 1974. Effect of Environmental parameters on bacterial degradation of Bunker C oil, crude oils and hydrocarbons. Appl. Microbiol. 26 : 915 - 922.
- Ocean Affairs Board, 1975. Workshop on inputs, fates and the effects of petroleum in the marine environment. Petroleum in the marine environment. Washington, DC : National Academy of Sciences, May 21 - 25.
- Parker, C.A., Freegard, M., and Hatchard, C.G., 1973. The effect of some chemical and biological factors on the degradation of crude oil at sea. Water pollution by oil. 2 nd ed. New York : J.W.Arrowsmith and Bristol, 237 - 245.
- Parry, J.M., Turnbull, P.C.B., Gibson, J.R., and Jennifer, M., 1988. A colour atlas of Bacillus species. London : W.S.Cowell Co. 118 - 125.
- Raymond, R.L., and Jamison, V.W., 1971. Biochemical activities of Nocardia. Adv.Appl.Microbiol. 14 : 93 - 121.
- Raymond, R.L., Jamison, V.W., and Hudson, J.U., 1971. Hydrocarbons Cooxidation in microbial system. Lipids, 6, 7 : 452 - 457.
- Reisfeld, A., Resenberg, E., and Gutnick, D., 1972. Microbial degradation of oil : factors affecting oil dispersion in seawater by mixed and pure cultures. Appl. Microbio. 24 : 363 - 368.
- Schwarz, J.R., Walker, J.D., and Cowell, R.R., 1975. Deep-sea bacteria : growth and utilization of n - hexadecane at in situ temperature and pressure. Can.J.Microbiol. 21 : 682 - 687.
- Shailubhai, K., 1986. Treatment of petroleum industry oil sludge in soil. Tren.Biot. 4 : 202 - 206.
- Shailubhai, K., Rao, N.N., and Modi, W., 1984. Treatment of petroleum oil sludge by *Rhodotorula* sp. Appl.Microbiol. Biot. 19 : 437 - 438.
- Shailubhai, K., Rao, N.N., and Modi, W., 1985. Degradation of petroleum industry oil sludge by *Rhodotorula rubra* and *Pseudomonas aeruginosa.* Oil and Petrochemical Pollution. 2 : 133 - 136.
- Smith - Welson, A., 1973. Effects of oil on marine plants and animals. Wat.Pollut Oil, 273 - 280.
- Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E., and Holt, J.G., 1986. Bergey's manual of Systematic bacteriology 2 vols. Baltimore : The Williams and Wilkins Co., 1,105 - 1,106.
- Soli, G., and Bens, E.M., 1972. Bacteria which attack petroleum hydrocarbons in a saline medium. Biotechnol. Bioeng. 14 : 319 - 330.
- Tagger, S., Deveze, L., and Lepetit, J., 1976. The conditions for biodegradation of petroleum hydrocarbons at sea. Mar. Pollut. Bull. 7 : 172 - 174.

- Thomas, D.B., and Michael, T.M., 1991. Biology of microorganism 6 th ed. New Jersey : Prentice - Holl International Editors. 753 - 755, 775 - 778.
- Walker, J.D., Austin, H.F., and Cowell, R.R., 1975. Utilization of mixed hydrocarbon substrate by petroleum-degrading microorganisms. J.Gen.App.Microbio. 21 : 27 - 39.
- Walker, J.D., and Cowell, R.R., 1975. Microbial petroleum degradation : application of computerized mass spectrometry. Can.J.Microbiol. 21 : 1,961 - 2,227.
- Walker, J.D., and Cowell, R.R., 1976. Enumeration of Petroleum-Degrading Microorganisms. Appl. Environ. Microbiol. 31 : 198 - 207.
- Walker, J.D., and Cowell, R.R., 1976. Petroleum : degradation by estuarine microorganisms. Proceedings of the Third International Biodegradation Symposium. London : Applied Science Publishes. 197 - 204.
- Walker, J.D., Petrakis, L., and Cowell, R.R., 1976. Composition of the biodegradability of crude and fuel oils. Can. J. Microbiol. 72 : 598 - 602.
- Ward, D.M., and Brock, T.D., 1978. Hydrocarbon biodegradation in hypersaline environments. Appl. Environ. Microbiol. 35 : 353 - 359.
- Westlake, J.D., Jobson, A., Phillippe, R., and Cook, F.D., 1971. Biodegradability and crude oil composition. Can. J. Microbiol. 20 : 915 - 928.
- Winters, K., Batterton, J.C., Donnell, R.O., and Baalen, V.C., 1977. Phenalon- 1 - one occurrence in a fuel oil and toxicity to microalgae. Environ. Sci. and Technol. 11,1 : 270 - 277.
- Winters, K., Batterton, J.C., Donnell, R.O., Donnell, R.O., and Baalen, V.C., 1977. Fuel oils : chemical characterization and toxicity to microalgae. Poll. Eff. Mar. Org. , 167 - 187.
- Wong, and Goldsmith, C.D., 1988. The impact of a chemostat discharge containing oil degrading bacteria on the biological kinetics of a refinery activated sludge process. Wat. Sci. Tech. 20, 11/12 : 131 - 136.
- Zajic, J.E., and Supplisson, B., 1972. Emulsification and Degradation of " Buncker C " fuel oil by Microorganism. Biotechnol. Bioeng. 14 : 331 - 343.

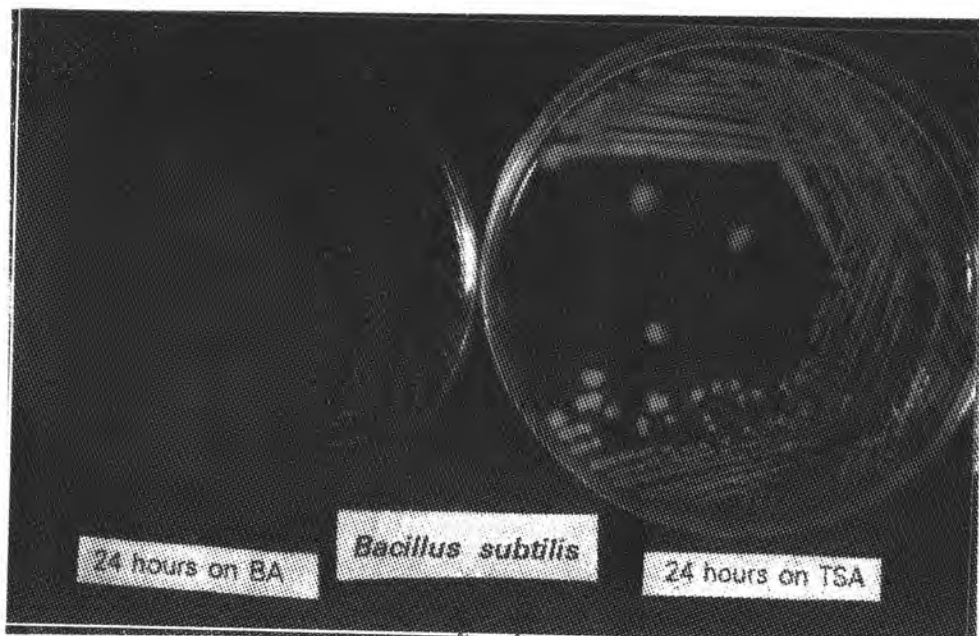
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพงานวิทยานิพนธ์บางส่วน



รูปที่ 1 *Pseudomonas putida* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood agar และ Tryptic soy agar
 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง



รูปที่ 2 *Bacillus subtilis* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Blood agar และ Tryptic soy agar
 บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของแบคทีเรีย *Pseudomonas putida*

เลขที่สายพันธุ์ DMS	P.716	P.905	P.1362	P.2135	P.2377	P.2425	P.2486	P.2704	P.2707	P.2708	P.2709	P.2714	ผลการทดสอบ		
													ผลบวก	ผลลบ	
การทดสอบ															
Gram reaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ย้อมติดสีแดง
Obligately aerobic growth	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	มีการเจริญ	
Anaerobic growth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เจริญ
Growth on Mac Conkey agar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	โคโลนีสีชมพู	
Growth on Egg yolk agar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Growth at 4 °C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อมีการเจริญ	
Growth at 42 °C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		เชื้อไม่เจริญ
Certrimid tolerance	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อมีการเจริญ	
Motility (tube)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อเจริญออกนอกกรวย stab	
Indole production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
H ₂ S Production on TSI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่มีตะกอนสีดำ
Fluorescent pigments	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	ให้สีฟลูออเรสเซนต์	
Pyocyanine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Catalase reaction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	มีฟองแก๊ส	
Oxidase reaction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	โคโลนีสีน้ำเงินเข้ม	
Utilization															
Citrate	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน	
Acetate	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน	
Acetamide	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน	

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) คุณสมบัติของแบคทีเรีย *Pseudomonas putida*

เลขที่สายพันธุ์ DMS	P.716	P.905	P.1362	P.2135	P.2377	P.2425	P.2486	P.2704	P.2707	P.2708	P.2709	P.2714 *	ผลการทดสอบ	
													ผลบวก	ผลลบ
การทดสอบ														
MBM + Acetate	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน	
Lipase (Tween 80)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่เกิดตะกอนขุ่นขาว	
Hydrolysis														
Starch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		รอบโคโลนิไม่มีสีน้ำเงิน
Bile esculin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่มีสีดำ
Gelatin liquefaction	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		อาหารแข็งตัว
Arginine dihydrolase	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	หลอดควบคุมคุ่มสีม่วงเข้ม	
Decarboxylase														
Lysine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีม่วงเข้ม
Ornithine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีม่วงเข้ม
Urease	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Voges Proskauer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Nitrate production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีแดงภายหลัง
Denitrification	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีแดงภายหลัง
Carbohydrates acid from														
Glucose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Lactose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Maltose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Mannitol	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Xylose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Rhamnose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Arabinose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Salicin	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Sucrose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง
Fructose	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ ข.2 คุณสมบัติของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*

เลขที่สายพันธุ์ DMS	B.890	B.2263	B.2264	B.2398	B.2737	B.2738	B.2748	B.2749	ผลการทดสอบ	
									ผลบวก	ผลลบ
การทดสอบ										
Gram reaction	+	+	+	+	+	+	+	+	ย้อมติดสีม่วง	
Aerobic growth	+	+	+	+	+	+	+	+		
Anaerobic growth	-	-	-	-	-	-	-	-		
Growth on SS agar	+	+	+	+	+	+	+	+	โคโลนีมีสีแดง	
Growth on Mac Conkey agar	+	+	+	+	+	+	+	+	โคโลนีมีสีชมพู	
Growth on Egg yolk agar	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Growth at 45°C	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อมีการเจริญ	
Growth at 65 °C	-	-	-	-	-	-	-	-		เชื้อไม่เจริญ
Growth in NaCl	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อขึ้นทั้ง 2 หลอด	
Motility (tube)	+	+	+	+	+	+	+	+	เชื้อเจริญออกนอกกรวย Stab	
Indole production	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
H ₂ S production on TSI	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่มีตะกอนสีดำ
Catalase reaction	+	+	+	+	+	+	+	+	มีฟองก๊าซ	
Oxidase reaction	+	+	+	+	+	+	+	+	โคโลนีมีสีน้ำเงิน	
Utilization										
Citrate	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเป็นสีน้ำเงินเข้ม	
Acetate	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเป็นสีน้ำเงินเข้ม	
MBM + Acetate	+	+	+	+	+	+	+	+	อาหารเป็นสีน้ำเงินเข้ม	
Lipase (Tween 80)	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เกิดตะกอนขุ่นขาว
Hydrolysis										
Starch	-	-	-	-	-	-	-	-		รอบโคโลนีมีสีน้ำเงิน

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) คุณสมบัติของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*

การทดสอบ	DMS	B.890	B.2263	B.2264	B.2398 *	B.2737	B.2738	B.2748	B.2749	ผลการทดสอบ	
										ผลบวก	ผลลบ
Bile esculin	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่มีสีดำ
Gelatin liquefaction	+	+	+	+	+	+	+	+	+		อาหารจะเหลว
Arginine dihydrolase	+	+	+	+	+	+	+	+	+		หลอดควบคุมสีม่วงเข้ม
Decarboxylase											
Lysine	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีม่วงเข้ม
Ornithine	-	-	-	-	-	-	-	-	-		สีม่วงเข้ม
Urease	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Voges Proskauer	+	+	+	+	+	+	+	+	+		เปลี่ยนแปลง
Nitrate production	+	+	+	+	+	+	+	+	+		เปลี่ยนแปลง
Denitrification	-	-	-	-	-	-	-	-	-		มีสีแดงกายหลัง
Carbohydrates acid from											
Glucose	+	+	+	+	+	+	+	+	+		ไม่เปลี่ยนแปลง
Lactose	-	+	+	+	-	-	-	-	+		ไม่เปลี่ยนแปลง
Maltose	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Mannitol	+	+	+	-	+	-	-	+	+		ไม่เปลี่ยนแปลง
Xylose	+	+	+	+	+	+	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Rhamnose	+	+	+	+	+	-	+	+	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Arabinose	-	+	+	+	+	+	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Salicin	-	-	-	-	-	-	-	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Sucrose	+	+	+	-	+	-	+	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง
Fructose	+	+	+	-	+	+	+	-	-		ไม่เปลี่ยนแปลง

ภาคผนวก ค

ตารางที่ ค.1 ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการแบ่งตัวต่อรุ่นของ *Pseudomonas putida* และ *Bacillus subtilis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารสมบูรณ์ (TSB) และที่มีสารอาหารพื้นฐาน (MBM) ที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ตัวรับทดลอง	ระยะเวลาแบ่งตัวต่อรุ่น (ชั่วโมง)	
	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
TSB	1.608	1.604
MBM	4.290	3.814
MBM + น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร	1.675	1.755
MBM + น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร	1.652	1.715
MBM + น้ำมัน 3 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.152	3.527
MBM + น้ำมัน 4 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.254	3.678
MBM + น้ำมัน 5 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.652	3.652

ตัวรับทดลอง	ระยะเวลาแบ่งตัวต่อรุ่น (ชั่วโมง)	
	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
TSB	1.608	1.604
MBM	4.290	3.814
MBM + น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร	1.631	1.717
MBM + น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร	1.616	1.689
MBM + น้ำมัน 3 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.000	3.290
MBM + น้ำมัน 4 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.222	3.580
MBM + น้ำมัน 5 มิลลิลิตรต่อลิตร	3.431	3.767

ก. Esso ultron

ข. Castrol GTX

ตารางที่ ค.2 การเจริญเติบโตในรูปของจำนวนเซลล์แบคทีเรีย *Pseudomonas putida* และ *Bacillus subtilis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารสมบูรณ์ (TSB) และที่มีสารอาหารพื้นฐาน (MBM) ที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ชั่วโมงที่	ค่าเริ่มต้น													
	TSB		MBM		MBM 0.1%		MBM 0.2%		MBM 0.3%		MBM 0.4 %		MBM 0.5 %	
	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>
0	1.23x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.18x10 ⁷	1.39x10 ⁷	1.20x10 ⁷	1.40x10 ⁷	1.20x10 ⁷	1.41x10 ⁷	1.20x10 ⁷	1.39x10 ⁷	1.21x10 ⁷	1.42x10 ⁷	1.23x10 ⁷	1.43x10 ⁷
3	1.13x10 ⁸	1.37x10 ⁸	1.58x10 ⁷	2.15x10 ⁷	2.52x10 ⁸	2.35x10 ⁸	2.52x10 ⁸	2.62x10 ⁸	2.47x10 ⁷	2.25x10 ⁷	2.42x10 ⁷	2.19x10 ⁷	2.20x10 ⁷	2.15x10 ⁷
6	1.72x10 ⁸	2.56x10 ⁸	7.10x10 ⁷	9.80x10 ⁷	1.31x10 ⁹	1.13x10 ⁸	1.31x10 ⁹	1.28x10 ⁹	1.34x10 ⁸	1.02x10 ⁸	1.23x10 ⁸	9.50x10 ⁷	1.23x10 ⁸	8.40x10 ⁷
9	1.55x10 ⁹	1.91x10 ⁹	7.50x10 ⁷	1.20x10 ⁸	1.49x10 ⁹	1.34x10 ⁹	1.49x10 ⁹	1.63x10 ⁹	1.52x10 ⁸	1.28x10 ⁸	1.44x10 ⁸	1.09x10 ⁸	1.36x10 ⁸	9.70x10 ⁷
12	1.75x10 ⁹	2.57x10 ⁹	8.20x10 ⁷	1.23x10 ⁸	1.72x10 ⁹	1.60x10 ⁹	1.72x10 ⁹	1.80x10 ⁹	1.68x10 ⁸	1.47x10 ⁸	1.56x10 ⁸	1.36x10 ⁸	1.42x10 ⁸	1.26x10 ⁸
15	2.68x10 ⁹	1.59x10 ¹⁰	8.40x10 ⁷	1.39x10 ⁸	1.78x10 ⁹	1.69x10 ⁹	1.78x10 ⁹	1.90x10 ⁹	1.94x10 ⁸	1.57x10 ⁸	1.83x10 ⁸	1.43x10 ⁸	1.53x10 ⁸	1.35x10 ⁸
18	1.53x10 ¹⁰	2.36x10 ¹⁰	8.60x10 ⁷	1.43x10 ⁸	1.92x10 ⁹	1.83x10 ⁹	1.92x10 ⁹	1.91x10 ⁹	2.05x10 ⁸	1.76x10 ⁸	1.86x10 ⁸	1.59x10 ⁸	1.66x10 ⁸	1.38x10 ⁸
21	2.29x10 ¹⁰	2.76x10 ¹⁰	8.90x10 ⁷	1.48x10 ⁸	2.07x10 ⁹	1.86x10 ⁹	2.07x10 ⁹	1.93x10 ⁹	2.13x10 ⁸	1.89x10 ⁸	1.89x10 ⁸	1.71x10 ⁸	1.75x10 ⁸	1.56x10 ⁸
24	1.06x10 ¹¹	1.18x10 ¹¹	8.30x10 ⁷	1.38x10 ⁸	2.23x10 ⁹	1.96x10 ⁹	2.23x10 ⁹	2.01x10 ⁹	2.18x10 ⁸	1.94x10 ⁸	1.93x10 ⁸	1.89x10 ⁸	1.85x10 ⁸	1.70x10 ⁸
48	1.25x10 ¹¹	1.59x10 ¹¹	6.20x10 ⁷	1.31x10 ⁸	2.36x10 ⁹	2.01x10 ⁹	2.36x10 ⁹	2.06x10 ⁹	2.24x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.97x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.74x10 ⁸
72	1.52x10 ¹¹	2.17x10 ¹¹	4.30x10 ⁷	1.04x10 ⁸	2.52x10 ⁹	2.14x10 ⁹	2.52x10 ⁹	2.17x10 ⁹	2.28x10 ⁸	2.02x10 ⁸	2.06x10 ⁸	1.95x10 ⁸	2.02x10 ⁸	1.77x10 ⁸
96	1.82x10 ¹¹	2.54x10 ¹¹	1.56x10 ⁷	6.60x10 ⁷	2.67x10 ⁹	2.28x10 ⁹	2.67x10 ⁹	2.35x10 ⁹	2.33x10 ⁸	2.10x10 ⁸	2.08x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.92x10 ⁸	1.69x10 ⁸
120	2.18x10 ¹¹	2.68x10 ¹¹	1.47x10 ⁷	4.50x10 ⁷	2.79x10 ⁹	2.46x10 ⁹	2.79x10 ⁹	2.52x10 ⁹	2.60x10 ⁸	2.38x10 ⁸	2.13x10 ⁸	1.89x10 ⁸	1.83x10 ⁸	1.58x10 ⁸
144	1.98x10 ¹¹	2.57x10 ¹⁰	1.38x10 ⁷	2.34x10 ⁷	2.86x10 ⁹	1.92x10 ⁹	2.86x10 ⁹	2.16x10 ⁹	2.53x10 ⁸	2.24x10 ⁸	2.04x10 ⁸	1.84x10 ⁸	1.76x10 ⁸	1.50x10 ⁸
168	1.47x10 ¹⁰	2.29x10 ¹⁰	1.29x10 ⁷	2.27x10 ⁷	2.80x10 ⁹	2.68x10 ⁹	2.80x10 ⁹	2.76x10 ⁹	2.37x10 ⁸	2.15x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.79x10 ⁸	1.68x10 ⁸	1.47x10 ⁸
192	1.18x10 ¹⁰	1.66x10 ¹⁰	1.27x10 ⁷	2.20x10 ⁷	2.82x10 ⁹	2.42x10 ⁹	2.82x10 ⁹	2.58x10 ⁹	2.31x10 ⁸	2.07x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.73x10 ⁸	1.65x10 ⁸	1.44x10 ⁸
216	1.67x10 ⁹	2.31x10 ⁹	1.21x10 ⁷	2.17x10 ⁷	2.33x10 ⁹	2.14x10 ⁹	2.33x10 ⁹	2.23x10 ⁹	2.19x10 ⁸	1.95x10 ⁸	1.73x10 ⁸	1.40x10 ⁸	1.56x10 ⁸	1.28x10 ⁸
240	8.50x10 ⁸	1.40x10 ⁹	1.05x10 ⁷	1.89x10 ⁷	2.29x10 ⁹	2.06x10 ⁹	2.29x10 ⁹	2.15x10 ⁹	2.06x10 ⁹	1.78x10 ⁸	1.64x10 ⁸	1.18x10 ⁸	1.38x10 ⁸	1.08x10 ⁸
288	8.20x10 ⁸	1.36x10 ⁹	9.70x10 ⁶	1.84x10 ⁷	2.24x10 ⁹	1.96x10 ⁹	2.24x10 ⁹	2.10x10 ⁹	1.97x10 ⁸	1.71x10 ⁸	1.58x10 ⁸	1.09x10 ⁸	1.28x10 ⁸	9.80x10 ⁷
336	7.70x10 ⁸	1.32x10 ⁹	9.10x10 ⁶	1.77x10 ⁷	2.19x10 ⁹	1.84x10 ⁹	2.19x10 ⁹	2.04x10 ⁹	1.89x10 ⁸	1.65x10 ⁸	1.46x10 ⁸	1.02x10 ⁸	1.06x10 ⁸	9.00x10 ⁷
408	6.30x10 ⁸	1.24x10 ⁹	6.90x10 ⁶	1.52x10 ⁷	2.07x10 ⁹	1.68x10 ⁹	2.07x10 ⁹	1.90x10 ⁹	1.76x10 ⁸	1.48x10 ⁸	1.28x10 ⁸	9.30x10 ⁷	9.80x10 ⁷	7.60x10 ⁷
504	4.80x10 ⁸	1.17x10 ⁹	5.20x10 ⁶	1.44x10 ⁷	1.94x10 ⁹	1.59x10 ⁹	1.94x10 ⁹	1.71x10 ⁹	1.62x10 ⁸	1.38x10 ⁸	1.09x10 ⁸	8.40x10 ⁷	7.50x10 ⁷	5.90x10 ⁷
672	4.20x10 ⁸	1.06x10 ⁹	4.30x10 ⁶	1.23x10 ⁷	1.72x10 ⁹	1.37x10 ⁹	1.72x10 ⁹	1.52x10 ⁹	1.38x10 ⁸	1.04x10 ⁸	9.80x10 ⁷	7.30x10 ⁷	5.10x10 ⁷	3.70x10 ⁷
912	2.20x10 ⁸	2.89x10 ⁸	1.90x10 ⁶	2.19x10 ⁶	2.64x10 ⁷	2.43x10 ⁷	2.64x10 ⁷	9.30x10 ⁷	2.03x10 ⁷	1.94x10 ⁷	1.65x10 ⁷	1.41x10 ⁷	1.45x10 ⁷	1.05x10 ⁷
1,152	1.98x10 ⁸	2.68x10 ⁸	1.73x10 ⁶	1.95x10 ⁶	1.89x10 ⁷	1.74x10 ⁷	1.89x10 ⁷	2.04x10 ⁷	1.50x10 ⁷	1.32x10 ⁷	2.15x10 ⁶	2.06x10 ⁶	2.08x10 ⁶	2.03x10 ⁶
1,440	1.53x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.16x10 ⁶	1.33x10 ⁶	1.30x10 ⁷	1.17x10 ⁷	1.30x10 ⁷	1.33x10 ⁷	9.20x10 ⁶	7.80x10 ⁶	1.97x10 ⁶	1.84x10 ⁶	1.63x10 ⁶	1.40x10 ⁶

