รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จันทร์ธิรา ลัภยพร. 2536. การปรับปรุงสายพันธุ์ *Gibberella fujikuroi* เพื่อผลิตจิบเบอเรลลิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. หลักสูตรเทคโนโลชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันฤดี นิ่มเจริญวงศ์. 2532. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินโดยเชื้อรา จิบเบอเรลลา ฟูจิกูรอย ซี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภชัย สมัปปีโต. 2537. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินโดย *Gibberella fujikuroi* N9-34. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. หลักสูตรเทคโนโลชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรไท สุขเจริญ. 2533. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินในถังหมัก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. หลักสูตรเทคโนโลชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัครวิทย์ กาญจนโอภาษ. 2536. สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินโดย *Gibberella fujikuroi* F4W-6(9). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. หลักสูตรเทคโนโลชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Bearder, J.R., MacMillan, J., and Phinney, B.O. 1975. Fungal products. XIV. Metabolic pathway from ent-kaurenoic acid to the fungal gibberellin in mutant B1-41a of *Gibberella fujikuroi*. J. Chem. Soc. Perkin Trans. 1:721-726.

Birch, A. J., Richards, R.W., Smith, H., Harris, A. and Whalley, W.B. 1959. Studies in relation to biosynthesis. XXI. Rosenolactone and gibberellic acid. Tetrahedron. 7:241-251.

Borrow, A., Brian, P.W., Chester, V.E., Curtis, P.J., Hemming, H.G., Henehan, C., Jefferys, E.G., Lloyd, P.B., Nixon, I.S., Norris, G.L.F. and Radley, M. 1955. Gibberellic acid metabolic product of the fungus *G. fujikuroi* : Some observations on its production and isolation. J. Sci. Food Agr. 6:340-348.

Borrow, A., Brown, S., Jefferys, E.G., Kessell, R.H.J., Lloyd, P.B., Rothwell, A., Rothwell, B. and Swait, J.C. 1964. Metabolism of *Gibberella fujikuroi* in stirred culture. Can. J. Micro. 7:407-444.

Borrow, A., Jefferys, E.G., and Nixon, I.S. 1959a. Process of producing gibberellic acid by two stage cultivation of *Gibberella . fujikuroi.* U.S. Patent 2,906,670.

Borrow, A., Jefferys, E.G., and Nixon, I.S. 1959b. Process of producing gibberellic acid by two stage cultivation of *Gibberella . fujikuroi.* U.S. Patent 2,906,671.

Bruckner, B. and Blechschmidt, D. 1991. The gibberellin fermentation. Crit. Rev. Biotechnol. 11(2):163-192.

Bruckner, B., Blechschmidt, D., Sembdner, G. and Schneider, G. 1989. Fungal gibberellin production. Biotechnology of Vitamins, Pigments and Growth factors. Vandamme E.S. (ed.) pp. 383-429. London:Elsevier Applied Science.

Bu Lock, J.D., Detroy, R.W., Hostalek, Z. and Monin-Al-Shakarchi, A. 1974. Regulation of secondary biosynthesis of *Gibberella fujikuroi.* Trans. Br. Mycol. Soc. 62:377-389.

Candau, R. Avalos J. and Cerda-Olmedo, E. 1991. Gibberellins and carotenoids in the wild type and mutants of *Gibberella fujikuroi.* Plant Physiol. 100:1184-1188.

Corey, E.J., Danheiser, R.L., Chandrasekavan, S., Keck, G.E., Gopalan, B., Larsen, S.D., Sivet, P. and Gras, J.L. 1978. Steriospecific total systhesis of gibberellic acid. J. Am. Chem. Soc. 100:8034-8036.

Curtis, P.J., and Cross, B.E. 1954. Gibberellic acid a new metabolite form the culture filtrates of *Gibberella fujikuroi.* Chem Inc.

Curtis, P.J. 1957. Selection of fungi and actinomycetes for gibberellin production. Science. 125:646.

Darken, M.A., Jensen, A.L. and Shu, P. 1959. Production of gibberellic acid by fermentation. Appl. Microbiol. 7:301-303.

Fuska, J., Kuhr, I., Podojil, M., and Sevcik, V. 1961. The influence of the nitrogen source on the production of gibberellic acid in submerse cultivation of *Gibberella fujikuroi.* Folia Microbial. 6:18-21.

Gancheva, V. and Dimova, T. 1984. Biosynthesis of gibberellin. II. Influence of the quantity and age of inoculum on the biosynthesis of gibberellins from the strain *Fusarium moniliforme* IM-11. Acta microbiol. Bulgarica. 14:74-79.

Geissman, T.A., Verbiscar, A.J., Phinney, B.O., and Cragg, G. 1966. Studies on the biosynthesis of gibberellin from (-) kaurenoic acid in culture of *Gibberella fujikuroi.* Phytochemistry. 5:933-947.

Giordano, W., Avalos, J., Cerda-Olmedo, E. and Domenech, C.E. 1999. Nitrogen availability and production of bikaverin and gibberellins in *Gibberella fujikuroi*. FEMS Microbiol. Lett. 173:389-393.

Giordano, W. and Domenech, C.E. 1999. Aeration affects acetate destination in *Gibberella fujikuroi*. FEMS Microbiol. Lett. 180:111-116.

Gohlwar, C.S., Sethi, R.P., Marwaha. S.S., Seghal, V.K., and Kennedy, J.F. 1984. Gibberellic acid biosynthesis and simulation of culture parameter. Enzyme Microb. Technol. 6:312-316.

Hollmann, D., Switalski, J., Geipel, S. and Onken, U. 1995. Extractive fermentation of gibberellic acid by *Gibberella fujikuroi* . J. Ferment. Bioeng. 79(6):594-600.

Holme, T. and Zacharias. B., 1965. Gibberellic acid formation in continuous culture. Biotechnol Bioeng. 7:405.

Jefferys, E.G. 1970. The gibberellin fermentation. Adv. Appl. Biol. 13:283-316.

Kumar, P.K.R., and Lonsane, B.K. 1989. Microbial production of gibberellins: State of art. Adv. Appl. Microbial. 34:29-139.

Kurosawa, E. 1926. Experimental studies on the nature of the substance excreted by the bakanae fungus. Trans. Nat. Hist. Soc. Fomosa. 16:212-217.

MacMillan, J. and Takahashi, N. 1968. Proposedprocedure for the allocation of trivial names to gibberellins. Nature. London. 217:170-171.

Nakayama, M., Nishijima, T., Koshioka, M., Yamane, H., Owen, D.J., Mander, L.N. Occurrence of GA_s in plants. [Online]. 1998. Available from : www.plant hormones.infooccurrence_ of_gas_in_plants.htm [2003, Sept. 24]

Rappaport, L. 1980. Applications of gibberellins in agriculture. Plant Growth Substances. Skoog, F. (ed.) pp. 377. Berlin.

Russell, S. 1975. Gibberellins and plant growth. Kriahnamoorth, H.N. (ed.) pp.1-34. New dehli : Wiley Eastern Ltd.

Sastry, K.S.M., Singh, P., Srinivasa Rao, M.V.V., and Subrahmanyan, C.V.S. 1988. Production of gibberellic acid by fermentation. Indian J. Exp. Biol. 26:851-854.

Shechter, I. and West, C.A. 1969. Biosynthesis of gibberellins. IV. Biosynthesis of cyclic diterpenes from trans-geranyl geranyl pyrophosphate. J. Biol. Chem. 224:3200-3209.

Sponsel, V.M. 1995. The Biosynthesis and metabolism of gibberellins in Higher Plants. Plant Hormones, Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Davies, P.J. (ed.) Boston : Kluwer Academic Publisher.

Steyermark, A. 1951. Microdetermination of nitrogen by kjeldahl method. In Quantitative Organic Microanalysis. pp.135-153. New York : the Blakiston. Philadelphia.

Stodola, F.H., Raper, K.B., Fennell, D.I., Conway, H.F., Johns, V.E., Langfold, C.T. and Jackson, R.W. 1955. The microbiological production of gibberellins A and X . Arch. Biochem. Biophys. 54:240-245.

Takahashi, N., Kitamura, H., Kawarada, A., Seta, Y., Takai, M., Tamura, S., and Sumiki, Y. 1955 Biochemical studies on bakanae fungus. XXXIV. Isolation of gibberellins and their properties. Bull. Agric. Chem. Soc. Jpn. 19:267

Takahashi, N., Yamaguchi, I., and Yamane, H. 1986. Gibberellins. Chemistry of Plant Hormones. pp. 282. Florida : CRC. Press Inc.

Vass, R.C. and Jefferys, E.G. 1979. Gibberellic acid. Economic Microbiology. 3: 421. Florida : Academic Press.

Yabuta, T. 1935. Biochemistry of the bakanae fungus of rice. Japanese Arg. Hort. 10:17-22.

Yuan, J.Q., Guo, S.R., Schgerl, K. and Bellgardt, K.H. 1997. Prifit opitimization for mycelia fed-batch cultivation. J. Biotechnol. 54:175-193.

West, C.A. 1973. Biosynthesis of gibberellins. Biosynthesis and Its Control in Plants. B.V. Milborrow. (ed.) pp.143-169. London : Academic Press.

West, C.A., and Phinney, B.O. 1956. Properties of gibberellin like factor from extracts of high plants. Plant Physiol. 31:20-25.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. สูตรอาหารแข็งสำหรับการเก็บรักษาเชื้อราโพเตโตเดกซ์โทรสอาการ์ (potato dextrose agar ; PDA) เสริมแร่ธาตุในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

มันฝรั่ง	300	กรัม
(ต้มให้เดือด 30 นาที แล้วกรองเอาเฉพาะน้ำใส)		
เดกซ์โทรส	20	กรัม
วุ้นผง	20	กรัม
อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	0.5	กรัม
ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)	0.5	กรัม
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.7H_2O$)	0.01	กรัม

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 5.6 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. สูตรอาหารแข็งสำหรับการกระตุ้นการสร้างสปอร์ อะซิเตต อาการ์ (acetate agar) ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย

แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	1	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	1	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5	กรัม
โซเดียมอะซิเตต ($CH_3COONa.3H_2O$)	0.6	กรัม
วุ้นผง	20	กรัม

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 6.0 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

3. สูตรอาหารเหลวสำหรับเตรียมหัวเชื้อ (inoculum medium) ตามสูตรของ ศุภชัย สมัปปิโต (2537) ในอาหารเหลว 1 ลิตร ประกอบด้วย

น้ำตาลทราย	100	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	2.39	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	5	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	1	กรัม
อะลูมิเนียมออกไซด์	0.1	กรัม
กากถั่วเหลืองที่ย่อยด้วยกรดกำมะถัน ที่มีปริมาณไนโตรเจน	1.14	กรัม

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.0 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4. สูตรอาหารสำหรับผลิตกรดจิบเบอเรลลิก (production medium) ตามสูตรของ ศุภชัย สมัปปิโต (2537) ในอาหารเหลว 1 ลิตร ประกอบด้วย

น้ำตาลทราย	100	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต	1.89	กรัม
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต	5	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	1	กรัม
อะลูมิเนียมออกไซด์	0.1	กรัม
กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้ว	5.9	กรัม
น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ	0.2	(ปริมาตรต่อปริมาตร)

ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็น 7.0 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. การเตรียมกากถั่วเหลืองที่ย่อยด้วยกรดกำมะถัน

ชั่งกากถั่วเหลืองปริมาณ 200 กรัม เติมสารละลายกรดกำมะถันเข้มข้น 1.0 นอร์มอล ปริมาตร 600 มิลลิลิตร นำไปย่อยในตู้นึ่งฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 40 นาที ทิ้งให้เย็น นำมาเติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 1200 มิลลิลิตร กรองผ่านผ้าขาวบาง 4 ชั้น นำมาปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 7.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 (น้ำหนักต่อปริมาตร) นำส่วนใสไปเตรียมอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ

2. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก

2.1 การเตรียมสารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก (dinitrosalicylic acid)

ละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก 1 กรัมในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.0 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และเติมน้ำขจัดไอออนปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารโพแทสเซียมโซเดียมทาเทรต ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$) 30 กรัม ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำขจัดไอออน และเก็บสารละลายในขวดสีชา

2.2 การเตรียมสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.0

ชั่งโซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa.3H_2O$) 11.63 กรัม และปิเปตสารละลายกรดอะซิติก ปริมาตร 0.86 มิลลิลิตร เติมน้ำขจัดไอออน และปรับความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4.0 ด้วยสารละลายกรดอะซิติก ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำขจัดไอออน และเก็บสารละลายในขวดแก้ว สำหรับใช้เป็นบัฟเฟอร์ของเอนไซม์อินเวอร์เทส

2.2 การเตรียมสารละลายเอนไซม์อินเวอร์เทส

ปิเปตสารละลายเอนไซม์อินเวอร์เทส ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในสารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ที่ได้จากข้อ 2.2 ปริมาตร 19.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และเก็บสารละลายในขวดสีชา เก็บในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3. การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจน

3.1 ของผสมตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst mixture) ประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต(K_2SO_4) 95 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) 5 กรัม ทำการปั่นของผสมด้วยเครื่องปั่นให้ละเอียด

3.2 อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator) ละลายเมธิลเรด (methyl red) และเมธิลีนบูล (metylene blue) 0.1 กรัม ใน 95 เปอร์เซ็นต์เอธานอลปริมาตร 150 มิลลิลิตร

3.3 สารละลายกรดบอริก (borric acid) ละลายกรดบอริก (borric acid) 4 กรัมในน้ำขจัดไอออน 100 มิลลิลิตร

3.4 สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 นอร์มอล โดยละลายกรดไฮโดรคลอริก 8.9 มิลลิลิตร ในน้ำขจัดไอออน และปรับปริมาตรจนเป็น 1,000 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

4. การเตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์กรดจิบเบอเรลลิกโดยวิธี HPLC

4.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดจิบเบอเรลลิก

ชั่งกรดจิบเบอเรลลิกมาตรฐาน 0.0833 กรัม (ความบริสุทธิ์ 90) ละลายในเมธานอลเข้มข้นร้อยละ 35 ปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร ซึ่งจะได้สารละลายเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกมาตรฐาน ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.2-1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.2 การเตรียมสารละลายภายในมาตรฐาน (internal standard)

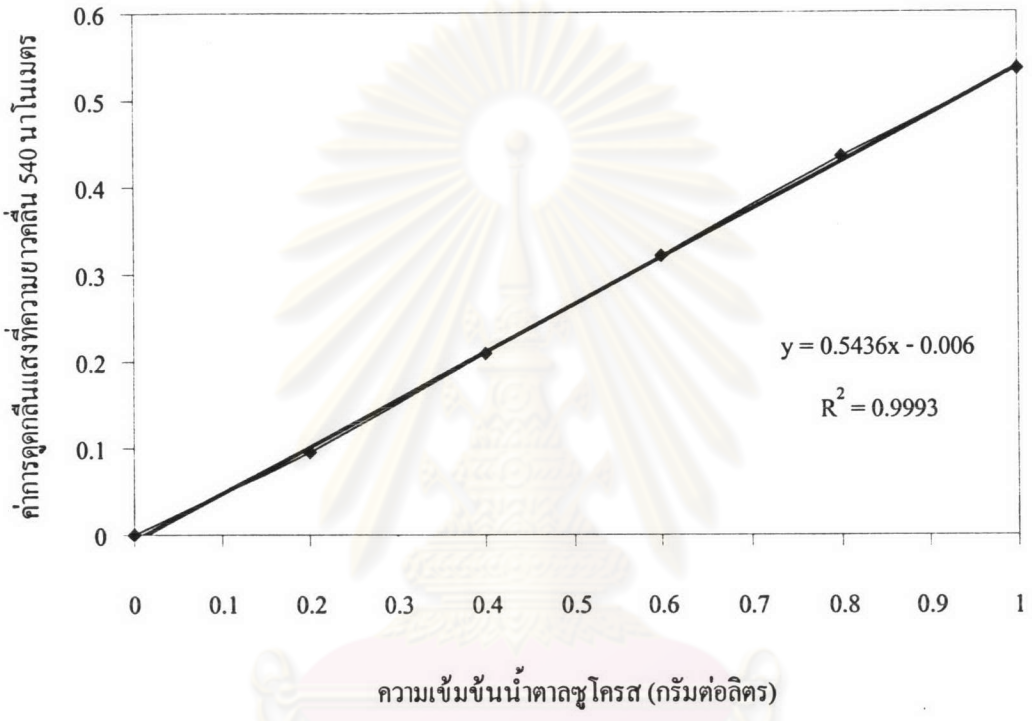
สารละลายภายในที่ใช้ได้แก่ 3-อะเซตาไมโดฟีนอลที่ความเข้มข้น 1.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยชั่ง3-อะเซตาไมโดฟีนอล 0.06 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร บรรจุในขวดสีชา เก็บไว้ในตู้เย็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐาน

1. กราฟมาตรฐานของน้ำตาลซูโครสที่ย่อยด้วยเอนไซม์อินเวอร์เทส

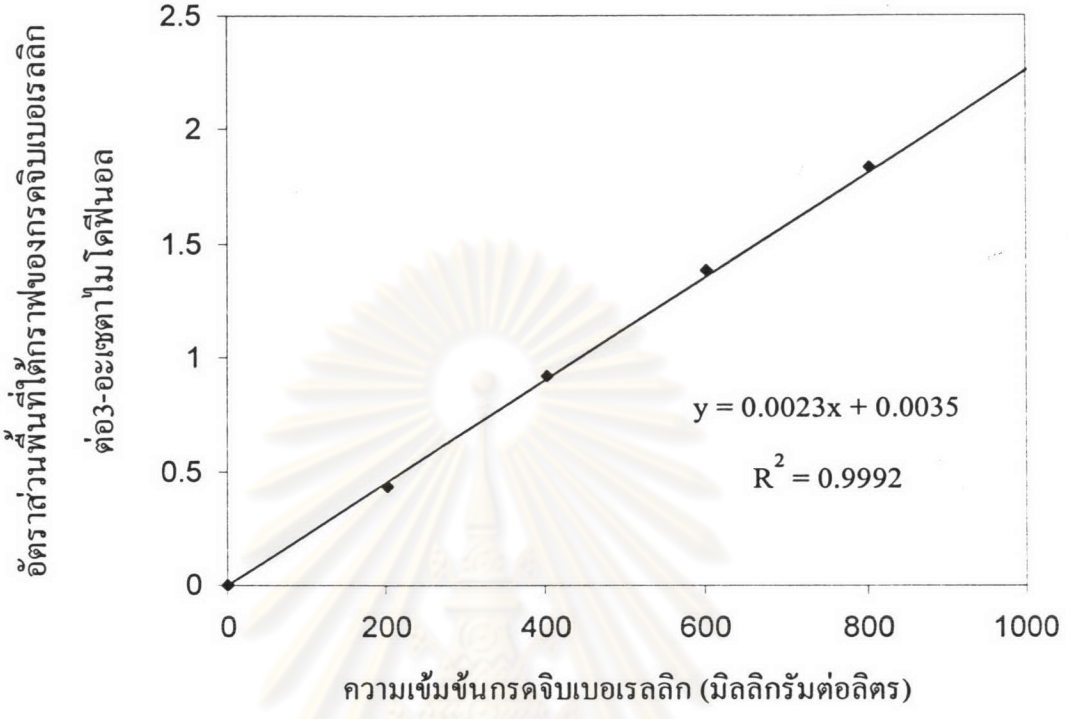


รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานน้ำตาลซูโครสที่ย่อยด้วยเอนไซม์อินเวอร์เทส ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 1.0 กรัมต่อลิตร

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เหลืออยู่ภายหลังการหมัก (total sugar) (กรัมต่อลิตร) = ค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร x 1/ความชัน x ความเจือจาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. กราฟมาตรฐานของกรดจิบเบอเรลลิกโดยวิธี HPLC



รูปที่ ค.2 กราฟมาตรฐานของกรดจิบเบอเรลลิกในช่วงความเข้ม 200-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก = พื้นที่ใต้กราฟของกรดจิบเบอเรลลิกต่อ3-อะเซตาไมโดฟีนอล x 1/ความชัน x ความเจือจาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

สูตรการคำนวณค่าทางจลนพลศาสตร์

1. ผลผลิตเซลล์ต่อน้ำตาลที่ใช้ ,Yx/s

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

$Yx/s = (x-x_0)/(s_0-s)$

เมื่อ Yx/s = ปริมาณเซลล์ต่อสารอาหารที่ใช้ (กรัมเซลล์ต่อกรัมสับสเทรต)

x = ความเข้มข้นของเซลล์ที่เวลานั้น (กรัมต่อลิตร)

x_0 = ความเข้มข้นของเซลล์เริ่มต้น (กรัมต่อลิตร)

s = ความเข้มข้นของสารอาหาร (กรัมต่อลิตร)

s_0 = ความเข้มข้นของสารอาหารที่เวลานั้น (กรัมต่อลิตร)

t = เวลา (ชั่วโมง)

2. ผลผลิตผลิตภัณฑ์ต่อน้ำตาลที่ใช้ , Yp/s

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

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

เมื่อ Yp/s = ปริมาณผลผลิตต่อสารอาหารที่ใช้ (มิลลิกรัมผลิตภัณฑ์ต่อกรัมสับสเทรต)

p = ปริมาณผลผลิตที่เวลานั้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

p_0 = ปริมาณผลผลิตเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

3. ผลผลิตผลิตภัณฑ์ต่อเซลล์ ,Yp/x

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

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

เมื่อ Yp/x = ปริมาณผลผลิตต่อปริมาณเซลล์ (มิลลิกรัมผลิตภัณฑ์ต่อกรัมเซลล์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. อัตราการผลิตเซลล์

อัตราการผลิตเซลล์ = $(x-x_0)/(t-t_0)$

เมื่อ t = เวลาที่จุดนั้น (ชั่วโมง)

t_0 = เวลาที่จุดเริ่มต้น (ชั่วโมง)

อัตราการผลิตเซลล์มีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

5. อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ , Productivity (P)

อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์ = $(p - p_0)/(t-t_0)$

อัตราการผลิตผลิตภัณฑ์มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

6. อัตราการใช้น้ำตาล

อัตราการใช้น้ำตาล = $(s_0-s)/(t-t_0)$

อัตราการใช้น้ำตาลมีหน่วยเป็น กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอภิรดี จันทร์ทอง เกิดวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2521 ที่เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) คณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ในปีการศึกษา 2542 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย