

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- งามชื่น คงเสรี. 2533. คุณภาพเมล็ดตางเคมี. ใน เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลักสูตรการปรับปรุงพันธุ์ข้าว. ปทุมธานี : ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ระหว่างวันที่ 12-23
พฤศจิกายน 2533
- งามชื่น คงเสรี และ กาญจนา เนตรสำราญ. 2518. การศึกษาคุณภาพการงอกตัมและการรับประทาน
และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวสายพันธุ์ดีเด่น บางสายพันธุ์. ใน
รายงานผลการทดลองและวิจัย. กรมวิชาการเกษตร . ทะเบียนเลขที่ กกช-IX-1 (6-6).
- ชวาลวุฒติ ไชยวุฒติ. 2537. รูปแบบใหม่ของการทำนาครบวงจร. ใน รายงานการประชุมวิชาการข้าว
และผลิตภัณฑ์ข้าวแห่งชาติครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ณ โรงแรมรามาร์คาร์เด็น ระหว่างวัน
ที่ 29 พ.ค.-3 มิ.ย. 2537.
- ชาญ มงคล. 2536. ข้าว. ตำราเอกสารวิชาการ ฉบับที่ 63. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพัฒนาตำรา
และเอกสารหน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. กรุงเทพมหานคร : คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์.
- นิอร โฉมศรี และ สมชาย จอมดวง. 2541. การพัฒนากระบวนการผลิตอาหารขบเคี้ยวจากข้าว
เหนียว. เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ระหว่างวันที่ 12-14 กุมภาพันธ์ 2541.
- บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2538. ทิศทางการวิจัยและพัฒนาข้าวในส่วนของกรมวิชาการเกษตร. ใน เอกสาร
ประกอบการบรรยายในการสัมมนาวิชาการ ชุดโครงการข้าวของสำนักงานกองทุนสนับสนุน
การวิจัย. เชียงใหม่ : ณ โรงแรมเชียงใหม่สปอร์ตคลับ.วันที่ 11 กันยายน 2538.
- ประพาส วีระแพทย์ และ งามชื่น คงเสรี. 2529. พันธุ์ข้าวของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์.
40(3) : 115-123
- มาชะสิริ เชาวกุล. 2538. เอกสารการสอนชุดวิชา อาหารและโภชนาการ หน่วยที่ 1-7. นนทบุรี :
สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต และ ประชา บุญญสิริกุล. 2538. การศึกษาคุณสมบัติที่เหมาะสมของข้าวเจ้าและข้าวเหนียวในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์แบบสกรูคู่. ในรายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง.

ศิริพรรณ หวังอารีย์ และ นพรัตน์ แซ่อึ้ง. 2529. โครงการการเรียนการสอนเสริมประสบการณ์การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแป้งที่ผลิตในประเทศไทย. ฝ่ายวิชาการ. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2539. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2537/38. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ .

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2542. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2540/41. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เสนอ ร่วมจิต. 2522. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวเจ้าพันธุ์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อลักษณะของเส้นก๋วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

AOAC. 1995. Associate of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis. 15 th ed. Washington D.C. : Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Cagampang, G.B., Perez, C.M. and Juliano, B.O. 1973. A Gel Consistency Test for Eating Quality of Rice. J. Sci Food Agric. 24 : 1589-1594.

Chang, S. M., and Liu, L.C. 1991. Retrogradation of Rice Starch Studied by Differential Scanning Calorimetry and Influence of Sugar, NaCl and Lipids. J. of Food Sci. 56 (2):564-566.

Chavan, J.K., and Duggal, S.K. 1978. Studies on the Essential Amino Acid Composition, Protein Fraction and Biological Value of Some New Varieties of Rice . J.Sci. Food Agric. 29:325.

- Collison, R. 1968. Starch Retrogradation . Starch and Its Derivatives . London : Chapman and Hall , pp 194-202.
- Eliasson, A. 1996. Carbohydrates in Food . London : Marcel Dekker.
- Eskew, R.K.; Cording, J., and Sullivan, J.F.1963. Explosive Puffing . Food Engineering. 35(4):91.
- Fugino, Y.O. 1978. Rice Lipid . Cereal chem. 55:559.
- Garman., P.M.and Sherrington.K.B.1990. The Science of Food. England : Pergamon Press, pp 55.
- Glickman, M. 1969. Chapter 9. Starch Gum Technology in the Food Industry . Academic Press, pp 274-333.
- Halick,JV., and Kelly, V.J. 1959. Gelatinization and Pasting Characteristics of Rice Varieties as Related to Cooking Behavior. Cereal Chem. 36: 91-98.
- Hamaker,B.R. The Influence of Rice Protein on Rice Quality. In Mayshall, W.E. and Wadsworth,I. .Rice Science and Technology. New York : Macel Dekker. pp.177-181.
- Hearling, D.C., and Druy. E.J. 1969. Alpha-Tocopherol Content of Grains and Processed Cereal, J.Agr.Food Chem. 17:185.
- Horiuchi, H. 1980. Specific Volume and Free Space Relation to Mechanical Properties of Waxy Rice Cake. Agric. Biol chem. 44: 1231-1235.
- Hoseney, R.C. 1996. Occurrence General Uses Starch Granules Isolation General AACC Short Course an Starch: Structure, Properties and Food Uses.27-29 August, bangkok. pp62.
- Houston, D.F. 1972. Rice Chemistry and Technology, American Association of Cereal Chemistry. St,Paul, Minnesota. pp. 226-268,
- International Rice Research Institute (IRRI) .1974. Annual Report .International Rice Research Institute Manila, Phillipines.pp102.

- 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. 65:85-93.
- Juliano,B.O. 1984. Rice Starch:Production,Properties and Uses. In. Starch:Chemistry and Technology. Whistler. R.L., Benilles. J.N., and Marchall. E.F. Orlando : Academic Press.
- Juliano,B.O. 1985. Criteria and Tests for Rice Grain Qualities.In B.O. Juliano .Rice : Chemistry and Technology. St.Paul, MN:Association of Cereal Chemists. pp. 443-524.
- Kerr,R.W.1950. Chemistry and Industry of Starch. New York : Academic Press. pp 691.
- Kim, J.O.; Kim, W.S., and Shin, M.A. 1997. A Comparative Study on Retrogradation of Rice Starch Gel by DSC, X-ray and α -amylase Method. Starch/Starke. 49(2):71-75.
- Kongseree, N., and Juliano, B.B. 1972. Physico-chemical Properties of Rice Grain and Starch from Lines Differing in Amylose Content and Gelatinization Temperature. J.Agric.Food Chem
- Leach,H.W.1965. Gelatinization of Starch,In Whistlers, R.L. and Paschal, E.F., Starch:Chemistry and Technology. New York : Academic Press. pp.159-173.
- Lee, C.Y.; Kim, Y.W.; Heu, M.H., and Baik, J.K.1976. A Colorimeter Method for the Determination of Amylose Contents in Waxy Rice. Seoul National University. College of Agriculture Bulletin 1(1) : 95-101.
- Li, C.F. and Luh, B.S. 1980. Rice Snack Food. In Rice : Production and Utilization. Luh, B.S. AVI publishing co. Westport,Connecticut.
- Little, R.R., Hilder, G.B. and Dawson, E.H. 1958. Differential Effect of Dilute Alkali on 25 Varieties of Milled White Rice. Cereal Chem. 35:111-126.
- Matz, S.A. 1984. Snack Food Technology. 2nd ed. AVI publishing co. Westport, Connecticut.
- Matz, S.A. 1991. The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed .New York : Van Nostrand Reinhold, pp 751.

- Miller, B.S.; Derby, R.I.; and Trimbo, H.B. 1973. A Pictorial Explanation for the Increase in Viscosity of a Heated Wheat Starch Water Suspension . Cereal Chem. 50(3) : 271-280.
- Mohamed,S.;Abdullah,N.,and Muthu, M. 1989. Physical Properties of Keropok (Fried Crisps) in Relation to the Amylopectin Content of the Starch Flour. J. Sci Food Agric. 49: 369-377.
- Noomhorm, A.; Kongseree, N., and Apintanapong, M. 1997. Effect of Aging on the Quality of Glutinous Rice Crackers, Cereal Chem. 74(1):12-15
- Osman,E.M.1967.Starch in the Food Industry, In Whistlers, R.L. and Paschall, E.F., Starch:Chemistry and Technology. Vol.II. New York : Academic Press. pp163-210.
- Oates, C.G. 1997. Toward as Understanding of Sarch Granule Structure and Hydrolysis. Trend in Food Science and Technology. 8:375-382.
- Paredes-Lopez, O.; Bello-Perez, L.A.; and Lopez, M.G. 1994. Amylopectin : Structure Gelatinization and Retrogradation Studies . J. Food Chem. 50 : 411-417
- Perez,C.M. 1979. Gel Consistency and Viscosity of Rice. In Proceeding Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Los Banos : Int. Rice Res.Inst. pp. 293-302.
- Perez,C.M.; Pascaul, C.G., and Juliano,B.O. 1979. Eating Quality Indicators for Waxy Rices. Food Chem. 45 : 179-184.
- Readley, J.A.,1976. Chapter 12 The Minor Starches of Commerce:The Manufacture of Rice, Arrowroot and Sago Starch, Starch Production Technology. London : Aplied Science Publishers Ltd, London. pp 229-237.
- Ryum, S.; Macgana, K.; Yamaguchi, T., and Hiroshi, N., 1978. Types of Amylose and Their Distribution in Rice Grain, Kobe Daigaki, Negakubu KenKyu Hokoku 13,135.
- Atstr.89, 60133 D.K. Slumkle, Chavan, J.K.,and Kadam, S.S., 1985 . Postharvest Biotechnology of Cereal. Florida : CRC Press, Inc.
- Sanders,J.P.M. 1996. Starch Manufacturing in the World. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Jan. 22-26&Feb. 19-23, 1996. AIT Center, Bangkok.

- Schoch, T.J. 1967. Properties and Uses of Rice Starch. Starch Chemistry and Technology Whistler, R. and Paschall, E.F. volume2, Industrial Aspects, New York : Academic Press, pp 83-85.
- Somchai Jomduang. 1994. Modification and Improvement of " KHAO KRIAP WAUE ". Doctoral Disseration, Faculty of Food Science and Biotechnology, University Pertanian, Malaysia.
- Swinkel, J.J.M. 1985. Sources of Starch Its Chemistry and Physics pp 15-45. In Beynum, M.A.,and Roeis, J.A. (eds) . Starch Conversion Technology. New York : Marcel Dekker, Inc., pp 15-45.
- Tester,R.F., and Morisson,W.R. 1990. Swelling and Gelatinization of Cereal Starch II. Effect of Amylopectin , Amylose and Lipids. Cereal Chem. 67:558-563.
- Tressler, D.K.; Van Arsdel, W.B.; and Cophey, M.J. 1968. The Freezing Preservative of Foods, Vol.4 The AVI Publishing. Westport. Conn, pp44-45.
- Watanabe, T.; Joh, T.,and Hayakawa, T. 1999. Characteristics of the Manufacturing Process of Rice Crackers by Differential Scanning Calorimetry, Nippon Shokuin Kagaku Kaishi . 46(2):51-58.
- Whistley, R., and Danial, J.R. 1990. Functional of Polysaccharides in Foods. In Braness,.A.L., Davidson., and Salinen, S. Food Additives. New York : Marcel Dekker, pp 395-426 .
- Whistler,R.L., and Johnson.C.1948. Effect of Acid Hydrolysis on the Retrogradation of Amylose. Cereal Chem. 25:418-424.
- Yamamoto, A. 1995. Physicochemical Properties of Rice Steeping in Hot or Warm Water. J of Food Science. 60(6) : 1307-1312.
- Zobel, H.F. 1984. Gelatinization of Starch and Mechanical Properties of Starch Pastes ,pp 285-309. In Whistler, R.L., Bimiller, J.N., and Paschall, E.F. Starch:Chemistry and Technology. London : Academic Press, pp 285-309.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของข้าว (สมบัติเคมีกายภาพและความร้อน)

ก.1 การวิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1. ปริมาณความชื้น

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 32.1.03, (1995)

เครื่องมือ

1. ตู้อบไฟฟ้า (WTB binder)
2. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
3. ถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแบ่งข้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งละเอียดประมาณ 2 กรัม ใส่ในภาชนะอะลูมิเนียมที่แห้งสนิท (โดยนำภาชนะอะลูมิเนียมพร้อมฝาไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝาไว้)
2. นำตัวอย่างแบ่งที่ชั่งน้ำหนักแล้วไปอบในตู้อบไฟฟ้า โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยเปิดฝาอะลูมิเนียมไว้
3. นำออกจากตู้อบใส่ใน desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแบ่งที่เย็นแล้วพร้อมภาชนะอะลูมิเนียมและฝา
5. นำไปอบต่อ อีก 15-30 นาที จนน้ำหนักคงที่
6. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแบ่งพร้อมภาชนะอะลูมิเนียมและฝา แล้ว หักลบ น้ำหนักภาชนะอะลูมิเนียมเปล่าพร้อมฝา จะได้มีน้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ
7. คำนวณปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างแบ่งก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแบ่งหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC Method 46-12 , (1995)

เครื่องมือ

1. เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi B-426)
2. เครื่องกลั่นหาโปรตีน (Buchi B-316)
3. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95-97% (AR grade)
2. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (AR grade) ความเข้มข้น 0.1 N ที่ Standardize ด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade) ความเข้มข้นร้อยละ 32 w/v
4. สารละลายกรดบอริก (AR grade) ความเข้มข้นร้อยละ 2 w/v โดย ผสมอินดิเคเตอร์ในข้อ 6 ร้อยละ 0.2 ของปริมาณ สารละลายกรดบอริก
5. สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs cu 3.5)
6. โมดิฟายด์เมธิลเรด - เมธิลีนบลู อินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 0.75 กรัม และ เมธิลีนบลู 0.5 กรัม ในเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 มิลลิลิตร)

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแบ่งข้าว 1.0 กรัม ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) ใส่ลงในหลอดย่อย (ระวังอย่าให้แบ่งเกาะอยู่ข้างหลอด) ใส่สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs cu 3.5) 1 เม็ด antibumping beads ลงไป 2-3 เม็ด ตามด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร
2. นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อย Buchi B-426 ที่ต่ออยู่กับเครื่อง scrubber Buchi B-412 (เป็นเครื่องที่เปลี่ยนไอกรดจากเครื่องย่อย ให้เป็นไอที่มี pH เป็นกลาง ตั้ง heater ไว้ที่เบอร์ 9 ซึ่งมีอุณหภูมิในการย่อยคือ 380 องศาเซลเซียส ย่อยต่ออีก 30 นาทีรวมเวลาทั้งหมด 1 ชั่วโมง 30 นาที เอาออกจากเตา แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

3. เจือจางด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยที่เย็นแล้ว แล้วนำหลอดย่อยนั้นไปยัดติดกับชุดเครื่องกลั่น Buchi B-316 หยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ลงไป จนกระทั่งสารละลายในหลอดย่อยมีสีดำ ซึ่งจะใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ประมาณ 80 มิลลิลิตร
4. รองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 70 มิลลิลิตร
5. ทำการกลั่นตัวอย่างเป็นเวลา 6 นาที หรือจนกระทั่งได้สารละลายในขวดรองรับประมาณ 250 มิลลิลิตร
6. นำสารละลายในขวดรองรับมาไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1 N จนกระทั่งถึงจุดยุติ สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มอ่อน
7. ทำ blank โดยทำทุกอย่างเหมือนกันตามวิธีข้อ 1-6 ยกเว้นไม่ใช้ตัวอย่างแบ่ง
8. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(S - B) \times N \times 1.4007}{g}$$

g

S = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ไตเตรทของตัวอย่างแบ่ง

B = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ไตเตรทของ blank

N = ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดซัลฟูริก

g = น้ำหนักตัวอย่างแบ่งเป็นกรัม

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} = \text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)} \times 5.95$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} \times 100}{(100 - \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแบ่ง})}$$

(100 - เปอร์เซ็นต์ความชื้นของแบ่ง)

หมายเหตุ ระหว่างที่กลั่นตัวอย่างแต่ละตัวอย่างให้ล้างเครื่องกลั่นด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 2 นาที

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

เครื่องมือ

Soxtherm Automatic รุ่น S-226

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างแห้งโดยชั่งผลิตภัณฑ์น้ำหนักประมาณ 2 กรัม บรรจุลงใน thimble ซึ่งภายในมีกระดาษกรอง Whatman NO.1 จากนั้นนำทั้งหมดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
2. ใส่ thimble ซึ่งมีตัวอย่างของผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่ในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เติมน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด
4. สกัดไขมันเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมงโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ใช้ silicone oil ซึ่งเป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัด
5. ระเหยน้ำมันปิโตรเลียม ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือน้ำหนักคงที่
6. ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

$$\text{การคำนวณไขมัน(ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณไขมันที่สกัดได้(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ AOAC (1995)

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์แล้ว 2 กรัมใส่ปิกรขนาด 600 มิลลิลิตร

2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาณ 200 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ต้มให้เดือดภายใน 1 นาที
3. ต้มย่อยตัวอย่างเป็นเวลา 30 นาทีโดยให้สารละลายเดือดตลอดเวลา
4. กรองผ่านกระดาษ Whatman No. 41
5. ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
6. นำมาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรที่ต้มเดือด
7. กรองผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนและล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ต่าง
8. อบที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator
10. ชั่งน้ำหนัก
11. นำตัวอย่างพร้อมกระดาษกรองใส่ใน crucible แล้วเผาที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator
13. ชั่งน้ำหนักหลังจากทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของ crude fiber แล้วคำนวณหาปริมาณเส้นใย

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณเก่า

ตามวิธีของ AOAC (1995)

เครื่องมือ

Muffle Furnace Carbolite รุ่น Mel 11-2

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างทราบน้ำหนักแน่นอน 2 กรัม ใส่ในครุชีเบลที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำตัวอย่างไปเผาจนหมดควัน
3. นำไปเผาต่อใน muffle furnace ที่ 600 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว
4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator

5. ชั่งน้ำหนักหาปริมาณเก่า

$$\text{ปริมาณเก่า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักหลังเผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

6. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เก้า และเยื่อใย รวมกันในรูปร้อยละ แล้วหักออกจาก 100 จะได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นร้อยละ

7. การวิเคราะห์ปริมาณ อะไมโลส

ดัดแปลงจากวิธีของ Lee และคณะ (1976)

เครื่องมือ

1. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) (Varifuge K)
2. spectrophotometer

สารเคมี

- การเตรียมมาตรฐาน
 1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2
 2. ฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์
 3. เมทานอล
 4. อีเธอร์
- การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส
 1. สารละลายกรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 40 (เตรียมจากสารละลายกรดเปอร์คลอริกเข้มข้นร้อยละ 65 ปริมาตร 61.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาณ 100 มิลลิลิตร)
 2. สารละลาย $I_2 - KI$ (เตรียมโดยชั่งไอโอดีน (I_2) 12.69 มิลลิกรัม และโปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) 101.52 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
- การสร้างกราฟมาตรฐานสารละลายอะไมโลส
 1. อะไมโลส จากมันฝรั่ง type III
 2. สารเคมีเช่นเดียวกันกับ การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

วิธีการทดลอง

- การเตรียมสตาร์ช

1. ชั่งแป้งข้าว 60 กรัมเติมสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร กวนส่วนผสมทั้ง 2 นี้ ด้วย magnetic stirrer 1 ชั่วโมงแล้วนำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จะได้ชั้นของการตกตะกอนของแป้งแบ่งเป็น 3 ชั้นโดย
 - ชั้นบนสุดและชั้นล่างสุด - ตะกอนสีเหลือง
 - ชั้นกลาง - ตะกอนสีขาว
2. นำตะกอนสีขาวชั้นกลางมาทำให้บริสุทธิ์มากขึ้นโดยเติมสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วกวนด้วย magnetic stirrer 30 นาที นำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จะได้ชั้นของตะกอนแป้งเหมือนดังข้อ 1
3. นำตะกอนสีขาวชั้นกลางมาล้างสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ออกด้วยน้ำกลั่นปริมาณ 200 มิลลิลิตร บั่นแยกตะกอนแป้งด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที ทำซ้ำจนกระทั่งสารละลายที่ได้จากการบั่นแยกเมื่อทดสอบด้วย ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ ไม่มีสี
4. สตาร์ชที่ได้นำมาล้างด้วยเมธานอลและอีเธอร์อย่างละ 1 ครั้ง ตามลำดับบั่นแยกตะกอนด้วยเครื่องบั่นแยก (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3500 rpm อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
5. สตาร์ช ที่ได้ นำมาอบทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

- การวิเคราะห์ปริมาณ อะไมโลส

1. ชั่งสตาร์ชที่เตรียมไว้ 5 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายไฮเปอร์คลอริก ความเข้มข้น 40% 1 มิลลิลิตร นำส่วนผสมนี้ตั้งทิ้งไว้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 18 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. เติมสารละลาย $I_2 - KI$ ลงไปในส่วนผสมข้อ 1. ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ทำส่วนผสมนี้ให้เข้ากันโดยเขย่าบน vortex mixer แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง จะได้สารละลายสีน้ำเงินฟ้า

3. นำส่วนผสมในข้อ 2 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรใช้สารละลายอะไมโลสความเข้มข้นร้อยละ 40 เป็น blank แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณอะไมโลส

$$\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} = \frac{A_{600} \times C}{5 \times m}$$

A_{600} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

C = ความเข้มข้นของสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน (มิลลิกรัม / 100 มิลลิกรัม)

m = ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานสารละลายอะไมโลสมาตรฐาน

$$\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)} = \frac{\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} \times 100}{(100 \times \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นของสตาร์ช})}$$

8. การวิเคราะห์หาค่า alkali Digestibility

ใช้วิธีของ Little และ คณะ (1958)

อุปกรณ์

จานอาหารเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

สารเคมี

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1.3 w/v (เตรียมจากโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แบบเกรดบริสุทธิ์ 85% โดยสารละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดแล้วทิ้งให้เย็นแล้วปิดฝาระวังมิให้อากาศเข้า เมื่อเตรียมเสร็จแล้วทิ้งสารละลายนี้ไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนนำมาใช้)

วิธีการทดลอง

1. วางจานเลี้ยงเชื้อบนพื้นสีดำ เพื่อช่วยให้สังเกตผลได้ง่ายและชัดเจน
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.3 w/v จานละประมาณ 27 มิลลิตร
3. สุ่มเมล็ดข้าว 10 เมล็ด แล้วเรียงไว้ในจาน (สังเกตให้ข้าวจมอยู่ในสารละลาย)

4. ตั้งทิ้งไว้ 23 ชม. ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 23 ชั่วโมง (ระงับการยับยั้งเชื้อของเมล็ดข้าว)
5. ประเมินค่าของ alkali Digestibility ของเมล็ดข้าว โดยให้คะแนน 7 ระดับคะแนนดังเกณฑ์ต่อไปนี้

คะแนน	ลักษณะการละลายของเมล็ดข้าว (ดูจากการกระจายตัว (spreading) ของแป้ง)
1	เมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง
2	เมล็ดพองตัว
3	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด แต่ในวงแคบและไม่รอบเมล็ด
4	เมล็ดพองตัว มีแป้งกระจายออกจากเมล็ด โดยรอบและวงกว้าง
5	เมล็ดแตกปริทางขวางหรือทางยาว แป้งกระจายออกโดยรอบและวงกว้าง
6	เมล็ดสลายรวมกับแป้งที่กระจายออกมา รอบเมล็ดใส ตรงกลางยังขุ่น
7	เมล็ดสลายจนหมดและใส

9. Gel consistency

ใช้วิธีของ Cagampang และคณะ (1973)

วัสดุและเครื่องมือ

1. หลอดทดลองขนาด 13 x 100 มม. (pyrex No.9820)
2. ลูกแก้วใช้ปิดปากหลอดทดลอง
3. Vortex mixer (Thermolyne Maei Mix II 37600)

สารเคมี

1. สารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.2 N
เตรียมโดย ชั่งโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความบริสุทธิ์ร้อยละ 85 13.2 กรัม
ละลายน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวมทั้งหมด 1000 มิลลิลิตรโดยใช้ขวดวัด
ปริมาตร
2. เตรียมไทมอลบูลอินดิเคเตอร์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.025 เตรียมโดยชั่ง
ไทมอลบูล 0.025 กรัม ละลายในเอทานอล ร้อยละ 95 ปริมาตร 100
มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีแดง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้งข้าวเหนียว 100 ± 1 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 13×100
มิลลิลิตร
2. เติมไทมอลบูลอินดิเคเตอร์ความเข้มข้นร้อยละ 0.025 ปริมาณ 0.2
มิลลิลิตร เพื่อป้องกัน clumping ของแป้งแล้วเขย่าให้แป้งกระจายตัว
3. เติมสารละลายโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.2 N ปริมาณ 2.00
มิลลิลิตรทันที
4. เขย่าของเหลวในหลอดนาน 2 – 3 วินาที ด้วย Vortex mixer เพื่อให้แป้ง
กระจายและลอยตัว
5. ตั้หลอดทดลองในน้ำเดือดผ่านทันที ปิดฝาหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว
ตั้มนาน 8 นาทีให้น้ำแป้งในหลอดขึ้นสูงเพียง $2/3$ ของหลอด
6. เมื่อครบ 8 นาที นำขึ้นจากน้ำเดือดได้แป้งสุกเป็นสีน้ำเงิน แล้ววางหลอด
ทดลองทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที
7. ทำให้แป้งคงตัวโดยแช่หลอดทดลองในน้ำผสมน้ำแข็งนาน 20 นาที
8. วางหลอดแป้งในแนวอนบนกระดาษกราฟเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ข้อควรระวัง

1. น้ำจะต้องเดือดผ่าน หากเดือดไม่รุนแรงจะเกิดการนอนกันของแป้ง
2. เมื่อนำหลอดทดลองที่มีน้ำแป้งอยู่ลงตั้มน ต้องแน่ใจว่าแป้งไม่นอนกันหลอด
3. ระดับน้ำของภาชนะที่ตั้มน้ำให้เดือดต้องพอเหมาะ มิฉะนั้นแป้งจะเดือด
ล้นหลอดทดลอง

ก.2 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1 ศึกษาลักษณะโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ด้วย SEM (Scanning electron microscope) เครื่องมือ

เครื่อง SEM (Scanning Electron Microscope) รุ่น JSM 6400

วิธีการทดลอง

ใช้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการกำจัดความชื้นด้วยการแทนที่ด้วยแอลกอฮอล์ฟีนิกลงบน Stub ที่เป็นทองเหลือง ติดด้วยเทป 2 หน้า หลังจากนั้นนำไปฉาบทอง ด้วยเครื่องฉาบทอง Ion Sputter รุ่น SCD 040 ยี่ห้อ Balzers ฉาบนาน 3 นาที กระแสไฟ 15 mA แล้วนำมาส่องดูลักษณะปรากฏภายในของผลิตภัณฑ์ในเครื่อง SEM โดยใช้กำลังขยาย 100 1500 และ 2000 เท่า หากใช้ที่ 3000 เท่า เม็ดแป้งจะแตกออกเนื่องจากได้รับลำแสงอิเล็กตรอนสูงเกินไป

3.การวัดการเปลี่ยนแปลงความหนืดด้วยเครื่องบราเบนเดอริสโคอะมิโลกราฟ Brabender Viscoamylograph

ตามวิธีของ Halick และ Kelly (1959)

เครื่องมือ

1. เครื่องบราเบนเดอริสโคอะมิโลกราฟ (Nr 184507 Type 801240 ทำในประเทศเยอรมนี) พร้อมหัววัด 700 cm-g เซ็นเซอร์ 7 หัวเข็ม ความเร็วรอบของโถแป้งเปียก 75 rpm และอุปกรณ์ cooling
2. เครื่องชั่งละเอียด 1 ตำแหน่ง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแป้งข้าวเหนียว 50 กรัม (ปริมาณความชื้นร้อยละ 12) และตวงน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร
2. เทน้ำกลั่นประมาณ 300 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่ใช้ผสมแป้ง ค่อย ๆ เทแป้งลงไปแล้วคนจนแป้งไม่เกาะตัวกัน แล้วเทลงไปในโถแป้งเปียกของเครื่อง

3. เทน้ำกลั่นที่เหลืออีก 150 มิลลิลิตร ลงไปในบีกเกอร์ที่ผสมแป้ง ล้างแป้งที่เกาะติดอยู่ที่บีกเกอร์ออกให้หมด วางโถแป้งเปียกลงไปในเครื่องเปิดอุณหภูมิตกวนแป้ง
4. เริ่มอุณหภูมิของเครื่องที่ 30 องศาเซลเซียส คงไว้ที่ค่านี้ แล้วปรับกราฟให้ได้ baseline เป็น 0
5. เริ่มเปิดเครื่องให้ความร้อนแก่แป้งผสม ด้วยอัตราการให้ความร้อน 1.5 องศาเซลเซียส/นาที (ตั้งค่าเครื่องที่ 2) ให้ความร้อนไปจนถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส
6. คงไว้ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นี้นาน 20 นาที
7. หลังจากนั้นให้เครื่องลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส
8. การวิเคราะห์ผล พิจารณาจากอุณหภูมิ และ ค่าความหนืด จุดต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ (รูป ก.1)

จุด A = อุณหภูมิที่กราฟเริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด

จุด P = ความหนืดสูงสุด ในช่วงให้ความร้อนเป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

จุด B = ความหนืดเริ่มต้นของอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส.

จุด H = ความหนืดสุดท้ายของอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส.

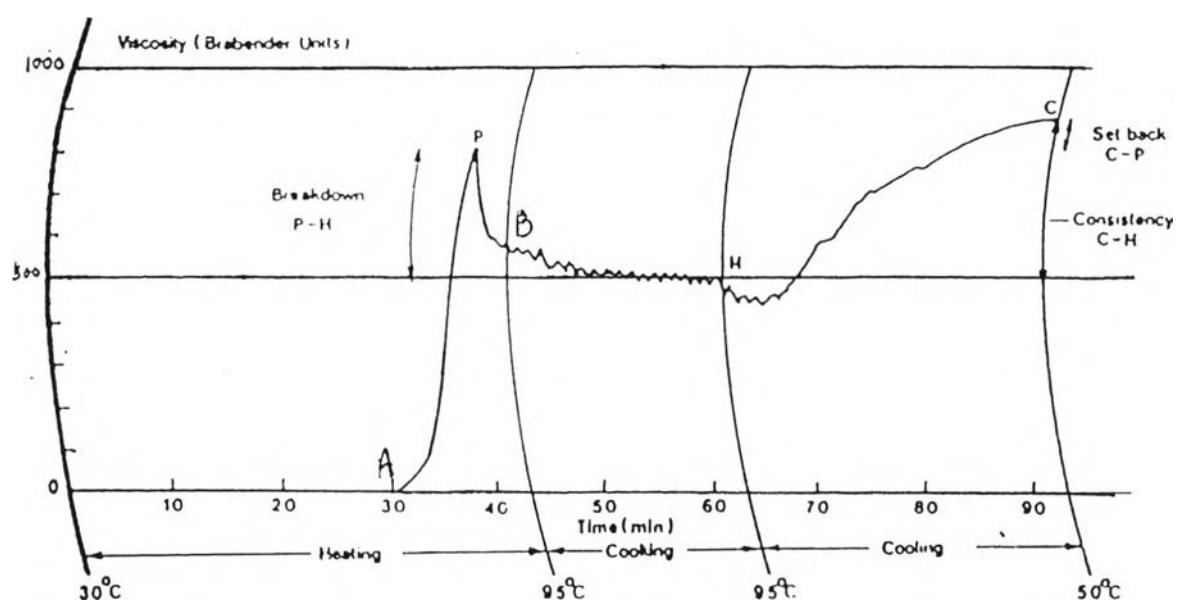
จุด C = ความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวลงจนถึงที่ 50 องศาเซลเซียส

ความหนืดจากจุดต่างๆ นำมาประมวลผลเป็นค่าต่าง ๆ ดังนี้

ค่า breakdown = ความหนืดสูงสุด - ความหนืดสุดท้ายของอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (P - H)

ค่า setback = ความหนืดสูงสุด - ความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวลงจนถึงที่ 50 องศาเซลเซียส (P - C)

ค่า consistency = ความหนืดของแป้งสุกเมื่อเย็นตัวลงจนถึงที่ 50 องศาเซลเซียส - ความหนืดสุดท้ายของอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (C - H)



รูป ก.1 แผนภูมิความหนืดของแป้งข้าว

ที่มา : Juliano (1985)



ก.3. วิธีวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน (Thermal analysis) ของแป้งข้าวเหนียวด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimeter (DSC)

ใช้วิธีของ Kim และ คณะ (1997)

เครื่องมือ

เครื่อง DSC 200 NETZSCH

วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้งที่ทราบค่าความชื้นประมาณ 2-3 มิลลิกรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่ลงใน pan หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น (โดยใช้ micro syring) ลงไปโดยคิดเป็นอัตราส่วนแป้งต่อน้ำเท่ากับ 30:70 เปอร์เซนต์ (w/w) บ่มไว้ค้างคืน สามารถคำนวณน้ำหนักแป้งแห้งและน้ำหนักร้ำกลั่นที่จะเติมได้จากสูตร

$$1.1 \text{ น้ำหนักแป้งแห้ง} = \frac{(100 - \text{เปอร์เซนต์ความชื้น}) \times \text{น้ำหนักน้ำแป้งที่ชั่ง}}{100} \text{ (หน่วยกรัม)}$$

$$1.2 \text{ ปริมาณน้ำที่ควรเติม} = [(\text{น้ำหนักแป้งแห้ง} \times 7)/3] - \text{น้ำหนักแป้งที่ชั่ง} + \text{น้ำหนักแป้งแห้ง} \text{ (หน่วยกรัม)}$$

- 1.3 ปริมาณแป้งแห้งที่มีอยู่จริงใน Sealed pan

$$= \frac{\text{น้ำหนักแป้งแห้ง(g)} \times \text{น้ำหนักแป้งแห้งที่ใส่ใน pan(g)} \times 1000}{(\text{น้ำหนักแป้งที่ชั่ง} + \text{น้ำหนักน้ำที่เติมจริง})}$$

2. นำ pan ใส่ในช่อง sample ของเครื่อง DSC 200 NETZSCH และวาง Reference pan โดยใช้ Profile อุณหภูมิ 20-120 องศาเซลเซียส ที่อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่ออนาที และใช้ Indium ในการ Calibration

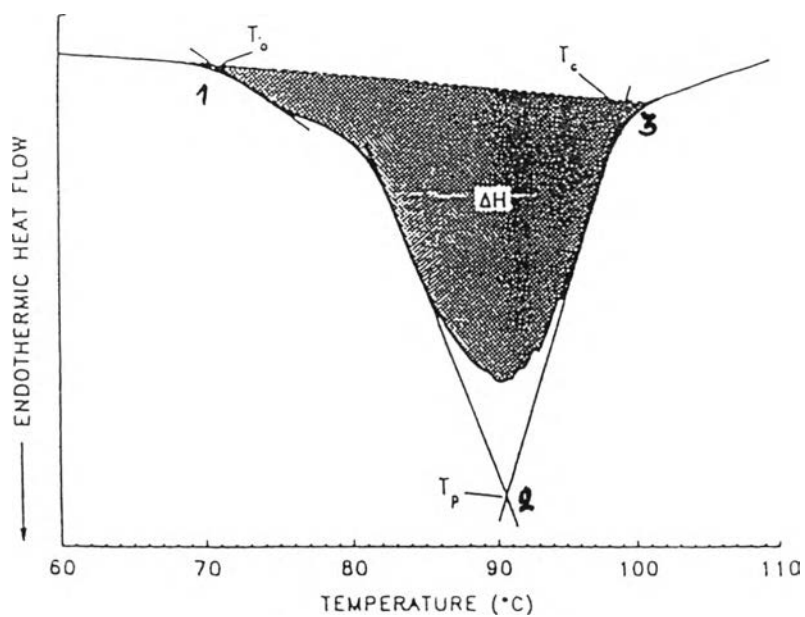
1. คำนวณค่าเทอร์โมไดนามิกส์ โดยใช้ระบบ Autocalculation และบันทึกค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลลิตีไนซ์ ดังรูป ก.2 ได้แก่

อุณหภูมิเริ่มต้นในการเกิดเจลลิตีไนซ์ (onset temperature, T_o หน่วย องศาเซลเซียส

อุณหภูมิสูงสุดในการเกิดเจลลิตีไนซ์ (peak temperature, T_p หน่วย องศาเซลเซียส

อุณหภูมิสุดท้ายในการเกิดเจลลิตีไนซ์ (conclusion temperature, T_c หน่วย องศาเซลเซียส

พลังงานที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเกิดเจลลิตีไนซ์ (enthalpy or ΔH , หน่วย cal/g)



รูป ก.2 กราฟแสดง ลักษณะของ Endothermic peak เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC

หมายเลข 1 คือ Onset temperature

หมายเลข 2 คือ Peak temperature

หมายเลข 3 คือ Conclusion temperature

ภาคผนวก ข.
วิธีวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

ข.1 การวิเคราะห์ค่าความแข็ง (Hardness) ของผลิตภัณฑ์

เครื่องมือ

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2) โดยใช้หัววัด Cylinder probe (P/2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

วิธีการทดลอง

1. สุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ชิ้น ประกอบหัววัด Cylinder probe และฐานที่มีรูกลมตรงกลาง เข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. Calibrate force และ Probe ก่อนการวัดทุกครั้ง โดยตั้งระยะ Probe ไว้ที่ 20 มิลลิเมตร
3. ตั้งค่า TA Setting ต่างๆ ดังนี้

Measure force in compression

Return to start

Pre : 3

Test : 3

Post : 10

Distant : 20

Trigger

Type : Auto

Force : 10

Stop plot at : final

Auto :

Unit

Foece : gram

Distance : millimeter

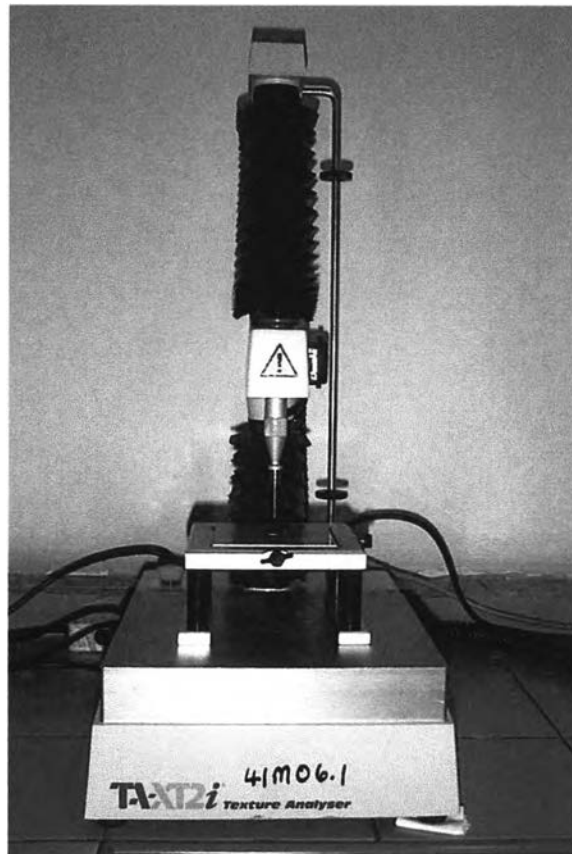
Update

Pre test

Post test

PPS : 200

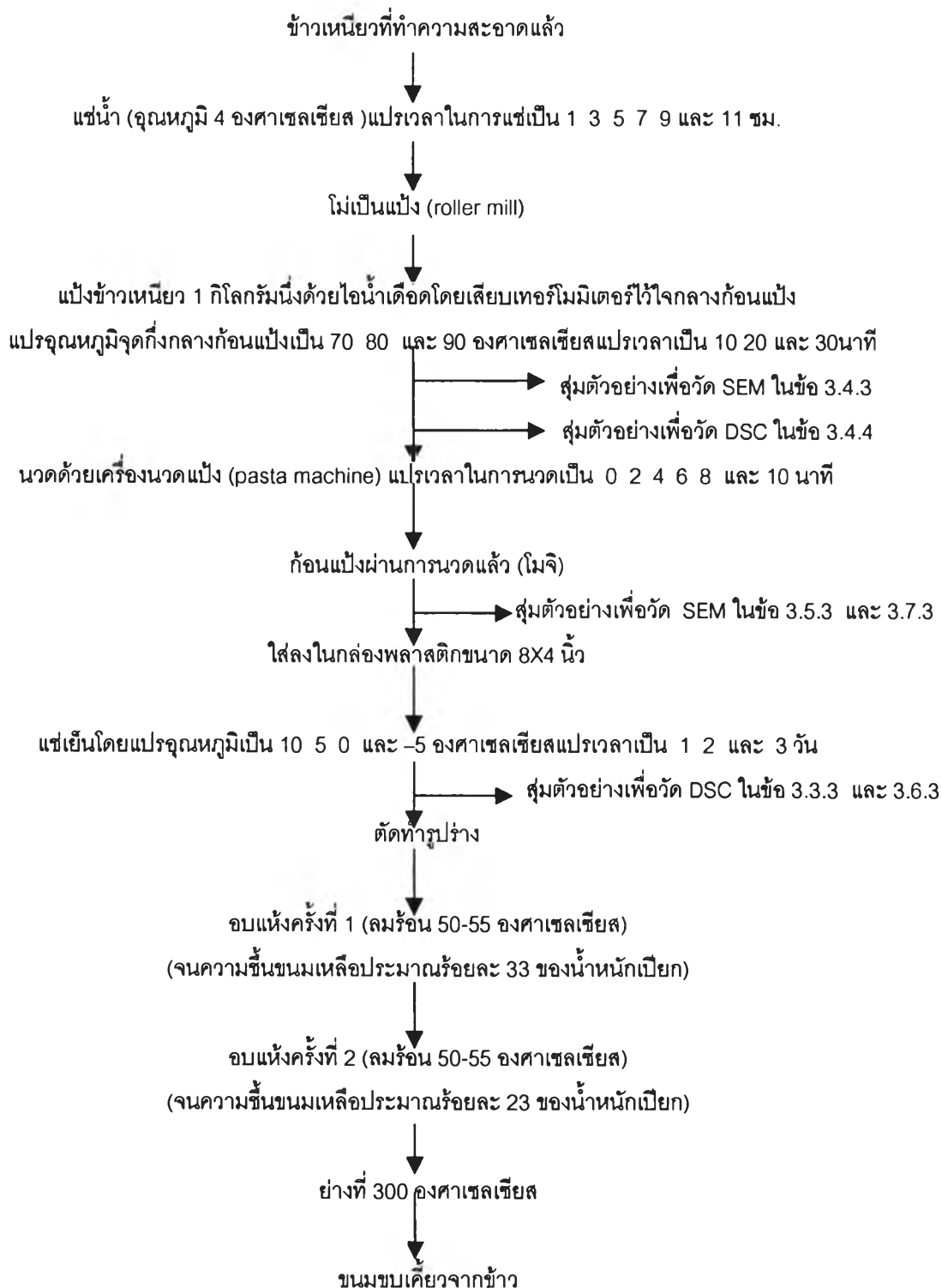
4. วางตัวอย่างผลิตภัณฑ์ ให้ส่วนกลางของผลิตภัณฑ์ อยู่ที่รูกลมตรงกลางของฐาน ครั้งละ 1 ชิ้น สั่งให้เครื่องทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ที่ต่ออยู่จะได้ลักษณะกราฟที่แสดงทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยค่าสูงสุดของ peak แรกคือค่าความแข็ง (hardness) มีหน่วยเป็นกรัม ทำเช่นนี้จนตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ครบ 20 ชิ้นใช้ค่าเฉลี่ยของค่าความแข็ง (hardness) ของขนมทั้ง 20 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ



รูป ข.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2) และหัววัด cylinder probe(P2)

ภาคผนวก ก

ค.1 การสุ่มตัวอย่างแป้งเพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกภายในเม็ดแป้ง DSC และเพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของตัวอย่างแป้งด้วย SEM



ค.2 การเตรียมตัวอย่างแบ่งเพื่อวัด DSC (Watanabe และคณะ 1999)

สารเคมี

- น้ำแข็งแห้ง
- แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 (ethanol)
- แอลกอฮอล์ร้อยละ 99 (ethanol)

วิธีการ

1. สุ่มตัวอย่างก้อนแบ่งที่ต้องการจากขั้นตอนการผลิต
2. ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วด้วยการแช่ลงในสารละลายผสมระหว่างน้ำแข็งแห้งและแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ทิ้งไว้ในสารละลาย 10 นาที
3. นำตัวอย่างแบ่งจากข้อ 2 แช่ลงในแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อกำจัดน้ำ
4. นำตัวอย่างแบ่งจากข้อ 3 แช่ลงในแอลกอฮอล์ร้อยละ 99 ทิ้งไว้ข้ามคืนเพื่อกำจัดน้ำส่วนเกินออกให้หมด
5. นำตัวอย่างแบ่งจากข้อ 4 อบแห้งด้วยลมในตู้อบที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเพื่อกำจัดแอลกอฮอล์ให้หมด
6. ตัวอย่างก้อนแบ่งที่ได้นำไปบดด้วยเครื่องบดข้าวจนละเอียด
7. แบ่งที่ได้ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh เก็บใน desiccator เพื่อนำไปวัด DSC
ต่อไป

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....อายุ.....

โปรดประเมินคุณภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวต่อ ไปด้วยที่ตัวอย่าง โดยพิจารณาสมบัติ
ด้านความกรอบ ความรู้สึกละลายในปาก ลักษณะความหยาบของขนม กลิ่นรส และความชอบรวม พร้อมทั้งให้
คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะ	ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าว				
ความกรอบ แข็งกระด้าง(1-4) กรอบ แข็งเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ(5-7) กรอบร่วนสม่ำเสมอ(8-10)					
ลักษณะการละลายในปาก (ขณะเคี้ยว) ไม่ละลายในปาก มีเศษขนมเหลือขนาดใหญ่อย่างชัดเจน(1-4) ละลายได้บ้างแต่มีเศษขนมขนาดเล็กเหลืออยู่(5-7) ละลายได้ง่ายในปาก ไม่มีเศษขนมเหลืออยู่เลย(8-10)					
ลักษณะความหยาบของขนม(ขณะเคี้ยว) เนื้อขนมมีขนาดใหญ่ไม่สม่ำเสมอ(1-4) เนื้อขนมมีบางส่วนไม่สม่ำเสมอแต่ยังเป็นที่ยอมรับ(5-7) เนื้อขนมมีความละเอียดสม่ำเสมอ(8-10)					
กลิ่น ไม่มีกลิ่นหอมของข้าว และมีกลิ่นผิดปกติเช่นกลิ่นไหม้(1-4) มีกลิ่นหอมอ่อนๆของข้าวอยู่บ้าง(5-7) มีกลิ่นหอมของข้าวอย่างชัดเจน(8-10)					
ความชอบรวม ไม่ชอบมากที่สุด, ไม่ชอบมาก, ไม่ชอบปานกลาง(1,2,3) ไม่ชอบเล็กน้อย, เฉยๆ, ชอบเล็กน้อย(4,5,6) ชอบปานกลาง, ชอบมาก, ชอบมากที่สุด(7,8,9)					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ภาคผนวก จ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาแช่ข้าวต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง
ระยะเวลาในการแช่ข้าว	5	0.0023*	158.371*	1888709.292*
Error	12	0.000044	12.432	11109.427

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์จากเวลาแช่ข้าวต่างกัน

SOV	d.f.	MS				
		ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์	กลิ่นหอมของข้าว	การยอมรับรวม
ระยะเวลาในการแช่ข้าว	5	3.160	0.843	2.540*	7.107	6.540*
Error	25	1.196	1.470	0.740	2.101	1.320

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของ
ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งนึ่งที่มีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางก่อนแบ่ง 70 80 และ 90 องศา
เซลเซียส ที่เวลา 10 20 และ 30 นาที

SOV	d.f.	MS		
		ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง
อุณหภูมิจุดกึ่งกลาง ก่อนแบ่ง (A)	2	0.0165*	2363.150*	1435486.202*
เวลา (B)	2	0.00062*	299.959*	48334.396
AB	4	0.00015*	143.471*	23936.832
Error	18	0.00003	16.006	33529.640

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการ
ละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งนึ่งที่มีอุณหภูมิจุด
กึ่งกลางก่อนแบ่ง 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 20 และ 30 นาที

SOV	d.f.	MS				
		ความกรอบ	ลักษณะการ ละลายในปาก	ลักษณะความหยาบ ของผลิตภัณฑ์	กลิ่นหอม ของข้าว	การยอมรับ โดยรวม
อุณหภูมิจุดกึ่ง กลางก่อนแบ่ง (A)	2	42.889*	20.241*	11.796*	8.130*	25.796*
เวลา (B)	2	1.556	2.296	3.019	4.741	1.241
AB	4	3.361	2.546	0.407	1.130	5.046*
Error	45	3.103	2.091	1.913	1.771	1.777

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรกรพองตัว และความแข็งของ
ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาในการนวดต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		ความหนาแน่น	ปริมาตรกรพองตัว	ความแข็ง
ระยะเวลาในการนวดแป้ง	5	0.0129*	2260.812*	90739.458*
Error	12	0.000049	25.774	14794.153

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการ
ละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับ
รวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาในการนวดต่างกัน

SOV	d.f.	MS				
		ความ กรอบ	ลักษณะการ ละลายในปาก	ลักษณะความหยาบ ของผลิตภัณฑ์	กลิ่นหอม ของข้าว	การยอมรับ รวม
ระยะเวลาในการนวด	5	24.193*	18.213*	24.113*	6.033*	23.473*
Error	25	0.717	0.867	0.483	1.717	1.320

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาณการพองตัว และความแข็งของ
ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งแซเย็นที่มีอุณหภูมิ 10 5 0 และ -5 องศาเซลเซียส
เป็นเวลา 1 2 และ 3 วัน

SOV	d.f.	MS		
		ความหนาแน่น	ปริมาณการพองตัว	ความแข็ง
อุณหภูมิแซเย็น (A)	3	0.01029*	1.703*	302143.562*
เวลา (B)	2	0.00053*	0.109*	124909.976*
AB	5	0.00037*	0.106*	72083.832*
Error	24	0.00005	0.00427	10394.439

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการ
ละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งแซเย็นที่อุณหภูมิ 10
5 0 และ -5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 2 และ 3 วัน

SOV	d.f.	MS				
		ความกรอบ	ลักษณะการ ละลายในปาก	ลักษณะความหยาบ ของผลิตภัณฑ์	กลิ่นหอม ของข้าว	การยอม รับรวม
อุณหภูมิแซเย็น (A)	3	29.322*	11.787*	8.923*	1.547	7.272
เวลา (B)	2	4.614*	3.050*	11.219*	1.137	1.399
AB	5	6.778*	5.977*	3.717*	1.821	2.899
Error	55	0.643	0.660	1.138	2.572	2.568

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็งของ
ผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งขนาดอนุภาคต่างกัน

SOV	d.f.	MS		
		ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง
ขนาดอนุภาคของแป้ง	3	0.0032*	12269.445*	69392.414
Error	12	0.000018	46.712	21776.174

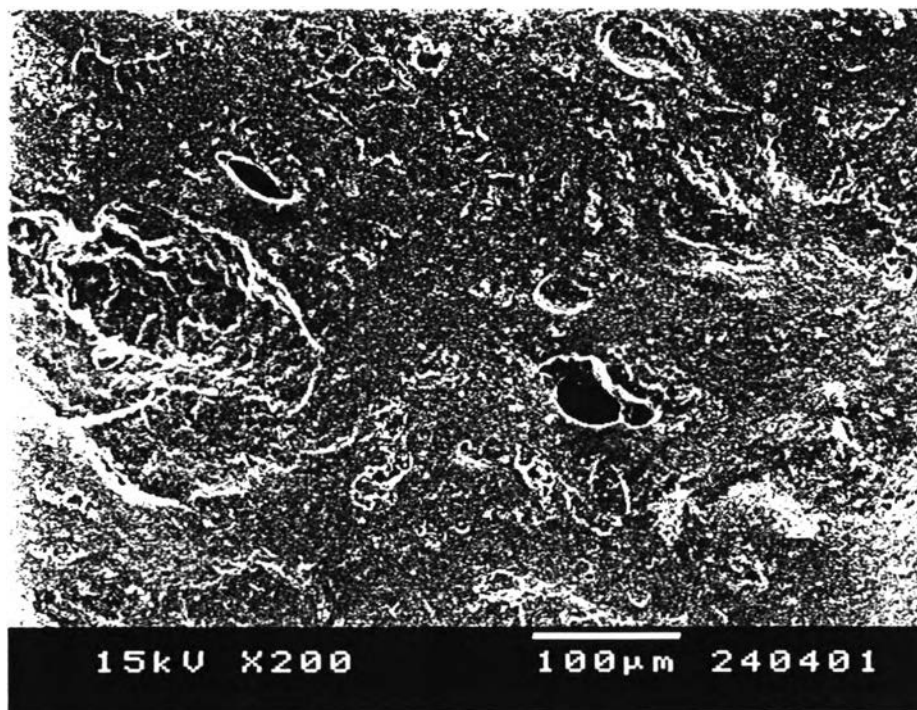
* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตาราง ๑.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการ
ละลายในปาก ลักษณะความหยาบของผลิตภัณฑ์ กลิ่นหอมของข้าว และการยอมรับ
รวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากแป้งขนาดอนุภาคต่างกัน

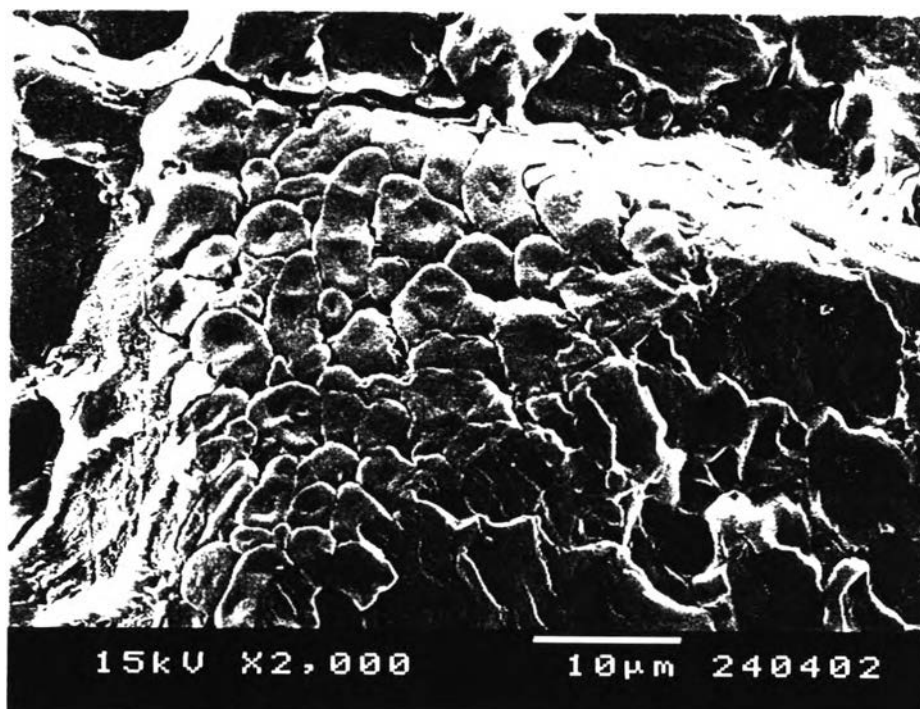
SOV	d.f.	MS				
		ความ กรอบ	ลักษณะการ ละลายในปาก	ลักษณะความหยาบ ของผลิตภัณฑ์	กลิ่นหอม ของข้าว	การยอมรับ รวม
ขนาดอนุภาคของแป้ง	3	5.746*	3.150	4.146*	2.617	3.646
Error	15	1.219	1.675	0.544	1.981	1.856

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

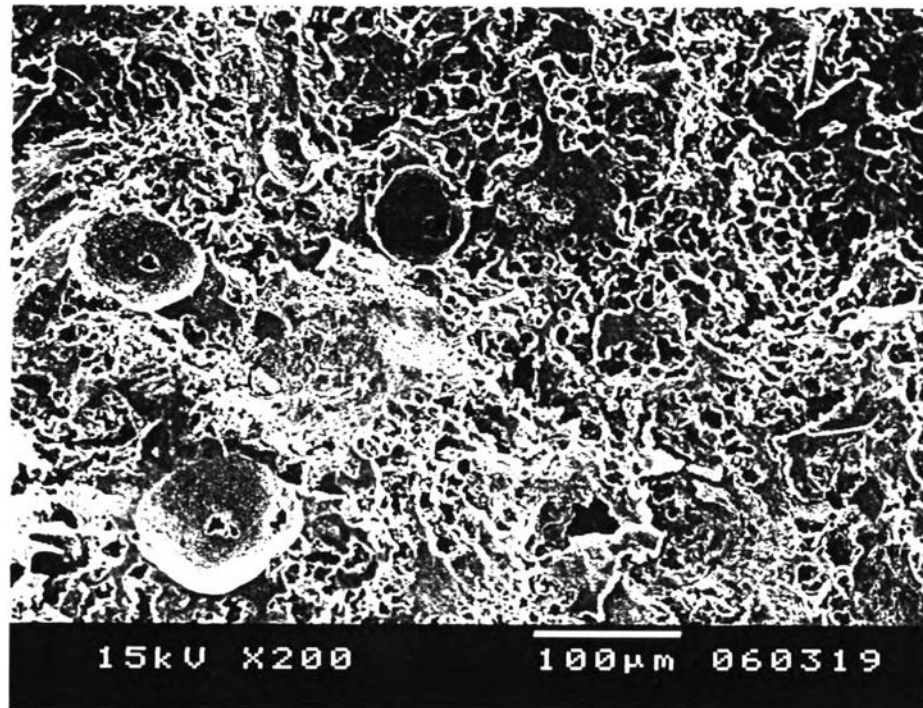
ภาคผนวก ฉ



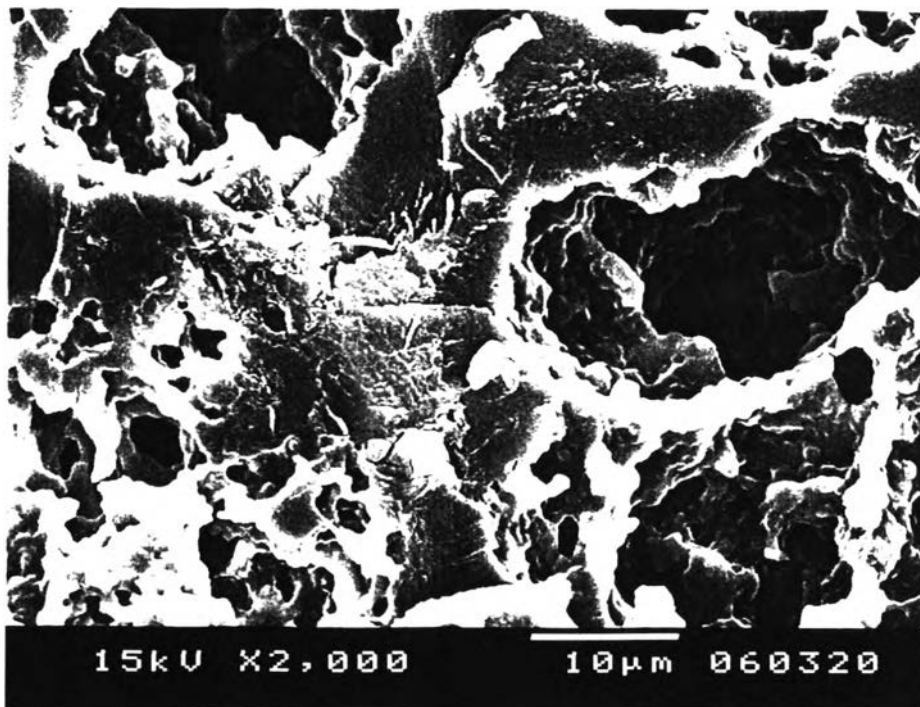
รูป ฉ.1 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการนวด (X200 เท่า)



รูป ฉ.2 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่ผ่านการนวด (X2000 เท่า)



รูป จ.3 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลังผ่านการนวด (X200 เท่า)



รูป จ.4 ลักษณะโครงสร้างภายในก้อนแป้งจากโรงงานอุตสาหกรรมหลังผ่านการนวด (X2000 เท่า)

ประวัติผู้เขียน

นายการันต์ วีระพัฒนานวงษ์ เกิดวันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2518 ที่อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีทางอาหาร) ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2539 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2540

