รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วนิดา วัฒนการุณ 2536. การควบคุมกระบวนการสังเคราะห์พอลิ-เบต้า-ไฮดรอกซีอัลคาโนเอท ใน *Alcaligenes eutrophus* ATCC17697. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงศรี กุลปรีชา 2538. การผลิตโพลีเมอร์ที่ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติจากจุลินทรีย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

Abe, H.; Doi,Y.; Fukushima, T., and Eya, H. 1994. Biosynthesis from gluconate of a random copolyester consisting of 3-hydroxybutyrate and medium-chain-length 3-hydroxyalkanoate by *Pseudomonas* sp. 61-3. Int J. Biol. Macromol. 16: 115-119.

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

Anderson, A. J.; Hacking, A. J., and Dawes, E. A. 1987. Alternative pathways for the biosynthesis of alginate from fructose and glucose in *Pseudomonas mendocina* and *Azotobacter vinelandii*. J. Gen. Microbiol. 133: 1045-1052.

Andres, C.; Espuny,M.J.; Robert, M.; Mercade, M.E.; Manresa, A., and Guinea, J. 1991. Cellular lipid accumulation by *Pseudomonas aeruginosa* 44T1. Appl. Microbiol. Biotechnol. 35:813-816.

Baron, E.J.; Peterson, L.R., and Finegold, S.M. eds. 1994. Bailey and Scott's diagnostic microbiology. 9 th ed. Missouri : Mosby-Year Book.

Brandl, H.; Gross, R.A.; Lenz,R.W., and Fuller,R.C. 1988. *Pseudomonas oleovorans* as a sourse of poly(β-hydroxyalkanoates) for potential applications as biodegradable polyesters. Appl. Microbiol. Biotechnol. 54:1977-1982.

Breuer, U.; Ackermann, J.U., and Babel, W. Accumulation of poly(3-hydroxybutyric acid) and overproduction of exopolysaccharides in a mutant of a methylotrophic bacterium. Can. J. Microbiol. 44:55-59.

Brown, M.R.W.; Foster , J.H.S., and Clamp, J.R. 1969. Composition of *Pseudomonas aeruginosa* slime. Biochem. J. 112: 521 - 525.

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

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. Microbiol. Biotechnol. 54:2325-2327.

Dawes, E.A., and Senior, P.J. 1973. The role and regulation of energy reserve polymers in microoganism. Adv. Microb. Physiol. 10: 135 - 266.

De Smet, M.J.; Eggink, G.; Witholt, B.; Kingma, J., and Wynberg, H. 1983. Characterization of intracellular inclusions formed by *Pseudomonas oleovorans* during growth on octane. J. Bacteriol. 54: 870 - 878.

De Waard,P.;Van der Wal, H. Huijberts, G. N. M., and Eggink, G. Heteronuclear NMR analysis of unsaturated fatty acid in poly(3-hydroxyalkanoates):study beta-oxidation in *P. putida*. J. Bio. Chem. 268: 315-319.

Dlamini, A.M., and Peiris, P.S. 1997. Production of exopolysaccharides by *Pseudomonas* sp. ATCC 31461 (*Pseudomonas elodea*) using whey as fermentation substrate. Appl. Microbiol. Biotechnol. 47: 52 - 57.

Doi, Y., and Abe, C. 1990. Biosynthesis and characterization of a new bacterial copolyester of 3-hydroxyalkanoates and 3-hydroxy-ω-chloroalkanoates. Macromolecules. 23: 3705-3707.

Doi, Y.; Segawa, A., and Kunioka, M. 1990. Biosynthesis and characterization of poly (3-hydroxybutyrate- *co*-4-hydroxybutyrate) in *Alcaligenes eutrophus*. Int J. Biol. Macromol. 12: 101-111.

Dubois,M.; Gilles, K. A.; Hamiltom, J. K.; Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.

Dunlop, W.F., and Robards, A.W. 1973. Ultrastructural study of poly--β-hydroxybutyrate granules from *Bacillus cereus*. J. Bacteriol. 114: 1271-1280.

Evan, L.R., and Linker , A. 1973. Production and characterization of the slime polysaccharide of *Pseudomonas aeruginosa* , J.Bacteriol. 116: 915 - 924.

Evans, J.D., and Sigdar, S.K. 1990. Biodegradable plastics: An idea whose time has come? Chemtech. 38-42.

Eggink, G.; De Waard, P., and Huijberts, G. N. M. 1992. Formation of novel poly (hydroxyalkanoates) from long-chain fatty acids. Can. J. Microbiol. 41:14-21.

Fett, W.F.; Wells, J.M.; Cescutti , P., and Wijey , C. 1995. Identification of exopolysaccharides produced by fluorescent pseudomonads associated with commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) production. Appl. Environ. Microbiol. 61 : 513 - 517.

Gacesa , P. 1988. Alginates. Carbohydr. Polym. 8: 161 - 182.

Gross,R.A.; DeMello,C.; Lenz,R.W.; Brandl,H., and Fuller,R.C. 1989. Biosynthesis and characterization of poly(β-hydroxyalkanoates) produced by *Pseudomonas oleovorans*. Macromolecules 22:1106-1115.

Hansen , P.M.T. 1993. Food hydrocolliods in the dairy industry. In : Nishinari, K. and Doi, E. eds. Food hydrocolloids : structure , properties and function. pp 211 - 244. New York : Plenum.

Haywood,G.W.; Anderson,A.J., and Dawes, E.A. 1989. A survey of the accumulation of novel polyhydroxyalkanoates by bateria. Biotechnol. Lett. 11:471-476.

Haywood,G.W. ; Anderson, A.J.; Ewing, D.F., and Dawes,E.A. 1990. Accumulation of polyhydroxyalkanoates containing primarily 3-hydroxydecanoate from simple carbohydrate substrates by *Pseudomonas* sp. Strain NCIMB 40135. . Appl. Environ. Microbiol. 56: 3354-3359.

Haywood,G.W. ; Anderson,A.J.; Williams, D.R.; Dawes,E.A., and Ewing, D.F. 1991. Accumulation of poly(hydroxyalkanoates) copolymer containing primarily 3-hydroxyvalerate from simple carbohydrate substrates by *Rhodococcus* sp. NCIMB 40126. Int J. Biol. Macromol. 13: 83-88.

Hazer, B.; Lenz, R.W., and Fuller, R.C. 1994. Biosynthesis of methyl-branched poly(β-hydroxyalkanoates) by *Pseudomonas oleovorans*. Macromolecules 27:45-49.

Holmes, P.A. 1985. Applications of PHB-a microbially produced biodegradable thermoplastic. Phys. Technol. 16:32-36.

Huijberts, G.N.M.; Eggink, G.; De Waard, P.; Huisman, G.W., and Witholt, B. 1992. *Pseudomonas putida* KT2442 cultivated on glucose accumulates poly(3–hydroxyalkanoates) consisting of saturated and unsaturated monomers. Appl. Environ. Microbiol. 58: 536-544.

Huijberts, G.N.M.; De Rijk, T. C.; De Waard, P. and Eggink, G. 1994. ^{13}C nuclear magnetic resonance studies of *Pseudomonas putida* fatty acid metabolic routes involved in poly(3–hydroxyalkanoates) synthesis. J. Bacteriol. 176: 1661-1666.

Huisman, G.W.; De Leeuv,O.; Eggink, G., and Witholt, B. 1988. Synthesis of poly-3–hydroxyalkanoates is a common feature of fluorescent pseudomonads. Appl. Environ. Microbiol. 55: 1949-1954.

King, P.P. 1982. Biotechnology. An industrial view. J. Chem. Technol. Biotechnol. 32: 2-8.

Lageveen, R.G.; Huisman,G.W.; Preusting,H.;Ketelaar, P.; Eggink, G., and Witholt,B. 1988. Formation of polyesters by *Pseudomonas oleovorans* : effect of substrates on formation and composition of poly-(R)-3-

hydroxyalkanoates and poly-(R)-3-hydroxyalkenoates. Appl. Environ. Microbiol. 54: 2924 - 2932.

Law, J.H., and Slepecky, R.A. 1961. Assay of poly-β-hydroxybutyric acid. J.Bacteriol. 82:33-36.

Lee, S. Y. 1996. Review bacterial polyhydroxyalkanoates. Biotechnol. Bioeng. 49: 1-14.

Lemoigne, M. 1926. Products of dehydration and of polymerization of poly-β-hydroxybutyric acid. Bull. Soc. Chem. Biol.8: 770-782.

Lennette , E. H., ed. 1985. Manual of clinical microbiology. 4th ed. Washington, D.C.: American Society for Microbiology.

Linton , J.D. ; Ash. S.G., and Huybrechts , L. 1991. Microbiol polysaccharides. In : Byrom , D.M. ed. Biomaterials. Novel materials from biological sources. pp. 217 - 261. London , U.K.

Marchessalt, R. H. et al. 1988. Poly(β-hydroxyalkanoate): biorefinery polymer in search of applications. Makromol. Chem. Macromol. Symp. 19:235-254.

Merrick, J.M., and Ddoudoroff, M. 1964. Depolymerization of poly-β-hydroxybutyrate by intracellular enzyme system. J.Bacteriol. 88:60-71.

O'Neill , M.A.; Silvendran, R.R., and Morris, V.J. 1983. Structure of extracellular gelling polysaccharide produced by *Pseudomonas eloda.* Carbohydr.Res. 124: 123 - 133.

Ostle, A.G., and Holt J.G. 1982. Nile Blue A as a fluorescent stain for poly-β-hydroxybutyrate. Appl. Environ. Microbiol. 44: 238-241.

Page, W.J. 1995. Bacterial polyhydroxyalkanoates,natural biodegradable plastics with a great future. Can. J. Microbiol. 41:1-3.

Page, W.J. 1989. Production of poly-β-hydroxybutyrate by *Azotobacter vinelandii* strain UWD during growth on molasses and other complex carbon sourses. Appl. Microbiol Biotechnol. 31: 329-333.

Preiss , J. 1989. Chemistry and metabolism of intracellular reserves. In: Leadbetter, E.R. and Poindexter , J.S. eds. Bacteria in Nature. pp.189 - 258. New York : Plenum.

Roller, S., and Dea, I.C.M. 1992. Biotechnology in the production and modification of biopolymers for foods. Crit. Rev. Biotenol. 12: 261 – 277.

Schwartz, R.D. 1973. Epoxidizes terminal olefins. Appl. Microbiol. 25: 574-577.

Stacey, M., and Barkey, S.A. 1960. Polysaccharides of micro - organisms. Oxford : Oxford University Press .

Sutherland,I.W. ed. 1977. Surface Carbohydrates of the Prokaryotic Cell. London: Academic Press .

Timm, A., and Steinbüchel 1990. Formation of polyesters of consisting of medium-chain-length 3-hydroxyalkanoaic acids from gluconate by *Pseudomonas aeruginosa* and other fluorescent pseudomonads. Appl. Environ. Microbiol. 56: 3360-3367.

Vendrusculo, C.T.; Perira, J.L., and Scamparini, A.R.P. 1993. Gellan gum production and properties. In: Nishinari, K., and Doi, E. eds. Food hydrocolloids: structure , properties and function. pp 91 - 95. New York : Plenum.

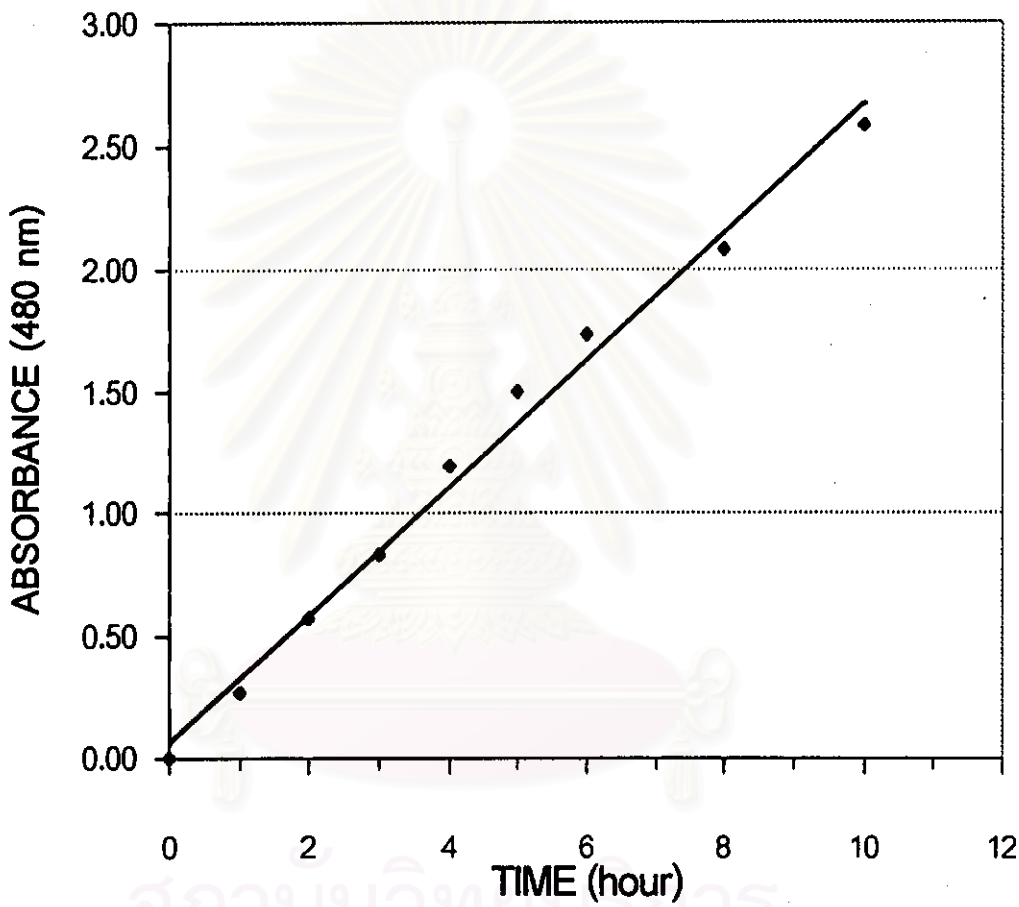
Wallen,P.P., and Rohwedder 1971. Poly-β-hydroxyalkanoate from activated sludge Environ. Sci. Technol. 8:576-579.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

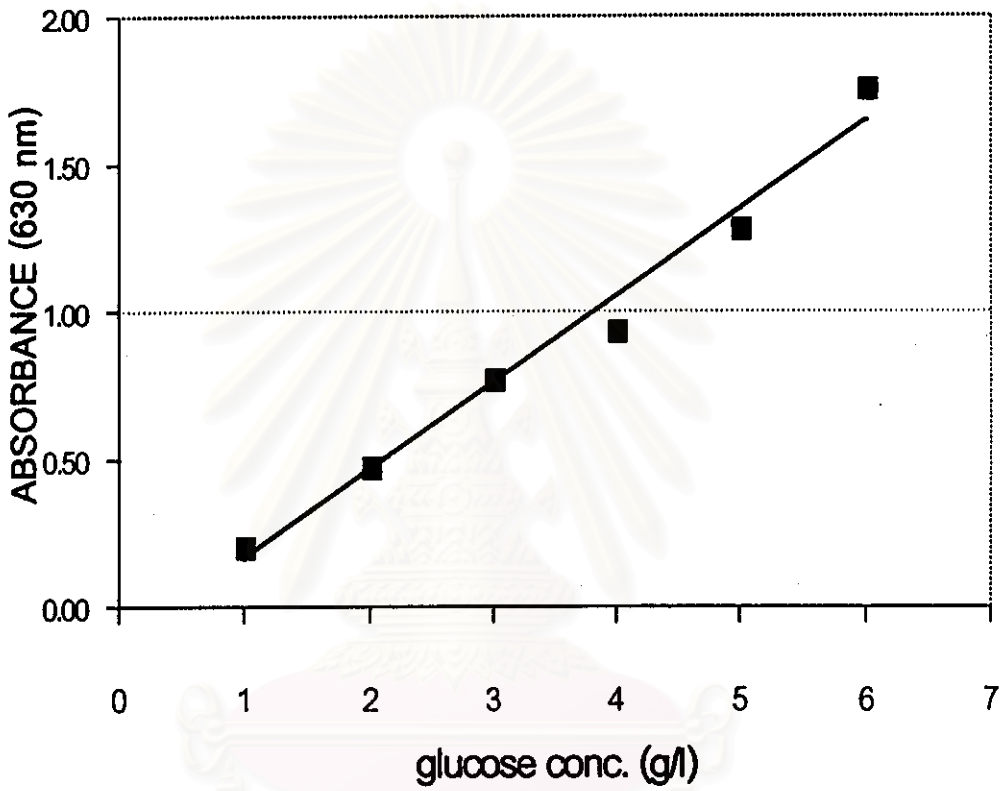
ภาคผนวกที่ 1



กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณ EPS โดยวิธีฟีนอล-ซัลฟุริค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

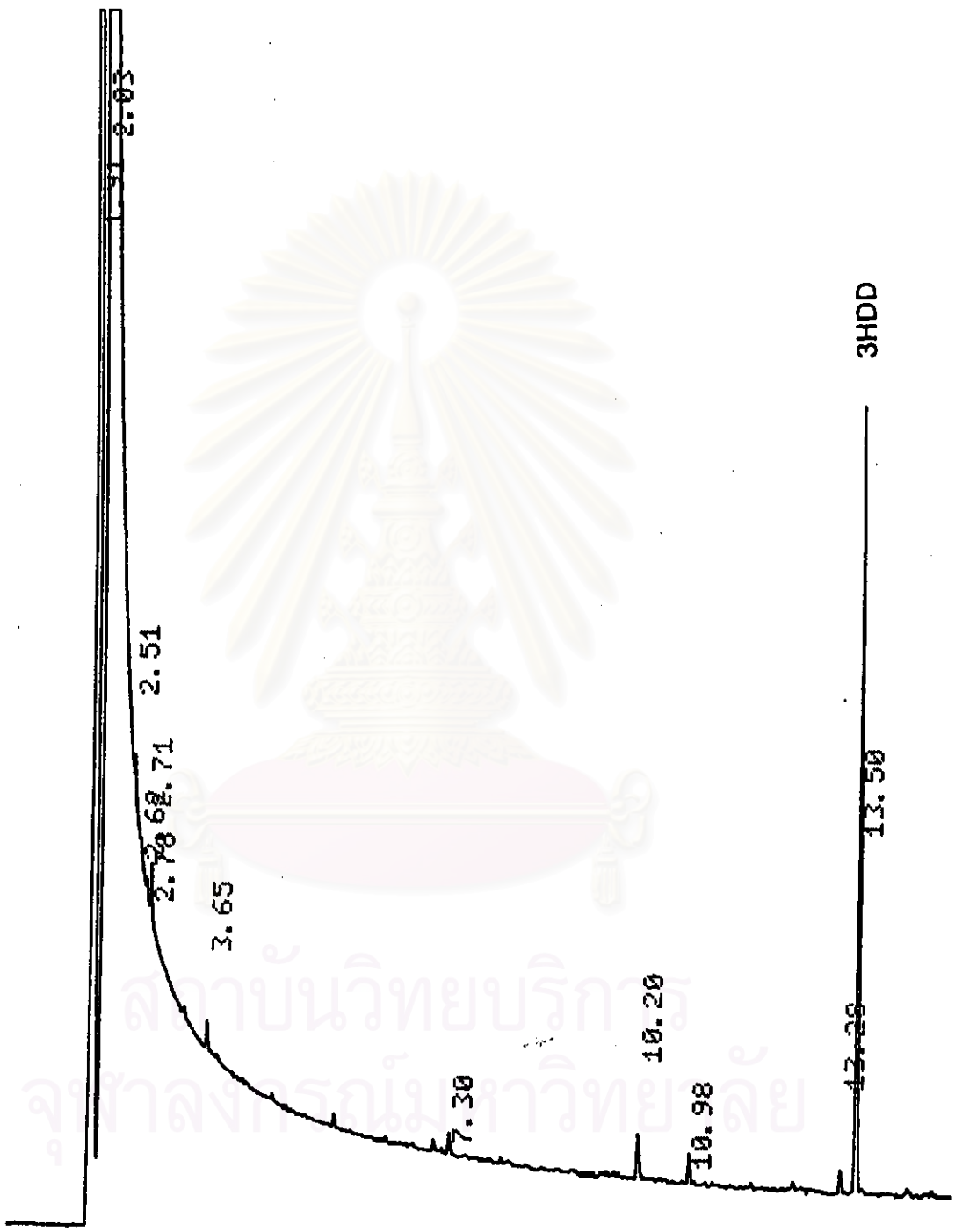
ภาคผนวกที่ 2



กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในน้ำหมักโดยวิธี O-Toluidine

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

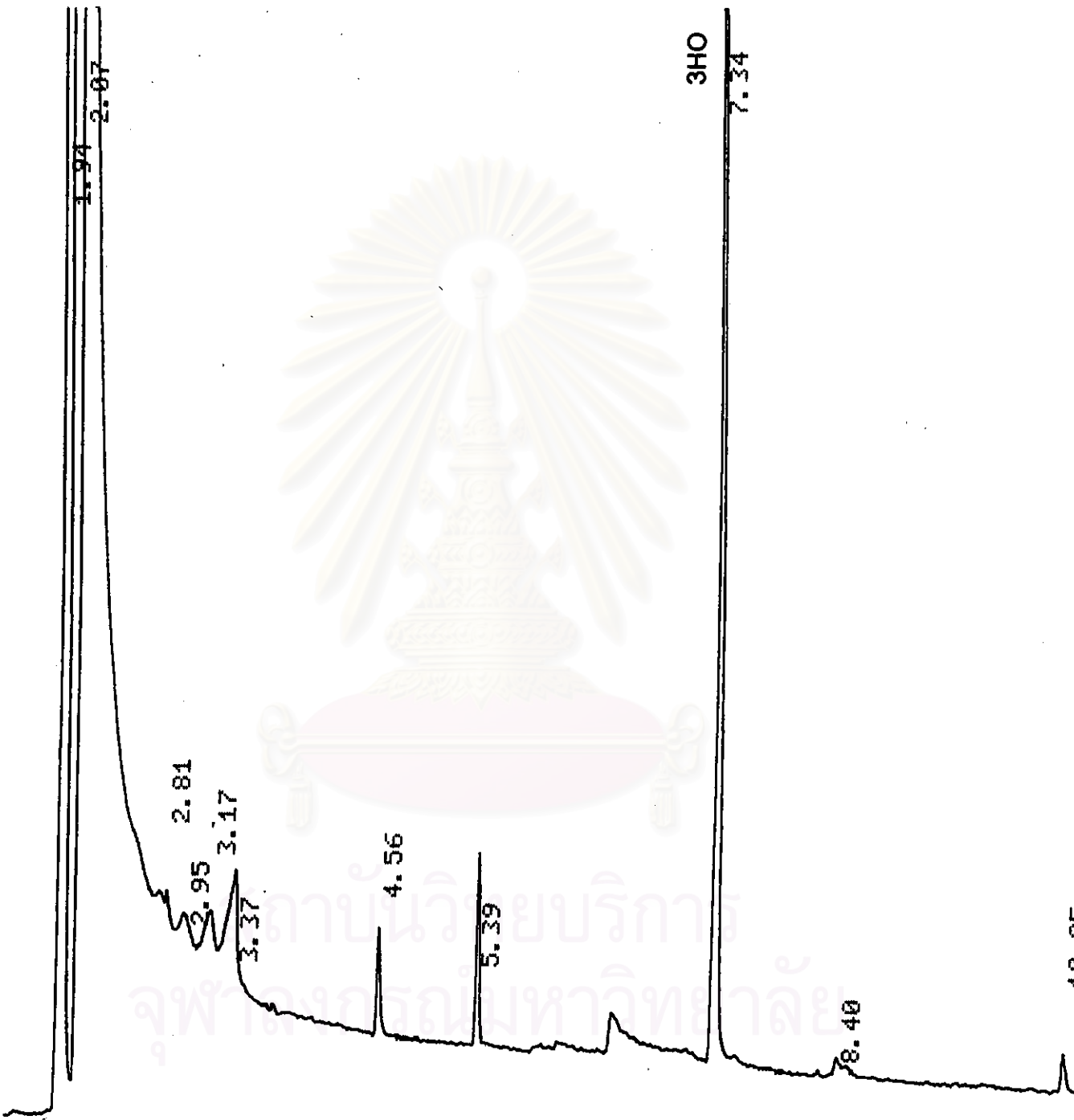
ภาคผนวกที่ 3



รูปแสดงโครมาโตแกรมของสัดส่วนพอลิเมอร์ของ PHA ที่สกัดจาก
ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน
วิเคราะห์โดยแก๊สโครมาโตกราฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

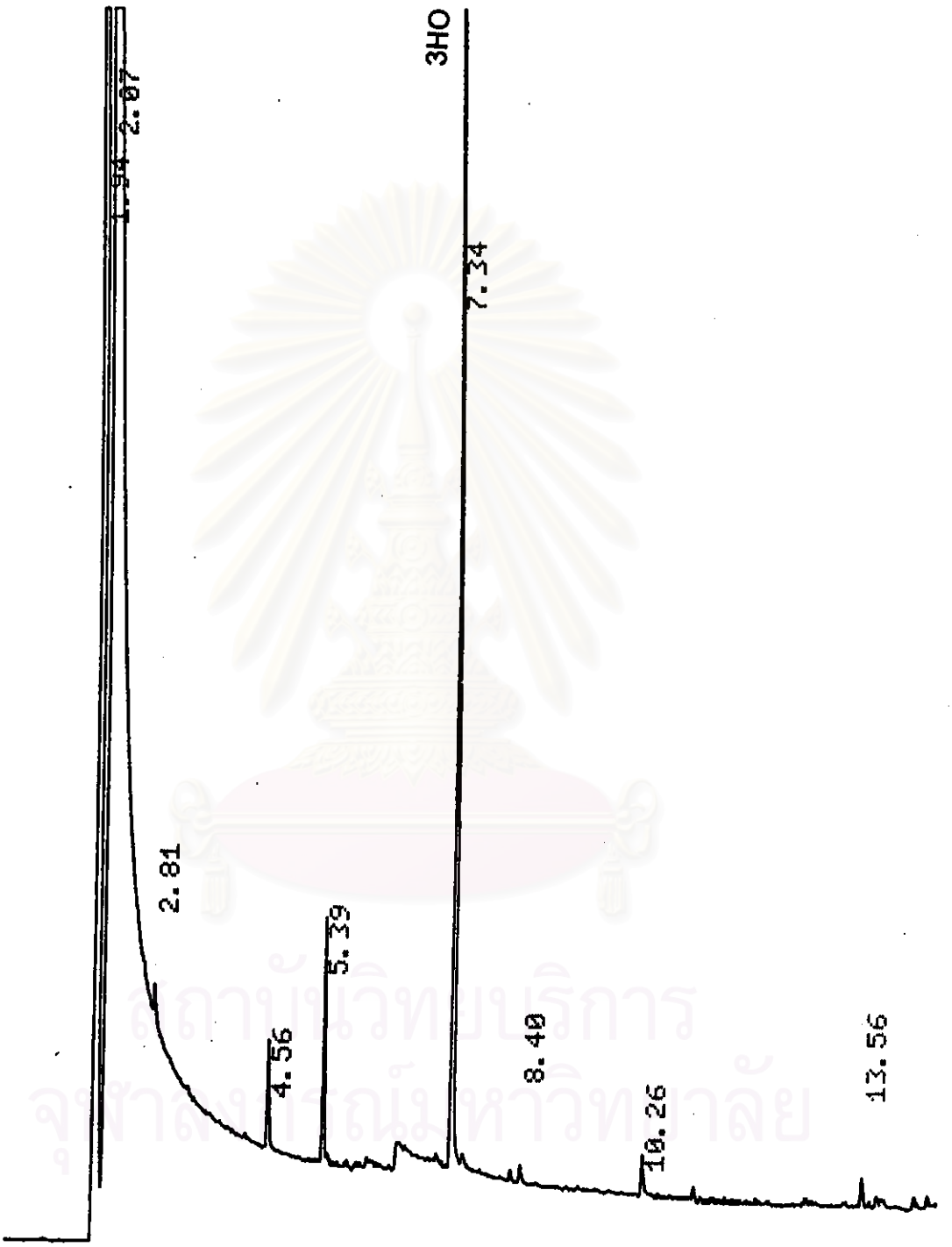
ภาคผนวกที่ 4



รูปแสดงโครมาโตแกรมของสัดส่วนพอลิเมอร์ ของ PHA ที่สกัดจากใน
อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีโซเดียมออกตาโนเอตเป็นแหล่งคาร์บอน
วิเคราะห์โดยแก๊สโครมาโตกราฟ

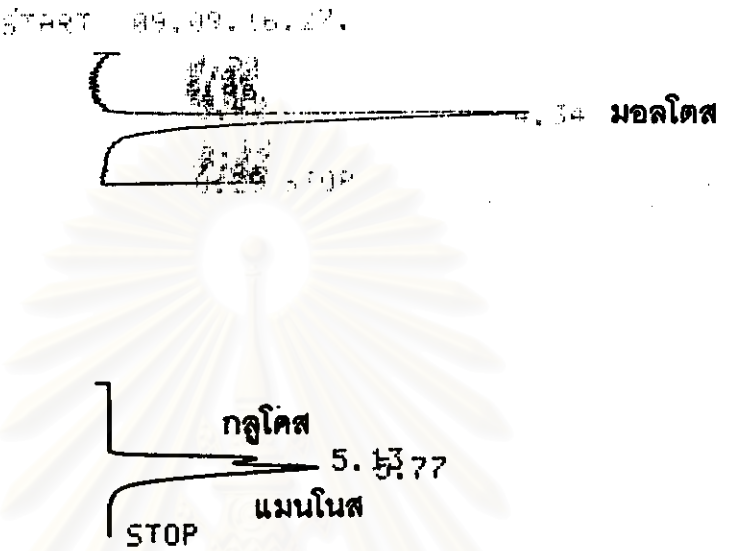
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 5



รูปแสดงโครมาโตแกรมของสัดส่วนพอลิเมอร์ ของ PHA ที่สกัดจาก
ในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีกลูโคสและโซเดียมออกตาโนเอต
เป็นแหล่งคาร์บอน วิเคราะห์โดยแก๊สโครมาโตกราฟ

ภาคผนวกที่ 6

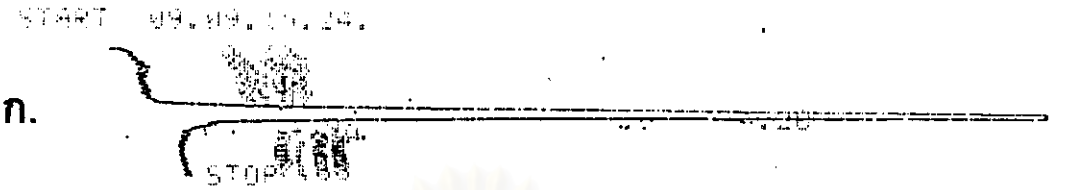


รูปแสดงโครมาโตแกรมของน้ำตาลกลูโคส มอลโตสและแมนโนสมาตรฐาน
วิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิด โครมาโตกราฟ

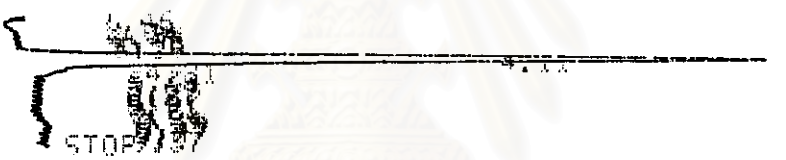
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

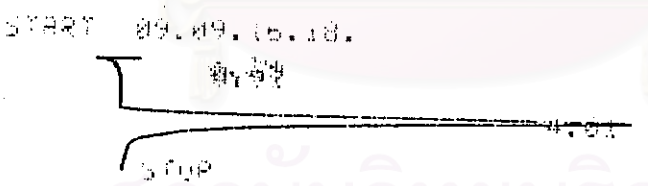
ภาคผนวกที่ 7

ก.



ข.





มอลโตส+EPS จาก E+Glu+Oct

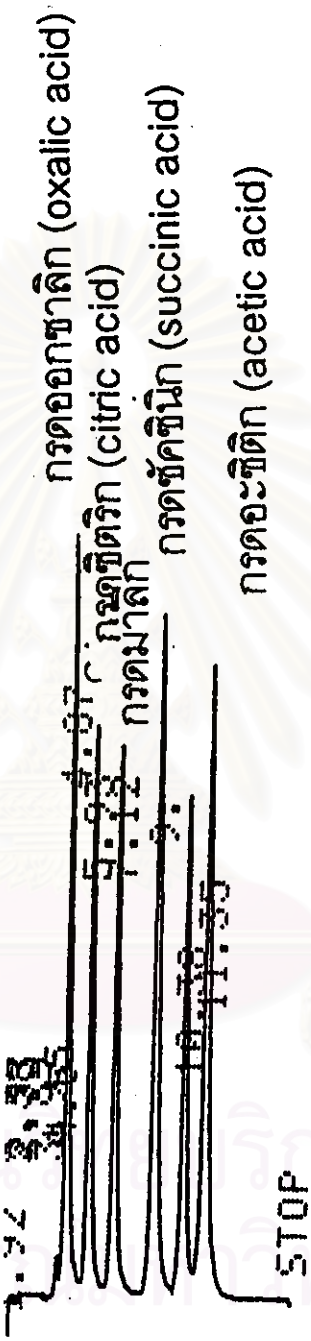
รูปแสดงโครมาโตแกรมของ EPS จากน้ำใสจากอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีแหล่งต้นตอคาร์บอนแต่ละชนิดวิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟ

ก. เมื่อมีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

ข. เมื่อมีกลูโคสร่วมกับโซเดียมออกตาโนเอตเป็นแหล่งคาร์บอน

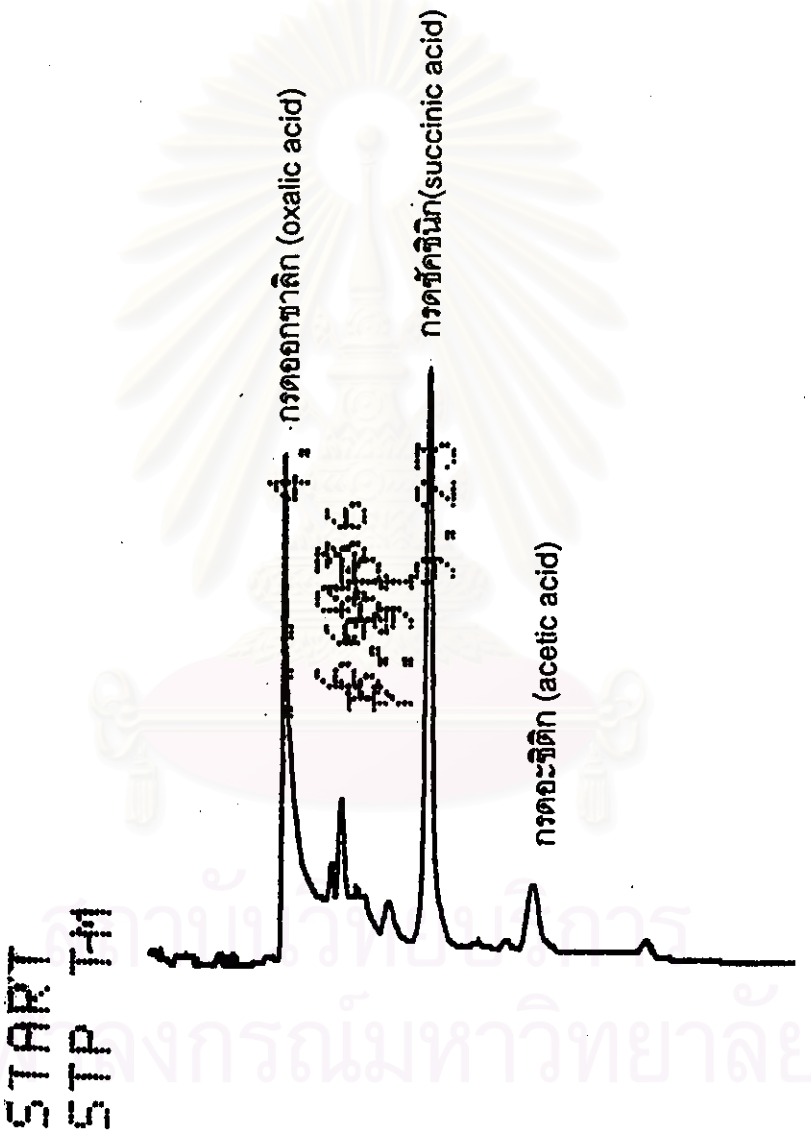
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 8



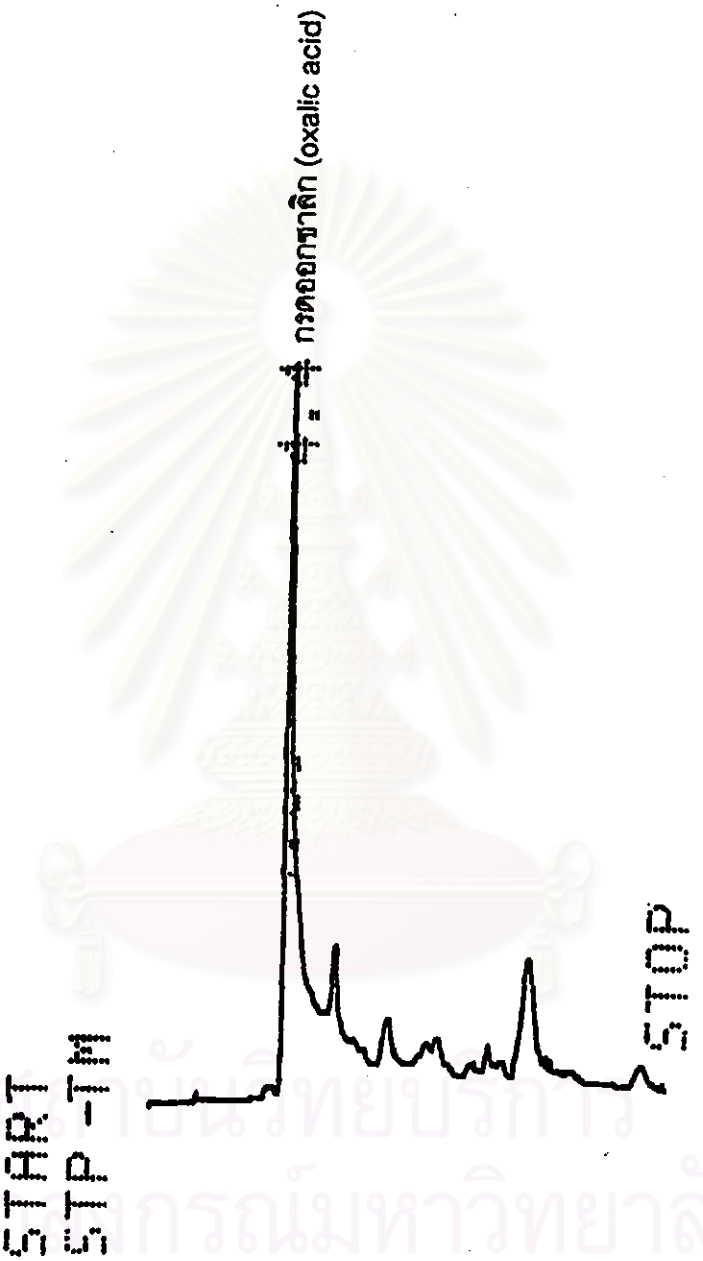
รูปแสดงโครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์มาตรฐาน
วิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิด โครมาโตกราฟ

ภาคผนวกที่ 9



รูปแสดงโครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์จากน้ำใสในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน วิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิด โครมาโตกราฟ

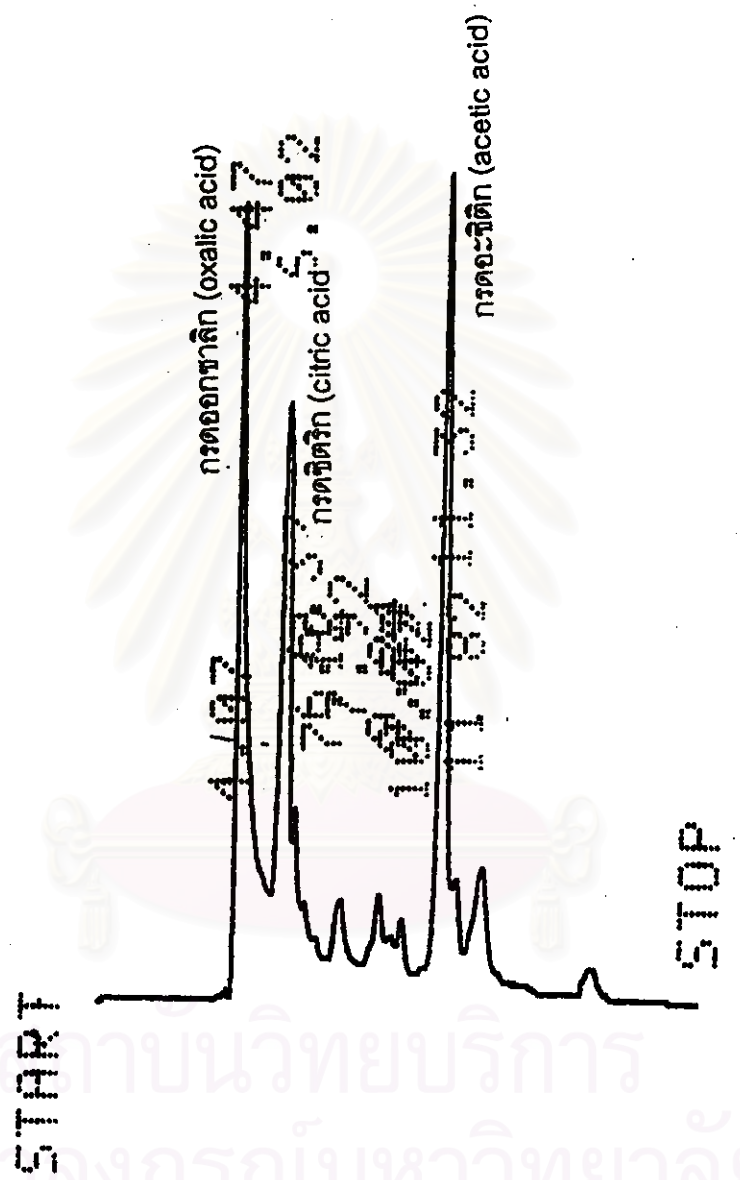
ภาคผนวกที่ 10



รูปแสดงโครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์จากน้ำใสในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีโซเดียมออกตาโนเอตเป็นแหล่งคาร์บอนวิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิดโครมาโตกราฟ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 11



รูปแสดงโครมาโตแกรมของกรดอินทรีย์จากน้ำใสในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเกลือแร่ E ที่มีกลูโคสร่วมกับโซเดียมออกตาโนเอตเป็นแหล่งคาร์บอน วิเคราะห์โดยวิธีไฮเพอร์ฟอร์มมานซ์ลิควิด โครมาโตกราฟ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวกที่ 12

การสร้าง PHA จากแหล่งคาร์บอนแต่ละชนิด ใน *Pseudomonas* spp.

Strain	Carbon source	PHA (%w/w)	Polymer composition (mol%)						Reference
			3HB	3HV	3HHx	3HO	3HD	3HDD	
P.oleovorans ATCC 29347	Hexanoate	22	3	<1	72	22	3	0	Gross และคณะ, 1989
	Octanoate	41	<1	1	6	75	17	0	
	Decanoate	37	<1	1	7	44	47	<1	
	20 mM Butyrate	-[a]	0	0	0	0	33	67	Huisman และคณะ, 1989
	20 mM Valerate	-	0	0	0	0	35	65	
	10 mM Octanoate	-	0	0	8	91	1	0	
	0.5% Octanoate	44	0	0	5.4	92	2.6	0	Timm และ Steinbuchel, 1990
	10 mM Octanoate	33.3	0	5	9	84	2	0	งานวิจัยนี้
	10 mM Octanoate plus 1% Glucose	26.9	0	4	10	79	2	5	
	1% Glucose	13.8	0	0	0	3	6	91	
P. acidovorans DSM 39	1.5% Gluconate	34.4	100	0	0	0	0	0	Timm และ Steinbuchel, 1990
	0.5 %Octanoate	NG[b]	NG	NG	NG	NG	NG	NG	
P. alcaligenes DSM 50342	1.5% Gluconate	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	
	0.5 %Octanoate	56	0	0	0.8	92.7	5.3	1.2	

การสร้าง PHA จากแหล่งคาร์บอนแต่ละชนิด ใน *Pseudomonas* spp.

Strain	Carbon source	PHA (%w/w)	Polymer composition (mol%)						Reference
			3HB	3HV	3HHx	3HO	3HD	3HDD	
P.putida KT2442	2% Glucose	16.9	0	0	<1	6.9	74.3	16.5	Huijberts และ คณะ, 1992
	2% Fructose	24.5	0	0	0.5	12.6	70.8	14.5	
	4% Glycerol	22.0	0	0	1.7	21.4	63.6	12.4	
	20 mM Decanoate	27.6	0	0	5.3	52.3	42.3	ND	
	1.5% Glucose	8.5	0	0	1	11	66	19	Huijberts และ คณะ, 1994
	10 mM Octanoate	22.3	0	0	6	92	2		
	3-Hydroxybutyrate	0	-	-	-	-	-	-	Huisman และ คณะ, 1989
	10 mM Octanoate	47.1	0	0	8	91	1	0	
P. putida DSM 291	1.5% Gluconate	33.5	0	0	3.6	23.7	60.6	12.1	Timm และ Steinbuchel, 1990
	0.5 %Octanoate	40.3	0	0	2.6	89.6	5.4	2.4	
P. fluorescens DSM 50108	1.5% Gluconate	0	0	0	0	0	0	0	
	0.5 %Octanoate	19.1	0	0	13.1	86.9	0	0	
P. cepacia DSM 50181	1.5% Gluconate	60.8	100	0	0	0	0	0	
	0.5 %Octanoate	72.4	100	0	0	0	0	0	

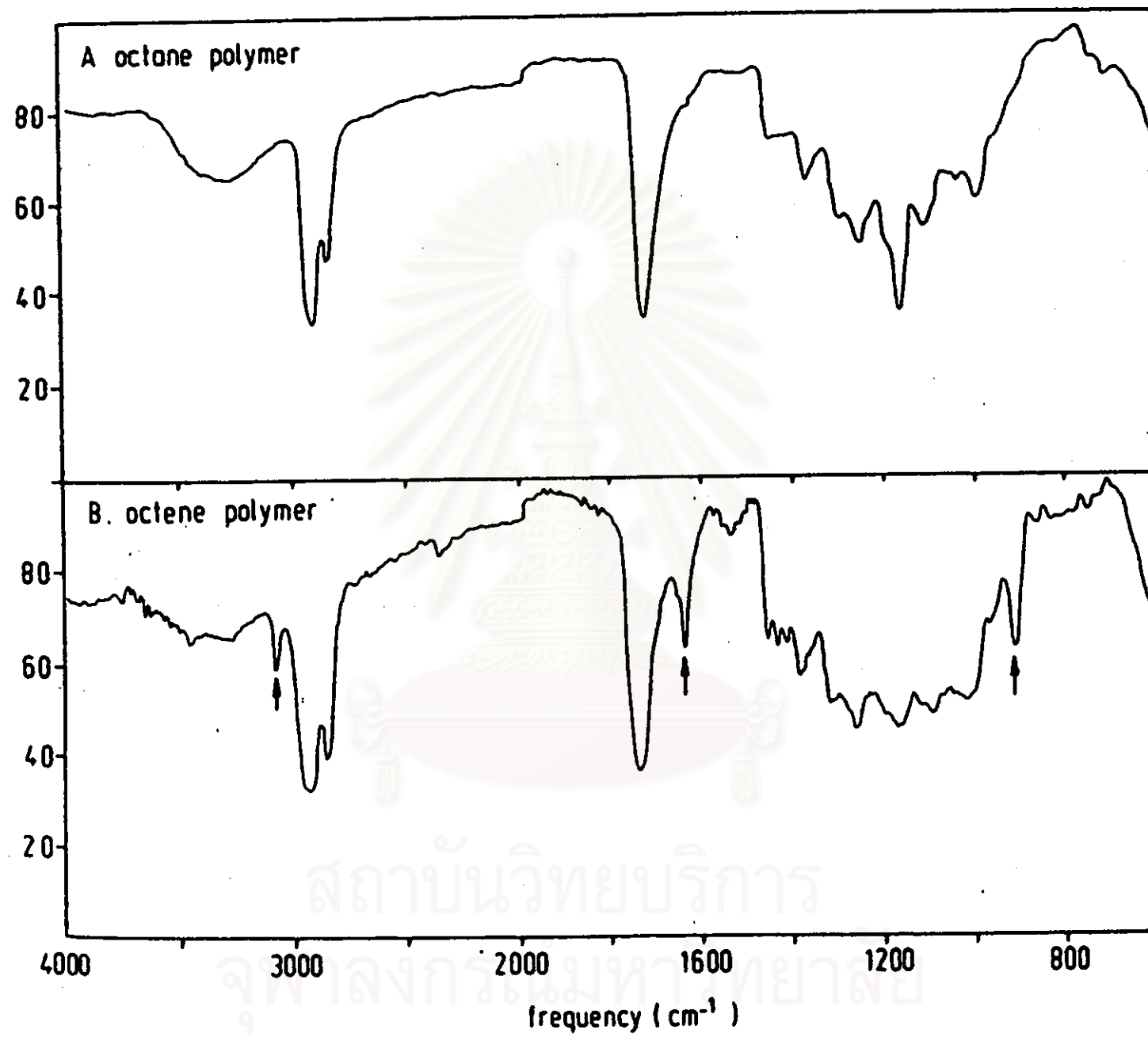
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้าง PHA จากแหล่งคาร์บอนแต่ละชนิด ใน *Pseudomonas* spp.

Strain	Carbon source	PHA (%w/w)	Polymer composition (mol%)						Reference
			3HB	3HV	3HHx	3HO	3HD	3HDD	
P. syringae DSM 50315	1.5% Gluconate	Tr[c]	0	0	0	0	Tr	0	Timm และ Steinbuchel, 1990
	0.5 %Octanoate	13.2	0	0	16.7	66.7	7.4	9.2	
P. aeruginosa NCIMB 9904	Gluconate	2.5	0	0	0	0	100	0	Haywood และ คณะ, 1990
Pseudomonas spp. NCIMB 40135	Acetate	5	0	0	0	15	85	0	Timm และ Steinbuchel, 1990
	Glycerol	5	0	0	0	10	90	0	
	Lactate	9	0	0	0	15	85	0	
	Succinate	1.3	0	0	0	53	47	0	
	Fructose	16	0	0	0	17	83	0	
	Gluconate	17	0	0	0	20	76	0	
	Glucose	8	0	0	0	24	76	0	
	Octanoate	66	0	0	0	95	2	0	

[a] data not available; [b]ND, not detectable; [c]Tr,trace amounts(<0.1%w/w).

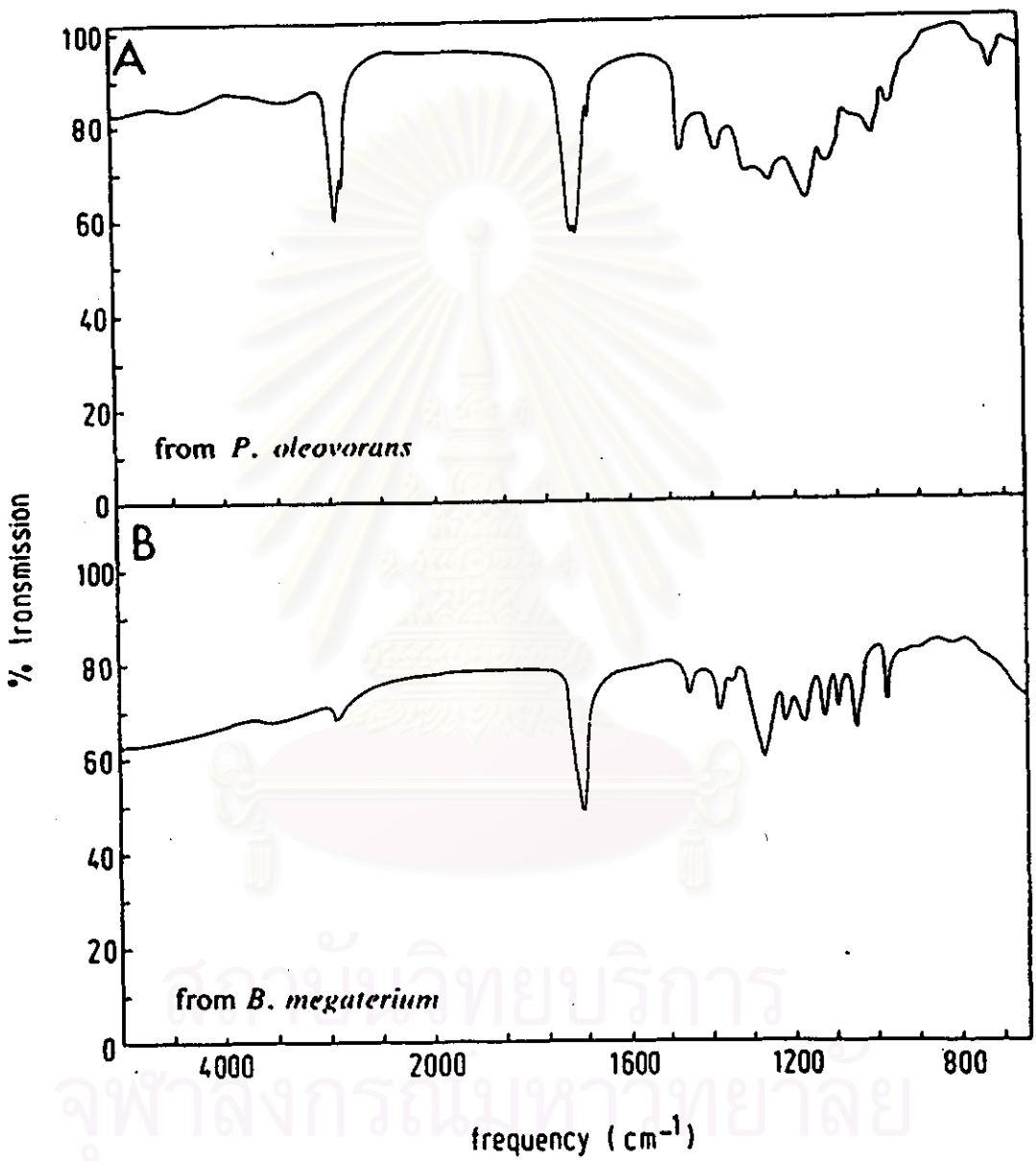
ภาคผนวกที่ 13



อินฟราเรดสเปกตรัมจาก PHA ที่ได้จากการเลี้ยง *Pseudomonas oleovorans* ATCC 29347 ในอาหารสูตรเกลือแร่ Eที่มี นอร์มอลออกเทน เป็นแหล่งคาร์บอน

(Lageveen และคณะ, 1988)

ภาคผนวกที่ 14



อินฟราเรดสเปกตรัมจาก PHA ที่ได้จากการเลี้ยง *Pseudomonas oleovorans* ATCC 29347 ในอาหารสูตรเกลือแร่ E ที่มีนอร์มอล ออกเทน เป็นแหล่งคาร์บอน

(De Smet และคณะ, 1983)

ภาคผนวกที่ 15

O-Toluidine reagent

Ethylene glycol	940	ml
Citric acid	50	g
Thiourea	1.5	g

ละลายเข้าด้วยกัน โดยใช้ magnetic stirrer กวน แล้วเติม O-Toluidine 60 ml ผสมให้เข้ากันดี ใส่ขวดสีน้ำตาลเก็บในตู้เย็น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายอรรถกร ปาละสุวรรณ เกิดที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2539 โดยได้รับทุนการศึกษาและวิจัยบัณฑิตศึกษาภายในประเทศ จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สวทช.) ในปีพุทธศักราช 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย