เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ แจ้งชัด. 2541. การแปรรูปอาหารโดยวิธีเอกซ์ทรูชัน. อุตสาหกรรมเกษตร. 9 (2): 4-8.

กล้าณรงค์ ศรีรอต. 2521. เกลือ คุณสมบัติ และการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขวัญชนก พึ่งวุฒิ และจารุพันธ์ โฉมอุไพ. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบ. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คัดนางค์ ศิริลักษณมานนท์. 2554. GABA stress trap. วารสาร Food Focus Thailand. 47(5): 1905-3487.

งามชื่น คงเสรี. ผลิตภัณฑ์จากข้าว.วารสารจาร์พา (charpa techcenter). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://library.uru.ac.th/webdb/images/charpa_rice_products.html (22 มกราคม 2554).

จิตธนา แจ่มเมฆ อรอนงค์ นัยวิกุล และปริศนา สุวรรณาภรณ์. 2540. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: 348-383.

จรูญ บุญนำ. 2541. การพัฒนาอาหารเช้ากึ่งสำเร็จรูปจากถั่วเขียว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2550. เทคโนโลยีเอกซ์ทรูดชันกับการผลิตขนมขบเคี้ยวในระดับอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ: สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2553. Collet extruder กับการแปรรูปข้าวในผลิตภัณฑ์อาหารเช้าสำเร็จรูป. วารสารอาหาร. 39(2): 131-134.

จุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2553. รักษ์สุขภาพด้วยผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญชาติพร้อมบริโภค. วารสารอาหาร. 40(2): 34-41.

ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล ยิ่งวิทย์ เจริญสุวรรณกิจ และวิชชุณี ปิ่นเกตุ. 2553. ผลของการทดแทนน้ำตาลด้วยไอโซมอลทูโลสต่อคุณภาพของคุกกี้. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1) (พิเศษ): 9-12.

ธีรพร คงบังเกิด. 2545. การปนเปื้อนของอาหารจากจุลินทรีย์และการเจริญในอาหาร การเสื่อมเสียและการถนอมอาหารชนิดต่างๆ. เอกสารประกอบการสอน. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรมอาหาร(103311) ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร. พิษณุโลก. 117 หน้า.

ประชา บุญญศิริกุล และจุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2550. การผลิตอาหารเช้าธัญพืชที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลักโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์สกรูคู่. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ (สาขาวิทยาศาสตร์). 31(4): 429-444.

ปาริชาติ หิรัญพงษ์ และวรรณา ตั้งเจริญชัย. 2551. ผลของการงอกต่อปริมาณสารชีวกิจกรรมในข้าวกล้องงอกสามสายพันธุ์.การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 34 (วทท.34) กรุงเทพฯ

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช. 2546. จุลินทรีย์ในอาหาร. คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรินทร์ ทองสร้อย และสุจิรา วรรณศิวรักษ์. 2542. ขนมขบเคี้ยวแผ่นกรอบโปรตีนสูงเคลือบกลิ่นคาราเมล. เทคนิควิจัย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรี ตั้งตระกูล. 2553. Pre-germinated GABA-rice (ข้าวกล้องงอกเริ่มงอกที่มี GABA สูง). วารสาร Food Focus Thailand. 37(4): 1905-3487.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. 2550. วิธีการประเมินความแตกต่างของผลิตภัณฑ์. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของรับของผู้บริโภค. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: หน้า 73-103.

มุกดา ฐิตะสุต และนิ่มนวล โอกูม่า. 2527. สารชีวโมเลกุล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ และจุฬาลักษณ์ จารุนุช. 2550. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางเคมีและทางภายภาพของปลายข้าวต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบเอกซ์ทรูชัน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย.

ยุทธนา พิมลศิริผล. 2553. เทคนิคการประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร. สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์นพบุรีการพิมพ์.

เยาวดี คุปตะพันธ์ ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ วันเพ็ญ มีสมญา จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร และจันทร์เพ็ญ แสงประกาย. 2544. การประเมินคุณภาพทางโภชนาการและศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าที่มีคุณค่าโภชนาการสูง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2544 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชดา สาคตระกูลวัฒนา. 2542. การพัฒนาอาหารเช้าธัญพืชอัดแท่งจากธัญพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2550. อายุการเก็บของผลิตภัณฑ์. ใน รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: หน้า 106-128. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2541. วิศวกรรมอาหาร: หน่วยปฏิบัติการในอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งนภา วิสิฐอุดรการ. 2540. การประเมินอายุการเก็บของอาหาร Shelf Life Evaluation of Foods. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฤทัยพันธ์ ศิริพละ. 2537. การศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตขนมกรอบจากธัญพืชด้วยเอกซ์ทรูเดอร์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วรินธร ยิ้มย่อง และ สุนัน ปานสาคร. 2553. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการลดความชื้นที่มีต่อปริมาณกรดแกมมาแอมิโนบิวทิริกในผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกเพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตร. รายงานการวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

วันพรรษา ชุติปัญญา และสุดารัตน์ เจียมยั่งยืน. 2551. ฤทธิ์และปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิดในข้าวกล้องงอกสมุนไพร. วารสารอาหาร. 38(4): 345-354.

วัฒนา วัชรอาภาไพบูลย์ รัฏฐา เลาหกุลจิตต์ อรพิน เกิดชูชื่น และทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย. 2007. ผลของพีเอช อุณหภูมิ และเวลาในการแช่ข้าวต่อคุณภาพของข้าวกล้องงอก. Agricultural Science Journal. 38(6): 169-172.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2554. แอกติวิตีของน้ำและการศึกษาอายุการเก็บรักษาของอาหารแห้ง. วารสารอาหาร. 40(4): 277-293.

วิไล รังสาดทอง. 2545. เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขนมอบกรอบจากธัญชาติ มอก. 1534-2541. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

สำนักข่าวต่างประเทศ กองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.healthcorners.com (6 มีนาคม 2554).

สิริรัตน์ พันธ์ไชยศรี. 2551. การพัฒนาสูตรและสภาวะการผลิตอาหารเช้าธัญชาติเสริมรำข้าวโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุลาลักษณ์ ขาวผ่อง. 2549. ผลของส่วนผสมและสภาวะการผลิตโดยกระบวนการเอกซ์ทรูชันต่อคุณภาพของอาหารเช้าธัญพืชเสริมฝักทองผง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2541. จุลชีววิทยาทางอาหาร. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร กรุงเทพฯ. 248 หน้า.

สำนักโภชนาการ. ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nutrition.anamai.moph.go.th (24 มกราคม 2554).

อรอนงค์ นัยวิกุล และลินดา พงษ์ผาสุก. 2536. อาหารเช้าจากธัญชาติ. วารสารอาหาร. 23(3): 1-6.

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

AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. (10th ed). Washington D.C., USA: The Association : St.Paul, Minnesota.

Adrian, A.P., Silvina, R.D., Carlos, R.C., Dardo, M.D.G., Roberto, L.T. and Rolando, J.G. 2008. Extrusion cooking of a maize/soybean mixture: factors affecting expanded product-characteristics and flour dispersion viscosity. Journal of Food Engineering. 87: 333-340.

Ahmad, G.N., Mubarak, A.E. and EL-Beltagy, A.E. 2008. Nutritional potential and functional properties of tempe produced from mixture of different legumes : Chemical composition and nitrogenous constituent. International Journal of Food Science and Technology. 43: 1754–1758.

Akiko, M., Takashi, K., Hitoshi, I., Taku, Y., Isei, T., Kei, T., Keiichi I., Nakayama, K., Fukami, T., Takenawa, E., Kominami, S.J., Moss, T., Yamamoto, J.N. and Masato, H. 2007. Phosholipase related inactive protein is involved in trafficking of γ 2 subunit-containing GABA receptors to the cell surface. Journal of Neuroscience. 27(7): 1692-1701.

