รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

รัตนศิริ มุทิตากุล. 2538. การผลิตพอลิบีต้าไฮดรอกซิบิวทิเรตโดยแบคทีเรียสายพันธุ์ BA-019 ที่แยกได้. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุดา สุภาชวินสวัสดิ์ . 2542. ผลของซับสเตรทต่อสัดส่วนของ 3-ไฮดรอกซีวาเลอเรต ในพอลี(3-ไฮดรอกซีบิวทิเรต-โค-3-ไฮดรอกซีวาเลอเรต)ซึ่งผลิตจาก *Bacillus* sp.BA-019. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, A.J., and Dawes, E.A. 1990. Occurrence,metabolism,metabolic role,and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates. Microbiol.Rev. 54:450-472.

Asenjo, J.A., and Merchuk, J.C.(ed). 1995. Bioreactor system design.Marcel Dekkar.Inc.

Beaulieu, M., Beaulieu, Y., Melinard, J., Pandian, S., and Goulet, J. 1995. Influence of ammonium salts and cane molasses on growth of *Alcaligenes eutrophus* and production of polyhydroxybutyrate. Appl.Environ.Microbiol. 61:165-169.

Bernfeld, F. 1955. Amylase α and β.In Colowich, P.S. and Kapland, O.N.(eds.), Method in Enzymology(p.149), London:Academic Press.

Bitar, A., and Underhill, S. 1990. Effect of ammonium supplement on production of poly-β- hydroxybutyric acid by *Alcaligenes eutrophus* in batch culture. Biotechnol.Lett.12:563-568.

Bormann, E.J., LeiBner, M., and Beer, B. 1998(a). Growth-associated production cf poly (hydroxybutyric acid) by *Azotobacter beijerinckii* from organic nitrogen substrates.Appl.Microbiol.Biotechnol.49:84-88.

Bormann, E.J., LeiBner, M., Roth, M., Beer, B., and Metzner, K. 1998(b). Production of polyhydroxybutyrate by *Ralstonia eutropha* from protein hydrolysates. Appl.Microbiol.Biotechnol.50:604-607.

Bourque, D., Pomerleau, Y., and Groleau, D. 1995. High-cell-density production of poly β-hydroxybutyrate(PHB) from methanol by *Methylobacterium extorquens* : production of high-molecular-mass PHB. Appl.Microbiol.Biotechnol. 44:367-376.

Boze, H., Moulin, G., and Galzy, P. 1992. Production of food and fodder yeasts. Critical Rev. in Biotechnology.12(1/2):65-86.

Brandl, H., Gross, R.A., Lenz, R.W. and Fuller, R.C. 1990. Plastic from bacterial : Poly(β-hydroxyalkanoates) as natural biocompatible and biodegradable polymers. Adv.Biochem.Eng.41:78-79.

Braunegg, G., Lefebvre, G., and Genser ,K.F. 1998. Polyhydroxyalkanoates ,biopolyesters from renewable resources : physiology and engineering aspects. J.Biotechnol.65:127-161.

Byrom, D. 1987. Polymer synthesis by microorganisms : technology and economics. Tibtech.5:246-250.

Chen, G.Q., Konig, K.H., and Lafferty, R.M. 1991. Occurence of poly-D(-)-3-hydroxyalkanoates in the genus *Bacillus*. FEMS Microbiol.Lett.84:173-176.

Choi, J., and Lee, S.Y. 1997. Process analysis and economic evaluation for poly(3-hydroxybutyrate) production by fermentation. Bioprocess Engineering. 17:335-342.

Choi, J., and Lee, S.Y. 1999. Factors affecting the economics of polyhydroxyalkanoate production by fermentation. Appl.Microbiol.Biotechnol.51:13-21.

Comeau, Y., Hall, K.J., and Oldham, W.K. 1988. Determination of poly-β-hydroxybutyrate and poly-β-hydroxyvalerate in activated sludge by gas-liquid chromatography. Appl.Environ.Microbiol.54:2325-2327.

Dawes, E.A., and Senior, P.J. 1973. The role and regulation of energy reserve polymers in microorganisms. Adv.Microbiol.Physiol.10:203-206.

Doi, Y.(ed). 1990. Microbial polyesters. VCH.New York.

Evan, D.J., and Sikdar, K.S. 1990. Biodegradable plastic. Chemtech.5:38-42.

Findley, R.H., and White, D.C. 1983. Polymeric beta-hydroxyalkanoates from environmental samples and *Bacillus megaterium*. Appl.Environ.Microbiol. 45:71-78.

Grothe, E., Moo-Young, M., and Chisti, Y. 1999. Fermentation optimization for the production of poly(β-hydroxybutyric acid) microbial thermoplastic. Enz. and Micro.Technol.25:132-141.

Hazenberg, W., and Witholt, B. 1997. Efficient production of medium-chain-length poly (3-hydroxyalkanoates) from octane by *Pseudomonas oleovorans* : economic considerations. Appl.Microbiol.Biotechnol.48:588-596.

Jackson, F.A., and Dawes, E.A. 1976. Regulation of the tricarboxylic acid cycle and poly-β- hydroxybutyrate metabolism in *Azotobacter beijerinckii* grown under nitrogen or oxygen limitation. J.Gen.Microbiol.97:303-312.

Jang, J.H., and Rogers, P.L. 1996. Effect of levulinic acid on cell growth and poly-β-hydroxyalkanoate production by *Alcaligenes* sp.SH-69. Biotechnol.Lett. 18:219-224.

Juni, E., and Heym, G.A. 1956. A cyclic pathway for the bacterial dissimilation of 2,3-butanediol, acetylmethylcarbinol, and diacetyl. General aspects of the 2,3-butanediol cycle. J.Bacteriol.71:425-432.

Kemper, A.J. 1974. Determination of sub-microquantities of ammonium and nitrates in soils with phenol, sodium nitroprusside and hypochlorite. Geoderma.12:201-206.

Kim, B.S., Lee, S.Y., and Chang, H.N.1992. Production of poly-β-hydroxybutyrate by fed-batch culture of recombinant *Escherichia coli*. Biotechnol.Lett.14:811-816.

Kim, B.S., Lee, S.C., Lee, S.Y., Chang, H.N., Chang, Y.K., and Woo, S.I. 1994. Production of poly(3-hydroxybutyric acid) by fed-batch culture of *Alcaligenes eutrophus* with glucose concentration control. Biotechnol.Bioeng.43:892-898.

Kim, S.W., Kim,P., Lee,H.S., and Kim, J.H. 1996. High production of poly-β-hydroxybutyrate(PHB) from *Methylobacterium organophilum* under potassium limitation. Biotechnol.Lett.18:25-30.

Kim, M.K., Lee,I.Y., and Park, Y.H. 1996. Metabolites and amino acids affecting cellular cofactor concentrations and poly-β-hydroxybutyrate biosynthesis in *Alcaligenes eutrophus* . Biotechnol.Lett.18:559-564.

Kim, B.S., and Chang,H.N. 1998. Production of poly(3-hydroxybutyrate) from starch by *Azotobacter chroococcum*. Biotechnol.Lett.20:109-112.

Kominek, L.A., and Halvorson, H.O. 1965. Metabolism of poly-β-hydroxybutyrate and acetoin in *Bacillus cereus* . J.Bacteriol.90:1251-1259.

Leaf,T.A., and Srienc,F. 1998. Metabolic modeling of polyhydroxybutyrate biosynthesis. Biotechnol.Bioeng.57:557-570.

Lee, S.Y. 1996(a). Bacterial polyhydroxyalkanoates. Biotechnol.Bioeng. 49:1-14.

Lee, S.Y. 1996(b). Plastic bacteria? Progress and prospects for polyhydroxyalkanoate production in bacteria. Tibtech. 16:419-426.

Lee, S.Y., and Chang, H.N. 1995. Production of poly(3-hydroxybutyric acid) by recombinant *Escherichia coli* strains : genetic and fermentation studies. Can.J.Microbiol. 41(suppl.1):207-215.

Lee, J.H., Hong, J., and Lim,H.C. 1997. Experimental optimization of fed-batch culture for poly-β-hydroxybutyric acid production. Biotechnol.Bioeng.56:697-705.

Lee, S.Y., Middelberg, A.P.J., and Lee, Y.K. 1997. Poly(3-hydroxybutyrate) production from whey using recombinant *Escherichia coli* . Biotechnol.Lett.19:1033-1035.

Lee, S.Y., Lee, Y., and Wang, F. 1999. Chiral compounds from bacterial polyesters : sugars to plastics to fine chemicals. Biotechnol.Bioeng.65:363-368.

Liu, F., Li, W., Ridgway, D., and Gu,T. 1998. Production of poly-β-hydroxybutyrate on molasses by recombinant *Escherichia coli* . Biotechnol.Lett.20:345-348.

Madison, L.L., and Huisman, G.W. 1999. Metabolic engineering of poly(3-hydroxyalkanoates) : from DNA to plastic. Microbiol.Mole.Biol.Rev.63:21-53.

Martinez-Toledo, M.V., Gonzalez-Lopez, J., Rodelas, B., Pozo, C., and Salmeron, V. 1995. Production of poly-β-hydroxubutyrate by *Azotobacter chroococcum* H23 in chemically defined medium and alpechin medium. J.Appl.Bacteriol. 78:413-418.

Mulchandani, A., Luong,J.H.T., and Groom,C. 1989. Substrate inhibition kinetics for microbial growth and synthesis of poly-β-hydroxybutyric acid by *Alcaligenes eutrophus* ATCC17697.Appl.Microbiol.Biotechnol.30:11-17.

Nakata, H.M. 1963. Effect of pH on intermediates produced during growth and sporulation of *Bacillus cereus* . J.Bacteriol.86:577-580.

Page, W.J. 1992. Production of poly-β-hydroxybutyrate by *Azotobacter vinelandii* UWD in media containing sugars and complex nitrogen sources. Appl.Microbiol.Biotechnol.38:117-121.

Page, W.J., and Cornish, A. 1993. Growth of *Azotobacter vinelandii* UWD in fish peptone medium and simplified extraction of poly-β-hydroxybutyrate. Appl.Environ.Microbiol.59:4236-4244.

Park, J.S., Park, H.C., Huh, T., and Lee,Y.H.1995. Production of poly-β-hydroxybutyrate by *Alcaligenes eutrophus* transformants harbouring cloned *phb*CAB genes. Biotechnol.Lett.17:735-740.

Quagliano, J.C., and Miyazaki, S.S. 1997. Effect of aeration and carbon/nitrogen ratio on the molecular mass of the biodegradable polymer poly-β-hydroxybutyrate obtained from *Azotobacter chroococcum* 6B. Appl.Microbiol.Biotechnol. 48:662-664.

Ramsay, J.A., Hasson, M.C.A., and Ramsay, B.A. 1995. Hemicellulose as a potential substrate for production of poly(-β-hydroxyalkanoates). Can.J.Microbiol.41 (suppl.1):262-266.

Ryu, H.W., Hahn, S.K., Chang, Y.K., and Chang,H.N. 1997. Production of poly(3-hydroxybutyrate) by high cell density fed-batch culture of *Alcaligenes eutrophus* with phosphate limitation. Biotechnol.Bioeng.55:28-32.

Savenkova, L., Gercberga, Z., Kizhlo, Z., and Stegantseva, E. 1999. Effect of phosphate supply and aeration on poly-β-hydroxybutyrate production in *Azotobacter chroococcum* . Process Biochemistry.34:109-114.

Scragg, H.H. 1991. Bioreactors in biotechnology.London:Ellis Horwood pp.26-85.

Shi, H., Shiraishi, M., and Shimizu, K. 1997. Metabolic flux analysis for biosynthesis of poly(β-hydroxybutyric acid) in *Alcaligenes eutrophus* from various carbon sources. J.ferment.Bioeng.84:579-587.

Shimizu, H., Tamura,S., Shioya, S., and Suga, K.I. 1993. Kinetic study of poly-D(-)-3-hydroxybutyric acid (PHB) production and its molecular weight distribution control in a fed-batch culture of *Alcaligenes eutrophus* . J.Ferment.Bioeng.76:465-469.

Snape, J.B., Dunn, I.J., Ingham,J., and Prenosil, J.E. 1995. Dynamics of environmental bioprocesses. VCH.New York.pp.52-56.

Son, H., Park, G., and Lee,S. 1996. Growth-associated production of poly-β-hydroxybutyrate from glucose or alcoholic distillery wastewater by *Actinobacillus* sp.EL-9. Biotechnol.Lett.18:1229-1234.

Steinbuchel, A., and Fuchtenbusch, B. 1998. Bacterial and other biological systems for polyester production. Tibtech.16:419-426.

Stevenson, L.H., and Socolofsky, M.D. 1966. Cyst formation and poly-β-hydroxybutyric acid accumulation in *Azotobacter*. J.Bacteriol.91:304-310.

Suzuki, T., Yamane, T., and Shimizu, S. 1986(a). Mass production of poly-β-hydroxybutyric acid by fully automatic fed-batch culture of methylotroph. Appl.Microbiol.Biotechnol.23:322-329.

Suzuki, T., Yamane, T., and Shimizu, S. 1986(b). Mass production of poly-β-hydroxybutyric acid by fed-batch culture with controlled carbon/nitrogen feeding.Appl.Microbiol.Biotechnol.24:370-374.

Tanaka, K., Katamune, K., and Ishizaki, A. 1995. Fermentative production of poly(β-hydroxybutyric acid) from xylose via L-lactate by a two-stage culture method employing *Lactococcus lactis* IO-1 and *Alcaligenes eutrophus*. Can.J.Microbiol.41(suppl.1):257-261.

Tsuge, T., Tanaka, K., Shimoda, M., and Ishizaki, A. 1999. Optimization of L-lactic feeding for the production of poly-D-3-hydroxybutyric acid by *Alcaligenes eutrophus* in fed-batch culture. J.Biosci.Bioeng.88:404-409.

Wakisaka, Y., Masaki, E., and Nishimoto, Y. 1982. Formation of crystalline δ-endotoxin or poly-β-hydroxybutyric acid granules by asporogenous mutants of *Bacillus thuringiensis*. Appl.Environ.Microbiol.43:1473-1480.

Wallen, L.L., and Rohwedder, W.K. 1974. Polyhydroxyalkanoate from activated sludge. Environ.Sci.Technol.8:576-579.

Wang, F., and Lee, S.Y. 1997(a). Poly(3-hydroxybutyrate) production with high productivity and high polymer content by a fed-batch culture of *Alcaligenes latus* under nitrogen limitation.Appl.Environ.Microbiol.63:3703-3706.

Wang, F., and Lee, S.Y. 1997(b). Production of poly(3-hydroxybutyrate) by fed-batch culture of filamentous-suppressed recombinant *Escherichia coli* . Appl.Environ.Microbiol.63:4765-4769.

Whitaker, A. 1980. Fed-batch culture. In Stanbury, P.F., and Whitaker, A.(eds.). Principles of Fermentation Technology. Oxford : Pergamon Press pp.1-25.

Williamson, D.H., and Wilkinson, J.K. 1958. The isolation and estimation of poly-β-hydroxybutyrate inclusions of *Bacillus* species. J.Gen.Microbiol.19:198-209.

Wong, H.H., and Lee, S.Y. 1998. Poly-(3-hydroxybutyrate) production from whey by high-density cultivation of recombinant *Escherichia coli* . Appl.Microbiol.Biotechnol.50:30-33.

Yamane, T. 1992. Cultivation engineering of microbial bioplastics production. FEMS Microbiol.Rev.103:257-264.

Yamane, T. 1993. Yield of poly-D-(-)-3-hydroxybutyrate from various carbon sources : a theoretical study. Biotechnol.Bioeng.41:165-170.

Yamane, T., Fukunaga, M., and Lee, Y.W. 1996. Increased PHB productivity by high-cell-density fed-batch culture of *Alcaligenes latus* , a growth-associated PHB producer. Biotechnol.Bioeng.50:197-202.

Yeom, S.H., and Yoo, Y.J. 1995. Effect of pH on the molecular weight of poly-3-hydroxybutyric acid produced by *Alcaligenes* sp. Biotechnol.Lett.17:389-394.

Yim, K.S., Lee, S.Y., and Chang, H.N. 1996. Synthesis of poly-(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) by recombinant *Escherichia coli* . Biotechnol.Bioeng. 49:495-503.

Yi., P.H.F., Chua, H., Huang, A.L., Lo, W.H., and Ho, K.P. 1999. Transformation of industrial food wastes into polyhydroxyalkanoates. Wat.Sci.Tech.40:365-370.

Yong-Hyun, L., Kim, T.W., Park,J.S., and Huh, T.L. 1996. Effect of the supplement of metabolites on cell growth and poly-β-hydroxybutyrate biosysthesis of *Alcaligenes latus* . J. Microbiol. Biotechnol. 6 :120-127.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารที่ใช้ในงานวิจัย

1. การเตรียมสารละลายเอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase)

1.1 สารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ เตรียมจากการละลายโซเดียมอะซิเตตปริมาณ 9.10 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร เติมกรดอะซิติก 1.90 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 4.5 ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

1.2 สารละลายเอนไซม์อินเวอร์เทส เตรียมจากการละลายเอนไซม์อินเวอร์เทสปริมาณ 0.15 กรัม ในสารละลายอะซิเตตบัฟเฟอร์ 100 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

2. การเตรียมสารละลายเอนไซม์ยูเรียเอส (urease)

2.1 สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เตรียมจากการละลายโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไดไฮเดรต ปริมาณ 3.28 กรัม และ ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตปริมาณ 0.57 กรัม ในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 6.1 ปรับปริมาตรให้เป็น 250 มิลลิลิตร

2.2 สารละลายเอนไซม์ยูเรียเอส เตรียมจากการละลายเอนไซม์ยูเรียเอสปริมาณ 1.75 กรัม ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

3. การเตรียมสารละลายกรดไนโตรซาลิไซลิก (DNSA reagent)

สารละลายกรดไนโตรซาลิไซลิก เตรียมจากการละลายกรดไนโตรซาลิไซลิกปริมาณ 1.0 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมโปแตสเซียมโซเดียมตาร์เตรต 30 กรัม ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

4. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียม

4.1 สารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ เตรียมจากการละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ปริมาณ 150 กรัมในน้ำกลั่นปลอดประจุปริมาตร 800 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นปลอดประจุ

4.2 สารละลายฟีนอลไนโตรพัสซายด์ เตรียมจากการละลายฟีนอล 7 กรัม และโซเดียมไนโตรพัสซายด์ปริมาณ 34 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นปลอดประจุ 80 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปลอดประจุ เก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

4.3 สารละลายบัฟเฟอร์ไฮโปคลอไรต์ เตรียมจากการละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.48 กรัม ในน้ำกลั่นปลอดประจุปริมาตร 70 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 4.98 กรัม และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (คลอรอกซ์ 5-5.25 เปอร์เซ็นต์) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 11.4-12.2 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปลอดประจุ

4.4 สารละลาย EDTA เตรียมจากการละลาย EDTA ไดโซเดียมซอลท์ปริมาณ 6 กรัม ในน้ำกลั่นปลอดประจุปริมาตร 80 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็น 7 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่นปลอดประจุ

สูตรคำนวณ

1. การคำนวณน้ำหนักเซลล์แห้ง

สูตร น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร) = $\frac{\text{น้ำหนักถ้วยที่มีเซลล์ – น้ำหนักถ้วยเปล่า}}{10} \times 100$

2. การคำนวณปริมาณ PHB จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีก๊าซโครมาโตกราฟฟี

การคำนวณปริมาณ PHB (กรัมต่อลิตรต่อ lyophilized cell 20 มิลลิกรัม) ทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Star chromatogram: version 4.02 ซึ่งจะทำการคำนวณปริมาณ PHB เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ทำการวิเคราะห์ในสภาวะเดียวกัน

การคำนวณปริมาณ PHB (กรัมต่อลิตร)

สูตร ปริมาณ PHB = $\frac{\text{ค่าจากการวิเคราะห์ (กรัมต่อลิตร)} \times \text{น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)}}{20 \times 1.1}$

หมายเหตุ ค่าคงที่ 1.1 คือค่า correlation factor ระหว่างน้ำหนักเซลล์แห้ง โดยการอบต่อน้ำหนักเซลล์แห้งโดยการระเหิดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

(cell dry weight = lyophilized weight × 1.1)

3. การคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง

สูตร ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่ง (กรัมต่อลิตร) = $OD_{540} \times$ ความชัน × ค่าการเจือจาง

4. การหาปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนและยูเรียในน้ำหมัก

สูตร ปริมาณยูเรีย (กรัมต่อลิตร) = $OD_{636} \times$ ความชัน × ค่าการเจือจาง × $\frac{60}{28} \times 10^{-3}$

ปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต = $OD_{636} \times$ ความชัน × ค่าการเจือจาง × $\frac{132}{28} \times 10^{-3}$

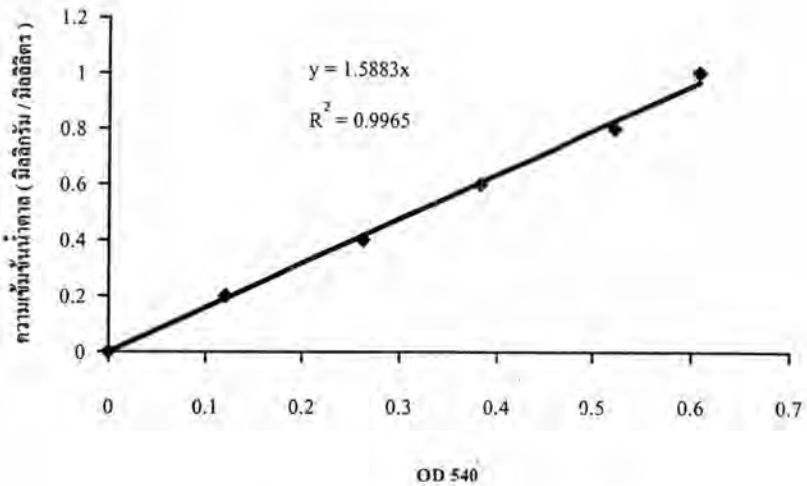
หมายเหตุ 132 คือ น้ำหนักโมเลกุลของแอมโมเนียมซัลเฟต

60 คือ น้ำหนักโมเลกุลของยูเรีย

28 คือ น้ำหนักโมเลกุลของธาตุไนโตรเจนในแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย

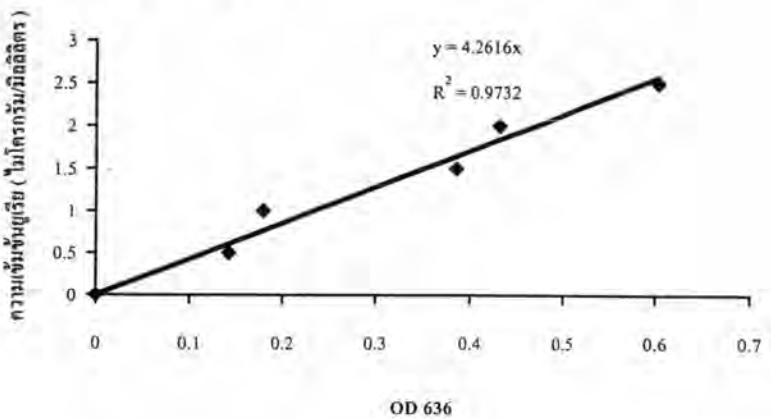
กราฟมาตรฐาน

1. กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซิ่ง



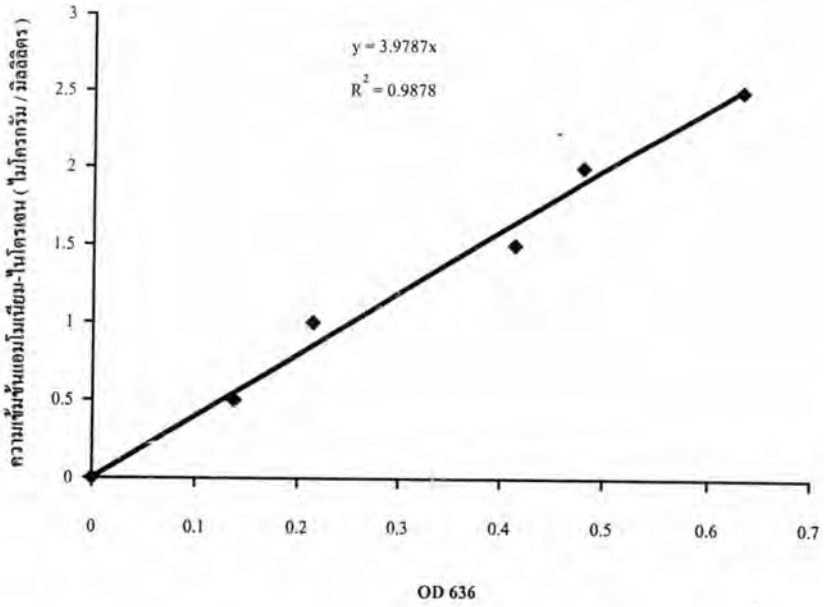
กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซิ่งในช่วงความเข้มข้น 0-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความชันเท่ากับ 1.59

2. กราฟมาตรฐานของยูเรีย



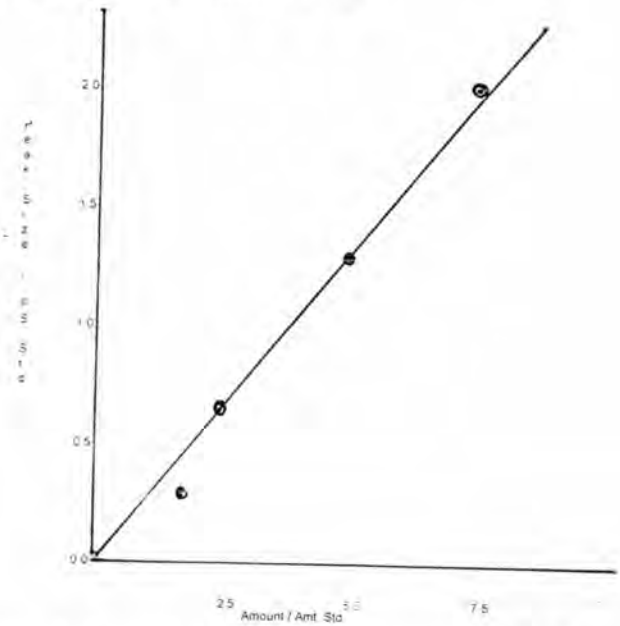
กราฟมาตรฐานของยูเรียในช่วงความเข้มข้น 0-2.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ความชันเท่ากับ 4.26

3. กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน



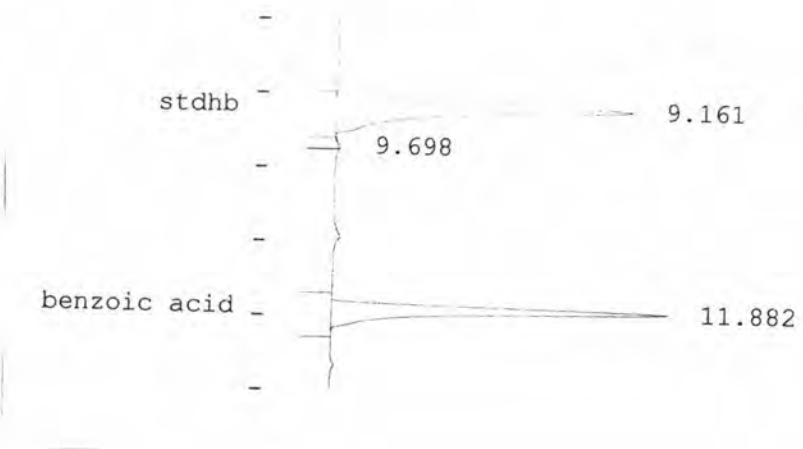
กราฟมาตรฐานของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ในช่วงความเข้มข้น 0- 2.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ความชันเท่ากับ 3.98

4. กราฟมาตรฐานโมโนเมอร์ 3-ไฮดรอกซีบิวทิเรต

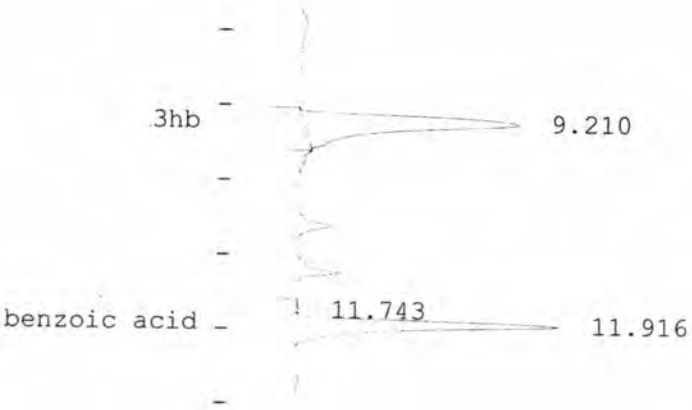


กราฟมาตรฐานโมโนเมอร์ 3-ไฮดรอกซีบิวทิเรต ความเข้มข้น 0-10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ความชันเท่ากับ

ตัวอย่างโครมาโตแกรม



โครมาโตแกรมสารมาตรฐาน 3-ไฮดรอกซีบิวทิเรต (3HB) ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี GC



ตัวอย่างโครมาโตแกรมของ PHB จาก *Bacillus* sp.BA-019 ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี GC

ภาคผนวก ง

1.การทดสอบความแตกต่างระหว่างมัชฌิมเลขคณิต โดยการทดสอบค่า t

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างมัชฌิมเลขคณิต (σ_{x1-x2}) มีสูตรหาได้ดังนี้

1.1 จาก $\sigma_{\bar{x}1-\bar{x}2} = \sqrt{(\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2)}$

1.2 จาก $\sigma_{x1}^2 = S_1^2 / n_1$ และ $\sigma_{x2}^2 = S_2^2 / n_1$

1.3 $\therefore \sigma_{x1-x2} = \sqrt{[(S_1^2 / n_1) + (S_2^2 / n_1)]}$

1.4 สูตรความแปรปรวนที่แก้ความลำเอียงแล้ว คือ

$$S^2 = \Sigma X^2 / (n-1)$$

1.5 แทนค่าสูตร ข้อ 1.3 ได้

$$\sigma_{x1-x2} = \sqrt{[\{\Sigma X_1^2 / n_1 (n_1 - 1)\} + \{\Sigma X_2^2 / n_2 (n_2 - 1)\}]}$$

1.6 ความแปรปรวนร่วม คือ $[(\Sigma X_1^2) + (\Sigma X_2^2)] / (n_1 + n_2 - 2)$

1.7 แทนค่าสูตรในข้อ 1.5 ได้

$$\sigma_{x1-x2} = \sqrt{[(\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2) / \{n_1 (n_1 + n_2 - 2)\} + (\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2) / \{n_2 (n_1 + n_2 - 2)\}]}$$

1.8 $\therefore \sigma_{x1-x2} = \sqrt{[(\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2) / \{(n_1 + n_2 - 2)\}\{(1/n_1) + (1/n_2)\}]}$

1.9 ถ้า $n_1 = n_2$ สูตรเป็น

$$\sigma_{x1-x2} = \sqrt{[(\Sigma X_1^2 + \Sigma X_2^2) / \{n (n-1)\}]}$$

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนและหาค่า สถิติ F

แบบของข้อมูลเป็นดังนี้

คะแนนของกลุ่ม (ตัวอย่าง)		
A	B	C
$X_{A1}, X_{A2}, X_{A3} \ldots\ldots X_{An}$	$X_{B1}, X_{B2}, X_{B3} \ldots\ldots X_{Bn}$	$X_{C1}, X_{C2}, X_{C3} \ldots\ldots X_{Cn}$

ให้ $N = nA+nB+nC$

สมมติฐานทางสถิติเป็น $H_O : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots\ldots$

สรุปผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่ง Source	df	ผลบวกของ $(X - X)^2$ SS	ความแปรปรวน MS = SS / df	F
ระหว่างกลุ่ม (Among groups)	k - 1	SSA	MSA = SSA / (k - 1)	MSA / MSW
ภายในกลุ่ม (Within group)	N - k	SSW = SST - SSA	MSW = SSW / (n - k)	
ทั้งหมด (Total)	N - 1	SST	xxx	

SSA = ผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างกลุ่มจากมัชฌิมเลขคณิตร่วม

SSW = ผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนภายในกลุ่มจากมัชฌิมเลขคณิตร่วม

SST = ผลบวกของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนจากมัชฌิมเลขคณิตร่วม

MSA = ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

MSW = ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

ค่า F มีชั้นแห่งความเป็นอิสระ (k-1), (N-k) ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F จากตาราง ก็หมายความว่าทั้งสามกลุ่มต่างกันหรืออาจมีบางคู่ต่างกัน บางคู่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ให้ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทีละคู่โดยใช้ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่คำนวณจาก MSW ซึ่งเป็นความแปรปรวนร่วม

ประวัติผู้เขียน

นายอติพล บุญเรืองถาวร เกิดวันที่ 17 มีนาคม 2520 ที่จังหวัดพิษณุโลก สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2539 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรจุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 ในระหว่างการศึกษาได้รับทุนโครงการพัฒนาอาจารย์วิทยาเขตสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี