รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธนาคารกรุงเทพจำกัด. 2535. ข้าว. วารสารเศรษฐกิจ. 24: 36-37.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2536. การจัดทำแผนประสานความร่วมมือในการพัฒนาข้าวหอมมะลิ. เอกสารประกอบการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ. กรุงเทพมหานคร.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. พืชเศรษฐกิจเล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

AACC. 1983. Approved method of the AACC. 8 th ed. St. paul, MN. : American Association of Cereal Chemists.

A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. Washington, D.C. : Association of Official Analytical Chemists.

Anonymous. 1981. Agglomerated maltodextrin expands uses. Food Dev. 15: 14-15.

_____. 1990. USDA's Oatrim replaces fat in many food products. Food Tech. 44: 100.

Arasaratnam, V. and Balasubramaniam, K. 1993. Synergistic action of α-amylase and glucoamylase on raw corn. Die starke. 45: 231-233.

Armbruster, F.C. 1974. Process for producing non-waxy starch hydrolysates. US. Patent. 3,853,706.

Banks, W. and Greenwoods, C.T. 1968. Studies on starch-degrading enzyme. Die Starke. 10: 315-318.

Bennett, C.O. and Myers, J.E. 1988. Momentum, Heat and Mass Transfer. 3 rd ed. Singapore : Fong & Sons.

Birch, G.G., Blakebrough, N. and Parker, K.J. 1981. Enzyme and food processing. London: Applied science.

Brooks, J.R., and Griffin, V.K. 1987a. Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. J. Food Sci. 52: 712-714.

_____, and Griffin, V.K. 1987b. Saccharide analysis of corn syrup solids and maltodextrins using High-performance liquid chromatography. Cereal Chem. 64(4): 253-255.

_____, and Griffin, V.K. 1988. Production of Hydrolyzed rice starch (maltodextrins) for use as a food ingredient. ARK. Farm Res. 37: 15.

_____, Griffin, V.K. and Kattan, M.W. 1986. A modified method for total carbohydrate analysis of glucose syrups, maltodextrins, and other starch hydrolysis products. Cereal Chem. 63 : 465-466.

Chandra, A.K., Medda, S. and Bhadra, A.K. 1980. Production of extracellular thermostable α-amylase by *Bacillus licheniformis*. J. Ferment Tech. 58: 1-10.

Chauhan, G.S. and Bains, G.S. 1985. Effect of granularity on the characteristics of extruded rice snack. J. Food Tech. 20: 305-309.

Chen, W.P. and Chang, Y.C. 1984. Production of high-fructose rice syrup and high-protien rice flour from broken rice. J. Sci Food Agric. 35: 1128-1135.

Commerford, J.D. and Scallet, B.L. 1969. Reactions of Oligosaccharides II. Cereal Chem. 46: 172-175.

DeMan, J.M., Voisey, P.W., Rasper, V.F. and Stanley, D.W. 1976. Rheology and texture in food quality. Connecticut : AVI.

Flink, J. and Gejl-Hansen, F. 1972. Retension of organic volatile in Freeze-dried carbohydrate. J. Agr. Food. Chem. 20 : 691-694.

Godfrey, T. and Reichelt, J. 1983. Starch. Industrial enzymology: The application of enzymes in industry. New York: Nature.

Greenwood, C.T. and Milne, E.A. 1968. Starch degrading and synthesizing enzyme. Adv. Carb. Chem. 23: 305-314.

Griffin, V.K., and Brooks, J.R. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrins hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. J. Food Sci. 54: 190-193.

Hansen, L.P., Hosek, R., Callan, M. and Jones, F.T. 1981. the development of high-protien rice flour for early childhood feeding. Food Technol. 35: 38-42.

Harjes, C.F. and Wermer, V.L. 1976. Maltodextrins of improved stability prepared by enzymeatic hydrolysis of oxidized starch. US. Patent. 3,974.033

Heniks, R.G. 1982. Simple and effective system for use with response surface methodology. Cereal Sci Today. 17 : 309-334.

Horn, H.E. and Kimball, B.A. 1976. Maltodextrins of improved stability prepared by enzymatic hydrolysis of oxidized starch. US. Patent 3,663,034.

Hyun, H.H. and Zeikus, J.G. 1985. Simultaneous and enhanced production of Thermostable amylase and ethanol from starch by coculture of Clostridium thermosulfurogenes and Clostridium thermohydrosulfuricum. Appl. Environ. Microbiol. 42 : 1174-1181.

Inglett, G.E. and Grisamore, S.B. 1991. Maltodextrin fat substitute lowers cholesterol. Food Technol. 45: 104.

Kennedy, J.F. 1987. Enzyme Tecnology. New York: VCH

Kramer, A. and Twigg, B.A. 1966. Fundamentals of quality control for the food industry. Connecticut : AVI.

Lee, Y.C. and Kim, K.T. 1990. Gelatinization and liquefaction of starch with a heat stable α-amylase. J. Food Sci. 55 : 1365-1366.

Likimani, T.A., Sofos, J.N., Maga, J.A. and Harper, J.M. 1991. Extrusion cooking of corn/soybean mix in presence of thermostable α-amylase. J. Food Sci. 56 : 99-105.

Lineback, D.R. and Wongsrikasem, E. 1980. Gelatinization of starch in baked products. J. Food Sci. 45: 71-75.

Mason, R.L., Gunst, R.F. and Hess, J.L. 1989. Statistical design & analysis of exreiments with applications to engineering and science. New York: John Wiley & Sons.

Matz, S.A. 1962. Food texture. Connecticut: AVI.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Anal. Chem. 22 : 1156-1158.

Mora-Gutierrez, A. and Baianu, I.C. 1990. Hydration study of maltodextrin by proton, Deuterium and Oxygen-17 neclear magnetic resonance. J. Food Sci. 55: 462-465.

