

รายการอ้างอิง

- Afschar, A.S., Biebl, H., Schaller, K. and Schugerl, K. Production of acetone and butanol by *Clostridium acetobutylicum* in continuous culture with cell recycle. Appl Microbiol Biotechnol 22 (1985) : 394-398.
- Anderson, A. J., and Dawes, E. A. Occurrence, metabolism, metabolic role, and industrial uses of bacterial polyhydroxyalkanoates. Microbiological Reviews. 54 (1990) : 450-472.
- Ashwell, G. New calorimetric methods of sugar analysis. Method in Enzymology 8 (1966) : 85-98.
- Blatt, W. F., Dravid, A. S., Michaels, S., and Nelson, L. In Membrane Science and Technology. pp. 47-97. Plenum, New York., 1970.
- Brivonese, A. C., and Sutherland, I. W. Polymer production by a mucoid strain of *Azotobacter vinelandii* in batch culture. Appl. Microbiol. Biotechnol. 30 (1989) : 97-102.
- Byrom, D. Polymer synthesis by microorganisms : technology and economics. Trend in Biotechnology 5 (1987) : 246-250.
- Dawes, E. A., and Senior, P. J. The role and regulation of energy reserve polymer in microorganisms. Adv. Microbial. Physiol. 10 (1973) : 135-266.
- Evans, J. D. and Sikdar, S.K. Biodegradable plastics : An idea whose time has come?

- Chemtech (1990) : 38-42.
- Griffin, G. J. L. Chemistry and Technology of Biodegradable polymers., London : Blackie Academic and Professional.,1994 : 57-61.
- Heinzle, E., and Lafferty, R. M. A kinetic model for growth and synthesis of poly- β -hydroxybutyric acid (PHB) in *Alcaligenes eutrophus* H16. European J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 11 (1980) : 8-16.
- Hemert, Jr. P. A. and Tiesjema, R. H. Safety Aspects of Closed-System Filtration and Ultrafiltration in Vaccine Production. Swiss Biotech. 5 (1987) : 13-18.
- Holmes, P. A. Applications of PHB—a microbially produced biodegradable thermoplastic. Phys. Technol. 16 (1985) : 32-36.
- Jackson, F. A. and Dawes, E. A. Regulation of the tricarboxylic acid cycle and poly- β -hydroxybutyrate metabolism in *Azetobacter beijerincki* grown under nitrogen or oxygen limitation. Journal of General Microbiology. 97 (1976) : 303-312.
- Janssens, J. H., Bernard, A. and Bailly, R. B. Ethanol from Whey : Continuous Fermentation with Cell Recycle. Biotechnology and Bioengineering 26 (1984) : 1-5.
- Kawaguchi, Y. and Doi, Y. Kinetics and Mechanism of Synthesis and Degradation of Poly(3-hydroxybutyrate) in *Alcaligenes eutrophus*. Macromolecule 25 (1992) : 2324-2329.
- Kim, B. S., Lee, S. C., Lee, S. Y., Chang, H. N., Chang, Y. K. and Woo, S. I. Production of Poly(3-Hydroxybutyric Acid) by Fed-Batch Culture of *Alcaligenes eutrophus* with

- Glucose Concentration Control. Biotechnology and Bioengineering 43 (1994) : 892-898.
- Kim, S. W., Kim, P., Lee, H. S. and Kim, J. H. High Product of Poly- β -hydroxybutyrate (PHB) from *Methylobacterium organophilum* under Potassium limitation. Biotechnology letters. 18 (1996) : 25-30.
- Lemoigne, M. Products of dehydration and of polymerization of β -hydroxybutyric acid. Bull. Soc. Chem. Biol. 8 (1926) : 770-782.
- Lee, I. Y., Nam, S. W., Choi, E. S., Chang, H. N. and Park, Y. H. Production of Poly- β -Hydroxybutyrate and Measurement of Related Enzyme Activities in *Alcaligenes eutrophus*. J. Fermentation and Bioengineering 76 (1993) : 416-418.
- Lee, S. Y. Review Bacterial Polyhydroxyalkanoates. Biotechnology and Bioengineering 49 (1996) : 1-14.
- Mathlouthi, M. Food Packaging and Preservation., London : Blakie Academic and Professional. 1992 : 182-194.
- Moo-Young, M. Comprehensive Biotechnology. Vol 2., New York : Pergamon Press, 1985 : 411-438.
- Muenduen, P. Application of Ultrafiltration for Improvement Productivity in Continuous Acetone-Butanol Fermentation. Master 's Thesis. Chulalongkorn University, (1989).
- Oeling, V., and Schelgel, H. G. β -ketothiolase from *Hydrogenomonas eutropha* H16 and its

- significance in the regulation of poly- β -hydroxybutyrate metabolism Biochem. J. 134 (1973) : 239-248.
- Page, W.J., and Knosp, O. Hyperproduction of poly- β -hydroxybutyrate during exponential growth of *Azotobacter Vinelandii* UWD. Applied and Environmental Microbiology. 55 (1989) : 1334-1339.
- Pierrot, P., Fick, M., and Engasser, J. M. Continuous acetone-butanol fermentation with high productivity by cell ultrafiltration and recycling. Biotechnology Letters 8 (1986) : 253-256.
- Ramsay, B. A., Ramsay, J. A. and Cooper, D. G. Production of Poly- β -hydroxyalkanoic Acid by *Pseudomonas cepacia*. Applied and Environmental Microbiology. 55 (1989) : 584-589.
- Rogers, P. L., Lee, K. J. and Tribe, D. E. High productivity ethanol fermentations with *Zymomonas mobilis*. Process Biochem. Aug/Sept. (1980) : 7-11.
- Schlegel, H.G., Lafferty, R., and Krauss, I. The isolation of mutants not accumulating poly- β hydroxybutyric acid. Arch. Microbiol. 71 (1970) : 283-294.
- Schlote, D. and Gottschall, G. Effect of cell recycle on continuous butanol-acetone fermentation with *Clostridium acetobutylicum* under phosphate limitation. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24 : 1-5.

- Schubert, P., Steinbüchel, A., and Schlegel, H. G. Cloning of the *Alcaligenes eutrophus* gene for the synthesis of poly- β -hydroxybutyric acid (PHB) and synthesis of in *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 170 (1988) : 5837-5847.
- Senior, P. J. and Dawes, E. A. The regulation of Poly- β -hydroxybutyrate metabolism in *Azobacter beijerinckii* J. Biochem 134 (1973) : 225-238.
- Siddiqui, P. J. A. Beraman, B. Bjorkman, P-O. and Carpenter, E. J. Ultrastructural and chemical assessment of poly- β -hydroxybutyric acid in the marine cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. FEMS Microbiology Letter. 94 (1992) : 143-148.
- Sonnleitner, B., Heinzle, E., Brauneggy, G., and Lafferty, R. M. Formal Kinetics of poly- β -hydroxybutyric acid (PHB) production in *Alcaligenes eutrophus* H16 and *Mycoplama rubra* R14 with respect to the dissolved oxygen tension in ammonium-limited batch cultures. European J. Appl. Microbio. Biotechnol. 7 (1978) : 1-10.
- Steinbüchel, A., and Schlegel, H. G. Excretion of pyruvate by mutants of *Alcaligenes eutrophus*, which are impaired in the accumulation of poly(β -hydroxybutyric acid) (PHB), under conditions permitting synthesis of PHB. Appl. Microbiol. Biotechnol. 31 (1989) : 168-175.
- Suzuki, T., Yamane, T. and Shinizu, S. Mass production of poly- β -hydroxybutyric acid by fully automatic fed-batch culture of methylotroph. Appl. Microbiol. Biotechnol. 23 (1986) : 322-329.

- _____. Kinetics and effect of nitrogen source feeding on production of poly- β -hydroxybutyric acid by fed-batch culture. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24 (1986) : 366-369.
- _____. Mass production of poly- β -hydroxybutyric acid by fed-batch culture with controlled carbon/nitrogen feeding. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24 (1986) : 370-374.
- Taidi, B., Anderson, A. J., Dawes, E. A. and Byrom, D. Effect of carbon source and concentration on the molecular mass of poly(3-hydroxybutyrate) produced by *Methylobacterium extorquens* and *Alcaligenes eutrophus*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 40 (1994) : 786-790.
- Tanaka, K. and Ishizaki, A. Product of poly (D-3-hydroxybutyrate) from CO₂, H₂ and O₂ by high cell density autotrophic cultivation of *Alcaligenes eutrophus*. Biotechnology and Bioengineering. 45 (1995) : 268-275.
- Ward, A. C., Rowley, B. I. and Dawes, E. A. Effect of oxygen and nitrogen limitation on poly- β -hydroxybutyrate biosynthesis in ammonium-grown *Azotobacter beijerinckii*. Journal of General Microbiology 10 (1977) : 61-68.

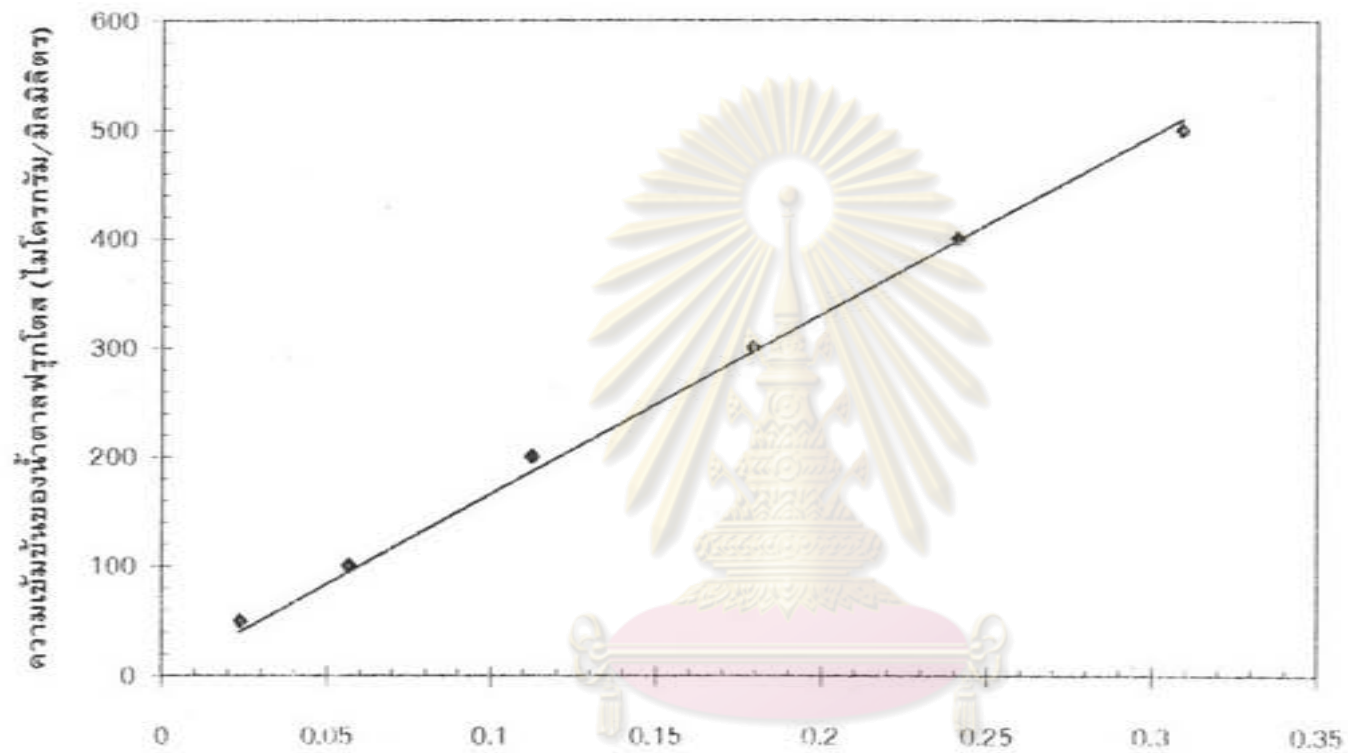
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



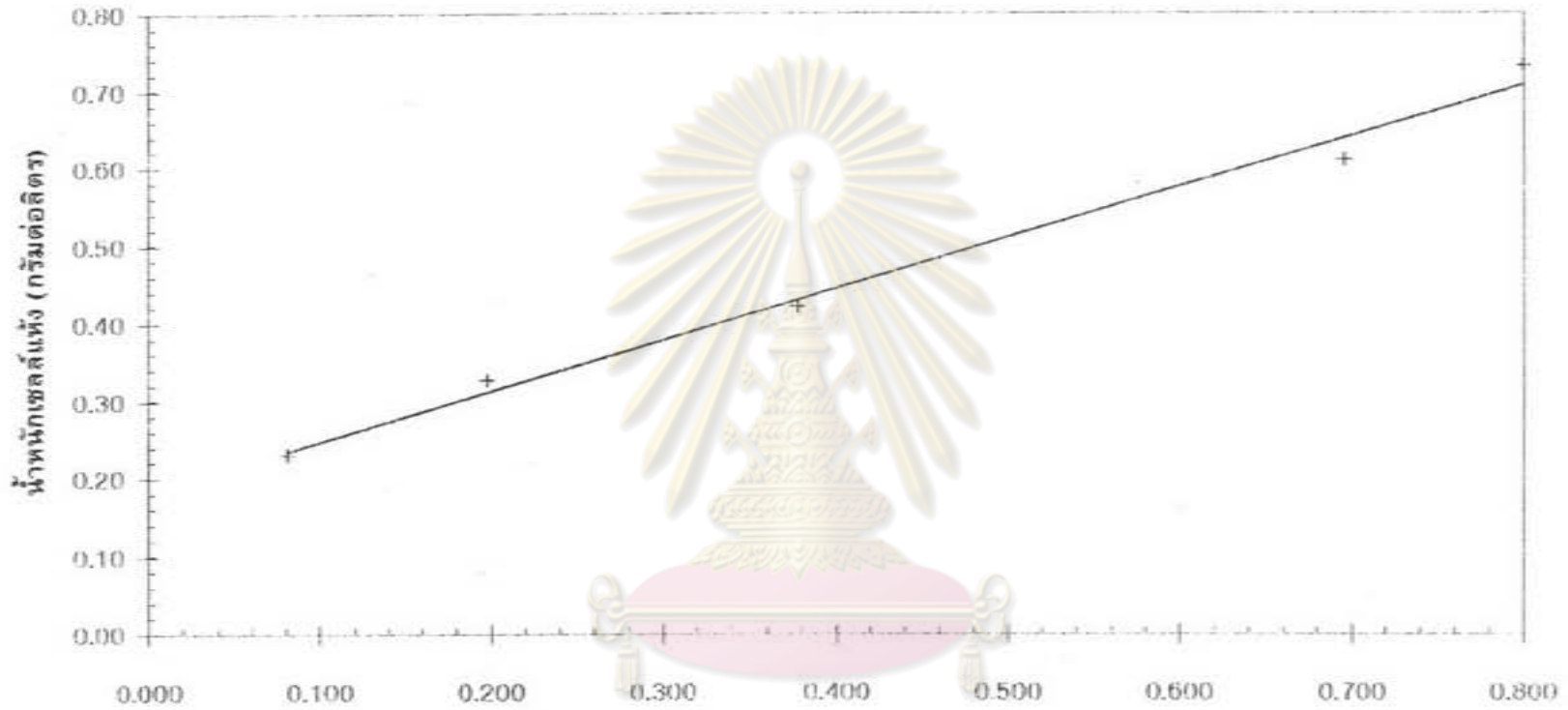
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



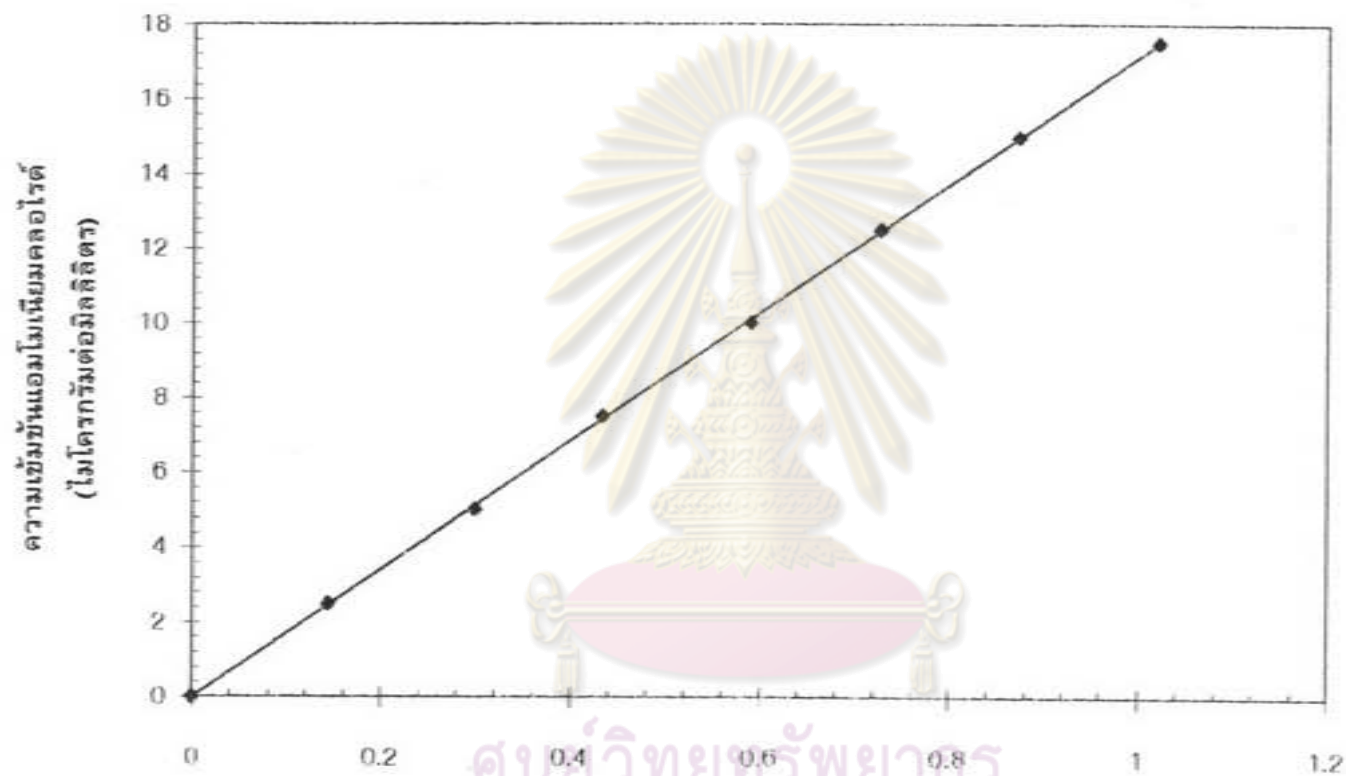
ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

รูปที่ ๓.๑ แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณฟรุทโทส

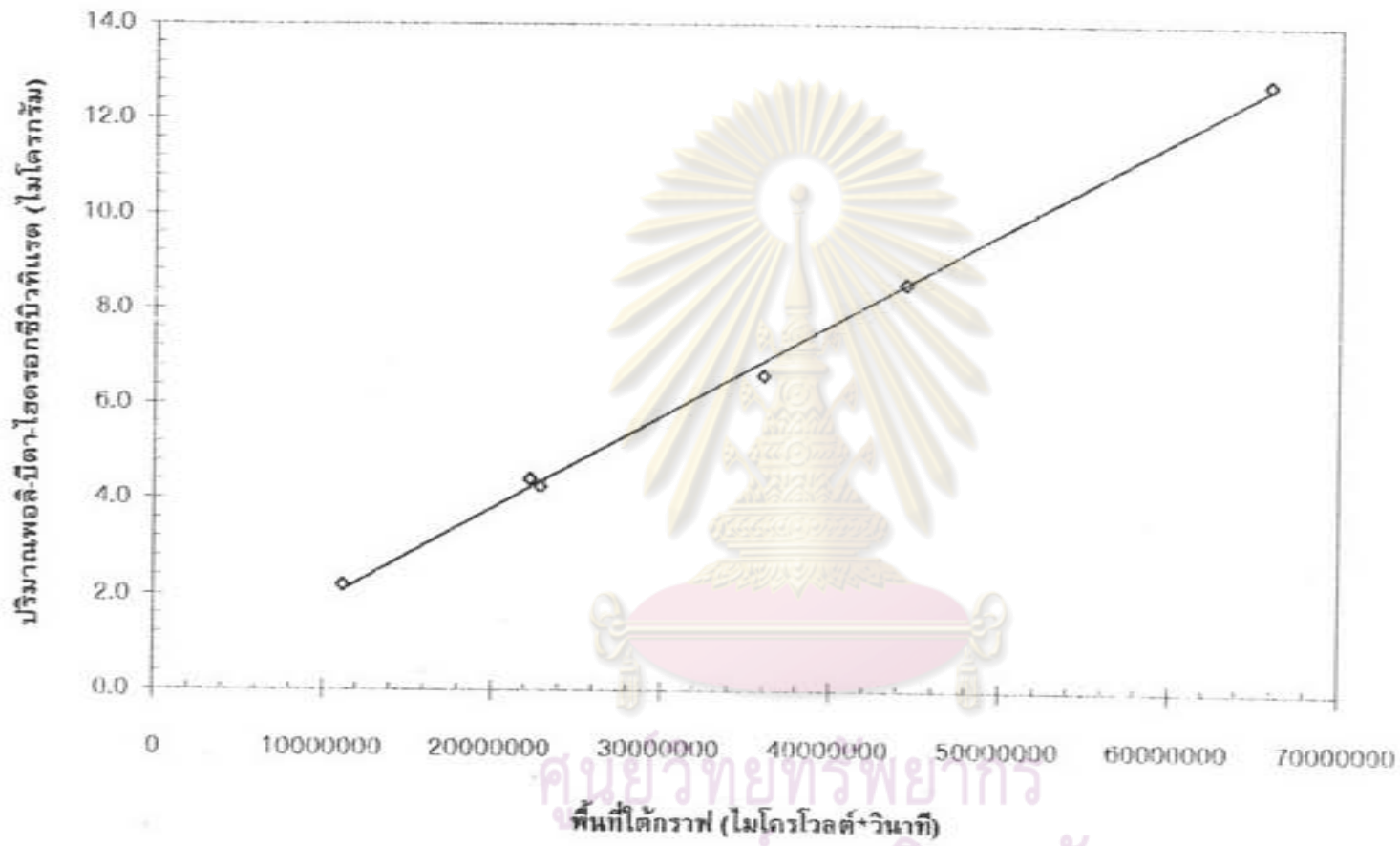
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร
 รูปที่ ก2 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณน้ำหนักเซลล์แห้ง
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 รูปที่ ก3 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน



รูปที่ ๓4 แสดงกราฟมาตรฐานสำหรับหาปริมาณ PHB



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดค่าความดันขาเข้า

ค่าความดันขาเข้าที่วัดได้จากมาตรวัดความดัน ควรมีความดันมากกว่าศูนย์ อย่างน้อยควรมีค่าเท่ากับความดันลดในท่อ (ΔP) ซึ่งอาจลองคำนวณดูได้ดังนี้

1. ท่อสเตนเลสที่ใช้เป็นตัวรองรับ (housing) ตัวกรองเซรามิก

จาก
$$\Delta P = \frac{4fL\rho v^2}{D}$$

$$D = 3.18 \text{ cm} \quad \rho = 995 \text{ kg/m}^3 \quad L = 0.85 \text{ m} \quad F = 0.4 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$v = \frac{F}{A} = 9.74 \times 10^{-2} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{D\rho v}{\mu} = \frac{3.18 \times 995 \times 9.74 \times 10^{-2}}{8.937 \times 10^{-4}} = 4152.33$$

$$f = 0.0154$$

$$\Delta P = 12.97 \text{ Pa} = 1.297 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$$

2. ท่อ commercial steel

มีค่า $\epsilon = 0.00015$ ได้ค่า $\epsilon/D = 0.0012$ อ่านค่า f จากกราฟ $f = 0.042$

$$\Delta P = 35.38 \text{ Pa} = 3.538 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$$

3. ท่อ riveted steel

มีค่า $\epsilon = 0.003$ ได้ค่า $\epsilon/D = 0.023$ อ่านค่า f จากกราฟ $f = 0.056$

$$\Delta P = 47.17 \text{ Pa} = 4.717 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$$

จะเห็นได้ว่าหากท่อมีความขรุขระเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความดันลดเพิ่มขึ้น ดังนั้นในท่อดลองที่ความดันขาเข้าดันค่าต่างๆ จึงควรมีการแสดงเครื่องหมายบวก เพื่อบอกให้ทราบว่ามีความดันเกิดขึ้นแต่มาตรวัดความดันเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

การคำนวณค่าอัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน

มวลโมเลกุลของฟรุกโตสเท่ากับ 180 กรัมต่อโมล

มวลโมเลกุลของแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 132 กรัมต่อโมล

ยกตัวอย่างเช่นใช้ฟรุกโตส 8.48 กรัมต่อลิตร และแอมโมเนียมซัลเฟตเท่ากับ 2 กรัม

ต่อลิตร

$$\text{อัตราส่วนโดยโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน} = \frac{(8.48)(72) / 180}{(2)(28) / 132} = 8$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข1 แสดงผลของความดันขาเข้า, อัตราเร็วในกระแสนวนเซลล์กลับ และความเข้มข้นของเซลล์ ที่มีต่อค่าเพอมีเอชันฟลักซ์

ชนิดของของเหลว	ความดันขาเข้า (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	อัตราเร็วในกระแสนวน เซลล์กลับ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการไหลของเพอมีเอต (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) $\times 10^{-3}$	เพอมีเอชันฟลักซ์ (เมตรต่อชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
น้ำกรอง	0.0 ⁺	0.4	13.20	6.5025
	0.0 ⁺	0.5	14.76	7.2709
	0.0 ⁺	0.6	18.36	9.0443
	0.2 ⁺	0.4	28.08	13.8325
	0.4 ⁺	0.4	42.60	20.9852
	0.6 ⁺	0.4	56.16	27.6650
	0.8 ⁺	0.4	70.68	34.8177
น้ำหมักที่มี ความเข้มข้นเซลล์ 2.57 กรัมต่อลิตร	0.0 ⁺	0.4	1.98	0.9754
	0.0 ⁺	0.5	2.46	1.2118
	0.0 ⁺	0.6	3.06	1.5074
	0.2 ⁺	0.4	2.22	1.0936
	0.4 ⁺	0.4	2.40	1.1823
	0.6 ⁺	0.4	2.52	1.2414
	0.8 ⁺	0.4	2.58	1.2709

ตารางที่ ข2 แสดงผลของความดันขาเข้า, อัตราเร็วในกระแสวิวนเซลล์กลับ และความเข้มข้นของเซลล์ ที่มีต่อค่าเพอมีเอชันฟลักซ์

ชนิดของของเหลว	ความดันขาเข้า (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	อัตราเร็วในกระแสวิวน เซลล์กลับ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	อัตราการไหลของเพอมีเอต (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) $\times 10^{-3}$	เพอมีเอชันฟลักซ์ (เมตรต่อชั่วโมง) $\times 10^{-2}$
น้ำหมักที่มี ความเข้มข้นเซลล์ 7.64 กรัมต่อลิตร	0.0 ⁺	0.4	1.62	0.7980
	0.0 ⁺	0.5	2.10	1.0345
	0.0 ⁺	0.6	2.66	1.3123
	0.2 ⁺	0.4	1.98	0.9754
	0.4 ⁺	0.4	2.16	1.0640
	0.6 ⁺	0.4	2.22	1.0936
	0.8 ⁺	0.4	2.28	1.1232
น้ำหมักที่มี ความเข้มข้นเซลล์ 15.00 กรัมต่อลิตร	0.0 ⁺	0.4	1.50	0.7389
	0.0 ⁺	0.5	1.92	0.9458
	0.0 ⁺	0.6	2.52	1.2414
	0.2 ⁺	0.4	1.86	0.9163
	0.4 ⁺	0.4	2.04	1.0049
	0.6 ⁺	0.4	2.16	1.0640
	0.8 ⁺	0.4	2.16	1.0640

ตารางที่ ข3 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PNB เมื่อใช้ฟรุกโตสเป็นแหล่งคาร์บอน

ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของโมโคเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุกโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PNB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PNB	ผลได้ของเซลล์จากสาขาทหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุกโตส)	ผลได้ของผลิตภัณฑ์จากสาขาทหาร (กรัม PNB ต่อกรัมฟรุกโตส)
4	3.33	1.37	0.00	4.00	0.49	14.62	0.710	0.122
6	4.19	0.74	0.50	5.50	0.66	15.66	0.641	0.119
8	5.21	0.65	0.83	7.17	0.88	16.99	0.602	0.123
10	3.98	0.77	3.97	6.03	0.72	18.19	0.540	0.120
12	4.04	0.86	5.62	6.38	0.51	12.73	0.552	0.080
14	3.59	0.94	8.76	5.24	0.26	7.35	0.635	0.050
16	0.82	0.88	12.56	3.44	0.04	4.51	0.227	0.011
18	0.47	0.70	15.53	2.47	0.00	0.00	0.190	0.000
20	0.42	1.15	18.50	1.50	0.00	0.00	0.284	0.000

ตารางที่ ข4 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PNB เมื่อใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน

ปริมาณกลูโคส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ โมโคเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคสที่เหลือ (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณกลูโคสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PNB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PNB	ผลได้ของเซลล์จากสาขาทหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมกลูโคส)	ผลได้ของผลิตภัณฑ์จากสาขาทหาร (กรัม PNB ต่อกรัมกลูโคส)
4	0.85	1.94	2.70	1.30	0.00	0.49	0.648	0.003
6	1.04	1.77	4.70	1.30	0.01	0.79	0.791	0.006
8	1.60	15.28	5.70	2.30	0.03	1.85	0.682	0.013
10	1.81	1.68	6.80	3.20	0.07	3.63	0.544	0.021
12	1.99	1.15	8.40	3.60	0.08	3.96	0.530	0.022
14	3.13	1.73	10.00	4.00	0.20	6.48	0.732	0.051
16	3.21	1.29	11.30	4.70	0.21	6.39	0.640	0.044
18	3.26	1.24	13.20	4.80	0.25	7.61	0.628	0.052
20	3.45	1.24	14.60	5.40	0.26	7.58	0.590	0.048

ตารางที่ ข5 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้ฟรุคโตส 8 กรัมต่อลิตร แล้วแปรผันความเข้มข้นของแอมโมเนียม 0 ถึง 2 กรัมต่อลิตร

อัตราส่วนโมลระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน	น้ำหนักของเซลล์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุคโตสที่เติม (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุคโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุคโตส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมฟรุคโตส)
-	0.77	0.02	4.79	3.21	0.08	9.99	0.22	0.02
150.86	1.94	0.07	3.47	4.53	0.37	19.29	0.35	0.08
30.17	4.52	0.14	0.66	7.34	0.97	21.51	0.48	0.13
15.09	6.36	0.22	0.50	7.50	1.02	16.04	0.71	0.14
10.06	6.54	0.51	0.66	7.34	1.06	16.14	0.75	0.14
7.54	5.25	0.84	0.99	7.01	1.02	16.85	0.60	0.15

ตารางที่ ข6 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อใช้ฟรุคโตส 8 กรัมต่อลิตร แล้วแปรผันความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น

ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น	น้ำหนักของเซลล์ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุคโตสที่เติม (กรัมต่อลิตร)	ปริมาณฟรุคโตสที่ใช้ (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB	ผลได้ของเซลล์จากสารอาหาร (กรัมเซลล์ต่อกรัมฟรุคโตส)	ผลได้ของผลิตผลจากสารอาหาร (กรัม PHB ต่อกรัมฟรุคโตส)
6	0.97	1.85	3.80	4.20	0.07	7.05	0.22	0.02
6.5	1.76	1.36	4.13	3.87	0.15	9.06	0.41	0.04
7	5.30	1.01	0.99	7.01	1.02	16.85	0.61	0.15
7.5	6.73	0.76	0.00	8.00	1.05	15.56	0.71	0.13
8	3.68	0.58	0.00	8.00	0.50	13.47	0.40	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข7 แสดงค่าการเจริญเติบโต และการผลิต PHB เมื่อแปรผันปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้นต่าง ๆ กัน

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 0.67 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	6.67	0.46	2.35	0.00	0.81
6	6.00	1.07	2.13	0.07	6.79
12	0.07	7.22	2.31	0.65	8.04
18	0.11	6.30	5.45	0.30	4.74
24	0.11	6.28	2.67	0.19	3.01

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 8.19 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	8.19	0.53	0.66	0.03	5.36
6	7.13	0.99	0.93	0.00	0.41
12	0.14	7.76	-	0.36	4.60
18	0.12	6.93	0.84	0.64	9.26
24	0.05	6.82	0.60	0.26	4.14

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 9.40 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	9.40	0.42	1.93	0.04	8.88
6	8.72	0.84	2.50	0.00	0.21
12	1.74	7.24	2.28	0.45	6.16
18	0.65	7.29	2.77	0.69	6.11
24	0.31	7.29	2.97	0.27	3.77

ปริมาณฟรุกโตสเริ่มต้น 11.16 กรัมต่อลิตร

เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาณฟรุกโตส (กรัมต่อลิตร)	น้ำหนักเซลล์แห้ง (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (กรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของ PHB (กรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ PHB
0	11.16	0.55	2.25	0.00	0.33
6	10.49	1.02	2.01	0.05	4.69
12	2.61	7.35	3.50	0.63	8.34
18	0.16	7.89	3.56	0.58	7.36
24	0.16	7.33	3.56	-	-

ประวัติผู้เขียน

นาย อภิชาติ แสงรุ่งเรืองกิจ เกิดวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2514 สำเร็จการศึกษาระดับ
มัธยมปลายที่โรงเรียนทวีธาภิเศก และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา
เทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2535



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย