รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ประชา บุญญสิริกูล, 2537. บทบาทของเอกซ์ทรูดเดอร์ที่มีต่ออุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทย. อาหาร 24 (มกราคม-มีนาคม 2537): 1-12.

วรัญญู ศรีเดช, 2537. การผลิตมอลโตเดกซ์ทรินชนิดเหลวจากแป้งข้าวเจ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

เศรษฐกิจการพาณิชย์, กรม. 2535. บันทึกข้อมูลราคาขายส่งผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายข้อมูลราคา กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. (อัดสำเนา)

ภาษาอังกฤษ

Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F., and Griffin, E.L. 1969. Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking. Cereal Sci. Today. 14(1): 4-7.

Anonymous. 1993. Focus on Modified Starches. International Food Ingredients 1/2: 60-63.

Association of Official Analytical Chemists(AOAC). 1990. Official methods of analysis. 15thed. Verginia: The Association of Official Agricultural Chemists Inc.

AVEBE. Difference between Commercial Native Starches. Netherlands: AVEBE (Product Information).

____. 1989. Paselli MD6, Paselli MD10, Avebe MD14, Avebe MD20. Netherlands: AVEBE (Product information. Ref. No: 05.10.21. 119EF).

____. 1990. Paselli SA2: The Proof of Success for Baked Goods. Netherlands: AVEBE (Recipe. Ref.No:167 EF-RO2).

Brooks, J.R., 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(5): 465-466.

_____, and Griffin, V.K. 1987. Saccharide Analysis of Corn Syrups Solids and Maltodextrins Using High-Performance Liquid Chromatography. Cereal Chem. 64(4): 253.

Buffa, A., and Holliger, A. 1976. Process for Making Foods and Feeds. U.S. Patent 3,950,543.

Dziezak, J.D. 1988. Single and Twin-screw extruder in food processing. Food Technol. 43(4): 163-174.

Fogarty, W.M. 1983. Microbial Enzymes and Biotechnology. London: Applied Science Publishers.

Griffin, V.R., and Brooks, V.R. 1989. Production and Size Distribution of Rice Maltodextrins Hydrolyzed from Milled Rice Flour using Heat Stable α-Amylase. J.Food Sci. 54: 190-193.

Harper, J.M. 1979. Extrusion of Foods. vol.I. Florida: CRC Press, Inc.

_____. 1990. Extrusion of Foods. In H.G.Schwartzberg, and M.A. Rao. (eds.), Biotechnology and Food Process Engineering. New York: Marcel Dekker, Inc.

Henika, R.G. 1982. Use of Response Surface Methodology in Sensory Evaluation. Food Technol. 36(11): 96-100.

Jack, L.R., and Miller, R.C. 1973. Food Extrusion. Food Technol. 27 (8): 46-53.

Kennedy, J.F. 1987. Biotechnology. Vol.7a. Germany : VCH Publishers.

Komolprasert, V., and Ofoli, R.Y. 1991. Starch Hydrolysis Kinetics of *Bacillus licheniformis* α-Amylase. J. Chem. Tech. Biotechnol. 51: 209-223.

Lee, Y.C., and Kim, K.T. 1990. Gelatinization and Liquefaction of Starch with a Heat Stable α-Amylase. J.Food Sci. 55(5): 1365.

Likimani, T.A., Sofos, J.N., Maga, J.A., and Harper, J.M. 1991. Extrusion Cooking of Corn/Soybean Mix in Presence of Thermostable Alpha-Amylase. J. Food Sci. 56: 99-105.

Linko, P., Linko, Y-Y., and Olkku, J. 1982. Extrusion Cooking and Bioconversions. In Ronald Jowitt (ed.), Extrusion Cooking Technology, pp. 143-157. London: Elserier Applied Science Publishers.

Linko, Y-Y., Vuorinen, H., Olkku,J., and Linko, P. 1980b. The Effect of HTST-Extrusion on Retention of Cereal α-Amylase and on Enzymatic Hydrolysis of Barley Starch. In P.Linko, and J. Larinkari (eds.), Food Process Engineering. Vol.2: Enzyme Engineering in Food Processing, London: Applied Science Publisher.

Mason, R.L., Gunst, R.F., and Hess, J.L. 1989. Statistical Design and Analysis of Experiments with Applications to Engineering and Science. New York: John Wiley & Sons.

Mora-Gutierrez, A., and Baianu, I.C. 1990. Hydration Study of Maltodextrin by Proton, Deuterium and Oxygen-17 Nuclear Magnetic Resonance. J. Food Sci. 55(2): 462-465.

Nelson, N. 1944. A Photometric Adaptation of the Somogyi Method for the Determination of Glucose. J. Biol. Chem. 153: 375-380.

Norman, B.E. 1980. New Developments in Starch Syrup Technology. In. G.G. Birch, N. Blakebrough, and K.J. Parker. (eds.), Enzymes and Food Processing. London: Applied Science Publishers.

Novo Nordisk. 1993. Termamyl. Denmark: Enzyme Process Division, Novo Nordisk. (Product Sheet)

Pszczola, E.D. 1991. Rice-derived Ingredient Produces Fatty Texture and Mouthfeel for Use in Low-fat Applications. Food Technol. 45(8): 264-265.

Rapaille, A. 1991. Maltodextrin as Partial Fat Replacement in Food Products. Proceedings of Food Ingredient Asia 1991, May 13-15, pp.68-71. Thailand.

Reichelt, J.R. 1983. Starch. In T. Godfrey, and J.reichelt. (eds.), Industrial Enzymology, pp.374-396.England : Macmillan Publishers Ltd.

Reilly, P.J. 1985. Enzymic Degradation of Starch. In. G.M.A.Van Beynum, and J.A. Roels (eds.), Starch Conversion Technology. New York: Marcel Dekker, Inc.

Suzuki, S. 1970. Novel Industrial Processes for Enzymic Conversion of Starch. Proc. SOS/70, Third Int'l Congr. Food Sci. Technol., pp. 484-490. IFT, Chicago.

Swinkels, Ir.J.J.M. 1990. Differences between Commercial Native Starches. Netherlands: AVEBE. (Product information).

Tribelhorn, R.E., and Harper, J.M. 1980. Extruder-Cooker Equipment. Cereal Food World. 25(24): 154-156.

Van Beynum, G.M.A., and Roels, J.A. 1985. Starch Conversion Technology. New York: Marcel Dekker Inc.

Yackel, W.C., and Cox,C. 1992. Application of Starch-Based Fat Replacer. Food Technol. 46(6): 146-148.

Yankov, D., Dobreva, 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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งมันสำปะหลัง

1. ปริมาณความชื้น

ตามวิธี A.O.A.C. 925.10 (1990)

อุปกรณ์

- จานโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มม. สูง 15 มม. พร้อมฝาปิด
- Desiccator
- ตู้อบแบบใช้ลมร้อน

วิธีการ

1. อบจานโลหะที่ 130±3 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างแป้งประมาณ 2 กรัม ใส่ในจานโลหะที่อบแห้งแล้ว บันทึกน้ำหนักไว้
3. อบจานโลหะพร้อมตัวอย่างในตู้อบที่ 130±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเปิดฝาไว้ในขณะที่อบแห้ง
4. ปิดฝาจานโลหะแล้วนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator
5. ชั่งน้ำหนักสุดท้ายของจานโลหะและตัวอย่างแป้ง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักจานและตัวอย่างหลังอบแห้ง} - \text{น้ำหนักจาน}) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง}}$$

2. ปริมาณโปรตีน

ตาม Macro-Kjeldahl Method

อุปกรณ์

- Kjeldahl digestion flask
- Macro-Kjeldahl distillation apparatus

สารเคมี

- คะตะลิสต์ผสม ประกอบด้วยโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ 95 ส่วน คอปเปอร์ซัลเฟต 3.5 ส่วน และเซเลเนียมไดออกไซด์ 0.5 ส่วน
- กรดซัลฟุริกเข้มข้น
- สารละลายกรดบอริคเข้มข้นร้อยละ 2
- สารละลายเมธิลเรดอินดิเคเตอร์
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50
- สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างมาจำนวนหนึ่ง (คะเนให้มีไนโตรเจนประมาณ 0.03-0.04 กรัม)ใส่ลงใน Kjeldahl digestion flask เติมคะตะลิสต์ผสมลงไป 8 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

2. นำไปย่อยโดยค่อยๆต้มให้เดือด พยายามวาง digestion flask ให้เอียงเล็กน้อย ต้มจนกระทั่งไม่มีฟอง

3. เพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น เขย่าเป็นครั้งคราว และย่อยจนส่วนผสมใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นลงไปละลายส่วนผสม แล้วเทใส่ใน distilling flaskเติมน้ำกลั่นทั้งหมด 400 มิลลิลตร ผสมให้เข้ากัน เติมเศษกระเบื้องลงใน distillation flask 2-3 ชิ้น

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

6. เตรียมสารละลายกรดบอริคเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด

7. จุ่มปลาย condenser ในสารละลายกรดบอริค

8. ใส่สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 50 ปริมาณ 75 มิลลิลิตรลงในกรวยที่อยู่เหนือ distilling flask

9. กลั่นจนได้ของเหลวประมาณ 300 มิลลิลิตร

10. ใช้น้ำกลั่นล้าง condenser ใส่ลงในขวดรูปชมพู่

11. นำสารละลายที่ได้ทั้งหมดไปไตเตรตกับสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ (V_1)