ตารางที่ ค.3 การเจริญเติบโตในรูปของจำนวนเซลล์แบคทีเรีย *Pseudomonas putida* และ *Bacillus subtilis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารสมบูรณ์ (TSB) และที่มีสารอาหารพื้นฐาน (MBM) ที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ชั่วโมงที่	ค่าเริ่มต้น													
	TSB		MBM		MBM 0.1%		MBM 0.2%		MBM 0.3%		MBM 0.4 %		MBM 0.5 %	
	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>P.putida</i>	<i>B.subtilis</i>
0	1.23x10 ⁷	1.44x10 ⁷	1.18x10 ⁷	1.39x10 ⁷	1.20x10 ⁷	1.40x10 ⁷	1.22x10 ⁷	1.41x10 ⁷	1.20x10 ⁷	1.39x10 ⁷	1.21x10 ⁷	1.42x10 ⁷	1.23x10 ⁷	1.43x10 ⁷
3	1.13x10 ⁸	1.37x10 ⁸	1.58x10 ⁷	2.15x10 ⁷	2.60x10 ⁸	2.53x10 ⁸	2.87x10 ⁸	2.74x10 ⁸	2.45x10 ⁷	2.38x10 ⁷	2.20x10 ⁷	2.17x10 ⁷	2.15x10 ⁷	2.09x10 ⁷
6	1.72x10 ⁸	2.56x10 ⁸	7.10x10 ⁷	9.80x10 ⁷	1.70x10 ⁹	1.57x10 ⁹	1.89x10 ⁹	1.69x10 ⁹	1.61x10 ⁸	1.47x10 ⁸	1.40x10 ⁸	1.24x10 ⁸	1.23x10 ⁸	9.80x10 ⁷
9	1.55x10 ⁹	1.91x10 ⁹	7.50x10 ⁷	1.20x10 ⁸	1.84x10 ⁹	1.73x10 ⁹	1.96x10 ⁹	1.89x10 ⁹	1.80x10 ⁸	1.60x10 ⁸	1.55x10 ⁸	1.31x10 ⁸	1.34x10 ⁸	1.20x10 ⁸
12	1.75x10 ⁹	2.57x10 ⁹	8.20x10 ⁷	1.23x10 ⁸	1.97x10 ⁹	1.78x10 ⁹	2.10x10 ⁹	1.94x10 ⁹	1.92x10 ⁸	1.75x10 ⁸	1.60x10 ⁸	1.45x10 ⁸	1.39x10 ⁸	1.30x10 ⁸
15	2.68x10 ⁹	1.59x10 ¹⁰	8.40x10 ⁷	1.39x10 ⁸	2.04x10 ⁹	1.82x10 ⁹	2.17x10 ⁹	1.98x10 ⁹	2.02x10 ⁸	1.87x10 ⁸	1.67x10 ⁸	1.53x10 ⁸	1.50x10 ⁸	1.39x10 ⁸
18	1.53x10 ¹⁰	2.36x10 ¹⁰	8.60x10 ⁷	1.43x10 ⁸	2.08x10 ⁹	1.90x10 ⁹	2.23x10 ⁹	2.05x10 ⁹	2.15x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.74x10 ⁸	1.63x10 ⁸	1.60x10 ⁸	1.46x10 ⁸
21	2.29x10 ¹⁰	2.76x10 ¹⁰	8.90x10 ⁷	1.48x10 ⁸	2.16x10 ⁹	1.96x10 ⁹	2.30x10 ⁹	2.09x10 ⁹	2.30x10 ⁸	2.07x10 ⁸	1.80x10 ⁸	1.70x10 ⁸	1.64x10 ⁸	1.50x10 ⁸
24	1.06x10 ¹¹	1.18x10 ¹¹	8.30x10 ⁷	1.38x10 ⁸	2.33x10 ⁹	2.09x10 ⁹	2.49x10 ⁹	2.21x10 ⁹	2.50x10 ⁸	2.31x10 ⁸	1.87x10 ⁸	1.75x10 ⁸	1.72x10 ⁸	1.64x10 ⁸
48	1.25x10 ¹¹	1.59x10 ¹¹	6.20x10 ⁷	1.31x10 ⁸	2.42x10 ⁹	2.18x10 ⁹	2.51x10 ⁹	2.30x10 ⁹	6.40x10 ⁸	4.30x10 ⁸	1.94x10 ⁸	1.88x10 ⁸	1.79x10 ⁸	1.73x10 ⁸
72	1.52x10 ¹¹	2.17x10 ¹¹	4.30x10 ⁷	1.04x10 ⁸	2.49x10 ⁹	2.20x10 ⁹	2.65x10 ⁹	2.40x10 ⁹	8.90x10 ⁸	4.90x10 ⁸	2.05x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.51x10 ⁸
96	1.82x10 ¹¹	2.54x10 ¹¹	1.56x10 ⁷	6.60x10 ⁷	2.60x10 ⁹	2.27x10 ⁹	2.77x10 ⁹	2.45x10 ⁹	2.59x10 ⁸	2.08x10 ⁸	1.90x10 ⁸	1.40x10 ⁸	1.65x10 ⁸	1.09x10 ⁸
120	2.18x10 ¹¹	2.68x10 ¹¹	1.47x10 ⁷	4.50x10 ⁷	2.67x10 ⁹	2.36x10 ⁹	2.82x10 ⁹	2.48x10 ⁹	2.04x10 ⁸	1.78x10 ⁸	1.40x10 ⁸	1.08x10 ⁸	1.21x10 ⁸	8.90x10 ⁷
144	1.98x10 ¹¹	2.57x10 ¹⁰	1.38x10 ⁷	2.34x10 ⁷	2.70x10 ⁹	1.70x10 ⁹	2.85x10 ⁹	1.85x10 ⁹	1.79x10 ⁸	9.70x10 ⁷	2.57x10 ⁷	2.41x10 ⁷	1.98x10 ⁷	1.86x10 ⁷
168	1.47x10 ¹⁰	2.29x10 ¹⁰	1.29x10 ⁷	2.27x10 ⁷	2.28x10 ⁹	1.38x10 ⁹	2.31x10 ⁹	1.50x10 ⁹	1.09x10 ⁸	2.47x10 ⁷	2.47x10 ⁷	2.35x10 ⁷	1.90x10 ⁷	1.78x10 ⁷
192	1.18x10 ¹⁰	1.66x10 ¹⁰	1.27x10 ⁷	2.20x10 ⁷	1.89x10 ⁹	9.50x10 ⁸	2.10x10 ⁹	1.24x10 ⁹	7.50x10 ⁷	2.36x10 ⁷	2.40x10 ⁷	2.26x10 ⁷	1.84x10 ⁷	1.68x10 ⁷
216	1.67x10 ⁹	2.31x10 ⁹	1.21x10 ⁷	2.17x10 ⁷	8.70x10 ⁸	2.68x10 ⁸	1.40x10 ⁹	2.87x10 ⁸	2.79x10 ⁷	2.18x10 ⁷	2.29x10 ⁷	2.02x10 ⁷	1.80x10 ⁷	1.63x10 ⁷
240	8.50x10 ⁸	1.40x10 ⁹	1.05x10 ⁷	1.89x10 ⁷	2.88x10 ⁸	2.47x10 ⁸	2.93x10 ⁸	2.60x10 ⁸	2.65x10 ⁷	1.93x10 ⁷	2.18x10 ⁷	1.87x10 ⁷	1.74x10 ⁷	1.59x10 ⁷
288	8.20x10 ⁸	1.36x10 ⁹	9.70x10 ⁶	1.84x10 ⁷	2.75x10 ⁸	2.34x10 ⁸	2.80x10 ⁸	2.50x10 ⁸	2.50x10 ⁷	1.82x10 ⁷	2.10x10 ⁷	1.80x10 ⁷	1.68x10 ⁷	1.51x10 ⁷
336	7.70x10 ⁸	1.32x10 ⁹	9.10x10 ⁶	1.77x10 ⁷	2.65x10 ⁸	2.27x10 ⁸	2.74x10 ⁸	2.38x10 ⁸	2.39x10 ⁷	1.75x10 ⁷	2.02x10 ⁷	1.70x10 ⁷	1.57x10 ⁷	1.40x10 ⁷
408	6.30x10 ⁸	1.24x10 ⁹	6.90x10 ⁶	1.52x10 ⁷	2.51x10 ⁸	2.19x10 ⁸	2.68x10 ⁸	2.30x10 ⁸	2.19x10 ⁷	1.67x10 ⁷	1.89x10 ⁷	1.50x10 ⁷	1.48x10 ⁷	1.21x10 ⁷
504	4.80x10 ⁸	1.17x10 ⁹	5.20x10 ⁶	1.44x10 ⁷	2.38x10 ⁸	1.97x10 ⁸	2.47x10 ⁸	2.18x10 ⁸	1.96x10 ⁷	1.54x10 ⁷	1.73x10 ⁷	1.36x10 ⁷	1.37x10 ⁷	1.15x10 ⁷
672	4.20x10 ⁸	1.06x10 ⁹	4.30x10 ⁶	1.23x10 ⁷	2.18x10 ⁸	1.74x10 ⁸	2.30x10 ⁸	1.94x10 ⁸	1.87x10 ⁷	1.47x10 ⁷	1.64x10 ⁷	1.30x10 ⁷	1.29x10 ⁷	1.09x10 ⁷
912	2.20x10 ⁸	2.89x10 ⁸	1.90x10 ⁶	2.19x10 ⁶	1.72x10 ⁸	1.40x10 ⁸	1.87x10 ⁸	1.55x10 ⁸	1.64x10 ⁷	1.30x10 ⁷	1.52x10 ⁷	1.17x10 ⁷	1.09x10 ⁷	1.39x10 ⁷
1,152	1.98x10 ⁸	2.68x10 ⁸	1.73x10 ⁶	1.95x10 ⁶	2.08x10 ⁷	1.85x10 ⁷	2.15x10 ⁷	1.94x10 ⁷	1.53x10 ⁷	1.21x10 ⁷	2.40x10 ⁶	2.27x10 ⁶	2.15x10 ⁶	2.04x10 ⁶
1,440	1.53x10 ⁸	1.98x10 ⁸	1.15x10 ⁶	1.33x10 ⁶	1.63x10 ⁷	1.47x10 ⁷	1.77x10 ⁷	1.56x10 ⁷	1.39x10 ⁷	1.19x10 ⁷	2.17x10 ⁶	1.98x10 ⁶	1.92x10 ⁶	1.78x10 ⁶

ตารางที่ ค.4 สรุปค่าของจำนวนเซลล์ของการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Pseudomonas putida* และ *Bacillus subtilis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว TSB และ MBM ที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron

ตัวรับทดลอง	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด		ค่าเฉลี่ย	
	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
TSB	$1.23 \times 10^7 - 2.18 \times 10^{11}$	$1.44 \times 10^7 - 2.68 \times 10^{11}$	3.30×10^{10}	3.40×10^{10}
MBM	$1.15 \times 10^6 - 8.90 \times 10^7$	$1.33 \times 10^6 - 1.48 \times 10^8$	3.20×10^7	5.70×10^7
MBM + น้ำมัน				
1 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.20 \times 10^7 - 2.86 \times 10^9$	$1.17 \times 10^7 - 2.46 \times 10^9$	1.15×10^9	9.30×10^8
MBM + น้ำมัน				
2 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.22 \times 10^7 - 2.92 \times 10^9$	$1.33 \times 10^7 - 2.52 \times 10^9$	1.25×10^9	9.40×10^8
MBM + น้ำมัน				
3 มิลลิลิตรต่อลิตร	$9.20 \times 10^6 - 2.60 \times 10^8$	$7.80 \times 10^6 - 2.38 \times 10^8$	1.66×10^8	1.45×10^8
MBM + น้ำมัน				
4 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.97 \times 10^6 - 2.13 \times 10^8$	$1.84 \times 10^6 - 1.98 \times 10^8$	1.39×10^8	1.19×10^8
MBM + น้ำมัน				
5 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.23 \times 10^6 - 1.72 \times 10^8$	$1.40 \times 10^6 - 1.77 \times 10^8$	9.70×10^7	1.03×10^8

ตารางที่ ค.5 สรุปค่าของจำนวนเซลล์ของการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย *Pseudomonas putida* และ *Bacillus subtilis* ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว TSB และ MBM ที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX

ตัวรับทดลอง	ค่าต่ำสุด - ค่าสูงสุด		ค่าเฉลี่ย	
	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
TSB	$1.23 \times 10^7 - 2.18 \times 10^{11}$	$1.44 \times 10^7 - 2.68 \times 10^{11}$	3.30×10^{10}	3.40×10^{10}
MBM	$1.15 \times 10^6 - 8.9 \times 10^7$	$1.33 \times 10^6 - 1.48 \times 10^8$	3.20×10^7	5.70×10^7
MBM + น้ำมัน				
1 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.20 \times 10^7 - 2.70 \times 10^9$	$1.40 \times 10^7 - 2.36 \times 10^9$	1.31×10^9	1.07×10^9
MBM + น้ำมัน				
2 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.22 \times 10^7 - 2.85 \times 10^9$	$1.41 \times 10^7 - 2.48 \times 10^9$	1.41×10^9	1.16×10^9
MBM + น้ำมัน				
3 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.19 \times 10^7 - 8.90 \times 10^8$	$9.70 \times 10^6 - 4.90 \times 10^8$	1.55×10^8	1.14×10^8
MBM + น้ำมัน				
4 มิลลิลิตรต่อลิตร	$2.17 \times 10^6 - 2.05 \times 10^8$	$1.98 \times 10^6 - 1.90 \times 10^8$	8.30×10^7	7.40×10^7
MBM + น้ำมัน				
5 มิลลิลิตรต่อลิตร	$1.92 \times 10^6 - 1.90 \times 10^8$	$1.78 \times 10^6 - 1.73 \times 10^8$	7.40×10^7	6.40×10^7

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วยปริมาณน้ำมัน : มิลลิกรัมต่อลิตร

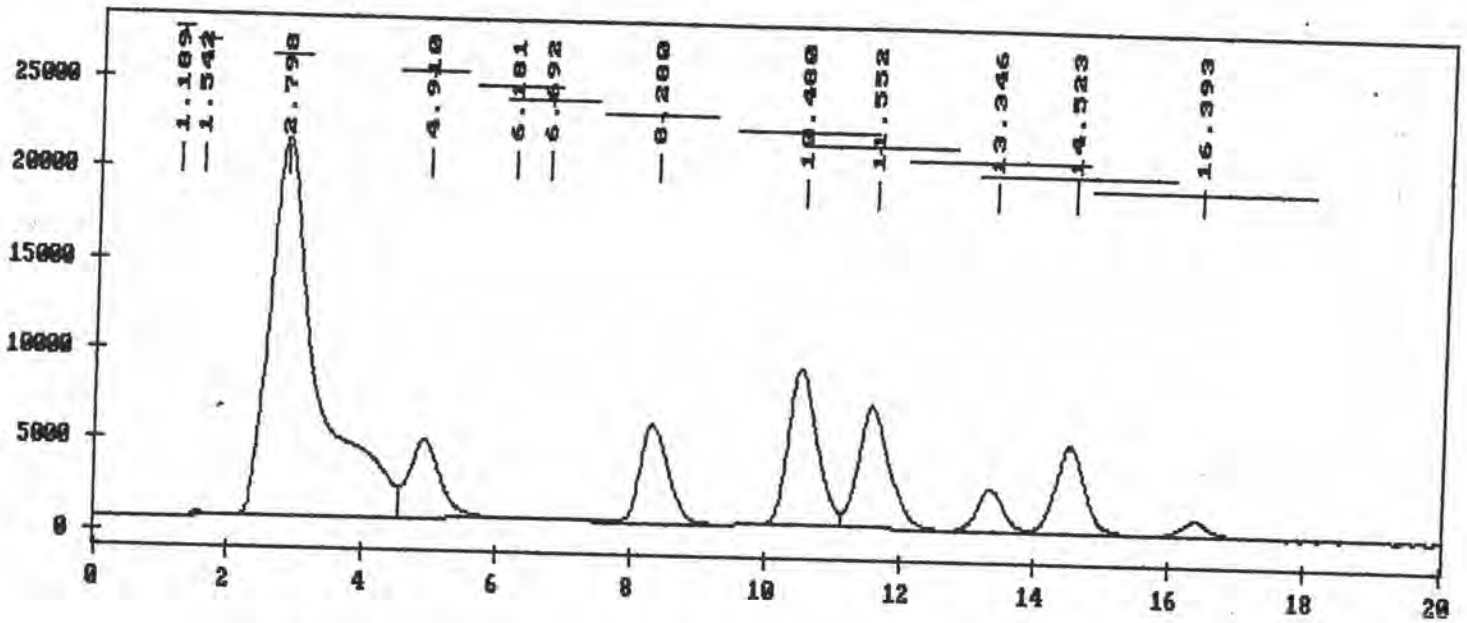
ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ	%การ	ปริมาณ	%การ	ปริมาณ	%การ	ปริมาณ	%การ	ปริมาณ	%การ
		น้ำมัน	ลดลง	น้ำมัน	ลดลง	น้ำมัน	ลดลง	น้ำมัน	ลดลง	น้ำมัน	ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	1	690	-	669	-	669	-	669	-	669	-
	2	1400	-	1358	-	1358	-	1358	-	1358	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	1	690	-	605	9.57	564	15.70	525	21.52	485	27.50
	2	1400	-	1227	9.65	1176	15.48	1106	18.56	969	28.64
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	1	690	-	617	7.77	579	13.45	537	19.73	504	24.66
	2	1400	-	1240	8.69	1185	14.94	1113	18.04	993	26.88
เติมเชื้อทั้งสองชนิด	1	690	-	602	10.01	554	17.19	513	23.32	474	29.15
	2	1400	-	1224	9.87	1164	14.29	1080	20.47	950	30.04

ตารางที่ ง.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วยปริมาณน้ำมัน : มิลลิกรัมต่อลิตร

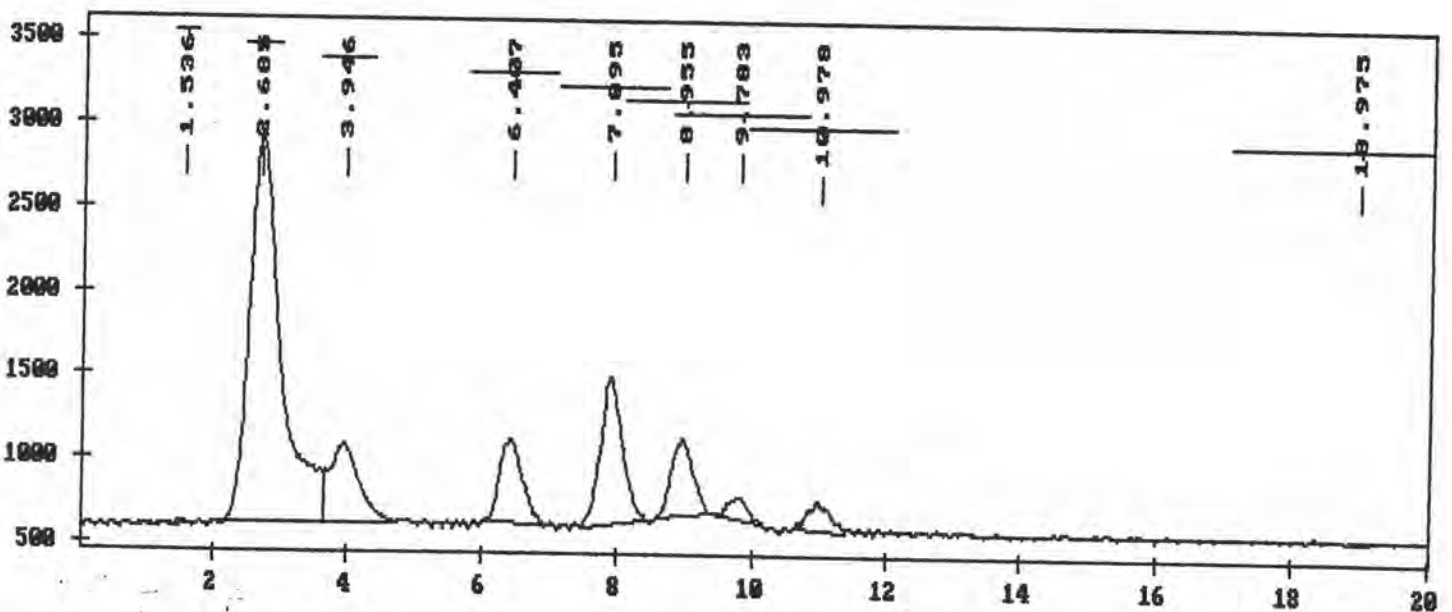
ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ น้ำมัน	%การ ลดลง	ปริมาณ น้ำมัน	%การ ลดลง	ปริมาณ น้ำมัน	%การ ลดลง	ปริมาณ น้ำมัน	%การ ลดลง	ปริมาณ น้ำมัน	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	1	690	-	669	-	669	-	669	-	669	-
	2	1400	-	1358	-	1358	-	1358	-	1358	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	1	690	-	602	10.01	547	18.24	517	22.72	469	29.90
	2	1400	-	1225	9.79	1163	14.36	1087	19.96	948	30.19
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	1	690	-	615	8.07	562	15.99	526	21.38	487	27.20
	2	1400	-	1237	8.91	1174	13.55	1092	19.59	987	27.32
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	1	690	-	598	10.61	534	20.18	508	24.07	453	32.29
	2	1400	-	1223	9.94	1157	14.80	1072	21.06	929	31.59

Superior peak labels: Retention Time



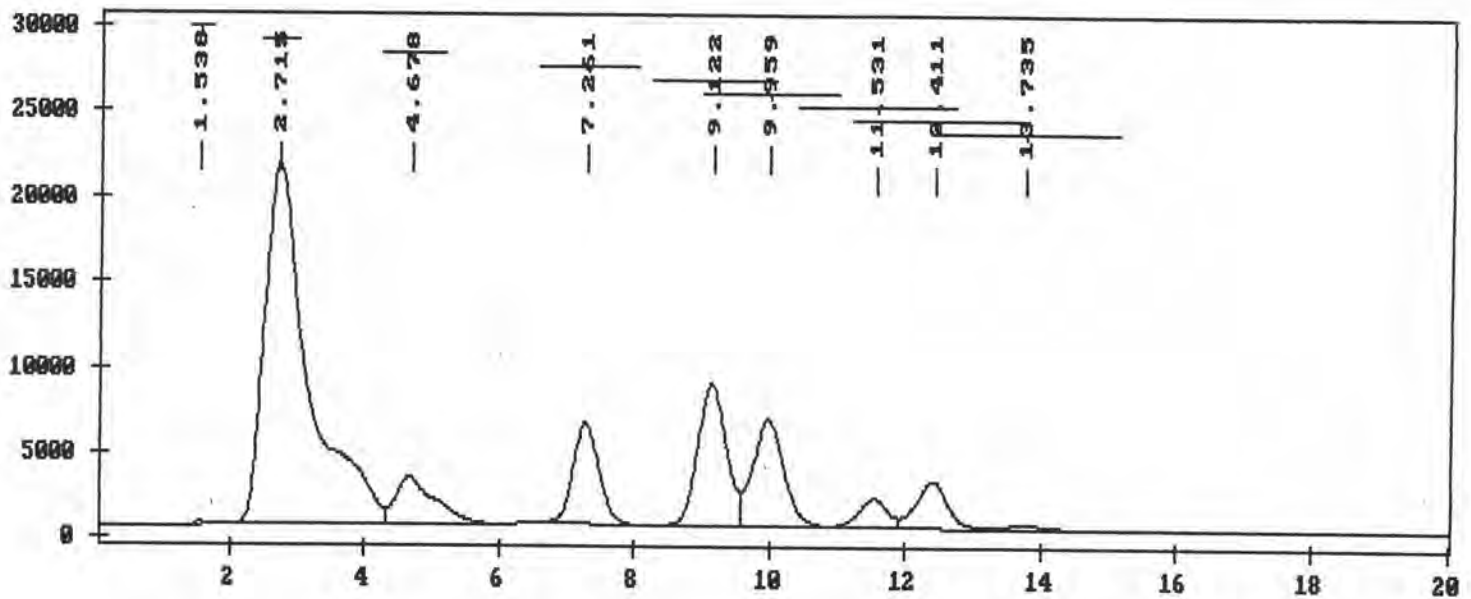
รูปที่ 1 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Esso ultron 2 มิลลิลิตรต่อลิตร

Superior peak labels: Retention Time



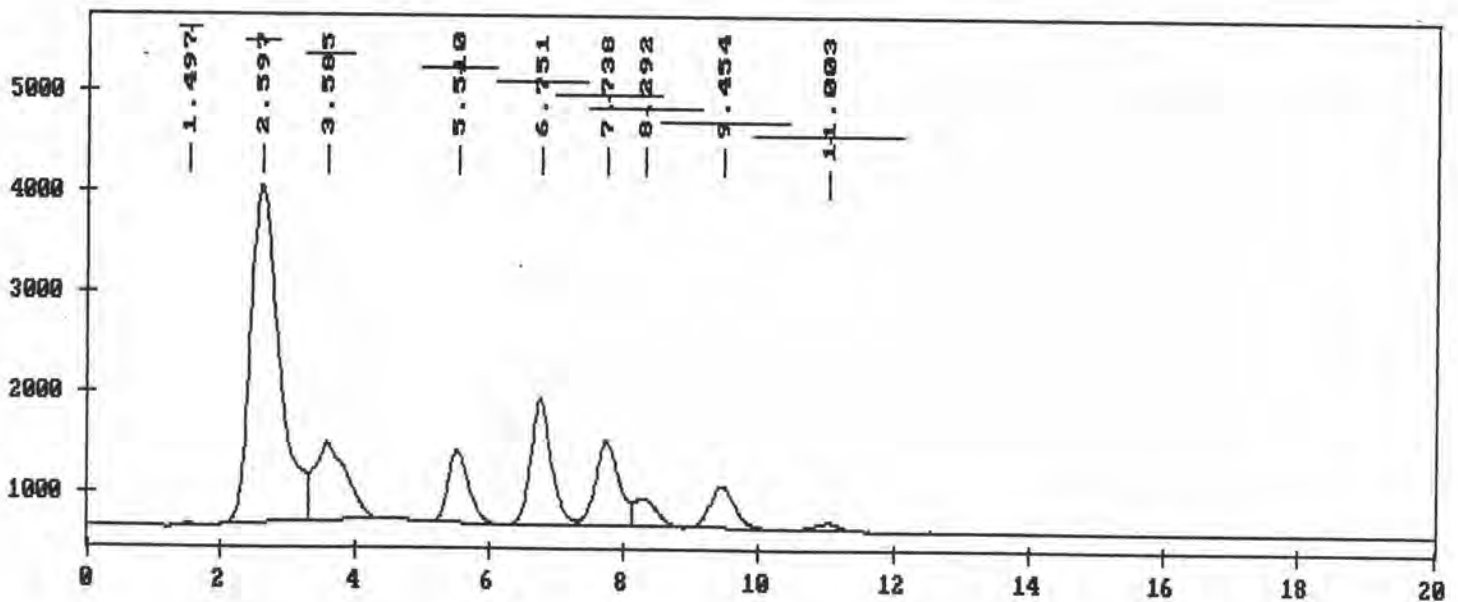
รูปที่ 2 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Esso ultron 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ เชื้อทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน เวลา 28 วัน

Superior peak labels: Retention Time



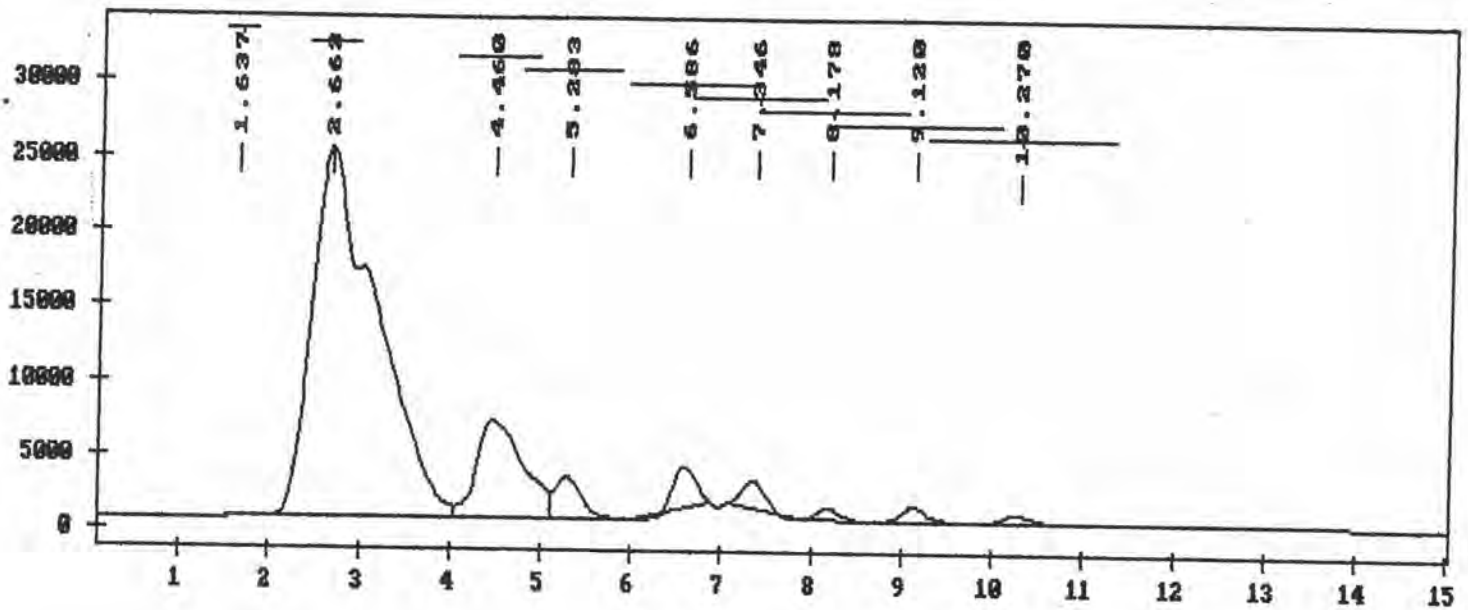
รูปที่ 3 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Esso ultron 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ *Pseudomonas putida* เวลา 28 วัน

Superior peak labels: Retention Time



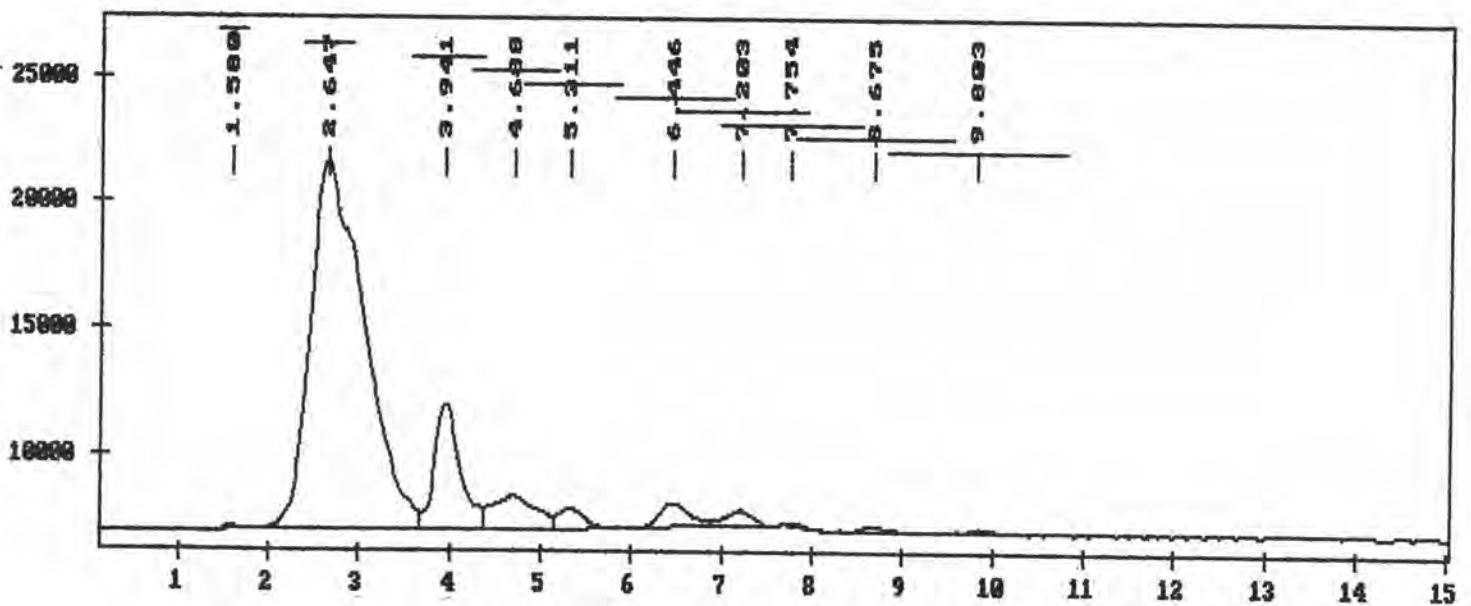
รูปที่ 4 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Esso ultron 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ *Bacillus subtilis* เวลา 28 วัน

Superior peak labels: Retention Time



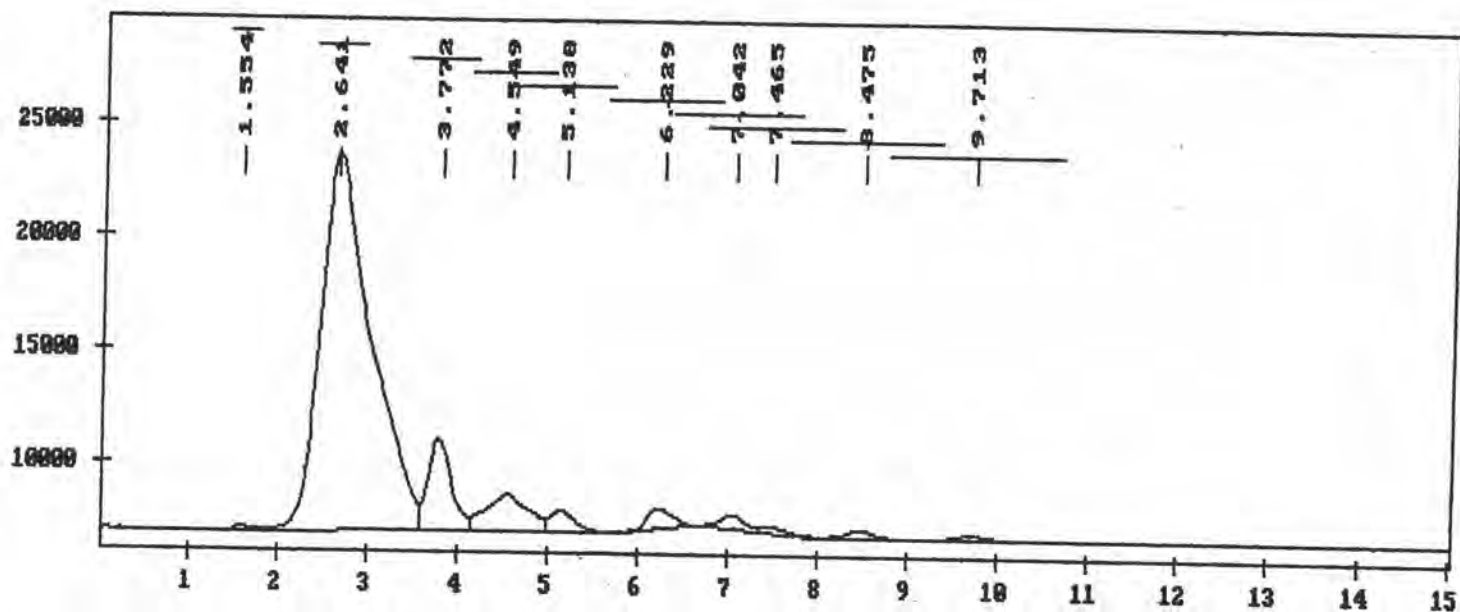
รูปที่ 5 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Castrol GTX 2 มิลลิลิตรต่อลิตร

Superior peak labels: Retention Time



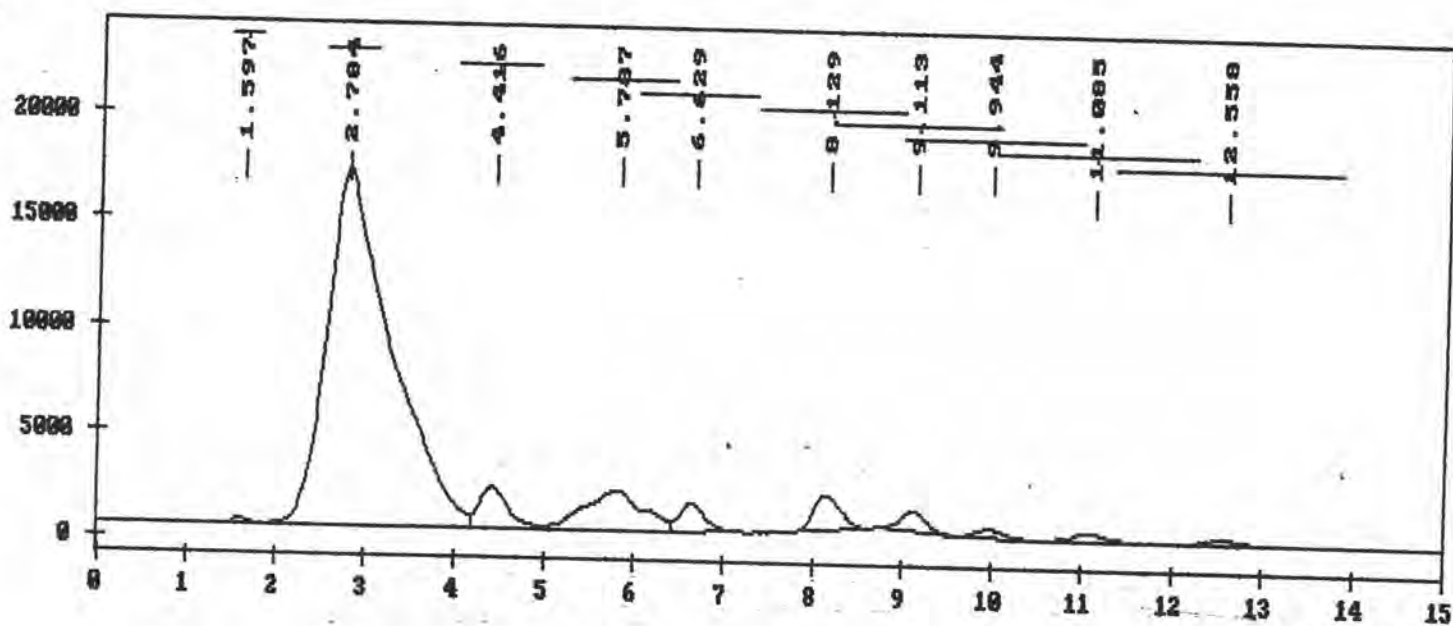
รูปที่ 6 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Castrol GTX 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ เชื้อทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน เวลา 28 วัน

Superior peak labels: Retention Time



รูปที่ 7 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Castrol GTX 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ *Pseudomonas putida* เวลา 28 วัน

Superior peak labels: Retention Time



รูปที่ 8 โครมาโทแกรม HPLC ของตัวอย่างอาหารชนิดเหลว MBM ที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่น Castrol GTX 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ *Bacillus subtilis* เวลา 28 วัน

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโซเดียม (Na^+) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิกรัมต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Na^+	%การลดลง	ปริมาณ Na^+	%การลดลง	ปริมาณ Na^+	%การลดลง	ปริมาณ Na^+	%การลดลง	ปริมาณ Na^+	%การลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	0	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
	1	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
	2	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	2894.72	-	2883.60	0.38	2771.50	4.26	2541.52	12.20	2250.54	22.25
	1	2894.72	-	2877.65	0.58	2765.39	4.47	2530.69	12.58	2234.65	22.80
	2	2894.72	-	2870.77	0.83	2760.29	4.64	2519.52	12.96	2218.54	23.36
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	2894.72	-	2890.52	0.15	2781.57	3.91	2550.41	11.89	2272.63	21.49
	1	2894.72	-	2884.53	0.35	2774.39	4.03	2537.51	12.34	2250.71	22.25
	2	2894.72	-	2878.61	0.56	2769.31	4.33	2524.58	12.79	2231.50	22.91
เติมเชื้อทั้งสองชนิด	0	2894.72	-	2882.58	0.42	2764.50	4.50	2532.56	12.51	2241.55	22.56
	1	2894.72	-	2874.76	0.69	2751.46	4.95	2521.40	12.90	2219.50	23.33
	2	2894.72	-	2863.32	1.08	2740.38	5.33	2507.47	13.37	2205.40	23.81

ตารางที่ ๑.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโซเดียม (Na⁺) เจลลี่ และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิกรัมต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Na ⁺	%การลดลง	ปริมาณ Na ⁺	%การลดลง	ปริมาณ Na ⁺	%การลดลง	ปริมาณ Na ⁺	%การลดลง	ปริมาณ Na ⁺	%การลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	0	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
	1	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
	2	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-	2894.72	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	2894.72	-	2883.60	0.38	2771.50	4.26	2541.52	12.20	2250.54	22.25
	1	2894.72	-	2834.55	2.08	2714.42	6.23	2485.81	14.13	2120.65	26.74
	2	2894.72	-	2820.50	2.56	2702.52	6.64	2472.53	14.58	2103.81	27.32
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	2894.72	-	2890.52	0.15	2781.57	3.91	2550.41	11.89	2272.63	21.49
	1	2894.72	-	2854.53	1.39	2729.50	5.71	2497.58	13.72	2137.53	26.16
	2	2894.72	-	2841.56	1.84	2717.58	6.12	2484.55	14.17	2120.52	26.75
เติมเชื้อทั้งสองชนิด	0	2894.72	-	2882.58	0.42	2764.50	4.50	2532.56	12.51	2241.55	22.56
	1	2894.72	-	2826.55	2.35	2695.55	6.88	2481.51	14.27	2095.49	27.61
	2	2894.72	-	2809.46	2.95	2680.45	7.33	2460.58	15.00	2088.39	27.86

ตารางที่ ๑.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปตัสเซียม (K^+) เจลลี่ และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
	1	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
	2	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	0	560.63	-	532.67	4.99	483.59	13.74	471.45	15.91	440.72	21.39
	1	560.63	-	525.70	6.23	470.24	16.12	458.45	18.23	427.55	23.74
	2	560.63	-	514.73	8.19	457.45	18.40	441.36	21.27	414.27	26.11
เติม <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	0	560.63	-	547.35	2.37	509.13	9.19	489.48	12.70	460.50	17.86
	1	560.63	-	536.44	4.31	492.37	12.18	470.24	16.12	448.56	19.99
	2	560.63	-	521.76	6.93	474.55	15.35	452.37	19.31	430.47	23.22
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	560.63	-	520.50	7.16	465.46	16.98	454.55	18.92	429.35	23.42
	1	560.63	-	514.25	8.27	440.53	21.42	430.24	23.26	415.56	25.88
	2	560.63	-	502.77	10.32	472.43	23.76	420.35	25.02	408.74	27.09

ตารางที่ ๑.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปตัสเซียม (K^+) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง	ปริมาณ K^+	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
	1	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
	2	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-	560.63	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	560.63	-	532.67	4.99	483.59	13.74	471.45	15.91	440.72	21.39
	1	560.63	-	519.45	7.35	461.35	17.71	437.35	21.99	418.77	25.30
	2	560.63	-	507.25	9.52	443.44	20.90	421.32	24.85	405.65	27.64
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	560.63	-	547.35	2.37	509.13	9.19	489.48	12.70	460.50	17.86
	1	560.63	-	526.37	6.11	473.49	15.54	451.35	19.49	431.29	23.07
	2	560.63	-	513.74	8.36	451.31	19.50	437.35	21.99	417.30	25.57
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	560.63	-	520.50	7.16	465.46	16.98	454.55	18.92	429.35	23.42
	1	560.63	-	502.45	10.38	450.43	19.66	425.44	24.11	391.75	30.12
	2	560.63	-	429.35	12.18	433.32	22.71	412.76	26.38	380.92	32.06

ตารางที่ ๑.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิกรัมต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
	1	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
	2	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	197.26	-	180.38	8.56	160.54	18.62	144.72	26.63	137.55	30.27
	1	197.26	-	178.15	9.69	157.40	20.21	141.37	28.33	134.24	31.95
	2	197.26	-	178.15	10.20	156.35	20.74	140.10	28.98	133.34	32.40
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	197.26	-	178.45	9.54	158.45	19.67	142.34	27.84	135.93	31.09
	1	197.26	-	175.45	11.06	155.33	21.25	140.29	28.88	132.85	32.65
	2	197.26	-	174.58	11.50	154.27	21.79	138.30	29.89	130.73	33.73
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	197.26	-	177.27	10.13	157.40	20.21	140.34	28.86	132.45	32.86
	1	197.26	-	174.93	11.49	154.36	21.75	138.55	29.76	127.55	35.34
	2	197.26	-	172.90	12.35	152.94	22.47	137.13	30.48	125.94	36.16

ตารางที่ ๑.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) เจลลี่ และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง	ปริมาณ NH_4^+	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
	1	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
	2	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-	197.26	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	0	197.26	-	180.38	8.56	160.54	18.62	144.72	26.63	137.55	30.27
	1	197.26	-	178.44	9.54	159.51	19.14	142.65	27.68	136.47	30.82
	2	197.26	-	177.3	10.12	158.25	19.78	141.40	28.32	135.25	31.44
เติม <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	0	197.26	-	178.45	9.54	158.45	19.67	142.34	27.84	135.93	31.09
	1	197.26	-	176.25	10.65	157.36	20.23	140.95	28.55	133.14	32.51
	2	197.26	-	175.34	11.11	155.92	20.96	139.40	29.33	132.10	33.03
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	197.26	-	177.27	10.13	157.40	20.21	140.34	28.86	132.45	32.86
	1	197.26	-	175.35	11.10	156.23	20.80	139.24	29.41	129.35	34.43
	2	197.26	-	174.30	11.64	154.38	21.74	138.15	29.97	127.15	35.54

ตารางที่ ๗.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียม (Mg^{2+}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
	1	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
	2	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	15.70	-	15.44	1.66	14.85	5.41	13.69	12.80	13.45	14.33
	1	15.70	-	15.17	3.38	14.49	7.71	13.30	15.29	13.15	16.24
	2	15.70	-	15.06	4.08	14.37	8.47	13.13	16.37	13.04	16.94
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	15.70	-	15.57	0.83	14.93	4.90	13.84	11.85	13.63	13.18
	1	15.70	-	15.30	2.55	14.60	7.01	13.41	14.59	13.30	15.29
	2	15.70	-	15.14	3.57	14.43	8.09	13.23	15.73	13.07	16.75
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	15.70	-	15.27	3.50	14.63	6.82	13.49	14.08	13.17	16.11
	1	15.70	-	15.07	4.01	14.33	8.73	13.12	16.43	12.57	19.94
	2	15.70	-	14.94	4.84	14.21	9.49	12.94	17.58	11.94	23.95

ตารางที่ ๑.8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณ แมกนีเซียม (Mg^{2+}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย: มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง	ปริมาณ Mg^{2+}	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
	1	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
	2	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-	15.70	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	0	15.70	-	15.44	1.66	14.85	5.41	13.69	12.80	13.45	14.33
	1	15.70	-	15.24	2.93	14.72	6.24	13.54	13.76	13.31	15.22
	2	15.70	-	15.18	3.31	14.53	7.45	13.45	14.33	13.24	15.66
เติม <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	0	15.70	-	15.57	0.83	14.93	4.90	13.84	11.85	13.63	13.18
	1	15.70	-	15.37	2.10	14.79	5.80	13.66	12.99	13.51	13.95
	2	15.70	-	15.25	2.87	14.65	6.69	13.55	13.69	13.31	15.22
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	15.70	-	15.27	3.50	14.63	6.82	13.49	14.08	13.17	16.11
	1	15.70	-	15.18	3.31	14.53	7.45	13.26	15.54	12.90	17.83
	2	15.70	-	15.05	3.95	14.35	8.60	13.11	16.50	12.78	18.60

ตารางที่ ๑.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอไรด์ (Cl⁻) เจลลี่ และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Cl ⁻	%การ ลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การ ลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การ ลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การ ลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
	1	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
	2	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
เติม <i>Pseudomonas</i> <i>putida</i>	0	2102.55	-	1910.48	9.14	1888.47	10.18	1790.53	14.84	1750.47	16.75
	1	2102.55	-	1902.35	9.52	1860.77	11.50	1750.34	16.75	1730.26	17.71
	2	2102.55	-	1894.58	9.89	1851.94	11.92	1733.44	17.56	1712.50	18.55
เติม <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i>	0	2102.55	-	1930.55	8.18	1912.50	9.04	1804.65	14.17	1775.26	15.57
	1	2102.55	-	1914.74	8.93	1903.25	9.48	1785.45	15.08	1751.44	16.70
	2	2102.55	-	1904.55	9.42	1880.44	10.56	1756.75	16.45	1730.35	17.70
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	2102.55	-	1902.44	9.52	1880.60	11.51	1772.44	15.70	1725.39	17.94
	1	2102.55	-	1895.34	9.86	1850.48	11.99	1740.30	17.23	1690.25	19.61
	2	2102.55	-	1876.40	10.76	1843.28	12.33	1720.58	18.17	1642.76	21.87

ตารางที่ ๑.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคลอไรด์ (Cl⁻) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิกรัมต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ Cl ⁻	%การลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การลดลง	ปริมาณ Cl ⁻	%การลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	0	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
	1	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
	2	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-	2102.55	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	2102.55	-	1910.48	9.14	1888.47	10.18	1790.53	14.84	1750.47	16.75
	1	2102.55	-	1894.33	9.90	1852.65	11.89	1740.15	17.24	1715.36	18.42
	2	2102.55	-	1876.45	10.75	1840.84	12.45	1721.54	18.55	1701.43	19.08
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	2102.55	-	1930.55	8.18	1912.50	9.04	1804.65	14.17	1775.26	15.57
	1	2102.55	-	1898.64	9.67	1880.55	10.56	1760.24	16.28	1732.43	17.60
	2	2102.55	-	1881.56	10.51	1862.55	11.42	1740.33	17.23	1719.35	18.23
เติมเชื้อทั้งสองชนิด	0	2102.55	-	1902.44	9.52	1880.60	11.51	1772.44	15.70	1725.39	17.94
	1	2102.55	-	1878.25	10.67	1835.74	12.69	1729.33	17.75	1685.40	19.84
	2	2102.55	-	1863.45	11.37	1826.29	13.14	1705.45	18.89	1627.47	22.60

ตารางที่ ๑.11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
	1	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
	2	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	79.60	-	73.46	7.71	72.37	9.08	71.44	10.25	69.84	12.26
	1	79.60	-	72.55	8.86	70.60	11.31	70.25	11.75	68.34	14.15
	2	79.60	-	71.93	9.64	69.76	12.36	68.47	14.03	67.26	15.50
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	79.60	-	72.44	8.99	70.88	10.95	69.35	12.88	67.93	14.66
	1	79.60	-	71.84	9.75	69.27	12.98	68.45	14.00	66.30	16.71
	2	79.60	-	70.69	11.19	68.52	13.92	67.33	15.41	65.94	17.16
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	79.60	-	70.45	11.49	69.55	12.63	67.36	15.38	65.45	17.78
	1	79.60	-	69.54	12.64	67.46	15.25	66.34	16.66	64.93	18.43
	2	79.60	-	68.40	14.07	66.93	15.92	65.74	17.41	63.84	19.80

ตารางที่ จ.12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟต (SO_4^{2-}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง	ปริมาณ SO_4^{2-}	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
	1	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
	2	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-	79.60	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	79.60	-	73.46	7.71	72.37	9.08	71.44	10.25	69.84	12.26
	1	79.60	-	71.43	10.26	69.90	12.19	66.75	12.37	67.65	15.01
	2	79.60	-	70.90	10.93	68.80	13.57	68.10	14.45	66.45	16.52
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	79.60	-	72.44	8.99	70.88	10.95	69.35	12.88	67.93	14.66
	1	79.60	-	70.57	11.34	68.78	13.59	67.30	15.45	65.74	17.41
	2	79.60	-	69.24	13.02	67.94	14.65	66.45	16.52	64.30	19.22
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	79.60	-	70.45	11.49	69.55	12.63	67.36	15.38	65.45	17.78
	1	79.60	-	69.13	13.15	67.08	15.73	65.74	17.41	62.43	21.57
	2	79.60	-	68.07	14.48	66.43	16.55	64.93	18.43	61.55	22.68

ตารางที่ ข.13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับทดลอง	ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ PO_4^{3-}	%การลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อแบคทีเรีย)	0	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
	1	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
	2	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	1187.55	-	970.35	18.29	962.54	18.95	951.35	19.89	942.24	20.66
	1	1187.55	-	967.92	18.49	958.93	19.25	948.14	20.16	938.55	20.97
	2	1187.55	-	966.43	18.62	957.54	19.37	947.35	20.23	937.13	21.09
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	1187.55	-	968.55	18.44	960.75	19.10	949.10	20.08	938.55	20.97
	1	1187.55	-	965.55	18.69	957.20	19.40	946.33	20.33	936.16	21.17
	2	1187.55	-	964.14	18.81	955.93	19.50	944.83	20.44	934.92	21.27
เติมเชื้อทั้งสองชนิด	0	1187.55	-	967.15	18.56	958.73	19.27	947.15	20.24	936.44	21.15
	1	1187.55	-	965.15	18.73	955.75	19.51	944.34	20.48	929.44	21.73
	2	1187.55	-	964.36	18.79	954.13	19.66	942.72	20.62	927.12	21.93

ตารางที่ จ.14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสเฟต (PO_4^{3-}) เฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การลดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่มีสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมัน
หล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

หน่วย : มิลลิกรัมต่อลิตร

ตัวรับ ทดลอง	ปริมาณน้ำมัน หล่อลื่นสังเคราะห์ มิลลิลิตรต่อลิตร	วันที่ 0 (เริ่มต้น)		วันที่ 7		วันที่ 14		วันที่ 21		วันที่ 28	
		ปริมาณ PO_4^{3-}	%การ ลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การ ลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การ ลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การ ลดลง	ปริมาณ PO_4^{3-}	%การ ลดลง
ชุดควบคุม (ไม่เติมเชื้อ แบคทีเรีย)	0	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
	1	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
	2	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-	1187.55	-
เติม <i>Pseudomonas putida</i>	0	1187.55	-	970.35	18.29	962.54	18.95	951.35	19.89	942.24	20.66
	1	1187.55	-	969.43	18.37	960.92	19.08	949.23	20.07	940.73	20.78
	2	1187.55	-	968.40	18.45	959.44	19.21	948.15	20.16	939.84	20.86
เติม <i>Bacillus subtilis</i>	0	1187.55	-	968.55	18.44	960.75	19.10	949.10	20.08	938.55	20.97
	1	1187.55	-	967.42	18.54	959.12	19.24	947.93	20.18	937.25	21.08
	2	1187.55	-	966.35	18.63	957.15	19.40	946.10	20.33	935.34	21.24
เติมเชื้อ ทั้งสองชนิด	0	1187.55	-	967.15	18.56	958.73	19.27	947.15	20.24	936.44	21.15
	1	1187.55	-	966.34	18.63	957.26	19.39	945.33	20.40	932.34	21.50
	2	1187.55	-	965.12	18.73	955.34	19.55	943.13	20.58	929.56	21.72

ตารางที่ ๑.15 การเปลี่ยนแปลงค่าพี - เอช และอุณหภูมิของสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Esso ultron ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

วันที่	ค่าพี - เอช (pH)					อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
	0	7	14	21	28	0	7	14	21	28
ตัวรับทดลอง										
MBM (ชุดควบคุม)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	28.20	29.40	29.60	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร (ชุดควบคุม)	7.00	6.98	6.97	6.97	6.96	28.20	29.50	29.50	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร (ชุดควบคุม)	7.00	6.98	6.97	6.97	6.96	28.20	29.40	29.50	29.20	29.00
MBM+ <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.92	6.91	6.90	6.84	28.20	29.30	29.50	29.00	29.00
MBM + <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.90	6.89	6.87	6.83	28.20	29.30	29.60	29.00	29.10
MBM+เชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด	7.00	6.93	6.91	6.90	6.84	28.20	29.30	29.50	29.10	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.93	6.86	6.39	5.90	28.20	29.40	29.60	29.10	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.92	6.84	6.38	5.86	28.20	29.40	29.60	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และเชื้อทั้งสองชนิด	7.00	6.96	6.86	6.40	5.90	28.20	29.60	29.60	29.20	29.10
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.93	6.84	6.42	5.85	28.20	29.40	29.50	29.30	28.90
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.93	6.83	6.40	5.84	28.20	29.50	29.50	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และเชื้อทั้งสองชนิด	7.00	6.96	6.86	6.42	5.84	28.20	29.60	29.60	29.30	28.90

ตารางที่ จ.16 การเปลี่ยนแปลงค่าพี - เอช และอุณหภูมิของสารอาหารพื้นฐานที่เติมน้ำมันหล่อลื่นสังเคราะห์ Castrol GTX ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

วันที่ ตัวรับทดลอง	ค่าพี - เอช (pH)					อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
	0	7	14	21	28	0	7	14	21	28
MBM (ชุดควบคุม)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	28.40	29.40	29.50	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร (ชุดควบคุม)	7.00	6.98	6.97	6.97	6.96	28.40	29.50	29.50	29.20	29.00
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร (ชุดควบคุม)	7.00	6.98	6.97	6.97	6.96	28.40	29.40	29.50	29.20	29.00
MBM + <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.92	6.91	6.90	6.84	28.40	29.40	29.50	29.00	29.00
MBM + <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.90	6.89	6.87	6.83	28.40	29.50	29.40	29.10	29.00
MBM+เชื้อแบคทีเรียทั้งสองชนิด	7.00	6.93	6.91	6.90	6.84	28.40	29.40	29.50	29.10	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.93	6.85	6.38	5.88	28.40	29.40	29.50	29.20	29.10
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.94	6.85	6.37	5.84	28.40	29.30	29.50	29.10	29.00
MBM+น้ำมัน 1 มิลลิลิตรต่อลิตร และเชื้อทั้งสองชนิด	7.00	6.92	6.84	6.37	5.86	28.40	29.30	29.50	29.00	29.00
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Pseudomonas putida</i>	7.00	6.90	6.83	6.42	5.82	28.40	29.30	29.40	29.20	28.90
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และ <i>Bacillus subtilis</i>	7.00	6.90	6.84	6.40	5.81	28.40	29.30	29.50	29.30	29.00
MBM+น้ำมัน 2 มิลลิลิตรต่อลิตร และเชื้อทั้งสองชนิด	7.00	6.91	6.85	6.42	5.82	28.40	29.30	29.40	29.20	28.90

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข.1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุลินทรีย์ชนิด Prokaryotic และชนิด Eukaryotic

	Prokaryotic	Eukaryotic
จุลินทรีย์	แบคทีเรียและCyanobacteria (blue - green algae)	รา, โปรโตซัว, สาหร่าย, พืช, สัตว์
ขนาดเซลล์ (ความยาว)	1 -10 ไมโครเมตร	มากกว่า 5 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่ 10 - 100 ไมโครเมตร
metabolism	anaerobic หรือ aerobic	aerobic
organelles	ไม่มีหรือมีเล็กน้อย	มีนิวเคลียส, ไมโทคอนเดรีย คลอโรพลาสต์, เอ็นโดพลาสมิก เรติคูลัม ฯลฯ
โครงสร้างนิวเคลียส	ไม่ถูกห่อหุ้ม nuclear membrane	ถูกห่อหุ้มโดย nuclear membrane
DNA	circular DNA ใน cytoplasm	DNA ยาว ประกอบด้วย บริเวณ noncoding หลายบริเวณ จัดเป็น โครโมโซม และห่อหุ้มโดย nuclear envelope
RNA และโปรตีน	ถูกสร้างขึ้นมาในบริเวณเดียวกัน	RNA ถูกสร้างในบริเวณนิวเคลียส โปรตีนถูกสร้างใน Cytoplasm
Cytoplasm	ไม่มีcytoskeleton ไม่มี cytoplasmic streaming มี endocytosis หรือ exocytosis	มี endocytosis หรือ exocytosis
การแบ่งตัว	binary fission	mitosis หรือ meiosis
cellular organization	ส่วนใหญ่เซลล์เดี่ยว	ส่วนใหญ่ multicellular มีเซลล์แยกชนิด
DNA base ratios เป็น mol % G+C	28 -73	ประมาณ 40

ที่มา : Alcamo, 1983 อังโน นันทนา อรุณฤกษ์, 2537

ตารางที่ ๒.2 สมบัติและส่วนประกอบของเซลล์ที่แตกต่างระหว่างแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ

สมบัติและส่วนประกอบของเซลล์	แบคทีเรียแกรมบวก	แบคทีเรียแกรมลบ
1. amino sugar ที่ผนังเซลล์	10 - 22 เปอร์เซ็นต์	2 - 8 เปอร์เซ็นต์
2. ความหนาของผนังเซลล์	20 - 80 นาโนเมตร	10 - 15 นาโนเมตร
3. ลิปิดที่ผนังเซลล์	0 - 0.2 เปอร์เซ็นต์	10 - 20 เปอร์เซ็นต์
4. polysaccharide	35 - 60 เปอร์เซ็นต์	15 - 20 เปอร์เซ็นต์
5. trichoic acid	มีหรือไม่มี	ไม่มี
6. การเรียงตัวของสารที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์	เรียงตัวอย่างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน	เรียงตัวกันอย่างซับซ้อน เป็น lipoprotein และ lipopolysaccharide
7. อัตราส่วนของ DNA ต่อ RNA ในเซลล์	1 : 8	เท่ากัน
8. mesosome	มี	มีน้อยมากหรือไม่มี
9. magnesium content	มาก	น้อย
10. ornithine transaminase	มี	ไม่มี
11. เซลล์ตายถูกย่อยสลายด้วย pepsin หรือ trypsin	ไม่ดี	ดี
12. ถูกยับยั้งด้วยสีฟวก triphenyl-methane เช่น crystal violet	ดี	ไม่ดี
13. อ่อนแอ (sensitive) ต่อ acriflavine	ดี	ไม่ดี
14. อ่อนแอต่อ penicillin	ดี	ไม่ดี
15. อ่อนแอต่อ sulfonamise	ดี	ไม่ดี
16. อ่อนแอต่อแรงตึงผิวต่ำ ๆ	ดี	ไม่ดี

ตารางที่ ข.2 (ต่อ) สมบัติและส่วนประกอบของเซลล์ที่แตกต่างระหว่างแบคทีเรียแกรมบวกและแบคทีเรียแกรมลบ

สมบัติและส่วนประกอบของเซลล์	แบคทีเรียแกรมบวก	แบคทีเรียแกรมลบ
17. อ่อนแอต่อการทำให้เซลล์แตกโดย complement	น้อย	มาก
18. อ่อนแอต่อ anionic detergents	มาก	น้อย
19.ผนังเซลล์ ประกอบด้วย sulfur amino acid หรือ benzene ring amino acid	น้อยหรือไม่มี	มาก
20. ความทนทานต่อ sodium azide	ดี	ไม่ดี
21. ความทนต่อเบส เช่น NaOH 1 เปอร์เซ็นต์, KOH 1 เปอร์เซ็นต์	ดี	ไม่ดี
22. magnesium ribonucleate	มี	ไม่มี
23. ชนิดของสารพิษ	exotoxin	endotoxin

ที่มา : Davis, และคณะ, 1980; Micheal, Chan, และ Noel, 1988; Greager, Black, และ Davison, 1990

ภาคผนวก ข

การเจริญเติบโตการเจริญเติบโต (growth)

คือ การเพิ่มจำนวน (number) หรือการเพิ่มขนาด (size) ของเซลล์ แต่มักหมายถึง การเพิ่มจำนวนมากกว่าการเพิ่มขนาด

อัตราการเจริญเติบโต (growth rate)

แบคทีเรียมีการเพิ่มจำนวนแบบเรขาคณิต (2^n) ดังนั้น ระยะเวลาที่ต้องการสำหรับการเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ หรือมวลเซลล์ที่เพิ่มเป็นสองเท่าต่อหน่วยเวลา เรียกว่า generation time หรือ doubling time หรือ เรียกว่า ระยะเวลาแบ่งตัวต่อรุ่น ซึ่งแบคทีเรียต่างชนิดกันมี generation time ต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียชนิดเดียวกัน แต่อยู่ในสภาวะต่างกัน มี generation time ไม่เท่ากัน ปริมาณ และชนิดของสารในอาหารเลี้ยงเชื้อ และสภาวะทางกายภาพ สามารถทำให้ generation time มีการแปรเปลี่ยนไป ดังนั้น การเจริญพันธุ์ที่ดีที่สุดและเหมาะสมนั้น ต้องอาศัยสภาวะจำเพาะสำหรับแบคทีเรียต่างๆ (เนริกุล สุระพัฒน์ และคณะ, บรรณาธิการ, 2529)

การหาระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวต่อรุ่น

จะทำการวิเคราะห์ในช่วงที่มีการเพิ่มปริมาณแบคทีเรีย แบบเอกซ์โปเนนเชียล (exponential growth) มักเน้นที่ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวต่อรุ่น หรือระยะเวลาที่มีโคโลนีเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า การวิเคราะห์ค่านี้ ดูจากกราฟที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์แบบ logarithm เมื่อเวลาผ่านไปเป็น 2 เท่าของเซลล์เดิม และภายใต้สภาวะเดียวกัน จะมีค่าเท่ากัน (Thomas, และ Micheal, 1991)

วิธีคำนวณหา generation time

สมมติให้ X_0 = จำนวนเซลล์แบคทีเรีย เมื่อเวลาเริ่มต้น

X_t = จำนวนเซลล์แบคทีเรีย เมื่อเวลาผ่านไป t

t = ระยะเวลา เมื่อเซลล์แบคทีเรียเพิ่มปริมาณจาก X_0 ถึง X_t (ขึ้นไป)

K = อัตราการเจริญเติบโต มีหน่วยเป็นจำนวนเซลล์ ขณะเพิ่ม 2 เท่าต่อระยะเวลา

$1/K$ = ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวต่อรุ่น เมื่อมีการเจริญเติบโตเพิ่มเป็น 2 เท่า
ของเซลล์เดิม

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของแบคทีเรีย จากสมการ

$$X_t = 2^{Kt} X_0$$

ใช้ \log ฐาน 2 ทั้ง 2 ข้างของสมการ

$$\log_2 X_t / X_0 = Kt$$

$$K = \frac{\log_2 X_t - \log_2 X_0}{t}$$

$$K = \frac{\log_{10} X_t - \log_{10} X_0}{0.30103 t}$$

ดังนั้น ค่าระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งตัวต่อรุ่น

$1/K = \frac{0.30103 t}{\log_{10} X_t - \log_{10} X_0}$

ระยะเวลาต่าง ๆ ของการเจริญเติบโต (growth phase) และกราฟแสดงการเจริญเติบโต

การเจริญพันธุ์แบคทีเรียจะแบ่งตัวแบบจำลองตัวเพิ่มเป็นสองเท่า และเป็นไปอย่างรวดเร็วโดยมีการเพิ่มจำนวนเป็นทวีคูณ ถ้านำจำนวนแบคทีเรีย (\log) ที่เป็นตัวแทนระยะเวลาต่าง ๆ มาเขียนเป็นกราฟ จะได้ 4 ระยะ (ลึงกู สุราเวทย์ และ มาลัย วรจิตร, บรรณานุกรม, 2536) ดังรูป คือ

1. ระยะเตรียมตัว (lag phase)

เป็นระยะแรกที่แบคทีเรียเริ่มพบกับอาหารซึ่งเป็นสิ่งแวดล้อมใหม่ แต่แทนที่แบคทีเรียจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว กลับไม่มีการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว ในระยะนี้ แต่ละเซลล์มีการเพิ่มขนาดแต่ไม่มีการแบ่งเซลล์เลย (lag เป็นเซลล์ที่ active มาก มีการสร้างโปรโตพลาสและเอนไซม์ขึ้นใหม่ในจำนวนที่ต้องการ สำหรับกระบวนการทางเคมีของเซลล์ ระยะนี้อาจสั้น หรือยาวขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม คือ ถ้าเอาเชื้อที่อยู่ในระยะกำลังพร้อมที่จะเจริญพันธุ์ เลี้ยงในอาหารชนิดเดียวกัน

อาจไม่พบระยะ lag แต่ถ้าเขาเชื้อในระยะไม่แบ่งตัวมาเลี้ยงในอาหารชนิดเดียวกัน ระยะ lag อาจเกิดขึ้น

2. ระยะเพิ่มจำนวน (logarithmic, growth phase)

ระยะนี้เซลล์แบ่งตัวแต่ละครั้งพร้อมกันด้วยอัตราคงที่ แบคทีเรียแต่ละชนิดมี generation time สำหรับการเจริญพันธุ์ในสิ่งแวดล้อมหนึ่งคงที่เสมอ การเขียนกราฟจากจำนวนเซลล์ (log) ต่อเวลาจะได้เป็นเส้นตรง ซึ่งถือว่า เป็นระยะที่มีการแบ่งตัวทวีคูณมากที่สุด และมากกว่าระยะอื่น ๆ ดังนั้น การศึกษากระบวนการเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ ปกติมักใช้เชื้อในระยะนี้ เพราะเซลล์มีส่วนประกอบทางเคมี กระบวนการเมตาบอลิซึม และคุณสมบัติทางสรีรวิทยาเป็นแบบเดียวกัน

3. ระยะคงที่ (stationary phase)

เป็นระยะที่จำนวนแบคทีเรียใน log phase ที่ทวีคูณหยุดการทวีคูณ และอยู่ในสภาพคงที่ไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง การหยุดการทวีคูณจำนวนนั้น อาจเนื่องมาจาก สารอาหารบางอย่างหมด หรือลดน้อยลง หรือมีการสร้างสารพิษระหว่างการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ การที่จำนวนประชากรคงที่นั้น แสดงว่า ไม่มีการแบ่งตัวอีกเลย หรืออัตราการเจริญเท่ากับอัตราการตาย หรือสมดุลกัน แต่หน้าที่ต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น เมตาบอลิซึมทางพลังงาน และกระบวนการสร้างทางชีวภาพยังเกิดขึ้นอยู่

4. ระยะลดจำนวน (death หรือ decline phase)

เป็นระยะสุดท้ายหลังระยะคงที่ แบคทีเรียที่มีอยู่จะตายเร็วกว่าแบคทีเรียที่เพิ่มจำนวนขึ้นมา การที่แบคทีเรียลดจำนวน หรือตายลง เป็นผลจากการที่อาหารในสิ่งแวดล้อมหมดลง หรือมีการสะสมสารยับยั้งการเจริญ เช่น กรดหรือสารพิษ ในระยะนี้แบคทีเรียลดจำนวนลงแบบทวีคูณ แบคทีเรียในระยะนี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ เพราะไม่ active มีจำนวนน้อย มักมีแต่เซลล์ที่ตาย ขนาดเซลล์เล็ก หรือผิดปกติ

การวัดปริมาณการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การเจริญเติบโตของแบคทีเรียในทางจุลชีววิทยา มักหมายถึง จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว หรือกำลังจะตาย หรือเซลล์ที่กำลังแบ่งตัว วิธีการวัดนั้นมีทั้งการวัดจำนวนเซลล์ (cell count) และวัดมวล (cell mass)

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้วิธีการวัดจำนวนเซลล์ โดยการนับโคโลนี หรือเซลล์ที่มีชีวิต (colony หรือ viable count) โดยวิธี total plate count เทคนิค spread plate หรือ surface count โดยนำเชื้อแบคทีเรียมาทำให้เจือจางเป็นลำดับ ตามจำนวนที่ต้องการ (1:10) (ten fold dilution) ในอาหารชนิดเหลวที่ศึกษา 2 ชนิด คือ trypticase soy broth และ mineral base medium ใช้ปิเปตปราศจากเชื้อดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรจากหลอดเจือจางที่ต้องการหาแบคทีเรีย ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดแข็ง (nutrient agar) ใช้แท่งแก้วที่ตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม หรือตัว L (spreader) ปาดให้กระจายทั่วจานอาหารเลี้ยงเชื้อจนกว่าจะแห้ง นำไปบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนโคโลนีขึ้นบนอาหาร โดยใช้เครื่องนับ (colony counter) ซึ่งการนับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียในแต่ละจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ควรอยู่ระหว่าง 30 - 300 โคโลนี และการคำนวณนั้น มีหน่วยเป็น colony forming units ต่อมิลลิลิตร (cfu) หรือ viable count ต่อมิลลิลิตร

สูตรการคำนวณจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น

$$B_0 = DC$$

โดยที่ B_0 = จำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างต่อมิลลิลิตร

D = ปริมาณที่เจือจาง dilution factors
ของหลอดที่นับจำนวนแบคทีเรีย

C = จำนวนโคโลนี

สูตรปริมาณเจือจาง = $\frac{\text{ปริมาณที่นำมาเจือจาง (มล.)} + \text{ปริมาณตัวทำเจือจาง (มล.)}}{\text{ปริมาณที่นำมาเจือจาง (มล.)} \times \text{ปริมาณที่ถ่ายลงจานเพาะเชื้อ (มล.)}}$

ข.3 การย้อมสีแกรม

การย้อมสีแกรม

วิธีการเตรียมสีแกรม (gram stain, Hucker Modification)

1. crystal violet คริสตัล ไวโอเลต

สารละลาย A crystal violet 85 เปอร์เซ็นต์ dye 2 กรัม

ethyl alcohol 95% 10 มิลลิลิตร ละลายสีในอัลกอฮอล์ แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ

สารละลาย B ammonium oxalate 4 กรัม

น้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย A และ B เข้าด้วยกัน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองก่อนนำไปใช้

2. gram iodine แกรมไอโอดีน

iodine ไอโอดีน (I) 1 กรัม

potassium iodine โพตัสเซียม ไอโอดีน (KI) 2 กรัม

น้ำกลั่น 240 มิลลิลิตร

sodium bicarbonate 5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) 60 มิลลิลิตร

3. decolorizer ethyl alcohol (เอธิลอัลกอฮอล์) 95 เปอร์เซ็นต์

4. counter Stain

สารละลายมาตรฐาน safurin (ซาฟารีน) O 25 กรัม

ethyl alcohol (เอธิลอัลกอฮอล์) 100 มิลลิลิตร

สารละลายที่ใช้ สารละลายมาตรฐาน 100 มิลลิลิตร

น้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร

วิธีการ และผลของการย้อมสีแกรม

ขั้นตอนการย้อม	เวลาที่ย้อม (วินาที)	ผลการย้อม	
		แกรมบวก	แกรมลบ
1. เคลือบเชื้อแบคทีเรียจากจานเพาะเชื้อ และหยดน้ำกลั่นเล็กน้อยลงบนแผ่นสไลด์ โดยใช้ดินสอเขียนแก้วกำหนดขอบเขตของตัวอย่าง			
2. หยดสีคริสตัล ไวโอเล็ต ลงบนสไลด์ที่ผ่านเปลวไฟจากตะเกียงแล้ว 2 - 3 ครั้ง (บริเวณที่มีการเคลือบเชื้อ) เพื่อให้แบคทีเรียติดแน่น แล้วล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำประปา	60	สีม่วง	สีม่วง
3. หยดแกรมไอโอดีนลงบนสไลด์ แล้วล้างออกด้วยน้ำประปา	60	สีม่วง	สีม่วง
4. ล้างสไลด์ด้วย 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์ จนไม่มีสีหลุดออกมา แล้วล้างด้วยน้ำประปา	20	สีม่วง	ไม่มีสี
5. ย้อมสีทับด้วย ซาฟารีน แล้วล้างออกด้วยน้ำประปา	10	สีม่วง	สีแดง
6. ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นสังเกตดูด้วยกล้องจุลทรรศน์			

การย้อมสีแกรมจะใช้ศีกษารูปร่าง และจำนวนหมวดหมู่ของแบคทีเรีย (Bailey และ Scott, 1974 อ้างในมยุรีย์ พันธัย และคณะ, 2530; สุชาติ จาติกวณิช และกาญจนา จันทองจีน, 2532) ซึ่งความแตกต่างระหว่างแบคทีเรียแกรมบวก และแกรมลบ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ ข.2

ภาคผนวก ฉ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการศึกษา

อาหารทุกสูตร ใช้ผสมน้ำกลั่น 1.0 ลิตร เว้นไว้แต่อาหารที่บอกไว้เฉพาะ

1. Nutrient agar

beef extract 3.0 กรัม, peptone 5.0 กรัม, agar 15.0 กรัม

2. Tryptic soy agar (ปรับ pH 7.3)

tryptone 17.0 กรัม, soytone 3.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม,
K₂HPO₄ 2.5 กรัม, dextrose 2.5 กรัม, agar 10.0 กรัม

3. Tryptic soy broth (ปรับ pH 7.3)

tryptone 17.0 กรัม, soytone 3.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม,
K₂HPO₄ 2.5 กรัม, dextrose 2.5 กรัม

4. Mineral base medium (ปรับ pH 7.0)

MgSO₄ 0.1 กรัม, K₂HPO₄ 1.0 กรัม,
(NH₄)₃PO₄ 1.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม

5. Motility test medium

tryptone 10.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม, agar 5.0 กรัม

6. Hugh and Leifson's O.F medium basal medium ประกอบด้วย

peptone 2.0 กรัม, K₂HPO₄ 0.3 กรัม, NaCl 5.0 กรัม,
agar 3.0 กรัม, bromthymol blue 0.2 เปอร์เซ็นต์, solution 15.0 กรัม

ละลายส่วนประกอบ basal medium แล้วปรับ pH ให้ได้ประมาณ 7.1 เติม bromthymol blue 1.6 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4.0 มิลลิลิตร ลงไปเป็น indicator เติม glucose 10.0 กรัม ผสมลงในอาหาร สีของอาหารจะเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน บรรจุใส่หลอดทดสอบประมาณ 6-7 มิลลิลิตร นำไปนิ่งฆ่าเชื้อที่ความดันไอน้ำ 115 องศาเซลเซียส ความดัน 10 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที

7. Nitrate broth (Difco)

bacto - beef extract 3.0 กรัม, bacto - peptone 5.0 กรัม,
Potassium nitrate 1.0 กรัม

8. Christensen's urea medium basal medium ประกอบด้วย

peptone 1.0 กรัม, glucose 1.0 กรัม, KH₂PO₄ 2.0 กรัม,

NaCl 5.0 กรัม, agar 20.0 กรัม

ต้มส่วนผสมทั้งหมดจนละลาย ปรับ pH ให้เป็น 6.8 - 6.9 เติม phenolred 0.04 เปอร์เซ็นต์ 20.0 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันไอ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ที่ตั้งให้เย็น ประมาณ 52 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารละลายยูเรียที่มีความเข้มข้น 20.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้ปราศจากเชื้อโดยการกรองแล้ว ลงไป 10.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วใช้ปิเปตที่ฆ่าเชื้อแล้ว ดูดอาหารดังกล่าวใส่หลอดทดสอบ และนำไปวางทำ slant

9. Nutrient gelatin medium

beef extract 3.0 กรัม, peptone 5.0 กรัม, gelatin 120.0 กรัม

10. Tryptone broth

tryptone 10.0 กรัม

11. MR - VP medium (Difco)

buffered peptone 7.0 กรัม, Dipotassium phosphate 5.0 กรัม,
bacto - dextrose 5.0 กรัม, pH 6.9 ที่ 25 องศาเซลเซียส

12. Koser's citrate broth

K_2HPO_4 1.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม, $MgSO_4 \cdot 2H_2O$ 2.0 กรัม,
 $(NH_4)H_2PO_4$ 1.0 กรัม, Sodium citrate 2.0 กรัม, pH 6.7 - 6.8

13. Sodium caseinate (Casein) agar

sodium caseinate 2.0 กรัม, glucose 1.0 กรัม, K_2HPO_4 0.2 กรัม,
 $MgSO_4$ 0.2 กรัม, $FeSO_4$ เล็กน้อย, agar 15.0 กรัม

14. TSI agar (Difco) (pH 7.4 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

bacto - beef extract 3.0 กรัม,	bacto - yeast extract 3.0 กรัม,
bacto - peptone 15.0 กรัม,	proteose - peptone 5.0 กรัม,
bacto - lactose 10.0 กรัม,	saccharose 10.0 กรัม,
bacto - dextrose 1.0 กรัม,	Ferrous sulfate 0.2 กรัม,
Sodium chloride 5.0 กรัม,	Sodium thiosulfate 0.3 กรัม,
Sodium thiosulfate 0.3 กรัม,	bacto - phenol red 0.024 กรัม

15. Fermentation Carbohydrate medium

beef extract 3.0 กรัม, peptone 5.0 กรัม, น้ำตาล 10.0 กรัม,
bromthymol blue ,1.6 เปอร์เซ็นต์ 4.0 มิลลิลิตร, pH 6.8 - 7.0

การเตรียมน้ำตาลแต่ละชนิด ควรเตรียมหลอดทดสอบที่ใส่หลอดดักแก๊สไว้ แล้วไปอบเชื้อที่ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง จึงเตรียมน้ำตาลใส่หลอดละ ประมาณ 6.0 มิลลิลิตร แล้วนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำเพียง 10 ปอนด์ เป็นเวลา 10 นาที รีบยกออกมาแช่ในน้ำเย็น

16. Aesculin hydrolysis

aesculin 10.0 กรัม, glucose 2.5 กรัม, ferric citrate 0.5 กรัม,
beef extract 5.0 กรัม, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 0.1 กรัม, agar 1.5 กรัม,
yeast extract 5.0 กรัม, tween 80 1.0 มิลลิลิตร

17. Arginine hydrolysis

peptone 1.0 กรัม, NaCl 5.0 กรัม, K_2HPO_4 0.3 กรัม,
L (+) arginine HCl 10.0 กรัม, phenol red 0.01 กรัม,
phenol red 0.01 กรัม, agar 3.0 กรัม, pH 7.2

18. Blood agar

heart infusion agar (Difco) 40.0 กรัม, pH 7.4

หลังจากฆ่าเชื้อแล้ว ปล่อยให้เย็นลง ประมาณ 45 องศาเซลเซียส เติมเลือดที่ปราศจาก เชื้อ 5.0 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วเทลงจานเพาะเชื้อ หรือทำ slant (ธวัชชัย, นันทนา อรุณฤกษ์, 2537; ดวงพร คันธโชติ, 2537; Sneath และคณะ, 1986; Holt และคณะ, 1994.)



ประวัติผู้เขียน

นางสาวศิริลักษณ์ สิริศิริ เกิดที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เมื่อวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2510 สำเร็จการศึกษาจากภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2532 และจากคณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2536 ปัจจุบันทำงานที่ กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร ลาศึกษาต่อที่ สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536