รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2542. เทคโนโลยีแป้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 220.

ไกรสีห์ อัมพรายน์. 2543. การย่อยขนาดอนุภาค. กรุงเทพฯ: โชคอนันต์การพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ จำกัด. 117.

เฉลิมพล ไหลรุ่งเรือง. 2537. กระจับพืชน้ำที่ล้ำค่า. กสิกร 67 (5) : 424.

พัทธรา นาสารีย์ .2527. การศึกษาทางด้านชีววิทยาของพืชในวงศ์ Trapaceae ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สวิง นาถไตรภพ, เฉลิมพร ไหลรุ่งเรือง และ พจนีย์ นาคีรักษ์. 2527. กระจับ. กสิกร 57(2): 106.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2542. พรรณไม้น้ำ ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง. 312.

อรวรรณ เคหสุขเจริญ. 2529. คุณสมบัติบางประการในการนำไปใช้ประโยชน์ของแป้งต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2521. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง มอก. -2533. กรุงเทพ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า มอก. 638-2529. กรุงเทพ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

AACC. 1995. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th ed. Minisota: The Association.

AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Ahmad, S. H. and Singh, A. K. 1998. The freshwater aquatic fruit: Water chestnut. Aquaphyte online.18(1) summer:1-4. http://plants.ifas.ufl.edu/aq-w98-7.html

Arambula, V. A., Figueroa, J. D. C., Martinez-Busstos, F., Ordorica, F.C.A. and Gonzalas-Hernandez, J. 1998. Milling and processing parameters for corn tortillas from extruded instant dry masa flour. J. of Food Sci. 63: 338.

Brennan, J. G., Butter, J. R., Cowell, N. D. and Lilly, A. E. V. 1976. Food engineering operations. England: Applied Science Publishers.

Brouk, B. 1975. Plants consumed by man. London: Academic press.

Charley, H. 1982. Food Science. USA: John Wiley & Sons.

Chen, J. J., Lu, S. and Lii, C. Y. 1999. Effect of milling methods on the physicochemical characteristic of waxy rice in Taiwan. Cereal Chem. 76(5): 796.

Corbishley, D. A. and Miller, W. 1984. Tapioca, arrow root, and sago starches: production. In R. L. Whistler, J. N. BeMiller and E. F. Paschall (eds.), Starch : Chemistry and technology. pp. 469-478. New York: Academic Press.

delRosario , R. R. and Flores, D. M. 1981. Functional properties of four type of mung been flour. J. Sci Food Agric. 32: 175.

Dzudie, T. and Hardy, J. 1996. Physicochemical and functional properties of flours prepared from common beans and green mung beans. J. Agric. Food Chem. 44 (10): 3029.

Fellows, P. 1990. Food processing technology principles and practice. England: Elli's Horwood limited.

Gallant, D. J., Bouchet, B. and Baldwin, P. M. 1997. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. Carbohydrate Polymers. 32: 177.

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 mung bean(Vigna radiata(L.) wilczec). J. of Food Proc. & Preserv. 17: 93.

Gebre-Mariam, T., Abeba, A. and Shmidt, P.C. 1996. Isolation and physicochemical properties of enset starch. Starch/Starke. 48: 208.

Godoy, V. C., Tulin, E. E. and Quevedo, S. E. 1992. Physicochemical properties of raw and blanched Taro starch. J. of Food Proc. & Preserv.16 : 239.

Gracze, R. 1965. Minor constituents of starch. In R.L. Whistler and E. F. Paschell (eds.), Starch : Chemistry and technology. pp. 105-128. New York: Academic Press.

Harris, R. H. and Jesperson, E. 1949. Sedimentation method for swelling starch. J. Colloid Sci. 1: 479.

Herklots, G. A. C. 1972. Vegetable in Sounth-East Asia. London: georeae allen & unwin.

Heywood, V. H. 1978. Flowering plants of the world. New York: Mayflower Book.

Hizukuri, S. et al. 1988. Structure and properties of water chestnut (Trapa natans L. var bispinosa Makino) starch. Starch/Starke. 40 : 165.

Hoover, R., Li, Y. X., Hynes, G. and Senayake, N. 1997. Physicochemical characterization of mung bean starch. Food Hydrocolloid. 11(4): 401.

Hoseney, R. C. 1994. Cereal science and technology. USA: American Association of Cereal Chemists.

James, C. S. 1995. Analytical chemical of food. London: Blackie academic & Professional.

Jane, J., Shen, L., Chen, L., Lim, S., Kasemsuwan, T. and Nip, W. K. 1992. Physical and chemical studies of taro starches and flour. American Association of Cereal Chemists, Inc. 69(5): 528.

Jarvis, C. E. and Walker, J. R. L. 1993. Simutaneous, rapid, spectrophotometric determination of total starch, amylose and amylopectin. J. Sci. Food Agric. 63: 53.

Jomduang, S. and Mohamed, S. 1994. Effect of amylose/amylopectin content, milling methods, particle size, sugar, salt and oil on the puffed product characteristics of a traditional thai rice-based snack food(khao kriap waue). J Sci Food Agric. 64: 85.

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Science Today. 16(10): 334-330 , 340, 360.

Kapur, L. K. et al. 1980. Studied on Processing of Water Chestnut (Trapa bispinosa Roxb). Indian Food Packer . 34: 27.

Kerr, R. W. 1950. Chemistry and industry of starch. . New York: Academic press.

Knight, J. W. 1969. The starch industry. London: Pergamon press. 189.

Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch. In R. L. Whistler and E. F. Paschall (eds.), Starch: Chemistry and technology. pp. 289-306. New York: Academic Press.

Leach, H. W. McCown, L. D. and Schoch, T. J. 1959. Structure of the starch granule I Swelling and Solubility patterns of various starches. Cereal Chem. 36: 534.

Leach, H. W. and Schoch, T. J. 1961. Structure of the starch granules 2. Action of various amylases on granular starches. Cereal Chem. 38: 24.

Lii , Y. C. and Cheng , H.Y. 1991 . Study of starch in Taiwan. Food Reviews International. 7(10): 185.

Maheshwari , J. K.1963. The flora of Delhi. New York: Council of Scientific and Industrial Research.

Marzurs , E. G. Schoch, T. G. and Kite, F. E. 1957. Graphical analysis of Brabender viscosity curves of various starches. Cereal Chem. 34: 141.

Medcalf , D. G. and Gilles, K. A. 1965 . Wheat starch 1. Comparison on physicochemical properties. Cereal Chem. 42: 558.

Meiners, C. R. et al. 1976. Proximate composition and yield of raw and cook mature dry legumes. J. Agric Food Chem. 24: 1122.

Mistry, A. H. and Eckhoff, S. R. 1992. Characteristics of alkali-extracted starch obtain from corn flour. Cereal Chem. 69: 296.

Mitch, E. L. 1984. Potato starch: production and uses. . In R. L. Whistler, J. N. BeMiller and E. F. Paschall (eds.), Starch : Chemistry and technology. pp. 469-478. New York: Academic Press.

Murty,V.L.N. Choudhury, D. and Bagchi, P. 1962. Physicochemical studies of water chestnut starch(Trapa bispinosa Roxb). Canad. J. Chem. 40: 2260.

Narayana, K. and Narasinga Rao, M. S. 1982. Functional properties of raw and heat processed winged bean(Psophocarpus tetragonolobus) flour. J. of Food Science. 47: 534.

Oates, C. G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trend in Food Science&Technology. 8: 375.

Pawar, V. D. and Ingle, U.M. 1988. Functional properties of raw and cooked moth bean (Phaseolus aconitifoliud Jacq.) flours. J. Food Sci. Technol. 25(4): 187.

Piacquadio, P. Stefano, G. D. and Sciacalepore, V. 2000. The effect of heating at subgelatinization temperature on enzymatic digestibility of corn starch. Starch/Starke. 52: 345.

Radosavljevic, M. Jane, J. and Johnson, L. A. 1998. Isolation of amaranth starch by diluted alkaline-protease treatment. Cereal Chem. 75(2):212.

Rodrigues, R. Agarwal, P. C. and Saha, N. K. 1964. Canning of water chestnut (singhara) (Trapa bispinosa Roxb.). J. Food Sci. Technol. 1(1): 28.

Rosario, R. R. and Flores, D. M. 1981. Functional properties of four type of mung been flour. J. Sci Food Agric. 32: 175.

Schoch, R. R. and Maywald. E. C. 1956. Microscopic examination of modified starches. Anal. Chem. 28: 328.

Schoch, T. J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In R. L. Whistler, R. S. Smith, J. N. BeMiller, and M. L. Wolform(eds.). Methods in carbohydrate chemistry volume IV starch. New York: Academic Press. 106.

Singh, U. Voraputhaporn, W. Rao, P. V. and Jumbunathan, R. 1989. Physicochemical characteristics of pigeonpea and mung bean starches and their noodle quality. J. of Food Sci. 54: 1293.

Sosulski, F.W. and Mecurcly, A.R. 1987 . Functionality of flour, protein fraction and isolates form field pea and faba bean. J. of Food Sci. 52: 1010.

Tamaki, S. Hisamutsu, M. Teranishi, K. and Yamada, T. 1997. Structural change of potato starch granules by ball-mill treatment. Starch/Starke. 49: 431.

Toufeili, I. and Baydoun, E. 1995. Some selected physicochemical properties of buffalo gourd(Cucurbita foetidissima Hbk) root starch. Starch/Starke. 47:413.

Vanghan, J. G. and Geissler, C. A. 1997. The new oxford book of food plants. New York: Oxford University press.

Varavinit, S. and Shobsngob, S. 1996. Investigation on the small scale seperation of banana starch. Foods food ingredient J. Jpn. no.169 : 112.

Zobel, H. F. 1964. X-ray analysis of granular starches. In R. L. Whistler, R. L. Smith, J. N. BeMiller, and M. L. Wolform(eds.). Methods in carbohydrate chemistry volumn IV . New York: Academic Press. 109.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

ก.1 ปริมาณความชื้น โดยใช้ moisture analyzer

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (moisture analyzer) Sartorious รุ่น MA30

วิธีทดลอง

1. ตั้งโปรแกรมการหาความชื้นของเครื่องเป็นแบบอัตโนมัติ ที่อุณหภูมิ 130 °C และอ่านค่าเป็น 0-100%
2. นำถาดหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นและทิ้งให้เย็นแล้ว วางบนแท่นรองรับ
3. กดปุ่ม tare เพื่อหักน้ำหนักถาดออก
4. ชั่งน้ำหนักแป้งใส่ถาด 2.5-3 กรัม (เครื่องจะบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้) แล้วปิดฝาเครื่องจะเริ่มทำงาน
5. เมื่อเครื่องหาความชื้นเสร็จแล้วเครื่องจะหยุดทำงานอัตโนมัติพร้อมกับแสดงค่าปริมาณความชื้น(%) ของตัวอย่าง

ก.2 ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AACC 46-13 (1995)

ได้ดัดแปลงการทดลองโดยเปลี่ยนน้ำหนักแป้งจาก 0.01-0.03 กรัม เป็น 2 และ 4 กรัม สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในแป้ง(flour) และสตาร์ช(starch) ตามลำดับ ดัดแปลงใช้สารเร่งปฏิกิริยาจาก K_2SO_4 และ HgO เป็น Na_2SO_4 และ $CuSO_4$ เปลี่ยนปริมาตรของกรด H_2SO_4 จาก 2 ml เป็น 20 ml และปริมาตรของน้ำกลั่นที่ใช้ในการละลายตะกอนจาก 5 ml เป็น 30 ml

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Sartorious รุ่น AB204
2. ชุดเครื่องย่อย (Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit)
3. ชุดเครื่องกลั่น (Distillation Varpodest)

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น (H_2SO_4)
2. สารละลายมาตรฐานกรดเกลือ(HCl) ความเข้มข้น 0.1 และ 0.01 N

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH, Commercial grade) ความเข้มข้น 50% (w/v)
4. สารละลายกรดบอริก ความเข้มข้น 4% (w/v)
5. สารเร่งปฏิกิริยาเป็นส่วนผสมของ Na_2SO_4 10 กรัม และ $CuSO_4$ 0.5 กรัม
6. เมธิลเรด-เมธิลลีนบลูอินดิเคเตอร์ (เป็นส่วนผสมของสารละลายเมทิลเรด 0.2% ในแอลกอฮอล์กับสารละลายเมธิลลีนบลู 0.2% ในแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 2 : 1)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม (flour) หรือ 4 กรัม (starch) ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 1 กรัม และเติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 ml
3. ย่อยด้วยเครื่อง Digestion unit ซึ่งควนคุมอุณหภูมิการย่อยดังนี้

   ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250 °C เป็นเวลา 30 นาที

   ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือจนตัวอย่างเป็นสีเขียวใส
4. ทิ้งให้ Kjeldahl tube เย็น เติมน้ำกลั่น 30 ml เพื่อละลายตะกอนที่เกิดขึ้น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วจึงประกอบเข้ากับเครื่อง Distillation unit
5. เตรียมสารละลายกรดบอริกความเข้มข้น 4% ปริมาตร 50 ml ใส่ flask 250 ml และหยดอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด จะได้สารละลายสีชมพู นำไปรองรับสารที่กลั่นได้จาก Kjeldahl tube
6. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50% จนสารละลายตัวอย่างใน Kjeldahl tube เป็นสีน้ำตาล
7. กลั่นตัวอย่างจนได้สารละลาย 200 ml แล้วจึงนำไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดเกลือ 0.1 N หรือ 0.01 N สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในแป้ง(flour) และสตาร์ช(starch) ตามลำดับ จนสารละลายถึงจุดยุติเป็นสีเทาหรือสีชมพูอ่อน
8. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน(\%)} = \frac{\text{ปริมาตรกรดเกลือที่ไตเตรท(ml)} \times \text{ความเข้มข้นกรดเกลือ(N)} \times 1.4007}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง(g)}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน(\%)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน(\%)} \times 6.25$$

ก.3 ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AACC 30-25(1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Soxhlet apparatus) Gerhardt
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. เครื่องระเหยสุญญากาศ BUCHI

สารเคมี

1. ปิโตรเลียมอีเธอร์ (petroleum ether) จุดเดือด 40-60 °C

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 3 กรัม ให้รู้น้ำหนักแน่นอน แล้วห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
2. ใส่ห่อตัวอย่างลงใน thimble บรรจุลงในชุดสกัดไขมัน โดยเติมสารทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ 200 มิลลิลิตร ใน Soxhlet flask (ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว)
3. ให้ความร้อนและควบคุมอัตราการกลั่น 5-6 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำ Soxhlet flask มาระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ออกไปด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ แล้วอบที่อุณหภูมิ 100°C นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่
5. นำ Soxhlet flask ทิ้งให้เย็นใน desiccator
6. ชั่งน้ำหนัก Soxhlet flask แล้วคำนวณหาปริมาณไขมันโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

ก.4 ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AACC 08-01(1995)

ดัดแปลงจากวิธี AACC 08-01(1995) จากอุณหภูมิเตาเผา 575-590 เป็น 550 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. เตาให้ความร้อน (hot plate)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 3 กรัม (±0.0001 กรัม) ใส่ใน crucible ที่เผาและทราบน้ำหนักแน่นอน
2. เผาตัวอย่างใน crucible ด้วยเตาให้ความร้อนจนหมดควัน
3. นำตัวอย่างเข้าเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 °C จนได้เถ้าเป็นสีขาวหรือจนน้ำหนักคงที่
4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เสร็จแล้วชั่งน้ำหนัก
5. คำนวณหาปริมาณเถ้า โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก.5 ปริมาณเส้นใย ตามวิธีของ AOAC 1995-978.10

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Oven) WTE Binder รุ่น E 53
2. เตาเผา (muffle furnace)

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟุริก (H_2SO_4, AR grade) ความเข้มข้น 1.25%
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH , AR grade) ความเข้มข้น 1.25%
3. เอธิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (หรือ 95%)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วทั้งหมด ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 ml
2. เติมกรดซัลฟุริกความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 ml ลงในบีกเกอร์ ต้มให้สารละลายเดือดตลอดเวลานาน 30 นาที และสังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้เติมน้ำร้อนลงไป
3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกรดผ่านกรวยบุคเนอร์เซรามิกที่รองด้วยกระดาษ whatman เบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 mmHg ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
4. นำกากที่ได้มาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.25% ปริมาตร 200 ml ต้มเดือดนาน 30 นาที และควบคุมปริมาตรของสารละลายเช่นเดียวกับข้อ 2

5. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยด่างผ่านกรวยบุคเนอร์ที่รองด้วยกระดาษ whatman เบอร์ 1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 mmHg ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง

6. ละลายตัวอย่างกากที่ติดบนกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นที่ร้อน แล้วกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

7. ล้างกากที่ได้ด้วยแอลกอฮอล์ปริมาตร 25 ml อีก 2 ครั้ง

8. นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 130±2 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่

9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักจะได้เป็นน้ำหนักก่อนเผา

10. นำตัวอย่างใส่ crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน

11. เผา crucible พร้อมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600±15 °C จนได้เถ้าเป็นสีขาว

12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

13. ชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา นำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใยโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา(กรัม)}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งที่ผ่านการสกัดไขมัน(กรัม)}}$$

ก.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีการคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – %(โปรตีน+ไขมัน+เถ้า+เส้นใย)

ก.7 ปริมาณผลผลิต

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักเมล็ดกระจับที่ปอกเปลือกและทราบความชื้น
2. ชั่งน้ำหนักของสตาร์ชที่ทราบความชื้น ซึ่งสกัดได้จากเมล็ดกระจับ
3. คำนวณปริมาณผลผลิต (yield) ของสตาร์ชที่สกัดได้ โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณผลผลิต (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของสตาร์ช(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของเมล็ดกระจับ(กรัม)}}$$

ก.8 ค่าดัชนีความขาว โดยใช้ colorimeter ระบบ Hunter ตามวิธีของ Chen และคณะ (1999)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าสี (Hunter colorimeter) Minolta Chroma Meter รุ่น CR-300

วิธีทดลอง

1. นำชุดหัววัดตัวอย่างแห้งที่มีแผ่นใสป้องกันหัวรับแสงประกอบเข้ากับเครื่องวัดสี
2. ปรับมาตรฐาน(calibrate) ค่าสีของเครื่องโดยใช้แผ่นสีขาวมาตรฐานที่มีค่าสีระบบ Hunter คือ L = 96.54 , a = +0.03 และ b = +1.69
3. วัดค่าสีของตัวอย่างเดียวกันซ้ำ 4 ครั้ง จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นหนึ่งค่า บันทึกค่า L , a และ b ในระบบ Hunter ที่ได้จากเครื่อง
4. นำค่า L , a และ b ในระบบ Hunter มาคำนวณหาค่าดัชนีความขาว โดยใช้สูตร

$$\text{ค่าดัชนีความขาว (white index)} = 100 - \sqrt{(100-L)^2+a^2+b^2}$$

ก.9 ค่า pH ตามวิธีของ AOAC, 1995-943.02

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่า pH (pH meter) SCHOTT รุ่น CD840

วิธีทดลอง

1. ปรับมาตรฐาน(calibrate) เครื่องวัด pH ด้วย standardize pH buffer ที่ pH 7.00 และ pH 4.00 ตามลำดับ
2. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 ml
3. กวนอย่างสม่ำเสมอเป็นเวลา 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน 10 นาที
4. วัดค่า pH ของสารละลายส่วนใส โดยใช้ pH meter

ก.10 ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคแป้ง (Mean particle size, MPS) ดัดแปลงจากวิธีของ Arambula และคณะ(1998)

ดัดแปลงขนาดตะแกรงจากขนาด 30 40 60 80และ100 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 595, 420, 250, 177, 149 ไมโครเมตร) เป็น 70, 80, 120,180, 200 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 212, 180, 125, 90, 75 ไมโครเมตร) และเปลี่ยนน้ำหนักตัวอย่างแป้งจาก 50 กรัม เป็น 100 กรัม

อุปกรณ์

1. ชุดเครื่องร่อนและตะแกรงร่อน Restch รุ่น VIBRO
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 100 กรัม
2. ร่อนแป้งผ่านตะแกรงร่อนขนาด 70, 80, 120,180, 200 เมช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 212, 180, 125, 90, 75 ไมโครเมตร) ตามลำดับ เป็นเวลา 10 นาที
3. ชั่งน้ำหนักแป้งที่ค้างอยู่แต่ละตะแกรงและคำนวณหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาคแป้ง

$$\text{ขนาดเฉลี่ยของอนุภาคแป้ง (MPS)} = (W_1d_1 + W_2d_2 + \ldots\ldots + W_5d_5)/R$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของแป้งที่ผ่านตะแกรง

d คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตะแกรง

R คือ ผลรวมน้ำหนักของแป้งแต่ละตะแกรง(total recovery)

ก.11 ศึกษาการย่อยด้วยเอนไซม์ glucoamylase ดัดแปลงจากวิธีของ Hizukuri และคณะ(1988) และการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic method, DNSA (James,1995)

วิธีการย่อยแป้งดัดแปลงจากวิธีของ Hizukuri และคณะ(1988) จากการใช้เอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ได้จาก *Rhizopus. niveus* เป็นเอนไซม์กลูโคอะไมเลสที่ได้จาก *Aspergillus niger* และใช้สภาวะในการย่อยจาก pH 4.5 เป็น pH 5.0 ตามแอคติวิตี้ของเอนไซม์ โดยมีวิธีเตรียมตัวอย่าง ดังนี้

เตรียมแป้งกระจับความเข้มข้น 10 กรัม/ลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ในอะซิเตตบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรดด่าง 5 และย่อยด้วยเอนไซม์กลูโคอะไมเลส 100 ยูนิต (100 U) ในเครื่องเขย่า

ควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยการต้มในน้ำเดือด 10 นาที แล้วแช่ในน้ำเย็นทันที หลังจากนั่นนำตัวอย่างปริมาตร 3 มิลลิลิตร ไปเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,500 รอบต่อนาที แล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ด้วยวิธี DNSA

อุปกรณ์

1. เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ(Shaker water bath) DT Hetotherm รุ่น CB6D-VS-01
2. เครื่องเหวี่ยง(Centrifuge) Hettich Zentrifuger รุ่น EBA12
3. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง(Spectrophotometer) Mivion Roy รุ่น spectronic 601

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มอล
2. สารละลาย DNSA

เตรียมโดย ละลาย 3,5 Dinitrosalicylic acid (DSNA) 2.5 กรัม ใน 2 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 มิลลิลิตร และเติมโพแทสเซียมโซเดียมทาร์เทรต 75 กรัม คนจนละลาย ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชาที่อุณหภูมิห้อง

วิธีทดลอง

1. นำสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย DNSA 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. ต้มในน้ำเดือด 10 นาที
3. ทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว แล้วเติมน้ำ 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 5 นาที
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร
5. คำนวณความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์($g_{\text{น้ำตาลรีดิวซ์}}$/100 $g_{\text{แป้ง}}$) จากกราฟมาตรฐาน(standard curve) ซึ่งใช้น้ำตาลกลูโคสเข้มข้น 0-1 กรัม/ลิตร เป็นสารมาตรฐาน

ก.12 **ความสามารถในการดูดซับน้ำ** : centrifuge method ดัดแปลงจาก Sosulski และ Mecurcly (1987)

เปลี่ยนจากตัวอย่าง 1 กรัม เป็น 0.5 กรัม และเติมน้ำ 10 ml เป็น 5 ml

อุปกรณ์

1. หลอด centrifuge
2. เครื่องเหวี่ยง(Centrifuge) Hettich Zentrifuger รุ่น EBA12

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักหลอด centrifuge ที่จะใช้บรรจุตัวอย่าง flour บันทึกไว้ (w_1)

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง flour 0.5 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge แล้วเติมน้ำกลั่น 5 ml คนให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

3. centrifuge ของผสมที่ได้ ที่ 2000 xg 20 นาที

4. ใช้ Pasteur pipette ดูดน้ำส่วนน้ำใสออก แล้วชั่งน้ำหนักหลอด centrifuge ที่มี flour ค้างอยู่ (w_2)

5. คำนวณค่าความสามารถในการดูดซับน้ำตามสูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำ (\% db)} = \frac{(w_2 - w_1) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} * (100 - \text{\%ความชื้นตัวอย่าง})}$$

ก.13 **ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน** : centrifuge method **ดัดแปลงจาก** Sosulski **และ** Mecurcly (1987)

อุปกรณ์

1. หลอด centrifuge
2. เครื่องเหวี่ยง(Centrifuge) Hettich Zentrifuger รุ่น EBA12

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักหลอด centrifuge ที่จะใช้บรรจุตัวอย่าง flour บันทึกไว้ (w_1)

2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง flour 0.5 กรัม ใส่ในหลอด centrifuge แล้วเติมน้ำมัน 5 ml คนให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

3. centrifuge ของผสมที่ได้ ที่ 2000 Xg 20 นาที

4. ใช้ Pasteur pipette ดูดส่วนน้ำมันใสออก แล้วชั่งน้ำหนักหลอด centrifuge ที่มี flour ค้างอยู่ (w_2)

5. คำนวณค่าความสามารถในการดูดซับน้ำมันตามสูตร

$$\text{ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน (\%db)} = \frac{(w_2 - w_1) * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)} * (100 - \text{\%ความชื้นตัวอย่าง})}$$

ก.14 การวัดความแข็งแรงของเจล(gel strenght) ดัดแปลงจากวิธีของ Jane และคณะ (1992) และ Hoover และคณะ(1997)

ดัดแปลงการเตรียมเจลจากวิธีของ Jane และคณะ(1992) จากการใช้เจลแป้งที่ได้จาก เครื่อง Brabender viscoamylograph มาเป็นการเตรียมเจลเอง โดยใช้อุณหภูมิและเวลาในการให้ความร้อนตาม Hoover และคณะ(1997) ที่ใช้อุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พร้อมกับคนตลอดเวลา โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัววัด เช่นเดียวกับ Jane และคณะ(1992) คือ 2 มิลลิเมตร แต่ดัดแปลงระยะทางที่กดลงในเจล 3 มิลลิเมตร ใช้ความเร็ว 0.2 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นระยะทางที่กดลงในเจล 10 มิลลิเมตร ใช้ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที

อุปกรณ์

1. เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) รุ่น TA.XT2
2. หัววัดรูปทรงกระบอก (cylinder probe) รุ่น SMS P/35 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter) 2 mm

วิธีทดลอง

1. เตรียมน้ำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 8 ของน้ำหนักแห้ง
2. ให้ความร้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พร้อมกับคนตลอดเวลา
3. เทใส่ถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร และลึก 2.5 เซนติเมตร
4. เก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชั่วโมงและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 และ 72 ชั่วโมง
5. วัดความแข็งแรงของเจลตามเวลาที่เก็บตัวอย่าง โดยใช้หัววัด(probe) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ระยะทางที่กดลงในเจล 10 มิลลิเมตร ใช้ความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที
6. ค่าความแข็งแรงของเจล คำนวณได้จากค่าแรงสูงสุด(maximun force) หน่วยเป็นกรัม

ก.15 การวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA)

ที่มา : Newport Scientific Pty , Ltd. (1995)

เครื่องมือ

1. เครื่อง RVA พร้อมด้วยแคนอลูมิเนียมที่มีใบพัดปิด
2. เครื่อง Hammer Mill และตะแกรงขนาด 0.08 มิลลิเมตร
3. เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง
4. ปิเปตขนาด 25 มิลลิเมตร
5. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมเครื่อง RVA

วิธีทดลอง

1. เปิดเครื่อง RVA ทิ้งไว้นาน 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่อง RVA
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และรันซอฟต์แวร์ควบคุม RVA ให้เลือกเงื่อนไขใน Profile ป้อนลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ตั้งชื่อไฟล์แล้วเซฟไว้ ปกติจะเลือกเงื่อนไขดังนี้

PROFILES

STD 1

Idle Temperature 50 °C

1. 50 °C @ 1.0 min
2. 95 °C @ 4.7 min
3. 95 °C @ 7.2 min
4. 50 °C @ 11.0 min

End of test 13.0 min

ความเร็วในการกวนมอเตอร์ – 10 วินาทีแรก 960 รอบต่อวินาที หลังจากนั้นจะลดลงมาอยู่ที่ 160 รอบต่อวินาที จนสิ้นสุดการทดลอง

หมายเหตุ : Idle temperature หมายถึง อุณหภูมิที่ตั้งไว้คอยอุณหภูมิของแคนซึ่งมีตัวอย่างและน้ำบรรจุอยู่ภายใน เมื่ออุณหภูมิของแคนสูงขึ้นถึงอุณหภูมินี้ RVA จะเริ่มบันทึกข้อมูลต่าง ๆ

3. ตวงน้ำกลั่นปริมาตร 25.00 ±มิลลิลิตร (สำหรับตัวอย่างที่มีความชื้น 14 %) ใส่ลงในแคนของ RVA

4. ชั่งตัวอย่าง 3.00 กรัมหรือตามความเข้มข้นที่องการวิเคราะห์ ความผิดพลาดไม่เกิน 0.01 กรัม (สำหรับใส่ตัวอย่างที่มีความชื้น 14%) ใส่ลงในแคนที่มีน้ำอยู่แล้ว จำนวนของตัวอย่างขึ้นอยู่กับชนิดของตัวอย่าง โดยทั่วไปแนะนำดังนี้

ตารางที่ ก.1 ปริมาณตัวอย่างแนะนำในการวัดสมบัติด้านความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser

ชนิดตัวอย่าง	จำนวน(กรัม)
เมล็ดพืชทั้งหมด(บดรวมเปลือก)	4.00
แป้ง(flour)	3.50
สตาร์ชปกติ(native starch)	
จากธัญชาติชนิดไม่มียาง(non-waxy cereal)	3.00
จากธัญชาติชนิดมียาง(waxy cereal)	3.00
มันฝรั่ง	2.00[1]
มันสำปะหลัง	2.50
สตาร์ชดัดแปลง(modified starch)	
Acid modified	4.00-2.00[2]
Oxidised	4.00-2.00[2]
Substituted	2.50
Cross-linked	2.50

[1]ใช้ 1.2 กรัม ถ้าเป็นสตาร์ชที่ไม่ได้ผลิตมาเพื่อวัตถุประสงค์ในเชิงพานิชย์

[2]จำนวนที่ใช้ขึ้นอยู่กับ degree of modification

หมายเหตุ ถ้าตัวอย่างไม่ละเอียดให้บดด้วยแฮมเมอร์ มิลล์ แล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 0.8 มิลลิเมตร

5. ใส่พาย(paddle) ลงในแคน หมุนพายไปมาแรง ๆ และดึงขึ้นเพื่อกวนตัวอย่างแรง ๆ ประมาณ 10 ครั้ง ถ้ามีตัวอย่างจับกันเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดที่พายให้ทำซ้ำอีกครั้ง

6. นำแคน(can)ที่ใส่พายไว้แล้วสอดเข้าไปในเครื่อง RVA ทำงาน กดมอเตอร์ลงเพื่อให้ RVA ทำงาน เสร็จแล้วนำแคนออกมา

7. จาก pasting curve ที่ได้สามารถหาค่า ของ pasting temperature (อุณหภูมิที่เปลี่ยนเป็นเพสต์) peak viscosity(ความหนืดสูงสุด) set back และ final viscosity (ความหนืดสุดท้าย)

ก.16 ปริมาณสตาร์ช ตามวิธีของ AOAC, 1995-945.37

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดดัชนีการหักเหของแสง (Polarimeter) ATAGO รุ่น POLAX-D
2. เตาให้ความร้อน (hot plate)

สารเคมี

1. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 33%

เตรียมโดยชั่ง $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (AR grade) 437 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (ความหนาแน่นที่อุณหภูมิ 20°C เท่ากับ 1.30) ปรับค่า pH ของสารละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 N ให้ได้สารละลายเป็นสีชมพูอ่อนๆ เมื่อแบ่งสารละลายมาทดสอบกับฟีนอฟธาลีน

2. สารละลายกรดอะซิติก (CH_3COOH , AR grade) ความเข้มข้น 0.8% (w/v)

วิธีทดลอง

1. บดตัวอย่างแป้งให้มีขนาดเล็กลงและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 2.0-2.5 กรัม ใส่ขวดขนาด 250 ml จดน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างไว้

2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 ml ละลายตัวอย่างแล้วเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 33% ปริมาตร 58 ml และสารละลายกรดอะซิติก 0.8% ปริมาตร 2 ml แล้วผสมให้เข้ากัน

3. นำสารละลายมาทำให้เดือดอย่างรวดเร็ว โดยต้มบนตะแกรงลวดของเตาให้ความร้อน ใส่เม็ดลูกแก้วลงไปแล้วเขย่าตลอดเวลา ทำการต้มให้เดือดนาน 15 นาที

4. ทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว โดยแช่ขวดผ่านน้ำประปา

5. เทสารละลายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml โดยล้างขวดด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 ml

6. ดูดตัวอย่างประมาณ 10 ml กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 ส่วนแรกที่กรองได้ให้ทิ้งไป แล้วเก็บส่วนที่กรองได้ 40-50 ml

7. นำส่วนที่กรองได้ไปวัดค่า rotation ด้วยเครื่อง polarimeter โดยใช้หลอดขนาด 20 cm ทำการวัด 2 ครั้ง

8. นำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสตาร์ช โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณสตาร์ช (\% starch)} = \frac{100 \times R \times 100}{2 \times 203 \times W}$$

เมื่อ R = observed angular rotation

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

203 = specific rotation ของสตาร์ช

2 = ความยาวของหลอดเท่ากับ 20 cm

ก.17 ปริมาณอะมิโลสและอะมิโลเพคติน ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Jarvis และ Walker (1993) และ Juliano (1971)

ดัดแปลงโดยใช้ Iodine method ตามวิธีของ Juliano (1971) และใช้เทคนิคการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 6 ความยาวคลื่น ตามวิธีของ Jarvis และ Walker (1993)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) Spectronic รุ่น Genesys 5
2. เตาให้ความร้อน (hot plate)

สารเคมี

1. อะมิโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง (standard potato amylose)
2. อะมิโลเพคตินบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง (standard potato amylopectin)
3. สารละลายไอโอดีน เตรียมโดยละลายไอโอดีน (I_2) 0.2000 กรัม และโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.0000 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ml
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH , AR grade) ความเข้มข้น 1 N
5. เอธิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (หรือ 95%)
6. สารละลายกรดอะซิติก (CH_3COOH , AR grade) ความเข้มข้น 1 N

การเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสม

1. เตรียมสารละลาย 4 ชนิด ดังต่อไปนี้

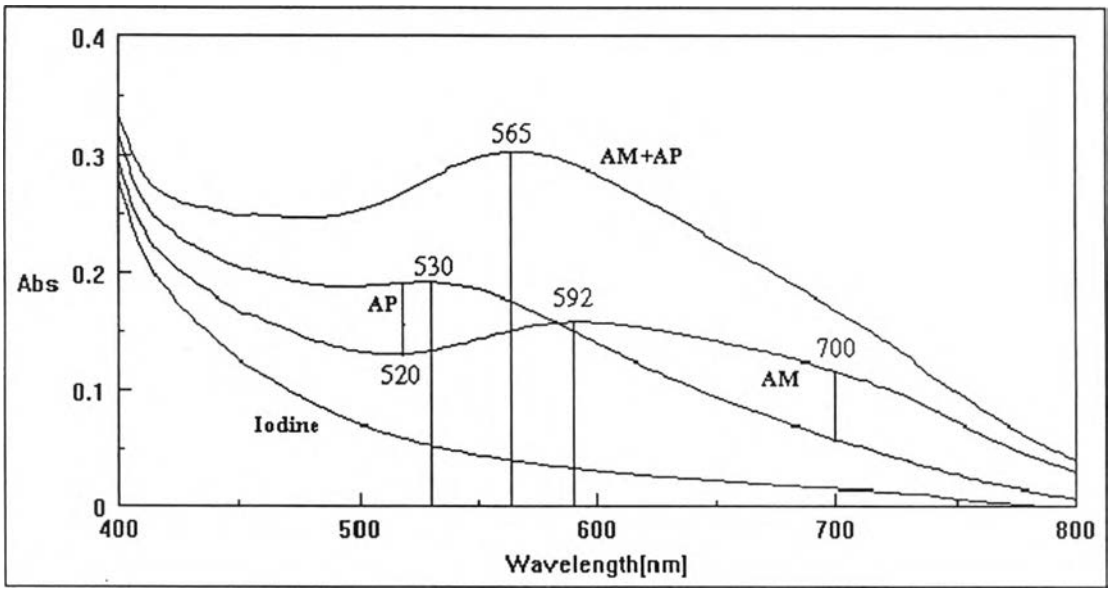
- iodine reagent blank (20 μg/ml)
- 8 μg/ml amylose
- 32 μg/ml amylopectin
- 8 μg/ml amylose และ 32 μg/ml amylopectin ผสมอัตราส่วน 1:1 (v/v)

หมายเหตุ : วิธีเตรียมสารละลายดูได้จากการหาค่า absorbtivity ของ standard amylose และ amylopectin ปริมาณที่ชั่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ต้องการเตรียม

2. ใส่สารละลายที่เตรียมได้ลงในคิวเวต 4 อัน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง Spectronic รุ่น Genesys 5 ที่ความยาวคลื่นมากกว่า 500 นาโนเมตร

ตัวอย่างกราฟ :



รูปที่ ก.1 การดูดกลืนแสงของไอโอดีน อะมิโลส อะมิโลเพคติน และส่วนผสมของอะมิโลสกับอะมิโลเพคติน ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

4. เลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมจากกราฟ ดังนี้

- 520 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นของช่วงที่แตกต่างกันมากที่สุดของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน โดยค่าการดูดกลืนแสงของอะมิโลเพคตินจะมีค่าสูงกว่าของอะมิโลส
- 530 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของอะมิโล-เพคติน

- 565 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นที่ให้อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโล - เพคตินเท่ากับ 20 : 80 ตามลำดับ

- 592 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นที่ใช้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของอะมิโลส

- 700 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นของช่วงที่แตกต่างกันมากที่สุดของอะมิโลสและอะมิโลเพคติน โดยค่าการดูดกลืนแสงของอะมิโลสจะมีค่าสูงกว่าของอะมิโลเพคติน

- 800 นาโนเมตร : ค่าความยาวคลื่นขณะที่ค่าการดูดกลืนแสงของอะมิโลเพคตินเข้าใกล้ศูนย์

การหาค่า absorptivity ของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินบริสุทธิ์

1. ชั่งอะมิโลสบริสุทธิ์น้ำหนักแน่นอน 20 g ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 ml และเอธิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 ml ผสมให้เข้ากันแล้วให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที

2. นำสารละลายที่ได้ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 ml ปรับปริมาตรให้ได้ 100 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

3. ทำการแปรผันความเข้มข้นของอะมิโลสบริสุทธิ์ โดยดูดสารละลายในขวดวัดปริมาตรต่างๆ กันดังนี้ 3.0, 4.0 และ 5.0 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml เติมสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 N ปริมาตรดังนี้ 0.6, 0.8 และ 1.0 ml ตามลำดับ จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีน 1 ml ทุกขวด ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทั้ง 6 ความยาวคลื่น โดยใช้ iodine reagent เป็น blank

5. ทำการทดลองกับอะมิโลเพคตินบริสุทธิ์เช่นเดียวกับข้อ 1 แต่ดูดสารละลายในขวดวัดปริมาตรเป็น 10, 16 และ 20 ml ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml เติมสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 1 N ปริมาตรดังนี้ 2.0, 3.2 และ 4.0 ml ตามลำดับ จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีน 1 ml ทุกขวด ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน

6. ค่า absorptivity ที่ความยาวคลื่นหนึ่งหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนั้นหารด้วยค่าความเข้มข้นของอะมิโลสหรืออะมิโลเพคตินบริสุทธิ์ (µg/ml) คำนวณทุกความเข้มข้นแล้วหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่า absorptivity ที่ความยาวคลื่นที่ต้องการ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างสตาร์ชน้ำหนักแน่นอน 40 กรัม แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับการหาค่า absorptivity ของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินบริสุทธิ์ แต่ปริมาณสารละลายตัวอย่างที่ดูดออกมาวิเคราะห์ใช้ปริมาตร 5 ml (ในข้อ 3) ใส่สารละลายกรดอะซิติก 1 ml และสารละลายไอโอดีน 1 ml

วิธีการคำนวณ

$$C_{am} = \frac{[(Abs2 \times E_0ap2/E_0ap2)-Abs1]}{[(E_oam2 \times E_oap1/E_oap2)-E_oam1]}$$

$$C_{ap} = [Abs1- (E_0am1 \times C_{am} / E_0ap2)] / E_oap1$$

โดย C_{am} = ค่าความเข้มข้นของอะมิโลส (μg/ml)

C_{ap} = ค่าความเข้มข้นของอะมิโลส (μg/ml)

Abs2 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่นที่ 1 ของคู่ที่คำนวณ

Abs2 = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ความยาวคลื่นที่ 2 ของคู่ที่คำนวณ

E_oam1 = ค่า absorptivity ของอะมิโลสที่ความยาวคลื่นที่ 1 ของคู่ที่คำนวณ

E_oam2 = ค่า absorptivity ของอะมิโลสที่ความยาวคลื่นที่ 2 ของคู่ที่คำนวณ

E_oap1 = ค่า absorptivity ของอะมิโลเพคตินที่ความยาวคลื่นที่ 1 ของคู่ที่คำนวณ

E_oap2 = ค่า absorptivity ของอะมิโลเพคตินที่ความยาวคลื่นที่ 2 ของคู่ที่คำนวณ

ใช้สมการทั้ง 2 สมการนี้ในการหาความเข้มข้นอะมิโลสและอะมิโลเพคติน โดยการจับคู่แต่ละความยาวคลื่น ซึ่งจะได้ 15 สมการ จากทั้งหมด 6 ความยาวคลื่น แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละสมการมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่แท้จริง

ก.18 ลักษณะรูปร่างของเม็ดสตาร์ช โดยใช้ SEM

อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (SEM) JEOL รุ่น JSM-5800 LV
2. เครื่องฉาบทอง (ion sputter) Balzers Union รุ่น SCD 040

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่างแป้งติดบน stub โดยใช้เทปกาวสองหน้าหรือกาว
2. ฉาบด้วย gold หนา 20-30 mm ด้วยเครื่อง ion sputter โดยใช้เทคนิค Hammer V sputter coater
3. ศึกษาพร้อมกับบันทึกภาพโครงสร้างของตัวอย่างด้วย SEM ควบคุมที่ 20 kV ใช้กำลังขยาย 750 และ 2000 เท่า

ก.19 ลักษณะ birefringence โดยใช้ microscopic method

อุปกรณ์

1. กล้องจุลทรรศน์ (microscope) OLYMPUS รุ่น BX50
2. อุปกรณ์ถ่ายภาพ (exposure control) OLYMPUS รุ่น Genesys 5
3. แผ่นฟิล์มโพลารอยด์ (polaroid film sheet)

การทดลอง

1. เตรียมสารละลายกลีเซอรีนและน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 แล้วหยดลงบนสไลด์ 1-2 หยด
2. นำตัวอย่างสตาร์ชมาละลายกับสารละลายข้อ 1 บนสไลด์ให้ได้ความหนาแน่นของเม็ดสตาร์ชพอดีกับการถ่ายภาพ
3. ปรับระยะโฟกัสของกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายต่ำสุดแล้วเห็นภาพชัดเจนที่สุด จากนั้นเปลี่ยนกำลังขยายให้สูงขึ้นเป็น 400 เท่า
4. ปรับเลื่อนสไลด์ให้ได้องค์ประกอบของภาพที่ต้องการและปรับความคมชัดของภาพโดยดูที่กล้องถ่ายภาพ
5. ตั้งระบบการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมการถ่ายภาพเป็นแบบ auto แล้วใส่ฟิล์มที่ต้องการใช้ถ่ายภาพเข้ากับกล้อง
6. ทำการถ่ายภาพเม็ดสตาร์ชภายใต้แสงปกติ เสร็จแล้วให้นำแผ่นฟิล์มโพลารอยด์วางปิดบนแหล่งกำเนิดแสงของกล้องจุลทรรศน์ และนำแผ่นฟิล์มอีก 1 แผ่น วางปิดบนสไล์ดหรือกั้นระหว่างสไลด์กับกล้องถ่ายภาพ
7. หมุนแผ่นฟิล์มโพลารอยด์ที่วางปิดบนแหล่งกำเนิดแสงให้ได้สีของพื้นภาพเป็นสีดำ จะทำให้เห็นลักษณะ birefringence ของเม็ดสตาร์ช
8. ปรับความคมชัดของภาพแล้วถ่ายภาพเม็ดสตาร์ชภายใต้แสงโพลาไรซ์ที่เกิดจากแผ่นฟิล์มโพลารอยด์
9. นำภาพเม็ดสตาร์ชที่ได้จากการถ่ายภาพภายใต้แสงปกติเปรียบเทียบกับแสงโพลาไรซ์

ก.20 วัดการกระจายตัวของอนุภาคเม็ดสตาร์ช โดยใช้ Laser particle size analyzer

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดการกระจายตัวของอนุภาคเม็ดสตาร์ช (Laser particle size analyzer) Mastersizer S long bed Ver. 2.11

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายตัวอย่างสตาร์ชความเข้มข้น 0.0320 - 0.0550% (w/v)
2. ประกอบเครื่องโดยใส่เลนส์ (300RF) และเซลล์ใส่ตัวอย่างเข้ากับตัวเครื่อง
3. เปิดเครื่องทิ้งไว้ 15 นาที (warming) เพื่อให้แสงเลเซอร์เข้าสู่สมดุล
4. ใช้น้ำกลั่นในการปรับค่า back ground ของเครื่องก่อนวิเคราะห์ตัวอย่าง
5. วัดตัวอย่างโดยนำสารละลายสตาร์ชใส่ในเซลล์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่าง รอจนกว่าค่า Obscuration อยู่ระหว่าง 10-30%
6. ประมวลผลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ หาขนาดอนุภาคเม็ดสตาร์ชที่มีมากที่สุดและสร้างกราฟการกระจายตัวของขนาดอนุภาคเม็ดสตาร์ช

ก.21 ศึกษาโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ช โดยใช้ X-ray diffractometer และวิเคราะห์ pattern ตามวิธีของ Zobel (1964)

อุปกรณ์

1. X-ray diffractometer, JEOL รุ่น JDX-8030

วิธีทดลอง

1. นำตัวอย่างสตาร์ชโรยบน sample plate แล้วกด sample plate ให้เม็ดสตาร์ชเรียงตัวอัดกันแน่น
2. นำ sample plate ใส่เข้าเครื่อง X-ray diffractometer ที่ช่อง sample holder แล้วเปิดเครื่อง (warming) ทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที
3. สั่งให้เครื่องทำงานและวัดค่าในช่วงมุมที่ต้องการ โดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Target :	Cu	
KV :	45.0	kV
MA :	35.0	mA
Start angle:	2.00	deg.
Stop angle:	45.00	deg.
Step angle:	0.040	deg.
M. time :	1.50	sec.

4. วิเคราะห์ X-ray diffraction pattern โดยเทียบค่า 2θ, d-Spacing และ Intensity ที่ได้กับลักษะโครงสร้างผลึกของสตาร์ชที่เป็น pattern มาตรฐาน ดังนี้

ตารางที่ ก.2 ลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดสตาร์ชที่เป็นแบบ A, B, และ C-type

Starch X-ray powder diffraction pattern								
A-type			B-type			C-type		
d-Spacing, A°	Intensity*	2θ	d-Spacing, A°	Intensity*	2θ	d-Spacing, A°	Intensity*	2θ
8.72	w-	10.1	15.8	M	5.59	15.4	W	5.73
7.70	w-	11.5	8.90	w-	9.93	8.82	w-	10.0
5.78	s	15.3	7.94	w-	11.1	7.66	w-	11.5
5.17	s	17.1	6.14	m	14.4	5.78	s	15.3
4.86	s-	18.2	5.16	s	17.2	5.12	s	17.3
4.37	m	20.3	4.54	w+	19.5	4.85	m	18.3
3.78	s	23.5	4.00	m	22.2	4.35	w-	20.4
3.30	w+	27.0	3.70	m-	24.0	3.78	m+	23.5
2.88	w	31.0	3.38	w	26.3	3.32	w	26.8
			2.60	w	34.4			

- Intensity scale : strong (S), medium (m), weak (w), less than (-), and more than (+)

ก.22 รูปแบบกำลังการพองตัวและการละลาย ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Schoch (1964)

ดัดแปลงโดยใช้แท่งแก้วคนตัวอย่างแทนการใช้เครื่องกวนและลดปริมาณของตัวอย่างที่ทดลองลง 2.5 เท่า แต่ใช้ความเข้มข้นเท่าเดิม

อุปกรณ์

1. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
2. เครื่องเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ(Refrigerator Centrifuge) Heraeus-Christ รุ่น VARIFUGEK K
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

วิธีทดลอง

1. นำขวด centrifuge ขนาด 250 ml อบให้แห้งแล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator
2. ชั่งน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง 2.000 กรัม ใส่ในขวด centrifuge ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน

3. เติมน้ำกลั่นลงในขวด centrifuge 180 กรัม คนให้เข้ากัน

4. นำขวด centrifuge ที่บรรจุตัวอย่างแล้ว แช่ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 55±2°C , 65±2°C , 75±2°C , 85±2°C และ 55±2°C เพื่อศึกษาการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิต่างๆ

5. ให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที โดยมีการกวนตลอดเวลา

6. นำขวด centrifuge มาเช็ดด้านนอกที่เปียกน้ำให้แห้งสนิท

7. ชั่งน้ำหนักขวด centrifuge ปรับให้ขวด centrifuge มีน้ำหนักน้ำกลั่นรวม 200 กรัม

8. นำขวด centrifuge ไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกที่ความเร็ว 2200 rpm นาน 15 นาที

9. หลังเหวี่ยงแยกเสร็จจะแยกส่วนใสออกจากตะกอน โดยใช้ปิเปตดูดส่วนใสออกมาใส่ขวดรูปชมพู่ปริมาตร 250 ml ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

10. พยายามดูดส่วนใสออกให้ได้มากที่สุด (ระวังอย่าให้ตะกอนแป้งติดมาด้วย) แล้วจึงนำขวด centrifuge ที่บรรจุตะกอนสตาร์ชไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหากำลังการพองตัว

11. นำส่วนใสในขวดรูปชมพู่ไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำหนักคงที่

12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งขวดรูปชมพู่เพื่อหาน้ำหนักสตาร์ชที่ละลายน้ำ

13. คำนวณหาค่ากำลังการพองตัวและค่าการละลายของเม็ดสตาร์ช โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการละลาย (\%solubility)} = \frac{\text{น้ำหนักสตาร์ชที่ละลายน้ำ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักสตาร์ชแห้ง (กรัม)}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (swelling power)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนสตาร์ช (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักสตาร์ชแห้ง (กรัม)} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

ก.23 การวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของสตาร์ช ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Mazurs และคณะ (1957)

ดัดแปลงโดยเปลี่ยนระยะเวลาในช่วงควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ที่ 95 °C และ 50 °C จาก 1 ชั่วโมง เป็น 15 นาที

อุปกรณ์

1. Brabender viscoamylograph รุ่น Viskograph PT100
2. เครื่องชั่ง ทศนิยม 2 ตำแหน่ง Sartorious รุ่น BP3100S

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายของตัวอย่างในน้ำกลั่นความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (ความเข้มข้นตามที่ต้องการศึกษาคิดเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้ง) โดยนำบีกเกอร์ขนาด 450 ml และ 600 ml วางบนเครื่องชั่งกดปุ่ม tare ปรับน้ำหนักให้เป็นศูนย์ ชั่งตัวอย่าง สตาร์ช 30 กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่บีกเกอร์ขนาด 450 ml แล้วเติมน้ำกลั่นลงในบีกเกอร์ขนาด 600 ml จนน้ำหนักรวมครบ 500 กรัม

2. เอาน้ำกลั่นในบีกเกอร์ขนาด 600 ml เทผสมกับตัวอย่าง สตาร์ชในบีกเกอร์ขนาด 450 ml จากนั้นใช้แท่งแก้วกวนให้ละลายก่อนเทลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง (bowl) ของเครื่องซึ่งประกอบกับตัวเครื่องแล้ว ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นหรือสารละลาย buffer ที่เหลือใส่รวมลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง

3. ประกอบเครื่อง เปิดน้ำหล่อเย็น (cooling water) และให้เครื่องเริ่มทำงาน

4. ปรับสภาวะการทำงานของเครื่อง ดังนี้

   4.1 ให้เครื่องกวนด้วยอัตราเร็ว 75 รอบต่อนาที

   4.2 การตั้งโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ เป็นดังนี้ คือ

      4.2.1 ให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วยอัตราเร็ว 1.5 °C ต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 95 °C

      4.2.2 ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 95 °C ไว้นาน 15 นาที

      4.2.3 ลดอุณหภูมิลงด้วยอัตราเร็ว 1.5 °C ต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 50 °C

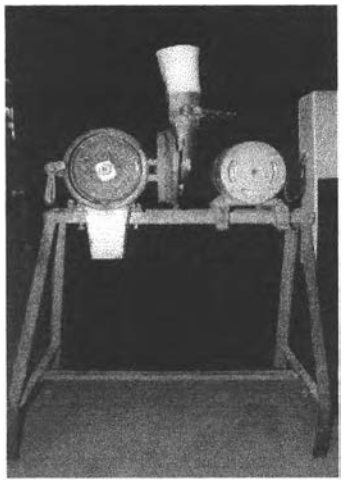
      4.2.4 ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 50 °C ไว้นาน 15 นาที

5. ถ้าเครื่องทำงานจนเส้นกราฟความหนืดเพิ่มขึ้นจนสุดสเกล (1000 BU) ให้ถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนักขนาด 125 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับความข้นหนืด 500 BU หรือตุ้มน้ำหนักขนาด 250 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับความข้นหนืด 1000 BU

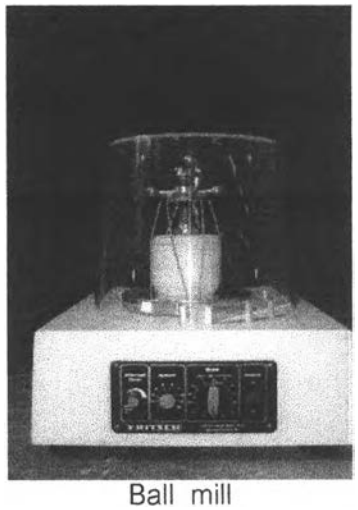
6. นำกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของตัวอย่างสตาร์ชที่ได้มาวิเคราะห์ผล

ภาคผนวก ข.

ข.1 เครื่องมือที่ใช้ในการโม่แป้ง



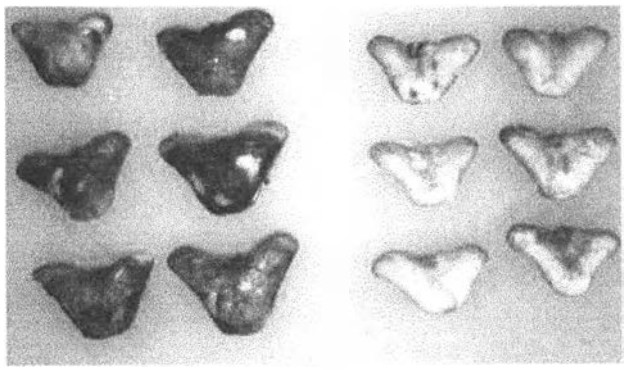
Stone mill (single disc)



Ball mill

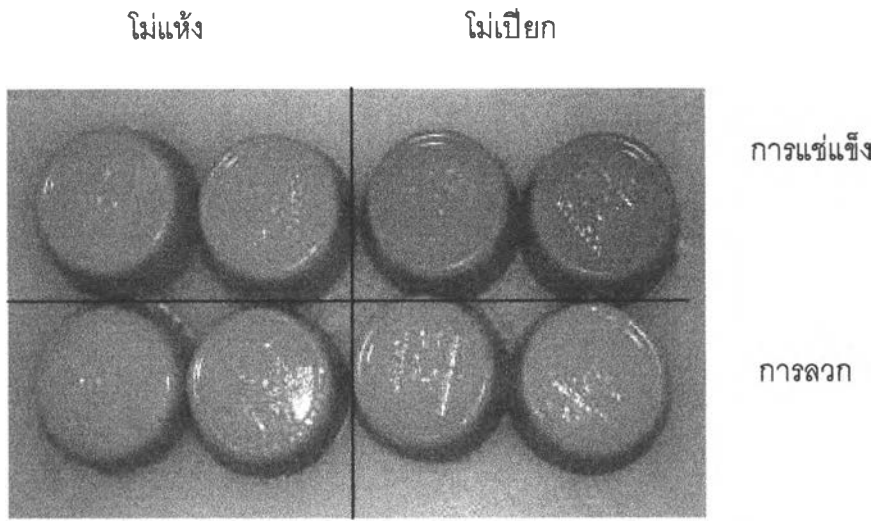
ภาพที่ ข.1 เครื่องมือที่ใช้ในการโม่แป้งกระจับ

ข.2 วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัย



ภาพที่ ข.2 เมล็ดกระจับสดหลังแยกเปลือก

ข.3 เจลแป้งกระจับ



ภาพที่ ข.3 ลักษณะของเจลแป้งกระจับ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวขจี บุญดี เกิดวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ได้รับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540