12. ทำ blankโดยใช้น้ำกลั่นเป็นสารตั้งต้น ดำเนินวิธีการวิธีการตั้งแต่ข้อ 1 ถึง 11 บันทึกปริมาณกรดที่ใช้ในการไตเตรต(V_2)

การคำนวณ

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

หมายเหตุ

สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร ทำปฏิกิริยาสมมูลย์พอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

3. ปริมาณไขมัน

ตามวิธี A.O.A.C. 920.39 (1990)

อุปกรณ์

- Soxtherm Automatic
- Desiccator

สารเคมี

- petroleum ether

วิธีการ

1. อบขวดที่ใช้ในการสกัดไขมันที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักขวดและบันทึกไว้

2. ชั่งตัวอย่างแห้งประมาณ 2 กรัม ใส่ในกระดาษกรอง Whatman No.1 บันทึกน้ำหนักตัวอย่างไว้

3. ใส่ห่อตัวอย่างนี้ลงใน thimble ซึ่งบรรจุอยู่ในขวดสกัดที่ชั่งน้ำหนักแล้ว

4. เติม petroleum ether 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด

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

6. กลั่นแยก petroleum ether ออกจากน้ำมันที่สกัดได้

7. อบขวดสกัดที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จึงชั่งน้ำหนักขวดสกัด

การคำนวณ

ปริมาณไขมัน (ร้อยละ) = $\frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้} * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$

4. ปริมาณเส้นใย

ตามวิธี A.O.A.C. 962.09 (1990)

อุปกรณ์

- บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
- แท่งแก้ว
- เตาให้ความร้อน (Hot plate)
- Buchner funnel
- ผ้าโพลีเอสเตอร์
- Evaporation dish
- ถ้วย crucible
- เตาเผา (Furnace)

สารเคมี

- สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5
- สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 1
- อัลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. เติมกรดซัลฟุริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
3. ให้ความร้อนจนกระทั่งสารละลายเดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรของสารละลายให้คงที่ด้วยการเติมน้ำร้อน
4. กรองสารละลายผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์โดยใช้วิธี suction ล้างบีกเกอร์ ผ้ากรอง และตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้งจนหมดฤทธิ์กรด
5. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตรโดยการเติมน้ำร้อน
6. ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที รักษาปริมาตรให้คงที่ด้วยการเติมน้ำร้อน
7. กรองสารละลายผ่านผ้าโพลีเอสเตอร์ และล้างตัวอย่างด้วยน้ำร้อนหลายๆครั้ง
8. ล้างกากที่เหลือด้วยกรดไฮโดรคลอริคเข้มข้นร้อยละ 1 แล้วล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
9. ล้างกากด้วยอัลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตรเล็กน้อย

10. นำกากตัวอย่างที่เหลือใส่ใน evaporation dish เพื่อระเหยอัลกอฮอล์ออก

11. อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator

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

13. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักของ crucible

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเส้นใย(ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักของกากตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักของเถ้า}) * 100}{\text{น้ำหนักของสารตัวอย่าง}}$$

5. ปริมาณเถ้า

ตามวิธี A.O.A.C. 923.03 (1990)

อุปกรณ์

- ถ้วย Crucible
- Desiccator
- Muffle furnace

วิธีการ

1. เผา crucible ที่ 550 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ใน crucible ที่เผาแล้ว บันทึกน้ำหนักตัวอย่างไว้

3. เผา crucible ที่มีตัวอย่างบน hot plate ในตู้ควัน จนกระทั่งไม่มีควันออกมาจากตัวอย่างอีก

4. นำ crucible ที่มีตัวอย่างที่เผาไล่ควันแล้ว มาเผาต่อใน furnace ที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง จนสารตัวอย่างกลายเป็นสีเทา

5. นำ crucible ที่มีเถ้าไปตั้งไว้ให้เย็นใน desiccator แล้วจึงชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนัก crucible และเถ้าหลังการเผา} - \text{น้ำหนัก crucible}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของมอลโตเดกซ์ทริน

1. ปริมาณลิเคอไฟสตาร์ช

โดยวิธี Modified Anthrone method ตามวิธีของ Brooks, Griffin และ Kattan (1986)

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ผสมกรดซัลฟุริกกับน้ำในอัตราส่วน 2.3 ต่อ 1.0 โดยปริมาตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. เตรียม Anthrone reagent เข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ไม่ควรเตรียมทิ้งไว้เป็นเวลานานก่อนการใช้

การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการเตรียมกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายกลูโคสอย่างน้อย 5 ความเข้มข้น โดยให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 2.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตใส่หลอดทดลอง 25 ไมโครลิตร โดยใช้ไมโครปิเปต

2. เติม Anthrone reagent ที่เตรียมใหม่ๆ ลงไปในสารละลายกลูโคสในปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำแข็ง

4. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

5. นำไป scan หาความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้ได้เท่ากับ 630 นาโนเมตร

6. นำสารละลายกลูโคสทั้ง 5 ความเข้มข้นที่ทำปฏิกิริยากับ Anthrone reagent แล้ว มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร บันทึกค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสที่เตรียมกับค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

7. สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสง

8. ทำ blank เปรียบเทียบ โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายกลูโคส

การวิเคราะห์ปริมาณลิเคอไฟสตาร์ช

1. เตรียมสารตัวอย่าง ปิเปตใส่หลอดทดลอง 25 ไมโครลิตร โดยใช้ไมโครปิเปต

2. เติม Anthrone reagent ที่เตรียมใหม่ๆ ลงไปในสารละลายตัวอย่างในปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 นาที แล้วทำให้เย็นทันทีในอ่างน้ำแข็ง

4. ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

5. นำสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับ Anthrone reagent แล้ว มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 630 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

6. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสง อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคส (C_g)

7. นำค่าความเข้มข้นของกลูโคสที่อ่านได้มาคูณด้วยค่า 0.9 เพื่อคำนวณกลับไปเป็นปริมาณลิเคอไฟสตาร์ช

8. ทำ blank เปรียบเทียบ โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณลิเคอไฟสตาร์ช(ร้อยละ)} = \frac{C_g * 0.9 * \text{ปริมาตรทั้งหมดของสารตัวอย่าง} * 100}{\text{น้ำหนักแป้งตั้งต้น} * \text{สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในแป้ง}}$$

สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในแป้งมันฯ = 0.8585

2. ค่า Dextrose Equivalent (D.E.)

โดย Somogyi Method ตามวิธีของ Nelson (1944)

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. เตรียม Copper reagent A โดยผสมโซเดียมคาร์บอเนต 25 กรัม Rochelle salt 25 กรัม โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต 20 กรัม โซเดียมซัลเฟต 200 กรัม ลงในน้ำ 800 มิลลิลิตร คนให้สารเคมีละลายจนหมด แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรอง ใส่ในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

2. เตรียม Copper reagent B โดยละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 9.6 กรัมลงในน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 1 ถึง 2 หยด

3. เตรียมArsenomolybdate color reagent โดยละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 25 กรัม ลงในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น 21 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้น เติมสารละลายของไดโซเดียมไฮโดรเจนอาร์เซเนต 3 กรัมในน้ำ 25 กรัม

เขย่าให้เข้ากันดี วางเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลที่มีฝาปิดแน่น reagent นี้จะเก็บไว้ได้นานประมาณ 6 เดือน

<u>การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการเตรียมกราฟมาตรฐานในการวิเคราะห์</u>

1. เตรียมสารละลายกลูโคสอย่างน้อย 5 ความเข้มข้น ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10 ถึง 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายกลูโคสใส่ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายผสมของ Copper reagent A 25 ส่วนต่อ Copper reagent B 1 ส่วน ลงในสารละลายกลูโคส ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี

4. ต้มในอ่างน้ำเดือด เป็นเวลานาน 20 นาที

5. ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น 3 ถึง 5 นาที

6. เติม Arsenomolybdate color reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

7. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

8. นำไป scan หาค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้วัดได้เท่ากับ 750 นาโนเมตร

9. นำสารละลายกลูโคสทั้ง 5 ความเข้มข้นที่เตรียมไว้ และทำปฏิกิริยาแล้วไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร

10. สร้างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของกลูโคสและค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร

11. ทำ blank เปรียบเทียบโดยการใช้น้ำกลั่นแทน copper reagent

<u>การวิเคราะห์ค่า D.E.</u>

1. เตรียมสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายที่ใส โดยการนำสารละลายของสารตัวอย่างไป centrifuge ที่ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 60 นาที

2. ปิเปตสารละลายตัวอย่างใส่ลงในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร

3. เติมสารละลายผสมของ Copper reagent A 25 ส่วนต่อ Copper reagent B 1 ส่วน ลงในสารละลายตัวอย่าง ในปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี

4. ต้มในอ่างน้ำเดือด เป็นเวลานาน 20 นาที

5. ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในน้ำเย็น 3 ถึง 5 นาที

6. เติม Arsenomolybdate color reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

7. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

8. นำสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยาแล้วนี้ ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 750 นาโนเมตร

9. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสง อ่านค่าความเข้มข้นของกลูโคส

10. ทำ blank เปรียบเทียบโดยการใช้น้ำกลั่นแทน copper reagent

การคำนวณ

$$\text{ค่า D.E.} = \frac{\{(A * \text{dilution}) * \text{Volume}\}}{1000} * \frac{100}{B}$$

เมื่อ A คือ ความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้จากกราฟ

B คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในแป้ง

3. ค่า Residual Enzyme Activity

โดยวิธี Novo, #AF9/5-gB (NovoIndustries, Inc., Wilton, CT.) ตามวิธีของ Likimani และคณะ (1991) และ Woods และ Aurand (1977)

วิธีการ

1. ปิเปตสารละลายมอลโตเดกซ์ทริน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลาย acetate buffer เข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.6 และมีแคลเซียมคลอไรด์เป็นองค์ประกอบอยู่เข้มข้น 0.0043 โมลต่อลิตร ปริมาตร 9 มิลลิลิตร

2. เติมแป้ง 5.26 มิลลิกรัมลงในสารละลายข้อ 1

3. นำไปตั้งไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4. เติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร 2 หยดลงในสารละลายแป้งนั้น

5. สังเกตสีของสารละลายแป้ง ถ้าสารละลายแป้งมีสีน้ำเงิน-ม่วง แสดงว่าเอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานแล้ว

4. วิเคราะห์สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่า D.P.1 ถึง 6

โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography

สภาวะในการวิเคราะห์ด้วย HPLC Technique

- column : Supelco^{R}-NH_2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มม. ยาว 25 ซม.
- detector : Refractive Index Detector
- mobile phase : สารละลายผสมระหว่าง Acetonitrile กับน้ำ ในอัตราส่วน 75 ต่อ 25 (โดยปริมาตร)

วิธีการ

1. เตรียมสารมาตรฐานของกลูโคส มอลโตส มอลโตไตรโอส มอลโตเตตระโอส มอลโตเพนตะโอส และมอลโตเฮกสะโอส เข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

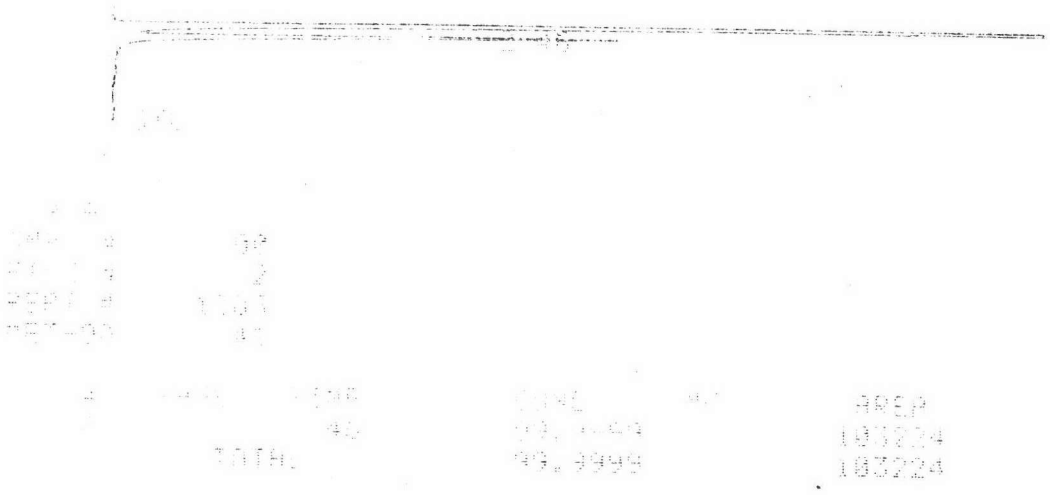
2. เตรียมสารตัวอย่าง โดยนำสารละลายตัวอย่างไป centrifuge ที่ 15000รอบต่อนาที จากนั้นกรองด้วย millipore ขนาด 0.45 ไมครอน

3. เปิดเครื่อง HPLC ให้ทำงานประมาณ 20 นาทีก่อน โดยมีการปล่อยให้ mobile phase ไหลผ่าน column เพื่อไล่สารที่ไม่ต้องการออก

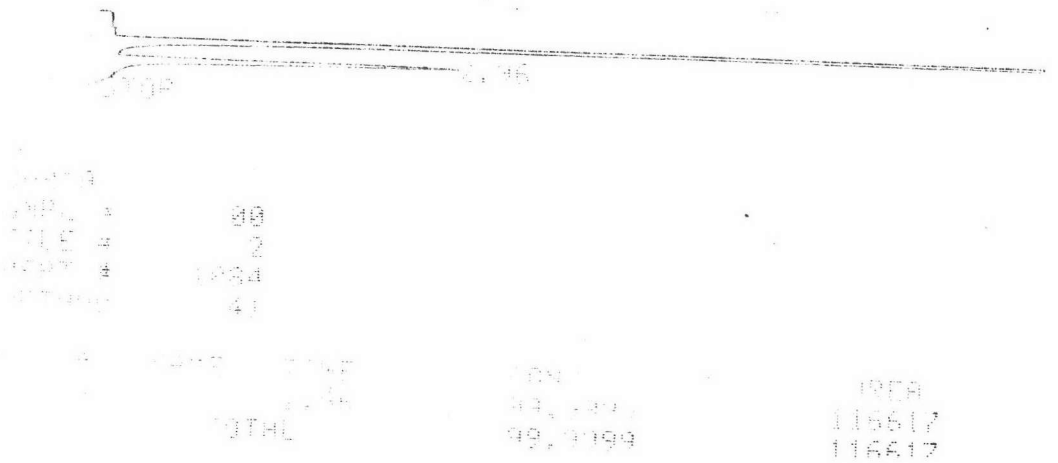
4. ฉีดสารมาตรฐานในปริมาตรตัวอย่างละ 20 ไมโครลิตร

5. ฉีดสารตัวอย่างในปริมาตร 20 ไมโครลิตร

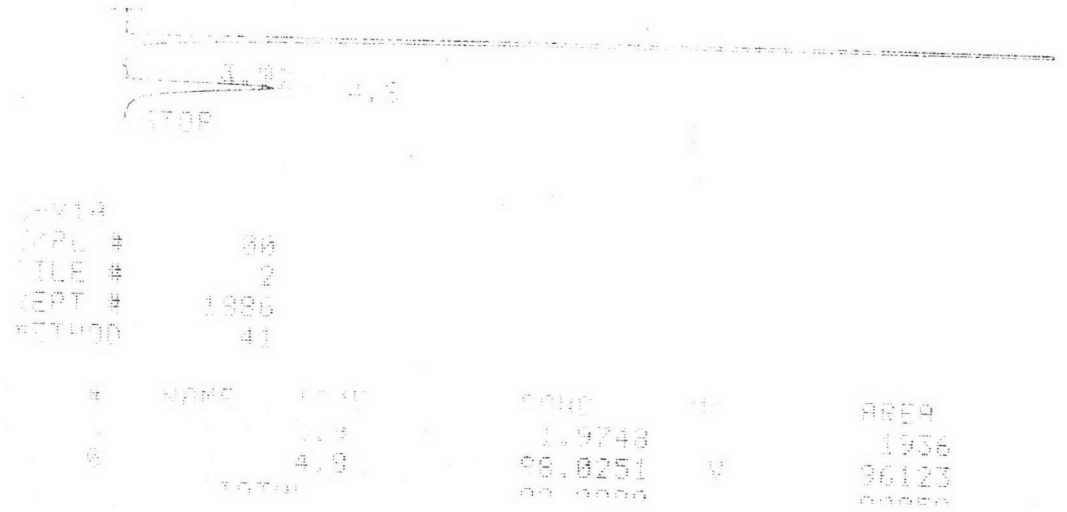
6. ดูพื้นที่ใต้กราฟที่ peak ต่างๆ ของสารตัวอย่างเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน แล้วคำนวณความเข้มข้นของคาร์โบไฮเดรตชนิดที่มี D.P. 1 ถึง 6 ในสารตัวอย่าง



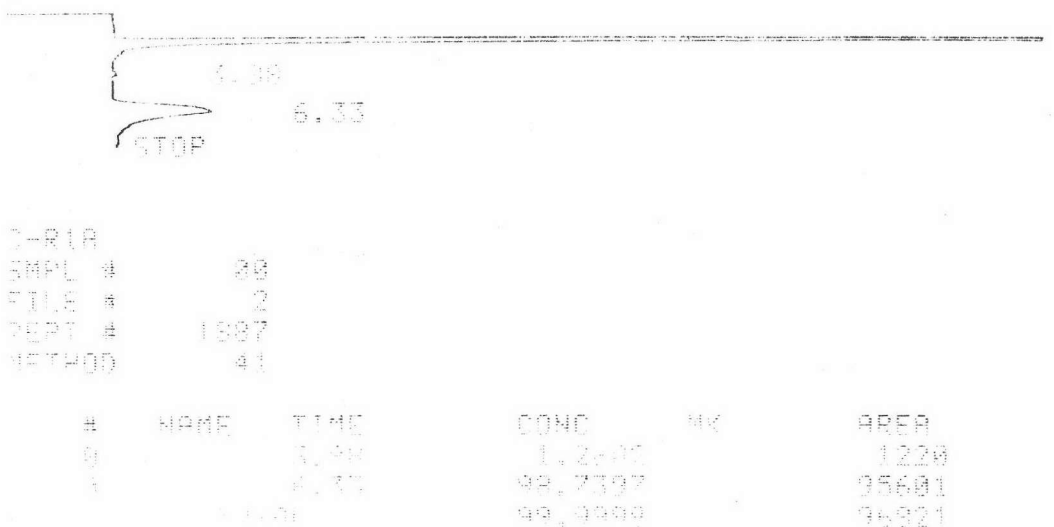
ภาพที่ 31: Chromatogram ของกลูโคส (D.P.1) แสดง Peak area และ Retention time ของกลูโคส 100 ไมโครกรัม



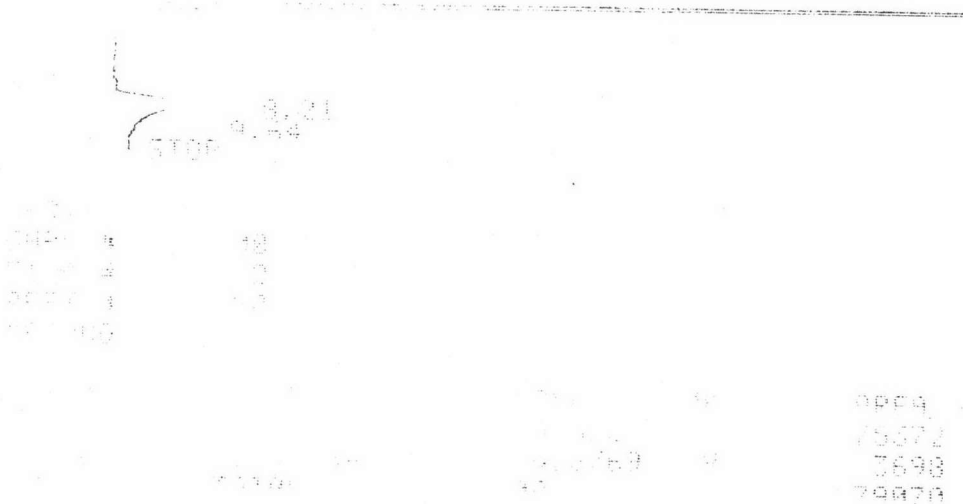
ภาพที่ 32: Chromatogram ของมอลโตส (D.P.2) แสดง Peak area และ Retention time ของมอลโตส 100 ไมโครกรัม



ภาพที่ 34: Chromatogram ของมอลโตเตตระโอส (D.P.4) แสดง Peak area และ Retention time ของมอลโตเตตระโอส 100 ไมโครกรัม



ภาพที่ 35: Chromatogram ของมอลโตเพนตะโอส (D.P.5) แสดง Peak area และ Retention time ของมอลโตเพนตะโอส 100 ไมโครกรัม



ภาพที่ 36: Chromatogram ของมอลโตเฮกสะโอส (D.P.6) แสดง Peak area และ Retention time ของมอลโตเฮกสะโอส 100 ไมโครกรัม

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์สมบัติทางการไหลของมอลโตเดกซ์ทริน

1. การวัดความหนืดโดย Brookfield viscometer

อุปกรณ์

- Brookfield viscometer RVT Model DV-I
- เข็มวัดความหนืด เบอร์ 2
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ตารางค่า parameter ที่ใช้ในการแปลงค่า

วิธีการ

1. ใส่มอลโตเดกซ์ทรินลงในบีกเกอร์ประมาณ 150 มิลลิลิตร ปรับอุณหภูมิของมอลโตเดกซ์ทรินให้คงที่ที่ 25 องศาเซลเซียส โดยการแช่ในอ่างน้ำเย็น

2. ใช้เข็มวัดความหนืดเบอร์ 2 จุ่มลงในบีกเกอร์ให้ของเหลวท่วมถึงขีดที่กำหนดอยู่บนเข็ม

3. ปรับค่าความเร็วรอบในการหมุนของเข็มวัดความหนืดไว้ที่ 100 rpm.

4. ปรับค่า Dial reading ให้เท่ากับ 0

5. เปิดเครื่องเพื่อให้เข็มหมุน รอจนค่า Dial reading ที่ปรากฏที่หน้าจอคงที่ บันทึกค่า Dial reading

การคำนวณ

ความหนืด (mPas.) = ค่า Dial reading * parameter

1 mPas. = 1 centipoise

2. การวัดสมบัติทางการไหลโดยเครื่อง HAAKE

อุปกรณ์

- เครื่อง HAAKE รุ่น RV20 Rotovisco
- เข็ม NV Type

วิธีการ

1. ใส่ตัวอย่างลงในถ้วยวัดความหนืดของเครื่อง HAAKE ปริมาตร 8 มิลลิลิตร

2. ปรับค่า Shear stress เท่ากับ 100%

3. ปรับค่า Shear rate เท่ากับ 100 %

4. กำหนดช่วง Shear rate เท่ากับ 0-1000 วินาที$^{-1}$

5. กำหนดเวลาในการวัดความหนืดเป็น 20 นาที

6. กำหนดอุณหภูมิในการวัดความหนืดเท่ากับ 25$\pm$0.2 องศาเซลเซียส

7. เริ่มการวัดความหนืดโดยการป้อนคำสั่งที่คอมพิวเตอร์

8. เมื่อเสร็จสิ้นการวัดความหนืด เครื่องฯจะรายงานอุณหภูมิในการวัด Shear rate Shear stress และ Apparent viscosity ที่เวลาต่างๆ

การคำนวณ

1. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแกนนอน Shear rate($\dot{\gamma}$) และแกนตั้ง Shear stress(τ) เพื่อหาค่า Yield stress(τ_0) ซึ่งเท่ากับจุดตัดแกนตั้ง

2. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง log ของ Shear rate (log $\dot{\gamma}$) และ log ของ Shear stress ลบด้วย Yield stress [log ($\tau - \tau_0$)]

3. หาค่า Flow-behavior index (n) และ Consistency index (K) โดยอาศัยความสัมพันธ์

$$\log (\tau - \tau_0) = \log K + n \log (\dot{\gamma})$$

ภาคผนวก ง

สูตรมาตรฐานและการทำน้ำสลัดชนิดข้น

ส่วนผสม

1.	มัสตาร์ดชนิดเหลว	20 กรัม
2.	ไข่แดง	180 กรัม
3.	น้ำมันพืช	300 มิลลิลิตร
4.	น้ำมะนาว	75 มิลลิลิตร
5.	เกลือป่น	5 กรัม
6.	พริกไทยป่น	2 กรัม
7.	นมข้นหวาน	400 กรัม
8.	นมสดชนิดจืด	200 มิลลิลิตร

วิธีการ

1. ผสมมัสตาร์ด เกลือป่น พริกไทยป่น และน้ำมะนาวเข้าด้วยกัน แล้วตั้งทิ้งไว้
2. ตีไข่แดงด้วยเครื่องตีไข่ที่ความเร็วสูง ค่อยๆผสมน้ำมันลงไปทีละ 1 ช้อนชา เป็นปริมาตร 1 ใน 3 ของน้ำมันทั้งหมด
3. ค่อยๆใส่น้ำมันที่เหลืออีก 2 ส่วนสลับกับส่วนผสมในข้อที่ 1
4. ปรับความเร็วของการตีให้ลดลง เติมนมข้นหวานและนมสดลงไป ผสมจนเข้ากัน

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส "น้ำสลัดชนิดข้น"

ผู้ทดสอบ_____วันที่_____

ท่านจะได้รับตัวอย่าง "น้ำสลัดชนิดข้น" เพื่อทำการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส ตัวอย่าง R ที่ท่านได้รับจะใช้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่มีรหัสทางสถิติว่า_____ _____ กรุณาทดสอบตัวอย่างดังกล่าวเทียบกับ R แล้วให้คะแนนตามรายละเอียดดังนี้

ดีกว่า R มาก = 5 คะแนน
ดีกว่า R เล็กน้อย = 4 คะแนน
ไม่มีความแตกต่างจาก R = 3 คะแนน
ด้อยกว่า R เล็กน้อยแต่ยังยอมรับได้ = 2 คะแนน
ด้อยกว่า R มากจนยอมรับไม่ได้ = 1 คะแนน

ตัวอย่าง	ลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนน	ในกรณีที่ตัวอย่างมีความแตกต่างจาก R กรุณาระบุความแตกต่างนั้น
	ความข้นหนืด กลิ่น รสชาติ		
	ความข้นหนืด กลิ่น รสชาติ		

ภาคผนวก ฉ

ค่าพลังงานของส่วนผสมต่างๆในน้ำสลัดชนิดข้น

ส่วนผสม	ค่าพลังงานต่อ 100 กรัม (คาลอรี่)
มัสตาร์ด	200
ไข่แดง	382
น้ำมันพืช	883
น้ำมะนาว	26.4
เกลือป่น	0
พริกไทยป่น	250
นมข้นหวาน	320.3
นมสดชนิดจืด	61.5
BMD 10.06 เข้มข้นร้อยละ 32.16	128.6
BMD 14.11 เข้มข้นร้อยละ 47.43	189.7
TMD 10.68 เข้มข้นร้อยละ 31.96	127.8
TMD 12.81 เข้มข้นร้อยละ 46.65	186.6

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิรารัตน์ ทัตติยกุล เกิดวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2514 ที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2535 ปัจจุบันบรรจุเข้ารับราชการที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย