รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วิจิตร ว่องวารีทิพย์ 2539. ลู่ทางและโอกาสการส่งออกและผลกระทบจากการมีเขตการค้าเสรีอาเซียน (สำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม) รายงานฉบับสมบูรณ์ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

ภาษาต่างประเทศ

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

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

Brandl, H., Gross, R. A, Lenz, R. W., Fuller. R. C. 1990. Plastic from bacteria and for bacteria: poly (β - hydroxyalkanoate) as natural, biocompatible, and biodegradable polyesters. **Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.** 41: 77 - 93.

Braunegg, G., Sonnleitner, B., Lafferty, R. M. 1978. A rapid gas chromatographic method for the determination of poly-(β-hydroxybutyric acid in microbial biomass. **Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.** 6: 29 - 37.

Byrom, D. 1994. Polyhydroxyalkanoates, pp. 5 - 33. In D. P. Mobley (ed.), **Plastic from microbes: microbial synthesis of polymers and polymer precursors.** Hanser: Munich.

Cromwick A. M., Foglia T., and Lenz R. W. 1996. The microbial production of poly-(hydroxyalkanoates) from tallow. **Appl. Microtiol. Biotechnol.** 46: 464 - 469.

Curley, J. M., Hazer, B, Lenz, R. W. and Fuller, R. C. 1996. Production of poly(3-hydroxyalkanoates) containing aromatic substituents by *Pseudomonas oleovorans* **Macromolecule.** 29 : 1762-1766.

De Smet, M. J., G. Eggink, B. Witholt, J. Kingma, and H. Wynberg. 1983. Characterization of intracellular inclusions formed by *Pseudomonas oleovorans* during growth on octane. **J. Bacteriol.** 154: 870 - 878.

De waard, P., Van der Wal, H., Huijberts, G. N. M., and Eggink, G. 1993. Hereonuclear NMR analysis of unsaturated fatty acids in poly (3-hydroxyalkanoates): study of beta-oxidation in *P. putida.* **J. Biol. Chem.** 268: 315 - 319.

Doudoroff, M., and N. J. Palleroni. 1974. Genus I: *Pseudomonas migula.* 1984. 237, p. 217 - 243. In R. E. Buchanan and N. E. Gibbons (ed.), **Bergey's manual of determinative bacteriology,** 8th ed. Baltimore: The Williams & Wilkins Co.

Edwin A. Dawes. 1990. **Novel Biodegradable microbial polymers.** The Netherland: Kluwer Academic Publishers.

Eggink G., de Waard P., and Huijberts G. N. M. 1995. Formation of novel poly-(hydroxyalkanoates) from long-chain fatty acids. **Can. J. Microbiol.** 41 (Suppl. I): 14 - 21.

Eggink, G., van der Wal, H., Huijberts, G. N. M. and de Waard, P. 1992. Oleic acid as a substrate for poly-3-hydroxyalkanoate formation in *Alcaligines eutrophus* and *Pseudomonas putida*. **Ind. Crops. Prod.** 1: 157-163.

Enrica Galli, Simon Silver and Bernard Witholt. 1992. ***Pseudomonas* Molecular biology and Biotechnology.** Washington, D. C. : American Society for Microbiology.

Gross, R. A. , C. De Mello, R. W. Lenz, H. Brandl , and R. C. Fuller. 1989. Biosunthesis and Characterization of poly(-β-hydroxyalkanoates) produced by *Pseudomonas oleovorans*. **Macromolecules** 22: 1106-1115.

Holme, P. A. 1985. Applications of PHB - a microbially Procuced biodegradable thermoplastic. **Phys. Technol.** 16: 32-36.

Holmes, P. A. 1988. In " Developments in Crystaline Polymers", D. C. Basette(Ed.) pp. 1-65.

Huisman , G. W. , de leeuw, O., Eggink, G., Witholt, B. 1989. Synthesis of poly(-3-hydroxyalkanoates is a common feature of fluorescent pseudomonads. **Appl. Environ. Microbiol.** 55: 1994-1954.

Huijberts , G. N. M., Eggink, G., de Waard, P., Huisman, G. W., and Witholt, B. 1992. *P. putida* 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- NMR studies of *Pseudomonas putida* fatty acid metabolic routes involved in poly(-3-hydroxyalkanoates) Synthesis. **J. Bacteriol.** 176: 1661-1666.

Kenneth L. Williamson 1994. 2 nd Ed. **Macroscale and Microscale Organic Experiments.** Toronto: D. C. Heath and company.

Lageveen, R. G., G. W. Huisman, H. Preusting, P. Ketelaar, G. Eggink and B. witholt. 1988. Formation and composition of poly-(R)-3 hydroxyalkanoates and poly-(R)-3 hydroxyalkenoates. **Appl. Environ. Microbiol.** 54: 2924-2932.

Lee. M., and A. C. Chandler. 1941. A study of the nature growth and control of bacteria in cutting compounds. **J. Bacteriol.** 41: 373-386.

Lee, S. Y. 1996. Bacterial Polyhydroxyalkanoates. **Biotechnol. and Bioeng.** 49 : 1-14.

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

Lenz, R. W., Kim, Y. B., and Fuller, R. C. 1992. Production of unusual bacterial polyesters by *Pseudomonas oleovorans* through cometabolism. **FEMS Microbiol. Rev.** 103: 207-214.

Luzier, W. D. 1992. Materials derived from biomass/biodegradable material. **Proc. Nat. Acad. Sci. USA.** 89: 839 - 842.

Ostle , A. G., Holt, J. G. 1982. Nile Blue A as a Fluorescent stain for Poly (-β-hydroxybutyrate). **Appl. Environ. Microbiol.** 44: 238 - 241.

Ottenbrite, R. M., Huang S. J. and Park K. 1996. **Hydrogels and Biodegradable Polymers for Bioapplications.** Washington DC. : American Chemical Society.

People, O. P. 1990. In **"Novel Biodegradable Microbial Polymers"**, E. A. Dawes(Ed.) pp. 192.

Preusting, H., Hazenberg, W., Witholt, B. 1993a. Continuous production of poly (3-hydroxyalkanoates) by *Pseudomonas oleovorans* in a high-cell-density, two liquid-phase chemostat. **Enzyme Microb. Technol.** 15: 311-316.

Preusting, H., van Houten, R., Hoefs, A., van Langenberghe E. K., Favre-Bulle, O., Witholt, B. 1993b. High cell density cultivation of *Pseudomonas oleovorans*: Growth and production of poly(3-hydroxyalkanoates) in two-liquid phase batch and fed-batch systems. **Biotechnol. Bioeng.** 41: 550-556.

Schulz, H. and Kunau, W. H. 1987. **In "Novel Biodegradable Microbial Polymers"**, E. A. Dawes(Ed.) pp. 443.

Selected Reading on Palm Oil and its uses . Kuala Lumpur: Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1994.

Singleton P., and Sainsbury D. 1981. **Introduction to Bacteria for Students in the Biological Sciences.** New York: John Wiley & Sons.

Steinbuchel, A. 1991. Recent advances in the knowledge of bacterial poly (hydroxyalkanoic acids) metabolism and potential impacts on the production of biodegradable thermoplastics. **Acta. Biotechnol.** 5: 419 - 427.

Stainer, R. Y. , N. J. Palleroni and M, , Doudoroff. 1966. The aerobic pseudomonads: a taxonomic study. **J. Gen. Microbiol.** 43: 159-271.

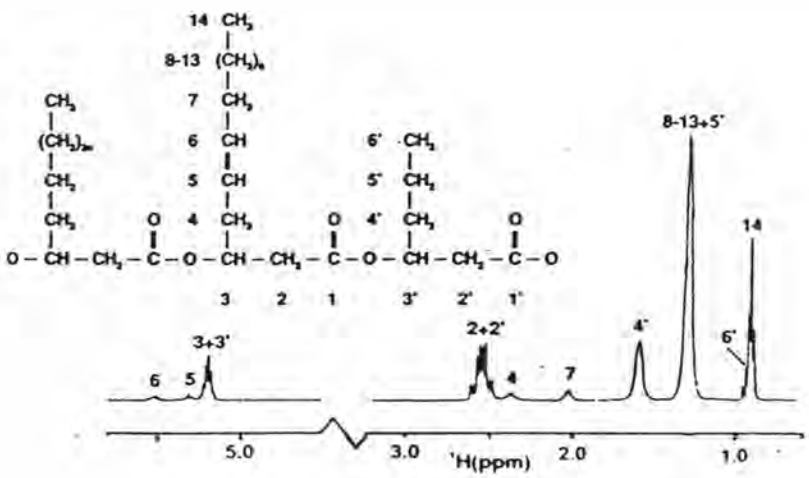
Stuart E. S., Foster L. J. R., Lenz R. W., and Fuller R. C. 1996. Intracellular depolymerase functionality and location in *Pseudomonas oleovorans* inclusions containing polyhydroxyoctanoate. **Int. J. Biol. Macromole.** 19: 171-176.

Tan I. K. P., Sudesh Kumar K., Theanmatar M., Gan S. N. and Gordon B. 1997. Saponified palm kernel oil and its major free fatty acids as carbon substrates for the production of polyhydroxyalkanoates in *Pseudomonas putida* PGA1. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 47: 207 – 211.

Wallen, L. L., and W. K. Rohwedder. 1974. Poly (-β- hydroxyalkanoate) from activated Sludge. **Environ. Sci. Technol.** 8: 576 - 579.

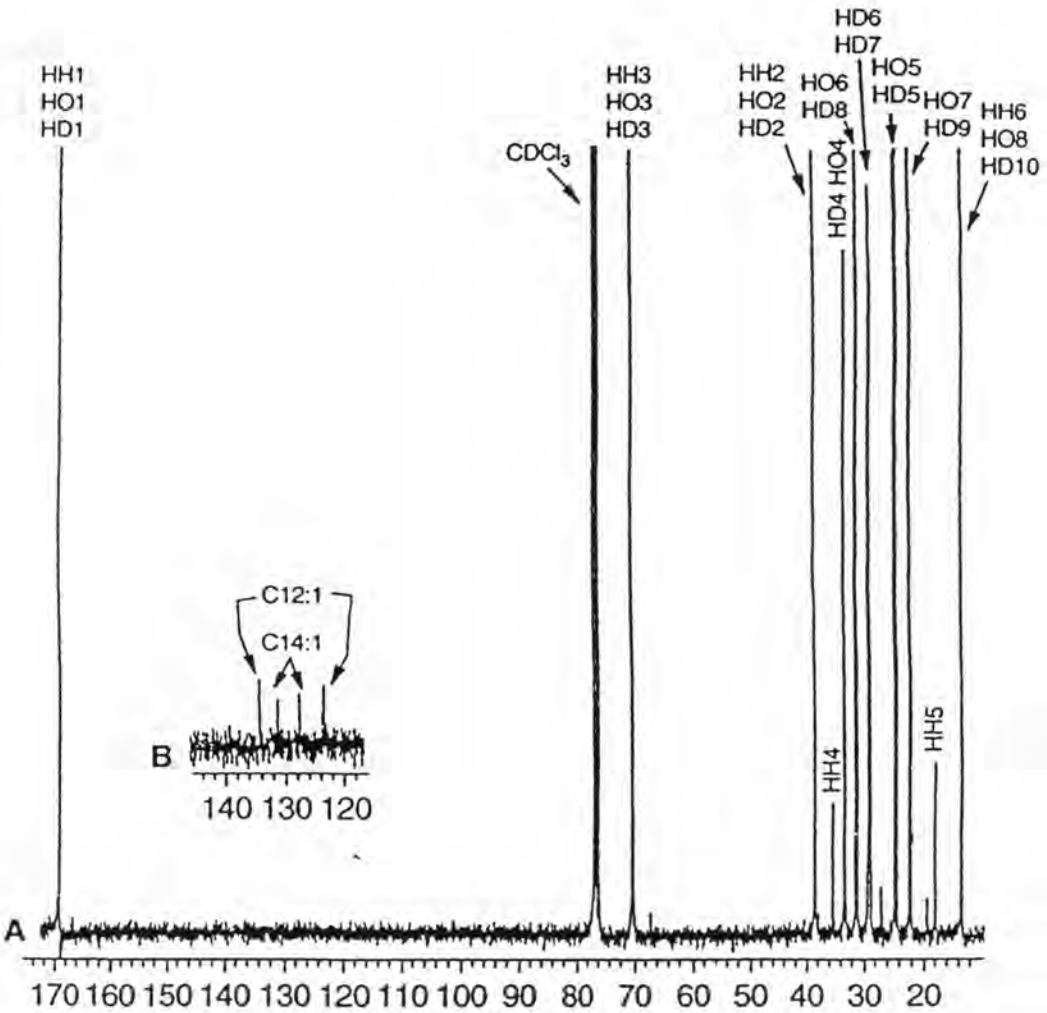
ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1



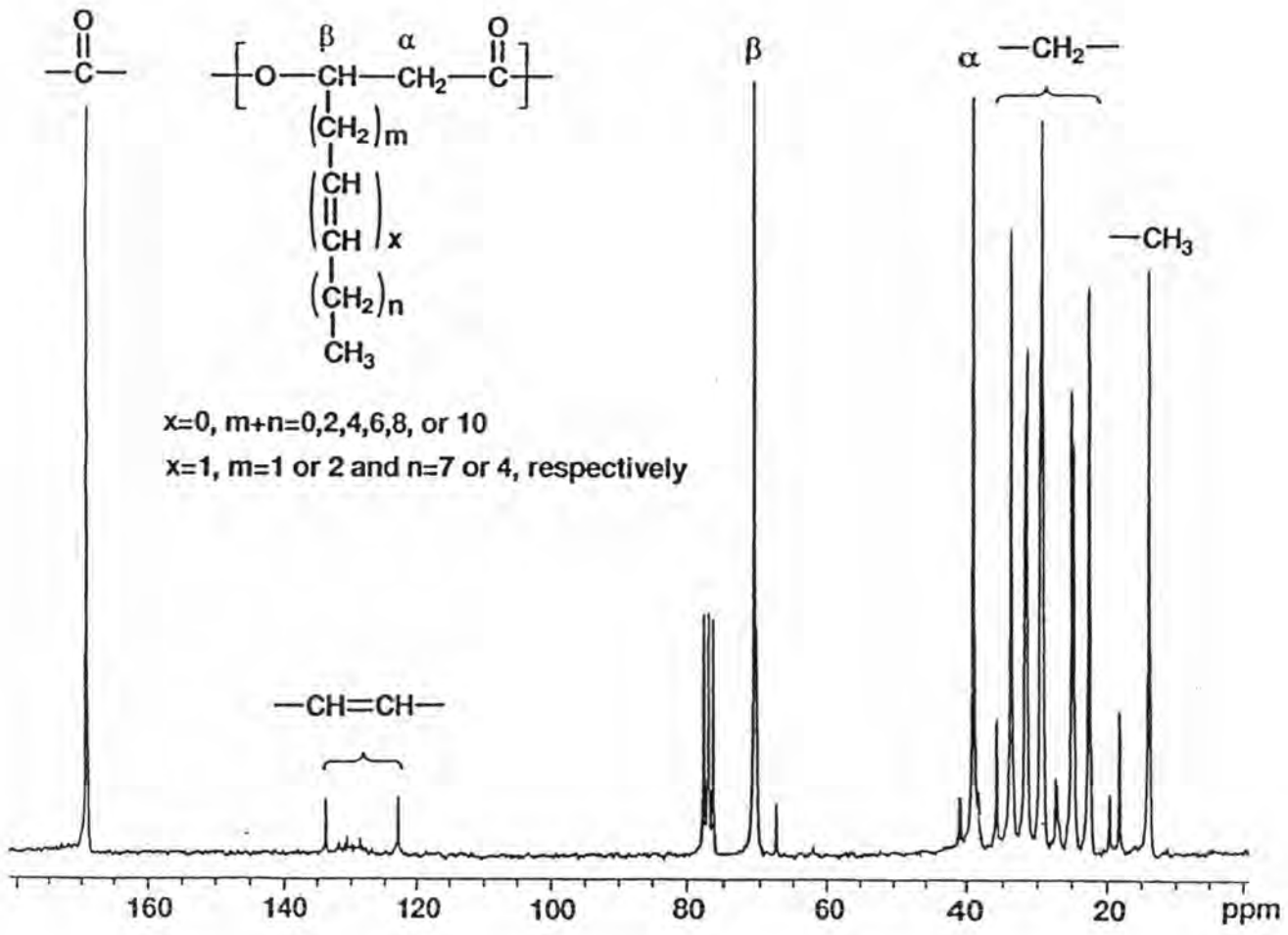
สเปกตรัมของโพลีเมอร์จากการเลี้ยง *P. putida* KT 2442 โดยใช้ กรดโอเลอิคเป็นแหล่งคาร์บอน (Eggink และคณะ, 1992)

ภาคผนวกที่ 2



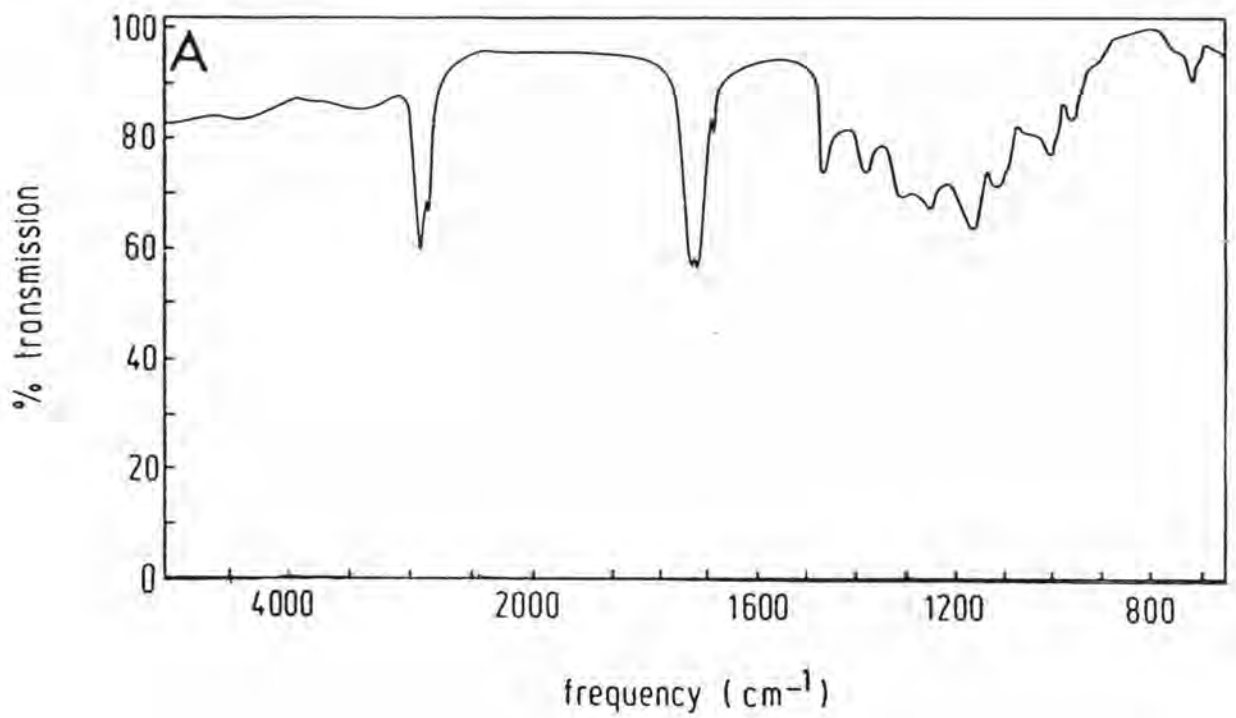
^{13}C- NMR สเปกตรัมของโพลีเมอร์จากการเลี้ยง *P. putida* PGA1 เมื่อใช้น้ำมันเมล็ดปาล์มที่ผ่านการสะพอนิฟายเป็นแหล่งคาร์บอน (Tan และคณะ, 1997)

ภาคผนวกที่ 3



^{13}C-NMR สเปกตรัมของโพลีเมอร์จาก *P. oleovorans* ที่ใช้ไขสัตว์เป็นแหล่งคาร์บอน (Cromwick และคณะ, 1996)

ภาคผนวกที่ 4



อินฟราเรด สเปกตรัมของ PHA จาก *P. oleovorans* ที่ใช้นอร์มัลออกเทน และออกทีนเป็นแหล่งคาร์บอน (Lageveen และคณะ, 1988)

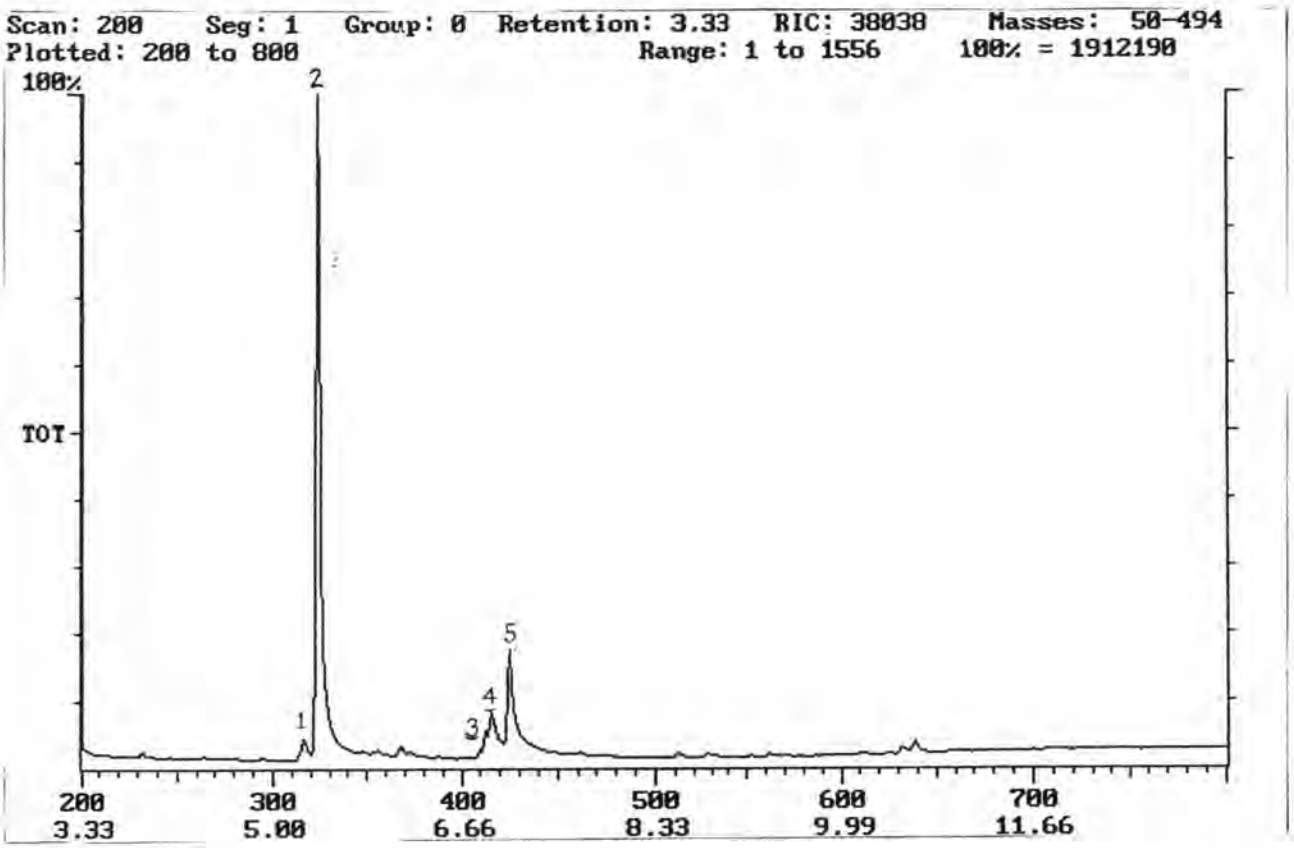
ภาคผนวกที่ 5

ปริมาณ PHA ต่อน้ำหนักเซลล์แห้งที่ผลิตโดย *Pseudomonas oleovorans* ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้ SCPO 2 มิลลิโมลาร์ เป็นแหล่งคาร์บอน

ชั่วโมงที่	น้ำหนักเซลล์แห้ง (g/L)	PHA (g/L)	%PHA
5	-	0.009	-
10	0.372	0.017	4.57
12	0.463	0.023	4.97
15	0.518	0.015	2.90
20	0.540	0.003	0.56
29	0.670	0.002	0.30

ภาคผนวกที่ 6

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี

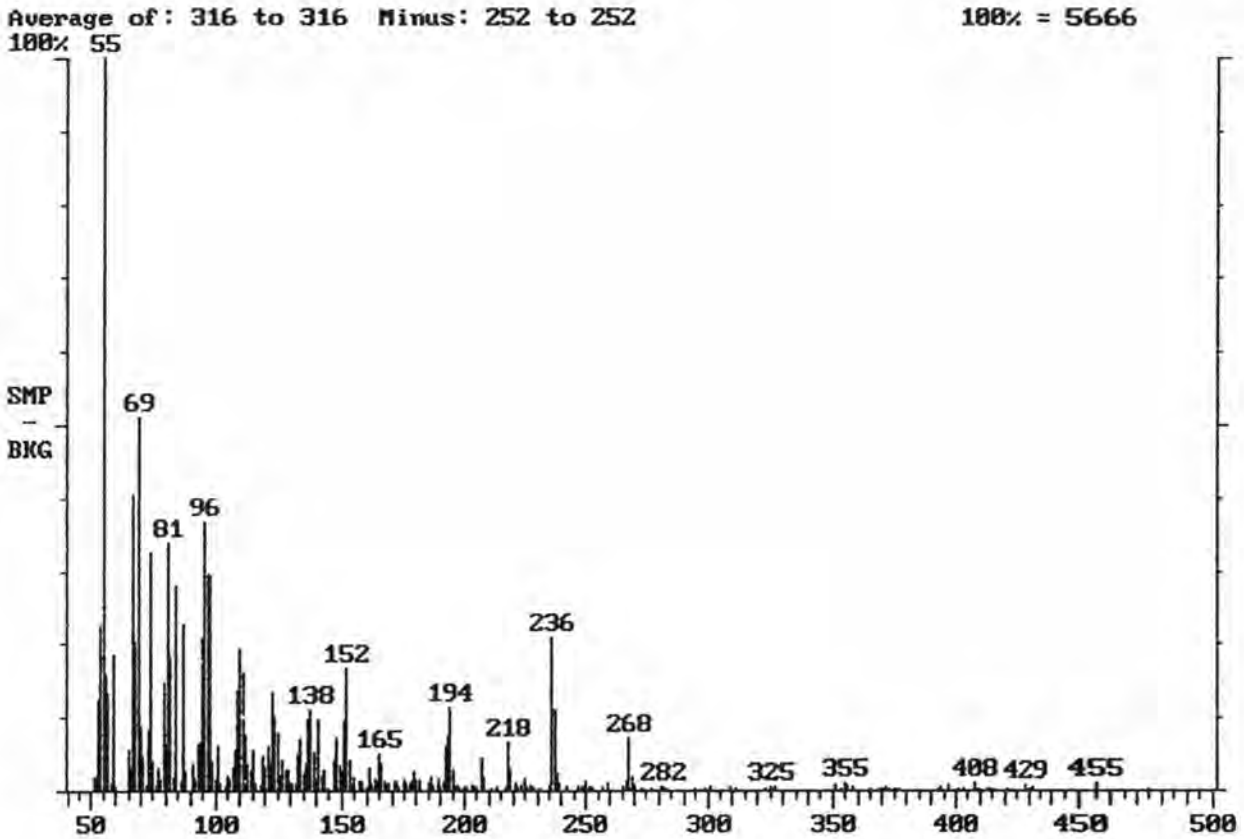


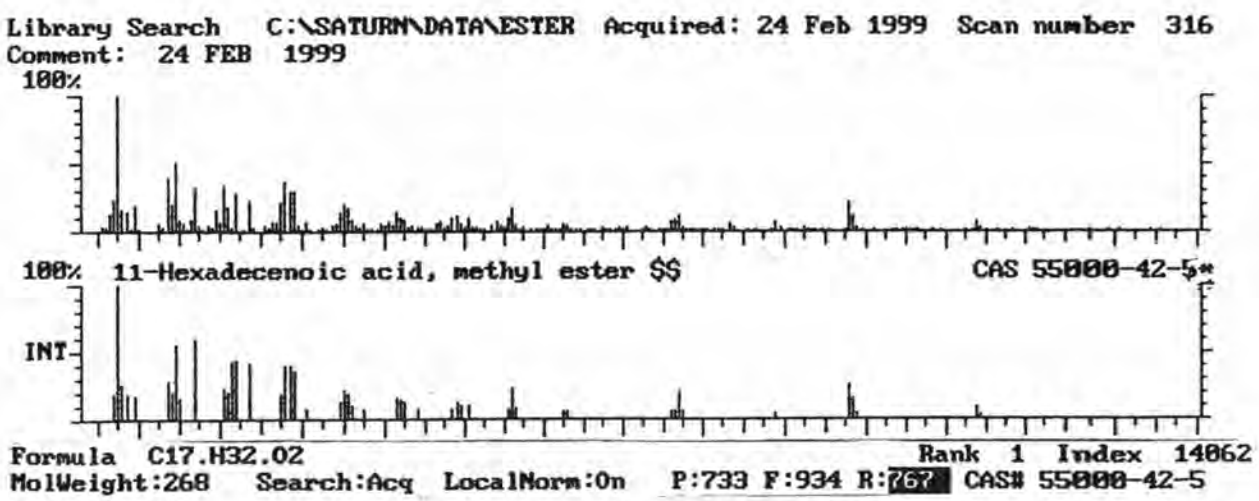
Integration Report

No	Name of Compound	R Time	Scan	% Peak Area
1	11- Hexadecenoic acid	5.26	316	2
2	Hexadecanoic acid	5.38	323	67
3	11- Octadecenoic acid	6.88	413	2
4	9-Octadecenoic acid	6.93	416	8
5	Octadecanoic acid	7.08	425	20

ภาคผนวกที่ 7

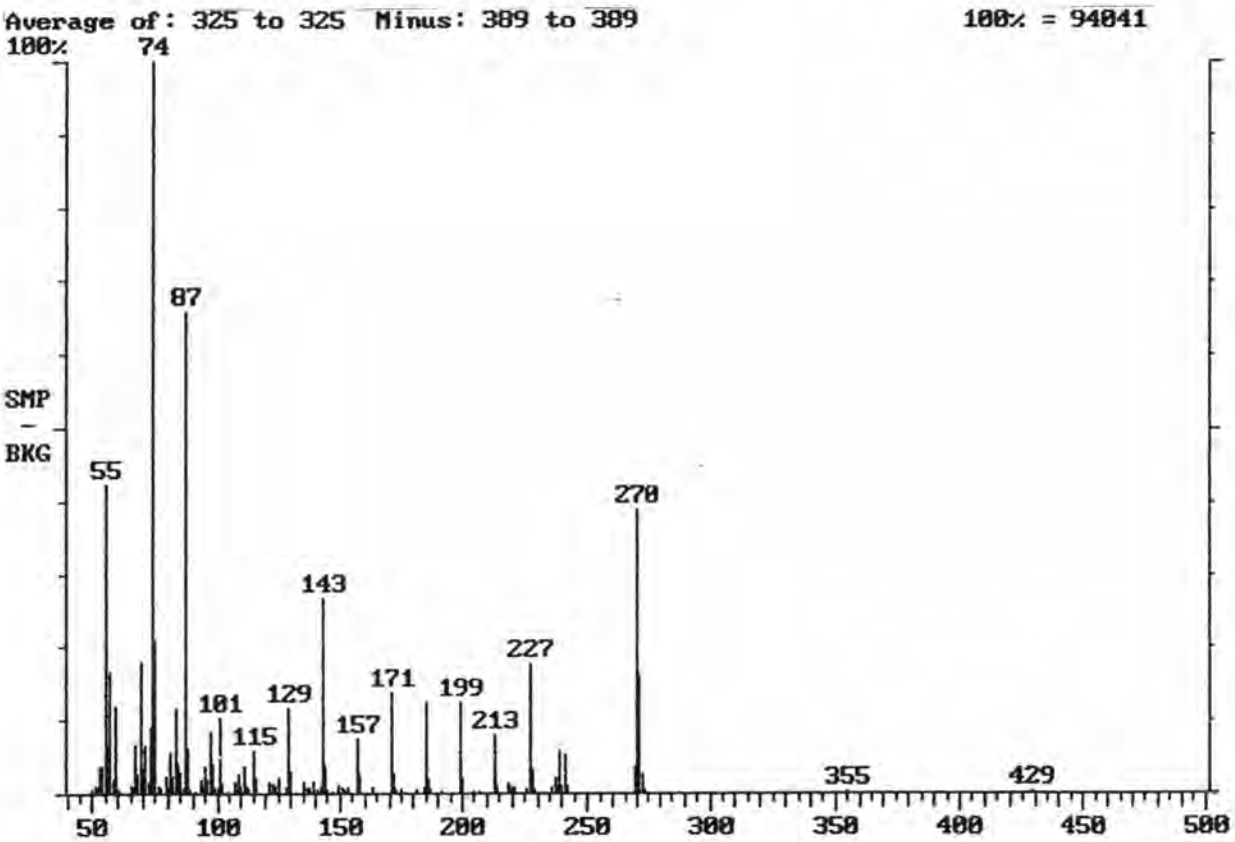
ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี

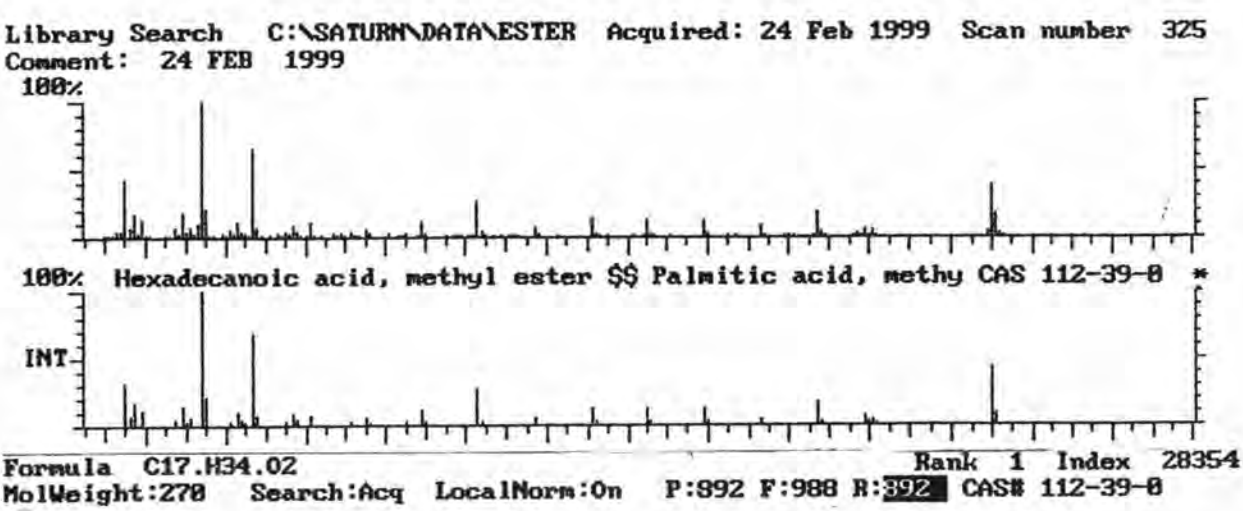




ภาคผนวกที่ 8

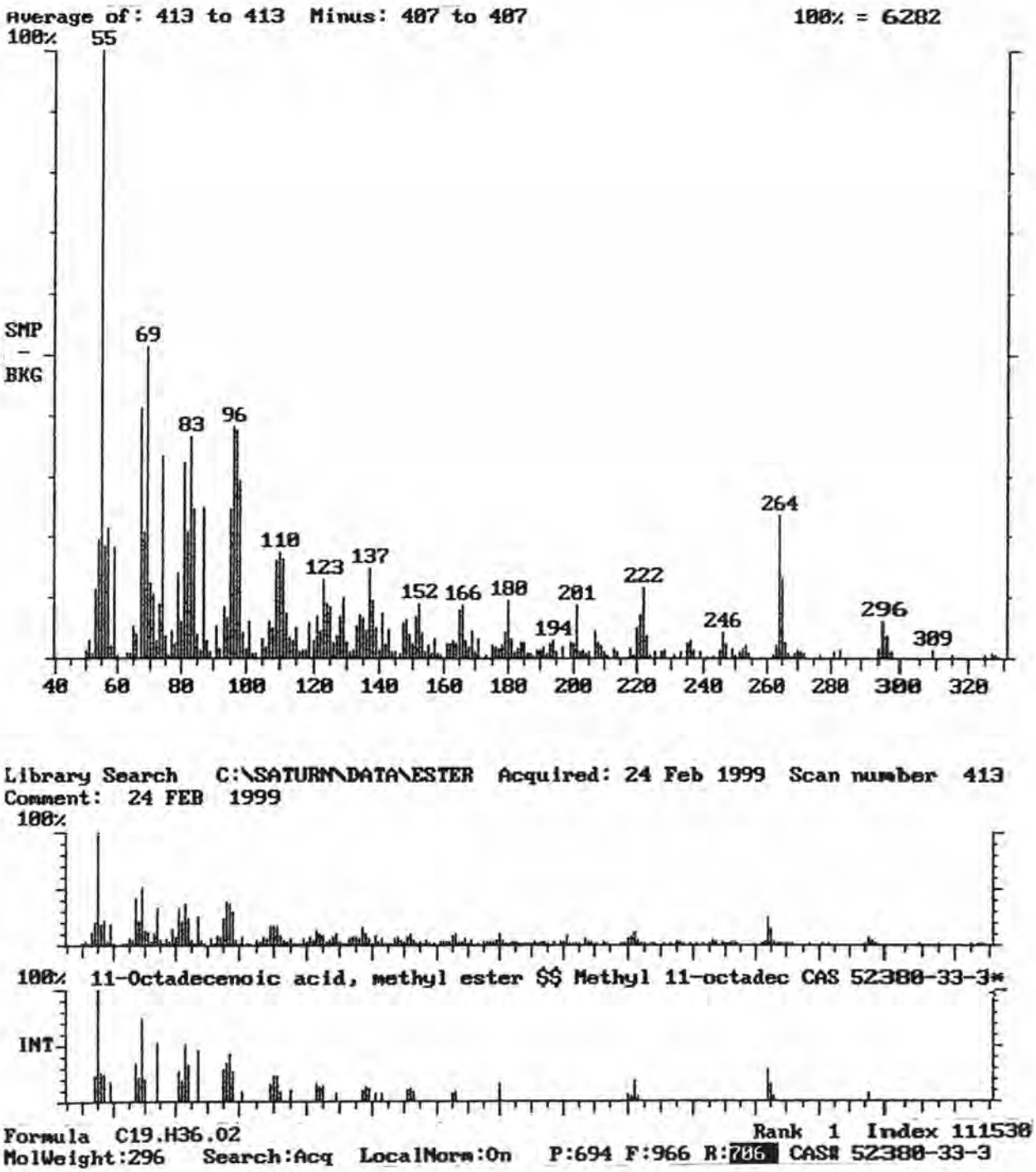
ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี





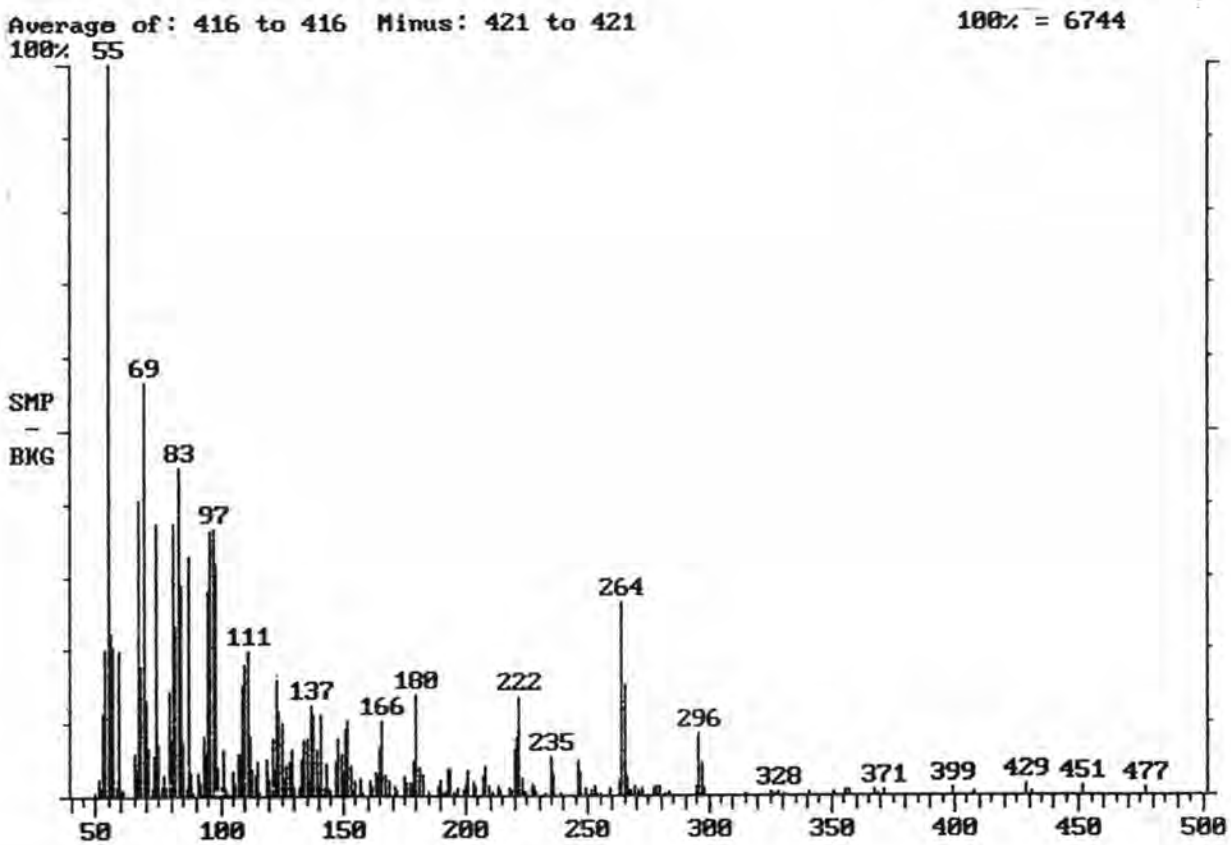
ภาคผนวกที่ 9

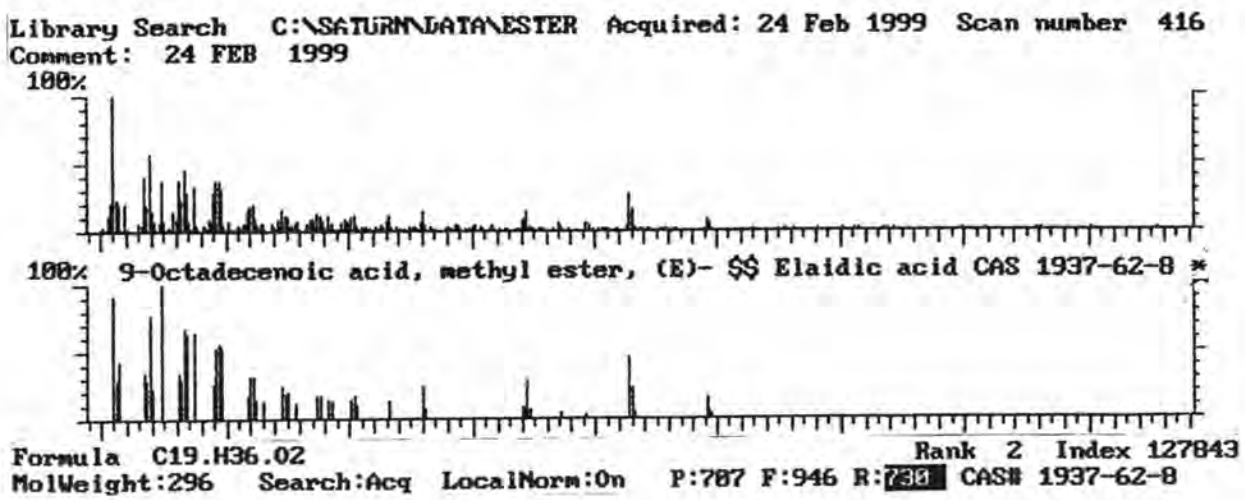
ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี



ภาคผนวกที่ 10

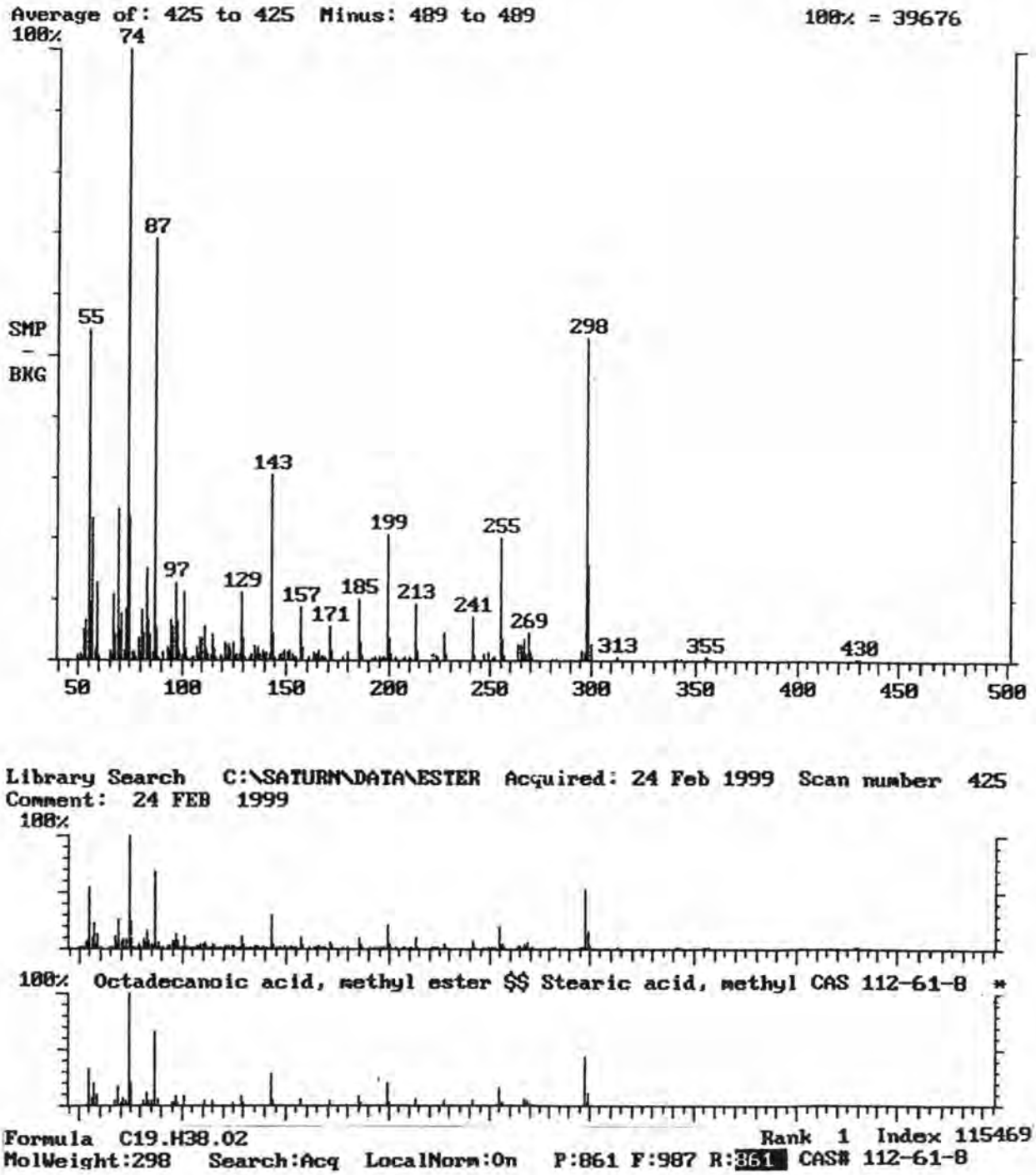
ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี





ภาคผนวกที่ 11

ผลการวิเคราะห์สัดส่วนโพลีเมอร์ โดย แก๊ส โครมาโตกราฟี- แมส สเปกโทรเมตรี

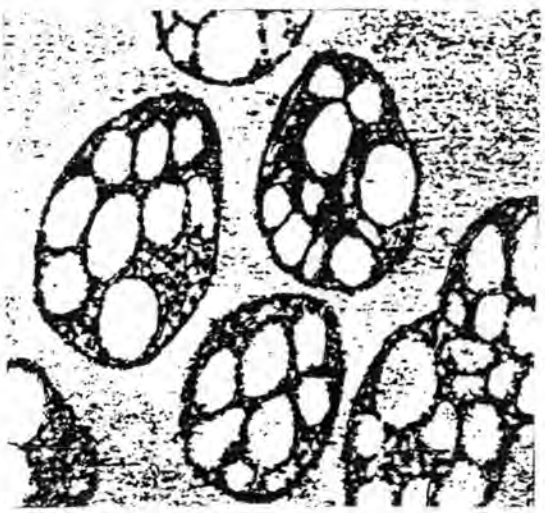


Carbon source		Relative monomer composition of PHA										Ref.
		C 6:0	C 7:0	C 8:0	C 9:0	C 10:0	C 11:0	C 12:0	C 12:1	C 14:0	C 14:1	
Hexane	C6	100										
Heptane	C7		100									
Octane	C8	11		89								
Nonane	C9		37		63							Lageveen
Decane	C10	10		66		24						et al. 1988
Undecane	C11		23		63		14					
Dodecane	C12	2		31		36		31				
Hexanoate	C6	81.5	0.7	17.5		0.3						
Heptanoate	C7	0.8	93.5	1.2	3.6	0.2	0.7					
Octanoate	C8	9.6		86.1		4.3						Brandl
Nonanoat	C9	1.1	31.2	6.1	58.4	2.8	0.4					et al. 1988
Decanoat	C10	19.6		62.9	1.4	11.1	3					
Octanol	C8	6		91		3						
Nonanol	C9		27		73							Haywood
Decanol	C10			63		37						et al. 1990
tallow FFA	C18	6		46		30		9	2	2	5	Cromwick et al. 1995

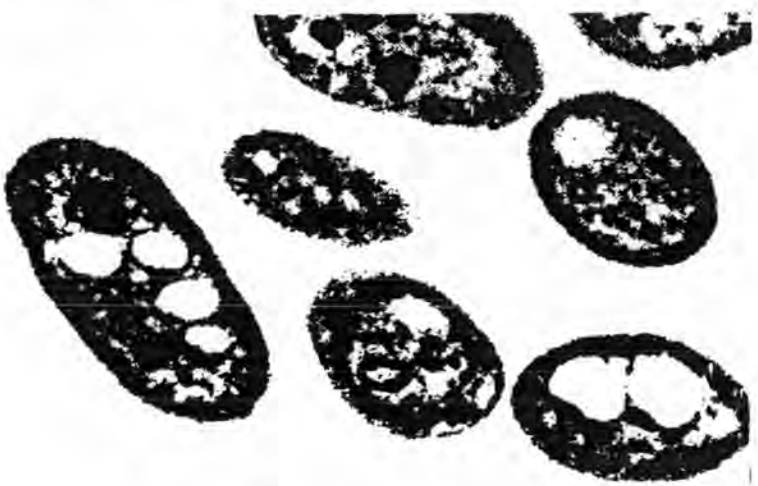
สัดส่วนโพลีเมอร์ของ PHA เมื่อเลี้ยง *P. oleovorans* ในแหล่งคาร์บอนชนิดต่าง ๆ

ภาคผนวกที่ 13-1

การสะสม PHA ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกัน



การสะสม PHA ใน *Alcaligenes eutrophus* (Holme, 1985)

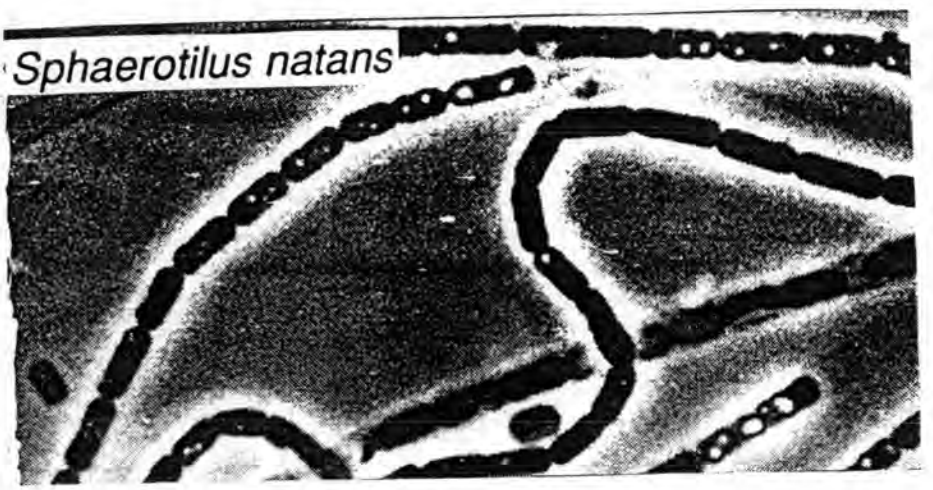


การสะสม PHA ใน *Pseudomonas aeruginosa* เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตรเกลือแร่ที่มี 1.5% กลูโคเนต ในภาวะจำกัดไนโตรเจน เป็นเวลา 96 ชั่วโมง

ที่มา : Novel Biodegradable Microbial Polymers p. 153

ภาคผนวกที่ 13-2

การสะสม PHA ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกัน



ภาพจากกล้องจุลทรรศน์แสดงกรานูลของ PHB ที่มีลักษณะใสอยู่ภายในเซลล์ของ *Sphaerotilus natans*

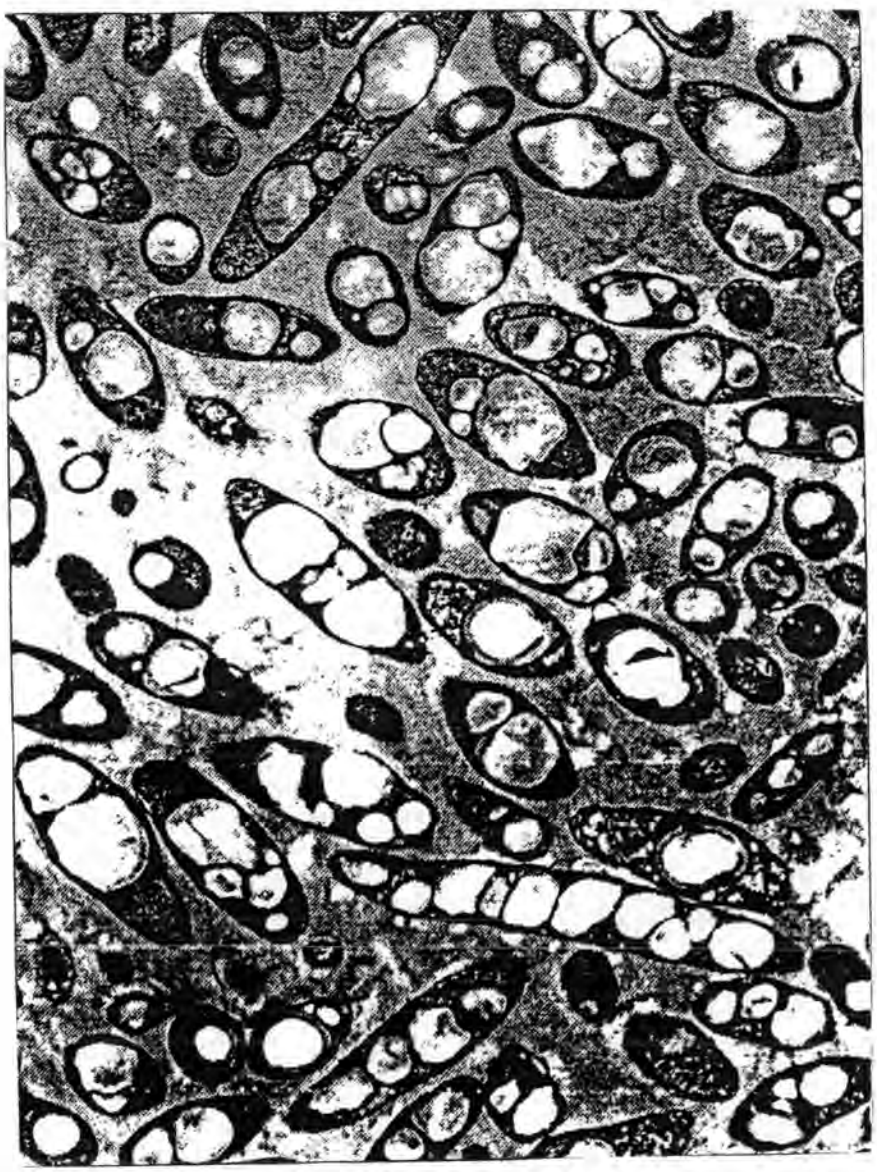
ที่มา : Holt และคณะ, 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (Ninth Ed.) p. 481

แสดงกรานูลของ PHB ในแบคทีเรียสกุล *Bacillus*

ที่มา : Larry Mckane and Judy Kandel 1985. Microbiology Essential and Applications 1985. p. 213.

ภาคผนวกที่ 13-3

การสะสม PHA ในจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกัน



ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดง *Escherichia coli* XL1-Blue (pSYL 105) ที่สะสมกรานูล PHB ในปริมาณมาก เส้นที่แสดงมีความยาวเท่ากับ 5 ไมครอน (Lee, 1995)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวภัทรพร มัตติกามัย เกิดวันที่ 29 กรกฎาคม 2517 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคนิคการแพทย์ จากคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2538 เข้าศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2539