

เอกสารอ้างอิง

1. Newsome, R.L., "Sweeteners: Nutritive and Non-Nutritive," Food Technology, 8, 197-206, 1986.
2. Andres, C., "Fructose Sweetener of Choice," Food Processing, 12, 27-28, 1987.
3. Richard, L.A., C.William, and J.C. Bern., "Glucose Isomerase Production of High-Fructose Syrups," Applied Biochemistry and Bioengineering (Lamuel, B.W., K.K.Ephriam, and G.S.Leon, eds.), vol.2, pp.97-155, Academic Press, New York, 1979.
4. Hoppe, K., "The Sweetness Intensity of Fructose," Lebensm.-Ind., 33, 267-269, 1986.
5. Anonymous, "Commits Capacity to Make 90% HFCS for Reduced Calorie Food Applications," Food Engineering, 57, 45, 1985.
6. Voedingsraad, "Use of Fructose as a Sweetener in Products for Diabetics," Voeding, 45, 215-220, 1984.
7. ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย, "High Fructose Corn Syrup: ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่น่าสนใจ," สรุปข่าวธุรกิจ, 16(11), 7-14, 2528.
8. Fry, J., "Sweetener Production, Consumption and Price Cycles 1987-1990: The World Picture," Sugar y Azucar, 82(4), 14-20, 1987.

9. Spec, J.C., Jr, "The Lobry de Bruyn-Alberda van Ekenstein Transformation," Adv. Carbohydr. Chem., 13, 63-103, 1958.
10. MacAllister, R.V., N.E.Lloyd., R.G.Oworschack and W.J.Nelson, "Improvements in or Relating to Fructose-Containing Syrups," Brit.Pat., 1,267,119, March 15, 1972.
11. Marshall, R.O. and E.R.Kooi., "Enzymatic Conversion of D-glucose to D-fructose," Science, 125, 648-649, 1957.
12. Bucke, C., "Carbohydrate Transformation by Immobilized Cells," Biochem. Soc. Sym., vol.48, pp.25-38, Great Britain, 1978.
13. Tsumura, N. and T.Sato, "Enzymatic Conversion of D-glucose to D-fructose. Part VI. Properties of the Enzyme from Streptomyces phaeochromogenes," Agric. Biol. Chem., 29, 1129-1134, 1965.
14. Takasaki, Y., Y.Kosuki and A.Kanbayashi., "Studies on Sugar Isomerizing Enzyme Purification, Crystalization and Some Properties of Glucose Isomerase from Streptomyces sp.," Agric. Biol. Chem., 33, 1527-1534, 1969.
15. Bucke, C., "Industrial Glucose Isomerase," Enzyme and Fermentation Biotechnology (Wiseman, A. ed.), pp.147-171, John Wiley & Sons Inc., New York, 1977.
16. Natake, M and S.Yoshimura. "Studies on Glucose Isomerase of Bacteria.I.Formation of Glucose Isomerase by Aerobacter aerogenes strain HN-56 and Its Relationship to Xylose Isomerase," Agric. Biol. Chem., 27, 342-348, 1963.

17. Takasaki, Y. and O.Tanabe, "Formation of Fructose from Glucose by Bacteria.I. Properties of Glucose Isomerase," Hakko Kyokaishi, 20, 449-455, 1962.
18. Takasaki, Y. and O.Tanabe, "NAD-linked D-glucose-Isomerizing and D-mannose-Isomerizing Enzyme from Paracolobactrum aerogenoides," Agric. Biol. Chem., 28, 740-741, 1964.
19. Zemek, J., B.Kadlecikova, L.Kuniak, S.Kucar and A.Kockova-Kratochvilova, "Conversion of D-glucose to D-fructose Catalized by Yeasts and Yeasts-Like Organisms," Bulletin Potravinarskeho Vyskumu, Special Issue, pp.45-53, Bratislava, Czechoslovakia, 1984.
20. Hafner, E.W., "Constitutive Producer of a Thermostable Glucose Isomerase," US.Pat., 4,551,430, 1985.
21. Demnerova, K., I.Safarik and B.Kralova, "Glucose Isomerase Extraction from Streptomyces Nigrificans. A Comparison of Methods," Biotech. Lett., 4(7), 431-435, 1982.
22. Chen, W.P., "Studies on Glucose Isomerase from Streptomyces fravogriseus," Dissertation Abstracts International, B40(2)601:Order No.79-17994, Oregon State Univ., USA.,1979.
23. Olivieri, R., E.Fascetti, L.Angelini and L.Degen, "Method for Producing Fructose and Fructose Syrups," Indian Pat., 151,310, 1983.
24. Golovina, N.S., I.I.Menyailova, E.G.Murina, L.A.Nakhapetyan, T.A. Ladur and T.S.Puchkova, "Production of a Glucose-Fructose Syrup Using the Domestic Immobilized Glucose Isomerase 'Imfruzim'," Sakharnaya Promyshlennost, 3, 42-44, 1985.

25. Lloyd, N.E., "Process for Isomerizing Glucose," US.Pat., 4,411,996, 1983.
26. นฤมล ศุภจรรยา, "การศึกษากลูโคสไอโซเมอเรสที่ผลิตโดยสเตรปโตมัยซีสสายพันธุ์ 190-1," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
27. Ulezlo, I.V., A.A. Rezchikov, A.V. Ananichev and A.M. Bezborodova, "Highly Purified Glucose Isomerase of Actinomyces olivocinereus," Appl. Biochem. Microbiol., 16, 148-199, 1980.
28. Fujita, Y., A. Matsumoto, H. Ishikawa, T. Hishida, H. Kato and H. Takamisawa, "Process for the Isomerization of Glucose into Fructose," US.Pat., 4,008,124, 1977.
29. Chibata, I., Immobilized Enzymes, Research and Development, pp.1-147, Halsted Press, New York, 1978.
30. Teague, J.R. and A.L. Huebner, "Enhanced Immobilization of a Glucose Isomerase," US.Pat., 4,337,172, 1981.
31. Katwa, L.C. and M.R.R. Rao, "Immobilization of α -amylase, Glucoamylase and Glucose Isomerase on Cyanogen Bromide Activated Sepharose-6MB," Biotech. Lett., 5(3), 191-196, 1983
32. Antrim, R.L. and A.L. Auterinen, "A New Regenerable Immobilized Glucose Isomerase," Starch/Starke, 38(4), 132-137, 1986.
33. Agency of Industrial Sciences and Technology Nichibi Co., Ltd., "Immobilization of Glucose Isomerase," Jpn. Pat., 58 40,087, 1983.

34. CPC International, "Immobilized Glucose Isomerase," Ind. Pat., 149,540, 1982.
35. Lai, Ching-Liang, "Studies on Immobilized Enzymes. I. Immobilization of Glucose Isomerase," Ko Hsueh Fa Chan Yueh Kan, 5(2), 106-115, 1977.
36. Durand, G., J.M. Navarro, Immobilized Microbial Cells," Process Biochem., 9, 14-23, 1978.
37. Lloyd, N.E., L.T. Lewis, R.M. Logan and D.N. Patel, "Process for Isomerizing Glucose to Fructose," US. Pat., 3,694,314, 1972.
38. Suekane, M., "Immobilization of Glucose Isomerase," Z. Allg. Microbiol., 22(8), 565-576, 1982.
39. Petrovic, D., B. Barl and A. Gelineo, "Immobilization of Glucose Isomerase. I. Covalent Bonding of the Enzyme to Modified Cellulose Matrices," Glas. Hem. Drus. Beograd., 47(10), 557-562, 1982.
40. Nitto Electric Industrial Co. Ltd., "Manufacture of Carriers for the Immobilization of Enzymes," Jpn. Pat., 57,207,603, 20 Dec. 1982.
41. Ahn. B.Y., S.M. Byun, "Studies on Whole Cell Immobilized Glucose Isomerase. I. Preparation and Properties of Whole Cell Immobilized Glucose Isomerase," Korean Journal of Food Science and Technology, 11(3), 192-199, 1979.
42. Murina, E.G., L.A. Nakhapetyan, I.G. Plashchina, E.E. Braudo, V.I. Misyurev and V.B. Tolstoguzov, "Immobilized Cells Having Glucoisomerase Activity," U.S.S.R. Pat., Su. 1,070,163,

30 Jan 1984.

43. Ghose, T.K. and S.Chand, "Kinetic and Mass Transfer Studies on the Isomerization of Cellulose Hydrolysate Using Immobilized Streptomyces Cells," J.Ferment.Technol., 56(4), 315-322, 1978.
44. Mitsubishi Acetate Co.,Ltd., "Preparation of Immobilized Enzymes," Jpn. Pat., JP 59 28,475, 15 Feb. 1984.
45. Park, Y.H., "Studies on Microbiol. Glucose Isomerase .4. Characteristics of Immobilized Whole-Cell Glucose Isomerase from Streptomyces spp.," Enzyme Microb. Technol., 2(3) 227-233, 1980.
46. Kumakura, M., I.Kaetsu, "Precoating of Microbial Cells by Hydrophobic Reagents on Immobilization," Biotechnol. Lett., 5(3), 197-200, 1983.
47. Hiroshi, I. and M.Nobuhiko, "Immobilized Glucose Isomerase," Jpn. Pat., 78 20,484, 24 Feb. 1978.
48. Tsumura N. and T.Kasumi, "Isomerizing Glucose with Enzyme Immobilized within Microbial Cell," US. Pat., 4,001,082, 4 Jan. 1977.
49. Nitto Electric Industrial Co.,Ltd., "Preparation of Immobilized Enzymes," Jpn. Pat., 59 25,686, 9 Feb. 1984.
50. Tsumura, K. and T.Kasumi, "Treatment of Microbial Cells," Jpn. Pat., 76 128,474, 9 Nov. 1976.
51. Hodgkin, J.A., "High Fructose : A Growing World role," Sugar y Azucar, 82, 15-23, 1987.

52. Wong, Y., "Outlook for the Asia Sugar Consumption,"
Taiwan Sugar, 33(4), 8-12, 1986.
53. ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย, "การบริโภคน้ำตาลภายในประเทศ : เป้าหมายที่ยังไม่
ลุล่วง," สรุปข่าวธุรกิจ, 17(6), 10-21, 2529.
54. Pansolli, P. and A. Barbaro, "Method and Apparatus for the Continuous
Separation of Fructose from Glucose Starting from Invert
Sugar or from Isomerized Glucose Syrups,"
US. Pat., 4,443,267, 1984.
55. Baker, P.E. and G.A. Irlam, "Continuous Chromatographic Separation
of Glucose-Fructose Mixtures Using Anion-Exchange Resins,"
Chromatographia, 18(10), 567-574, 1984.
56. Kuptsevich, Yu.E., "Chromatographic Separation of Fructose and
Glucose from Their Aqueous Solution," Prikladnaya
Biokhimiya i Mikrobiologiya, 21(1), 129-134, 1985.
57. Barker, P.E. and E.K.E. Abusabah, "The Separation of Synthetic
Mixtures of Glucose and Fructose and Also Inverted
Sucrose Feedstocks Using Countercurrent Chromatographic
Techniques," Chromatographia, 20(1), 9-12, 1985.
58. Ananichev, A., "Preparation of Crystalline Fructose from a
Glucose-Fructose Syrup," Prikladnaya Biokhimiya i
Mikrobiologiya, 21(2), 260-264, 1985.
59. ขจันญา จรรยาอุดม, "การทำให้อริสโทอีนบางส่วน และการศึกษาคุณสมบัติของกลูโคสไฮโดร
เมอเรสจากสเตอริลไดมิลซีเอส สายพันธุ์ 190-1," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528.

60. ศิริลักษณ์ วีระดากกร, "การผลิตกลูโคสไอโซเมอเรสจาก Streptomyces sp. 190-1 ในถังหมัก," วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต เทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.
61. Bernfeld, P., Amylase and , Methods in Enzymology (Colowick, P.S. and O.N.Kaplan eds.), vol.I, pp.149, Academic Press, New York, 1955.
62. Amotz, S., T.K.Neilsen and N.O.Thiesen, "Immobilization of Glucose Isomerase," U.S. Pat. 3,980,521, 14 Sept. 1976.
63. Trevan, M.D., Immobilized Enzymes. An Introduction and Applications in Biotechnology, pp.11-15, John Wiley & Sons, 1980.
64. Laszlo, L. and J.Kurtossy, "Glucose Isomerase and Isomerization of Glucose," Szeszipar, 30(3), 81-86, 1982.
65. Ahn, B.Y., S.M.Byun, "Studies on Whole Cell Immobilized Glucose Isomerase .II. Operational Studies on the Batchwise and Continuous Isomerization of D-glucose," Korean J. Food Sci. Tech., 11(4), 249-257, 1979.
66. Scrimgeour, K.G., Chemistry and Control of Enzyme Reactions, pp.80-170, Academic Press, London, 1977.

ภาคผนวก 1

- 1.1 สูตรอาหารสำหรับเก็บรักษาเชื้อ (stock culture medium) ในรูปวุ้นเอียง (agar slant) ใน 100 มล. ประกอบด้วย

ไซโลส (xylose)	0.5	กรัม
เปป्टอน (peptone)	0.3	กรัม
ยีสต์เอ็กซ์แทรก (yeast extract)	0.3	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	0.05	กรัม
วุ้นผง (agar)	1.8	กรัม
พีเอช	7.0	

นึ่งฆ่าเชื้อที่สภาวะมาตรฐาน (ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว, อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส) ใช้เวลา 10 นาที

- 1.2 สูตรอาหารหัวเชื้อ (inoculum medium) ใน 100 มล. ประกอบด้วย

ไซโลส	0.6	กรัม
เปป्टอน	0.3	กรัม
ยีสต์เอ็กซ์แทรก	0.3	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	0.1	กรัม
พีเอช	7.0	

นึ่งฆ่าเชื้อที่สภาวะมาตรฐาน 10 นาที

- 1.3 สูตรอาหารสำหรับผลิตกลูโคสไอโซเมอเรสใน 100 มล. ประกอบด้วย

สารละลายย่อยด้วยกรดกำมะถันของเปลือกเมล็ดฝ้าย		
คำนวณให้มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar)	1.0	กรัม
ยีสต์เอ็กซ์แทรก	0.3	กรัม
เปป्टอน	0.3	กรัม
โคบอลต์คลอไรด์ ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$)	0.01	กรัม
ไดโบเตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.5	กรัม
เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 มล.		

pH 8.0 (ปรับด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์)

ส่วนประกอบทั้งหมดนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมกับถังหมักขนาด 10 ลิตร ที่สภาวะมาตรฐาน นาน 30 นาที ยกเว้นสารละลายย่อยด้วยกรดกำมะถันของเปลือกเมล็ดฝ้ายต้องแยกนึ่งฆ่าเชื้อต่างหากเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นจึงนำมาผสมรวมกันภายหลัง

ภาคผนวก 2

การเตรียมสารละลายกรดไดไนโตรซาลิไซลิก (dinitrosalicylic acid; DNSA reagent)

ละลายกรดไนโตรซาลิไซลิก 1 กรัม โมลาร์สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น
2 โมลาร์ 20 มล. เติมโซเดียมโบรไมด์เชื่อมตาเตรท 30 กรัม เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรทั้ง
หมดเท่ากับ 100 มล. เก็บสารละลายในขวดสีน้ำตาล

ภาคผนวก 3

ชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณหาความชัน และจุดตัดแกน y ของข้อมูลโดยวิธีกำลัง
สองน้อยที่สุด เขียนด้วยภาษาแอปเปิลซอฟท์ เบสิก (Applesoft Basic)

```
30 PRINT NUMBER OF KNOWN POINTS";
40 INPUT N
50 J=0:K=0:L=0:M=0:R2=0
100 FOR I=1 TO N
110 PRINT "X,Y OF POINT" ;I;
120 INPUT X,Y
130 J=J+X
140 K=K+Y
150 L=L+X^2
160 M=M+Y^2
170 R2=R2+X*Y
180 NEXT I
190 B=(N*R2-K*J)/(N*L-J^2)
200 A=(K-B*J)
210 PRINT
220 PRINT "f(X) = ";A;"+";B;" * X"
230 J=B*(R2-J*K/N)
240 M=M-K^2/N
250 K=M-J
260 PRINT
270 R2=J/M
280 PRINT "COEFFICIENT OF DETERMINATION (R^2)      = ";R2
290 PRINT "COEFFICIENT OF CORRELATION = ";SQR(R2)
300 PRINT "STANDARD ERROR OF ESTIMATE ="; SQR(ABS(K/(N-2)))
310 PRINT
320 PRINT "INTERPOLATION: (ENTER X=0 TO END PROGRAM)"
330 INPUT "X=";X
350 IF X=0 THEN 390
360 PRINT "Y=";A+B*X
380 GOTO 330
```




ประวัติผู้เขียน

นายคำพูน คุณานุกร เกิดเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2504 ณ กรุงเทพมหานคร
ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ
ปี พ.ศ. 2525