Al-Muhtaseb, A.A.H., Hararah, M.A., Megahey, E.K., McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A. 2010. Moisture adsorption isotherms of microwave-baked Madeira cake. LWT-Food Science and Technology. 43: 1042-1049.

Alonso, R., Aguirre, A. and Marzo, F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on anti-nutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. Food Chemistry. 68: 159-165.

Altan, A., McCarthy, L.K. and Maskan, M. 2008a. Effect of screw configuration and raw material on some properties of barley extrudates. Journal of Food Engineering. 92: 377-382.

Altan, A., McCarthy, K.L. and Maskan, M. 2008b. Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. Journal of Food Engineering. 89: 24-32.

AOAC. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. (17th ed). Washington D.C., USA : The Association of Official Analytical Chemists.

Aoki, H., Uda, I., Tagami, K., Furuya, Y., Endo, Y. and Fujimoto, K. 2003. The production of a new tempeh-like fermented soybean containing a high level of γ-aminobuyric acid by anaerobic incubation with Rhizopus. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 67(5): 1018-1023.

Arai, H., Sakuma, M., Fukaya, M., Matsuo, K., Muto, K., Okumura, H., Yamamoto, H., Taketani, Y., Dui, T. and Takeda, E. 2007. Effects of a palatinose-based liquid diet (inslow) on glycemic control and the second-meal effect in healthy men. Metabolism. 56(1): 115-210.

Araya, H., Contreras, P., Alvina, M., Vera, G. and Pak, N., 2002. A comparison between an in vitro method to determine carbohydrate digestion rate and the glycemic response in young men. European Journal of Clinical Nutrition 56: 735–739.

Arhaliass, A., Legrand, J., Vavchel, P., Fodil-Pacha, F., Lamer, T. and Bouvier, J.M. 2007. The effect of wheat and maize flours properties on the expansion mechanism during extrusion cooking. Food and Bioprocess Technology. 2: 186-193.

Arora, S., Sudesh, J. and Khetarpaul, N. 2010. Effect of germination and probiotic fermentation on nutrient composition of barley based food mixtures. Food Chemistry. 119(2): 779-784.

Aston, L.M. 2006. Glycaemic index and metabolic disease risk. Proceeding of the Nutrition Society. 65: 125-134.

Barbosa-Canovas, G., Fontana, A.J.Jr., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P. 2007. Water activity in foods: Fundamentals and applications. Oxford: Blackwell Publishing.

Baublis, A., Decker, E.A. and Clydesdale, F.M. 2000. Antioxidant effect of aqueous extracts from wheat based ready-to-eat breakfast cereals. Food Chemistry. 68: 1-6.

Bell, L.N. and Labuza, T.P. 2000. Practical aspects of moisture sorption isotherm measurement and use. Minnesota: Egan Press.

Beydoun, M.A., Powell, L.M. and Wang, Y. 2008. The association of fast food, fruit and vegetable prices with dietary intakes among US adults : Is there modification by family income. Social Science and Medicine. 66: 2218-2229.

Boonyasirikul, P. and Charunuch, C. 2000. Deverlopment of corn grit-broken rice based snack food by extrusion cooking. Kasetsart Journal (Natural Science). 34: 279-288.

Brand-Miller, J.C., Ha-Holt, S., Pawlak, D.B. and Mc-Millan, J. 2002. Glycemic index and obesity. The American Journal of Clinical Nutrition. 76(1): 2815-2855.

Brennan, C.S. and Cleary, L.J. 2004. Utilisation Glucagel in the β-glucan enrichment of breads: A physicochemical and nutritional evaluation. Food Research International. 40: 291-296.

Brennan, M.A., Mert, I., Monro, J., Woolnough, J. and Brennan, C.S. 2008. Impact of guar gum and wheat bran on the physical and nutritional quality of extruded breakfast cereals. Starch/Starke. 60: 248–256.

Chaiyakul, S., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P. and Winger, R. 2008. Effect of extrusion conditions on physical and chemical properties of high protein glutinous rice-based snack. LWT-Food Science and Technology. 42(3): 781-787.

Chang, Y.H. and Ng, P.K.W. 2009. Effect of extrusion process variables on extractable ginsenosides in wheat-ginseng extrudates. Journal of Food Engineering. 57(6): 2356-2362.

Cheetham, P.S.J., Imber, C.E. and Isherwood, J. 1982. The formation of isomaltulose by immobilized *Erwinia rhapontici*. Nature. 299: 628-631.

Chen, J.-J. and Yeh, L. 2001. Effects of compositional and granular properties on the pasting viscosity of rice starch blends. Starch/Starke. 55: 203–212.

Chevanan, N., Rosentrater, K.A. and Muthukumarappan, K. 2007. Twin-screw extrusion processing of feed blends containing distillers dried grains with soluble (DDGS). Cereal Chemistry. 84(5): 428-436.

Chiang, Y.W. and Johnson, J.A. 1977. Development of breakfast cereal by extrusion. Cereal Chemistry. 54(3): 436.

Choi, I.-D., Phillips, R.D. and Resurreccion, A.V.A. 2007. Consumer-based optimization of a third-generation product made from peanut and rice flour. Journal of Food Science. 72(7): 443-449.

Da Costa, P.F.P., Ferraz, M.B.M., Ros-Polski, V., Quast, E.,Collares Queiroz, F.P. and Steel, C.J. 2010. Functional extruded snacks with lycopene and soy protein. Cienciae tecnologia de Alimentos. 30(1): 101-108.

Daemen, M.A.R.C., Hoogland, G., Cijntje, J.M. and Spincemaille, G.H. 2008. Upregulation of the GABA-transporter GAT-1 in the spinal cord contributes to pain behavior in experimental neuropathy. Neuroscience Letters. 444: 112-115.

Duric, D., Novotni, D., Bauman, I., Kricka, T. and Dugum, J. 2008. Optimization of extrusión cooking of cornmeal as raw material for bakery products. Journal of Food Process Engineering. 32(2): 294-317.

Faller, J.F., Faller, J.Y. and Klein, B.P. 2000. Physical and sensory characteristics of extruded corn/soy breakfast cereals. Journal of Food Quality. 23(1): 87-102.

Fujita, H. and Yamagami, T. 2001. Fermented soybean-derived touchi-extract with anti-diabetic effect via α-glucosidase inhibitory action in a long-term administration study with KKA^y mice. Life Sciences. 70: 219–227.

Fujibayashi, M., Kamiya, T., Takagaki, K. and Moritant, T. 2008. Activation autonomic nervous system activity by the oral ingestion of GABA. Journal of Japan Society of Nutrition and Food Science. 61: 129-133.

Gaosong, J. and Vasanthan, T. 2000. The effect of extrusion cooking on the primary structure and water solubility of β-glucans from regular and waxy barley. Cereal Chemistry. 77: 396-400.

Giuseppe, F., Elisabetta, M., Alfredo, T. and Luigi, C. 2003. GABA synthesis during cold acclimation and freezing in barley. [Online]. Available: http://www.sibv.it (30 January 2009).

Goni, I., Garcia-Aolnso, A. and Saura-Calixto, F. 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. Nutrition Research. 17(3): 427-437.

Goto, T., Matsuo, N. and Takahashi, T. 1994. CSF glutamate/GABA concentrations in pyridoxine-dependent seizures and the mechanisms of pyridoxine action in seizure control. Brain and Development. 23(1): 24-29.

Hagenimana, A., Ding, X. and Fang, T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. Journal of Cereal Science. 43: 38-46.

Haraldsson, A.-K., Rimsten, L., Alminger, M., Anderssonb, R., Amanb, P. and Sandberg, A.-S. 2005. Digestion of barley malt porridges in a gastrointestinal model: Iron dialysability, iron uptake by Caco-2 cells and degradation of β-glucan. Journal of Cereal Science. 42: 243–254.

Harvey, V.L. and Stephens, G.J. 2004. Mechanism of GABA receptor-mediated inhibition of spontaneous GABA release onto. European Journal of Neuroscience. 20: 684-700.

Hidalgo, A. and Brandolini, A. 2008. Kinetics of carotenoids degradation during the storage of Einkorn (*Triticum monococcum L. ssp. onococcum*) and bread wheat (Triticum *aestivum L. ssp. aestivum*) flours. Journal of the Science of Food and Agriculture. 56: 11300-11305.

Hilton, J.W., Cho, C.Y. and Slinger, S.J. 1981. Effect of extrusion processing and steam pelleting diets on pellet durability, pellet water absorption, and the physiological response of the rainbow trout. Aquaculture. 25: 185-194.

Hoan, N.V., Mouquet-Rivier, C. and Trech, S. 2008. Effect of starch, lipid and moisture contents on extrusion behavior and extrudated characteristics of rice-based blends prepared with a very-low-cost extruder. Journal of Food Process Engineering. 33: 519-539.

Holguin-Acuna, A.L., Carvajal-Millan, E., Santana-Rodriguez, V., Rascon-Chu, A., Marquez-Escalante, J.A., Leon-Renova, N.E.P. and Gastelum-Franco, G. 2008. Maize bran/oat flour extruded breakfast cereal: A novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. Food Chemistry. 111: 654-657.

Hooda, S., and Jood, S. 2003. Effect of soaking and germination on nutrient and antinutrient contents of fenugreek (*Trigonella foenum graecum*). Journal of Food Biochemistry. 27: 165-176.

Iimure, T., Kihara, M., Hirota, N., Zhou, T., Hayashi, K. and Ito, K. 2009. A method for production of γ-amino butyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate. Food Research International. 42: 319-323.

Iwe, M.O. 1998. Effect of extrusion cooking on functional properties of mixtures of full-fat soy and sweet potato. Plant Foods for Human Nutrition. 53: 37-46.

Jangchud, K., Phimolsiripol, Y. and Haruthaithanasan, V. 2003. Physicochemical properties of sweet potato flour and starch as affected by blanching and processing. Starch/Starke. 55: 258–264.

Keogh, J.B., Lau, C.W., Noakes, M., Bowen, J. and Clifton, P.M. 2007. Effects of meals with high soluble fiber, high amylose barley variant on glucose, insulin, satiety and thermic effect of food in healthy lean women. European Journal of Clinical Nutrition. 61: 597-604.

Kilcast, D. and Subramaniam, P. 2000. The stability and shelf-life of food. Cambridge: Wood Head Publishing.

King, R.A., Noakes, M., Bird, A.R., Morell, M.K. and Topping, D.L. 2007. An extruded breakfast cereal made from a high amylose barley cultivar has a low glycemic index and lower plasma insulin response than one made from a standard barley. Journal of Cereal Science. 48: 526-530.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N. and Kimura, T. 2007. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. Journal of Food Engineering. 78: 556-560.

Krog, N. 1973. Influence of food emulsifiers on pasting temperature and viscosity of various starches. Starch/Starke. 25: 22-27.

Kroger, M. Meister, K. and Kava, R. 2006. Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: A review of the safety issues. Food Science and Technology. 5(2): 35-47.

Kruger, A., Ferrero, C. and Zaritzky, N.E. 2003. Modelling corn starch swelling in batch systems : Effect of sucrose and hydrocolloids. Journal of Food Engineering. 58: 125-133.

Labuza, T.P. and Hyman, C.R. 1998. Moisture migration and control in multidomain foods. Trends in Food Science and Technology. 35: 463-465.

Lambert, L., Rombouts, I. and Delcour, J.A. 2008. Study of nonenzymic browning in α-amino acid and γ-aminobutyric acid/sugar model systems. Food Chemistry. 111: 738-744.

Lee, C.C. and Liu, S.-D. 2008. Effect of GABA tea on quality characteristics of chiffon cake. Cereal Chemistry. 85(1): 31-38.

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

Limure, T., Kihara, M., Hirota, N., Zhou, T., Hayashi, K and Ito, K. 2008. A method for production of γ-aminobutyric acid (GABA) using barley bran supplemented with glutamate. Food Research International. 42(3): 319-323.

Lina, B.A.R., Jonker, D. and Kozianowski, G. 2002. Isomaltulose (Palatinose®): A review of biological and toxicological studies. Food and Chemical Toxicology. 40: 1375-1381.

Liu, Q.S., Pu, L. and Poo, M.-M. 2005. Repeated cocaine exposure in vovo facilitates LTP induction in midbrain dopamine neurons. Nature. 437: 1027-1031.

Ludwig, D.S., Majzoub, J.A., Al-Zahrani, A., Dallal, G.E., Blanco, I. and Roberts, S.B. 1999. High glycemic index foods, overeating and obesity. Journal of the American Academy of Pediatrics. 103(3): 1-6.

Lue, S., Hsieh, F. and Huff, H.E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effect on expansion properties, starch gelatinization and dietary fiber content. Cereal Chemistry. 68(3): 227-234.

Mahasukhonthachat, K., Sopade, P. A. and Gidley, M.J. 2010. Kinetics of starch digestion in sorghum as affected by particle size. Journal of Food Engineering. 96: 18-28.

Mahoney, C.R., Taylor, H.A., Kanarek, R.B. and Samuel, P. 2005. Effect of breakfast composition on cognitive processes in elementary school children. Physiology and Behavior. 85(5): 635-645.

Matsuzaki, A., Takano, T., Sakamoto, H. and Kuboyama, T. 1992. Relationship of palatability, grain component, amino acid in cooked rice. Journal of the Japanese Crop Science. 61: 561-567.

Mikola, M., Brinck, O. and Jones, B.L. 2001. Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat anvils. Cereal Chemistry. 78: 55-58.

Mohamed, S. 1990. Factors affecting extrusion characteristics of expanded starch-based products. Journal of Food Processing and Preservation. 14(6): 437-452.

Mukhopadhyay, N. and Bandyopadhyay, S. 2003. Extrusion cooking technology employed to reduce the anti-nutritional factor tannin in sesame (*Sesamum indicum*) meal. Journal of Food Engineering. 56: 201-202.

Nakamura, H., Takishima, T., Kometani, T. and Yokogoshi, H. 2009. Psyschological stress-reducting effect of chocolate enriched with γ-aminobutyric acid (GABA) in humans: assessment of stress using heart rate variability and salivary chromogranin A. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 60(5): 106-113.

Oh, C.H. and Oh, S.H. 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. Journal of Medicinal Food. 7(1): 19-23.

Ohtsubo, K., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T. 2005. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. Journal of Food Composition and Analysis. 18: 303–316.

Okada, M., Onodera, K., Van Renterghnem, C., Sieghart, W. and Takahashi, T. 2000. Functional correlation of GABA receptor α subunits expression with the Properties of IPSCs in the developing thalamus. Journal of Neuroscience. 20(6): 2202-2208.

Ooshima, T., Akira, I., Shiauo, S., Nobuo, O. and Shigenuki, H. 1987. Non-cariogenicity of the disaccharide palatinose in experimental dental caries of rats. American Society for Microbiology. 39(1): 43-49.

Pansawat, N., Jangchud, K., Jangchud, A., Wuttijumnong, P., Saalia, F.K., Eitenmiller, R.R. and Phillips, R.D. 2007. Effects of extrusion conditions on secondary extrusion variables and physical properties of fish, rice-based snacks. Food Science and Technology. 41(4): 632-641.

Patil, R.T., Berrios, J.D.J., Tang, J. and Swanson, B.G. 2007. Evaluation of methods for expansion properties of legume extrudates. Applied Engineering in Agriculture. 23(6): 777–783.

Pawlak, D., Bryson, I.M., Denyer, G.H. and Brand-Miller, J.C. 2001. High glycemic index starch promotes hypersecretion of insulin and higher body fat in rats without affecting insulin sensitivity. Journal of Nutrition. 131: 99-104.

Radulian, G., Rusu, E., Dragomir, A. and Posea, M. 2009. Metabolic effect of low glycaemic index diets. Nutrition Journal. 8(5): 1-8.

Rimsten, L., Haraldsson, A.-K., Anderson, R., Alminger, M., Sandberg, A.-S. and Aman, P. 2003. Effects of malting on beta-glucanase and phytase activity in barley grain. Journal of the Science of Food and Agriculture. 82: 904-912.

Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42: 1122-1125.

Sarkar, P.K., L.J. Jones, G.S. Craren, S.M. Somerset and C. Palmer. 1997. Amino acid profiles of kinema, a soybean-fermented food. Food Chemistry. 59: 69-75.

Schoch, T.J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches, in *Methods* in Carbohydrate Chemistry. Vol. IV. (Eds. Whistler, R. L. Smith, R.J. and BeMiller, J.N.). Academic Press, New York. 64: 106–108.

Sergio, G.A., Faccioli, P., Perrotta, G., Dalfino, G., Zschiesche, W., Humbeck, K., Stanca, A.M., Cattivelli, L. 2004. Large scale analysis of transcripts abundance in barley subjected to several single and combined abiotic stress conditions. Plant Science. 167: 1359-1365.

Sievert, D., Pomeranz, Y. and Abdelrahman, A. 1990. Functional properties of soy polysaccharides and wheat bran in soft wheat products. Cereal Chemistry. 67: 10-16.

Sindhu, S.C. and Khetarpaul, N. 2005. Development acceptability and nutritional evaluation of an indigenous food blend fermented with probiotic organisms. Nutrition and Food Science. 35: 20–27.

Siripatrawan, U. 2009. Shelf-life simulation of packaged rice crackers. Journal of Food Quality. 32: 224-239.

Siripatrawan, U. and Jantawat, P. 2008. A novel method for shelf life prediction of a packaged moisture sensitive snack using multilayer perceptron neural network. Expert Systems with Applications 34: 1562–1567.

Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., Ibanoglu, E. and Ibanoglu, S. 2008a. Cauliflower by-products as a new source of dietary fiber, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. Journal of Food Engineering. 87: 554-563.

Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A. and Ibanoglu, S. 2008b. The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by products. Food Chemistry. 114: 226-232.

Sunte, J., Srijesdaruk, V. and Tangwongchai, R. 2007. Effect of soaking process on Gamma-aminobutyric acid (GABA) content in germinated brown rice (Khao hom mali 105). Agriculture Science Journal. 38(5): 146-167.

Tsai, J.S., Lin, Y.S., Pan, B.S. and Chen, T.J. 2006. Antihyprtensive peptides and γ-aminobutyric acid from prozyme 6 facilitated lactic acid bacteria fermentation of soymilk. Process Biochemistry. 41: 1282-1288.

Varanyaond, W., Tungtrakul, P., Surojanametakul, V., Watansiritham, L. and Luxiang, W. 2005. Effects of water soaking on gamma-aminobutyric acid (GABA) in germ of different Thai rice varieties. Kasetsart Journal (Natural Science). 39: 411-415.

Veronica, A.O., Olusola, O. and Adebowale, E.A. 2006. Qualities of extruded puffed snacks from maize/soybean mixture. Journal of Food Process Engineering. 29: 149-161.

Watanabe, M., Meade, T., Tsuhahara, K., Kayahara, H. and Morita, N. 2004. Application of pre-germinated brown rice for breadmaking. Cereal Chemistry. 81(4): 450-455.

Yamada, K. and Kawasaki, T. 1980. Properties of the thiamine transport system in *Escherichia coli*. Journal of Bacteriology. 141: 254-261.

Yang, H., Yeh, C.S. and Lu, S. 2003. Extrusion processing of rice-based breakfast cereals enhanced with tocopherol from a Chinese medical plant. Cereal Chemistry. 80: 491-194.

Yang, Y. and Tao, W.-T. 2008. Effect of lactic acid fermentation on FT-IR and pasting properties of rice flour. Food Research International. 41: 937-940.

Yeu, K. and Lee, Y. 2008. Consumer acceptance of an extruded soy-based high-protein breakfast cereal. Journal of Food Science. 73(1): 20-25.

Yoshihiro, O., Makoto, K. and Kazutoshi, I. 2006. Food containing wheat germ obtained from wheat seed and process for producing the same. US 20070154594 A1.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. and Blanchard, C. 2002. Composition and functional properties of rice. International Journal of Food Science and Technology. 37: 849–868.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ และภาพผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ก-1

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบประเมินให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก

ผู้ประเมิน : _____ วันที่ : _____

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างทีละตัวอย่างตามลำดับการเสนอ เทตัวอย่างลงในชามแล้วตวงนมในแก้วตวงปริมาณ 30 ml ผสมลงในถ้วยที่มีตัวอย่าง แล้วทำให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์

(กรุณาบ้วนปากคั่นระหว่างการชิมตัวอย่าง)

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ทดสอบชิมก่อนผสมนม

คุณลักษณะ	รหัส		
สี			
กลิ่นโดยรวม			
รสหวาน			
รสเค็ม			
รสชาติโดยรวม			
ความกรอบ			
เนื้อสัมผัสโดยรวม			
ความชอบโดยรวม			

ทอสอบชิมหลังผสมนม

คุณลักษณะ	รหัส		
สี			
กลิ่นโดยรวม			
กลิ่นรสโดยรวม			
เนื้อสัมผัสโดยรวม			
ความชอบโดยรวม			

****ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ****

แบบประเมินให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก วันที่ : _____

คำแนะนำ : กรุณาสัมผัสตัวอย่างทีละตัวอย่างตามลำดับการเสนอ แล้วทำให้คะแนนความชอบให้ตรงกับคำอธิบายความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ **(ห้ามดมและชิมตัวอย่าง)** และทำเครื่องหมาย √ ในช่องการยอมรับหรือไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์

9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	**รหัส**							
สี								
ความกรอบ								
ยอมรับ								
ไม่ยอมรับ								

******ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ******

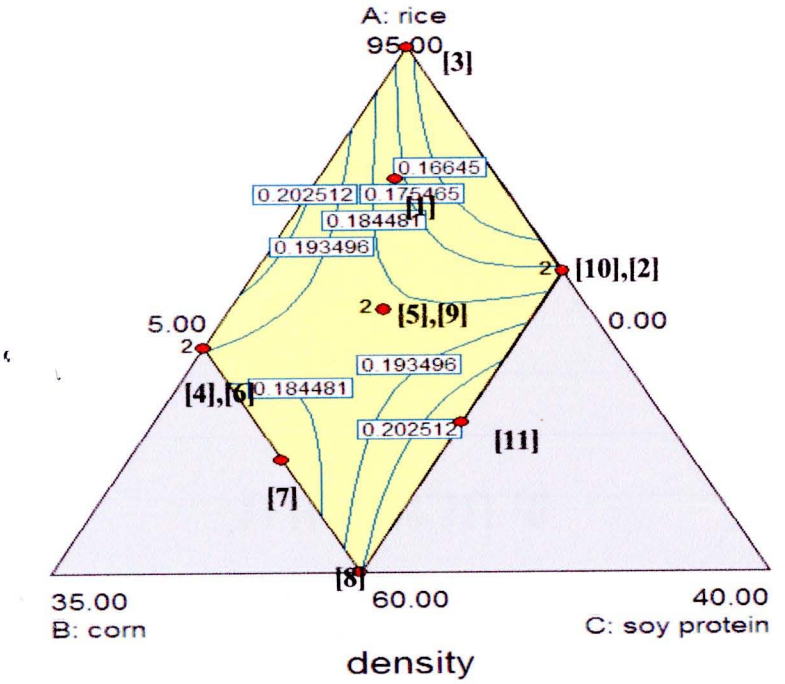
ภาคผนวก ก-2

ค่าไคว์สแควร์ (Chi-square) ที่ต้องการสำหรับความมีนัยสำคัญทางสถิติ (α) ที่ระดับระดับความเชื่อมั่นต่างๆ

	Confidence level (alpha)													
df	.99	.98	.95	.90	.80	.70	.50	.30	.20	.10	.05	.02	.01	.001
1	.00016	.00063	.0039	.016	.064	.15	.46	1.07	1.64	2.71	3.84	5.41	6.64	10.83
2	.02	.04	.10	.21	.45	.71	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	7.82	9.21	13.82
3	.12	.18	.35	.58	1.00	1.42	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	9.84	11.34	16.27
4	.30	.43	.71	1.06	1.65	2.20	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	11.67	13.28	18.46
5	.55	.75	1.14	1.61	2.34	3.00	4.35	6.06	7.29	9.24	11.07	13.39	15.09	20.52
6	.87	1.13	1.64	2.20	3.07	3.83	5.35	7.23	8.56	10.64	12.59	15.03	16.81	22.46
7	1.24	1.56	2.17	2.83	3.82	4.67	6.35	8.38	9.80	12.02	14.07	16.62	18.48	24.32
8	1.65	2.03	2.73	3.49	4.59	5.53	7.34	9.52	11.03	13.36	15.51	18.17	20.09	26.12
9	2.09	2.53	3.32	4.17	5.38	6.39	8.34	10.66	12.24	14.68	16.92	19.68	21.67	27.88
10	2.56	3.06	3.94	4.86	6.18	7.27	9.34	11.78	13.44	15.99	18.31	21.16	23.21	29.59
11	3.05	3.61	4.58	5.58	6.99	8.15	10.34	12.90	14.63	17.28	19.68	22.62	24.72	31.26
12	3.57	4.18	5.23	6.30	7.81	9.03	11.34	14.01	15.81	18.55	21.03	24.05	26.22	32.91
13	4.11	4.76	5.89	7.04	8.63	9.93	12.34	15.12	16.98	19.81	22.36	25.47	27.69	34.53
14	4.66	5.37	6.57	7.79	9.47	10.82	13.34	16.22	18.15	21.06	23.68	26.87	29.14	36.12
15	5.23	5.98	7.26	8.55	10.31	11.72	14.34	17.32	19.31	22.31	25.00	28.26	30.58	37.70
16	5.81	6.61	7.96	9.31	11.15	12.62	15.34	18.42	20.46	23.54	26.30	29.63	32.00	39.29
17	6.41	7.26	8.67	10.08	12.00	13.53	16.34	19.51	21.62	24.77	27.59	31.00	33.41	40.75
18	7.02	7.91	9.39	10.86	12.86	14.44	17.34	20.60	22.76	25.99	28.87	32.35	34.80	42.31
19	7.63	8.57	10.12	11.65	13.72	15.35	18.34	21.69	23.90	27.20	30.14	33.69	36.19	43.82
20	8.26	9.24	10.85	12.44	14.58	16.27	19.34	22.78	25.04	28.41	31.41	35.02	37.57	45.32
21	8.90	9.92	11.59	13.24	15.44	17.18	20.34	23.86	26.17	29.62	32.67	36.34	38.93	46.80
22	9.54	10.60	12.34	14.04	16.31	18.10	21.24	24.94	27.30	30.81	33.92	37.66	40.29	48.27
23	10.20	11.29	13.09	14.85	17.19	19.02	22.34	26.02	28.43	32.01	35.17	38.97	41.64	49.73
24	10.86	11.99	13.85	15.66	18.06	19.94	23.34	27.10	29.55	33.20	36.42	40.27	42.98	51.18
25	11.52	12.70	14.61	16.47	18.94	20.87	24.34	28.17	30.68	34.38	37.65	41.57	44.31	52.62
26	12.20	13.41	15.38	17.29	19.82	21.79	25.34	29.25	31.80	35.56	38.88	42.86	45.64	54.05
27	12.88	14.12	16.15	18.11	20.70	22.72	26.34	30.32	32.91	36.74	40.11	44.14	46.96	55.48
28	13.56	14.85	16.93	18.94	21.59	23.65	27.34	31.39	34.03	37.92	41.34	45.42	48.28	56.89
29	14.26	15.57	17.71	19.77	22.48	24.58	28.34	32.46	35.14	39.09	42.56	46.69	49.59	58.30
30	14.95	16.31	18.49	20.60	23.36	25.51	29.34	33.53	36.25	40.26	43.77	47.96	50.89	59.70

ที่มา : http://ecow.engr.wisc.edu/cgi-bin/get/ie/320/vischulis/supplement/chi-squaretable.pdf

ทดลองที่ 11 และ 8 ซึ่งใช้ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดร้อยละ 20 จะให้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.210 และ 0.202 ตามลำดับ (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.2 พื้นที่การตอบสนองต่อค่าความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกเมื่อผันแปรปริมาณแป้งข้าวกล้องงอก เกล็ดข้าวโพด และโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

เมื่อพิจารณาพื้นที่ตอบสนองของปริมาณ GABA พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกจะมีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้น Ohtsubo *et al.* (2005) พบว่าการผันแปรปริมาณข้าวงอกในกระบวนการเอกซ์ทรูชันมีปริมาณ GABA เพิ่มขึ้นตามร้อยละของข้าวงอกที่เพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งในสิ่งทดลองที่ 3, 1, 10 และ 2 ซึ่งประกอบด้วยปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 95, 86.25, 80 และ 80 ตามลำดับ จะมีปริมาณ GABA สูง (12.84-15.03 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักตัวอย่างแห้ง) ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 8 ซึ่งมีปริมาณแป้งข้าวกล้องงอกร้อยละ 60 จะให้ปริมาณ GABA น้อยที่สุดเท่ากับ 5.47 (ภาพที่ 4.3)

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ และทางเคมี

ภาคผนวก ข-1
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ข.1.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (วัดค่าแรงกดแตก : compression force)

การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเช้าธัญพืช เป็นการวัดค่าแรงกดแตก (compression force) ทำได้โดยการใช้เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (texture analysis) โดยดัดแปลงจาก Holguin-Acuna *et al.* (2008) ใช้ชุดวัดแบบ ottawa เพื่อวัดแรงกดลงบนอาหารเช้าธัญพืชที่ทำให้อาหารเช้าธัญพืชนี้แตกหัก ค่าแรงกดแตกจะสัมพันธ์กับค่าความแข็ง (hardness) ของอาหารเช้าธัญพืชที่วัด โดยมีสภาวะที่กำหนดในการวัดดังนี้

- ความเร็วของหัวที่เคลื่อนที่ลงก่อนสัมผัสอาหารเช้าธัญพืช มีอัตราเร็ว (pre-test speed) 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
- ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญพืช (test speed) 5.0 มิลลิเมตรต่อวินาที
- ความเร็วของหัววัดขณะเคลื่อนที่ออกจากอาหารธัญพืช (post-test speed) 10.0 มิลลิเมตรต่อนาที
- ระยะทางที่หัววัดเคลื่อนที่ลงในเนื้ออาหารเช้าธัญพืชร้อยละ 30 ของแรงกด