Morehouse, A.L., Malzahn, R.C. and Day, J.T. 1972. Hydrolysis of starch. US. patent. 3,663,369.

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153 : 375-380.

Prentice, J.H. 1984. Measurement in the Rheology of foodstuffs London: Galliara.

Pszczola, D.E. 1991. Rice-derived ingredient produces fatty texture and mouthfeel for use in low-fat applications. Food Technol. 45: 264-265.

Rao, M.A. and Steffe, J.F. 1992. Viscoelastic properties of foods. New York : Elsevier applied science.

Richard, I. and Lewis, S. 1986. Food additive handbook. New York: Van Nostarand Reinhold.

Richter, M. 1976. Method of producing starch hydrolysis products for use as food additive. U.S. Patent 3,986,890

Robert, L., Gunst, R.F. and Hess, J.L. 1989. Statistical design & Analysis of experiment with applications to engineering and science. New York: Wiley.

Saito, N. and Yamamoto, K. 1975. Regulatory factors affecting α-amylase production in *Bacillus licheniformis*. J. Bacteriology. 121: 848-851.

Sherman, P. 1970. Industrail Rheology. London : Academic.

Shugar, G.J., Shugar,R.A., Bauman, L. and Bauman, R.S. 1981. Chemical technicians'ready reference handbook. 2 nd ed. USA.: McGraw Hill.

Snell, F.D. and Ettre, L.S. 1971. Encyclopedia of industrial chemical analysis. vol. 11. New York: John Wiley & Sons.

Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195: 19-23.

Swinkels, Ir.J.J.M. Industrial starch chemistry. Ref. no. : 05.00.02.006 EF. Holland : AVEBE Veendam-Holland product information.

Tamuri, M., Yokosuka, M., Knano, M. and Tshii, Y. 1982. Heat and acid stable α-amylase enzyme and process for producing the same. US. patent. 4,284,722.

Wingard, L.B.Tr., Katchalski-Katzir, E. and Goldstein, L. 1979. Enzyme Tech. New york: Academic.

Wiseman, A. 1985. Hand book of enzyme biotechnology. Australia: John Wiley & Sons.

Whistler, R.L., BeMiller, J.N. and Paschall, E.F. 1984. Starch chemistry and technology. Florida: Academic.

Woods, A.E. and Aurand, L.W. 1977. Laboratory manual in food chemistry. Connecticut : AVI.

Yankov, D., Dobreva, E., Beschkov, V. and Emanuilova, E. 1986. Study of optimum conditions and kinetic of starch hydrolysis by means of thermostable alpha-amylase. Enzyme Micro. Tech. 8: 665-667.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

1. วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของแป้ง

ตามวิธีของ Austin และ Rutherford (1978)

อุปกรณ์ : aluminium dish, desiccator, เครื่องชั่งละเอียด
ตู้อบลมร้อน

วิธีการ

1. อบ dish ที่อุณหภูมิ 135 °ซ.จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ใน dish ที่อบแห้งแล้ว

3. นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 °ซ.โดยเปิดฝาทิ้งไว้ นาน 7 ชั่วโมง หรือ จนน้ำหนักคงที่

4. ปิดฝาภาชนะ แล้วทำให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

m = น้ำหนักตัวอย่าง

m_1 = น้ำหนัก dish หลังอบ

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างและน้ำหนักภาชนะหลังอบ

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ Austin และ Rutherford (1978)

อุปกรณ์ : crucible, desiccator, muffle furnace

วิธีการ

1. เผา crucible ที่ 550 °ซ.จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ใน crucible ที่เผาแล้ว

3. เผา crucible ที่ใส่ตัวอย่างแล้วบน hot plate ใน hood จนหมดควัน

4. นำมาเผาที่ 550 °ซ. นาน 6 ชั่วโมง จนปราศจากคาร์บอน คือ สารตัวอย่างเป็นสีเทา

5. หลังจากเผาแล้วนำไปใส่ใน desiccator ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก

การคำนวน

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

m = น้ำหนักตัวอย่าง

m_1 = น้ำหนัก crucible

m_2 = น้ำหนักตัวอย่างและ crucible หลังเผา

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ตามวิธีของ AOAC. 920.39 (1990)

อุปกรณ์ Soxtherm Automatic, desiccator

สารเคมี :

- petroleum ether

วิธีการ

1. อบขวดสกัดที่ 110 °ซ.เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator จึงชั่งน้ำหนักขวดสกัด

2. ชั่งตัวอย่างแห้งน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1

3. ใส่ห่อตัวอย่างใน thimble ซึ่งบรรจุในขวดสกัดที่ทราบน้ำหนักแล้ว

4. เติม petroleum ether ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด

5. สกัดไขมันเป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิของ silicone oil ที่ 150 °C ซึ่งใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัด

6. กลั่น petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้

7. อบขวดสกัดที่ 110 °ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator จึงชั่งน้ำหนักขวดสกัด

การคำนวน

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้ (กรัม) x 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

5. ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ AOAC. 962.09 (1990)

อุปกรณ์ : บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร, hot plate, แท่งแก้วคน ผ้าโพลีเอสเตอร์, Buchner, evaporation dish

สารเคมี :

- H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.25%
- NaOH ความเข้มข้น 5%
- HCl ความเข้มข้น 1%
- Alcohol 95%

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ทำ 2 ซ้ำ
2. เติมกรดซัลฟุริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
3. ให้ความร้อนจนเดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำร้อน
4. กรองทันทีผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์โดย suction filtration ล้างบีกเกอร์ผ้า และตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนหมดฤทธิ์กรด
5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วทำให้เป็นปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำร้อน
6. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำร้อน
7. กรองทันทีผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์ และล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง
8. จากนั้นล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 1 ล้างน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
9. ล้างด้วยแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาณเล็กน้อย
10. นำตัวอย่างที่เหลือใส่ใน evaporation dish เพื่อระเหยเอาแอลกอฮอล์ออก

11. อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ทำให้เย็นใน desiccator

12. เผาจนกลายเป็นเถ้า ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก

13. น้ำหนักที่หายไป คือ crude fiber

14. คำนวณค่าเป็นร้อยละ crude fiber

การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซนต์ crude fiber} = \frac{\text{น้ำหนัก dish ที่มีเถ้า} - \text{น้ำหนัก dish}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่าง}} \times 100$$

6. ปริมาณโปรตีน

โดยใช้ Macro Kjeldahl ตามวิธี AOAC.962.09

อุปกรณ์ : Kjeldahl digestion flask,

Macro-Kjeldahl distillation apparatus

สารเคมี

- H_2SO_4 ความเข้มข้น 0.1 N.
- NaOH ความเข้มข้น 0.1 N.
- NaOH 40%
- catalyst (K_2SO_4 + selenium)
- H_2SO_4 conc. 93-98%
- taschiro indicator (methyl red + methylene blue)
- H_2O_2 ความเข้มข้น 35%

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ประมาณ 3 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนใส่ใน Kjeldahl digestion flask

2. เติม catalyst ลงไป 8 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

3. เติม 35% H_2O_2 7.5 มิลลิลิตร (เติมทีละน้อยเพราะปฏิกิริยารุนแรง)

4. นำไปย่อยโดยค่อย ๆ ต้มให้เดือด พยายามวาง digestion flask ให้เอียงเล็กน้อย ต้มจนกระทั่งไม่มีฟอง เพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น เขย่าเป็นครั้งคราว และย่อยจนส่วนผสมใส (ประมาณ 2 ชั่วโมง)

4. ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปละลายส่วนผสม แล้วเทใส่ใน distilling flask ประมาณ 75 มิลลิลิตร

5. เปิดเครื่องกลั่น warm เครื่องประมาณ 5 นาที

6. นำ digestion flask ที่ย่อยเสร็จแล้วมาเข้าเครื่องกลั่น Macro-Kjeldahl distillation apparatus

7. เตรียม receiving flask โดยใส่กรด 0.1 N. H_2SO_4 ประมาณ 20-25 มิลลิลิตร หยด indicator ลงไป 2 หยด solution จะเป็นสีม่วง

8. ยกที่วางขึ้นให้ท่อนำกาซอยู่ใต้ระดับของกรดใน flask

9. กดคานโยกซึ่งอยู่บนเครื่องกลั่น เพื่อให้ NaOH 40% ไหลเข้ามาใน digestion flask

10. เปิด steam ให้เข้ามาใน digestion flask ของเหลวใน flask จะเดือด ทำการกลั่นประมาณ 5 นาที

11. จะได้ solution ใน receiving flask ประมาณ 125-150 มิลลิลิตร

12. เมื่อได้ solution ใน receiving flask ตามต้องการแล้ว กดที่วาง flask ลง ให้ปลายท่อนำกาซอยู่พ้น solution ใน flask ทดสอบว่า NH_3 หมดหรือยังโดยใช้กระดาษ litmus เมื่อ NH_3 หมดแล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีด solution ที่ปลายท่อนำกาซให้หมด

13. นำไป titrate กับ 0.1N. NaOH จน solution เปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียวอ่อน จดปริมาตรด่างที่ใช้เพื่อนำไปคำนวณ

<u>การคำนวณ</u>

$$\% \text{ Protien} = \frac{(\text{ml acid used} - \text{blank}) \times N \text{ acid} \times 14.25 \times 100 \times 5.95}{1000 \times \text{sample used (gm.)}}$$

หมายเหตุ

ค่า cofactor สำหรับข้าวเท่ากับ 5.95

blank ทำเช่นเดียวกับวิธีข้างต้นแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

7. วิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

% carbohydrate = 100 - (% Moisture + % Protien + % Fat + % Ash + % Fiber)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์และประเมินสมบัติทางเคมีของมอลโทเดกซ์ทริน

1. <u>การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐานในการทำกราฟมาตรฐาน</u>

1.1 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ (Nelson, 1944)

<u>วิธีเตรียม</u>

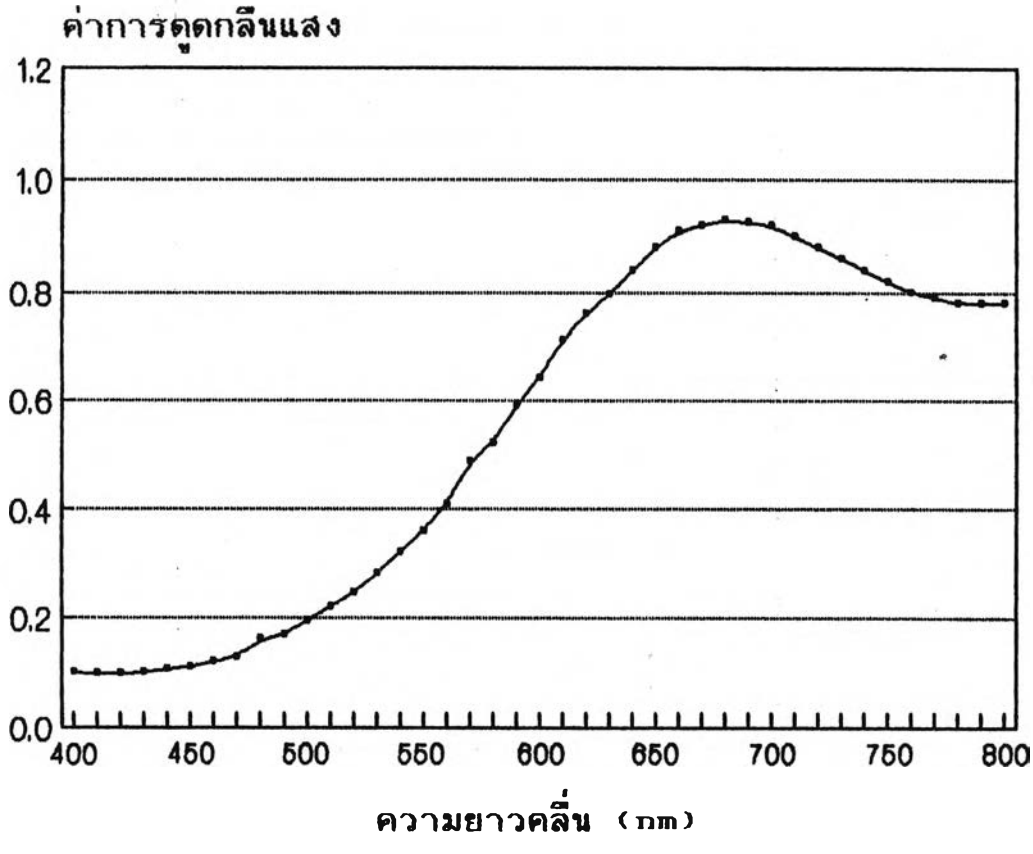
1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$) น้ำหนักแน่นอน 5.5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. ปิเปตสารละลายข้อ 1 มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

3. ปิเปตสารละลายในข้อ 2 มา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

4. นำสารละลายในข้อ 3 ไปหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ตามวิธีในข้อ 2 หน้า 80

5. ทำการ scan หาความยาวคลื่นที่เหมาะสม ตั้งแต่ 400 นาโนเมตร ถึง 800 นาโนเมตร แสดงดังกราฟรูปที่ ข-1 พบว่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมมีค่า 680 นาโนเมตร



รูปที่ ข-1 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Somogyi

1.2 การเตรียมกราฟมาตรฐานในการคำนวณค่า DE (Nelson, 1944)

วิธีเตรียม

1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$) น้ำหนักแน่นอน 5.5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. ปิเปตสารละลายข้อ 1 มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

3. ปิเปตสารละลายในข้อ 2 มา 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 9 ใบตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 10 มิลลิลิตร

4. ปิเปตสารละลายในข้อ 3 ใส่ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร จำนวน 10 หลอด เรียงตามลำดับความเข้มข้น

5. นำไปหาค่า DE ตามวิธีในข้อ 2 หน้า 80

6. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะให้ผลแสงดังรูปที่ ข-2

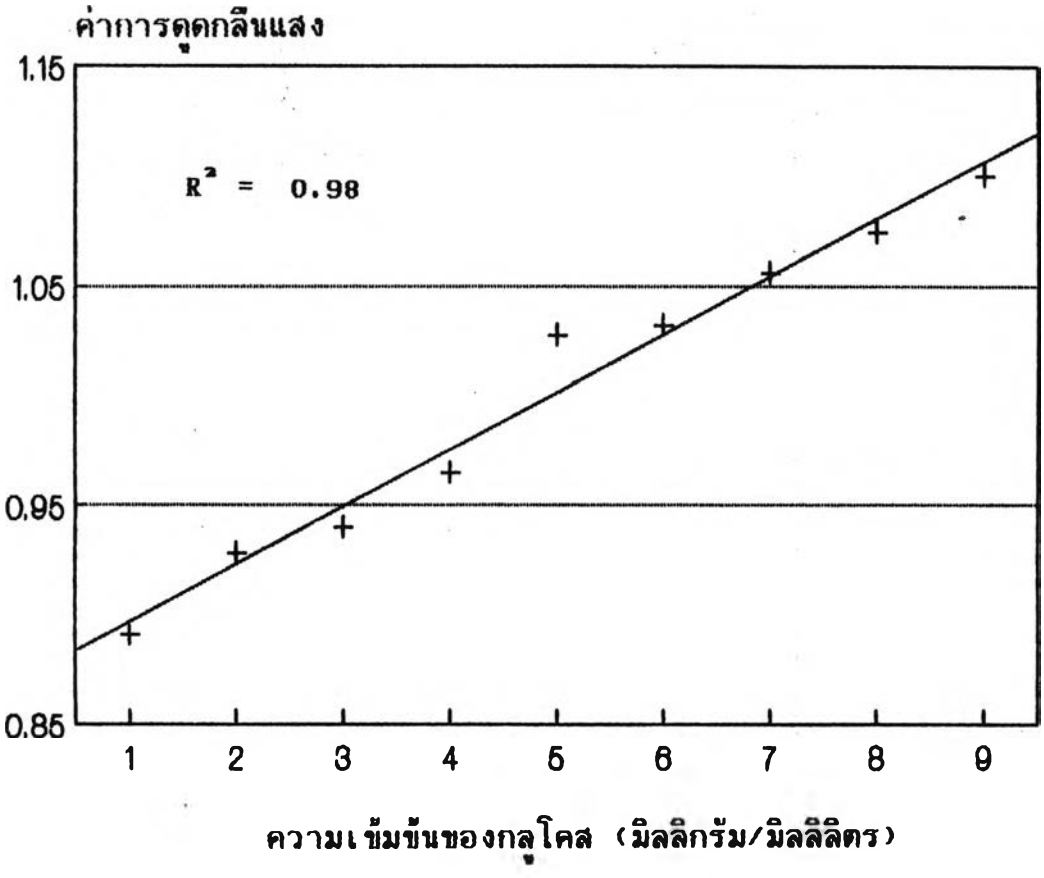
1.3 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (McCready et al. 1950)

วิธีเตรียม

1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$) น้ำหนักแน่นอน 5.5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. ปิเปตสารละลายข้อ 1 มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

3. ปิเปตสารละลายในข้อ 2 มา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)



รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐานในการคำนวณค่า Dextrose equivalent (DE)

4. ปิเปตสารละลายในข้อ 3 มา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 10 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

5. ปิเปตสารละลายในข้อ 4 มา 25 ไมโครลิตร นำไปหาค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ตามวิธีในข้อ 4 หน้า 81

6. scan หาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม ตั้งแต่ 500 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร แสดงดังกราฟรูปที่ ข-3 พบว่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมเท่ากับ 625 นาโนเมตร

1.4 การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (McCready et al, 1950)

<u>วิธีเตรียม</u>

1. ชั่งน้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$) น้ำหนักแน่นอน 5.5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. ปิเปตสารละลายข้อ 1 มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

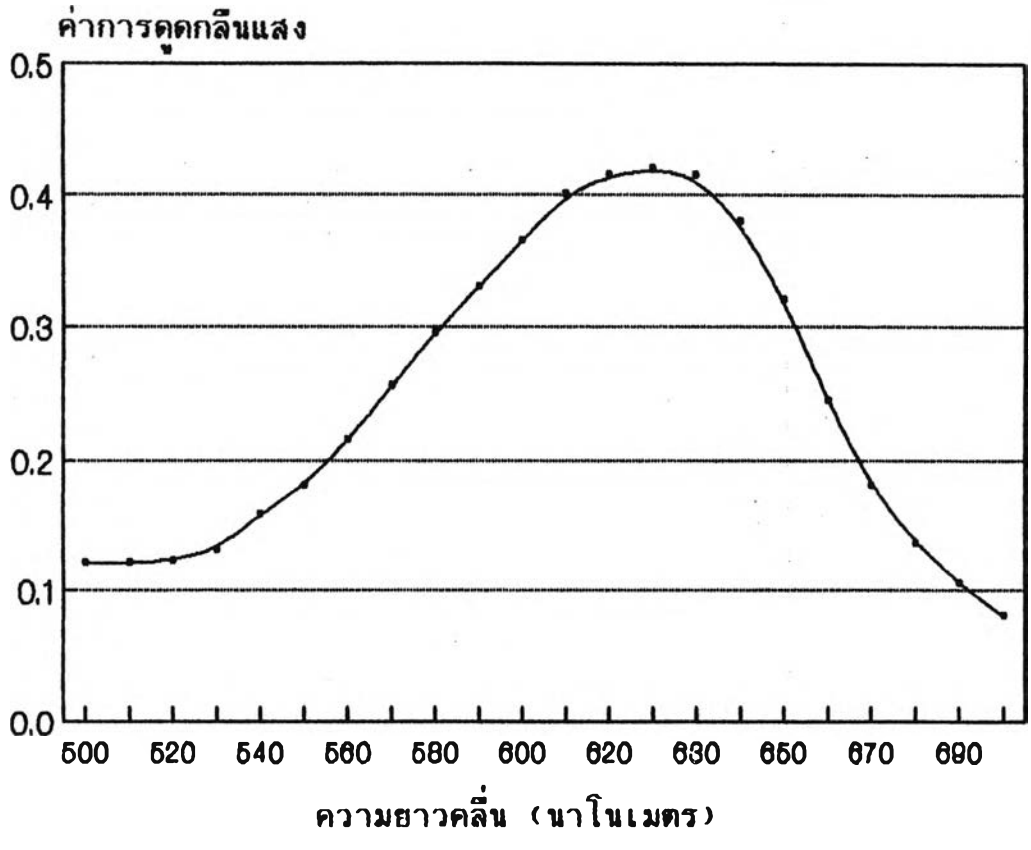
3. ปิเปตสารละลายข้อ 2 มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ความเข้มข้นของสารละลายกลูโคส 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)

4. ปิเปตสารละลายในข้อ 2 และ3 มา 1,3,5,7 และ 9 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 10 ใบตามลำดับแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 10 มิลลิลิตร

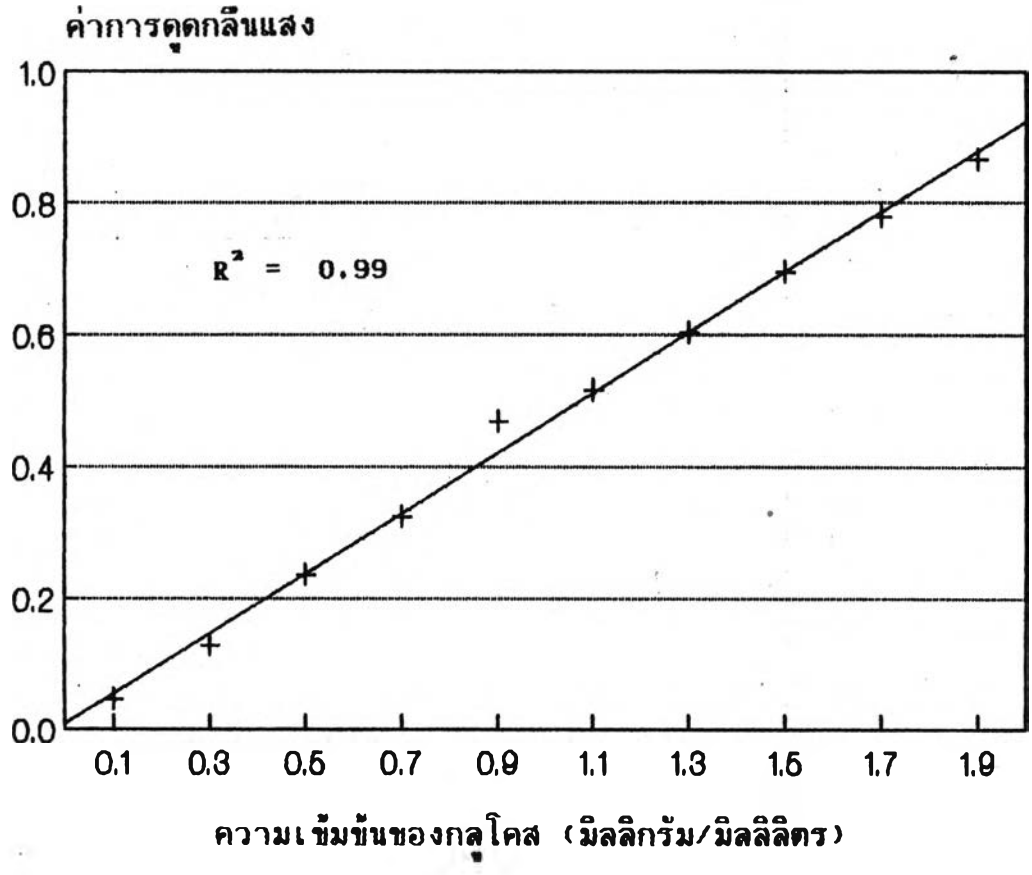
5. ปิเปตสารละลายในข้อ 4 ใส่ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 25 ไมโครลิตร จำนวน 10 หลอด เรียงตามลำดับความเข้มข้น

6. นำไปหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ตามวิธีในข้อ 4 หน้า 81

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะให้ผลดังรูปที่ ข-4



รูปที่ ข-3 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Anthron-H_2SO_4



รูปที่ ข-4 กราฟมาตรฐานในการคำนวณปริมาณของแข็งละลายได้

(% liquefied starch)

2. การหาค่า DE ของมอลโทเดกซ์ทรินโดยวิธี Somogyi method

(Nelson, 1944 ; Somogyi, 1952)

วิธีทำ

1. ปิเปตสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่ผลิตได้มา 1 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 10 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายข้อ 1 มา 1 มิลลิลิตร เติมสารละลายผสมระหว่าง Reagent A (25 ส่วน) และ Reagent B (1 ส่วน) ลงไป 1 มิลลิลิตร

3. นำสารละลายในข้อ 2 ต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 20 นาที

4. ทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำผสมน้ำแข็ง

5. เติม 1 มิลลิลิตรของสารละลาย Arsenomolybdate reagent

6. ผสมให้เข้ากันแล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุทธิ 100 มิลลิลิตร

7. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นซึ่งเหมาะสม

8. นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วคำนวณตามสูตร

$$\text{Dextrose equivalent} = \frac{\{(A \times \text{dilution}) \times \text{Volume}\}}{1000} \times \frac{100}{B}$$

เมื่อ

A คือ ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลเดกซ์โทรส

B คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่จริงในแป้ง

9. Blank ทำวิธีเดียวกับข้างต้นแต่เปลี่ยนจากสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินเป็นน้ำกลั่น

หมายเหตุ

Reagent A : ผสม Na_2CO_3 25 กรัม $C_4H_4O_6NaK \cdot H_2O$ 25 กรัม $NaHCO_3$ 20 กรัม และ Na_2SO_4 (anhydrous) 200 กรัม ในน้ำ 800 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

Reagent B : 15% ของ $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ แล้วเติม 1-2 หยด concentrated sulfuric acid ต่อ 100 มิลลิลิตร

3. การหาค่า Residual enzyme activity

การตรวจสอบทำตามวิธีของ Novo,#AF9/5-gB (NovoIndustries,Inc., Wilton,CT.) โดย Likimani et al., 1991 และ Woods and Aurand, 1977

วิธีทำ

1. ปิเปตสารละลายมอลโทเตกซ์ทรินที่ผลิตได้มา 1 มิลลิลิตร เติมลงในสารละลาย acetate buffer 0.2 M. pH 5.6 (ซึ่งมี 0.0043 M. $CaCl_2$ ผสมอยู่) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

2. เติมแป้ง (starch) 5.26 มิลลิกรัม ลงในสารละลายข้อ 1

3. นำไปบ่ม (incubate) ที่อุณหภูมิ 37 °ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4. เติมสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.05 M. 2 หยดลงในสารละลายแป้งที่ผ่านการบ่มแล้ว

5. สังเกตสีของสารละลายแป้ง ถ้าสารละลายแป้งมีสีน้ำเงินม่วงแสดงว่าเอนไซม์ถูกยับยั้งแล้ว

4. การหาปริมาณแป้งที่ละลายได้ (liquefied starch)ในผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทริน โดยวิธี Anthrone-H_2SO_4 (Brooks and Griffin, 1987a; McCready et al., 1950)

วิธีทำ

1. ผสมกรดซัลฟูริกเข้มข้นกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 2.3 ต่อ 1.0 โดยปริมาตร

2. นำสารแอนโทรน ($C_{14}H_{10}O$) มาละลายในสารละลายข้อ 1 อัตราส่วนร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3. ปิเปตสารละลายข้อ 2 ปริมาตร 3 มิลลิลิตรเติมลงในสารละลายตัวอย่าง 25 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน

4. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำแข็ง

5. นำสารละลายที่ได้ในข้อ 4 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร

6. เปรียบเทียบค่าที่ได้กับกราฟมาตรฐานรูปที่ ข-4 โดยนำค่าที่ได้มาคูณด้วย 0.9 เพื่อคำนวณกลับเป็นแป้ง (starch)

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์และประเมินผลสมบัติทางฟิสิกส์ของมอลโทเดกซ์ทริน

1. <u>การหาค่าความหนืดโดยใช้ Brookfield viscometer</u> (Lee and Kim, 1990; Shugar et al., 1981)

<u>วิธีทำ</u>

1. นำผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทรินปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์แล้วทำการควบคุมอุณหภูมิ (ให้มีอุณหภูมิประมาณ 15 °ซ.)

2. จุ่มเข็มวัดความหนืดของเครื่อง Brookfield ขนาดเบอร์ตามที่ต้องการโดยให้เข็มจมลงจนถึงขีดที่กำหนด

3. เลือกใช้ความเร็วของมอเตอร์ที่พอเหมาะ ปรับค่าเริ่มต้นให้เป็นศูนย์

4. เปิดมอเตอร์ให้เข็มหมุน รอจนตัวเลขที่ปรากฏคงที่ช่วงหนึ่งบันทึกตัวเลข

5. นำค่าที่ได้มาคำนวณดังสูตร

ความหนืด = ค่าที่อ่านได้ x พารามิเตอร์

2. <u>การหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Haake</u>

<u>วิธีทำ</u>

1. นำตัวอย่างที่ต้องการวัดค่าความหนืดใส่ลงใน cup วัดความหนืดของเครื่อง (ปริมาตรที่ใส่ขึ้นอยู่กับขนาดของเข็มวัด เช่น เข็ม NV จะใช้ตัวอย่าง 8 มิลลิลิตร)

2. ปรับค่า %shear stress เท่ากับ 100%

3. ปรับค่า %shear rate เท่ากับ 100%

4. กำหนดช่วงของแรงเฉือน (shear rate) และระยะเวลาในการทำงานของเครื่อง

5. กำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดค่าความหนืด

6. กด Enter เพื่อให้เครื่องทำงาน

7. ป้อนคำสั่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์พิมพ์ผลการวัดค่าต่างๆออกมา

8. นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดกับค่า shear rate และค่า shear rate กับค่า shear stress เพื่อนำมาคำนวณหาค่า flow-behavior index

3. <u>การหาค่า Flow-behavior index</u>

1. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress (τ) และ Shear rate (D) เพื่อหาค่า yield stress (τ_0)

2. นำค่า yield stress ลบจากค่า Shear stress ทั้งหมด

3. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log ของ Shear rate (log D) และ log ของค่าที่ได้ในข้อ 2 [log ($\tau - \tau_0$)]

4. นำมาหาค่า Flow-behavior index (n) ตามสมการ

$$\log (\tau - \tau_0) = \log K + n \log(D)$$

4. <u>การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธี Air oven method</u> (AACC., 1983.)

<u>วิธีทำ</u>

1. นำถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียมใส่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 135 °ซ.โดยเปิดฝาไว้ครึ่งหนึ่งทิ้งไว้ 30 นาที

2. นำถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียมมาใส่ใน desiccator เพื่อทำให้เย็น

3. ชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งละเอียด ทำซ้ำข้อ 1-3 จนได้น้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียม

4. ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ลงในถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียมประมาณ 2 กรัม ชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน

5. นำถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียมที่มีตัวอย่างแล้วมาอบในตู้อบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 20 นาที

6. นำถ้วยหาความชื้นอลูมิเนียมออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นใน desiccator ทำซ้ำจนกว่าจะได้น้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณดังนี้

% ของแข็งทั้งหมด = b/a x 100

เมื่อ น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ = a กรัม

น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ = b กรัม

5. <u>การหาค่าพลังงานด้วยเครื่อง Bomb calorimeter</u>

การเตรียมตัวอย่าง สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

ตัวอย่างในรูปที่เป็นผง เช่น น้ำตาล, แป้ง ต้องอัดให้เป็นเม็ดมิฉะนั้นตอนจุดระเบิดจะกระจายภายในก่อน

ตัวอย่างในรูปของเหลว,น้ำข้น เช่น โปรตีน, ถ่านหิน ให้ชั่งในถ้วย

ตัวอย่างที่ระเหยได้ให้บรรจุในแคปซูล

<u>วิธีทดลอง</u>

1. เปิดเครื่องอย่างน้อย 1 ชั่วโมง โดยเปิดสวิทช์เครื่องจุดระเบิดและเครื่องทำความเย็น

2. เปิดวาล์วถังกาซออกซิเจนแล้วนำ bomb ซึ่งใส่ตัวอย่างแล้วไปจุดระเบิดโดยใช้ที่จับ bomb พร้อมมือประคองกันตก ไปวาง bomb ในเครื่องหาพลังงาน c-400A ค่อยๆปิดฝา

3. ถ้าไฟเขียวขึ้นแสดงว่าเครื่องพร้อมให้รอฟังเสียงสัญญาน เมื่อได้ยินเสียงให้อ่านอุณหภูมิ รอจนได้ยินเสียงสัญญานอีกครั้งให้อ่านค่าอุณหภูมิ แล้วเปิดฝาออก

4. ถ้าไฟแดงขึ้นแล้วมีเสียงร้องเตือนให้เปิดฝาออกเพราะเกิดข้อผิดพลาดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

4.1 ลวดจุดระเบิดขาด เช็คโดยใช้เครื่องวัด

4.2 Electrolyte อยู่นอกช่วง 8-9 แก้โดยการเติมน้ำหรือโซเดียมไบคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ใน outer jacket

4.3 วาง bomb ผิดตำแหน่ง

4.4 อุณหภูมิระหว่าง inner & outer jacket ต่างกันมาก ให้รอสักครู่เพื่อให้มีการปรับอุณหภูมิเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดเหล่านี้แล้วปิดฝาลงดูสัญญาณไฟอีกครั้ง

<u>การคำนวณ</u>

การหาค่า Gross Calorific value (H_o)

$$H_o = \frac{(C \times \Delta T) - Q_f}{mp}$$

เมื่อ

H_o = gross calorific value หน่วยเป็น J/g

m = มวลของตัวอย่าง (benzoic acid) หน่วยเป็น กรัม

Q_f = ผลของปริมาณความร้อนภายนอกซึ่งไม่ได้เกิดจากการเผาไหม้ของสารตัวอย่าง เช่น ลวด แคปซูล

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปมีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K)

mp = มวลของตัวอย่างที่ทดลอง หน่วยเป็น กรัม

C = Heat capacity ของเครื่องในที่นี้มีค่า 12295:25 J/K

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ในการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน ชนิดเหลวจากแป้งข้าวเจ้า

Source of variance	Sum of Square	d.f.	Mean Square	F-value
Main effects				
A: Enzyme conc.	116.21181	2	58.105907	124.133*
B: Temperature	3.32887	2	1.664433	3.556ns
C: Time	24.98785	2	12.49326	26.691*
Residual	3.7447667	8	0.4680958	
Total	148.30409	14		

หมายเหตุ ns คือ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* คือ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาคผนวก จ

สูตรและวิธีการทำน้ำสลัด

เครื่องปรุง

1.	ไข่แดง	50	กรัม
2.	ไข่ทั้งหมด	100	กรัม
3.	น้ำตาลทรายป่นละเอียด	250	กรัม
4.	เกลือ	1	ช้อนโต๊ะ
5.	น้ำมันพืช	600	กรัม
6.	น้ำมะนาว	100	กรัม

วิธีทำ

1. ตีไข่ น้ำตาลปน เกลือ พอเข้ากันจนขึ้นฟู สีขาวนวล
2. ค่อยๆเติมน้ำมันพืชทีละน้อยจนหมด ตีให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม
3. เติมน้ำมะนาว ตีต่อประมาณ 5 นาที จนน้ำสลัดเข้ากันดี

ภาคผนวก ฉ

ชื่อ_____ วันที่ _____

แบบทดสอบชิม

ผลิตภัณฑ์ SALAD DRESSING

SALAD DRESSING เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานกับสลัดทั้งสลัดผักและสลัดผลไม้ โดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ น้ำใสและน้ำข้น แต่ผลิตภัณฑ์ที่ท่านชิมเป็นชนิดน้ำข้น โปรดชิมผลิตภัณฑ์แล้วให้คะแนนตามความชอบของท่าน โดยมีระดับการให้คะแนนดังนี้

ชอบมาก	9	ไม่ค่อยชอบ	4
ชอบ	8	ไม่ชอบปานกลาง	3
ชอบปานกลาง	7	ไม่ชอบ	2
ค่อนข้างชอบ	6	ไม่ชอบมาก	1
เฉยๆ	5	ไม่ยอมรับ	0

หมายเลขตัวอย่าง	_____	_____	_____	_____
สี				
กลิ่น				
รส				
เนื้อสัมผัส				
ลักษณะปรากฏ				

ข้อเสนอแนะ _____

หมายเหตุ ลักษณะปรากฏให้พิจารณาการแยกชั้นของตัวอย่างว่ามีการแยกชั้นหรือไม่

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างการคำนวณค่าต่างๆ

ตัวอย่างการคำนวณค่า Dextrose equivalent

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 680 นาโนเมตร เท่ากับ	0.950	
ปริมาณน้ำตาลกลูโคสจากกราฟมาตรฐานเท่ากับ	3.033	mg/ml
การเจือจางก่อนหาค่าปริมาณน้ำตาลกลูโคส	10	เท่า
น้ำหนักแป้งเริ่มต้นเท่ากับ	149.996	g
องค์ประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรตของแป้ง	80.18	%
ปริมาตรสุทธิที่ปรับ	400	ml

การคำนวณค่า Dextrose equivalent

$$DE = \frac{\text{\% Reducing sugar}}{\text{\% Total carbohydrate}} \times 100$$

$$= \frac{400 \text{ ml.} \times 3.033 \times 10 \times 100}{1000 \times (149.996 \times \frac{80.18}{100})}$$

$$DE = 10.09$$

ตัวอย่างการคำนวณ % Liquefied starch

ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร เท่ากับ 0.746

ปริมาณน้ำตาลกลูโคสจากกราฟมาตรฐานเท่ากับ	1.6115	mg/ml
การเจือจางก่อนหาค่าปริมาณน้ำตาลกลูโคส	100	เท่า
น้ำหนักแป้งเริ่มต้นเท่ากับ	149.996	g
องค์ประกอบของแป้งที่ไม่รวมความชื้น	89.01	%
ปริมาตรสุทธิที่ปรับ	400	ml
factor ในการแปลงค่าจากกลูโคสเป็นแป้ง	0.9	

การคำนวณค่า % Liquefied starch

$$\% \text{ Liquefied starch} = \frac{400 \text{ ml} \times 1.6115 \text{ mg} \times 100 \times 100}{1000 \times (149.996 \times \frac{89.01}{100})}$$

$$= 43.45$$

ตัวอย่างการคำนวณค่า gross calorific value (H_o)

ค่า C ของเครื่อง bomb calorimeterเท่ากับ	12,295.25	J/K
มวลของตัวอย่าง	0.8323	g
อุณหภูมิก่อนการจุดระเบิด	3.565	K
อุณหภูมิหลังการจุดระเบิด	4.776	K
น้ำหนักแคปซูล	0.1192	g
ความยาวของลวดที่เหลือจากการจุดระเบิด	1.4	cm

การคำนวณค่า gross calorific value (H_o)

$$H_o = \frac{(C \times \Delta T) - Q_f}{mp}$$

$$= \frac{(12,295.25 \times 1.211) - (1.4 \times 6.3 + 18862 \times 0.1192)}{0.8323}$$

$$= 15129.181 \quad J/g$$

แปลงหน่วยจาก Joule เป็น kilocalorie

$$H_o = \frac{15129.181}{4.2 \times 1000}$$

$$= 3.602 \quad kcal/g$$

หมายเหตุ

ค่าพลังงานของลวดจุดระเบิดเท่ากับ	6.3	J/cm
ค่าพลังงานของแคปซูลเท่ากับ	18,862	J/g

ประวัติผู้เขียน

นายวรัญญู ศรีเดช เกิดวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2511 จังหวัดยะลา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย