

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะ  
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- การ์นต์ วีระพัฒนานาวงศ์. ภาวะกระบวนการผลิตที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพของขนมขบเคี้ยว  
จากข้าว. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. ภาควิชา  
เทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2543.
- มาลี ชิมศรีสกุล. ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพการพองตัวของข้าวเปลือกและต่อคุณสมบัติแป้ง  
ข้าวพองที่ได้. วิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. ภาควิชา  
เทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2534.
- งามชื่น คงเสรี. 2533. คุณภาพเมล็ดทางเคมี. ในเอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรมหลัก  
สูตรการปรับปรุงพันธุ์ข้าว. ปทุมธานี : ณ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ระหว่างวันที่ 12-23  
พฤศจิกายน 2533
- ชวาลงกูตมิ ไชยอนุวัติ. 2537. รูปแบบใหม่ของการทำนาครบวงจร. ในรายงานการประชุมวิชาการ  
ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าวแห่งชาติครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : ณ โรงแรมรามามาการ์เด็น  
ระหว่างวันที่ 29 พ.ค.- 3 มิ.ย. 2537
- ชาญ มงคล. 2536. ข้าวตำราเอกสารวิชาการฉบับที่ 63. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาพัฒนาตำรา  
และเอกสารหน่วยศึกษานิเทศน์ กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ.
- ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. ธัญชาติและพืชหัว. กรุงเทพมหานคร : คณะเกษตร มหาวิทยาลัย  
เกษตรศาสตร์.
- บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2538. ทิศทางการวิจัยและพัฒนาข้าวในส่วนเชิงกรมวิชาการเกษตร. ในเอกสาร  
ประกอบการบรรยายในสัมมนาวิชาการ ชุดโครงการข้าวของสำนักงานกองทุนสนับสนุน  
การวิจัย. เชียงใหม่ : ณ โรงแรมเชียงใหม่สปอร์ตคลับ. วันที่ 11 กันยายน 2538.
- ศูนย์สถิติการเกษตร. 2542. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2541/42.  
กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศูนย์สถิติการเกษตร. 2545. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544/45.  
กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

## ภาษาอังกฤษ

- AOAC 1995. Associate of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analytical Chemists, inc.
- 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. 29-35.
- Chang, T.T. 1976. The Origin, Evolution, Cultivation, Dissemination, and Diversification of Asian and African Rices. Euphytica 25:425.
- Chrastil, J. 1990. Protein-Starch Interactions in Rice Grains. Influence of Storage on Oryzerin and Starch. J. Agric. Food Chem. 38(9):1804-1809.
- 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.
- Fugino, Y.O. 1978. Rice Lipid. Cereal chem. 55:559.
- Gaillard, T., and P. Bowler. 1987. Morphology and composition of starch. In T.Gaillard. Starch Properties and Potential. John Wiley and Sons. New York.
- 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 on Starch: Structure. Properties and food Uses. 27-29 August, Bangkok. pp 62.
- Jomduang, S., and Mohamed, S. 1994. Effect of Amylase/Amylopectin Content, Milling Method, Particle Size, Sugar, Salt and Oil on the Puffed Product Characteristics of a Traditional Thai Rice-Based Food (Khao Kriap Waue). J. Sci. Food Agric. 65:85-93.
- Juiano, B.O. 1985. Criteria and Tests for Rice Grain Qualities. In B.O. Juiano, Rice : Chemistry and Technology. pp.443-524. St.Paul, MN:Association of Cereal Chemists.
- Kim, C.H., and Maga, J.A. 1990. Wild Rice in Extruded Products. Lebensm.-Wiss.u- Technol. 23 : 349-353.

- Kim, Y.W.; Lee, C.Y.; 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.
- Lineback, D.R. 1984. The starch granule Organization and Properties. Bakers digest. 58 (2) : 16-21.
- Marshall, W.E.,and Wadsworth, J.I. 1994. In Marshall, W.E.,and Wadsworth, J.I. Intrduction. Rice Science and Technology. pp.1-15. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Mohamed,S.;Abdullah,N.,and Muthu, M. 1989. Phycal Properties of Keropok (Fried Crisps) in Relation to Amylopectin Content of the Starch Flour. J. Sci Food Agric. 49: 369-377.
- Noomhorm, A.; Kongseeree, N., and Apintanapong, M. 1997. Effect of Aging on the Quality of Glutinous Rice Crackers, Cereal Chem. 74(1):12-15
- Ranjit, S.K.; Elaine, T.C.; George, M.Z.; Ziegler,J.R.,and Olga, A.R. 1997. Amylose and Protein Content of Rice Cultivars as Related to Texture of Rice-based Fries. J. of Food Sci. 64(4):701-703.
- Robert, J.N.; Eugene, J.R.; Lynne, M.A.,and Frank, T.O. 1994. In Marshall, W.E.,and Wadsworth, J.I. Rice Bran Oil and Its Heath Benefits. Rice Science and Technology. pp.421-438. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Somchai Jomduang. 1994. Modification and Improvement of "Khao Kriap Waue." Doctoral Disseration, Faculty of Food Science and Biotechnology, University Pertanain, Marlasia.
- Suhaila Mohamed and Somchai Jomduang. 1994. Effect of Amylose/Amylopectin Content, Milling Methods, Paticle Size, Sugar, Salt and Oil on the Puffed Product Characturistics of a Traditionnal Thai Rice-Based Snack Food (Khao Kriap Waue). J Sci Food Agric. 65:85-93.
- USDA. 2002. USDA.ORG. USA. : USDA.

- Watanabe, T.; Joh, T., and Hayakava, T. 1999. Characteristics of the Manufacturing Process of Rice Crackers by Differential Scanning Calorimetry, Nippon Shokuin Kagaku Kaishi. 46(2):51-58.
- Whistler, R., and Daniel, J.R. 1990. Funtional of Polysaccharides in Foods. In Braness,.A.L., Davidson., and Salinen, S. Food Additives. New York : Marcel Dekker, pp.:395-426.
- Whistler, R., and Johnson.C. 1948. Effect of Acid Hydrolysis on the Retrogradation of Amylose. Cereal Chem. 25:418-424.
- William, R.M.; Richard, F.T.; Colin, E.S.; Robert, L. and Michael, J.G. 1993. Swelling and Gelatinization of Cereal Starch. Cereal Chem. 70 (4): 385-391.
- Yoshiko H.; Kitamara, S. and Kuge, T. 1990. Effect of Lipid on the Retrogradation of Cooked Rice. Cereal Chem. 67(1): 7-10.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

วิธีวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของข้าว (สมบัติทางเคมีกายภาพและความร้อน)

ก.1วิธีวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1.การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 32.1.03, (1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อนของ WTE binder
2. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
3. ถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว

วิธีการทดลอง

1. อบถาดอะลูมิเนียมพร้อมฝา ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ทิ้งให้เย็นใน dessiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ใส่ถาดอะลูมิเนียม
3. นำไปอบที่ตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
4. ทำให้เย็นใน dessiccator แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น(ร้อยละ)} = \frac{A-B}{C} \times 100$$

A = (น้ำหนักภาชนะ+ตัวอย่าง)ก่อนอบ(กรัม)

B = ( น้ำหนักภาชนะ+ตัวอย่าง)หลังอบ(กรัม)

C = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)

2.การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC Method 46-12, (1995)

อุปกรณ์

1. เครื่องย่อยโปรตีน (Buchi B-426)
2. เครื่องกลั่นหาโปรตีน (Buchi B-316)

### 3. เครื่องชั่งละเอียดสี่ตำแหน่ง

#### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 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 โดยผสมอินดิเคเตอร์ในข้อ 6 ร้อยละ 0.2 ของปริมาณสารละลายกรดบอริก
5. สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs cu 3.5)
6. โมดิฟายด์เมธิลเรด-เมธิลีนบลูอินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลายเมธิลเรด 0.75 กรัม และ เมธิลีนบลู 0.5 กรัม ในเอธานอลเข้มข้นร้อยละ 95)

#### วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างแบ่งข้าว 1.0 กรัม ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน (ทศนิยม 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) ตั้งอุณหภูมิการย่อยที่ 380 องศาเซลเซียส ย่อยเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที นำออกจากเตาทิ้งให้เย็น
3. เจือจางด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยที่เย็นแล้ว นำไปกลั่นโดยเครื่องกลั่น Buchi B-316 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 จนสารละลายในหลอดย่อยเป็นสีดำ
4. รองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 70 มิลลิลิตร
5. ทำการกลั่นจนได้สารละลายในขวดรองรับประมาณ 250 มิลลิลิตร
6. นำสารละลายที่กลั่นได้มาไตรเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1N โดยใช้ โมดิฟายด์เมธิลเรด-เมธิลีนบลู เป็นอินดิเคเตอร์ จนถึงจุดยุติ สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มอ่อน
7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน  
ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) =  $(S-B) \times N \times 1.4007$

S = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

B = ปริมาณกรดซัลฟูริกที่ใช้ไตเตรต blank

N = ความเข้มข้นกรดซัลฟูริก

G = น้ำหนัก(กรัม)ของตัวอย่าง

ปริมาณโปรตีน (ร้อยละน้ำหนักเปียก) = ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ)  $\times 5.95$

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

### 3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

#### เครื่องมือ

Soxhlem Automatic รุ่น S-226

#### วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างแห้งโดยชั่งน้ำหนักประมาณ 2 กรัม บรรจุลงใน thimble ที่บุด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคง
2. ใส่ thimble ตัวอย่างในขวดสกัดที่แห้งนึ่งและทราบน้ำหนักแน่นอน
3. เติมน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งใช้เป็นตัวทำละลาย 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด
4. สกัดไขมันเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ใช้ silicone oil เป็นตัวถ่ายความร้อนในอุปกรณ์ที่ใช้สกัด
5. ระเหย petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่

#### การคำนวณ

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

### 4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธี AOAC (1995)

#### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25



### วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วประมาณ 2 กรัมใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ต้มให้เดือดภายใน 1 นาที
3. ต้มย่อยตัวอย่างในสายละลายเดือด 30 นาที
4. กรองผ่าน Whatman No.41
5. ล้างด้วยน้ำร้อนจนเป็นกลาง
6. กากที่ได้นำมาต้มย่อยต่อในสารละลายที่เดือดของโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร
7. กรองผ่าน Whatman No.41 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนและล้างด้วยน้ำร้อนจนเป็นกลาง
8. อบที่  $130 \pm 2$  องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator
10. ชั่งน้ำหนัก
11. นำตัวอย่างพร้อมกระดาษกรอง ใส่ใน crucible เเผที่  $600 \pm 15$  องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง
12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator
13. ชั่งน้ำหนักจาก น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของ crude fiber แล้วคำนวณหาปริมาณเส้นใย

### การคำนวณ

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

### 5.การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ตามวิธีของ AOAC(1995)

#### เครื่องมือ

Muffle Furnace Carbolite รุ่น Mel 11-2

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัมใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำตัวอย่างไปเผาจนหมดควัน
3. นำไปเผาต่อใน muffle furnace ที่ 600 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีขาว
4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator

## 5. ชั่งน้ำหนักหาปริมาณเก่า

### การคำนวณ

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

## 6. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ)} = 100 - \text{ร้อยละ(ความชื้น + ไขมัน + โปรตีน + เก้า + เส้นใย)}$$

## 7. การวิเคราะห์ปริมาณ อะไมโลส

ดัดแปลงจากวิธีของ Lee และคณะ, 1976

### เครื่องมือ

1. เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge Varifuge K)
2. spectrophotometer

### สารเคมี

#### การเตรียมสตาร์ช

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR grade) ความเข้มข้นร้อยละ 0.2
2. ฟีนอลทาลีนอินดิเคเตอร์
3. เมทานอล
4. อีเทอร์

### วิธีการ

#### การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

1. สารละลายกรดเปอร์คลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 40 (เตรียมจากสารละลายกรดเปอร์คลอริก เข้มข้นร้อยละ 65 ปริมาตร 61.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
2. สารละลาย I-KI (เตรียมโดยชั่งไอโอดีน (I<sub>2</sub>) 12.69 มิลลิกรัม และปอตัสเซียมไอโอไดด์ (KI) 101.52 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

#### การสร้างเส้นกราฟมาตรฐานสารละลายอะไมโลส

1. อะไมโลสจากมันฝรั่ง type III
2. สารเคมีในการวิเคราะห์อะไมโลส

## วิธีการทดลอง

### การเตรียมสตาร์ช

1. ชั่งแป้งข้าว 60 กรัมเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร กวนผสมด้วย magnetic stirrer 1 ชั่วโมงแล้วนำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3500 rpm 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จะได้ชั้นตะกอนแบ่งเป็น 3 ชั้นโดย
  - ชั้นบนและล่าง - ตะกอนสีเหลือง
  - ชั้นกลาง - ตะกอนสีขาว
2. แยกตะกอนสีขาวมาทำการสกัดซ้ำโดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร กวนด้วย magnetic stirrer 30 นาที แล้วนำเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3500 rpm 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แยกตะกอนสีขาว
3. นำตะกอนขาวมาล้างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร แยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3500 rpm 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทดสอบส่วนของเหลวที่แยกได้ด้วยฟีนอลทาลีนอินดิเคเตอร์ ล้างซ้ำจนส่วนที่เป็นของเหลวไม่มีสีเมื่อทดสอบด้วยฟีนอลทาลีนอินดิเคเตอร์
4. ตะกอนที่ได้นำมาล้างด้วยเมทานอลและอีเทอร์อย่างละ 1 ครั้งตามลำดับ บั่นแยกตะกอนด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 3500 rpm 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
5. สตาร์ชที่ได้ นำมาอบทำแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

### การวิเคราะห์ปริมาณ อะไมโลส

1. ชั่งสตาร์ชที่เตรียมไว้ 5 มิลลิกรัม ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายไฮเปอร์คลอริก ความเข้มข้นร้อยละ 40 จำนวน 1 มิลลิลิตร นำส่วนผสมนี้ตั้งทิ้งไว้ในน้ำที่มีอุณหภูมิ  $18 \pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. เติมสารละลาย  $I_2 - KI$  ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร ลงในของผสมในข้อ 1. นำของผสมเขย่าบน vortex mixer จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ได้ของผสมสีน้ำเงิน
3. นำของผสมในข้อ 2. ไปวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ใช้สารละลายอะไมโลสความเข้มข้นร้อยละ 40 เป็น blank นำค่าที่วัดได้คำนวณหาปริมาณอะไมโลส
 
$$\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} = \frac{A_{600} \times C}{5 \times m}$$

$A_{600}$  = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่ 600 นาโนเมตร

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานอะไมโลส (มิลลิกรัม/100มิลลิกรัม)

M = ค่าสัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ของกราฟมาตรฐานสารละลายมาตรฐานอะไมโลส ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) =  $\frac{\text{ปริมาณอะไมโลส (ร้อยละน้ำหนักเปียก)} \times 100}{(100 \times \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้นสตาร์ช})}$

## ก.2 วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

### 1. ศึกษาลักษณะโครงสร้างผลิตภัณฑ์ด้วย SEM (Scanning electron microscope)

#### เครื่องมือ

เครื่อง SEM (Scanning electron microscope) รุ่น JSM 6400

#### วิธีการทดลอง

เตรียมตัวอย่างโดยนำชิ้นตัวอย่างหักครึ่ง แล้วนำไปแช่เยือกแข็งโดย Cryogenic freezes จากนั้นแช่ในแอลกอฮอล์เพื่อทำแห้ง นำตัวอย่างที่ผ่านการทำแห้งผนังลงบนแผ่นทองเหลืองด้วยเทป 2 หน้า หลังจากนั้นนำไปฉาบทอง ด้วยเครื่องฉาบทอง Balzers Ion Sputler รุ่น SCD 040 นาน 3 นาที กระแสไฟ 15 mA ตัวอย่างที่ฉาบทองแล้วนำไปศึกษา ลักษณะโครงสร้างผลิตภัณฑ์ด้วย SEM ที่ กำลังขยาย 100 และ 2000 เท่า ที่กำลังขยายสูงกว่า 2000 เท่าเนื้อผลิตภัณฑ์จะแตกเนื่องจากความเข้มของอิเล็กตรอนที่สูงเกินไป

### 2. วิธีวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน (Thermal analysis) ของแป้งข้าวเหนียวด้วยเครื่อง

#### Difference Scanning Calorimeter (DSC)

#### เครื่องมือ

เครื่อง DSC 200 NETZSCH

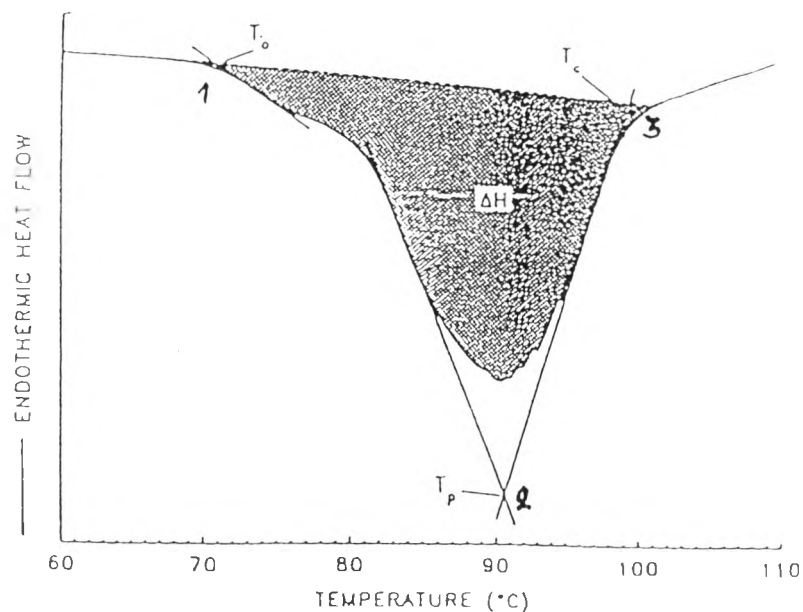
#### วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้ง 7 มิลลิกรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่ใน pan ตัวอย่าง ปรับความชื้นให้เป็นร้อยละ 70 (W/W) บ่มไว้ค้างคืน สามารถคำนวณน้ำหนักแป้งแห้งและน้ำหนักร้ำกั้นที่จะต้องเติมได้จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแป้งแห้ง} = \frac{(100 - \text{ความชื้นแป้ง}(\%)) \times \text{น้ำหนักแป้งที่ชั่ง (กรัม)}}{100}$$

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

2. นำ pan ตัวอย่างและ reference pan ใส่ในช่องตัวอย่างของเครื่อง DSC 200 NETZSCH โดยใช้สภาวะดังนี้ ช่วงให้ความร้อน 20-120 องศาเซลเซียส อัตราการให้ความร้อน 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และใช้ Indium ในการ Calibration คำนวณค่าทางเทอร์โมไดนามิกส์ โดยใช้ระบบ Autocalculation และบันทึกค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลลิตีไนซ์ ดังรูป ก.1



รูป ก.1 กราฟแสดงลักษณะของ Endothermic peak เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง DSC

หมายเลข 1 คือ Onset temperature ( $T_o$ ) : อุณหภูมิเริ่มต้นการเกิดเจลลิตีไนซ์

หมายเลข 2 คือ Peak temperature ( $T_p$ ) : อุณหภูมิสูงสุดในการเกิดเจลลิตีไนซ์

หมายเลข 3 คือ Conclusion temperature ( $T_c$ ) : อุณหภูมิสุดท้ายการเกิดเจลลิตีไนซ์

$\Delta H$  (enthalpy) คือ พลังงานที่เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเกิดเจลลิตีไนซ์

## ภาคผนวก ข.

### วิธีวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์

#### ข.1 การวิเคราะห์ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์

##### เครื่องมือ

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่นTA.XT2 โดยใช้หัววัดแบบ Cylinder (Cylindex probe(P/2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร

##### วิธีการทดลอง

1. ติดตั้งหัววัดแบบ และฐานที่มีรูกลมกึ่งกลางเข้ากับเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส
2. ทำการ Calibrate force ก่อนทำการวัด
3. ตั้งค่า TA Setting ต่างๆดังนี้

Measure force in compression

Return to start

Pre: 3

Test: 3

Post: 3

Distant: 20

Trigger

Type:Auto

Force:10

Stop plot at:final

Auto

Unit

Force:gram

Distance:millimeter

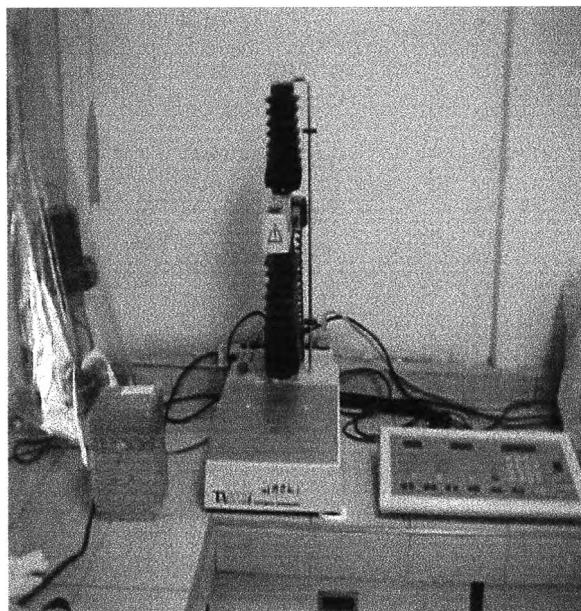
Update

Pre test

Post test

PPS: 200

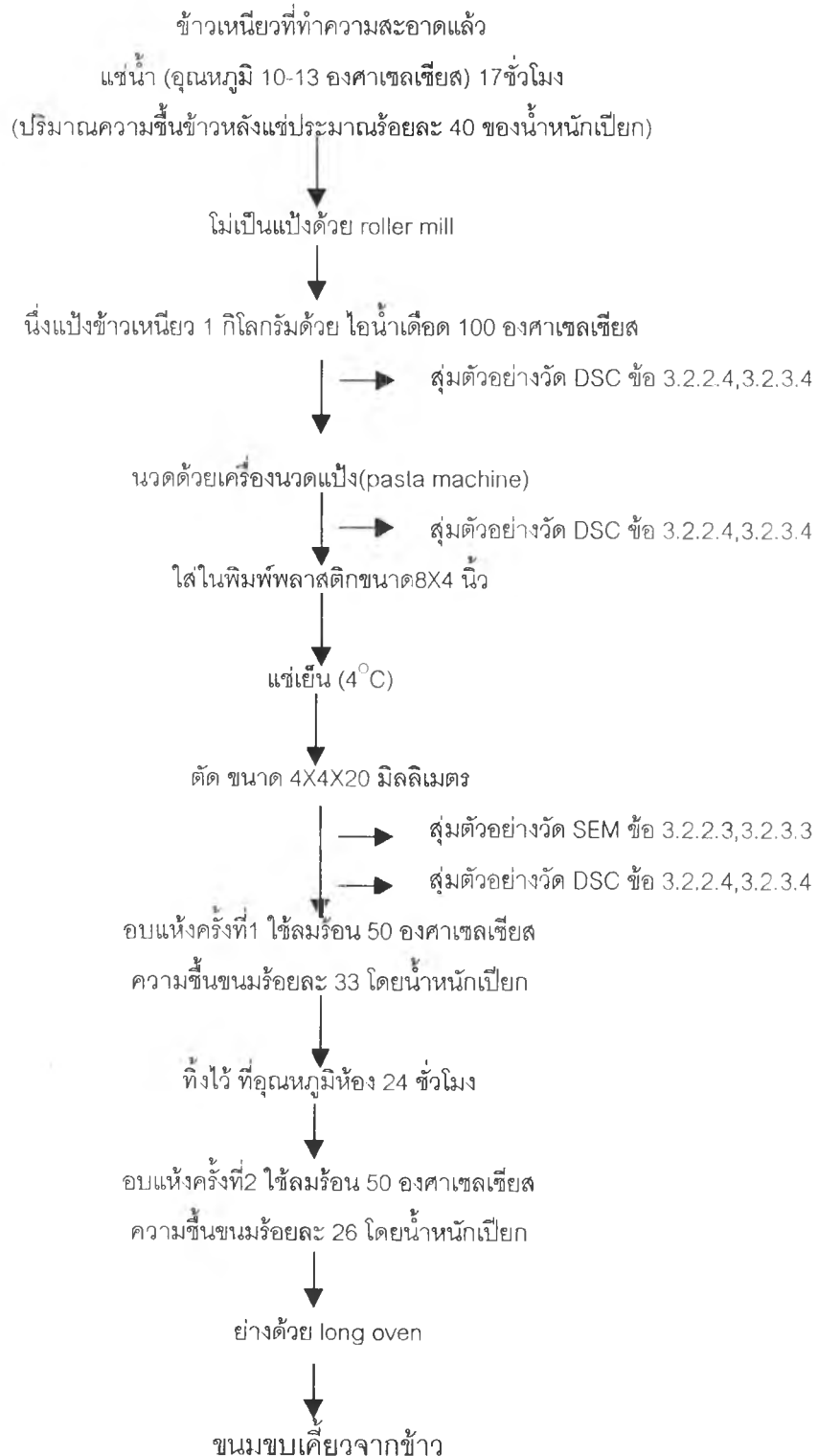
4. สุ่มตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง วัดค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ครั้งละ 1 ชิ้น โดยวัดผลิตภัณฑ์ในด้านบาง
5. วิเคราะห์ค่าความแข็งโดยใช้ค่าจุดยอดกราฟที่สูงสุดและทำการเฉลี่ยทั้ง 30 ตัวอย่าง เป็นค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์



รูปที่ ข.1 เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyser รุ่น TA.XT2)

## ภาคผนวก ค

ค 1. การสุมตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ด้วย SEM และ  
ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการใช้สลายโครงสร้างผลึกด้วย DSC





ค. 2 การเตรียมตัวอย่างแบ่งเพื่อวัด DSC (Watanabe และคณะ, 1999)

#### สารเคมี

1. น้ำแข็งแห้ง
2. เอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95

#### วิธีการ

1. สุ่มตัวอย่างแบ่งจากชั้นตอนที่ต้องการประมาณ 100 กรัม
2. ทำให้เย็นอย่างรวดเร็วโดยการแช่ในน้ำแข็งแห้ง
3. นำตัวอย่างในข้อ 2 แช่ในเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ข้ามคืน ทำซ้ำ 2 ครั้ง
4. อบตัวอย่างแบ่งจากข้อ 3 ที่ 30 องศาเซลเซียสนาน 3 ชั่วโมง เพื่อไล่แอลกอฮอล์
5. บดตัวอย่างด้วยเครื่องบด แบ่งที่ได้เก็บไว้ใน desiccator เพื่อใช้ต่อไป

ภาคผนวก ง  
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....อายุ.....

โปรดประเมินคุณภาพตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวตอกป่นนี้ที่ละตัวอย่าง โดยพิจารณาสมบัติด้านความกรอบ ความรู้สึกละลายในปาก ลักษณะความหยาบของขนม และความชอบรวม พร้อมให้คะแนนตามที่กำหนด

ลักษณะ	ตัวอย่างขนม					
<b>ความกรอบ</b> แข็งกระด้างหรือเหนียว(1-4) กรอบ แข็ง แต่ยอมรับได้(5-7) กรอบร่วนสม่ำเสมอ(8-10)						
<b>ลักษณะการละลายในปาก</b> ไม่ละลาย มีเศษขนมขนาดใหญ่เหลืออยู่(1-4) มีเศษขนมเหลืออยู่เล็กน้อย(5-7) มีเศษขนมเหลืออยู่น้อยมากหรือไม่เหลือเลย(8-10)						
<b>ลักษณะความหยาบของเนื้อขนม</b> เนื้อขนมมีขนาดใหญ่ไม่สม่ำเสมอ(1-4) เนื้อขนมมีบางส่วนไม่สม่ำเสมอแต่เป็นที่ยอมรับ(5-7) เนื้อขนมมีความละเอียดสม่ำเสมอ(8-10)						
<b>ความชอบรวม</b> ไม่ชอบมากที่สุด ไม่ชอบมาก ไม่ชอบปานกลาง(123) ไม่ชอบเล็กน้อย เฉยๆ ชอบเล็กน้อย(456) ชอบปานกลางชอบมาก ชอบมากที่สุด(78910)						

ข้อเสนอแนะ.....  
 .....

ภาคผนวก จ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตาราง จ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็ง ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลานวดและความชื้นก่อนอย่างที่แตกต่างกัน

SOV	df	MS		F			
		ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง	ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง
ระยะเวลา นวดแป้งนึ่ง (ก)	2	0.04223*	0.01*	161681.013*	139.037	6.873	7973.413
ความชื้นก่อนย่าง (ข)	2	1.123*	5.816*	1208378.967*	3698.866	3996.003	59592.057
ก*ข	4	0.190*	0.212*	380540.623*	625.860	145.743	18766.628
Error	18	0.0003037	0.001456	20.278			

\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง จ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลานวดและความชื้นก่อนอย่างที่แตกต่างกัน

SOV	df	MS				F			
		ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม	ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม
กระบวนการผลิต	8	27.440*	31.083	49.083*	26.146*	45.355	60.106	144.433	38.806
Block	5	1.676*	1.128	0.728	0.483	2.770	2.181	2.142	0.717
Error	94	0.605	0.517	0.340	0.674				

\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง จ.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ค่าความหนาแน่น ปริมาตรการพองตัว และความแข็ง ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลา นึ่ง นวดและเวลาแช่เย็นที่ต่างกัน

SOV	df	MS			F		
		ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง	ความหนาแน่น	ปริมาตรการพองตัว	ความแข็ง
เวลานึ่ง (ก)	2	0.150*	0.184*	472092.422*	128.938	88.487	55864.423
เวลานวด (ข)	2	0.505*	0.170*	468363.812*	433.728	81.825	55423.203
เวลาแช่เย็น (ค)	1	0.412*	3.246*	44108.610*	353.759	1564.339	5219.533
ก*ข	4	0.188*	0.177*	91626.023*	161.147	85.088	10842.442
ข*ค	2	0.09884*	0.225*	13074.615*	488.480	42.190	144689.957
ก*ข*ค	4	0.04883*	0.03627*	156677823*	41.956	17.481	18540.260
Error	18	0.001164	0.002075	8.451			

\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง จ.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาเวลา นึ่ง นวดและเวลาแช่เย็นที่ต่างกัน

SOV	df	MS				F			
		ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม	ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม
กระบวนการผลิต	17	13.313*	0.190	0.142	14.237*	15.513	0.369	0.256	20.805
Block	5	0.541	0.476	0.682	1.085	0.630	0.923	1.229	1.586
Error	193	0.858	0.516	0.555					

\*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตาราง ๑.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ความแข็ง ของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลา หนึ่ง และขนาดที่ต่างกัน

SOV	df	MS		F
		ความแข็ง		ความแข็ง
เวลานึ่ง (ก)	1	65978.409*		65978.409
เวลาขนาด (ข)	7	24527.376*		24527.376
ก*ข	7	13051.540*		13051.540
Error	16	30.307		

\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

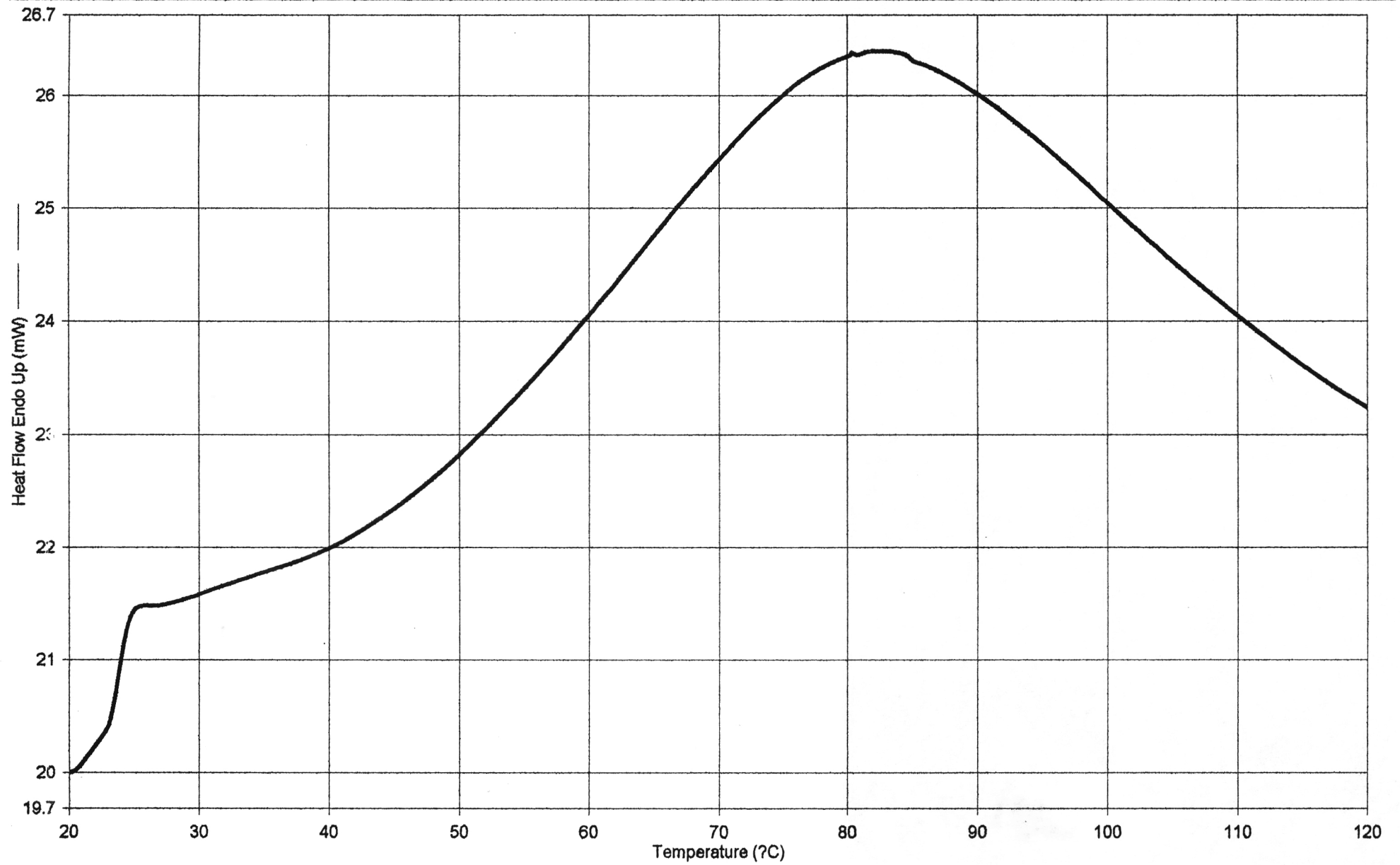
ตาราง ๑.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความกรอบ ลักษณะการละลายในปาก ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์ และการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากเวลาเวลา หนึ่ง และขนาดที่ต่างกัน

SOV	df	MS				F			
		ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม	ความกรอบ	ลักษณะการละลายในปาก	ลักษณะความหยาบของเนื้อผลิตภัณฑ์	การยอมรับรวม
กระบวนการผลิต	15	39.005*	0.130	0.598	30.054*	64.786	0.235	1.254	33.617
block	5	1.759*	0.409	0.753	1.625	2.922	0.739	1.582	1.818
Error	171	0.602	0.554	0.476	0.894				

\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ภาคผนวก จ

Baseline Filename: C:\WINNT\Profiles\Administrator\Desktop\Meow\blanknont.dsd  
Sample ID: nont-6  
Sample Weight: 14.000 mg



1) Heat from 20.00°C to 120.00°C at 10.00°C/min

21/11/44 10:22:41

รูปที่ จ. 1 กราฟแสดงลักษณะของ Endothermic peak ของตัวอย่างแป้งข้าวเหนียวกลิ้ง

## ประวัติผู้เขียน

นายนนท์ เจริญสุวรรณ เกิดวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัด  
กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทาง  
อาหาร) ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2541