ทำการวัด 20 ครั้ง (ในการวัดแต่ละครั้งใช้อาหารเช้าธัญพืชจำนวน 7 กรัม เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรูปร่าง และขนาดไม่เท่ากัน ผลการทดลองจะแตกต่างกันมากเมื่อทดสอบทีละ 1 ชิ้น ดังนั้นจึงกำหนดจำนวนชิ้นในการทดสอบแต่ละครั้ง เพื่อลดความแตกต่างจากการตรวจทีละชิ้น) (ประชาและจุฬาลักษณ์ 2542) หาค่าเฉลี่ย พิจารณาค่าเฉลี่ยของแรงสูงสุดที่กดลงบนอาหารเช้าธัญพืชแล้วทำให้แตกของแต่ละตัวอย่าง (average maximum peak force) หน่วยเป็นนิวตัน

ข.1.2 การหาค่าความหนาแน่น (bulk density)

การหาค่าความหนาแน่นของอาหารเช้าธัญพืช โดยดัดแปลงจาก Chevanan *et al.* (2007) ทำได้โดยการนำอาหารเช้าธัญพืชเทลงในภาชนะที่รู้ปริมาตรแน่นอน ในระหว่างที่เทอาหารเช้าธัญพืชลงไปในภาชนะนั้น ต้องเคาะภาชนะเป็นระยะเพื่อให้อาหารเช้าธัญพืชเรียงตัวสม่ำเสมอเท่ากัน เมื่อเทอาหารจนเต็มภาชนะแล้วใช้ไม้บรรทัด สแตนเลส ปาดอาหารเช้าธัญพืชส่วนเกินออกให้เรียบเสมอขอบบนของภาชนะ ทำการเติมงาลงไปให้เต็มช่องว่างที่เหลืออยู่ในภาชนะ จากนั้นเทอาหารเช้าธัญพืชออกไปวัดน้ำหนัก แล้วงาที่เหลือในภาชนะก็นำไปวัดปริมาตร

ปริมาตรของอาหารเช้าธัญพืช = ปริมาตรของภาชนะ - ปริมาตรของงาที่เหลือในภาชนะ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

$$\text{ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)} = \frac{\text{น้ำหนักของอาหารเช้าธัญพืช}}{\text{ปริมาตรของอาหารเช้าธัญพืช}}$$

ข.1.3 การหาอัตราส่วนการพองตัว (expansion ratio)

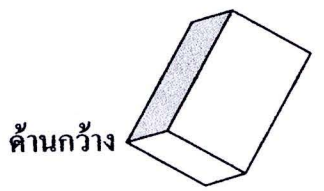
การหาอัตราส่วนการพองตัว โดยดัดแปลงจาก Chevanan *et al.* (2007) ทำได้โดยการนำผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชมาวัดทั้งด้านกว้าง และด้านยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์โดยใช้ดิจิตอล เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ค่าที่ได้นำมาหารด้วยขนาดของรูเปิดหน้าแปลนทั้งด้านกว้าง และด้านยาวที่มีขนาดด้านกว้าง 1 มิลลิเมตร และขนาดด้านยาว 3 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ค่าอัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง และอัตราส่วนการพองตัวด้านยาว ส่วนอัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด วัดได้จากการนำค่าด้านกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์คูณกับค่าด้านยาวแล้วหารด้วยขนาดพื้นที่หน้าตัดของของรูเปิดหน้าแปลน (1×3 มิลลิเมตร) แสดงสมการได้ ดังนี้ และแต่ละค่าได้จากค่าเฉลี่ยของการวัดอาหารเช้าธัญพืช 10 ชิ้น

$$\text{อัตราส่วนการพองตัวด้านกว้าง} = \frac{\text{ความกว้างของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความกว้างของรูเปิดหน้าแปลน}}$$

$$\text{อัตราส่วนการพองตัวด้านยาว} = \frac{\text{ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน}}$$

$$\text{อัตราส่วนการพองตัวของพื้นที่หน้าตัด} = \frac{\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาวของภาพตัดขวางของผลิตภัณฑ์}}{\text{ความกว้าง} \times \text{ความยาวของรูเปิดหน้าแปลน}}$$

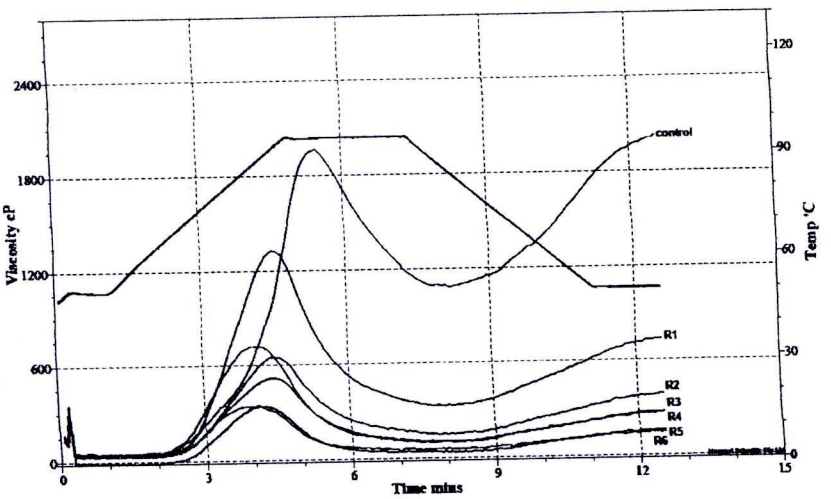
ภาพที่ ข.1 ภาพรูเปิดหน้าแปลน



ภาพที่ ข.2 ภาพรูปทรงของผลิตภัณฑ์

ข 1.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้ง

วิเคราะห์ด้วยเครื่อง rapid visco analyzer (RVA-4, Newport Scientific Pty. Ltd., Warriewood, NSW, Australia) ด้วยวิธีการดัดแปลงจาก Jangchud *et al.* (2003) ชั่งน้ำหนักแป้ง (คำนวณจากความชื้นที่วัดได้) เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ใส่ลงในเครื่อง rapid visco analyzer ซึ่งตั้งโปรแกรมอุณหภูมิและเวลาให้ความร้อนดังนี้ ช่วงแรกเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจาก 50 องศาเซลเซียส ในอัตรา 15 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และคงที่อุณหภูมินี้นาน 15 นาที แล้วค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกันจนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้นาน 30 นาที บันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ วิเคราะห์ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการเกิดความหนืด (pasting temperature) ค่าความหนืดสูงสุด (peak viscosity) ค่า breakdown และค่าการคืนตัว (setback) ตัวอย่างดังภาพที่ ข.1



ภาพที่ ข.3 ตัวอย่างกราฟ RVA ของตัวอย่างแป้งข้าวกล้องงอกที่สภาวะการแช่ต่างกัน

ข 1.5 กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย

กำลังการพองตัวและร้อยละการละลาย โดยวิธีการดัดแปลงจาก Schoch (1964) ชั่งตัวอย่างแห้ง 0.1 กรัมใส่หลอดสำหรับนำไปหมุนเหวี่ยง เติมน้ำกลั่น 15 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที (เขย่าหลอดที่ความเร็วระดับ 3) นำหลอดไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที หลังจากนั้นดูดสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ส่วนแป้งที่เหลือในหลอดนำมาชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักแป้งที่

พองตัวแล้ว) นำไปอบในตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก moisture can ที่อบแห้งแล้ว (น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ คำนวณหาร้อยละการละลาย และกำลังการพองตัวดังสมการ (1) และ (2)

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \qquad (1)$$

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})} \qquad (2)$$

ภาคผนวก ข-2
การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ข.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC 2.2.01, 2000)

การหาปริมาณความชื้นโดยใช้เตาอบลมร้อน โดยอบ Moisture Can และฝา ด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที ชั่งน้ำหนัก Moisture Can และฝา โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่อง (Sartorius A102S, Germany) ที่ความละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักอาหารเช้าธัญพืชประมาณ 3 กรัม ใส่ลงใน Moisture Can นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยไม่ปิดฝา Moisture Can เมื่อครบเวลา ปิดฝา Moisture Can แล้วนำไปใส่ไว้ใน โถดูดความชื้นปล่อยให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที นำไปอบต่อ และนำมาชั่งน้ำหนักทุกชั่วโมงจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นหน่วยเป็นร้อยละ โดยนำน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ข.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeldahl (AOAC 4.2.05, 2000)

การหาปริมาณโปรตีน โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม ลงในหลอดเคลดาห์ล เติมคะตะลิตส์ 8 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำเข้าชุดย่อยโปรตีนจนกระทั่งสารละลายใสและปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปต่อกับชุดกลั่นโปรตีน โดยนำขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีกรดบอริก 50 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ลงไป 3-5 หยด ทำการกลั่นตัวอย่าง นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนสังเกตเห็นสีชมพูปรากฏขึ้นและคำนวณหาปริมาณโปรตีนดังนี้

$$\text{โปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(V_1 - V_2) \times 0.1 \times 1.4007}{W}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการไตเตรท blank (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ข.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC 4.5.01, 2000)

การวิเคราะห์ปราณไขมันตามวิธี Sextet เป็นการสกัดไขมันในตัวอย่างที่สกัดได้โดยตรงด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ตามระยะเวลาที่กำหนด ภายหลังจากสกัดจะระเหยตัวทำละลายอินทรีย์และทำการชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

ข.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (AOAC 4.6.02, 2000)

การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยโดยวิธีการย่อยด้วยสารละลายกรดและด่าง นำส่วนที่เหลือจากการย่อยไปอบ และเผาเพื่อหาส่วนที่หายไปหลังจากการเผา ซึ่งก็คือปริมาณเส้นใย หรือสิ่งที่หายไปหลังจากการเผาส่วนอบแห้งที่เหลือจากการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลายกรดและด่าง

ข.2.5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าทั้งหมด (AOAC 33.5.05, 2000)

การหาปริมาณเถ้าโดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ผ่านการอบแห้ง จดน้ำหนักที่แน่นอนเป็นทศนิยม 4 ตำแหน่ง นำไปเผาด้วยตะเกียง Bunsen ให้หมดควัน แล้วนำมาเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง แล้วนำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และอบซ้ำหลายๆครั้งจนน้ำหนักคงที่ คำนวณหาปริมาณเถ้า หน่วยเป็นร้อยละ โดยชั่งน้ำหนักที่หายไปหารด้วยน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้คูณด้วย 100

ข.2.6 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยวิธีการคำนวณ (AOAC, 2000)

การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต หาได้จาก 100 ลบด้วยผลรวมระหว่างปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใย และปริมาณเถ้า

ข.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกทิวิตี)

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ โดยใช้เครื่อง AQUA LAB model series 3 ZDecagon Device Inc., Pullman, USA.) เปิดเครื่องไว้เป็นเวลา 30 นาที ก่อนการวิเคราะห์ให้ใส่อาหารเช้าธัญพืชที่บดละเอียดในตลับสำหรับวัดตัวอย่างประมาณ 1 ใน 3 ของตลับ จากนั้นนำไปวางในเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ รอจนกระทั่งเครื่องอ่านค่าปริมาณน้ำอิสระ จดบันทึกค่าปริมาณน้ำอิสระที่วัดได้วัดค่า 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าปริมาณน้ำอิสระที่ได้

ข.2.8 การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 1

การวิเคราะห์วิตามินบี 1 โดยวิธีการดัดแปลงจาก Yamada and Kawasaki (1980) ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม สกัดด้วย 0.1 N HCl 20 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์

5 นำสารละลายที่ได้ปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรด้วย 0.1 N HCl นำไปเจือจาง ที่ 10 เท่า นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 248 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Model Genesys 10 UV Scaning, USA) หาปริมาณรวมของปริมาณวิตามินบี 1 โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ thiamine และรายงานผลเป็นน้ำหนักมิลลิกรัมต่อน้ำหนักแห้งของแป้ง

ข.2.9 การวิเคราะห์ปริมาณ gamma aminobutyric acid (GABA)

การวิเคราะห์ปริมาณ gamma aminobutyric acid (GABA) โดยวิธีการดัดแปลงจาก Sarker *et al.* (1997) ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมัน (defat) 100 มิลลิกรัม สกัดด้วยเอลทานอลร้อยละ 70 จำนวน 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenized เป็นเวลา 1 นาที แล้วนำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสกรองด้วย membrane ขนาด 0.45 µm เติมสาร 9-fluorenylmethylchloroformate (Fmoc) จำนวน 200 µl ลงใน 200 µl ของสารละลายส่วนใสที่ได้ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 90 วินาที ทำการปรับ pH โดยการเติม cleavage reagent 120 µl ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 3.5 นาที เติม quenching reagent จำนวน 200 µl นำไปเจือจางที่ 10 เท่า กรองด้วย membrane ขนาด 0.45 µm และ 5 µl ของสารละลายที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วย HPLC หาปริมาณรวมของปริมาณ GABA โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ GABA โดยรายงานผลเป็นน้ำหนักมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่างและคำนวณปริมาณ GABA ดังนี้

$$\text{ปริมาณ GABA (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง)} = \frac{[(1/SD_{std.}) \times A_s) \times 10 \times 2}{W_s}$$

เมื่อ 1 = ปริมาณของสารมาตรฐาน (*u*g/ml)

SD_{std} = ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นที่ใต้กราฟของสารมาตรฐาน

A_s = พื้นที่ใต้กราฟของตัวอย่าง

10 = การเจือจางสารละลาย 10 เท่า

2 = ปริมาณของ Borate buffer (มิลลิลิตร)

W_s = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ข.2.10. การวิเคราะห์หาปริมาณ total starch

การวิเคราะห์หาปริมาณ total starch ตามวิธีการ AACC (2000) ชั่งตัวอย่างบดละเอียด 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 16×120 มิลลิเมตร เคาะตัวอย่างในอยู่ก้นหลอด เติมเอลทานอล 0.2 มิลลิลิตร เขย่าโดยใช้เครื่องเขย่า (vortex) เติมเอนไซม์แอลฟา-แอมิเลส (α-amylase enzyme) 3

มิลลิลิตรทันที นำหลอดทดลองแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 6 นาที โดยทำการเขย่าหลอดโดยใช้เครื่องเขย่าทุกๆ 2 นาที นำหลอดทดลองมาแช่ในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เติมเอนไซม์ แอมิโลกลูโคซิเดส (amyloglucosidase) 0.1 มิลลิลิตร ทำการเขย่า (vortex) และทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมินาน 30 นาที จากนั้นเทตัวอย่างลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 4 ทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน แล้วเทตัวอย่างใส่ในหลอดทดลองประมาณครึ่งหลอด นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง (ทำการทดลอง 2 ซ้ำ) เติม glucose determination reagent (GOPOD reagent) 3 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Model Genesys 10 UV Scaning, USA) คำนวณปริมาณ total starch โดยแทนค่าลงในตารางจาก Mega-Cal®

ข.2.11 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีน้ำตาล (GI)

วิเคราะห์ in vitro starch digestibility ตามวิธีการของ (Mahasukhonthachat *et al.*, 2010) โดยชั่งตัวอย่างบดละเอียด 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูขนาด 125 มิลลิลิตร เติมเอนไซม์ artificial saliva 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 15-20 วินาที เติมเอนไซม์ pepsin ใน HCI 0.02 M (pH 2) จำนวน 5 มิลลิลิตร ทันที นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที เป็นเวลานาน 30 นาที ทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วย NaOH 0.02 M จำนวน 5 มิลลิลิตร เติม acetate buffer 25 มิลลิลิตร และเอนไซม์ pancreatin / amyloglucosidase ใน acetate buffer จำนวน 5 มิลลิลิตร นำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่มีการเขย่า 85 รอบต่อนาที วัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสด้วย glucometer ทุกๆ 30 นาที ตั้งแต่นาทีที่ 0-180 นาทีคำนวณหาปริมาณน้ำตาลกลูโคสดังนี้

$$\text{DS (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)} = \frac{0.9 \times G_G \times 180 \times V}{W \times S(100-M)}$$

เมื่อ G_G = ปริมาตรน้ำตาลกลูโคสที่อ่านได้ (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)

0.9 = stoichiometric constant for starch from glucose contents

V = ปริมาตรของน้ำย่อย (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณสตาร์ชของตัวอย่าง (ร้อยละน้ำหนักตัวอย่างแห้ง)

M = ปริมาณความชื้นของตัวอย่าง (ร้อยละ)

180 = น้ำหนักโมเลกุลของกลูโคส

นำข้อมูลอัตราการย่อยแป้งมาสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับอัตราการย่อยแป้งตามสมการ the modified first-order kinetic ดังนี้

$$Dt = D_0 + D_{\alpha-0}(1-exp(-kt))$$

เมื่อ D_0 = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา t = 0

D_α = อัตราการย่อยสตาร์ชที่เวลา t = α

k = อัตราการย่อยตาร์ชต่อนาที

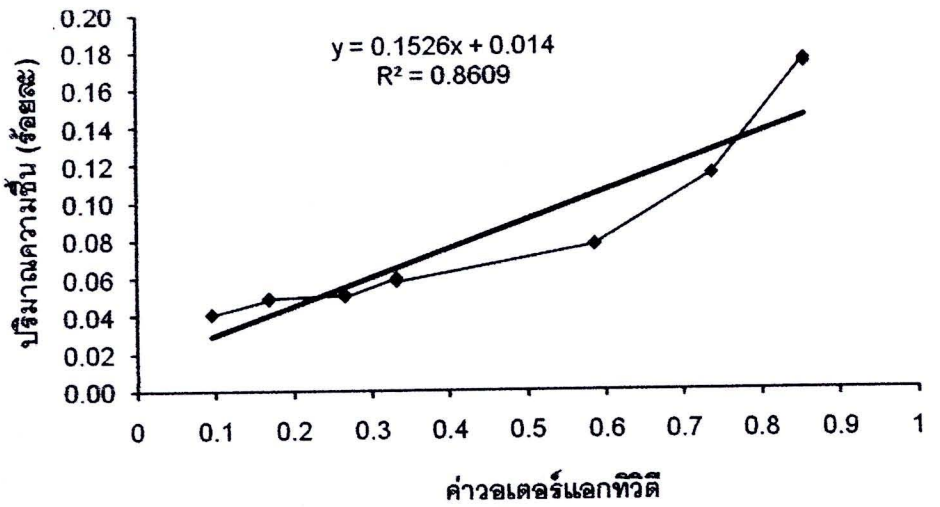
t = เวลา (นาที)

จากนั้นนำไปคำนวณหาค่าดัชนีน้ำตาลจากสมการ GI = 39.21+(0.803 × H_{90}) ตามวิธีการของ Goni *et al.*(1997)

ข.2.12 ตัวอย่างการคำนวณอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก ที่บรรจุในถุงพลาสติกชนิดลามิเนท (laminated/PE) โดยต้องการหาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์นี้ เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 70 และร้อยละ 80 ตามลำดับ โดยกำหนดให้มีค่าตัวแปรอื่นๆ ดังนี้

- ความชื้นเริ่มต้น (m_i) เท่ากับร้อยละ 0.0495 โดยน้ำหนักแห้ง (dry basis)
- อัตราส่วนพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์ต่อน้ำหนักอาหารแห้งเท่ากับ 0.027 ตารางเมตรต่อกรัม (m^2/g) คำนวณจากขนาดถุง (A = 0.09 m × 0.15 m × 2)
- Adsorption isotherm มีสมการเส้นตรงคือ m = 0.1526_{aw} + 0.014
- ความชื้นที่จุดวิกฤต (m_c) โดยจุดวิกฤตที่ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.587 โดยคำนวณจากสมการเส้นตรง คือ m_c = 0.1526(0.587) + 0.014 เท่ากับ 0.1035
- ค่าอัตราการซึมผ่านไอน้ำ (water vapor transmission rate, WVTR) ของพลาสติกชนิด (laminated/PE) เท่ากับ 0.310 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน ทำการวัดค่าที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 (g/m^2d at 38°C 80%RH)



ภาพที่ ข.4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของผลิตภัณฑ์อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอก ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดย —— หมายถึง สมการเส้นตรง และ **หมายถึง ปริมาณความชื้น**

โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นสมการเส้นตรงดังสมการ (1) มีค่า R^2 เท่ากับ 0.86 ทดสอบสมการเส้นตรงที่ได้โดยการวิเคราะห์ linear regression

$$y = 0.1526x + 0.014 \quad (1)$$

หาความชื้นสมดุลจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ดังสมการ (2)

$$m_e = (0.1526x0.80)+0.014 = 0.1360 \quad (2)$$

หาค่า p_0 ที่สภาวะใช้ในการวัดค่า WVTR ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 ดังสมการ (3) และ (4)

$$\ln p_0 = (- 5321.66 / 38+273) + 21.03 \quad (3)$$

$$p_0 = 42.60$$

$$P_0 \text{ ที่ } a_w\ 0.800 = 42.60*0.800 \quad (4)$$

$$= 34.08 \text{ mm.Hg}$$

หาค่า P/x

$$P/x = WVTR/P_0 = 0.310/34.08 = 0.009\ g/m^2.d.mm.Hg$$

หาค่า P_0 ที่ใช้ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70

$$P_0 = 73.34 \times 0.7 = 51.34\ mm.Hg$$

หาอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 70

$$\theta s = \ln \left(\frac{0.1360-0.0495}{0.1360-0.1035} \right) = 477.01 \text{ วัน}$$

$$0.009 \times 0.0009 \times 336.45$$

ดังนั้นด้วยสภาวะนี้ ทำให้อาหารเช้าธัญพืชจากข้าวกล้องงอกมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 477 วัน หรือประมาณ 68 สัปดาห์

ประวัติผู้เขียน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวศุภนุช ใส่แปง

วัน เดือน ปี เกิด 04 เมษายน 2530

ประวัติการศึกษา - ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนนวมินทราชูทิศ พายัพ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2547

- ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ปีการศึกษา 2550

ประวัติผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง และยุทธนา พิมลศิริผล (2552). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวกล้องงอก. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 19-25 พฤศจิกายน 2552. เชียงใหม่.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง และยุทธนา พิมลศิริผล (2553). ผลของสภาวะในการแช่ข้าวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงงอก. การประชุมวิชาการครั้งที่ 48. 3-6 กุมภาพันธ์ 2553. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และยุทธนา พิมลศิริผล (2553). Optimization of breakfast cereal from germinated brown rice flour using extrusion process. การประชุมวิชาการนานาชาติ (CMU-KU). 24-26 สิงหาคม 2553. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ศุภนุช ใส่แปง นิรมล อุตมอ่าง กิตติวุฒิ เกษมวงศ์ และยุทธนา พิมลศิริผล (2554). การพัฒนาสูตรอาหารเช้าธัญพืชจากแป้งข้าวกล้องหอมมะลิสายพันธุ์ KPSKD5 งอก. การประชุมวิชาการครั้งที่ 48. 1-4 กุมภาพันธ์ 2554. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.