รายการอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์.

การคลัง, กระทรวง, 2537. ข้อมูลสถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงการคลัง. (อัดสำเนา)

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2539. คู่มือการตรวจสอบสิ่งแวดล้อมโรงงาน (ม.ป.ท.).

มนัส สุวรรณ. 2530. นิเวศวิทยาของมนุษย์. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2540. ครั้งที่ 2. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรปส์. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าร์.

เพ็ชรพร เชาววกิจเจริญ. 2538. ครั้งที่ 2. การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หน่วยควบคุมมลพิษด้านน้ำเสียจังหวัดสมุทรปราการ. 2542. ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศ. กรมควบคุมมลพิษ: กรมควบคุมมลพิษ.

อมเรศ ภูมิรัตน. 2536. ครั้งที่ 1. แบคทีเรียพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ศิริยอด.

อรษา สุตเธียรกุล และ พิมพ์พันธุ์ เลียงพิบูลย์. 2536. ครั้งที่ 1. แบคทีเรียพื้นฐาน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ศิริยอด.

Aelion, C. M. 1987. Adaptation to Biodegradation of Xenobiotic Compounds by Microbial Communities from a Pristine Aquifer. Appl. Environ. Microbiol. 53: 2212-2217.

Alexander, M. 1994. Biodegradation and Bioramediation. New York: Academic Press.

Blasco, R., E. Moore, V. Wray, D. Pieper, K. Timmis, and F. Castillo. 1999. 3-Nitroadipate, a Metabolic Intermediate for Mineralization of 2,4-Dinitrophenol by a New Strain of a *Rhodococcus Sp.* J. of Bact. 181: 149-152.

Boopathy, R., and Kulpa, C. F. 1993. Nitroaromatic Compounds Serve as Nitrogen Source for *Desulfovibrio* sp. (Bstrain). Can J Microbiol. 39: 430-433.

Bruhn, C., H. Lenke, and H. J. Knackmuss. 1987. Nitrosubstituted Aromatic Compounds as Nitrogen Source for Bacteria. Appl. Environ Microbiol. 53: 208-210.

Chesney, R. H., P. Sollitti, and H. E. Rubin. 1985. Incorperation of Phenol Carbon at Trace Concentrations by Phenol Minerralizing Microorganism in Fresh Water. Appl. Environ Microbiol. 49: 15-18.

Delgado, A., M. G. Wubbolts, M. A. Abril, and J. L. Ramos. 1992. Nitroaromatic are Substrates for the TOL Plasmid Upper Pathway Enzymes. Appl. Environ Microbiol. 58: 415-417.

Environmental Protection Agency. 1989. Toxic Substance Inventory [CD-ROM].

Fournier, J. C., P. Codaccioni, and G. Soulas. 1981. Soil Adaptation to 2,4-D Degradation in Relation to the Application Rates and the Metabolic Behavior of the Degrading Microflora. Chemosphere 10: 977-984.

Haigler, B. E., and J. C. Spain. 1991. Biotransformation of Nitrobenzene by Bacteria Containing Toluene Degradative Pathways. Appl. Environ Microbiol. 57: 3156-3162.

Haigler, B. E., C. A. Pettigrew, and J. C. Spain. 1992. Biodegradation of Mixtures of Substituted Benzenes by *Pseudomonas* sp. Strain JS150. Appl. Environ Microbiol. 58: 2237-2244.

Heitkamp, M. A., V. Camel, T. J. Reuter, and W. J. Adams. 1990. Biodegration of *p*-Nitrophenal Biodegration in Field and Laboratory Test Systems. Appl. Environ. Microbiol. 48: 944-950.

Heitkamp, M. A., V. Camel, T. J. Reuter, and W. J. Adams. 1990. Biodegration of *p*-Nitrophenal in an Aqueous Waste Stream by Immobilized Bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 56: 2967-2973.

Holt, J. G., N. R. Kriey, P. H. A. Sneath, J. T. Staley, and S. T. Williams. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition. Maryland: Williams & Wilkins.

Hoover, D. G., G. E., Borgonovi, S. H., Jones, and M. Alaxander. 1986. Anomelies in Mineralization of Low Concentrations of Organic Compounds in Lake Water and Sewage. Appl. Environ. Microbiol. 51: 226-232.

Jain, R. K., Dreisbach, J. H., and Spain, J. C. 1994. Biodegradation of 4-nitrophenol via 1, 2, 4- benzenetriol by an Arthrobacter sp. Appl. Environ. Microbiol. 60: 3030-3032.

Johns,S. H., and Alexander, M. 1986. Kinetics of Mineralization of Phenols in Lake Water. Appl. Environ. Microbiol. 51: 891-897.

Kadiyala, V., and Spain, J. C. 1998. A Two-Component Monooxygenase Catalyzes Both TheHydroxylation of *p*-Nitrophenol and the Oxidative Release of Nitrite from 4-Nitrocatechol in *Bacillus Sphaericus* JS905. Appl. Environ. Microbiol. 64: 2479-2484.

Lenke, H., D. H. Pieper, C. Bruhn, and H. J. Knachmuss. 1992. Degradation of 2,4-dinitrophenol by Two Rhodococcus Erythropolis Strains, HL 24-1 and HL 24.2. Appl. Environ. Microbiol. 58: 2928-2932.

Lewis, D. L., H. P. Kollig, and R. E. Hodson. 1986. Nutrient Limitation and Adaptation of Microbial Populations to Chemical Transformations. Appl. Environ. Microbiol. 51: 598-603.

Lokke, H. 1985. Degradation of 4-nitrophenol in Two Danish Soils. Environ. Pollu. Ser. A38: 171-181.

Lynch, J. M., and N. J. Poole. 1979. Microbial Ecology A Conceptual Approach. London: Billing & Sons Limited.

Martin, J. P., and K. haider. 1979. Effect of Concentration on Decomposition of Some ^{14}C-labled Phenolic Compounds, Benzoic Acid, Glucuse, Wheat Strraw, and Chlorella Protein in Soil. Soli Sci. Soc. Am. J. 43: 917-920.

Marvin-Sikkema, F. D., and J. A. Bont. 1994. Degradation of nitroaromatic compounds by microorgnisms. Appl. Microbiol. Biotechnol. 42: 499-507.

Medsen, E. L. 1998. Practical Environmental Bioremediation. Florida: Lewis Publishers.

Munnecke, D. M. 1976. Enzymatic Hydrolysis of Organophosphate Insecticides, a Possible Pesticide Disposal Method. Appl. Microbiol. Biotechnol. 32: 7-13.

Nelson, L. 1982. Biologically-Induced Hydrolysis of Parathion in Soil: Isolation of Hydrolyzing bacteria. Soil. Biol. Biochem. 14: 219-222.

Nishino, S. F., and J. C. Spain. 1993. Cell Density-Dependent Adatation of *Pseudomonas putida* to Biodegradation of *p*-Nitrophenol. Environ. Sci. Technol. 27: 489-494.

Paris, A. F., N. L. Wolfe, and W. C. Steen. 1982. Structure-Activity Relationships in Microbial Transformation of Phenols. Appl. Environ. Microbiol. 44: 153-158.

Pelczar, M. J. 1986. Microbiology. New York: McGraw Hill Book Company.

Reymond, D. G. M. and M. Alexander. 1971. Microbial metabolism and cometabolism of nitrophenols. Pest. Biochem. Physiol. 1: 123-130.

Rieger, P. G., V. Sinnwell, A. Prue, W. Frankew, and H. J. Knackmuss. 1999. Hydride-Meisenheimer Complex Formation and Promotion as Key Reactions of 2,4,6-Trinitrophenol Biodegradation by Rhodococous reythropolis. J. of Bact. 181: 1189-1195.

Rozich, A. F., and A. F. Gaudy. 1992. Design and Operation of Activated Sludge Processes Using Respirometry. Michigan: Lewis Publishers.

Sandhakar-Barik., and N. Sethunathan. 1978. Metabolism of Nitrophenols in Flooded Soils. J. Eniviron. Qual 7: 349-352.

Sandhakar-Barik, Siddaramappa, P. A. Wahid, and N. Sethunathan. 1978. Conversion of *p*-nitrophenol to 4-nitrocatechol by a *Pseudomonas* sp. Antonie Leeuwenhoek 44: 171-176.

Sarnaik, S. , and P. Kanekar. 1995. Bioremediation of Colour of Methyl Violet and Phenol from a Dye-industry Waste Effluent Using Pseudomonas spp. Isolated from Factory Soil. Applied Bacteriology. 74: 459-469.

Scow, K, M,, Simrins, S. , and M. Alexander. 1986. Kinetics of Mineralization of Organic Compounds at Low Concentrations in Soil. Appl. Environ. Microbiol. 51: 1028-1035.

Spain, J. C. 1995. Biodegradation of Nitroaromatic Compounds. New York: Plenum Press.

Spain , J. C. and D.T. Gibson. 1991. Pathway for Biodegradation of p-Nitrophenol in *Moraxella* sp. Appl. Environ. Microbiol. 57: 812-819.

Spain, J. C., P. A. Van Veld, C. A. Monit, P. H. Pritchard, and C. R. Cripe. 1984. Comparison of *p*-Nitrophenol Biodegradation in Field and Laboratory Test Systems. Appl. Environ. Microbiol. 48: 944-950.

Spain, J. C., and P. A. Van Veld. 1983. Adaptation of Natural Communities to Degradation of Xenobiotic Compounds of Concentration, Expure, Time, Inoculum and Chemical Structure. Appl. Environ. Microbiol. 45: 428-435.

Steven, T. O., R. L. Crewford, and D. L. Crewford. 1991. Selection and Isolation of Bacteria Capable of Degrading Dinoseb (2-sec-butyl-4,6-dinitrophenol). Biodegradation 2: 1-13.

Stott, D. E., J. P. Martin, D. D. Focht, K. Haider. 1983. Biodedradation, Stabilization in Humas, and Incorelation into Soil Biomass of 2,4-D and Chlorocatechol Carbons. Soli Sci. Soc. Am. J. 47: 66-70.

Swindoll, C. M., C. M. Aelion, and F. K. Pfaehder. 1988. Influence of Inorganic and Organic Nutrients on Aerobic Biodegradation and on the Adaptation Response of Subsurface Microbial Communities. Appl. Environ. Microbiol. 54: 212-217.

Wiggins, B. A., and M. Alexander. 1988. Role of Chemical Concentration and Second Carbon Sources in Acclimation of Microbial Communities for Biodegradation. Appl. Environ. Microbiol, 54: 2803-2807.

Wyman, J. F., M. P. Serve, D. W. Hobson, L. H. Lee, and D. E. Uddin. 1979. Conversion of 2,4,6-trinitrophenol to a Mutagen by *Pseudomonas aerogenosa*. Appl. Environ. Microbiol. 37: 222-226.

Zeyer, J., and P. C. Kearney. 1984. Degradtion of o-nitrophenol and *p*-nitrophenol by a *Pseudomonas pitida*. J. Agric. Food Chem. 32: 238-242.

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ซีโอดีด้วยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Close reflux Method)

การวิเคราะห์หาซีโอดีเป็นวิธีวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำเสียต่างๆ โดยเป็นการวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ของน้ำเสียเพื่อให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเป็นผลปฏิกิริยาสุดท้าย นอกจากนี้พวกกรดอะมิโนจะถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน เงื่อนไขสำคัญในการวิเคราะห์ซีโอดีคือ ปฏิกิริยาออกซิเดชันต้องเกิดขึ้นโดยอาศัยออกซิไดซิงเอเจนต์ (Oxidizing Agent) อย่างแรง ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและมีอุณหภูมิสูง หลักการของซีโอดีจะคล้ายกับบีโอดีคือ สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดส์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ เพียงแต่บีโอดีต้องใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย ส่วนซีโอดีใช้ออกซิไดซิงเอเจนต์ ซีโอดีและบีโอดีต่างเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้แสดงความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำ แต่ซีโอดีไม่สามารถจะบอกได้ถึงความยากง่ายในการย่อยสลายทางชีวภาพได้ เนื่องสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดส์ได้หมดหรือเกือบหมดไม่ว่าจะสามารถออกซิไดส์ได้ทางชีวภาพหรือไม่ แม้กระนั้นซีโอดีก็มีข้อดีที่ใช้เวลาในการหาเพียง 3 ชม. ในขณะที่การหาบีโอดีใช้เวลาถึง 5 วัน มีตัวแปรผันน้อยกว่าค่าที่ได้ มีความแน่นอนน่าเชื่อถือกว่าและสารมีพิษไม่ขัดขวางการหาซีโอดี ซีโอดีมักมีค่าสูงกว่าบีโอดี อัตราส่วนของค่าซีโอดีและบีโอดี สำหรับน้ำเสียชนิดต่างๆ มีค่าไม่เท่ากันเพราะส่วนประกอบของน้ำเสียไม่เหมือนกัน อัตราส่วนระหว่างบีโอดีและซีโอดี (BOD:COD) อาจเป็นไปได้ตั้งแต่ 0.1-0.8 แต่ไม่เกิน 1 บีโอดีอาจมีค่าสูงกว่าซีโอดีได้แต่มีโอกาสน้อยมาก

วิธีฟลักซ์แบบปิด (Close Reflux Method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. *หลอดย่อย (Digestion Vessels) เป็นหลอดแก้วบอโรซิลิเคท (Borosilicate) ซึ่งใช้เลี่ยงเชื้อ* ขนาด 16x100 หรือ 20x150 หรือ 25x150 มม. มีฝาสลักเกลียวซึ่งทำด้วย TEE
2. *บล็อก (Block)* หรือที่ใส่หลอกแก้วแบบตัน ทำด้วยอลูมิเนียม ความลึกของช่องใส่หลอดประมาณ 45-50 มม. การให้ความร้อนเพื่อต้มย่อยสลายกระทำโดยวางบล็อกบนเตาแผ่น
3. *ตู้อบ (Oven)* สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ประมาณ 150 ± 2 °C
4. *บิวเรต*
5. *ขวดรูปกรวยขนาด 125 มล.*

สารเคมี

1. *สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 0.1 นอร์มัล*

สารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ซึ่งอบแห้งที่ 103 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หนัก 4.193 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล. เติมกรดกำมะถันเข้มข้น 167 มล. และปรอทซัลเฟต 33.3 กรัม คนให้ละลาย ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล.

2. *กรดซัลฟุริคและซิลเวอร์ซัลเฟต*

ชั่งซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟุริคเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมด ก่อนนำไปใช้ต่อไป

3. *สารละลายมาตรฐานเฟรัสแอมโมเนียม ซัลเฟต 0.05 นอร์มัล*

สารละลายเฟรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟุริคเข้มข้น 20 มล. แล้วเจือจางเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

4. *สารละลายเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์*

ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรลีน โมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate, $C_{12}H_8N_2.H_2O$) 1.485 กรัม และเฟรัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate,$FeSO_4.7H_2O$) 695 มก. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มล.

วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย FAS

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มัล 5.0 มล. ใส่ขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วจึงค่อยๆ เติมกรดซัลฟุริค เข้มข้น 15 มล. ทิ้งให้เย็น เติมเฟอโรอีน 2-3 หยด ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน FAS จนได้สีน้ำตาลเป็นจุดยุติ

ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล (N) = (5.0x0.1) / มล.FAS ที่ใช้

5. *กรดซัลฟามิค (Sulfamic Acid)*

ใช้สำหรับป้องกันการรบกวนของไนไตรต์ (NO^-_2) ปริมาณที่ใช้คือ 10 มก. ต่อทุกๆ 1 มก. ของไนไตรต์

6. *สารละลายมาตรฐานโปรแตสเซียมไฮโดรเจนฟธาเลต (Protassium Hydrogen Phthalate หรือ KHP)*

บด KHP เพื่อลดขนาดลงแนะนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 °ซ จนแห้งและมีน้ำหนักคงที่ แล้วละลาย KHP ที่บดและอบแห้งแล้ว 425 มก. ในน้ำกลั่น เจือจางให้เป็น 1,000 มล. สารละลายนี้มีซีโอดีเท่ากับ 500 มก./ล. สามารถเก็บรักษาในตู่เย็นได้นานไม่เกิน 3 เดือน

7. *สารละลายกลูโคส*

ละลายกลูโคส 486.6 มก. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางให้เป็น 1,000 มล. สารละลายนี้จะมีค่าซีโอดีเท่ากับ 500 มก./ล. (กลูโคส 1 กรัม จะให้ซีโอดี 1.067 กรัม) สารละลายกลูโคสจะไม่ค่อยคงตัวเพราะสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างรวดเร็ว

วิธีวิเคราะห์

ต้องล้างหลอดแก้วและฝาปิดด้วยสารละลายกรดกำมะถัน 20% เสมอทุกครั้งก่อนใช้งาน

1. เลือกขนาดของหลอดแก้วสำหรับต้มซีโอดีให้เหมาะสม

ถ้าตัวอย่างน้ำมีซีโอดีต่ำให้เลือกใช้หลอดแก้วขนาด 15 x 150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 10 มล.) ถ้าซีโอดีค่อนข้างสูงให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20 x 150 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 5 มล.) และถ้าซีโอดีสูงสามารถใช้หลอดแก้วขนาด 16 x 100 มม. (ปริมาตรตัวอย่างน้ำ 2.5 มล.) ในที่นี้ขอแนะนำว่าไม่จำเป็นต้องใช้หลอดหลายขนาดใช้เพียง 2 ขนาดคือ 25 x 150 มม. สำหรับหาซีโอดีที่มีค่าต่ำและขนาด 20 x 150 มม. สำหรับหาซีโอดีที่มีค่าสูง ถ้าตัวอย่างมีค่าสูงมากก็ให้เจือจางตัวอย่างน้ำก่อน

2. การเลือกปริมาตรตัวอย่างน้ำ

ถ้าเป็นน้ำสะอาด น้ำธรรมชาติหรือน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำๆ (<40 มก./ล.) ควรใช้ตัวอย่างน้ำ 10 มล. โดยใช้หลอดแก้วขนาด 25 x 150 มม. แต่ถ้ามีค่าซีโอดีสูงกว่านั้นให้ใช้หลอดแก้วขนาด 20 x 150 มม. โดยเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำมากสุด 5 มล. หรือใช้น้อยกว่า แล้วเติมน้ำกลั่นให้เป็น 5 มล. และถ้าตัวอย่างน้ำมีค่า ซีโอดีสูงมากต้องเจือจางตัวอย่างน้ำก่อนนำมาใช้ ควรประมาณค่าซีโอดีของตัวอย่างน้ำอย่างคร่าวๆ ก่อนเพื่อที่จะได้เลือกใช้ปริมาณตัวอย่างได้อย่างเหมาะสม การประมาณค่าซีโอดีสามารถทำได้โดยพิจารณาจากลักษณะตัวอย่างน้ำ แหล่งที่มาของน้ำ และจากค่า Rapid COD การเลือกขนาดตัวอย่างน้ำที่จะใช้วิเคราะห์ให้เหมาะสมอาจดูได้จากตารางที่ ก-1 ในทางปฏิบัติ ควรเลือกใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำให้ผลต่างของ FAS ที่ใช้ในการไตเตตดแบลงค์และตัวอย่างน้ำอยู่ระหว่าง 1-5 มล.

3. ใส่น้ำตัวอย่างลงในหลอดแก้วขนาดเหมาะสม

เติมน้ำยาย่อยสลายหรือโปตัสเซียมไดโครเมต ตามด้วยกรดกำมะถันอย่างช้าๆ ในปริมาณที่แสดงอยู่ในตารางที่ ก-2 (ถ้าใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำน้อยกว่าที่แสดงไว้ในตารางให้เติมน้ำกลั่นให้ครบตามจำนวน) ปิดฝาให้แน่นและเขย่าผสมกันให้ดี สำหรับแบลงค์ใช้น้ำกลั่นแล้วทำเหมือนตัวอย่างทุกอย่างวางหลอดแก้วในบล็อค แล้วใส่ตู้อบ ตั้งอุณหภูมิไว้ที่150±2 °ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบ 2 ชม. แล้วนำออกจากตู้อบปล่อยทิ้งให้เย็น เทสารละลายออกจากหลอดแก้วลงในขวดรูปกรวย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างสารละลายในหลอดแก้วให้หมดแล้วเทรวมลงในขวดรูปกรวย เติมเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด แล้วไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานเอฟเอเอส สีของสารละลายจะค่อยๆ เปลี่ยนจากเหลืองเป็นเขียวอมเหลืองจากนั้นเป็นสีฟ้าและเป็นสีน้ำตาลแดงซึ่งแสดงว่าถึงจุดยุติ จดปริมาณเอฟเอเอสที่ใช้ไตเตรต

ตารางที่ ก-1 ขนาดตัวอย่างและอัตราเจือจางที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์หาซีโอดี*

ช่วงซีโอดี	ขนาดตัวอย่าง	อัตราเจือจาง
<200	5	1:1
200-400	4	1:1
400-800	2	1:1
800-1,600	1	1:1
1,600-3,200	5	1:10
2,700-5,300	3	1:10
4,000-8,000	4	1:20
8,000-16,000	2	1:20
13,000-26,500	3	1:50
20,000-40,000	2	1:50
40,000-80,000	2	1:100
80,000-160,000	1	1:100

*เมื่อใช้ FAS ความเข้มข้น 0.05 นอร์มัล และ $K_2Cr_2O_7$ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล

ตารางที่ ก-2 ขนาดของหลอดแก้ว ปริมาตรตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสม

ขนาด หลอดแก้ว (มล.)	ปริมาตร ตัวออย่างน้ำ (มล.)	สารละลาย ไดโครเมต (มล.)	สารละลาย กรดซัลฟุริค (มล.)	ปริมาตร ทั้งหมด (มล.)
16 x 100	2.5	1.5	3.5	7.5
20 x 150	5.0	3.0	7.0	15.0
25 x 150	10.0	6.0	14.0	30.0

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี, มิลลิกรัม/ลิตร} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{มล. ของตัวอย่างน้ำ}}$$

เมื่อ A = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตแบลงค์

B = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่างน้ำ

N = ความเข้มข้นของ FAS ม , นอร์มัล

ข้อเสนอแนะและข้อควรระวัง

1. สามารถตรวจสอบความถูกต้องวิธีวัดซีโอดีได้ โดยใช้สารละลายมาตรฐานโปแตสไฮโดรเจนพธาเลตหรือกลูโคส (มีวิธีเตรียมอยู่ในหัวข้อ จ.) ที่ทราบค่าซีโอดี นำไปวิเคราะห์หาซีโอดีโดยใช้สารละลายมาตรฐานนี้แทนตัวอย่างน้ำ ค่าซีโอดีที่วัดได้ ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 95% ของค่าซีโอดีที่เตรียม

2. ถ้าในตัวอย่างน้ำมีสารรบกวนพวกไนไตรตจำนวนมาก แก้ไขโดยเติมกรดซัลฟามิค 10 มก. ต่อทุก ๆ มก. ของไนไตรตที่มีในตัวอย่างน้ำ

3. ตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณคลอไรด์สูงมากกว่า 2000 มก./ล. ต้องเติม $HgSO_4$ เพิ่มจนเกินพอ เช่น น้ำทะเลถ้าใช้ปริมาณตัวอย่าง 5 มล. อาจใช้ $HgSO_4$ สูงถึง 1.5 กรัม การเติม $HgSO_4$ ให้เติมหลังจากเติมตัวอย่างน้ำ เขย่าให้ทั่วแล้วค่อยเติมสารละลายมาตรฐานโปตัสเซียมไดโคเมตและกรดซัลฟุริค

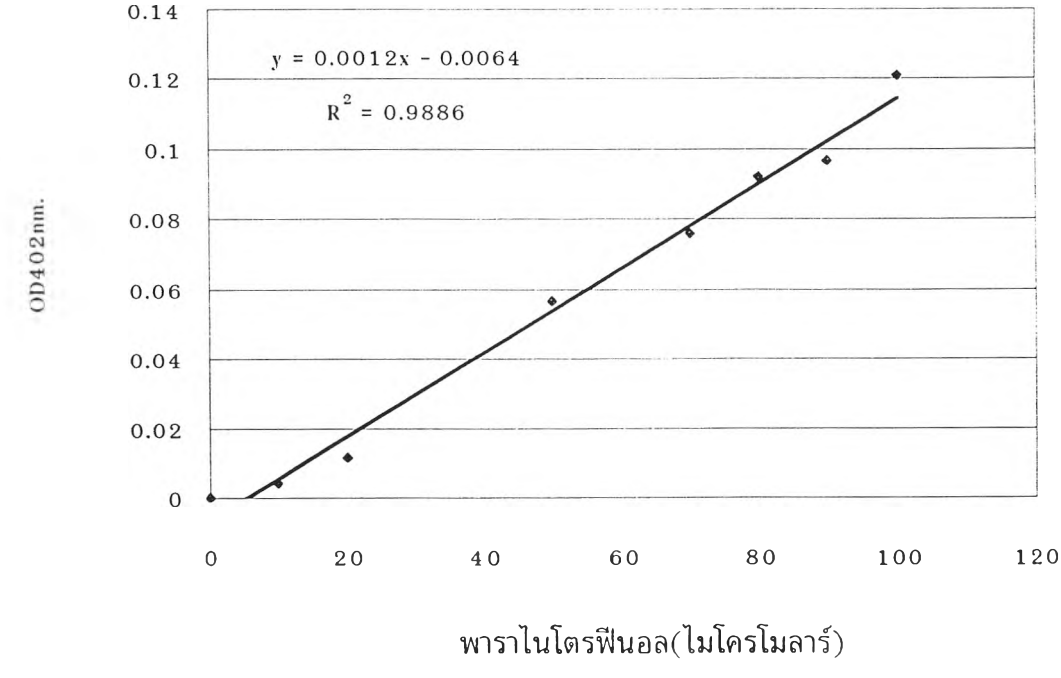
4. การเลือกปริมาณตัวอย่าง ควรเลือกให้เหมาะสมเพื่อให้มีโปตัสเซียมไดโคเมตมากเกินพอสำหรับออกซิไดส์สารอินทรีย์ การเลือกปริมาณตัวอย่างควรพิจารณาจากลักษณะน้ำ ที่มาของตัวอย่างประกอบกับค่า Rapid COD หรือ จากการสังเกตสีของสารละลายก่อนนำไปรีฟลักซ์ ถ้าเป็นสีเขียว ให้ทำใหม่โดยลดปริมาณตัวอย่างลง แต่ถ้าสีของสารละลายเหลืองเข้มมาก ควรจะเพิ่มปริมาณตัวอย่างขึ้น (สีที่เหมาะสมควรเป็นสีเหลืองอมเขียวอ่อน ๆ) จะได้ไม่ต้องเสียเวลาในการรีฟลักซ์และเริ่มทำใหม่อีกครั้ง

5. ต้องทำแบลงค์พร้อมกับตัวอย่างทุกครั้งเพื่อให้อยู่ในสภาวะอย่างเดียวกัน ผลวิเคราะห์จะได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

6. ต้องตรวจสอบความเข้มข้นของ FAS ทุกวันที่ใช้ไตเตรต ถ้าความเข้มข้นลดลงมาก ๆ ควรเตรียมใหม่

การวิเคราะห์ปริมาณพาราไนโตรฟีนอล(Heitkamp et al., 1990)

นำตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปิเปตส่วนใส่มา 0.5 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 นอร์มาลิตี้ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตรเพื่อปรับให้ตัวอย่างมีค่าความเป็นกรดด่างสูงตั้งแต่ 8 ขึ้นไป จากนั้นผสมให้เข้ากันในหลอดคิวเวต (Cuvette) ขนาด 1 มิลลิลิตร ตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 402 นาโนเมตร คำนวณค่าที่ได้จากกราฟมาตรฐานของพาราไนโตรฟีนอล



ภาคผนวก ข

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดสอบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอล

1. Modified Bushnell &Haas Minimal Salt medium(MBH)

KH_2PO_4	1	กรัม
Na_2HPO_4	1	กรัม
NH_4NO_3	0.5	กรัม
$(NH4)_2SO_4$	0.2	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.2	กรัม
$CaCl_2.2H_2O$	0.02	กรัม
$FeCl_3$	0.002	กรัม
$MnSO_4.2H_2O$	0.002	กรัม

นำส่วนผสมทั้งหมด ผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. Trypic Soy Broth(TSB)

Pancreatic Digest of Casein	17 กรัม
Papaic Digest of Soybeam Meal	3 กรัม
NaCl	5 กรัม
K_2HPO_4	2.5กรัม

นำส่วนผสมทั้งหมด ผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. Phosphate-buffered Saline(PBS)

Na_2HPO_4	1.18	กรัม
NaH_2PO_4	0.22	กรัม
NaCl	8.5	กรัม

นำส่วนผสมทั้งหมด ผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ภาคผนวก ค

สีย้อม น้ำยาและอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการจำแนกแบคทีเรีย

1. สีย้อมและน้ำยา

1.1 Gram's Crystal Violet

สายละลาย A	Crystal Violet	2	กรัม
	Ethyl alcohol	20	กรัม
	น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร
สายละลาย B	Amonium oxalate	0.8	มิลลิลิตร
	น้ำกลั่น	100	มิลลิลิตร

นำสารละลาย A และสารละลาย B นำไปกรองเพื่อแยกตะกอนก่อนการนำมาใช้

1.2 Gram's Iodine

Idodine	1	กรัม
KI	2	กรัม
น้ำกลั่น	300	มิลลิลิตร

1.3 Gram's Alcohol

Ethyl Alcohol	98	มิลลิลิตร
Acetone	2	มิลลิลิตร

2. อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับทดสอบทางชีวเคมี

2.1 MacConkey agar

Bacto peptone	17	กรัม
Proteose peptone	3	กรัม
Bacto lactose	10	กรัม
Bacto bile salt No.3	15	กรัม

Sodium Chloride	5	กรัม
Bacto agar	13.5	กรัม
Bacto neutral red	0.03	กรัม
Bacto crystal violet	0.001	กรัม
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมด ผสมน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.2 **MacConkey agar มีสูตรดังนี้**

Bacto peptone	17.0	กรัม
Proteose peptone	3.0	กรัม
Bacto lactose	10.0	กรัม
Bacto bile salt No. 3	15.0	กรัม
Sodime chloride	5.0	กรัม
Bacto agar	13.5	กรัม
Bacto neutral red	0.03	กรัม
Bacto crystal violet	0.001	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.3 **MR-VP medium มีสูตรดังนี้**

Buffered peptone	7.0	กรัม
Dipotassium phosphate	5.0	กรัม
Bacto dextrose	5.0	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.4 Nitrate test broth มีสูตรดังนี้

Peptone 190 (pancreatic digest of gelatin)	5.0	กรัม
Beef extract	3.0	กรัม
Potassium nitrate	1.0	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.5 Simon's citrate ager มีสูตรดังนี้

Sodium citrate	2.0	กรัม
Sodium chloride	5.0	กรัม
Ammonium phosphate, monobasic	1.0	กรัม
Potassium phosphate, dibasic	1.0	กรัม
Magnesium sulfate	0.2	กรัม
Bromthymol blue	0.08	กรัม
Agar	15.0	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.6 User test agar มีสูตรดังนี้

Urea	20.0	กรัม
Monopotassium phosphate	9.1	กรัม
Dipotassium phosphate	9.5	กรัม
Yeast extract	0.1	กรัม
Phenol red	0.01	กรัม
Agar	15.0	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 10 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 10 นาที

2.7 Triple Sugar Iron (TSI) ager มีสูตรดังนี้

Bacto beef extract	3.0	กรัม
Bacto yeast extract	3.0	กรัม
Bacto peptone	15.0	กรัม
Protease peptone	5.0	กรัม
Bacto dextrose	1.0	กรัม
Bacto lactose	10.0	กรัม
Bacto sucrose	10.0	กรัม
Ferrous sulfate	0.2	กรัม
Sodium chloride	0.5	กรัม
Sodium thiosulfate	0.3	กรัม
Bacto agar	12.0	กรัม
Bacto phenol red	0.024	กรัม
Distilled water	1,000.0	มิลลิลิตร

นำส่วนผสมทั้งหมดผสมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร หลอมจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.8 Gram's crystal violet มีสูตรดังนี้

สารละลาย A

Crystal violet	2.0	กรัม
Ethyl alcohol	20.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

สารละลาย B

Ammonium oxalate	0.8	กรัม
น้ำกลั่น	80.0	มิลลิลิตร

นำสารละลาย A ผสมกับสารละลาย B นำไปกรองเพื่อแยกตะกอนก่อนนำไปใช้

2.9 Gram's iodine มีสูตรดังนี้

Iodine	1.0	กรัม
KI	2.0	กรัม
น้ำกลั่น	300.0	มิลลิลิตร

ละลาย KI ในน้ำกลั่นจนหมดแล้วเติม iodine ก่อนนำไปใช้

2.10 Gram's alcohol มีสูตรดังนี้

Ethyl alcohol	98.0	มิลลิลิตร
Acetone	2.0	มิลลิลิตร

ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันก่อนนำไปใช้

2.11 Gram's safranin มีสูตรดังนี้

Safranin o (2.5% solution in 95% ethyl alcohol)

	10.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันก่อนนำไปใช้

2.12 Kovac's reagent (*p*-dimethylaminobenzaldehyde)

Amyl alcohol	750.0	มิลลิลิตร
p-dimethylaminobenzaldehyde	50.0	มิลลิลิตร
Concentration HCl	250.0	มิลลิตร

ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันก่อนนำไปใช้

2.13 Methyl red reagent มีสูตรดังนี้

Methyl red	0.5	กรัม
Ethyl alcohol 95%	300.0	กรัม
น้ำกลั่น		

ผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันก่อนนำไปใช้

2.14 Nitrate reagent มีสูตรดังนี้

สารละลาย A

Sulfanilic acid	8.0	กรัม
Glacial acetic acid	285.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	715.0	มิลลิลิตร

สารละลาย B

N,N-dimethyl-1-napthylamine	6.0	มิลลิลิตร
Glacial acetic acid	285.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	715.0	มิลลิลิตร

หยดสารละลาย A และสารละลาย B ลงไปในหลอดอาหารที่ต้องการทดสอบ

2.15 Voges-Proskauer reagent มีสูตรดังนี้

สารละลาย A

Alpha-napthol	6.0	กรัม
Absolute ethanol	100.0	มิลลิลิตร

สารละลาย B

KOH	40.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

หยดสารละลาย A และสารละลาย B ลงไปในหลอดอาหารที่ต้องการทดสอบ

2.16 Oxidase test มีสูตรดังนี้

N,N,N,N-tetramethyl-p-phenylene diamine dihydrochloride

($C_{10}H_8Cl_2N_2$)	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	100.0	มิลลิลิตร

ละลาย $C_{10}H_8Cl_2N_2$ ในน้ำกลั่นก่อนนำไปทดสอบ และควรเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทดสอบ

2.17 Catalase test มีสูตรดังนี้

3% hydrogen peroxide

หยดสารละลายลงบนแผ่นบนสไลด์ แล้วเกลี่ยเชื้อลงในสารละลายเมื่อต้องการทดสอบ

ภาคผนวก ง

จุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนในการทดลอง

รูปที่ ง-1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม

รูปที่ ง-2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำและตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานฟอกหนัง

การเปลี่ยนแปลงของสีอาหารเลี้ยงเชื้อ ในระหว่างการทดสอบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอลความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์

ก (วันที่ 1 ของการทดลอง)

ข (วันที่ 5 ของการทดลอง)

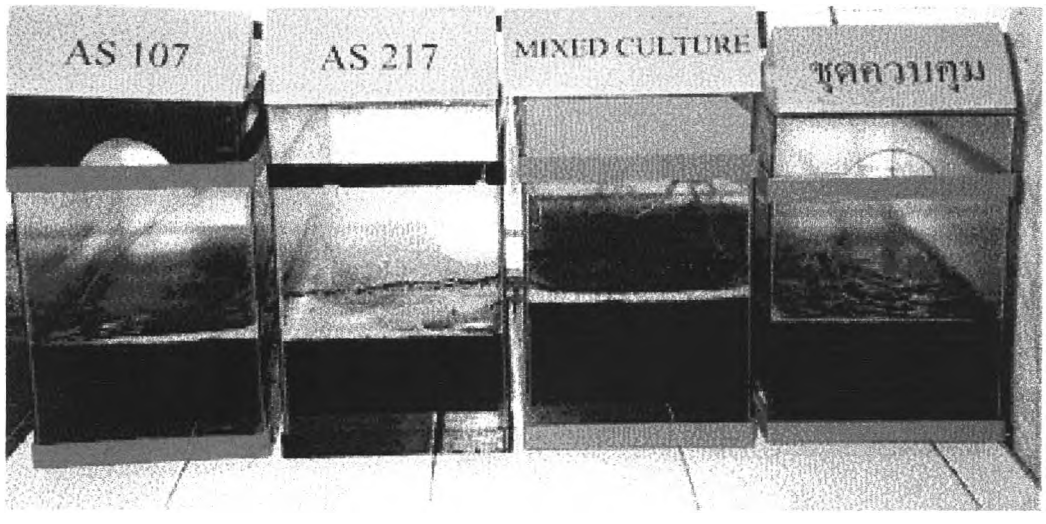
ค (วันที่ 13 ของการทดลอง)

ง (วันที่ 16 ของการทดลอง)

จ (วันที่ 18 ของการทดลอง)

รูปที่ ง-3 การเปลี่ยนแปลงของสีอาหารเลี้ยงเชื้อในระหว่างการทดสอบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอล ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ โดยแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่มีการผสมพาราไนโตรฟีนอลในระหว่างการบ่มเชื้อ

ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองเติมแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107, สายพันธุ์ AS217 และแบคทีเรียผสมสองสายพันธุ์ลงในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม



รูปที่ ง-5 เปรียบเทียบการใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107, สายพันธุ์ AS217, เชื้อผสมสายพันธุ์ AS107 และ AS217 และไม่ได้ใส่แบคทีเรียลงในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม ในช่วงระยะเวลา 2 สัปดาห์

ก (วันที่ 1 ของการทดลอง)

ข (วันที่ 5 ของการทดลอง)

ค (วันที่ 18 ของการทดลอง)

ง (วันที่ 21 ของการทดลอง)

จ (วันที่ 23 ของการทดลอง)

รูปที่ ง-4 การเปลี่ยนแปลงของสีอาหารเลี้ยงเชื้อในระหว่างการทดสอบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอล ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ โดยแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่มีการผสมพาราไนโตรฟีนอลในระหว่างบ่มเชื้อ

ภาคผนวก จ

การทดสอบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอลโดยแบคทีเรียที่คัดเลือก

ตารางที่ จ-1 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS101 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์)ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 101	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 101	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.01 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.01 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.069 ± 0.007
6	0.009 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.132 ± 0.0167
9	0.009 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.156 ± 0.0159
12	0.008 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.183 ± 0.0184
15	0.008 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.203 ± 0.0127
18	0.008 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.230 ± 0.0216
21	0.004 ± 0.0017	0.01 ± 0.00	0.303 ± 0.017
24	0.000 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.373 ± 0.0377

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-2 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.009 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.007 ± 0.0009
3	0.009 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.094 ± 0.0181
6	0.008 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.280 ± 0.0374
9	0.006 ± 0.0008	0.01 ± 0.00	0.393 ± 0.0492
12	0.004 ± 0.0008	0.01 ± 0.00	0.473 ± 0.0531
15	0.002 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.553 ± 0.0205
18	0.000 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.623 ± 0.0205

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-3 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS201 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 201	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 201	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.01 ± 0.0004	0.01 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.01 ± 0.0004	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.0012
6	0.009 ± 0.0002	0.01 ± 0.00	0.021 ± 0.0069
9	0.009 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.032 ± 0.0074
12	0.008 ± 0.0003	0.01 ± 0.00	0.049 ± 0.0014
15	0.008 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.096 ± 0.0174
18	0.005 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.35 ± 0.0455
21	0.000± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.450± 0.0490

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-4 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.025 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.024 ± 0.0008	0.025 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.024 ± 0.0005	0.025 ± 0.00	0.069 ± 0.0434
6	0.024 ± 0.0005	0.025 ± 0.00	0.157 ± 0.0170
9	0.024 ± 0.0005	0.025 ± 0.00	0.197 ± 0.0125
12	0.023 ± 0.0000	0.025 ± 0.00	0.327 ± 0.0873
15	0.017 ± 0.0021	0.025 ± 0.00	0.430 ± 0.0572
18	0.007 ± 0.0016	0.025 ± 0.00	0.537 ± 0.0899
21	0.001 ± 0.0019	0.025 ± 0.00	0.623 ± 0.0613
24	0.000 ± 0.0000	0.025 ± 0.00	0.703 ± 0.0776

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-5 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS201 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.025 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 201	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 201	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.025 ± 0.0000	0.025 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.025 ± 0.0005	0.025± 0.00	0.046 ± 0.0222
6	0.024 ± 0.0005	0.025± 0.00	0.073 ± 0.0585
9	0.024 ± 0.0005	0.025± 0.00	0.095 ± 0.0586
12	0.024 ± 0.0005	0.025± 0.00	0.142 ± 0.0477
15	0.024 ± 0.0008	0.025± 0.00	0.236 ± 0.0595
18	0.021 ± 0.0040	0.025± 0.00	0.307 ± 0.0732
21	0.025 ± 0.0109	0.025± 0.00	0.457 ± 0.0838
24	0.017 ± 0.0075	0.025± 0.00	0.527 ± 0.0981
27	0.002 ± 0.0000	0.025± 0.00	0.650 ± 0.0572
30	0.000 ± 0.0000	0.025± 0.00	0.700 ± 0.0698

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-6 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.025 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.026 ± 0.0005	0.025 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.026± 0.0000	0.025 ± 0.00	0.121 ± 0.0360
6	0.026± 0.0005	0.025± 0.00	0.317± 0.0594
9	0.026± 0.0005	0.025± 0.00	0.437± 0.0974
12	0.025± 0.0005	0.025± 0.00	0.533± 0.0865
15	0.025± 0.0005	0.025± 0.00	0.670± 0.1098
18	0.008± 0.0024	0.025± 0.00	0.747± 0.1126
21	0.000± 0.0000	0.025± 0.00	0.837± 0.0910

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-7 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.052 ± 0.0022	0.05 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.052 ± 0.0016	0.05 ± 0.00	0.010 ± 0.0434
6	0.050 ± 0.0005	0.05 ± 0.00	0.053 ± 0.0170
9	0.051 ± 0.0014	0.05 ± 0.00	0.076 ± 0.0125
12	0.049 ± 0.0029	0.05 ± 0.00	0.123 ± 0.0873
15	0.043 ± 0.0047	0.05 ± 0.00	0.220 ± 0.0572
18	0.038 ± 0.0076	0.05 ± 0.00	0.340 ± 0.0899
21	0.021 ± 0.0182	0.05 ± 0.00	0.453 ± 0.0613
24	0.002 ± 0.0033	0.05 ± 0.00	0.500 ± 0.0776
27	0.000 ± 0.0000	0.05 ± 0.00	0.537 ± 0.0776

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-8 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.052 ± 0.0024	0.05 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.051± 0.0009	0.05 ± 0.00	0.147 ± 0.0478
6	0.051± 0.0009	0.05± 0.00	0.23± 0.0668
9	0.050± 0.0005	0.05± 0.00	0.357± 0.0946
12	0.050± 0.0000	0.05± 0.00	0.467± 0.1302
15	0.050± 0.0000	0.05± 0.00	0.627± 0.1266
18	0.029± 0.0176	0.05± 0.00	0.707± 0.1184
21	0.007± 0.009	0.05± 0.00	0.777± 0.1223
24	0.000± 0.009	0.05± 0.00	1.157± 2.641

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-9 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอล ที่ความเข้มข้น 0.01 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.01 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.01 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.012 ± 0.0368
6	0.009 ± 0.0002	0.01 ± 0.00	0.034 ± 0.1042
9	0.006 ± 0.0008	0.01 ± 0.00	0.0393 ± 0.0492
12	0.001 ± 0.0005	0.01 ± 0.00	0.673± 0.0618
15	0.000 ± 0.0000	0.01 ± 0.00	0.767± 0.0665

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-10 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 107	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.010 ± 0.0434
6	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.021 ± 0.0170
9	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.032 ± 0.0125
12	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.049 ± 0.0873
15	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.089 ± 0.0572
18	0.1 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.250 ± 0.0899
21	0.096 ± 0.0042	0.1 ± 0.00	0.340 ± 0.0613
24	0.040 ± 0.0374	0.1 ± 0.00	0.470 ± 0.0776
27	0.003 ± 0.0047	0.1 ± 0.00	0.587 ± 0.0776
30	0.000 ± 0.0000	0.1 ± 0.00	0.611 ± 0.0552

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-11 ความสามารถของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ในการย่อยพาราไนโตรฟีนอลที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH ผสมเบรน ฮาร์ท อินฟิวชั่น และการเจริญของเชื้อโดยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์) ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS 217	ค่าการดูดกลืนแสงของอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
0	0.099 ± 0.0008	0.1 ± 0.00	0.008 ± 0.0000
3	0.099 ± 0.0005	0.1 ± 0.00	0.0193 ± 0.0205
6	0.099 ± 0.0009	0.1± 0.00	0.0280± 0.0497
9	0.099 ± 0.0000	0.1± 0.00	0.04± 0.0589
12	0.098 ± 0.0008	0.1± 0.00	0.0550± 0.0779
15	0.092 ± 0.0021	0.1± 0.00	0.0747± 0.0850
18	0.087 ± 0.0047	0.1± 0.00	0.827± 0.0873
21	0.080 ± 0.0082	0.1± 0.00	0.890± 0.1208
24	0.054 ± 0.0118	0.1± 0.00	1.010± 0.1575
27	0.020 ± 0.0108	0.1± 0.00	1.143± 0.17
30	0.000 ± 0.0000	0.1± 0.00	0.250± 0.2434

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 และสายพันธุ์ AS217

ตารางที่ จ-12 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 โดยการตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยแปรผันค่าความเป็นกรดด่างเป็น 3, 5, 7, และ 9

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
	ค่าความเป็นกรดด่าง 3	ค่าความเป็นกรดด่าง 5	ค่าความเป็นกรดด่าง 7	ค่าความเป็นกรดด่าง 9
0	0	0.008 ±0.000	0.008± 0.000	0
6	0	0.008±0.003	0.045±0.027	0
12	0	0.008 ±001	0.14± 073	0
18	0	0.009±0.001	0.42±0.074	0
24	0	0.029± 0.017	0.51± 0.082	0
30	0	0.31±0.098	0.76±0.272	0
36	0	0.51± 0.147	1.029± 0.295	0
42	0	0.73±0.21	1.255±0.293	0
48	0	1.07±0.074	1.4±0.228	0

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-13 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 โดยการตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่ค่าความเป็นกรดด่างเป็น 7 โดยแปรผันอุณหภูมิเป็น 20, 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
	อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
0	0.008 ±0.000	0.008 ±0.000	0.008± 0.000	0
6	0.045±0.027	0.045±0.027	0.0443±0.032	0
12	0.14± 073	0.14 ±073	0.053± 0.035	0
18	0.42±0.074	0.42±0.074	0.075±0.021	0
24	0.51 ±0.082	0.51± 0.082	0.11 ±0.018	0
30	0.76±0.272	0.76±0.272	0.32±0.02	0
36	1.029± 0.295	1.029± 0.295	0.64 ±0.037	0
42	1.255±0.293	1.255±0.293	0.87±0.036	0
48	1.4±0.228	1.4±0.228	1.07±0.15	0

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-14 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 โดยการตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยแปรผันค่าความเป็นกรดด่างเป็น 3, 5, 7, และ 9

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
	ค่าความเป็นกรดด่าง 3	ค่าความเป็นกรดด่าง 5	ค่าความเป็นกรดด่าง 7	ค่าความเป็นกรดด่าง 9
0	0	0.008 ±0.000	0.008± 0.000	0
6	0	0.015±0.004	0.018±0.005	0
12	0	0.092 ± 0.008	0.8443 ±0.08	0
18	0	0.32±0.081	0.9773±0.116	0
24	0	0.524± 0.065	1.000 ±0.043	0
30	0	0.74±0.111	1.085±0.034	0
36	0	0.89± 0.098	1.106 ±0.041	0
42	0	1.01±0.150	1.205±0.136	0
48	0	1.104±0.146	1.2817±0.173	0

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-15 การเจริญเติบโตของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 โดยการตรวจวัดการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร ของอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB ที่ค่าความเป็นกรดด่างเป็น 7 โดยแปรผันอุณหภูมิเป็น 20, 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร			
	อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
0	0	0.008± 0.000	0.008 ±000	0
6	0	0.18±0.005	0.0185±0.035	0
12	0	0.8443 ±0.08	0.909 ±0.181	0
18	0	0.9773±0.116	0.827±0.162	0
24	0	1.000± 0.043	0.854± 0.018	0
30	0	1.085±0.034	0.808±0.159	0
36	0	1.106 ±0.041	0.842 ±0.116	0
42	0	1.205±0.136	0.8727±0.040	0
48	0	1.2817±0.173	0.899±0.008	0

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอลในภาวะการบ่มเพาะ (incubation) ที่มีการผสมพาราไนโตรฟีนอลลงในอาหารเลี้ยงเชื้อกับภาวะที่ไม่มีการผสมพาราไนโตรฟีนอลลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 และสายพันธุ์ AS217

ตารางที่ จ-16 ความสามารถในการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอลในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH โดยเซลล์แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่เตรียมเซลล์ในภาวะการบ่มเชื้อที่ต่างกัน

เวลา(วัน)	ปริมาณพาราไนโตรฟีนอล(มิลลิโมลาร์)ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว	
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ไม่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล
0	0.098 ± 0.001	0.100 ± 0.001
1	0.101 ± 0.004	0.100 ± 0.001
2	0.101 ± 0.004	0.100 ± 0.001
3	0.102 ± 0.007	0.100 ± 0.001
4	0.102 ± 0.007	0.100 ± 0.001
5	0.109 ± 0.007	0.099 ± 0.001
6	0.099 ± 0.002	0.099 ± 0.001
7	0.098 ± 0.001	0.099 ± 0.001
8	0.094 ± 0.001	0.099 ± 0.002
9	0.095 ± 0.004	0.099 ± 0.002
10	0.094 ± 0.004	0.099 ± 0.002
11	0.089 ± 0.004	0.098 ± 0.002
12	0.069 ± 0.007	0.096 ± 0.005
13	0.043 ± 0.030	0.093 ± 0.005
14	0.026 ± 0.027	0.093 ± 0.005
15	0.013 ± 0.027	0.092 ± 0.006
16	0.023 ± 0.023	0.091 ± 0.006
17	0.016 ± 0.009	0.092 ± 0.004
18	0.000 ± 0.000	0.069 ± 0.019

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-16(ต่อ)

เวลา(วัน)	ปริมาณพาราไนโตรฟีนอล(มิลลิโมลาร์)ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว	
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ไม่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล
19	0.000 ± 0.000	0.045 ± 0.033
20	0.000 ± 0.000	0.026 ± 0.030
21	0.000 ± 0.000	0.011 ± 0.011
22	0.000 ± 0.000	0.005 ± 0.005
23	0.000 ± 0.000	0.002 ± 0.003
24	0.000 ± 0.000	0.003 ± 0.002
25	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-17 ความสามารถในการย่อยสลายพาราไนโตรฟีนอลในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MBH โดยเซลล์แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่เตรียมเซลล์ในภาวะการบ่มเชื้อที่ต่างกัน

เวลา(วัน)	ปริมาณพาราไนโตรฟีนอล(มิลลิโมลาร์)ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว	
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ไม่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล
0	0.100 ± 0.008	0.099 ± 0.002
1	0.101 ± 0.001	0.099 ± 0.002
2	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
3	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
4	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
5	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
6	0.103 ± 0.003	0.099 ± 0.002

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-17 (ต่อ)

เวลา(วัน)	ปริมาณพาราไนโตรฟีนอล(มิลลิโมลาร์)ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว	
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ไม่ผ่านการบ่มเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อผสมพาราไนโตรฟีนอล
7	0.101 ± 0.001	0.101 ± 0.001
8	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
9	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
10	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
11	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
12	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
13	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
14	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
15	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
16	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
17	0.100 ± 0.000	0.100 ± 0.000
18	0.107 ± 0.006	0.103 ± 0.006
19	0.070 ± 0.030	0.100 ± 0.000
20	0.017 ± 0.020	0.070 ± 0.052
21	0.010 ± 0.017	0.050 ± 0.055
22	0.010 ± 0.006	0.030 ± 0.000
23	0.000 ± 0.000	0.020 ± 0.0005
24	0.000 ± 0.000	0.01 ± 0.007
25	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การนำแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 และสายพันธุ์ AS217 มาทดลองใช้ในน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อม

ตารางที่ จ-18 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่างของน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมตลอดระยะเวลา 14 วันของการทดลองในชุดทดลองที่เติมเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107, สายพันธุ์ AS217, เชื้อผสมของสายพันธุ์ AS107 และ AS217 และชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียลงไป

ค่าความเป็นกรดด่าง				
เวลา (วัน)	แบคทีเรียสายพันธุ์ AS107	แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217	แบคทีเรียผสมสองสายพันธุ์	ชุดควบคุมที่ไม่ได้เติมแบคทีเรียลงไป
1	8.93 ± 0.06	9.08 ± 0.03	9.02 ± 0.13	9.01± 0.03
2	8.80 ± 0.25	8.97 ± 0.03	9.00 ± 0.07	8.96 ± 0.05
3	8.79 ± 0.24	8.35 ± 0.55	8.68 ± 0.39	8.67 ± 0.27
4	8.21 ± 0.27	7.84 ± 0.58	7.84 ± 0.58	8.35 ± 0.15
5	7.27 ± 0.08	7.22 ± 0.01	7.29 ± 0.05	7.28 ± 0.09
6	7.40 ± 0.13	7.26 ± 0.02	7.39 ± 0.07	7.29 ± 0.03
7	7.37± 0.14	7.23± 0.02	7.37 ± 0.03	7.29 ± 0.08
8	7.38± 0.14	7.33 ± 0.02	7.39 ± 0.08	7.38 ± 0.10
9	7.40 ± 0.11	7.27 ± 0.01	7.40 ± 0.10	7.39 ± 0.04
10	7.4 ± 0.09	7.33 ± 0.03	7.42 ± 0.02	7.38 ± 0.03
11	7.45± 0.04	7.37 ± 0.12	7.44 ± 0.03	7.41 ± 0.02
12	7.46 ± 0.05	7.35 ± 0.13	7.50 ± 0.00	7.48 ± 0.02
13	7.49 ± 0.04	7.32 ± 0.00	7.48 ± 0.04	7.42 ± 0.03
14	7.42 ± 0.08	7.29 ± 0.03	7.44 ± 0.07	7.35 ± 0.06

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-19 การเปลี่ยนแปลงค่าซีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมตลอด ระยะเวลา 14 วัน ของการทดลองในชุดทดลองที่เติมเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107, สายพันธุ์ AS217, เชื้อผสมของสายพันธุ์ AS107 และ AS217 และชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียลงไป

เวลา (วัน)	ค่าซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)			
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์AS107	ใส่แบคทีเรีย สายพันธุ์ AS217	ใส่แบคทีเรียผสมสองสายพันธุ์	ชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียลงไป
1	326 ± 5.29	376 ±21.36	295± 13.23	287 ±9.45
2	240 ± 23.52	301± 8.50	227± 11.27	223 ±.3.06
3	208 ± 16.86	272 ±34.70	182 ±23.07	197± 8.08
4	204 ± 16.52	241± 36.61	167± 21.55	180± 4.04
5	198 ± 12.42	189 ±12.06	154± 21.79	158± 4.36
6	199 ± 12.06	174± 16.26	150 ±34	126± 12.86
7	207 ±10.26	159 ± 9.54	148 ±38.57	101± 3.06
8	169 ± 14.19	139 ±19.01	103± 6.43	88 ±2.89
9	141 ± 12.01	114± 7.94	87± 8.74	79 ±4.04
10	122 ± 16.04	96± 13.01	77 ±5.20	73± 6.08
11	64± 18.45	65± 8.33	67 ±3.06	71± 12.86
12	57 ± 28.48	80±18.33	39 ±12.70	71± 11.02
13	46 ± 13.86	69± 15.59	40± 8.62	68± 2.89
14	27 ± 3.06	53± 24.03	37±4.62	68 ±7.23

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ จ-20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณพาราไนโตรฟีนอลของน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมตลอดระยะเวลา 14 วันของการทดลองในชุดทดลองที่เติมเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107, สายพันธุ์ AS217, เชื้อผสมของสายพันธุ์ AS107 และ AS217 และชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียลงไป

เวลา (วัน)	พาราไนโตรฟีนอล (มิลลิโมลาร์)			
	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์AS107	ใส่แบคทีเรียสายพันธุ์ AS217	ใส่แบคทีเรียผสมสองสายพันธุ์	ชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่แบคทีเรียลงไป
1	0.011 ± 0.002	0.010 ± 0.001	0.011 ± 0.001	0.010 ± 0.001
2	0.011± 0.001	0.010± 0.001	0.011± 0.001	0.011± 0.001
3	0.011± 0.001	0.010± 0.001	0.011± 0.001	0.011± 0.001
4	0.011± 0.001	0.010± 0.001	0.011± 0.001	0.011± 0.001
5	0.011± 0.001	0.010 ±0.001	0.010 ±0.001	0.010± 0.001
6	0.01± 0.001	0.01± 0.001	0.01 ±0.001	0.010±0.001
7	0.009± 0.002	0.010± 0.001	0.0010 ±0.001	0.010± 0.000
8	0.008±0.001	0.010±0.001	0.009±0.001	0.010±0.000
9	0.007 ± 0.002	0.010 ± 0.001	0.009 ± 0.001	0.009± 0.000
10	0.006± 0.001	0.008 ±0.001	0.006 ±0.002	0.009 ±0.000
11	0.004±0.001	0.008±0.002	0.003±0.003	0.009±0.000
12	0.002±0.002	0.005±0.001	0.001±0.002	0.009±0.000
13	0.001±0.002	0.000±0.000	0.000±0.000	0.007±0.001
14	0± 0.000			0.005± 0.004

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ภาคผนวก ฉ
การวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้ในการทดลอง

CONC 0.01 = conc 1

----- ONEWAY -----

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.0001	.0000	1.8215	.1493
Within Groups	86	.0011	.0000		
Total	89	.0011			

----- ONEWAY -----

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .0025 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.54	3.71

- No two groups are significantly different at the .050 level

----- ONEWAY -----

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.9781	.3260	8.2949	.0001
Within Groups	86	3.3802	.0393		
Total	89	4.3582			

----- ONEWAY -----

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .1402 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.54	3.71

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	STRAIN	Grp 3	Grp 1	Grp 2	Grp 4
.1271	Grp 3				
.1841	Grp 1				
.3463	Grp 2	*	*		
.3801	Grp 4	*	*		

CONC 0.025 = conc 2

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	.0001	.0000	.2823	.7548
Within Groups	84	.0092	.0001		
Total	86	.0093			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .0074 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3
RANGE	3.10	3.37

- No two groups are significantly different at the .050 level

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	.7397	.3698	4.9961	.0089
Within Groups	84	6.2181	.0740		

Total	86	6.9577

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .1924 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3
RANGE	3.10	3.37

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	G r p 3	G r p 2	G r p 4
Mean STRAIN			
.2945 Grp 3			
.3390 Grp 2			
.5099 Grp 4	* *		

CONC 0.05 = conc 3

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	2.1616	2.1616	27.7211	.0000
Within Groups	61	4.7566	.0780		
Total	62	6.9183			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	.3864	.3864	18.4290	.0001
Within Groups	61	1.2791	.0210		
Total	62	1.6656			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

t-tests for independent samples of STRAIN

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
DIGEST				
AS107	30	.0359	.021	.004
AS217	33	.4068	.385	.067

Mean Difference = -.3709

Levene's Test for Equality of Variances: F= 62.923 P= .000

Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	95% CI for Diff
Equal	-5.27	61	.000	.070	(-.512, -.230)
Unequal	-5.52	32.21	.000	.067	(-.508, -.234)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean

GROWTH

AS107	30	.2320	.207	.038
AS217	33	.0752	.035	.006

Mean Difference = .1568

Levene's Test for Equality of Variances: F= 85.764 P= .000

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	4.29	61	.000	.037	(.084, .230)
Unequal	4.10	30.47	.000	.038	(.079, .235)

CONC 0.1 = conc 4

----- ONEWAY -----

Variable DIGEST

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	.0012	.0012	.9894	.3238
Within Groups	61	.0736	.0012		
Total	62	.0748			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

----- ONEWAY -----

Variable GROWTH

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	3.5873	3.5873	32.7122	.0000
Within Groups	61	6.6894	.1097		

Total 62 10.2766

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

t-tests for independent samples of STRAIN

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
DIGEST				
AS107	30	.0839	.035	.006
AS217	33	.0752	.035	.006

Mean Difference = .0087

Levene's Test for Equality of Variances: F= .219 P= .641

	t-test for Equality of Means				95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	.99	61	.324	.009	(-.009, .026)
Unequal	.99	60.29	.324	.009	(-.009, .026)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
GROWTH				
AS107	30	.1857	.207	.038
AS217	33	.6635	.412	.072

Mean Difference = -.4778

Levene's Test for Equality of Variances: F= 14.485 P= .000

	t-test for Equality of Means				95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-5.72	61	.000	.084	(-.645, -.311)
Unequal	-5.89	48.17	.000	.081	(-.641, -.315)

AS 107

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.0985	.0328	67.0702	.0000
Within Groups	104	.0509	.0005		
Total	107	.1494			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable CONC

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .0156 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.53	3.69

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	Grp 1	Grp 2	Grp 3	Grp 4
.0055	Grp 1				
.0161	Grp 2				
.0359	Grp 3	* *			
.0839	Grp 4	* * *			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.5071	.1690	3.4749	.0187
Within Groups	104	5.0586	.0486		
Total	107	5.5657			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable CONC

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .1559 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.53	3.69

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	G r p 4	G r p 3	G r p 2	G r p 1
Mean CONC				
.1857 Grp 4				
.2320 Grp 3				
.3390 Grp 2	*			
.3463 Grp 1				

AS 201

----- ONEWAY -----

Variable DIGEST

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	.0015	.0015	22.1771	.0000
Within Groups	55	.0037	.0001		
Total	56	.0052			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

----- ONEWAY -----

Variable GROWTH

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	.3897	.3897	8.0473	.0064
Within Groups	55	2.6632	.0484		
Total	56	3.0528			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

t-tests for independent samples of CONC

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
DIGEST				
CONC 1	24	.0074	.003	.001
CONC 2	33	.0177	.010	.002

Mean Difference = -.0103

Levene's Test for Equality of Variances: F= 40.220 P= .000

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-4.71	55	.000	.002	(-.015, -.006)
Unequal	-5.38	39.76	.000	.002	(-.014, -.006)

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
GROWTH				
0.01 mM	24	.1271	.167	.034
0.025 mM	33	.2945	.251	.044

Mean Difference = -.1675

Levene's Test for Equality of Variances: F= 8.053 P= .006

t-test for Equality of Means					95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-2.84	55	.006	.059	(-.286, -.049)
Unequal	-3.02	54.63	.004	.055	(-.279, -.056)

AS 217

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable DIGEST

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	3.2041	1.0680	23.8796	.0000
Within Groups	107	4.7857	.0447		
Total	110	7.9898			

Variable DIGEST

By Variable CONC

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .1495 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.53	3.69

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	Grp 1	Grp 2	Grp 4	Grp 3
.0059	Grp 1				
.0181	Grp 2				
.0752	Grp 4				
.4068	Grp 3	*	*	*	

----- ONEWAY -----

Variable GROWTH

By Variable CONC

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	6.1021	2.0340	22.8272	.0000
Within Groups	107	9.5343	.0891		
Total	110	15.6364			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable GROWTH

By Variable CONC

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .2111 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step	2	3	4
RANGE	3.26	3.53	3.69

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	CONC	Grp 3	Grp 1	Grp 2	Grp 4
.0752	Grp 3				
.3801	Grp 1	*			
.5099	Grp 2	*			
.6635	Grp 4	*	*		

pH 5 vary strain 2 and 4

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable TURBID

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	.0771	.0771	.3562	.5524
Within Groups	79	17.1101	.2166		
Total	80	17.1873			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

pH 7 vary strain 2 and 4

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable TURBID

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	1	1.5231	1.5231	11.2689	.0015
Within Groups	52	7.0282	.1352		
Total	53	8.5513			

No range tests performed with fewer than three non-empty groups.

t-tests for independent samples of STRAIN

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
TURBID				
AS107	27	.3535	.392	.075
AS217	27	.6894	.342	.066

Mean Difference = -.3359

Levene's Test for Equality of Variances: F= 1.505 P= .225

	t-test for Equality of Means				95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-3.36	52	.001	.100	(-.537, -.135)
Unequal	-3.36	51.07	.001	.100	(-.537, -.135)

t-tests for independent samples of STRAIN

Variable	Number of Cases	Mean	SD	SE of Mean
TURBID				
AS107	54	.4575	.484	.066
AS217	27	.5230	.424	.082

Mean Difference = -.0655

Levene's Test for Equality of Variances: F= .341 P= .561

	t-test for Equality of Means				95%
Variances	t-value	df	2-Tail Sig	SE of Diff	CI for Diff
Equal	-.60	79	.552	.110	(-.284, .153)
Unequal	-.62	58.71	.535	.105	(-.275, .145)

A S217 vary Temp (Temp 1= 30, temp 2= 20 , temp 3 =40)

----- ONEWAY -----

Variable TURBID

By Variable TEMP

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	2	5.2983	2.6492	12.1647	.0000
Within Groups	105	22.8664	.2178		
Total	107	28.1647			

----- ONEWAY -----

Variable TURBID

By Variable TEMP

Multiple Range Tests: Tukey-B test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .3300 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:

Step 2 3

RANGE 3.09 3.36

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	Grp 3	Grp 1	Grp 2
Mean TEMP			
.3535 Grp 3			
.4575 Grp 1			
.9249 Grp 2	*	*	

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable COD

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	51995.1667	17331.7222	2.5366	.0586
Within Groups	164	1120559.952	6832.6826		
Total	167	1172555.119			

Variable COD

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 58.4495 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:3.67

- No two groups are significantly diferent at the .050 level

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable 4-Nitrophenol

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.0001	.0001	3.3839	.0196
Within Groups	164	.0021	.0000		
Total	167	.0022			

----- ONEWAY -----

Variable 4-Nitrophenol

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .0025 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:3.67

- No two groups are significantly diferent at the .050 level

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

Mean	STRAIN	Grp 3	Grp 1	Grp 2	Grp 4
.0073	Grp 3				
.0073	Grp 1				
.0077	Grp 2				
.0094	Grp 4	*	*		

----- ONEWAY -----

Variable pH

By Variable STRAIN

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	3	.3635	.1212	.2932	.8303

Within Groups	164	67.7737	.4133
Total	167	68.1372	

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable pH

By Variable STRAIN

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .4546 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:3.67

- No two groups are significantly diferent at the .050 level

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable COD

By Variable TIME

Analysis of Variance

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	13	1031961.786	79381.6758	86.9513	.0000
Within Groups	154	140593.3333	912.9437		
Total	167	1172555.119			

- - - - O N E W A Y - - - - -

Variable COD

By Variable TIME

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= 21.3652 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:4.82

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

G G G G G G G G G G G G G G

r r r r r r r r r r r r r r

		p 14	p 13	p 12	p 11	p 10	p 9	p 8	p 7	p 6	p 5	p 4	p 3	p 2	p 1
Mean	STRAIN														
46.2500	Grp 14														
55.7500	Grp 13														
61.9167	Grp 12														
66.7500	Grp 11														
92.0000	Grp 10	*													
105.3333	Grp 9	*	*	*											
124.6667	Grp 8	*	*	*	*										
153.7500	Grp 7	*	*	*	*	*	*								
162.3333	Grp 6	*	*	*	*	*	*								
174.5833	Grp 5	*	*	*	*	*	*	*							
198.0000	Grp 4	*	*	*	*	*	*	*	*						
214.7500	Grp 3	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
247.7500	Grp 2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
321.0000	Grp 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

Homogenous Subsets (hightest and lowest means are not significantly different)

- - - - O N E W A Y - - - - -

Variable 4-Nitrophenol

By Variable TIME

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	13	.0017	.0001	36.0631	.0000
Within Groups	154	.0005	.0000		
Total	167	.0022			

- - - - - O N E W A Y - - - - -

Variable 4-Nitrophenol

By Variable TIME

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .0013 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:4.82

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	G r p 1 4	G r p 1 3	G r p 1 2	G r p 1 1	G r p 1 0	G r p 9	G r p 8	G r p 7	G r p 6	G r p 5	G r p 1	G r p 3	G r p 2	G r p 4
Mean TIME														
.0013 Grp 14														
.0021 Grp 13														
.0041 Grp 12	*													
.0059 Grp 11	*	*												
.0074 Grp 10	*	*												
.0087 Grp 9	*	*	*	*										
.0093 Grp 8	*	*	*	*										
.0097 Grp 7	*	*	*	*										
.0102 Grp 6	*	*	*	*	*									
.0104 Grp 5	*	*	*	*	*									
.0104 Grp 1	*	*	*	*	*									
.0104 Grp 3	*	*	*	*	*									
.0105 Grp 2	*	*	*	*	*									
.0105 Grp 4	*	*	*	*	*									

----- ONEWAY -----

Variable pH

By Variable TIME

Source	D.F.	Sum of Squares	Mean Squares	F Ratio	F Prob.
Between Groups	13	63.4718	4.8824	161.1657	.0000
Within Groups	154	4.6654	.0303		

Total 167 68.1372

----- ONEWAY -----

Variable pH

By Variable TIME

Multiple Range Tests: Tukey-HSD test with significance level .050

The difference between two means is significant if

MEAN(J)-MEAN(I) >= .1231 * RANGE * SQRT(1/N(I) + 1/N(J))

with the following value(s) for RANGE:4.82

(*) Indicates significant differences which are shown in the lower triangle

	G r p 5	G r p 7	G r p 6	G r p 9	G r p 8	G r p 14	G r p 10	G r p 11	G r p 13	G r p 12	G r p 4	G r p 3	G r p 2	G r p 1
Mean	TIME													
7.2633	Grp 5													
7.3150	Grp 7													
7.3367	Grp 6													
7.3642	Grp 9													
7.3692	Grp 8													
7.3742	Grp 14													
7.3833	Grp 10													
7.4138	Grp 11													
7.4283	Grp 13													
7.4492	Grp 12													
8.0592	Grp 4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
8.6208	Grp 3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
8.9308	Grp 2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
9.0042	Grp 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Homogenous Subsets (hightest and lowest means are not significantly different)

ภาคผนวก ช
มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

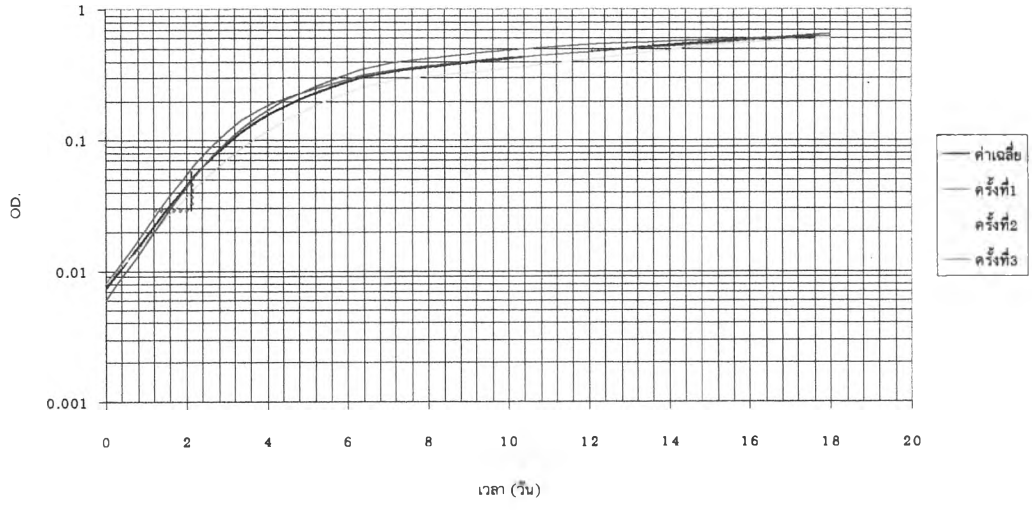
พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	5.5-9.0
2. ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	- ค่าทีดีเอส ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร - น้ำทิ้งซึ่งระบายออกจากโรงงานสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือลงสู่ทะดล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. สารแขวนลอย (Suspended Solids: SS)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 150 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. อุณหภูมิ (Temperture)	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
5. สีหรือกลิ่น (Color or Odor)	เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะแล้วไม่เป็นที่พึงรังเกียจ
6. ซัลไฟด์ (Sulfide: H_2S)	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร
7. ไซยาไนด์ (Cyanide)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
8. โลหะหนัก	
8.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.2 โครเมียม ชนิดเฮ็กซาวาเลนท์	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.3 โครเมียม ชนิดไตรวาเลนท์	ไม่เกิน 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.4 อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.5 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน
8.6 ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.7 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.8 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.9 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.10 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.11 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
8.12 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
9. น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร
10. ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
11. สารประกอบฟีนอล (Phenols)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
12. คลอรีนอิสระ (Free Chlorine)	ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร
13. สารประกอบที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ต้องตรวจไม่พบตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด
14. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร
15. ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร
16. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้งหรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร

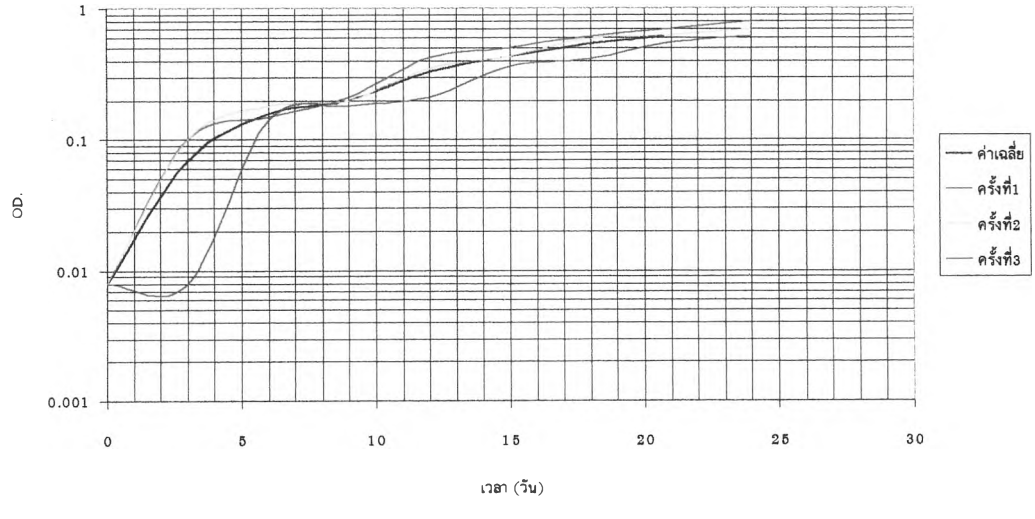
ภาคผนวก ซ

การเจริญของเชื้อแบคทีเรียสายพันธุ์ที่คัดเลือก ในภาวะการปนเปื้อนพาราไนโตรฟีนอลที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

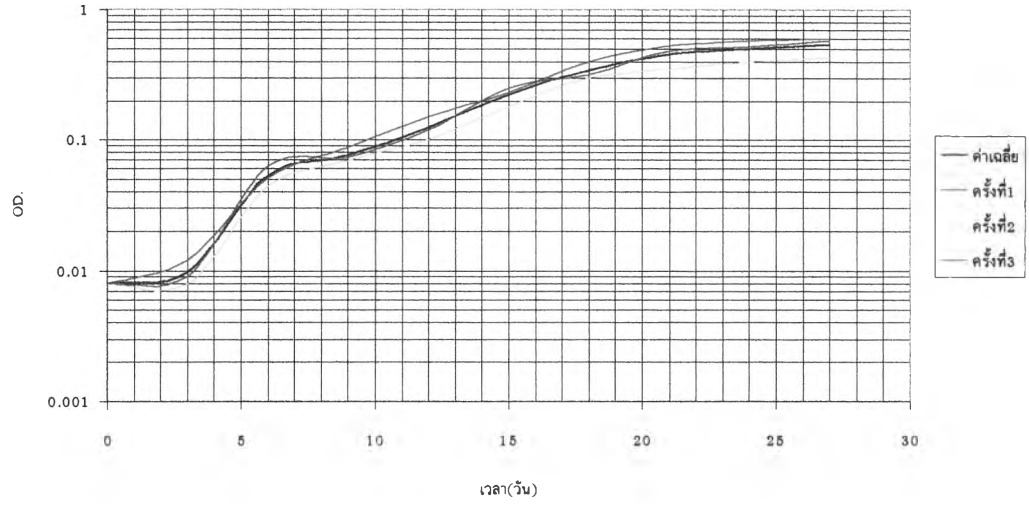
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.01 มิลลิโมลาร์



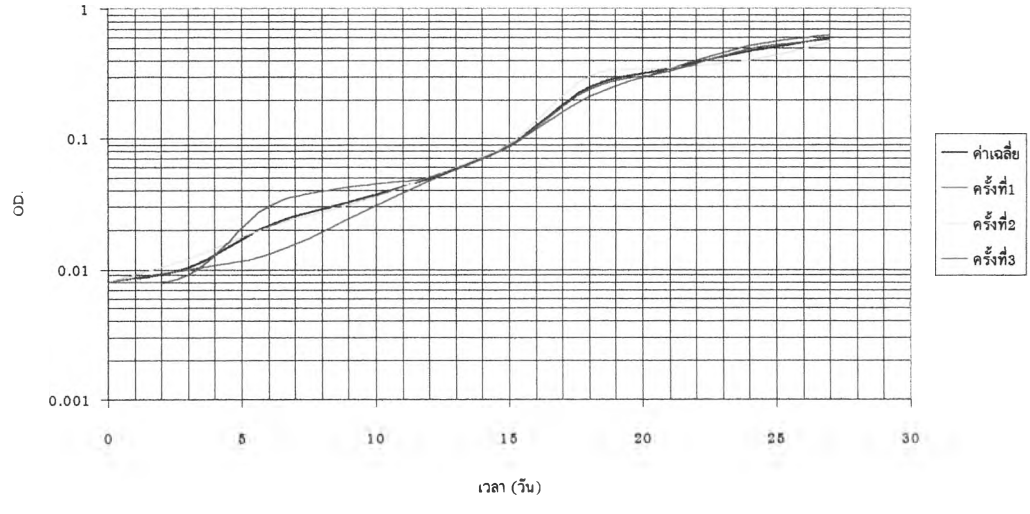
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.025 มิลลิโมลาร์



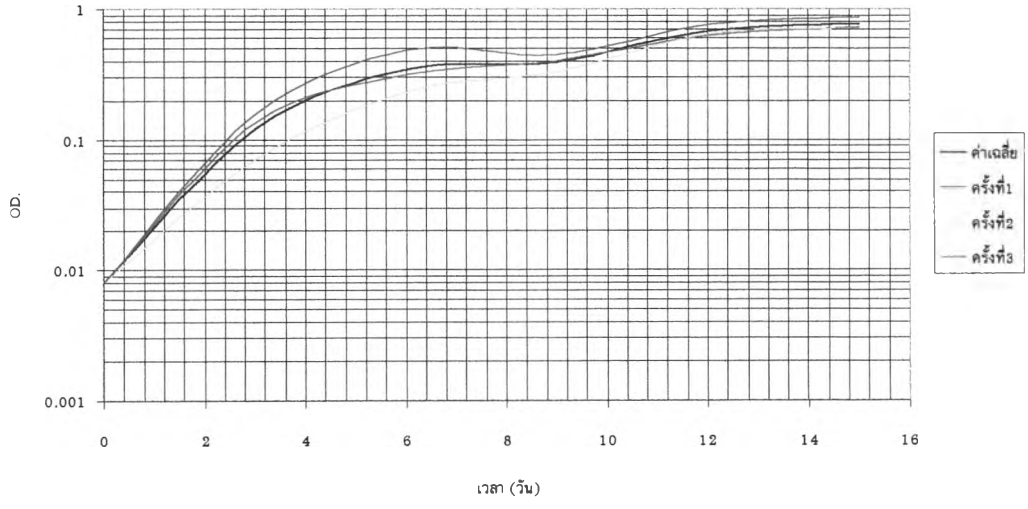
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.05 มิลลิโมลาร์



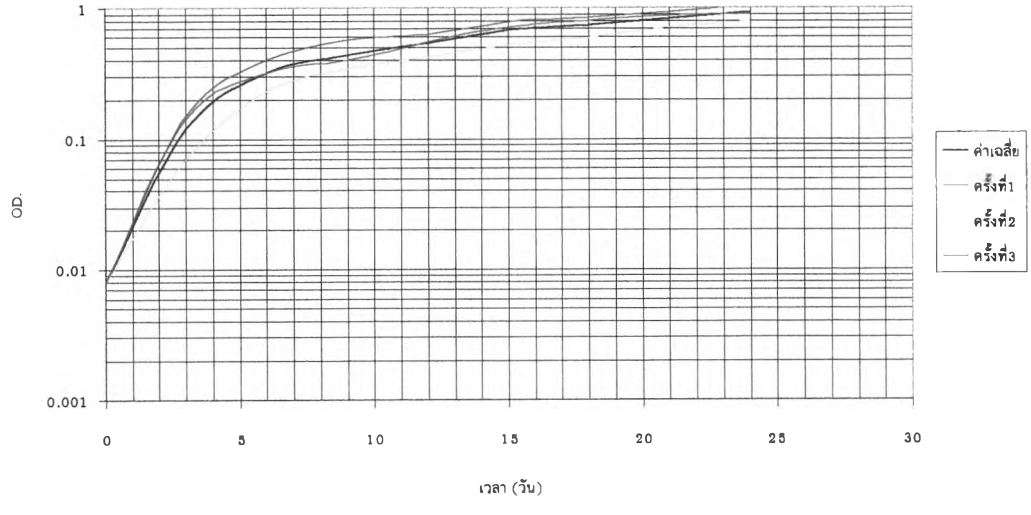
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS107 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.1 มิลลิโมลาร์



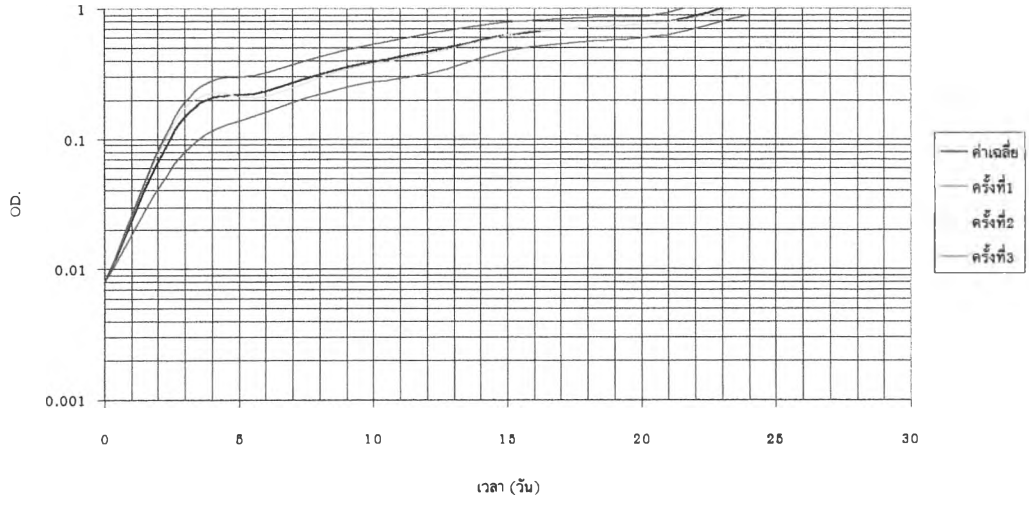
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.01 มิลลิโมลาร์



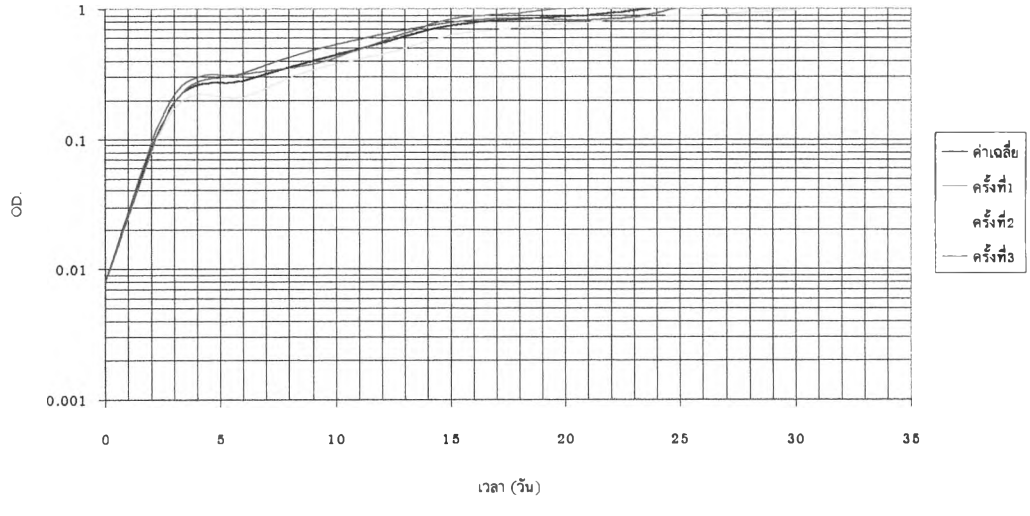
การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.025 มิลลิโมลาร์



การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.05 มิลลิโมลาร์



การเจริญของแบคทีเรียสายพันธุ์ AS217 ที่ความเข้มข้นพาราไนโตรฟีนอล 0.1 มิลลิโมลาร์



ประวัติผู้เขียน

นางสาว อัจฉราวดี สัตยพาณิชย์ เกิดเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2514 ที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปีการศึกษา 2536 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538 ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักวิชาการสิ่งแวดล้อม 4 กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม