



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- จิราวัฒน์ กัตติยกุล. 2538. การผลิตมอลโตเดกซ์ทรินจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสที่ทนความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปทุมพร ฉิมเอนก. 2534. อนาคตของการใช้จุลินทรีย์ในอุตสาหกรรมแป้ง. *อาหาร*. 21(4): 239-244.
- ประพันธ์ ปันศิริโรดม. 2534. การใช้เอนไซม์ในอุตสาหกรรมอาหาร. *อาหาร*. 21(4): 245-252.
- วรัญญู ศรีเดช. 2537. การผลิตมอลโตเดกซ์ทรินชนิดเหลวจากแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. 2536. เป้าหมายการส่งออก การนำเข้า และดุลการค้าและบริการ ปี 2536. กรุงเทพฯ: กระทรวงพาณิชย์.

ภาษาอังกฤษ

- Anonymous. 1992. Fat substitutes: Finding method in the madness. *Prepared Food*. 162(12): 21-23.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. Virginia: The Association of Official Agricultural Chemists.
- Biliaderis, C.G., Grant, D.R. and Vose, J.R. 1981. Structure characterization of legume starches I: Studies on amylose, amylopectin, and beta-limit dextrans. *Cereal Chem*. 58(6): 496-501.
- Billmeyer, F.W. 1962. Textbook of Polymer Science, pp. 62-96. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.

- Brooks, J.R. and Griffin, V.K. 1987. Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *J. Food Sci.* 52(3): 712-714.
- . 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. *J. Food Sci.* 54(1): 190-193.
- Chen, W.P. and Chang, Y.C. 1984. Production of high-fructose rice syrup and high-protein rice flour from broken rice. *J. Sci. Food Agric.* 35: 1128-1131.
- Cudney, R. and McPherson, A. 1993. Preliminary crystallographic analysis of sweet potato beta-amylase. *J. Mol. Biol.* 229(1): 253-254.
- Evans, R.B. and Wurzburg, O.B. 1967. Product and use of starch dextrins. In R.L. Whistler. (ed.), Starch: Chemistry and Technology, pp. 253-278. 2nd ed. Orlando: Academic Press.
- Fanks, W. and Greenwood, C.T. 1975. Starch and Its Components, pp. 210-233. UK: Aberdeen university.
- Fogarty, W.M. 1983. Microbial Enzymes and Biotechnology, pp. 2-22. London: Applied Science Publishers.
- Fleche, G. 1985. Chemical modification and degradation of starch. In G.M.A. Van Beynum., and J.A. Roles. (eds.), Starch Conversion Technology, pp. 27, 96-123. New York: Marcel Dekker.
- Galvez, F.C.F. and Resurreccion, A.V.A. 1993. The effects of decortication and method of extraction on the physical and chemical properties of starch from mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczec). *J. Food Proc. & Pres.* 17: 93-107.
- Gomez, M.H., McDonough, C.M., Waniska, R.D. and Rooney, L.W. 1989. The dispersion behavior of starch granules. *Cereal Food World.* 14: 88-90.

- Hagenimana, V., Vezina, L and Simard, R.E. 1994. Sweetpotato α - and β -amylase: Characterization and kinetic studies with endogenous inhibitors. *J. Food Sci.* 59(2): 373-377.
- Inglett, G.E. 1978. Corn: Culture, Processing and Product. Connecticut: The AVI Publishing Co.
- Jackson, D.S., Owen, C.C. Waniska, R.D. and Rooney, L.W. 1988. Characterization of starch cooked in alkali by aqueous high-performance, size exclusion chromatography. *Cereal Chem.* 65: 493-496.
- Jain, M.K. 1982. Handbook of Enzyme Inhibitors (1965-1977), pp. 40. New York: John Wiley & Sons.
- Kainuma, K. 1984. Starch oligosaccharides: Linear, branched, and cyclic. In R.L. Whistler. (ed.), Starch: Chemistry and Technology, pp. 253-278. 2nd ed. Orlando: Academic Press.
- Kaper, F.S., Wildervank, J.A., Reinders, M.A., Dijkstra, P. and Suvee, A.J. 1987. Method of making and applying beta-limit dextrin containing starch hydrolysates. U.S. Patent 4,780,149.
- Kruger, J.E. and Marchylo, B. 1972. The use of reduced β -limit dextrin as substrate in an automated amylase assay. *Cereal Chem.* 49: 453-459.
- . 1978. A sensitive automated method for the determination of α -amylase in wheat flour. *Cereal Chem.* 55: 188-193.
- . 1982. High-performance aqueous gel permeation chromatographic analysis of beta-limit dextrin hydrolysis by malted hard red spring wheat, malted durum wheat, and fungal (*Aspergillus oryzae*) alpha-amylase. *Cereal Chem.* 59(6): 488-492.
- Kweon, M.R., Kim, S.R., Lim, K.S. and Ahn, S.Y. 1992. Characterization of mook (starch-gel food) forming starches. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 35(2): 92-98.

- Lee, A. and Kim, S. 1992. Gelation and gelling properties of legume starch. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 21(6): 738-747.
- Manners, D.J. and Matheson, N.K. 1981. The fine structure of amylopectin. *Carbohydr. Res.* 90: 99-110.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31(3): 426-428.
- Morehouse, A.L., Malzan, R.C. and Day, J.T. 1972. Hydrolysis of starch. U.S. Patent 3,663,369.
- Naivikul, O. and D' Appolonia, B.L. 1979. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. *Starch Cereal Chem.* 56: 24-27.
- Nebesny, E. 1990a. Change of carbohydrates and molecular structure of dextrans during enzymatic hydrolysis of starch with maltogenase participation. *Starch/Starke.* 42(11): 432-436.
- . 1990b. Carbohydrates composition and molecular structure of dextrans in enzymatic high maltose syrups. *Starch/Starke.* 42(11): 437-444.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 3(3): 375-380.
- Novo Nordisk. 1993. Termamyl. Denmark: Enzyme Process Division, Novo Nordisk. (Product Sheet)
- Reilly, P.J. 1985. Enzyme degradation of starch. In Beynum, G.M.A.V. and Roles, J.A. (eds)., Starch Conversion Technology, pp. 101-113. New York: Marcel Dekker.
- Rhà, C. and Pradipasena, P. 1986. Viscosity of proteins. In J.R. Mitchell and D.A.L. Elsevier. (eds)., Functional Properties of Food Macromolecules, pp. 128-137. New York: Applied Science.
- Ring, S.G., Collona, P., L'Anson, K.J., Kalichevsky, M.T., Miles, M.J. Morris, V.J. and Orford, P.D. 1987. The gelation and crystallization of amylopectin. *Carbohydr. Res.* 162: 277-293.

- Robin, J.P. 1981. Study of β -limit dextrin from various native starches: Interpretation in term of amylopection structure. *Sciences Aliments I.* n^o4: 551-567.
- Scotch, T.J. and Elder, A.L. 1955. Starches in the food industry. In American Chemical Society, Use of Sugars and Other Carbohydrates in the Food Industry, pp. 27. Orlando: Academic press.
- Segel, I.H. 1976. Biochemical Calculations: How to Solve Mathematical Problems in General Biochemistry, pp. 208-323. New York: John Wiley & Sons.
- Setser, C.S. and Racette, W.C. 1992. Macromolecule replacers in food products. *CRC. Crit. Rev. Food Sci. and Nutr.* 32(3): 275-297.
- Standinzer, H. and Hence, W. 1930. Highly polymerized compounds. XXXIII: A relation between the viscosity and the molecular weight of polystyrenes. *Ber. Dtsch. Chem. Ges. B.* 63: 222-234.
- Stevens, M.P. 1975. Polymer Chemistry an Introduction. Massachusetts: Addison-Wesley.
- Szejtli, J. 1988. Cyclodextrin Technology, pp. 23. Netherland: Kluwer Academic.
- Waniska, D. and Gomez, M.H. 1992. Dispersion behavior of starch. *Food Technol.* 54(3): 110-123.
- Whistler, R.L. and Paschall, E.F. 1965. Starch: Chemistry and Technology. Vol. 1. New York: Academic Press.
- Williamson, G., Belshaw, N.J., Self, D.J., Noel, T.R., Ring, S.G., Cairns, P., Morris, V.J. and Parker, S.A.C.M.L. 1992. Hydrolysis of A- and B-type crystalline polymorphs of starch by α -amylase, β -amylase and glucoamylase 1. *Carbohydr. Polymers.* 18: 179-187.
- Wingard, L.B.Tr., Katchlski-Katzir, E. and Goldstein, L. 1979. Enzyme Technology, pp. 235-310. New York: Academic Press.

- Wiseman, A. 1985. Handbook of Enzyme Biotechnology. Australia:
John Wiley & Sons.
- Wong, C. 1989. Enzyme, pp. 215-221. Orlando: Academic Press.
- Yankov, D., Dodreva, E., Beschkov, V. and Emanuilova, E. 1986.
Study of optimum conditions and kinetics of starch hydrolysis
by means of thermostable α -amylase. *Enzyme Microb. Technol.*
8: 665-670.
- Yoshida, T., Ishige, Y., Matsudaira, M. and Takahashi, T. 1989.
Branched dextrin product and compositions containing same.
U.S. Patent 4,840,807.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์หองค์ประกอบและสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้า

1. ปริมาณความชื้น

ตามวิธี AOAC. 925.10 (1990)

1. ออบจานโลหะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทั้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2 กรัม ใส่ในจานโลหะที่อบแห้งแล้ว บันทึกน้ำหนัก
3. ออบจานโลหะพร้อมตัวอย่างในตู้อบแบบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 130±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเปิดฝาไว้ในขณะที่อบแห้ง
4. ปิดฝาจานโลหะแล้วนำมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์
5. ชั่งน้ำหนักสุดท้ายของจานโลหะและตัวอย่างแป้ง

การคำนวณ

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)

$$= 100 - \left[\frac{\text{น้ำหนักจานและตัวอย่างหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักจาน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100 \right]$$

น้ำหนักตัวอย่าง

2. ปริมาณโปรตีน

ตามวิธี AOAC. 920.87 (1990)

1. ชั่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง (แนะนำให้มิโนโตรเจนในช่วง 0.03 ถึง 0.4 กรัม) ใส่ลงใน Kjeldahl digestion flask เติมคະตะลิสต์ผสมซึ่งประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟต ปราศจากน้ำ 95 ส่วน คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5 ส่วน และเซเลเนียมไดออกไซด์ 5.0 ส่วน จำนวน 8 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร
2. นำไปย่อยโดยค่อช ๆ ต้มให้เดือด
3. เขย่าเป็นครั้งคราว และย่อยจนส่วนผสมใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นลงไปละลายส่วนผสม แล้วเทใส่ใน distillation flask เติมน้ำกลั่นทั้งหมด 400 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมหะกอกบดลงใน distillation flask 2 ถึง 3 ชั้น

5. ต่อ distillation flask เข้ากับ condenser ของเครื่อง Macro-Kjeldahl distillation apparatus

6. เตรียมสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมหะกอกบดอินดิเคเตอร์ 2 ถึง 3 หยด

7. จุ่มปลาย condenser ในสารละลายกรดบอริก

8. ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 75 มิลลิลิตร ลงในกรวยที่อยู่เหนือ distilling flask

9. กลั่นจนได้ของเหลวประมาณ 300 มิลลิลิตร

10. ใช้น้ำกลั่นล้าง condenser ใส่ลงในขวดรูปชมพู่

11. โดเตรตสารละลายที่ได้ทั้งหมดกับสารละลายกรดซิลฟูริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ (V_1)

12. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวอ้างอิง ดำเนินวิธีการตั้งแต่ข้อ 1-11 บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ในการโดเตรต (V_2)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.0014 \times 6.25 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ

สารละลายกรดซิลฟูริกเข้มข้น 0.05 โมลาร์ ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

3. ปริมาณไขมัน

ตามวิธี AOAC. 920.39 (1990)

1. อบขวดที่ใช้ในการสกัดไขมันที่ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทั้งให้เย็นในเคซิเคเตอร์ ซึ่งน้ำหนักขวดและบันทึกไว้

2. หึ่งตัวอย่างที่ผ่านการวัดปริมาณความชื้น ประมาณ 2 กรัม ใส่ในกระดาษกรองเบอร์ 1 บันทึกน้ำหนักตัวอย่างและคำนวณเป็นน้ำหนักตัวอย่างที่มีความชื้น

3. ใส่หึ่งตัวอย่างลงใน thimble ซึ่งบรรจุอยู่ในขวดสกัดที่หึ่งน้ำหนักแล้ว

4. เติมน้ำมันอีเทอร์ปริมาณ 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด จากนั้นต่อขวดสกัดเข้ากับเครื่องสกัดไขมันแบบ Soxtherm Automatic

5. สกัดไขมันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิของ silicone oil ซึ่งใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัด ที่ 150 องศาเซลเซียส

6. กลั่นแยกปิโตรเลียม อีเทอร์ ออกจากน้ำมันที่สกัดได้

7. อบขวดสกัดที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเคซิเคเตอร์ ซึ่งนำหนักขวดสกัด

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่มีความชื้น}}$$

4. ปริมาณเส้นใย

ตามวิธี AOAC. 962.09 (1990)

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการวัดปริมาณความชื้นและสกัดไขมันออกแล้ว 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักตัวอย่างและคำนวณเป็นน้ำหนักตัวอย่างที่มีความชื้นและไขมัน

2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 200 มิลลิลิตร

3. ให้ความร้อนจนกระทั่งสารละลายเดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรของสารละลายให้คงที่ด้วยการเติมน้ำร้อน

4. กรองสารละลายผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์โดยวิธี suction ล้างบีกเกอร์ ผ่ากรองและตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง จนหมดฤทธิ์กรด

5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตรโดยการเติมน้ำร้อน

6. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่โดยการเติมน้ำร้อน

7. กรองสารละลายผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์ และล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆ ครั้ง

8. ล้างกากที่เหลือด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 1 และล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง

9. ล้างกากด้วยอัลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาณเล็กน้อย

10. นำกากที่เหลือใส่ใน evaporation dish เพื่อระเหยแอลกอฮอล์ออก

11. อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 คืน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นเคซิเคเตอร์

12. ใส่กากของตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนลงใน crucible ที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เเผาในเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างเป็นเถ้า

13. ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักของ crucible

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักของกากตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักของเถ้า}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่มีความชื้นและไขมัน}}$$

5. ปริมาณเถ้า

ตามวิธี AOAC. 923.03 (1990)

1. เเผา crucible ที่ 550 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ใน crucible ที่เผาแล้ว บันทึกน้ำหนักตัวอย่างไว้

3. เเผา crucible ที่มีตัวอย่างบนเตาให้ความร้อนในตู้ควีน

4. นำ crucible ที่มีตัวอย่างที่เผาไว้แล้ว มาเผาต่อในเตาเผาที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จนสารตัวอย่างกลายเป็นสีเทา

5. นำ crucible ที่มีเถ้าไปตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)

$$= \frac{\text{น้ำหนัก crucible และเถ้าหลังการเผา} - \text{น้ำหนัก crucible}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

6. ความเป็นกรด-ด่าง

ตามวิธี AOAC. 943.02 (1990)

1. ชั่งแป้ง 10.0 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่แห้งและสะอาด

2. เติมน้ำที่ถูกต้องจนเดือดและมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ปริมาณ 100 มิลลิเมตร เขย่าจนสารแขวนลอยกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และไม่เป็นก้อน

3. เขย่าติดต่อกันอีก 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาทีหรือมากกว่า

4. แยกส่วนใสใส่ในภาชนะอีกอัน และวัดความเป็นกรด-ด่างทันที ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (CORNING; 220) ที่ผ่านการปรับมาตรฐานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ 4.01 และ 9.18 ทำการวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

7. อุณหภูมิที่ทำให้แป้งถั่วเขียวละลายในน้ำเป็นแป้งเปือก

1. ชั่งแป้ง 18 กรัม เติมน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร
2. ตั้งเครื่อง Viskograph (Brabender; D-4100) โดยให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 50 ถึง 90 องศาเซลเซียส ในอัตรา 2 องศาเซลเซียสต่อนาที และความเร็วในการหมุนของกระบอกลีตัวอย่าง 60 รอบต่อนาที บันทึกเวลาที่สารแขวนลอยแป้งเริ่มเหนียวจนกระทั่งความเหนียวปรากฏสูงสุด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าสมมูลเคมส์โตรส ความหนืดปรากฏ
และปริมาณของผลผลิต

1. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

โดยวิธีทำปฏิกิริยากับ DNS ตามวิธีของ Miller (1959)

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย 3,5 dinitrosalicylic acid (DNS) reagent
ละลาย DNS 10 กรัม ฟีนอล 2 กรัม โซเดียมซิลิเฟต 0.5 กรัม ในสาร
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 2 ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิ-
ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. สารละลาย Rochelle salt เข้มข้นร้อยละ 40
ละลาย Rochelle salt 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร
3. สารละลายกลูโคส
ละลายกลูโคส แอนไฮดรัส 0.1800 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ได้
สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และเจือจางสารละลายกลูโคสแบบต่อเนื่อง
ในอัตราส่วน 4 ต่อ 5
4. สารละลายมอลโตส
ละลายมอลโตส โมโนไฮเดรต 0.3600 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ได้
สารละลายมอลโตสความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และเจือจางสารละลายมอลโตสแบบต่อ
เนื่องในอัตราส่วน 4 ต่อ 5

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการเตรียมกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์

1. คุ้สารละลายกลูโคสหรือมอลโตส ความเข้มข้น 5 ระดับ ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำ 2 ขั้ว (ทำ blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์)

2. เติมสารละลาย DNS reagent 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. แช่ในอ่างน้ำเดือด 5 นาที เติมสารละลาย Rochelle salt เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทันที แล้วจุ่มในอ่างน้ำประปาจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง
4. เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. นำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (ภาพที่ ข-1) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (SHIMADZU; UV-240) ซึ่งในการทดลองนี้พบว่า ทั้งกลูโคสและมอลโตสมีความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดเท่ากันคือ 500 นาโนเมตร
6. นำสารละลายกลูโคสและมอลโตสทั้ง 5 ความเข้มข้นที่เตรียมไว้ และทำปฏิกิริยา แล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร
7. เขียนกราฟมาตรฐาน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร (ภาพที่ ข-2) จากกราฟมาตรฐานพบว่า เส้นกราฟไม่ผ่านจุดกำเนิด (0,0) เพราะเป็นข้อจำกัดของวิธีนี้ (Miller, 1959)

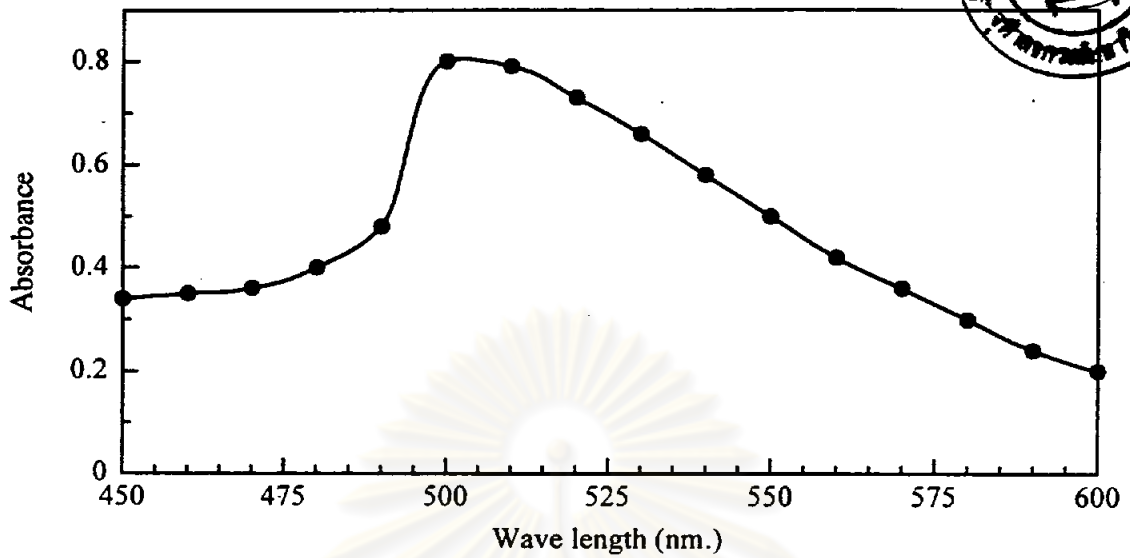
การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

1. เตรียมสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายใส โดยนำสารละลายตัวอย่างไปปั่นแยกที่ 15,000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที
2. บีบสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง (ถ้า blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง)
3. เติมสารละลาย DNS reagent 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. แช่ในอ่างน้ำเดือด 5 นาที เติมสารละลาย Rochelle salt เข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ทันที แล้วจุ่มในอ่างน้ำประปาจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง
5. เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร
7. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐาน โดยเมื่อใช้เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสอ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคส และเมื่อใช้เอนไซม์บีตา-อะไมเลสอ่านค่าความเข้มข้นของมอลโตส

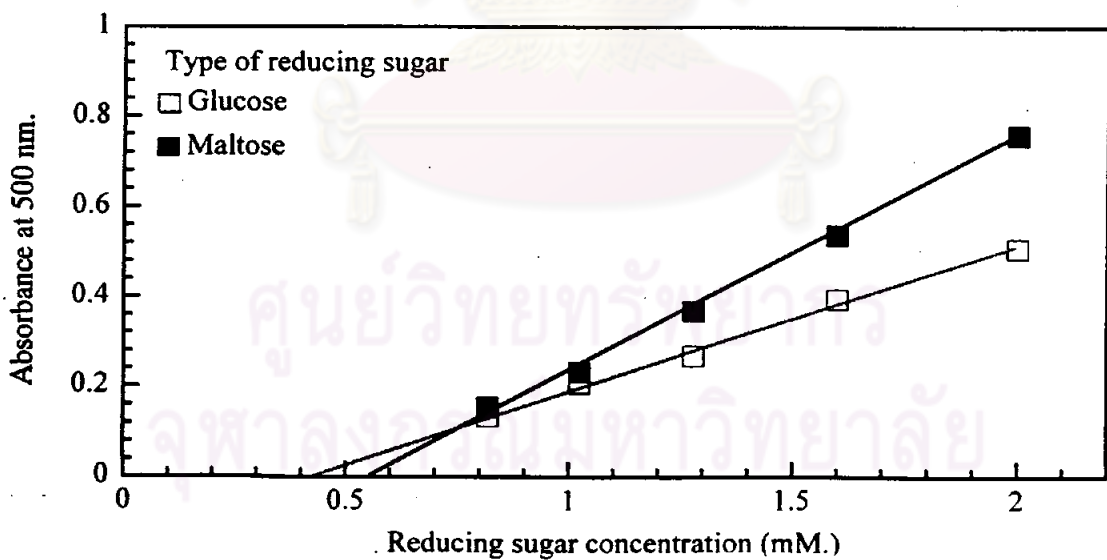
การคำนวณ

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิโมลาร์) = (A x dilution)

เมื่อ A คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ที่อ่านได้จากกราฟ



ภาพที่ ๑-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลรีดิวซ์ เพื่อใช้ในการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Miller



ภาพที่ ๑-2 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีของ Miller

กลูโคส: $Y = 0.32X + 0.42$ ($R^2 = 0.98$)

มอลโตส: $Y = 0.52X + 0.56$ ($R^2 = 0.99$)

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร

X คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์ (มิลลิโมลาร์)

2. ค่าสมมูลเดกซ์โตรส

ตามวิธีของ Somogyi-Nelson (Nelson, 1944)

ปริมาณของของแข็ง ตามวิธีของ AOAC. 925.45 (1990)

1. ออบจานโลหะเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร พร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทั้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ปิเปตสารตัวอย่าง 2-3 มิลลิตร จดปริมาตรที่แน่นอน ทำแห้งด้วยตู้อบแบบสุญญากาศซึ่งมีสารดูดความชื้นอยู่ในที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความดันสุญญากาศ 2 นิ้วปรอท เป็นเวลา 5 ชั่วโมง โดยเปิดฝาขณะทำแห้ง
3. ปิดฝาจานโลหะแล้วนำมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์
4. ชั่งน้ำหนักสุดท้ายของจานโลหะและตัวอย่าง
5. ออบอีกครั้ง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

ร้อยละของของแข็ง (กรัมต่อเดซิลิตร)

$$= \frac{(\text{น้ำหนักจานและตัวอย่างหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักจาน}) \times 100}{\text{ปริมาตรของสารตัวอย่าง}}$$

การเตรียมสารเคมี

1. Copper reagent A

ผสมโซเดียมคาร์บอเนต 25 กรัม Rochelle salt 25 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์คาร์บอเนต 20 กรัม โซเดียมซิลเฟต แอนไฮดรัส 200 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มิลลิตร คนจนสารเคมีละลายหมด แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

2. Copper reagent B

ละลายคอปเปอร์ซิลเฟต 15 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิตร แล้วเติมกรดซิลฟูริกเข้มข้น 1-2 หยด

3. สารละลายสี

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 25 กรัม ในน้ำกลั่น 450 มิลลิตร เติมกรดซิลฟูริกเข้มข้น 21 มิลลิตร ผสมแล้วเติมสารละลายของโซเดียมไฮดรอกไซด์คาร์บอเนต 3 กรัม ซึ่งละลายในน้ำกลั่น 25 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมง เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลที่มีฝาปิดแน่น สารละลายนี้เก็บไว้ได้นานประมาณ 6 เดือน

4. สารละลายกลูโคส

ละลายกลูโคส แอนไฮดรัส 0.1800 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ได้สารละลายกลูโคสความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ และเจือจางสารละลายกลูโคสแบบต่อเนื่องในอัตราส่วน 4:5

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการเตรียมกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายน้ำตาลมาตรฐานกลูโคสความเข้มข้น 5 ระดับ ใส่ในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำ 2 ซ้ำ (ทำ blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส)
2. เติมสารละลายผสมของ copper reagent A 25 ส่วน ต่อ copper reagent B 1 ส่วน ลงในสารละลายกลูโคส ในปริมาณ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี
3. ต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลานาน 20 นาที
4. ทำให้เย็นโดยจุ่มในน้ำประปา จนเท่าอุณหภูมิห้อง
5. เติมสารละลายสี 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
7. นำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (ภาพที่ ๓-3) ซึ่งในการทดลองพบว่าเท่ากับ 750 นาโนเมตร
8. นำสารละลายกลูโคสทั้ง 5 ความเข้มข้นที่เตรียมไว้ และทำปฏิกิริยาแล้ว ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร
9. เขียนกราฟมาตรฐาน แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร (ภาพที่ ๓-4)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กลูโคส)

1. ปิเปตสารตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (ทำ blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง)
2. เติมสารละลายผสมของ copper reagent A 25 ส่วน ต่อ copper reagent B 1 ส่วน ลงในสารละลายกลูโคส ในปริมาณ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี
3. ต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลานาน 20 นาที
4. ทำให้เย็นโดยจุ่มในน้ำประปา จนเท่าอุณหภูมิห้อง
5. เติมสารละลายสี 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
7. วัดการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร

8. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐาน อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคส

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณของน้ำตาลกลูโคส (กรัมต่อเดซิลิตร)} \\ = \frac{(A \times \text{dilution} \times 180)}{10^4} \end{aligned}$$

เมื่อ A คือ ความเข้มข้นของกลูโคสที่อ่านได้จากกราฟ (มิลลิโมลาร์)

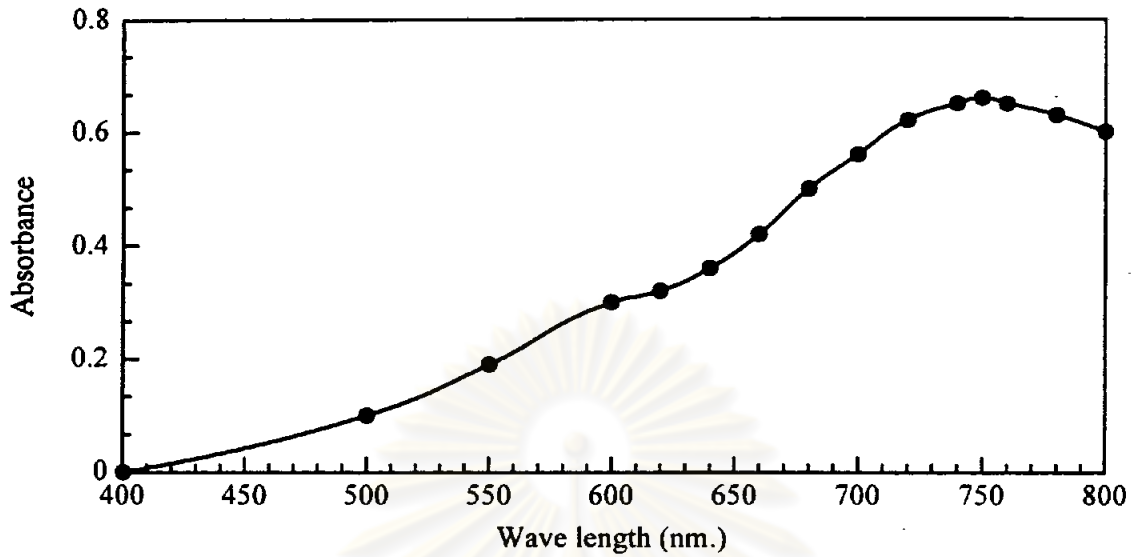
การคำนวณค่าสัมมูลโคเอ็กซ์โตรส

$$\text{ค่าสัมมูลโคเอ็กซ์โตรส} = (B/C) \times 100$$

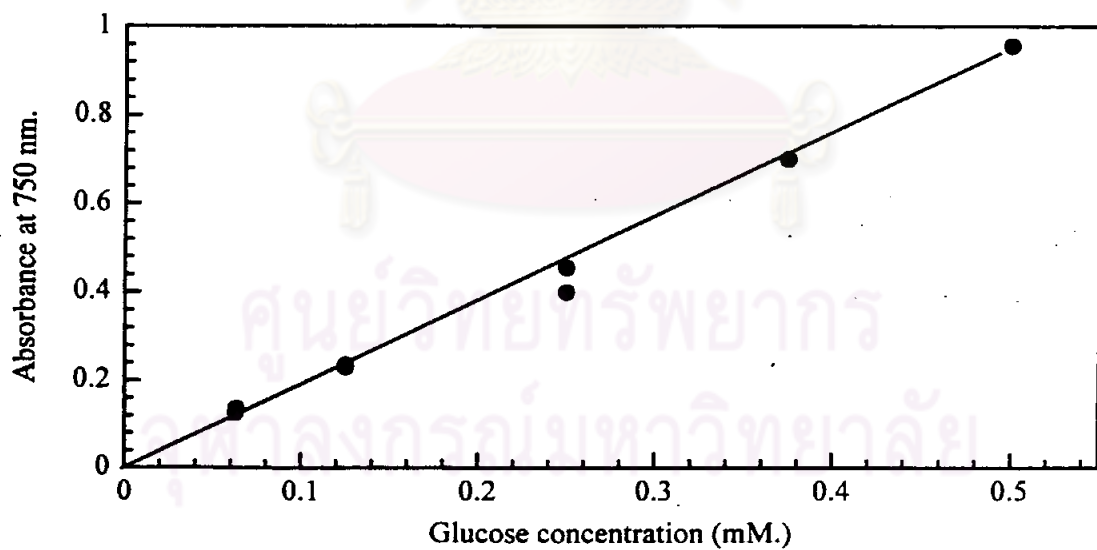
เมื่อ B คือ ปริมาณของน้ำตาลรีดิวิซ์ (กรัมของกลูโคสต่อเดซิลิตร)

C คือ ปริมาณของแข็ง (กรัมต่อเดซิลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ ๓-๓ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลกลูโคส ตามวิธีของ Somogyi-Nelson เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสมมูลเดกซ์โตรส



ภาพที่ ๓-๔ กราฟมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณกลูโคสตามวิธีของ Somogyi-Nelson เพื่อใช้ในการคำนวณค่าสมมูลเดกซ์โตรส

$$Y = 1.89X \quad (R^2 = 0.99)$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร

X คือ ความเข้มข้นของกลูโคส (มิลลิโมลาร์)

3. การวัดความหนืดปรากฏโดย Brookfield viscometer

1. ใส่ลิเคอไฟสตาร์ชปริมาณที่แน่นอนลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร แปะในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เพื่อปรับอุณหภูมิของลิเคอไฟสตาร์ชให้คงที่ที่ 30 องศาเซลเซียส
2. ใส่เข็มวัดความหนืดเข้ากับเครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer RVT; DV-1) และปรับความเร็วในการหมุนของเข็มวัดความหนืดไว้ที่ 100 รอบต่อนาที
3. ปรับค่า Dial reading ให้เท่ากับ 0
4. เปิดเครื่องให้เข็มหมุน รอจนค่า Dial reading ที่ปรากฏบนหน้าจอกดถึงบันทึกค่า Dial reading

การคำนวณ

ความหนืดปรากฏ (mPa.s) = ค่า Dial reading x ค่าพารามิเตอร์

$$\text{ค่า Shear rate} = \frac{2\pi}{(r_c - r_b)} \text{ (rpm)}$$

เมื่อ rpm คือ ความเร็วในการหมุนของเข็มวัดความหนืด (รอบต่อนาที)

r_c และ r_b คือ รัศมีของบีกเกอร์และรัศมีของเข็มวัด (เซนติเมตร)

4. การวัดความหนืดปรากฏด้วย Cannon-Fenske viscometer

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายตัวอย่าง
นำสารละลายตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 2
2. น้ำกลั่นที่ผ่านการกรองแล้ว
นำน้ำกลั่นกรองผ่านตัวกรองขนาด 0.45 ไมครอน เพื่อใช้เจือจางตัวอย่างและล้างอุปกรณ์
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
เตรียมอ่างน้ำชนิดใสสามารถมองเห็นจากด้านนอกได้ซึ่งในอ่างน้ำต้องมีเครื่องให้ความร้อนที่ต่อเข้ากับเครื่องควบคุมอุณหภูมิและมีเครื่องกวนน้ำ

วิธีการ

1. แปะสารตัวอย่างซึ่งทราบความเข้มข้นที่แน่นอนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิคงที่ 30 ± 0.02 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 100 วินาที

2. จับยึด viscometer ในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ระดับน้ำในอ่างสูงกว่าระดับ B
3. บีบเปดสารตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ใน viscometer ด้านกระเปาะ A
4. ดูดสารตัวอย่างจากทางด้าน B ให้สารตัวอย่างสูงกว่าระดับ X
5. จับเวลาที่สารตัวอย่างไหลจากระดับ X มาถึงระดับ Y (t) วัดเช่นนี้ 3 ครั้ง
6. ทำความสะอาด viscometer โดยเทสารออกและล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง สุดท้ายล้างด้วยอะซิโตนอีก 2 ครั้ง แล้วเป่าด้วยลมร้อนจนแห้ง
7. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้ น้ำกลั่น (t_0)

การคำนวณ

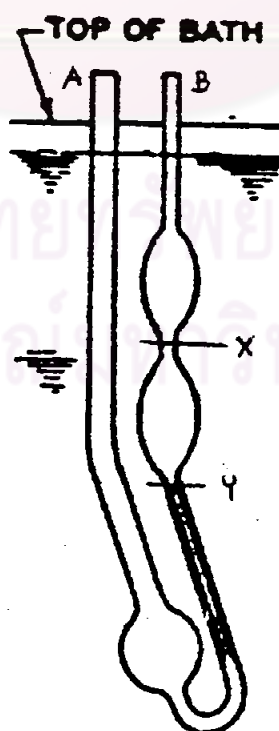
ความหนืดปรากฏของสารตัวอย่าง

$$\eta_{app} = \eta_r \times \eta_{H_2O}$$

เมื่อ η_{app} คือ ความหนืดปรากฏ (mPa.s)

η_{H_2O} คือ ความหนืดของน้ำที่ 30 องศาเซลเซียส เท่ากับ 0.3016 mPa.s

η_r คือ relative viscosity = t/t_0



ภาพที่ ๕-5 Cannon-Ubbelohde viscometer

5. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (คือปริมาณลิเคอไฟสแตร์ช เดกซ์ทรินผสม โอลิโกแซคคาไรด์ และบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน)

โดยวิธี modified anthrone (Brooks and Griffin, 1987)

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก

ผสมกรดซัลฟูริกกับน้ำในอัตราส่วน 2.3 ต่อ 1.0 โดยปริมาตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. Anthrone reagent

ละลาย anthrone ความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อเดซิลิตร โดยใช้สารละลายข้อ

1 เป็นตัวทำละลาย

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการเตรียมกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์

1. ปิเปตสารละลายน้ำตาลมาตรฐานกลูโคสซึ่งมีความเข้มข้นในช่วง 0.01 ถึง 0.003 มิลลิโมลาร์ ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 25 ไมโครลิตร โดยใช้ไมโครปิเปต (ทำ blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส)

2. เติม anthrone reagent ลงในสารละลายกลูโคส ในปริมาณ 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นโดยจุ่มในน้ำประปาจน อุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

4. นำไปสแกนหาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (ภาพที่ ๖-6) ซึ่ง ในกรณีทดลองนี้พบเท่ากับ 625 นาโนเมตร

5. นำสารละลายกลูโคสทั้ง 5 ความเข้มข้นที่เตรียมไว้และทำปฏิกิริยาไว้แล้ว มา วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 625 นาโนเมตร

6. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส และ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 625 นาโนเมตร (ภาพที่ ๖-7)

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

1. ปิเปตสารตัวอย่างปริมาณ 25 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดทดลอง โดยใช้ไมโครปิเปต (ทำ blank เปรียบเทียบโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง)

2. เติม anthrone reagent ลงในสารละลายกลูโคสในปริมาณ 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นโดยจุ่มในน้ำประปาจน อุณหภูมิเท่าอุณหภูมิห้อง

4. นำสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยาไว้แล้ว มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 625 นาโนเมตร
5. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐาน อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคส
6. นำค่าความเข้มข้นของกลูโคสที่อ่านได้มาคูณด้วยค่า 0.9 เพื่อคำนวณกลับเป็นปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

การคำนวณ

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณของน้ำตาลกลูโคส (กรัมต่อมิลลิเมตร)} \\ &= \frac{(A \times \text{dilution} \times 180)}{10^4} \end{aligned}$$

เมื่อ A คือ ความเข้มข้นของกลูโคสที่อ่านได้จากกราฟ (มิลลิโมลาร์)

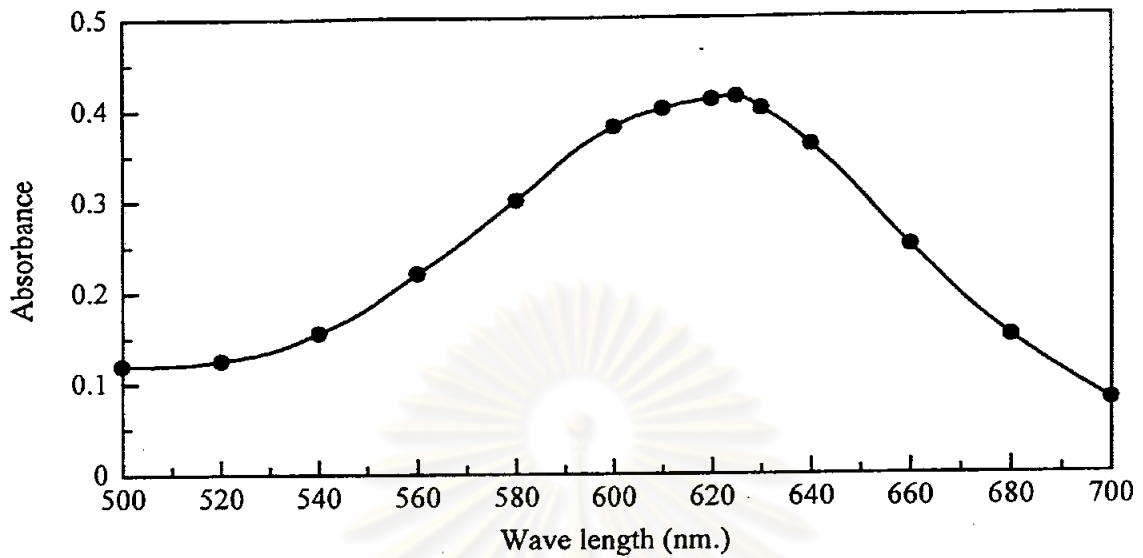
ปริมาณร้อยละของคาร์โบไฮเดรต

$$= \frac{(B \times 0.9) \times \text{ปริมาตรทั้งหมดของสารตัวอย่าง} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งตั้งต้น} \times \text{สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในแป้ง}}$$

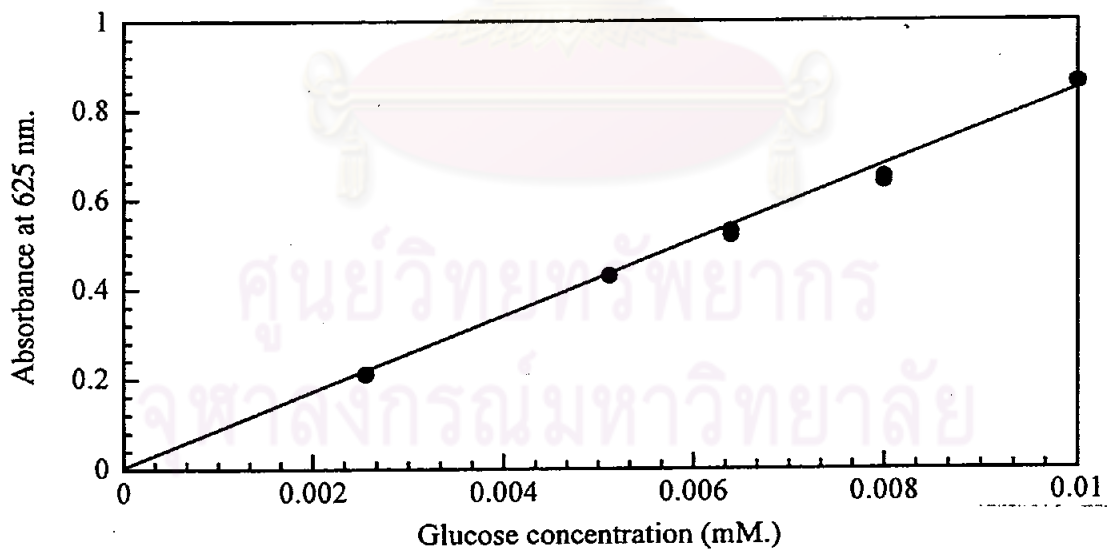
เมื่อ B คือ ปริมาณของน้ำตาลกลูโคส (กรัมต่อมิลลิเมตร)

สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในแป้งข้าวเจ้า เท่ากับ 0.8965

ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ ๖-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายน้ำตาลกลูโคสตามวิธี modified anthrone เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต



ภาพที่ ๖-7 กราฟมาตรฐานสำหรับการหาปริมาณกลูโคสตามวิธี modified anthrone เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

$$Y = 85.28X \quad (R^2 = 0.99)$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร

X คือ ความเข้มข้นของกลูโคส (มิลลิโมลาร์)

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยและสมบัติทางการไหล

1. น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยวิธี freezing point depression

1. เปิดสารละลายบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน ซึ่งทราบความเข้มข้นที่แน่นอนปริมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ในถุงพลาสติกชนิด linear low density polyethylene ซึ่งมีขนาด 3.5x15 เซนติเมตร

2. รุ่ม thermocouple ลงในสารละลายโดยให้ส่วนปลาย thermocouple อยู่ตรงกลางสารละลาย ตั้งไว้ในเครื่องแช่แข็ง (Denfoss) ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส

3. ต่อปลายสาย thermocouple อีกด้าน เข้ากับเครื่องบันทึกอุณหภูมิ (CHINO; PROCOS-VII)

4. อ่านอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที ตั้งแต่ 20 ถึง -20 องศาเซลเซียส

5. ทำซ้ำโดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน

6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\Delta T_p / C$ กับ C จุดตัดแกนคือ $(\Delta T_p / C)_{C=0}$

การคำนวณ

คำนวณตามสูตร

$$(\Delta T_p / C)_{C=0} = \frac{R \cdot T^2}{\rho \cdot \Delta H_p \cdot \bar{M}_n}$$

เมื่อ ΔT_p คือ ค่าความแตกต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของสารละลายตัวอย่างและน้ำ

C คือ ความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ มีค่าเท่ากับ 8.3145 จูลต่อโมล. องศาเคลวิน

T คือ จุดเยือกแข็งของน้ำ (อุณหภูมิสัมบูรณ์)

ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.9998 กรัมต่อเซนติเมตร³ ที่ 0 องศาเซลเซียส

ΔH_p คือ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว มีค่าเท่ากับ 6 กิโลจูลต่อโมล

\bar{M}_n คือ น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (Number average molecular weight)

2. การวัด intrinsic viscosity โดย Cannon-Fenske viscometer

1. วัดความหนืดของสารละลายบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน (t) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ตามวิธีในข้อ 4 ภาคผนวก ข โดยควรเจือจางสารละลายบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทรินจนได้ค่า relative viscosity ($\eta_r = t/t_0$) อยู่ในช่วง 1.1-1.5

2. เขียนกราฟระหว่าง reduced viscosity (η_{sp}/C) กับความเข้มข้นของสารละลายบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน (C) จะได้จุดตัดแกน X คือ $[\eta]$ ตามความสัมพันธ์นี้

$$\eta_{sp}/C = [\eta] + k' [\eta]^2 C$$

เมื่อ η_{sp} คือ specific viscosity = $\eta_r - 1$
 C คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่าง
 $[\eta]$ คือ intrinsic viscosity
 k' คือ ค่าคงที่

3. การวัดสมบัติทางการไหล โดย HAAKE viscometer

1. ปิเปตตัวอย่างปริมาณ 8 มิลลิลิตร ใส่ในกระบอกใส่ตัวอย่าง แล้วต่อเข้ากับเครื่อง HAAKE viscometer (HAAKE; RV20 Rotovisco)
2. ตั้งอุณหภูมิของน้ำหล่อกระบอกตัวอย่างให้เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส
3. ตั้งให้แรงเฉือน (shear rate) เพิ่มขึ้นจาก 350 ถึง 1,000 ภายในเวลา 5 นาที และลดลงในอัตราเดียวกัน
4. ปรับค่า %shear rate เท่ากับ 100%
5. ปรับค่า %shear stress เท่ากับ 20%
6. ปรับค่า shear stress ให้เท่ากับ 0 และเริ่มวัด
7. ผลการทดลองคือ ความหนืดปรากฏที่ shear rate shear stress หรือเวลาต่างๆ และอุณหภูมิที่แท้จริงขณะวัด
8. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress (τ) กับ shear rate (D) จุดตัดแกนคือค่า yield stress (τ_0) และความชันคืออัตราของความหนืด (b)

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

จำนวนโคมเลกุลแอลฟา-อะไมเลสย่อยแป้ง 1 โคมเลกุล

น้ำหนักโคมเลกุลเฉลี่ยของอะไมโลเพคตินในแป้งทั่วไป 342×10^6 (Fleche, 1985)

น้ำหนักโคมเลกุลเฉลี่ยของอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้า $324,900$ (Biliaderis, 1981)

Weight fraction ของอะไมโลเพคตินต่ออะไมโลสในแป้งข้าวเจ้า $0.7:0.3$

เพราะฉะนั้น น้ำหนักโคมเลกุลเฉลี่ยของโคมเลกุลแป้งในแป้งข้าวเจ้า

$$= \frac{(0.7 \times 342 \times 10^6) + (0.3 \times 324900)}{(0.7 + 0.3)} = 239.5 \times 10^6$$

อัตราส่วนของแอลฟา-อะไมเลสต่อแป้งข้าวเจ้าแห้ง 3.32 KNU ต่อ 100 กรัม

เท่ากับ 27.68×10^{-3} กรัม ต่อ 100 กรัม

น้ำหนักโคมเลกุลเฉลี่ยของแอลฟา-อะไมเลสที่สกัดได้จาก *B. licheniformis*

$60,000$ (Fogarty, 1983;

Reilly, 1985)

เพราะฉะนั้น จำนวนโคมเลกุลของแอลฟา-อะไมเลส/จำนวนโคมเลกุลแป้ง

$$= \frac{(27.68 \times 10^{-3} / 60000)}{(100 / 239.5 \times 10^6)} = 1 / 1$$

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ จ-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของการย่อยแป้งข้าวโพดด้วยแอลฟา-อะไมเลส

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	266.7032	7	38.1005	6.955	0.0007
Within groups	87.6467	16	5.4779		

Total (corrected)	354.3499	23			

ตารางที่ จ-2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของการย่อยแป้งข้าวโพดด้วยแอลฟา-อะไมเลส

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	161.7121	4	40.4280	0.971	0.50
Within groups	416.2681	10	41.6268		

Total (corrected)	577.9802	14			

ตารางที่ ๑-3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของการย่อยแป้งด้วยข้าวด้วยบีต้า-อะไมเลส

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	220.5123	8	27.5640	14.186	0.000
Within groups	34.9748	18	1.9430		

Total (corrected)	255.4871	26			

ตารางที่ ๑-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิของการย่อยแป้งด้วยข้าวด้วยบีต้า-อะไมเลส

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	1012.5490	6	168.7582	33.724	0.000
Within groups	70.0583	14	5.0042		

Total (corrected)	1082.6074	20			

ตารางที่ ๑-5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสมมูลเดกซ์โตรสของลิเคอไฟสตาร์ช

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	87.5886	4	21.8971	280.805	0.000
Within groups	0.7798	10	0.0779		

Total (corrected)	88.3684	14			

ตารางที่ ๓-6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดปรากฏของลิเคอไฟสตาร์ช

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	129.3616	4	32.3404	77.735	0.000
Within groups	4.1603	10	0.4160		

Total (corrected)	133.5219	14			

ตารางที่ ๓-7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณลิเคอไฟสตาร์ช

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	117.7921	4	29.4480	36.657	0.000
Within groups	8.0333	10	0.8033		

Total (corrected)	125.8254	14			

ตารางที่ ๓-8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสมมูลเดกซ์โตรสของเดกซ์ทรินผสม

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	42.5181	4	10.6295	1.395	0.3041
Within groups	76.2174	10	7.6217		

Total (corrected)	118.7355	14			

ตารางที่ ๑-9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดปรากฏของเดกซ์ทรินผสม

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	0.0082	4	0.0020	0.922	0.4886
Within groups	0.0221	10	0.0022		

Total (corrected)	0.0303	14			

ตารางที่ ๑-10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเดกซ์ทรินผสม

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	219.5903	4	54.8976	4.6917	0.0216
Within groups	117.0155	10	11.7016		

Total (corrected)	336.6058	14			

ตารางที่ ๑-11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสมมูลเดกซ์โตรสของบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	13.8600	4	3.4650	8.172	0.0034
Within groups	4.2400	10	0.4240		

Total (corrected)	18.1000	14			



ตารางที่ ๑-12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนืดปรากฏของบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	0.2815	4	0.0704	89.462	0.000
Within groups	0.0079	10	0.0008		

Total (corrected)	0.2894	14			

ตารางที่ ๑-13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณบีต้า-ลิมิต เดกซ์ทริน

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	173.9949	4	43.4987	1.882	0.1902
Within groups	231.0809	10	23.1081		

Total (corrected)	405.0759	14			

ตารางที่ ๑-14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าสมมูลเดกซ์โตรสของโอลิโกแซคคาไรด์

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	2769.2582	4	692.3145	112.893	0.000
Within groups	61.3250	10	6.1325		

Total (corrected)	2830.5832	14			

ตารางที่ ๑-15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพลิโกนซัคคาไรด์

SOV	SS	d.f.	Mean square	F-ratio	Sig.level
Between groups	110.9124	4	27.7281	2.244	0.1368
Within groups	123.5698	10	12.3569		

Total (corrected)	234.4820	14			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้เขียน

นางสาวอรนุช ว่องพิริยพงษ์ เกิดวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2511 สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตประสานมิตร ในปีการศึกษา 2533 และเข้าศึกษาต่อ
ในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2534

ผลงานทางวิชาการ

- Wongpiriyapong, O., Pradipasena, P. and Chiwanichsiri, S.
1994. Production of β -limit dextrin from mung bean
starch. Poster presentation. Biotechnology for
Economy and Pollution Control, Oct. 12-15. Khon Kaen:
Khon Kaen university.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย