รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ประเสริฐ หาญใจเมือง. 2537. การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยแล้วด้วยยีสต์ *Candida oleophila* C-73 . วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พระราชบัญญัติมาตรฐานอุตสาหกรรม (กรดซิตริก) พ.ศ. 2535. ราชกิจจานุเบกษา 109 (15 ธันวาคม 2535):2.

เรวดี เลิศไตรรักษ์.2535. กรดมะนาวจากนอร์มัล พาราฟินส์โดยวิธีการหมักในอาหารเหลวด้วยยีสต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วาสนา แย้มเกตุ. 2540. การผลิตกรดมะนาวในระดับขยายส่วนโดย *Candida oleophila* C-73. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมศักดิ์ นาคซื่อตรง. 2537. การปรับปรุงสายพันธ์ *Candida oleophila* C-73 เพื่อผลิตกรดมะนาว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Abou – Zeid, A.A., and Ashy, M.A. 1984. Production of citric acid : A review. Agricultural Wastes. 9(1) : 51-76.

Aiba, S. and Matsuoka. N. 1979. Identification of metabolic model : citrate production from glucose by *Candida lipolytica*. Biotechnology and Bioengineering 21 : 1373–1386.

Asenjo, J.A., Szuhay, J. and Chiu, D. 1982. Growth and citric acid production by *Candida guilliermondii* using a cellulose substrate. Biotechnology and Bioengineering Symp. 12 : 111-120.

Bernfeld, P. 1955. Amylases, α and β In Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. (eds.), Method in Enzymology, vol 3, pp. 149-150. New York : Acadamic Press.

Bouchard, E.F., and Merritt, E.F. 1979. Kirk-Other Encyclopedia of Chemical Technology. Vol.6, pp. 150-179. New York : John Wiley & Sons.

Cassio, F., and Leao, C. 1991. Low-and high-affinity transport systems for citric acid in the yeast *Candida utilis*. Applied and Environmental Microbiology.57(12): 3623-3628.

Enzminger, J.D., Asenjo, J.A. 1986. Use of cell recycle in the aerobic fermentative production of citric acid by yeast. Biotechnol. Lett. 8: 7-12.

Fired, J.H. 1972. Method of producing citric acid by fermentation. US patent. 3,632,476.

Furukawa, T., Matsuyoshi, T., Minoda, Y. and Yamada, K. 1977. Fermentive production of ciric acid from n-paraffins by yeast. Journal of Fermentation Technology. 55(4) : 356-363.

Geankoplis, C.J. 1993. Transport Processes and Unit Operations. 3rd ed. pp. 815-840. Singapore : Prentice Hall Simon & Schuster (Asia) Pte Ltd.

Gledhill, W.E., Hill, I.D. and Hodson, P.H. 1973. Citrate production from hydrocarbons by use of nonsterile, semicontinuous cell recycle system. Biotechnology and Bioengineering. 15 : 963-972.

Goldberg, I., Peleg, Y. and Roken, J.S. 1991. Citric, Fumaric and Malic Acid. Biotechnology and Food Ingredients. pp. 349-358. New York : Van Nostard Reinhold.

Grewal, H.S., and Kulra. 1995. Fungal production of citric acid. Biotechnology Advance. 13(2): 209-234.

Iizuka, H., Shimizu, J., Ishii, K. and Nakajima, Y. 1971. Process for the production of citric acid fermentation. US patent 3,622,455.

Ikeno, Y., Masuda, M., Tanno, K, Oomari, I. and Akahashi, N. 1975. Citric acid production from various raw materials by yeast. Journal of Fermentation Technology 53(10) : 752-756.

Kautola, H., Rymowicz, W., Linko, Y. and Linko, P. 1991. Production of citric acid with immobilized *Yarrowia lipolytica*. Applied Microbiology and Biotechnology. 35 : 447-449.

Kim, E.K., Ambriano, J.R., and Roberts, R.S. 1987. Vigorous stationary phase fermentation. Biotechnolo. Bioeng.. 30: 805-808.

Kubicek, C.P., and Rohr, M. 1986. Citric acid fermentation. Critical Reviews In Biotechnology. 3: 331-373.

Lasch, J., Kullertz, G. and Opalka, J.R. 2000. Separation of erytrocytes into age-related fractions by density or size counterflow centrifugation. Clin Chem Lab Med. 38(7):629-632.

Lopresti S., Bubbico R., Bravi M., Straffi P., and Moresi M. 1997. Repeated fed-batch production of citric acid by *Yarrowia lipolytica* using cell recycling by cross-flow microfiltration. Annali di microbiologia ed enzimologia. 47:1-15.

Maddox, I.S., Spencer, K., Greenwood, J.M., Dawson, M.W. and Brooks, J.D. 1985. Production of citric acid from sugars present in wood hemicellulose using *Aspergillus niger* and *Saccharomycopsis lipolytica*. Biotechnology Letters. 7 : 815-818.

Maiorell, B.L., Blanch, H.W., and Wilke, C.R. 1984. Feed component inhibition in ethanolic fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. Biotechnology and Bioengineering. 26:1155-1166.

Marison, W. 1988. Citric acid production. In Scragg, A.H. (ed.). Biotechnology for Engineer : Biological Systems in Technological Process. Pp.322-336. New York :John Wiley & Sons.

Mattey, M. 1992. The production of organic acid. Critical Reviews In Biotechnology. 12(1/2) : 87-132.

Mckay, I.A., Maddox, I.S. and Brooks, J.D. 1994. High specitic rate of glucose utilisation under condition of restricted growth are required for citric acid accumulation by *Yarrowia lipolytica* IMK2. Applied Microbiology and Biotechnology. 41 : 73-78.

Milsom.P.E., and Meers, J.R. 1985. Citric acid. In Moo-Young, M.(ed.). Comprehensive Biotechnology. 3: 665-681. London : Pergamon Press.

Morresi, M. 1994. Effect of glucose concentration on citric acid production by *Yarrowia lipotica*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 60: 387-395.

Nakanishi, T., Yamamoto, M., Kimura, K. and Tanaka, K. 1972. Fermentative production of citric acid from n-paraffin by yeast. Journal of Fermentation Technology. 50(12) : pp. 855-867.

Parente E., Ricciardi A., Mancino M.,and Moresi M. 1995. Repeated batch citrate production by *Yarrowia lipolytica* using yeast recycling by aseptic centrifugation. Annali di microbiologia edenzimologia. 45: 97-107.

Rane, K.D., and Sims, K.A. 1993. Production of citric acid by *Candida lipolytica* Y1095 : Effect of glucose concentration on yield and productivity. Enzyme Microb Technol. 15 : 646-651.

Rane, K.D., and Sims, K.A. 1994. Oxygen uptake and citric acid production by *Candida lipolytica* Y1095. Biotechnology and Bioengineering. 43 : 131-137.

Rane, K.D., and Sims, K.A. 1995. Citric acid production by *Candida lipolytica* Y1095 in cell recycle and fed-batch fermentors. Biotechnology and Bioengineering. 46 : 325-332.

Shah, D.N., Chatoo, B.B., Kothari, R.M. and Hegde, M.V. 1993. Starch hydrolysate, an optimal and economical source of carbon for the secretion of citric acid by *Yarrowia lipolytica* (DS-1). Starch/Starke. 45 : 104-109.

Shugar, G. J., Shugar, R. A. and Bauman, L. 1973. Chemical Technicians' Ready Reference Handbook. pp. 193-201. New York : McGraw-Hill Book.

Tabuchi, T., and Igoshi, K. 1978. Regulation of enzyme synthesis of the glycylate, the citric acid and the methylcitric acid cycles in *Candida lipolytica*. Agricultural and Biological Chemistry. 42(12): 2381-2386.

Walker, G.M. 1998. Yeast Physiology and Biotechnology. pp. 206-210. England : John Wiley & Sons Ltd.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารสำหรับการเตรียมหัวเชื้อ (Yeast Malt Extract Medium)

1.1 อาหารเหลว

ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารสกัดจากยีสต์	3.0	กรัม
สารสกัดจากมอลต์	3.0	กรัม
เปปโตน(Peptone)	5.0	กรัม
กลูโคส	10.0	กรัม

ละลายอาหารในน้ำขจัดไอออน ใส่อาหารปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

1.2 อาหารวุ้นแข็งลาดเอียง

เตรียมโดย เติมวุ้นผง 20.0 กรัม ลงในสูตรอาหารเหลวข้อ 1.1 ต้มให้วุ้นละลาย จากนั้นปิเปตอาหารลงในหลอดทดลองขนาด 16 x 150 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกสำลี นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้น นำหลอดทดลองมาวางเอียงให้ผิวหน้าของอาหาร มีความยาวประมาณ 12 เซนติเมตร เมื่ออาหารแข็งตัว จึงเก็บเข้าตู้เย็นเพื่อไว้ใช้งานต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาว

2.1 อาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร

ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

กลูโคส	220.0	กรัม
แอมโมเนียมคลอไรด์	2.0	กรัม
โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.2	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต	0.5	กรัม
แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต	0.2	กรัม
สารสกัดจากยีสต์	1.0	กรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต	120.0	กรัม

แยกสารอาหารออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. กลูโคส
2. แอมโมเนียมคลอไรด์ โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต
3. สารสกัดจากยีสต์
4. แคลเซียมคาร์บอเนต

นำส่วนที่ 1-3 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตนำไปนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมถังหมักและสารกำจัดฟองที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที

2.2 อาหารสำหรับศึกษาผลการควบคุมค่าความเป็นกรดเบส ด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตโดยเติมแบบต่อเนื่อง

ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

กลูโคส	220.0	กรัม
แอมโมเนียมคลอไรด์	2.0	กรัม
โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.2	กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต	0.5	กรัม
แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต	0.2	กรัม
สารสกัดจากยีสต์	1.0	กรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต	120.0	กรัม

แยกสารอาหารออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. กลูโคส
2. แอมโมเนียมคลอไรด์ โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต
3. สารสกัดจากยีสต์
4. แคลเซียมคาร์บอเนต

นำส่วนที่ 2 และ3 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที ส่วนกลูโคสนำไปนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมถังหมักและสารกำจัดฟองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที ยกเว้นสารควบคุมค่าความเป็นกรดเบสจะใช้แคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเตรียมในรูปสารแขวนลอยในน้ำปริมาณร้อยละ 40 น้ำหนักต่อปริมาตร นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2.3 อาหารสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยควบคุมค่าความเป็นกรดเบสด้วยการแบ่งเติมแคลเซียมคาร์บอเนต

ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

กลูโคส	220.0	กรัม
แอมโมเนียมคลอไรด์	2.0	กรัม
โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	0.2	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต	0.5	กรัม
แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต	0.2	กรัม
สารสกัดจากยีสต์	1.0	กรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต	120.0	กรัม

แยกสารอาหารออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. กลูโคส
2. แอมโมเนียมคลอไรด์ โปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตาไฮเดรต แมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต
3. สารสกัดจากยีสต์
4. แคลเซียมคาร์บอเนต

นำส่วนที่ 2 และ3 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที ส่วนกลูโคสนำไปนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมถังหมักและสารกำจัดฟองที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 30 นาที ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตเตรียมในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตรขวดละ 60 กรัมผสมน้ำปราศจากไอออนขวดละ50 มิลลิลิตร และเตรียมน้ำสำหรับกลั้วอีกขวดละ50มิลลิลิตรนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมถังหมักและสารกำจัดฟองที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก

1.1 สารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก (3,5 – dinitrosalicylic = DNSA reagent)

ละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก 1.0 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และเติมน้ำขจัดไอออน ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารโพแทสเซียมทาเทรต ($KnaC_4H_4O_6.4H_2O$) ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำขจัดไอออน และเก็บสารละลายในขวดสีชา

1.2 การเตรียมสารละลายตัวพา (mobile phase) สำหรับการวิเคราะห์กรดมะนาวโดย HPLC

ละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 5 กรัมต่อลิตร ในน้ำที่กำจัดไอออนแล้วอย่างดีปรับค่าความเป็นกรดเบสเท่ากับ 2.00 ด้วยกรดฟอสฟอริก แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตตที่มีขนาด 0.45 ไมครอน จากนั้น กำจัดก๊าซโดยใช้เครื่องกำเนิดคลื่นอัลทราโซนิค (sonicator) เป็นเวลา 20นาที

1.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดมะนาว

เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดมะนาวเข้มข้น 10 กรัมต่อลิตร โดยชั่งกรดมะนาวแอนไฮดรัสมาตรฐาน 0.2500 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไอโซซิตริก

เตรียมสารละลายมาตรฐานไอโซซิตริกเข้มข้น 2 กรัมต่อลิตร โดยชั่งกรดไอโซซิตริกมาตรฐาน 0.0500 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

1.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสารเปรียบเทียบภายใน (กรดทาร์ทาริก)

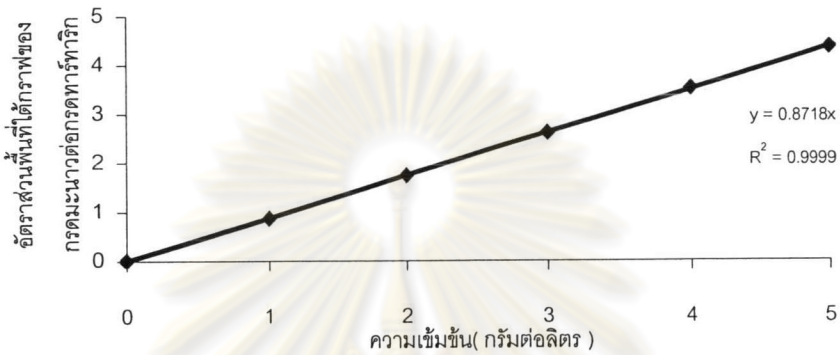
เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดทาร์ทาริกเข้มข้น 80 กรัมต่อลิตร โดยชั่งกรดทาร์ทาริกมาตรฐาน 2.000 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐาน

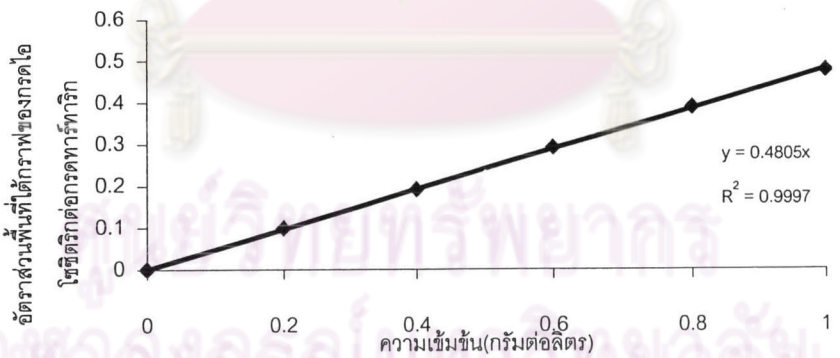
1. กราฟมาตรฐานของกรดมะนาว โดยวิธี HPLC



รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานของกรดมะนาวในช่วงความเข้มข้น 0.0-5.0 กรัมต่อลิตร

กรดมะนาว = พื้นที่ใต้กราฟของกรดมะนาวต่อกรดทาร์ทาริก x 1/ความชัน x ความเจือจาง

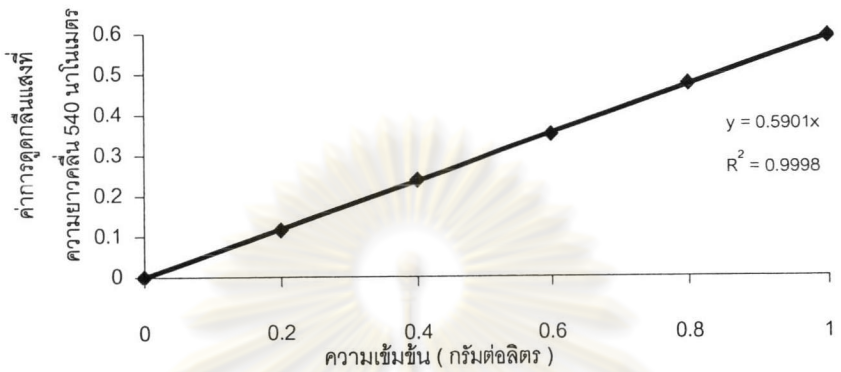
2. กราฟมาตรฐานของกรดมะนาว โดยวิธี HPLC



รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานของกรดไอโซซิตริกในช่วงความเข้มข้น 0.0-1.0 กรัมต่อลิตร

กรดมะนาว = พื้นที่ใต้กราฟของกรดมะนาวต่อกรดทาร์ทาริก x 1/ความชัน x ความเจือจาง

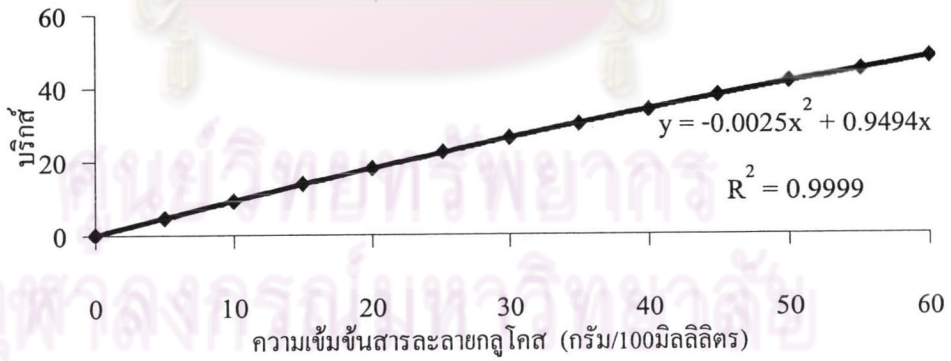
3. กราฟมาตรฐานของกลูโคส



รูปที่ ค.3 กราฟมาตรฐานของกลูโคสในช่วงความเข้มข้น 0.0-1.0 กรัมต่อลิตร

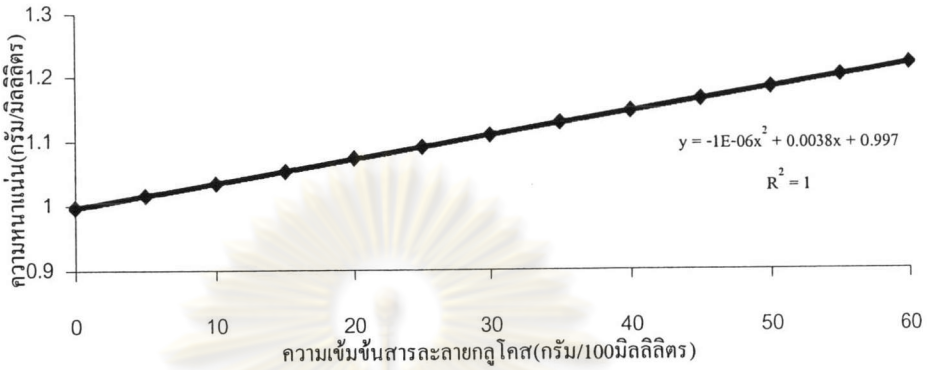
ปริมาณกลูโคส = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร x 1 / ความชัน x ความเจือจาง

4. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับบริกส์



รูปที่ ค.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส (กรัมต่อ100มิลลิลิตร)กับบริกส์

5. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับความหนาแน่น



รูปที่ ค.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส (กรัมต่อ100มิลลิลิตร) กับความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

การคำนวณ

1. การคำนวณหาความหนาแน่นของแคลเซียมซิเทรตและยีสต์

น้ำหนักรวมที่ชั่งได้(กรัม) = น้ำหนักของขวดPyknometer (กรัม) + น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม) + น้ำหนักของน้ำกลั่นที่เติม (กรัม)

น้ำหนักของน้ำกลั่นที่เติม(กรัม) = น้ำหนักรวมที่ชั่งได้ (กรัม) – น้ำหนักของขวดPyknometer (กรัม) – น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

จาก ความหนาแน่น(กรัม/มิลลิลิตร) = น้ำหนัก(กรัม)/ปริมาตร(มิลลิลิตร)

และน้ำกลั่นที่ 25 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.997 (กรัม/มิลลิลิตร)

เพราะฉะนั้น ปริมาตรของน้ำกลั่นที่เติม = น้ำหนักของน้ำกลั่นที่เติม (กรัม) / 0.997 (กรัม/มิลลิลิตร)

ดังนั้น ปริมาตรของตัวอย่าง (มิลลิลิตร) = ปริมาตรของขวดPyknometer - ปริมาตรน้ำกลั่นที่เติม

ความหนาแน่นของตัวอย่าง = น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)/ปริมาตรของตัวอย่าง(มิลลิลิตร)

2. การคำนวณหาความหนาแน่นของ supernatant ของน้ำหมัก

น้ำหนักรวมที่ชั่งได้(กรัม) = น้ำหนักของขวด Pyknometer (กรัม) + น้ำหนักของ supernatant ของน้ำหมัก (กรัม)

น้ำหนักของ supernatant ของน้ำหมัก(กรัม) = น้ำหนักรวมที่ชั่งได้ (กรัม) - น้ำหนักของขวดPyknometer (กรัม)

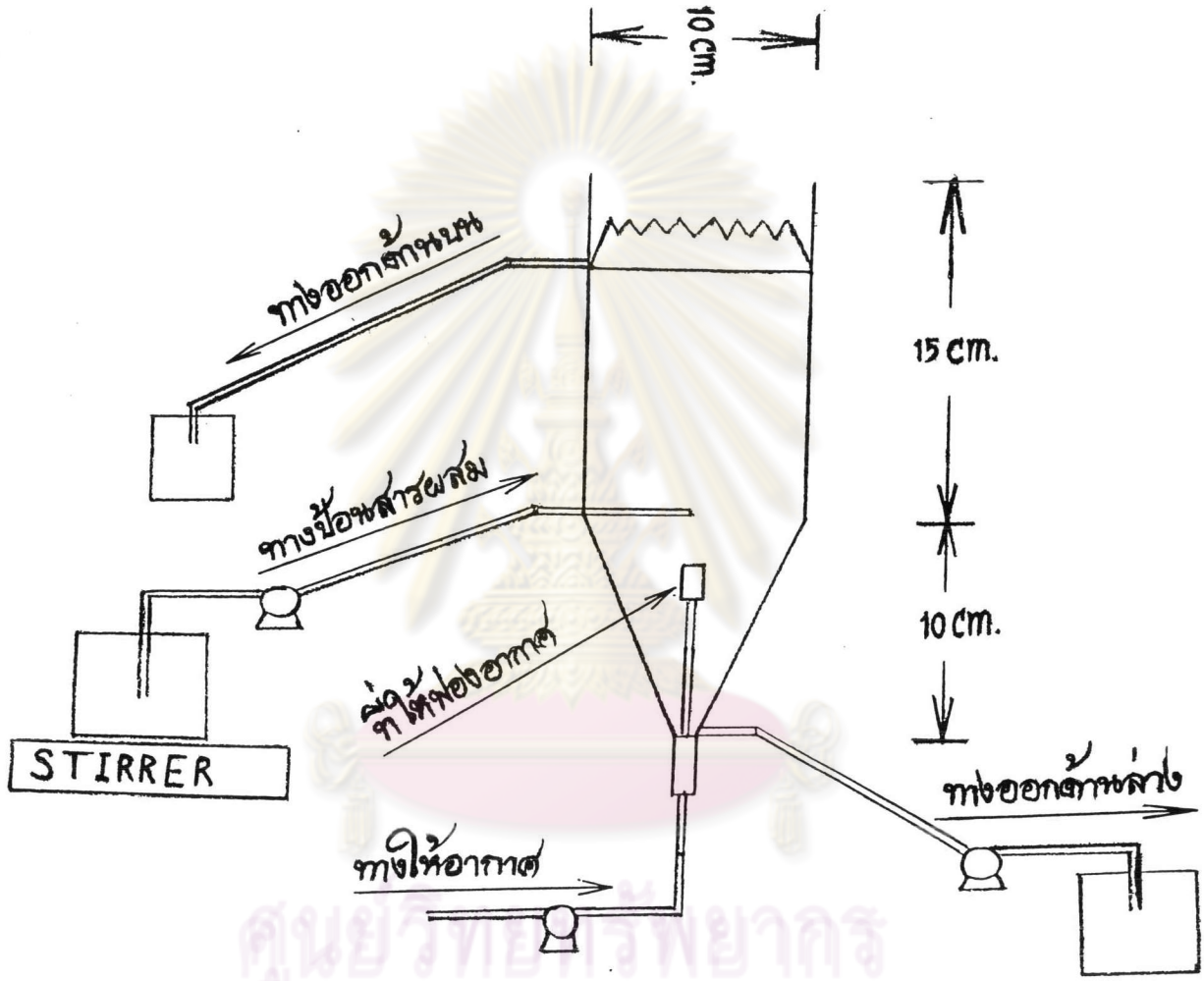
จาก ความหนาแน่น (กรัม/มิลลิลิตร) = น้ำหนัก (กรัม) /ปริมาตร (มิลลิลิตร)

ความหนาแน่นของsupernatantของน้ำหมัก = น้ำหนักของ supernatant ของน้ำหมัก (กรัม) /ปริมาตรของขวดPyknometer (มิลลิลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

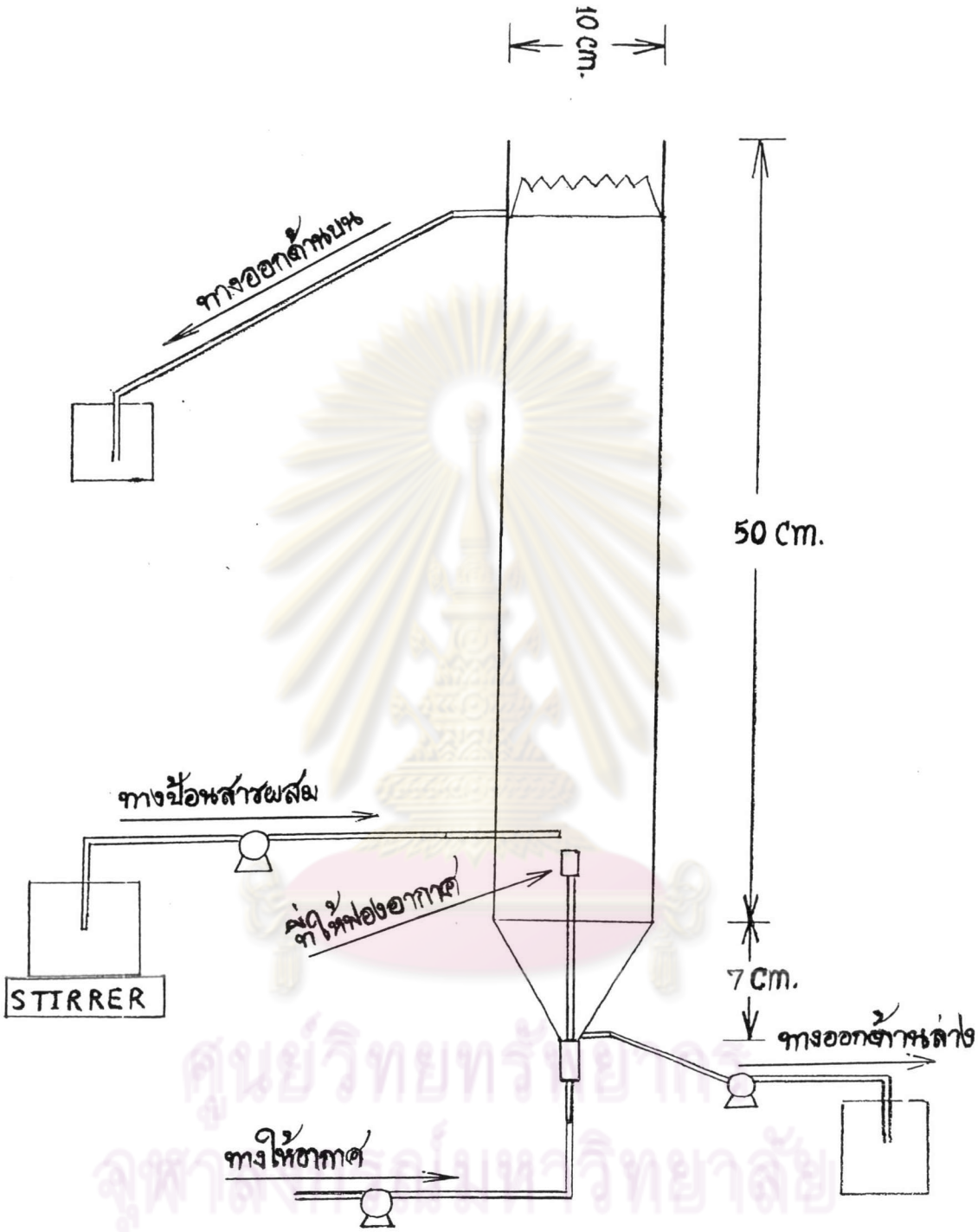
ภาคผนวก จ

แผนภาพการแยกเซลล์ยีสต์ออกจากแคลเซียมซิเทรตโดยใช้คอลัมน์



รูปที่ จ.1 แผนภาพการแยกเซลล์ยีสต์ออกจากตะกอนแคลเซียมซิเทรต โดยใช้คอลัมน์แบบสั้น

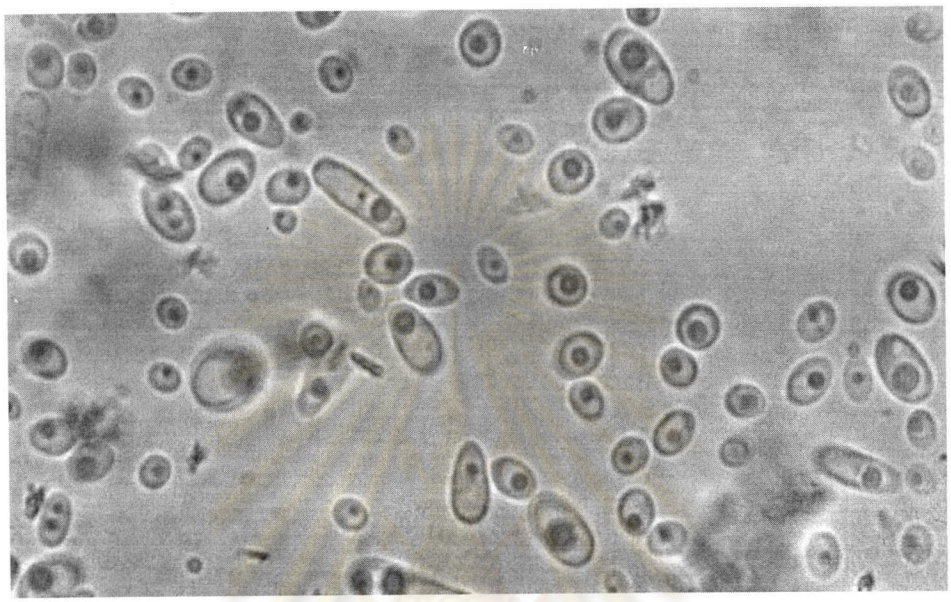
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



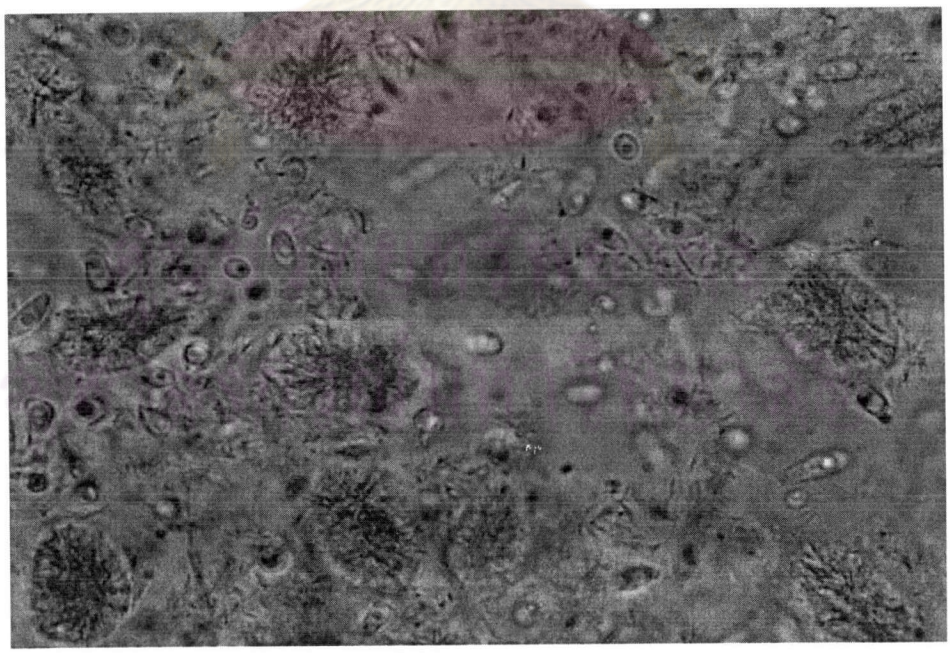
รูปที่ จ.2 แผนภาพการแยกเซลล์ยีสต์ออกจากตะกอนแคลเซียมซิเทรต โดยใช้คอลัมน์แบบยาว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
รูปเซลล์ยีสต์ และแคลเซียมซิเทรต



รูปที่ ฉ1 เซลล์ยีสต์ *Candida oleophila* C-73 กำลังขยาย 250 เท่า



รูปที่ ฉ2 แคลเซียมซิเทรตและเซลล์ยีสต์ *Candida oleophila* C-73 กำลังขยาย 100 เท่า

ภาคผนวก ช

สูตรการคำนวณค่าทางจลนพลศาสตร์

1. อัตราการเจริญจำเพาะ (Specific growth rate : μ)

$dx/dt = \mu x$

$\ln x_t = \ln x_o + \mu t$

เมื่อ x = ความเข้มข้นของเซลล์ (g/l)

t = เวลา (h)

μ = อัตราการเจริญจำเพาะ (h-1)

2. Biomass yield (Yx/s)

$dx/dt = -Yx/s\ ds/dt$

$Yx/s = (x - x_o)/(s_o - s)$

เมื่อ Yx/s = ปริมาณเซลล์ต่อสารอาหารที่ใช้ (g cell/g substrate)

s = ความเข้มข้นของสารอาหาร (g/l)

3. Product yield (Yp/s)

$dp/dt = -Yp/s\ ds/dt$

$Yp/s = (p - p_o)/(s_o - s)$

เมื่อ Yp/s = ปริมาณผลผลิตต่อสารอาหารที่ใช้ (g product/g substrate)

p = ปริมาณผลผลิต (g/l)

4. Specific product yield (Yp/x)

$dp/dt = Yp/x\ dx/dt$

$Yp/x = (p - p_o)/(x_o - x)$

เมื่อ Yp/x = ปริมาณผลผลิตต่อปริมาณเซลล์ (g product/g cell)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. Productivity

$$P = \text{ปริมาณผลผลิต/เวลาที่ใช้ในการหมัก}$$

$$= (p - p_o)/(t_o - t)$$

เมื่อ Productivity มีหน่วยเป็น (g product/l/h)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ณัฐพล กฤตยวรรณ เกิดวันที่ 12 กรกฎาคม พ.ศ. 2519 ที่อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2541 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย