รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2544. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ : การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวหอมมะลิเพื่อผลิตกลูโคสซีรัปและแป้งโปรตีนสูง. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (อัดสำเนา)

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. 2539. คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์. การสัมมนาทางวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. กรุงเทพฯ. สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ฉัตรชัย เกตุโกเมนทร์, พงพันธุ์ สายวณิชย์ และพรศักดิ์ แซ่บู๊. 2545. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ "สมบัติทาง Viscoelastic ของเจลสตาร์ชถั่วเขียว". ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนินันท์ วรรธนะหทัย. 2542. การเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของแป้งที่ได้จากพันธุ์ข้าวไทยและการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิสภา ศีตะปันย์. 2545. รีโอโลยีกับอุตสาหกรรมอาหาร[online]. Available from: http://www.mtec.or.th/th/labs/rheology/cool_stuff.html [2007, April 10]

นิธิยา รัตนปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

เปรมวดี ฉายาปัญจะ. 2543. การเสริมแป้งถั่วในบะหมี่อบแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนตรี จุฬาวัฒนทล, ยงยุทธ ยุทธวงศ์, ชิษณุสรร สวัสดิวัฒน์, ประหยัด โกมารทัต, ประพนธ์ วิไลรัตน์, สกล พันธุ์ยิ้ม และภิญโญ พานิชพันธ์. 2530. ชีวเคมี . กรุงเทพฯ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 108 น.

อภิรดี ลิมปานุภาพ, อมรรัตน์ แน่นอุดร และอุษา เจนคุ้มวงศ์. 2543. โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ "เรื่องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากข้าวหักโดยใช้เอนไซม์ α-Amylase" ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2540. ข้าวสาลี : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาต่างประเทศ

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists.

Bradbury, J. H., Collins, J. G., and Pyliotis, N. A. 1980. Methods of separation of the major histological components of rice and characterization of their proteins by amino acid analysis. Cereal Chem. 57(2): 13-137.

Belitz, H. D., and Grosch, W. 1986. Food Chem. Translation from the second German Edition by Hadziyev, D., Springer Verlag, Berlin. pp. 201-256.

Bergman, C. J., Gualberto, D. G., and Weber, C. W. 1994. Development of high-temperature-dried soft wheat pasta supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Cooking Quality, Color, and Sensory Evaluation. Cereal Chem. 71(6): 523-527.

Bruinenberg, P. 1996. Bioconversion of starch by enzymes. In Advanced Post-Acedemic Course on Topica Starch Technology (I). January 22-26 & February 19-23, 1996. Asian Institute of technology, Bangkok, Thailand.

Cagampang, G. B., Cruz, L. T., Espirtu, S. G., Santiago, R. G., and Juliano, B. O. 1996. Studies on the extraction and composition of rice proteins. Cereal Chem. 43:145.

Chang, K. C., Lee, C. C., and Brown, G. 1986. Production and nutritional evaluation of high-protein rice flour. J. Food Sci. 51: 464-467.

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

Chompreeda, P., Resurreccion, A. V. A., Hung,Y. C., and Beuchat, L. R. 1987. Quality evaluation of peanut – supplement Chinese type noodles. J. Food Sci. 52(6): 1740-1741.

Chrastil, J. 1990. Chemical and physiochemical changes of rice during storage at different temperatures. J. Cereal Sci. 11: 71-85.

Crosbie, G. B., Huang, S., and Barclay, I. R. 1998. Wheat quality requirement of asian foods. Euphytica 100, pp.155-156. Netherlands: Kluwer Academic .

D' Appolonia, B. L. 1977. Rheological and baking studied of legume-wheat flour blend . Cereal Chem. 54: 53-63.

D' Appolonia, B. L. 1998. Use of untreated and roasted navy beans in bread making. Cereal Chem. 55: 898.

Deobald, H. J. 1972. Rice flours. In B. O. Julaino (ed.), Rice Chemistry and Technology. pp.265-269. St. Paul, Minnesota: The American Association of cereal chemists.

Haber, T. A., Seyam, A. A., and Banasik, O. J. 1978. Functional properties of some high protein products in pasta. J. of Agri Food Chem. 26: 1191.

Hansen, L. P., Hosek, R., Callan, M., and Jones, F. T. 1981. The development of high- protein rice flour for childhood feed. Food Technol. 35(11): 38-42.

Inglett, G. E., Peterso, S. C., and Maneepun, S. 2005. Rheogical, textural, and sensory properties of asian noodles containing an oat cereal hydrocolloid. Food Chem. 90: 1-8.

James, F. 1996. Rheological methods in food process engineering. 2nd ed. Michigan: Freeman Press.

Jeffers, H. C., Noguchi, G., and Rubenthaler, G. L. 1979. Effects of legume fortifiers on the quality of udon noodles. Cereal Chem. 56: 573-576.

Kasarda, D. D. 2001. Grains in relation to celiac disease. Cereal Foods World 46:209-210.

Kim, S. K. 1996. Instant noondle technology. Cereal Foods World. 41(4): 213-218.

Komolprasert, V., and Ofoli, R. Y. (1991). Starch hydrolysis kinetics of Bacillus licheniformis α-amylase, J. Chem. Biotechnol., 51: 209–223.

Kruger, J. E., Matsuo, R. B., and Dick, J. W. 1996. Pasta and Noodle Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc., St.Paul, Minnesota, U.S.A. 356 p.

Kullaya, L., and Yao-Wen, H. 2005. Pasta product made from sweetpotato fortified with soy protein. Available online at www. Sciencedirect.com. LWT (40): 200-206.

Lasztity, R. 1996. The Chemistry of Cereal Proteins. New York: CRC Press.

Lee, L., Bali, B. K., and Czuchajowska, Z. 1998. Garbanzo bean flour usage in cantonese noodles. J. of Food Sci. 63(3): 552-558.

Lii, C. Y., Shao, Y. Y., and Tseng, K. H. 1995. Gelatino mechanism and rheological property of rice starch. Cereal Chem. 72: 393.

Lii, C. Y., Tsai, M. L., and Tseng, K. H. 1996. Effect of amylase content on the rheological property of rice starch. Cereal Chem. 73(4): 415-420.

Lorimer, N., Zabik, M. E., Harte, J. B., Stchiw, N. C., and Uebersax, M. A. 1991. Effect of navy bean protein flour and bean globulins on composite flour rheology, chemical bonding and microstructure. Cereal Chem. 68: 213-220.

Manners, D. J. 1989. Recent developments in our understanding of amylopectin structure. Carbohydrate Polymers. 11: 87–112 .

Mestres, C., Colonna, P., and Buleon, A. 1988. Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. J. Food Sci. 53: 1809-1812.

Nielsen, J. E., and Borchert, T. V. 2000. Protein engineering of bacterial α-amylases. Biochim. Biophys. Acta. 1543: 253-274.

Nigam, P., and Singh, D. 1995. Enzyme and microbial systems involved in starch processing. Enz. Microbiol. Technol. 17: 770–778.

Oates, C. G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trends in Food Sci. & Technol. 8: 375-382.

Osborne, T. B. 1924. The vegetable proteins. Monographs on biochemistry. pp 154. London: Longmans, Green and Co.

Ozbek, B., and Yuceer, S. 2001. α-Amylase inactivation during wheat starch hydrolysis process. Proc. Biochem. 37: 87-95.

Padhye, V. W., and Salunkhe, D. K. 1979. Extraction and characterization of rice protein. Cereal Chem. 56(5): 189-393.

Pomeranz, Y., Shogren, M. D., and Finney, K. F. 1969. Improving bread making properties with glycolipids II. Improving various protein-enrich products. Cereal Chem. 46: 512-518.

Schoch, T. J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In R. L. Whistler, R. J. Smith and J. N. BeMiller (eds.). Method in Carbohydrates Chemistry, pp106-108. New York: Acedemic Press.

Shaw, J. F., and Sheu, J. R. 1992. Production of high-maltose syrup and high-protein flour from Rice by an Enzymatic Method. Biosci. Biotechnol. Biochem. 56: 1071-1073.

Shelke, A., Dick, J. W., Holm, Y. F., and Loo, K. S. 1990. Chinese wet noodle formulation : A response surface methodology study. Cereal Chem. 67(4): 338-342.

Shfali, D., and Sudesh, J. 2001. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. Food Chem. 77 (4): 479-488.

Swinkels, J. J. M. 1985. Source of starch, its chemistry and physics. In G.M.A. van Beynum, and J.A. Roels (Eds.). Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc., New York. pp 15-45.

Tsai, M. L., Li, C. F., and Lii, C. Y. 1997. Effects of granular structures on the pasting behaviors of starches. Cereal Chem.. 74: 750-757.

USDA National Nutrition Database for Standard Reference. 2004. Rice white glutinous raw [Online]. Available from: http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search.pl [2005, June 2].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีของ AOAC (1995)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน (รุ่น 600, Memmert, Germany)
2. ถ้วยอะลูมิเนียม
3. desiccator

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่อบแห้งและชั่งน้ำหนักแล้ว
2. นำตัวอย่างไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ โดยเปิดฝาถ้วยอะลูมิเนียมไว้
3. นำถ้วยอะลูมิเนียมออกจากตู้อบ ปิดฝาถ้วยและทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมตัวอย่าง

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนตามวิธีของ AOAC (1995)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. Buchi digestion unit (รุ่น K-424, Switzerland)
2. Buchi digestion unit (รุ่น B-324, Switzerland)

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1N ที่ standardized ด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมพามาเลท 0.1N
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 35 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
5. สารเร่งปฏิกิริยา (selenium reagent mixture)
6. อินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลายเมธิลเรดปริมาณ 0.125 กรัม และเมธิลลีนบลู 0.0825 กรัมในเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร)

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติมสารเร่งปฏิกิริยา ประมาณ 5 กรัม และกรดซัลฟุริกเข้มข้น ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
2. นำตัวอย่างไปย่อยใน Kjeldahlthem โดยใช้ความร้อนเบอร์ 8 และปิดฝาด้านบนที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดไอกรด ย่อยตัวอย่างจนส่วนผสมในหลอดย่อยกลายเป็นสีเขียวใส หรือย่อยเป็นเวลาประมาณ 45 นาที และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
3. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่หยดสารละลายอินดิเคเตอร์ (เตรียมโดยละลายเมธิลเรดปริมาณ 0.125 กรัม และเมธิลลีนบลู 0.0825 กรัมในเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 90 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร) 2-3 หยดต่อเข้ากับปลาย condenser ของเครื่องกลั่น (distillation unit)
4. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เลือกโปรแกรม distillation โดยตั้งโปรแกรม ดังนี้

NaOH	70	มิลลิลิตร
Boric acid	45	มิลลิลิตร
H_2O	50	มิลลิลิตร
Time	4	นาที

5. รองรับสารที่กลั่นตามระยะเวลาที่กำหนด
6. ล้างส่วนปลายของ condender ด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในขวดรูปชมพู่ที่รองรับสิ่งที่กลั่นได้
7. นำสารละลายที่กลั่นได้ในขวดรูปชมพู่ทั้งมาไตเตรตด้วยสารละลายไฮโดรคลอริกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติซึ่งจะเปลี่ยนจากสีเขียวกลายเป็นสารละลายสีชมพู
8. ทำ blank โดยใส่น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อยโปรตีน จากนั้นวิเคราะห์ blank ดังวิธีการทดลองข้อ 2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times 1.4 \times \text{Factor}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

เมื่อ

V_a คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_b คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรต blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตรเตรต (Normal)

Factor มีค่าเท่ากับ 5.95 ใช้สำหรับตัวอย่างแป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง และมีค่าเท่ากับ 5.70 สำหรับตัวอย่างแป้งข้าวสาลี

ก.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันตามวิธีของ AOAC (1995)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Soxhlet (รุ่น HC61, Gerhardt, Germany)
2. เครื่อง evaporator (Eyela รุ่น SB-651, Tokyo Aikakikai, Japan)

วิธีการทดลอง

1. อบขวดก้นกลมที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างใส่กระดาษกรองเบอร์ 1 ประมาณ 3 กรัม นำไปใส่ไว้ใน thimble
3. ใส่ปิโตรเลียมอีเธอร์ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมที่ผ่านการอบ และชั่งน้ำหนักแล้ว
4. นำไปประกอบเข้ากับชุดสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
5. ระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์แล้วนำขวดก้นกลมไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
6. ทำให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก คำนวณปริมาณไขมันดังสมการ

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(\text{น้ำหนักขวดก้นกลมหลังการสกัดไขมัน} - \text{น้ำหนักขวดก้นกลมก่อนการสกัดไขมัน}) \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งตัวอย่าง}}$$

ก.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC (1995)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผา (รุ่น CWF 1200, Cabolite ,USA)
2. ถ้วย crucible
3. แท่นให้ความร้อน (hot plate)
4. desiccator

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วย crucible ที่เผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างไปเผาโดยใช้แท่นให้ความร้อนในตู้ดูดควัน จนกระทั่งตัวอย่างหมดควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าเป็นสีขาว
4. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้

การคำนวณ

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

ก.5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยหยาบ (crude fiber) ตามวิธีของ AOAC (1995)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เตาเผา (รุ่น CWF 1200, Cabolite ,USA)
2. ถ้วย crucible
3. ตู้อบลมร้อน (รุ่น 600, Memmert , Germany)
4. desiccator

<u>สารเคมี</u>

1. สารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
3. เอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟุริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ ต้มเดือดนาน 30 นาที โดยปรับปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำกลั่น
3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 แล้วล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด ตรวจสอบโดยใช้กระดาษลิตมัส
4. นำกากมาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มเดือดนาน 30 นาที โดยปรับปริมาตรให้คงที่ด้วยน้ำกลั่น
5. กรองตัวอย่างผ่านกระดากรอง Whatman No.42 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
6. ล้างกากที่ได้ด้วยเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร 2 ครั้ง
7. นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่
8. ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักจะได้น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา
9. นำตัวอย่างใส่ในถ้วย crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
10. เผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว
11. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา

<u>การคำนวณ</u>

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

ก.6 การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตตามวิธีของ AOAC (1995)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (% w/w dry basis) = 100-(%โปรตีน+%เถ้า+เส้นใย+%ไขมัน)

ก.7 การวิเคราะห์ชนิดแล้วปริมาณกรดอะมิโน โดย HPLC-ELSD

การวิเคราะห์กรดอะมิโนด้วย High Performance Liquid Chromatography โดยวิธีการย่อยตังอย่าง 10 มิลลิกรัมถึง 1กรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มัล ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และปิดหลอดภายใต้สุญญากาศ จากนั้นนำไปย่อยที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เย็นแล้วปรับให้เป็นกลางโดยใช้ DI กรองผ่านแผ่นกรองขนาด 45 ไมครอน แล้วนำตัวอย่างฉีดเข้าเครื่อง High Performance Liquid Chromatography โดยใช้ mobile phase 2 ชนิด คือ A (5 mM NFPA (Nonafluoropentanoic acid) in 0.7% TFA) และ B (acetronitrile) ควบคุมอัตราการไหลที่ 1 มิลลิลิตรต่อนาที คอลัมน์ (Prevail C18, 250 mm i.d. 4.6 mm (Part No.99210)) และดีเทคเตอร์ evaporative light scattering detector (ELSD) ควบคุมอัตราไหลของ ไนโตรเจนที่ 1.5 ลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส สัญญาณจากเครื่องดีเทคเตอร์จะถูกบันทึกและแปลงสัญญาณผ่านเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์

ก.8 การวัดกำลังการพองตัวและการละลายของแป้งข้าว (ดัดแปลงมาจากวิธี Schoch , 1964)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. หลอดเหวี่ยงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร
2. เครื่องเหวี่ยงแยก (IEC MLLT1-RF, Thermo IEC, USA)
3. ตู้อบลมร้อน (รุ่น 600, Memmert, Germany)
4. อ่างน้ำร้อน

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5000 กรัม
2. ใส่หลอดเหวี่ยงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร
3. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร
4. แช่ในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 55-85 องศาเซลเซียส กวนตลอดเวลานาน 30 นาที
5. นำไปเหวี่ยงในเครื่องเหวี่ยงที่มีความเร็ว 2,200×g นาน 15 นาที
6. ดูดน้ำตอนบนใส่ภาชนะที่ทราบน้ำหนักและนำไปอบให้แห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
7. ชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ นำส่วนแป้งที่เหลือในหลอดนำมาชั่งเป็นน้ำหนักแป้งที่พองตัว

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (g/g แป้งแห้ง)} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100\text{-ร้อยละการละลาย})}$$

ก.9 การวิเคราะห์พฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืด ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง RVA รุ่น 4 (Newport Scientific, Pty.Ltd., Australia) พร้อมด้วย can อะลูมิเนียมที่มีใบพัดกวน (paddle)
2. เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมเครื่อง RVA

วิธีการทดลอง

1. เปิดเครื่อง RVA ทิ้งไว้ 30 นาที เพื่ออุ่นเครื่อง RVA
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และ run ซอฟแวร์ควบคุม RVA โดยเลือกเงื่อนไขใน profile ป้อนลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ตั้งชื่อไฟล์แล้วบันทึกไว้ โดยเลือกเงื่อนไขดังนี้

Temperature profile

อุณหภูมิเริ่มต้น	50	องศาเซลเซียส			
อุณหภูมิเริ่มต้น	50	องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	1	นาที
อุณหภูมิเริ่มต้น	50-95	องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	3.42	นาที
อุณหภูมิเริ่มต้น	95	องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	2.5	นาที
อุณหภูมิเริ่มต้น	95-50	องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	3.48	นาที
อุณหภูมิเริ่มต้น	50	องศาเซลเซียส	ระยะเวลา	2	นาที
รวมระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด				13	นาที
ความเร็วรอบของการกวน		160	รอบต่อนาที		
อัตราการให้ความร้อน	12	องศาเซลเซียส ต่อนาที			

ในกรณีที่ตัวอย่างมีความชื้นร้อยละ 14 ให้เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25.0 ± 0.05 มิลลิลิตร ใส่ลงในcan อะลูมิเนียมสำหรับเครื่อง RVA ปริมาณตัวอย่างและน้ำควรคำนึงถึงค่าความชื้นของตัวอย่างด้วย โดยสามารถคำนวณได้จากสูตรสำหรับความชื้นร้อยละ 14 ดังนี้

$$M_2 = \frac{(100\text{-}14) \times M_1}{(100\text{-}M_1)}$$

$$W_2 = 25.0 + M_1\text{-}M_2$$

เมื่อ

M_2 = น้ำหนักของตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับแป้งแต่ละชนิด (ในการทดลองนี้ใช้ 2.50 กรัม)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างที่ต้องชั่ง (กรัม)

M_1 = ปริมาณน้ำกลั่นที่ใช้ (มิลลิลิตร)

3. ชั่งตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่มีน้ำกลั่นอยู่ ใส่ใบพัดกวน (paddle) ลงใน can หมุนใบพัดกวนไปมาแรงๆ และดึงขึ้นเพื่อกวนตัวอย่างแรงๆประมาณ 10 ครั้ง ถ้ามีตัวอย่างจับกันเป็นก้อนที่ผิวน้ำหรือติดที่ใบพัดกวนให้ทำซ้ำอีกครั้ง
4. นำ can ที่ใส่ใบพัดกวนไว้แล้วสอดเข้าไปในเครื่อง RVA กดมอเตอร์เพื่อให้ RVA ทำงานเสร็จแล้วนำ can ออกมา เครื่อง RVA จะรายงานการวิเคราะห์เป็นค่าต่างๆ ดังนี้
    1. เวลาที่เกิด peak ของความหนืด (peak time) มีหน่วยเป็นวินาที
    2. อุณหภูมิที่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดหรือมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ในเวลา 20 วินาที (pasting temperature) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
    3. อุณหภูมิที่เกิด peak (peak temperature) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส
    4. ความแตกต่างของความหนืดสูงสุดและความหนืดต่ำสุด (breakdown) มีหน่วยเป็น RVU
    5. ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง (final viscosity) มีหน่วยเป็น RVU
    6. ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกบความหนืดที่จุด peak (setback from peak) มีหน่วยเป็น RVU
    7. ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (trough) มีหน่วยเป็น RVU

(* 12×RVU = 1cP)

ก.10 การวัด rheological property ของโดบะหมี่ white salted noodle ที่มีการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงในสัดส่วนต่างๆ โดยใช้เครื่อง Rheometer

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1. เครื่อง Bohlin Rheometer (รุ่น C-VOR , Malvern instrument, UK)
2. หัววัด parallel plate ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm. (ETCPP40)
3. solvent trap

<u>วิธีการทดลอง</u>

ส่วนที่ 1 การเปิดเครื่อง

1. ประกอบส่วน fixed lower plate กับตัวเครื่อง Bohlin Rheometer โดยต่อสายที่มาจากเครื่อง cooler และช่องสำหรับน้ำเข้าที่ฐานของ fixed lower plate โดยต่อสายสีส้มเข้ากับช่องน้ำเข้าสีส้ม และสายสีดำเข้ากับช่องน้ำเข้าสีดำ
2. เปิดปั๊มลม เปิดวาล์วลมตัวที่ 1 ให้อยู่ที่ 4 บาร์ และเปิดวาล์วตัวที่ 2 ให้อยู่ที่ 3 บาร์
3. เปิดเครื่อง Bohlin Rheometer แท่นสำหรับต่อส่วน rotating upper plate จะเลื่อนลงมาจนสุด กดปุ่ม ▲ เพื่อให้แท่นสำหรับต่อส่วน rotating upper plate เลื่อนขึ้น
4. วางส่วน solvent trap ไว้บนหัววัด ETC PP40 ประกอบหัววัด ETC PP40 กับแท่นสำหรับต่อส่วน rotating upper plate ทำการล็อคเกลียว โดยหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
5. กดปุ่ม zero เพื่อตั้ง auto zero ส่วน rotating upper plate จะเลื่อนลงมาสัมผัสกับส่วน fixed lower plate รอจนไฟสีเขียวตรงจุด OK ปรากฏ กดปุ่ม OK
6. กดปุ่ม gab เพื่อตั้งระยะห่างระหว่างส่วน rotating upper plate และ fixed lower plate โดยตั้งค่าไว้ที่ 1000 ไมโครเมตร รอจนไฟสีเขียวตรงจุด OK ปรากฏ กดปุ่ม OK
7. กดปุ่ม ▲ เพื่อให้แท่นสำหรับต่อส่วน rotating upper plate เลื่อนขึ้น
8. เปิดเครื่อง Peltier temperature controller
9. เปิดเครื่อง cooler ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 10 องศาเซลเซียส

ส่วนที่ 2 การเข้าโปรแกรมทดสอบ

การทดลอง Amplitude sweep test

ก่อนทำการทดลอง frequency sweep test ต้องทำการทดลอง amplitude sweep test ก่อนเพื่อหาช่วง Linear Viscoelastic Range (LVR)

การทดลอง amplitude sweep test ตั้งสภาวะการทดลองดังนี้

- pre-shear	off	
- auto-tension	off	
- sweep type	AMP sweep	
range	LOG	
frequency	1 Hz	
minimum strain	0.01	%

maximum strain 50 %

- isothermal 25 องศาเซลเซียส

การทดลอง Frequency sweep test

การทดลอง frequency sweep test ตั้งสภาวะการทดลอง ดังนี้

- oscillation test parameters : frequency sweep

minimum frequency	0.01	Hz
maximum frequency	100	Hz
range	LOG	
control stress	50	Pa

- isothermal 25 องศาเซลเซียส

การทดลอง Creep recovery test

- creep recovery test parameters

shear stress	10	Pa
creep time	100	sec
recovery time	100	sec

- isothermal 25 องศาเซลเซียส

ส่วนที่ 3 การเตรียมตัวอย่างโดบะหมี่ White salted noodle

การทดลอง Amplitude sweep test

1. เตรียมโดบะหมี่โดยร่อนแป้งสาลีและแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูง (ตามสัดส่วนการทดแทน) ผสมให้เข้ากัน เติมน้ำเกลือผสมโดยใช้ความเร็วต่ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำโดที่มากดลงในถาด แล้วพักไว้ 30 นาที นำโดมารีดเป็นแผ่นหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร แล้วพักโดไว้อีก 30 นาที นำโดมารีดเป็นแผ่นหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร
2. ตัดแผ่นโดให้มีขนาดเท่ากับหัววัด แล้ววางตัวอย่างแผ่นโดให้อยู่บริเวณส่วนกลางของส่วน fixed lower plate
3. กดปุ่ม ▼ เพื่อให้ส่วน rotating upper plate เลื่อนลงมาสัมผัสกับแผ่นโด โดยจะหยุดตรงตำแหน่ง gab ที่ตั้งไว้
4. ตบแต่งขอบริมของตัวอย่างให้เรียบร้อย
5. หยดน้ำกลั่นลงในส่วน Temperature contractor 3-4 หยด ปิดฝาครอบ เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำในตัวอย่าง
6. กดปุ่ม start ที่หน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง ตามโปรแกรม amplitude sweep test

การทดลอง Frequency sweep test

1. เตรียมตัวอย่างและทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลอง amplitude sweep test
2. ทำการทดลองต่อโดยเปลี่ยนโปรแกรมจาก amplitude sweep test เป็น frequency sweep test
3. กดปุ่ม start ที่หน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง ตามโปรแกรม frequency sweep test

การทดลอง Creep recovery test

1. เตรียมตัวอย่างและทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลอง amplitude sweep test
2. ทำการทดลองต่อโดยเปลี่ยนโปรแกรมจาก amplitude sweep test เป็น creep recovery test
3. กดปุ่ม start ที่หน้าจอมอนิเตอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่อง ตามโปรแกรม creep recovery test

ก.11 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Instron Texture analyzer

<u>อุปกรณ์</u>

เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (รุ่น 5565, Instron, USA)

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับวัดแรงดึง ใช้หัว(S 5407 A) กับเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
2. Balance load
3. Reset gauge length
4. โปรแกรมการวัด

parameter	mode extension
end point	3.0 cm.
shape	Absolute lamp
rate	50.0 mm./min

5. นำเส้นบะหมี่มา 1 เส้น พันเข้ากับ probe ที่อยู่ด้านล่าง 3 รอบ แล้วพาดขึ้นไปที่ probe ด้านบน แล้วพันอีก 3 รอบ แล้วจึงสั่งให้เครื่องทำการทดสอบ จาก peak ของแรงที่สูงสุดจากการวัด คือ ค่าแรงดึงสูงสุด

ก.12 Cooking loss (Mestres, 1988)

<u>อุปกรณ์</u>

1. ตู้อบลมร้อน (รุ่น 600, Memmert, Germany)
2. บีกเกอร์ขนาด 250 มล.

<u>วิธีการทดลอง</u>

1. ต้มน้ำ 150 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. ตัดเส้นบะหมี่ยาว 2 เซนติเมตร ประมาณ 5 กรัม เติมลงในบีกเกอร์ต้มเป็นเวลา 1 นาที
3. นำเส้นบะหมี่ที่ต้มแล้วมาพักไว้ 5 นาที แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส
4. ชั่งน้ำหนักเส้นบะหมี่ที่นำไปอบ

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{(NxDM-W_1) \times 100}{(NxDM)}$$

เมื่อ

N = น้ำหนักเส้นบะหมี่ก่อนต้ม

DM = น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

W_1 = น้ำหนักเส้นบะหมี่ที่ต้มแล้วนำไปอบแห้ง

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....

โปรดประเมินผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บะหมี่ White salted noodle ต่อไปนี้ โดยพิจารณาสมบัติด้าน สี, กลิ่น, เนื้อสัมผัส, ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม โปรดทำเครื่องหมายเส้นตรงตามขวางตั้งฉาก กับเส้นสเกลแนวนอนที่ให้ไว้เพื่อแสดงตำแหน่งที่ท่านได้ให้กับตัวอย่างแต่ละตัวอย่างในลักษณะนั้นๆ ตามที่ท่านคิดว่าเหมาะสมที่สุดในการเป็นตัวแทนลักษณะนั้นๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง กรุณาเขียนชื่อรหัสของตัวอย่างแต่ละตัวอย่างบนเครื่องหมายเส้นตรงที่ท่านเขียนด้วย เพื่อแสดงว่าเส้นนั้นเป็นตัวอย่างใด

โปรดทดสอบตัวอย่างตามลำดับต่อไปนี้

_____ _____ _____ _____

1. สี

_____

0 10

เหลือง คล้ำ ขาว นวล

2. กลิ่น

_____

0 10

มีกลิ่นผิดปกติ ไม่มีกลิ่น

3. เนื้อสัมผัส

_____

0 10

นิ่มเละ เหนียวนุ่ม

4. ลักษณะปรากฏ

_____

0 10

เส้นดูแห้งหยาบ เส้นมีความมันวาว เนียน

5. ความชอบรวม

_____

0 10

ไม่ชอบมาก ชอบมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ค.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณโปรตีนในแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ได้จากการผลิตตามภาวะที่เลือกมา

SOV	Sum of square	df	Mean square	F value	Pr>F
Model	191.23	9	21.25	1.66	0.2983
A	13.55	1	13.55	1.06	0.3501
B	16.13	1	16.13	1.26	0.3120
C	124.74	1	124.74	9.77	0.0261*
A2	0.71	1	0.71	0.056	0.8225
B2	1.19	1	1.19	0.093	0.7723
C2	0.92	1	0.92	0.072	0.7989
AB	13.03	1	13.03	1.02	0.3586
AC	5.31	1	5.31	0.42	0.5472
BC	15.44	1	15.44	1.21	0.3214
Residual	63.81	5	12.76		
Lack of Fit	50.03	3	16.68	2.42	0.3057
Pure Error	13.78	2	6.89		
Corrected Total	255.04	14			

* significant

A= enzyme concentration

B= temperature

C=time

ตารางที่ ค.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าร้อยละการผลิตแป้งข้าวเหนียวโปรตีนสูงที่ได้จากการผลิตตามภาวะที่เลือกมา

SOV	Sum of square	df	Mean square	F value	Pr>F
Model	49.51	9	49.51	2.09	0.2156
A	2.98	1	2.98	1.14	0.3345
B	2.73	1	2.73	1.04	0.3538
C	33.83	1	33.83	12.95	0.0156*
A2	0.57	1	0.57	0.22	0.6587
B2	0.74	1	0.74	0.28	0.6171
C2	0.27	1	0.27	0.10	0.7629
AB	2.59	1	2.59	0.99	0.3649
AC	2.40	1	2.40	0.92	0.3816
BC	2.94	1	2.94	1.13	0.3371
Residual	13.06	5	13.06		
Lack of Fit	10.11	3	10.11	2.29	0.3183
Pure Error	2.94	2	2.94		
Corrected Total	62.21	14	62.21		

* significant

A= enzyme concentration

B= temperature

C=time

ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 สมบัติทางประสาทสัมผัสของบะหมี่ white salted noodle ต้มสุก

ปริมาณการทดแทน	คุณภาพ				
(%)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ลักษณะปรากฏ	ความชอบรวม
0	9.02±0.66[a]	8.59±1.00[a]	8.98±1.14[a]	8.78±0.92[a]	8.82±1.04[a]
10	7.46±0.73[b]	7.51±1.58[b]	7.17±1.63[b]	7.55±1.35[b]	7.55±1.88[b]
20	5.27±1.39[c]	6.48±2.03[c]	5.09±1.52[c]	6.20±1.58[c]	6.20±1.81[c]
30	3.14±0.99[d]	4.91±2.62[d]	2.39±0.91[d]	4.11±1.73[d]	2.99±1.88[d]

a,b,c....ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในสดมภ์เดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกาญจนาภา เอกคณาลักษมี เกิดวันที่ 3 ตุลาคม 2523 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทาลัยศิลปากร เมื่อปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547