เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

นิมล กิจขันธ์. 2532. ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกรดมะนาวในอาหารเหลวโดย Aspergillus niger. วิทยาลัยนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศยามล นองบุญนาก. 2534. การผลิตกรดมะนาวจากแป้งมันสำปะหลัง โดยเชื้อ Aspergillus niger A185 ในการหมักในอาหารเหลว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Bernfeld, P. 1955. Amylase α And β. In S.P. Colowick and N.O. Kaplan (eds.), Method in Enzymology, vol.1. p.149. New York: Academic Press.

Berovic M., Cimerman,A., Steiner W., and Koloini, T. 1991. Submerged Citric Acid Fermentation : Rheological Properties of Aspergillus niger Broth in a Stirred Tank Reactor. Appl.Microbiol.Biotechnol. 34: 579-581.

Brown D.E. 1988. The Submerged Culture of Filamentous Fungi. In D.R. Berry (ed.), Physiology of Industrial Fungi,pp.219-248. Blackwell Scientific Publications.

Cahn, F.J. 1935. Citric Acid Fermentation on Solid Materials. Ind.Eng.Chem. 27: 201.

Choe, J., and Yoo, Y.J. 1991. Effect of Ammonium Ion Concentration and Application to Fed-Batch Culture for Overproduction of Citric Acid. J.Ferment.Bioeng. 72(2): 106-109.

Clark, D.S., Ito K., and Horitsu, H. 1966. Effect of Manganese and other Heavy Metals on Submerged Citric Acid Fermentation of Molasses. Biotechnol.Bioeng. 8: 465-471.

_____, and Lentz, C.P. 1963. Submerged Citric Acid Fermentation of Beet Molassas in Tank-Type Fermentation. Biotechnol. Bioeng. 31: 122-126.

Dawson, M.W., Maddox, I.S., Boag I.F. and Brooks, J.D. 1988. Application of Fed-Batch Culture to Citric Acid Production by Aspergillus niger: The Effects of Dilution Rate and Dissolved Oxygen Tension. Biotechnol.Bioeng. 32: 220-226.

_____, Maddox,I.S., and Brooks,J.D. 1989. Evidence for Nitrogen Catabolite Repression During Citric Acid Production by Aspergillus niger under Phosphate-Limited Growth Conditions. Biotechnol.Bioeng. 33:1500-1504.

Dubuis, M., Gilles, K.A., Hamilton,J.K., Rebers, P.A. and Smith, F. 1956. Colorometric Method for Determination of Sugar and Related Substance. Anal.Chem. 28(3): 350-356.

Gomez,R., Schnabel, I., and Garrido, J. 1988. Pellet Growth and Citric Acid Yield of Aspergillus niger 110. Enzyme Microb. Technol., 10: 188-191.

Grayson, M., and Eckroth, D. (eds.) 1979. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, (3rd ed.) vol.6. pp. 150-178. New York: Wiley.

Heinrich, M., and Rehm, H.J. 1982. Formation of Gluconic Acid at Low pH-Value by Free and Immobilized Aspergillus niger Cells During Citric Acid Fermentation. Euro.J.Appl.Microbiol. Biotechnol. 15: 88-92.

Honecker, S., Bisping,B., Yang, Z., and Rehm, H.J. 1989. Influence of Sucrose Concentration and Phosphate Limitation on Citric Acid Production by Immobilized cells of Aspergillus niger. Appl.Microbiol.Biotechnol. 31: 17-24.

Hong, J. 1986. Optimal Substrate Feeding Policy for a Fed Batch Fermentation with Substrate and Product Inhibition Kinetics. Biotechnol.Bioeng. 28: 1421-1431.

Hossain,M., Brooks J.D., and Maddox, I.S. 1984. The Effect of the Sugar Source on Citric Acid Production by Aspergillus niger. Appl.MicroBiol.Biotechnol. 19: 393-397.

Kristiansen,B., and Sinclair, C.G. 1978. Production of Citric Acid in Batch Culture. Biotechnol.Bioeng. 20: 1711-1722.

_____,Sinclair,C.G. 1979. Production of Citric Acid in Continuous Culture. Biotechnol.Bioeng. 21: 297-315.

Kubicek, C.P., Hampel, W., and Rohr, M, 1979. Manganese Deficiency Leads to Elevated Amino Acid Pool in Citric Acid Accumulating Aspergillus niger. Arch.Microbiol. 123: 73.

_____, and Rohr, M. 1986. Citric Acid Fermentation. CRC Crit.Rev.Biotechnol. 3: 331-373.

Kurtanjek, Z. 1991. Optimal Nonsingular Control of Fed-Batch Fermentation. Biotechnol.Bioeng. 37:814-823.

Maddox, I.S., Hossain, M., and Brooks, J.D. 1986. The Effect of Methanol on Citric Acid Production from Galactose by Aspergillus niger. Appl.Microbiol.Biotechnol. 23: 203-205.

Manonmani, H.K., and Sreekantiah, K.R. 1987. Studies on the Conversion of Cellulose Hydrolysate into Citric Acid by Aspergillus niger. Proc. Biochem. 22 (3): 92-94.

Marison, I.W. 1988. Citric Acid Production. In A.H. Scragg (ed.) Biotechnology for Engineers : Biological Systems in

Technological Process, pp.322-336. Eillis Horwood Ltd.: John Wiley&Son.

Marroquin, A.S., Carreno R., and Ledezma, M. 1970. Effect of Trace Elements on Citric Acid Fermentation by Aspergillus niger. Appl.Microbiol. 20: 888-892.

Martin, S.M., and Steel, R. 1955. Effect of Phosphate on Production of Organic Acids by Aspergillus niger. Can.J.Microbiol. 1: 470.

Matty, M. 1992. The Production of Organic Acids. Crit.Rev. Biotechnol. 12: 87-132.

Millis, N.F., Trumpy B.H., and Palmer, B.M. 1963. The Effect of Lipids on Citric Acid Production by an Aspergillus niger Mutant. J.Gen.Microbiol. 30: 365-379.

Milsom, P.E., and Meers, J.L. 1986. Citric Acid. In M. Moo Young (ed.), Biotechnology, pp.665-680. Toronto: Pergamon Press.

Mitard, A., and Riba, J.P. 1988. Morphology and Growth of Aspergillus niger ATCC 26036 Cultivated at Several Shear Rates. Biotechnol.Bioeng. 32: 835-840.

Modak, J.M., Lim, H.C., and Tayeb,Y.J. 1986. General Characteristics of Optimal Feed Rate Profiles for Various Fed-Batch Fermentation Processes. Biotechnol.Bioeng. 28: 1396-1407.

Moyer,A.J. 1953a. Effect of Alcohols on the Mycological Production of Citric Acid in Surface and Submerged Culture. (i) The Nature of the Alcohol Effect. J.Appl.Microbiol. 1: 1.

_____. 1953b. Effect of Alcohols on the Mycological Production of Citric Acid in Surface and Submerged Culture. (ii) Fermentation of Crude Carbohydrates. J.Appl.Microbiol. 1: 7-13

Panda, T., Kundu, S., and Majumdar, S.K. 1984. Studies on Citric Acid Production by Aspergillus niger Using Treated Indian Cane Molasses. Proc.Biochem. 183-187.

Perlman, D. and Sih, C.J. 1960. Fungal Synthesis of Citric, Fumaric and Itaconic Acids. In D.J.D. Hockenhull (ed.), Progress in Industrial Microbiology. vol.2. p.167. London: Heywood.

Prescott,S.C. and Dunn. C.G. 1959. The Citric Acid Fermentation. In Industrial Microbiology, (3rd ed.) pp. 533-577. McGraw-Hill : New York.

Purohit H.J., and Daginawala, H.F. 1986. The Relationship of Some Metal Ions with Citric Acid Production by Aspergillus niger Using Tamarind Seed Powder as Raw Material. J.Ferment. Technol. 64 (6): 561-565.

Rohr, M., Kubicek, C.P., and Kominek, J. 1984. Citric Acid. In H.J. Rehm and G. Reeds. (eds.), Biotechnology, vol.3. pp. 419-454. Basel: Verlag Chemie.

Roukas, T. 1991. Influence of Impeller Speed on Citric Acid Production and Selected Enzyme Activities of the TCA Cycle. J.Ind.Microbiol. 7: 221-226.

_____, and Harvey, L. 1988. The Effect of pH on Production of Citric and Gluconic Acid from Beet Molasses Using Continuos Culture. Biotechnol.Lett. 10(4): 289-294.

Schierholt, J. 1977. Fermentation Processes For the Production of Citric Acid. Proc.Biochem. 12(9): 20-21.

Shepard, M.W. 1963. Method of Producing Citric Acid by Fermentation. US Patent 3083144.

Shu, P., and Johnson, M.J. 1947. Effect of the Composition of the Sporulation Medium on Citric Acid Production by Aspergillus niger in Submerged Culture. J.Bacteriol. 54: 161-167.

Shu, P., and Johnson,M.J. 1948a. Citric Acid Production by Submerged Fermentation with Aspergillus niger. Ind.Eng.Chem. 40: 1202-1205.

_____, and Johnson, M.J. 1948b. The Interdependence of Medium Constituents in Citric Acid Production by Submerged Fermentation. J. Bacteriol. 56: 577.

Stern,J.S. 1957. Assay of Tricarboxylic acids. In S.P. Colowick, and N.O. Kaplan. (eds.), Method in Enzymology, vol. 3. pp.425-431. New York : Academic Press.

Steyermark, A. 1951. Microdetermination of Nitrogen by the Kjeldahl Method. In Quantitative Organic Microanalysis, pp.135-153. New York : Blakiston.

Tomlinson, N., Campbell, J.J.R., and Trussell, P.C. 1950. The Influence of Zinc, Iron, Copper and Manganese on the Production of Citric Acid by Aspergillus niger. J.Bacteriol. 59: 217-227.

_____,Campbell, J.J.R., and Trussell, P.C. 1951. The Influence of Zinc, Iron, Copper and Manganese on the Production of Citric Acid by Aspergillus niger. J. Bacteriol. 61: 17-25.

Trumpy,B.H., and Millis, N.F. 1963. Nutritional Requirements of an Aspergillus niger Mutant for Citric Acid Production. J.Gen.Microbiol. 30: 381-393.

Tsay,S.S., and To, K.Y. 1987. Citric Acid Production Using Immobilized Conidia of Aspergillus niger TMB 2022. Biotechnol.Bioeng. 29:.297-304.

Vogel, I.A. 1961. Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, (3rd ed.) p.810. London : Longman.

Wichian Voraputhaporn, Yoshida, T., and Taguchi, H. 1985. The Production of Citric Acid from Starch in Submerged Culture of Aspergillus niger. In Annual Reports of ICBiotech, vol.8. pp.269-278. International Center of Cooperative Research in Biotechnology, Faculty of Engineering, Osaka University, Osaka, Japan.

Xu, D.B., Madrid,C.P., Rohr,M. and Kubicek,C.P. 1989. The Influence of Type and Concentration of the Carbon Source on Production of Citric Acid by Aspergillus niger. Appl.MicroBiol. Biotechnol. 30: 553-558.

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอ (potato dextrose agar)

ในสารอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

มันฝรั่ง	300	กรัม
กลูโคส	20	กรัม
วุ้นผง	20	กรัม

นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2. อาหารเลี้ยงหัวเชื้อ (inoculum medium)

ในสารอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารแหล่งคาร์บอนใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อย ด้วยเอนไซม์โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมด	60	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต ($[NH_4]_2SO_4$)	3.5	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.3	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.3	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.3	กรัม

แบ่งใส่ขวดชมพู่ขนาด 250 มล. จำนวน 50 มล.ต่อขวด นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3. อาหารเลี้ยงเชื้อ (production medium)

สูตรการเตรียมสารอาหารเลี้ยงเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแต่ละการทดลอง

3.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาคุณสมบัติในรูปสมมูลเดกซ์โทรสของแป้งที่ผ่านการย่อยเพื่อใช้เป็นสารแหล่งคาร์บอน

ในสารอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารแหล่งคาร์บอนใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรสตามการทดลอง โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมด	200	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต ($[NH_4]_2SO_4$)	2.5	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.4	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.4	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.3	กรัม

แบ่งใส่ขวดชมพู่ขนาด 250 มล. จำนวน 50 มล.ต่อขวด นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาปริมาณแป้งที่ผ่านการย่อย เพื่อใช้เป็นสารแหล่งคาร์บอน

ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 3.1. ทุกอย่าง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรส 94 เปอร์เซนต์ และมีการแปรผันปริมาณของแข็งทั้งหมดตามการทดลอง

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาปริมาณไอออนของทองแดงที่เหมาะสม

ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 3.1. ทุกอย่าง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรสไม่ต่ำกว่า 94 เปอร์เซนต์ โดยใช้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 200 กรัมต่อลิตร และมีการแปรผันปริมาณไอออนของทองแดงในรูปของคอปเพอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) ตามการทดลอง

3.4 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาอายุของหัวเชื้อที่เหมาะสม

ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 3.1. ทุกอย่าง โดยใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรสไม่ต่ำกว่า 94 เปอร์เซนต์ โดยใช้ปริมาณของแข็งทั้งหมด 200 กรัมต่อลิตร และเติมไอออนของทองแดง 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.5 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาผลของการเติมสารไขมันที่เหมาะสม

ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 3.4. ทุกอย่าง และมีการแปรผันปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองตามการทดลอง

3.6 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาผลของการเติมสารแอลกอฮอล์โมเลกุลต่ำที่เหมาะสม

ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 3.4. ทุกอย่าง และมีการแปรผันปริมาณเมทิลแอลกอฮอล์ตามการทดลอง

3.7 อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับขวดเขย่า ในสารอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารแหล่งคาร์บอนใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อย ด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรสไม่ต่ำกว่า 94 เปอร์เซนต์ โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมด	200	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต ($[NH_4]_2SO_4$)	2.5	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.4	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.4	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.3	กรัม
ไอออนของทองแดง	0.5	มิลลิกรัม
เมทิลแอลกอฮอล์	30	มิลลิลิตร

แบ่งใส่ขวดชมพู่ขนาด 250 มล. จำนวน 50 มล.ต่อขวด นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

4. อาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดมะนาวในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร

ในสารอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

สารแหล่งคาร์บอนใช้แป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อย ด้วยเอนไซม์ที่มีสมมูลเดกซ์โทรสไม่ต่ำกว่า 94 เปอร์เซนต์ โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมด	200	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต ($[NH_4]_2SO_4$)	2.5	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.4	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.4	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.3	กรัม
ไอออนของทองแดง	0.5	มิลลิกรัม
เมทิลแอลกอฮอล์	30	มิลลิลิตร

นำไปฆ่าเชื้อที่ความดัน 7.2 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใส่ในถังหมักที่ฆ่าเชื้อแล้วที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ส่วนเมทิลแอลกอฮอล์นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตทขนาด 0.45 ไมครอน

4.1 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับศึกษาการลดปริมาณสารฟอสเฟตเริ่มต้นในการผลิตกรดมะนาว โดยเชื้อ A. niger A185 ในการหมักแบบ fed-batch culture ส่วนประกอบเหมือนสูตรอาหาร 4. ทุกอย่าง แต่ลดปริมาณสารฟอสเฟตเป็น

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.4	กรัม
ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.4	กรัม

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

สารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิค(3,5-dinitrosalicylic acid reagent)

ละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิค 10 กรัม ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติมโซเดียมโพแทสเซียมทาเทรต 30 กรัม นำไปละลายในอ่างน้ำอุ่น เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา

2. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน

สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม

ละลายเมทธิลเรด (methyl red) และเมทธิลลีนบลู (methylene blue) 0.1 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์เข้มข้น 95 เปอร์เซนต์ ปริมาตร 150 มิลลิลิตร

3. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟต

3.1. สารละลายโมลิบเดท

ละลายโซเดียมโมลิบเดท [$Na_2MoO_4.2H_2O$] 12.5 กรัม ในสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 10 นอร์มัล จนมีปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

3.2. สารละลายไฮดราซินซัลเฟต

ละลายไฮดราซินซัลเฟต [$(NH_2)_2H_2SO_4$] 1.5 กรัม ในน้ำกลั่น จนมีปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

3.3. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.2197 กรัม ในน้ำกลั่นแล้ว ปรับปริมาตรจนเป็น 1000 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร จะได้สารละลายที่มีฟอสฟอรัสเข้มข้น 0.05 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

4. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดมะนาว

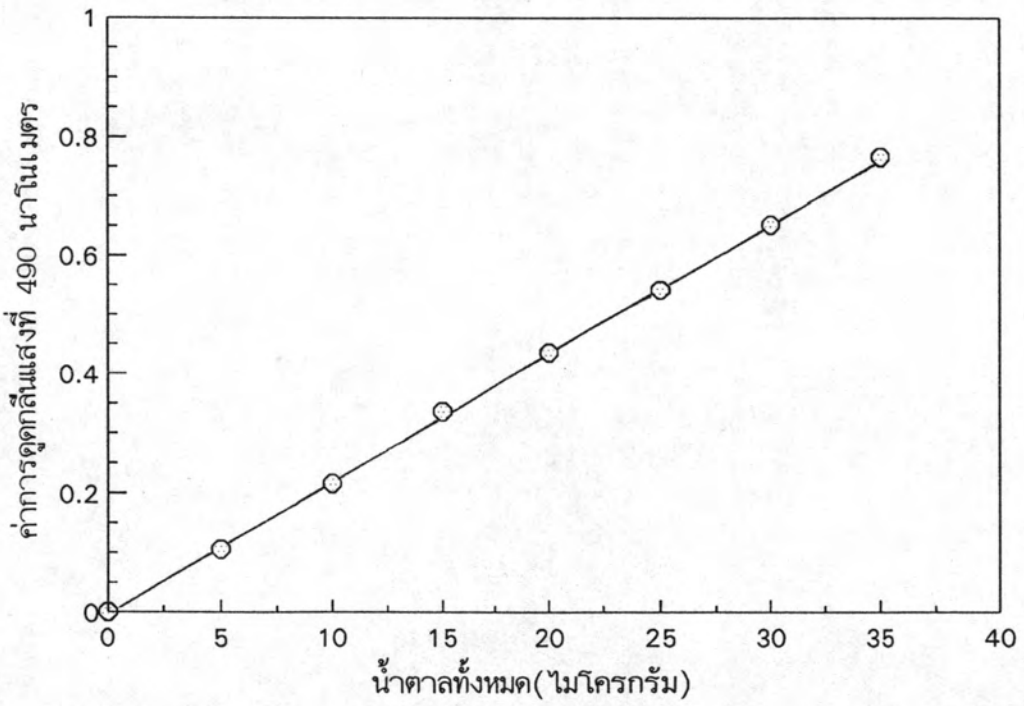
สารละลายไทโอยูเรีย

ละลายโซเดียมบอเรต 2.0 กรัม ในสารละลายไทโอยูเรีย 4 เปอร์เซนต์ในน้ำ ปริมาตร 1000 มิลลิกรัม เก็บไว้ในขวดสีชา

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐาน

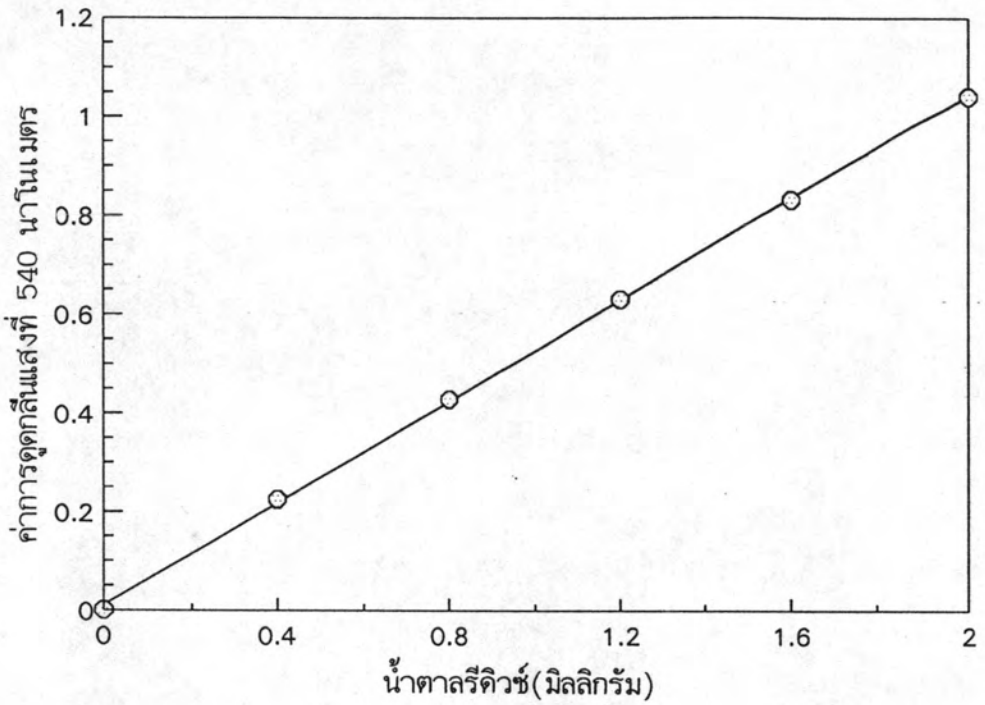
1. กราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมดโดยวิธีฟีนอล-กรดซัลฟุริก ของ Dubois



รูปที่ 25 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลทั้งหมด

น้ำตาลทั้งหมด = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 490 นาโนเมตร x 1/ความชัน x ความเจือจาง (กรัมต่อลิตร)

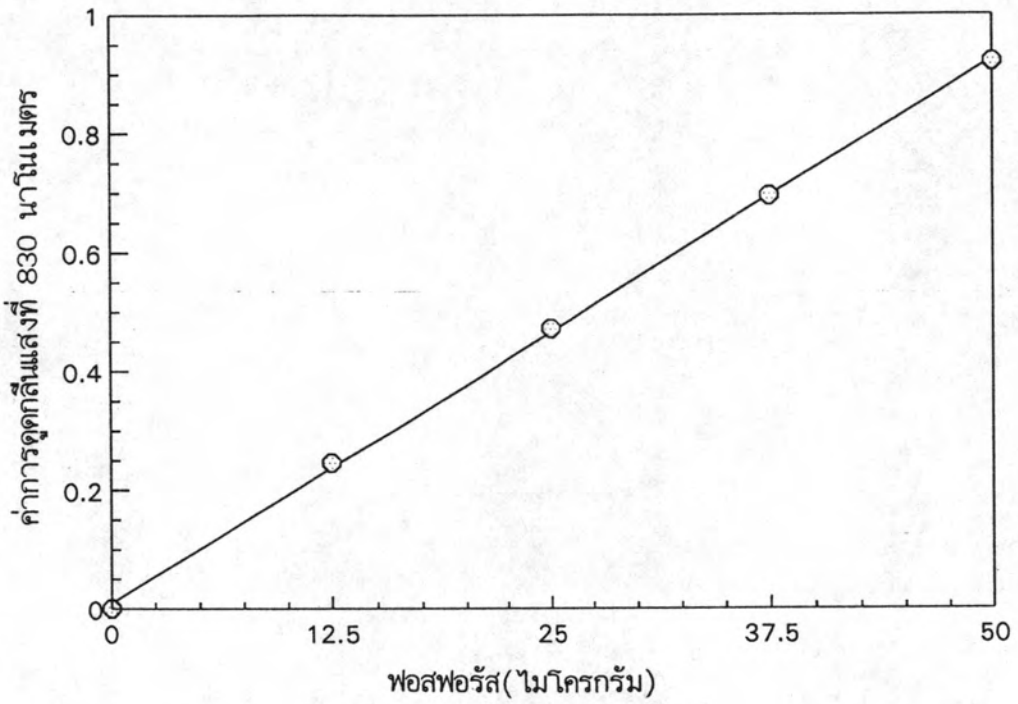
2. กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีกรดไดไนโตรซาลิไซลิค ของ Bernfeld



รูปที่ 26 กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์

น้ำตาลรีดิวซ์ = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร x 1/ความชัน x ความเจือจาง (กรัมต่อลิตร)

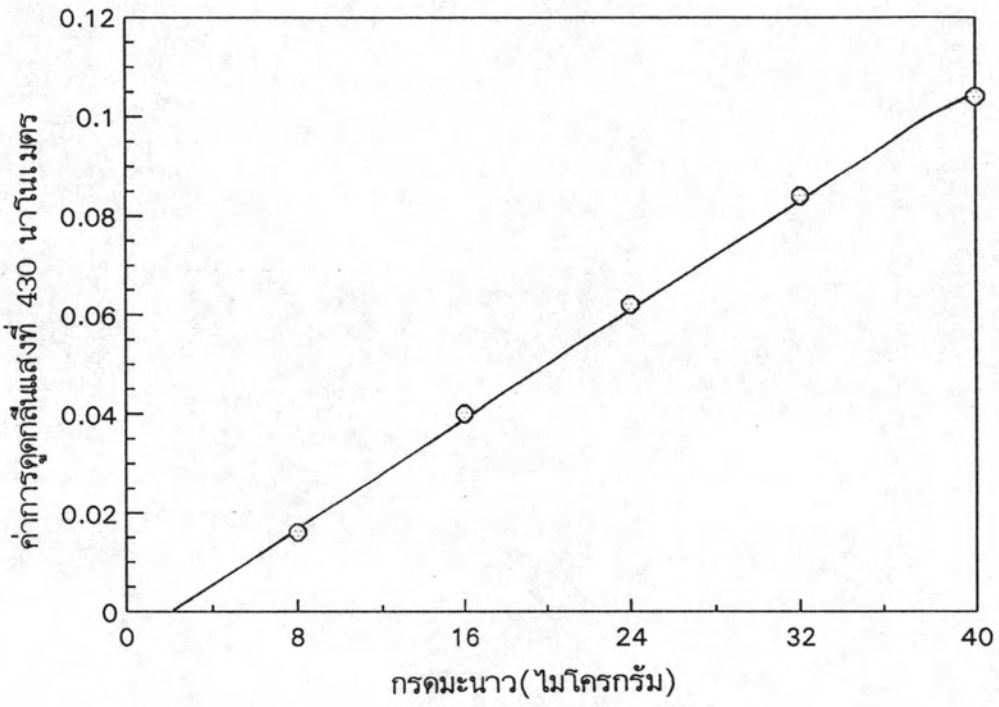
3. กราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัสโดยวิธีโมลิบเดทบลูของ Vogel



รูปที่ 27 กราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส

ฟอสเฟต = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 830 นาโนเมตร x 1/ความชัน x ความเจือจาง x 3.066 (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. กราฟมาตรฐานของกรดมะนาวโดยวิธีเพนตะโบรโมอะซิโตนของ Stern



รูปที่ 28 กราฟมาตรฐานของกรดมะนาว

กรดมะนาว = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 430 นาโนเมตร x 1/ความชัน x ความเจือจาง (กรัมต่อลิตร)

ภาคผนวก ง

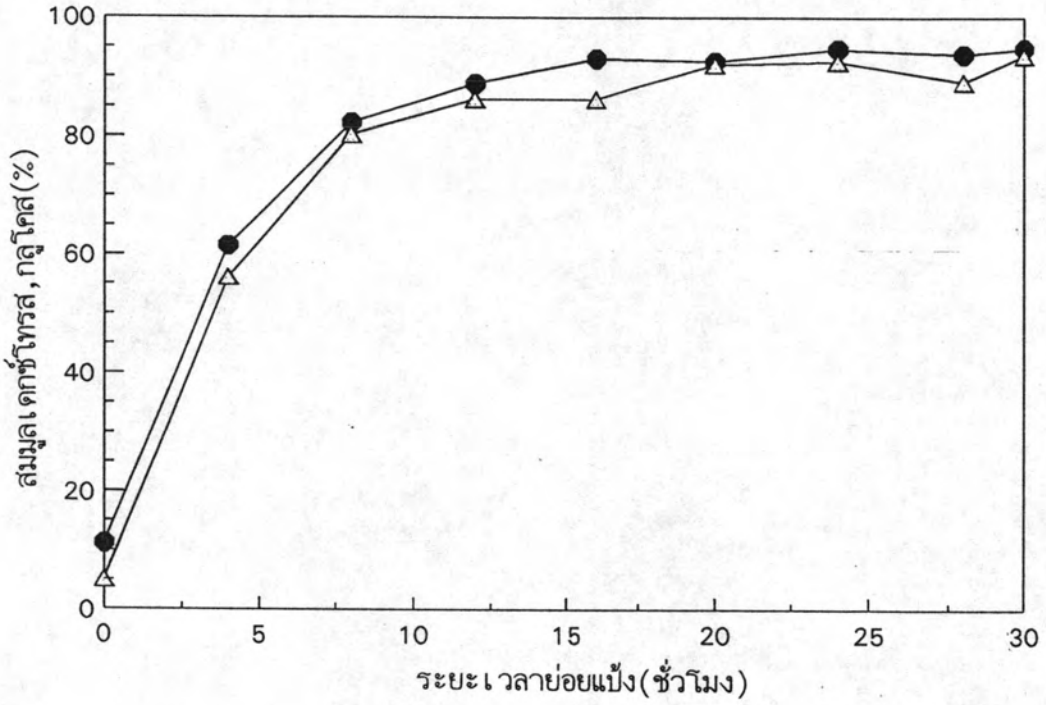
การย่อยแป้งมันสำปะหลังด้วยเอนไซม์

วัตถุดิบและเอนไซม์ที่ใช้

1. แป้งมันสำปะหลัง ตรากุหลาบ ของบริษัท ไทยวา จำกัด
2. เอนไซม์ BAN 240 L ของบริษัท Novo Nordisk ประเทศเดนมาร์ก
3. เอนไซม์ Dextrozyme 225/75 L ของบริษัท Novo Nordisk ประเทศเดนมาร์ก

การย่อยแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์

1. ชั่งแป้งมันสำปะหลัง 14 กิโลกรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 30 ลิตร ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ กวนให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน
2. ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 6.5 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มัล
3. เติมเอนไซม์ BAN ปริมาตร 8.50 มิลลิลิตร
4. เพิ่มอุณหภูมิเป็น 90 องศาเซลเซียส นาน 0 นาที
5. ลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส
6. ปรับค่าความเป็นกรดด่างเป็น 4.3-4.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์
7. เติมเอนไซม์ Dextrozyme ปริมาตร 15.0 มิลลิลิตร
8. ควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 ชั่วโมง
9. เพิ่มอุณหภูมิเป็น 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
10. กรองผ่านเครื่องปั่นเหวี่ยงแรงสูง (centrifuge)
11. เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส



รูปที่ 34 แสดงคุณสมบัติต่างๆของแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการย่อยด้วยเอนไซม์ โดยที่

-●- สมมูลเดกซ์โทรส (เปอร์เซนต์)

-△- กลูโคส (เปอร์เซนต์)

ภาคผนวก จ

สูตรการคำนวณ

1. สมมูลเดกซ์โทรส (dextrose equivalent : DE)

$$\text{สมมูลเดกซ์โทรส (เปอร์เซนต์)} = \frac{\text{น้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อลิตร)}}{\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)}} \times 100$$

2. ผลผลิต (yield)

$$\text{ผลผลิต (เปอร์เซนต์)} = \frac{\text{กรดมะนาว (กรัมต่อลิตร)}}{\text{น้ำตาลที่ใช้ทั้งหมด (กรัมต่อลิตร)}} \times 100$$

3. กำลังการผลิตทั้งหมด (overall productivity)

$$\text{กำลังการผลิตทั้งหมด (กรัมต่อลิตรต่อชม.)} = \frac{\text{ปริมาณกรดมะนาวที่ผลิตทั้งหมด(กรัม)}}{\text{ปริมาตรน้ำหมักทั้งหมด (ลิตร)} \times \text{เวลาที่ใช้หมัก (ชม.)}}$$

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสนธวรรณ สุภัทรประทีป เกิดวันที่ 16 เมษายน พ.ศ.2511 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2532