

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2 .

กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์. หน้า 1-292.

เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข และงามชื่น คงเสรี. 2517. การแจกแจงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเมล็ดข้าวจากการรวบรวมรักษาและศึกษาลักษณะพันธุ์ข้าว. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(6).

งามชื่น คงเสรี, เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข และกิตติยา กิจควรดี. 2516. การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดข้าวและการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX(5)

งามชื่น คงเสรี. 2520. การศึกษาคุณภาพการหุงต้ม รับประทานและคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวสายพันธุ์ดีเด่นบางสายพันธุ์. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(6).

งามชื่น คงเสรี. 2542. การทดสอบคุณภาพข้าว. วารสารกสิกร: 72, 5 (กันยายน - ตุลาคม): 467-473.

งามชื่น คงเสรี. 2545. คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร หน้า 13.

จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534. ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชุติมา เลิศลักษณ์. 2540. การศึกษากระบวนการแปรรูปข้าวจากปอเนื้สำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ตติย สีหราช. 2538. สมบัติทางชีวเคมีของข้าวไทย *Orvza sativa* L. ในสภาพการปลูกที่แตกต่างกันและความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีและการหุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางอาหาร) คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. น้ำ. ใน เคมีอาหาร. หน้า 23. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียน สโตร์.

วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศุภวรรณ ถาวรชินสมบัติ, วรณช ศรีเกษฎารักษ์ และเทพฤทธิ์ ปิติฤทธิ์. 2542. การศึกษาความสัมพันธ์ทางฟิสิกส์เคมีของแป้งข้าวเจ้า กรรมวิธีการทำนมจีนและคุณภาพนมจีน. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2547. คุณภาพและมาตรฐานข้าวไทย. ใน ข้าว : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 139. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรุณี เหลืองสกุล. 2543. ผลของสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวเหนียวต่อคุณภาพขนมขบเคี้ยวจากข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

#### ภาษาอังกฤษ

- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16<sup>th</sup> ed., Washington: The Association of Official Agricultural Chemist.
- Approved Methods Committee. 1985. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, AACC Official Method 61-02. 9<sup>th</sup> ed., Minnesota.
- Arai, E., Aoyama, K., and Watabe, M. 1993. Enzymatic improvement of the cooking quality of aged rice: A main mode of protease action. Biosci., Biotechnol., Biochem. 57:911.
- Banks, S. W., and Greenwood, C. T. 1972. On hydrogen bonding in amylase. Biopolymers. 11: 321-323.
- Barber, S. 1972. Milled rice changes during ageing. In D. F. Houston (ed.), Rice: chemistry and technology. 1<sup>st</sup> ed., pp. 215-263. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Bhattacharya, K. R., and Sowbhagya, C. M. 1971. Water uptake by rice during cooking. Cereal Sci. Today. 16: 420-424.
- Bhattacharya, K. R., Sowbhagya, C. M., and Indudhara Swamy, Y. M. 1972. Interrelationship between certain physicochemical properties of rice. J. Food Sci. 37: 733-735.
- Bhattacharya, K. R., Sowbhagya, C. M., and Indudhara Swamy, Y. M. 1978. Importance of insoluble a determinant of rice quality. J. Sci. Food Chem. 29: 359-364.
- Bhattacharya, K. R., Sowbhagya, C. M., and Indudhara Swamy, Y. M. 1982. Quality profiles of rice: a tentative scheme for classification. J. Food Sci. 47: 564-569.
- Billiaderis, C. G., and Juliano, B. O. 1993. Thermal and mechanical properties of concentrated rice starch gel of varying composition. Food Chem. 48:243-250.
- Bolling, H., Hample, G., and EL BAYA, A. W. 1977. Changes in physical and chemical characteristics of rice during prolonged storage. Riso. 26: 65-69.
- Bolling, H., Hample, G., and EL BAYA, A. W. 1978. Studies on storage of milled rice for a long period. Food Chem. 3: 17-22.

- Birch, G. G., and Priestley, R. J. 1973. Degree of gelatinization of cooked rice . J. Die Starke. 25: 98-100.
- Blanshard, J. M. V. 1987. Starch granule structure and function: A physicochemical approach. In T. Gailliard (ed.), Starch: Properties and potential, pp. 16. New York: Jon Wiley and Sons.
- Branden, C., and Tooze, J. 1999. Internation to protein structure, 2<sup>nd</sup> ed., New York : Garland Publishing. .
- Cagampang, G. B., Cruz, L. J., Espiritu, S. G., Santiago, R. G., and Juliano, B. O. 1966. Studies on the extraction and composition of rice proteins. Cereal Chem. 43: 145.
- Champagne, E. T. 1996. Rice starch composition and characheristics. Cereal Foods World. 41(11): 833.
- Champagne, E. T., Richard, O. A., Bett, K. L., Gimm, C. C., Vinyard, B. T., webb, B. D., McClung, A. M., Barton, F. E. II., Lyon, B. G., Moldenhaver, K., Linscumbe, S., Mohindra, R., and Kohlwey, D. 1996. Quality evaluation of U.S. medium-grain rice during a Japanese taste analyzer. Cereal Chem. 73: 290-294.
- Charkrabathy, T. K., Dwarakanth, K. R.,and Prabhakhar, B. 1972. Studies on physico-chemical properties of some variety of rice. J. Food Sci. 9: 140.
- Chatakanonda, P., Varavinit, S., and Chinachoti, P. 2000. Relationship of gelatinization and recrystallation of cross-linked rice to glass transition temperature. Cereal Chem. 77: 272-278.
- Choudhury, N. H., and Juliano, B. O. 1980. Effect of amylase content on the lipids of mature rice grain. Phytochem. 19: 1385-1389.
- Chrastil, J. 1987. Improve colorimetric determination of amylose in starches or flours. Carbohydrate Res. 159(1): 154-158.
- Chrastil, J. 1988. Enzymic product formation curves with normal or diffusion limiled reaction measurement and in the presence of substrate receptors. Int. Biochem. 20: 683.
- Chrastil, J. 1990a. Influence of storage on enzyme in rice grain. J. Agri. Food Chem. 38: 1198-1202.
- Chrastil, J. 1990b. Protein-starch interaction in rice grains. Influence of storage on oryzenin and starch . J. Agri. Food Chem. 38: 1804-1809.
- Chrastil, J. 1990c. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperatures. J. Cereal Sci. 11: 71-85.

- Chrastil, J. 1991. Influence of storage on enzymes in rice grains. Rice Biotechnol. O. 6: 11.
- Chrastil, J. 1992. Correlations between the physicochemical and functional properties of rice. J. Agri. Food Chem. 40: 1683-1686.
- Chrastil, J. 1998. Enzymatic product formation curves with the normal or diffusion limited reaction mechanism and in the presence of substrate receptors. Int. J. Biochem. 26: 683.
- Chrastil, J., and Zorins, Z. M. 1992. Influence of storage on peptide subunit composition of rice oryzenin. J. Agri. Food Chem. 40: 927-930.
- Del Mundo, A. M., Kosco, D. A., Juliano, B. O., Siscan, J. J. H., and Perez, C. M. 1989. Sensory and instrument evaluation of texture of cooked and raw milled rices with similar starch properties. J. Texture Stud. 20: 97-110.
- Del Rosario, A. R., Brines, V. P., Vidal, A. J., and Juliano, B. O. 1968. Composition and endosperm structure of developing and mature rice kernel. Cereal Chem. 45: 225-235.
- Delwuche, S. R., McKenzie, K. S., and Webb, B. D. 1996. Quality characteristics in rice by near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. Cereal Chem. 73:257-263.
- Dhaliwal, Y. S., Sekhon, K. S., and Nagi, H. P. S. 1991. Enzymetic activities and rheological properties of stored rice. Cereal Chem. 40: 927-930.
- Fun, J., and Marks, B. P. 1999. Effects of rough rice storage conditions on gelatinization and retrogradation properties of rice flours. Cereal Chem. 76: 894-897.
- Fun, J., Marks, B. P., Daniels, M. J., and Siebenmorgen, T. J. 1999. Effects of postharvest operations on the gelatinization and retrogradation properties of long-grain rice. Trans ASAE. 42: 727-731.
- Gujral, S. H., and Kumar, V. 2003. Effect of accelerated ageing on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. J. Food Eng. 59: 117-121.
- Hamaker, B. R. 1994. The influent of rice protein on rice quality. In W. E. Marshall and J. I. Wadsworth (eds.), Rice science and technology. New York: Marcel Dekker.
- Hamaker, B. R., and Griffin, V. K. 1990. Changing the viscoelastic properties of cooked rice though protein disruption. Cereal Chem. 67(3): 261-264.
- Hamaker, B. R., and Griffin, V. K. 1993. Efect of disulfide bound-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. Cereal Chem. 70(4): 377-380.
- Hamaker, B. R., Griffin, V. K., and Moldenhaver, K. A. K. 1991. Potential influence of starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. J. Food Sci. 56(5): 1327-1329, 1346.

- Heim, R. M., and Burks, A. W. 1996. Hypoallergenicity of rice protein. Cereal Foods World. 41(11): 839.
- Hettiarachchy, N. S., Griffin, V. K., Gnanasambandam, R., Moldenhauer, K., and Siebenmorgen, T. 1997. Physicochemical properties of three rice varieties. J. Food Qual. 20(4): 44.
- Hirohata, R., and Chen, C. J. 1959. Chemical constituents of the rice produced in south-east Asia. Eiyo To Shokuryo 12: 196.
- Hizukuri, S. 1986. Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectins and its significance. Carbohydrate Res. 147: 342.
- Hogan, J. 1963. Rice research at southern Laboratory. Rice J. 66(7) : 38-41.
- Horigane, A. K., Toshima, H., Hemmi, H., Engelarr, W. M. H. G., Okubo, A., and Nagata, T. 1999. Internal hallows in cooked rice grains (*Oryza sativa* c.v. Koshihakari) observed by NMR micro imaging. J. Food Sci. 64(1): 1-5.
- Hoseney, R. C. 1994. Principles of cereal science and technology. 2<sup>nd</sup> ed., Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Indudhara Swamy, Y. M., Sowbhagya, C. M., and Bhattacharya, K. R. 1978. Changes in the physicochemical properties of rice with ageing. J. Sci. Food Tech. 29: 627-639.
- Jane, J., Kasemsuwan, T., Chen, J. F., and Juliano, B. O. 1996. Phosphorus in rice and other starches. Cereal Foods World. 41(11): 827.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. Cereal Sci. Today. 16: 344-340, 360.
- Juliano, B. O. 1972. The rice caryopsis. In D. F. Houston (ed.), Rice Chemistry and Technology.. pp. 16-74. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Juliano, B. O. 1979. Amylose analysis in rice. A review in: Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rain grain Quality.. pp. 254-260.
- Juliano, B. O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. In Process workshop on chemical aspects of rice grain quality.. pp. 69-90.
- Juliano , B. O. 1985. Criteria and tests for rice grain qualities . In B. O. Juliano (ed.), Rice Chemistry and Technology. 2<sup>nd</sup> ed ., Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Juliano, B. O., Bautista, G. M., Lugay, J. C., and Reyes, A. C. 1964a. Studies on the physicochemical properties of rice. J. Agri. Food Chem. 12: 131-138.
- Juliano, B. O., and Boulter, D. 1976. Extraction and composition of rice endosperm glutelin. Phytochem. 15: 1601-1606.

- Juliano, B. O., Cagampang, G. B., Cruz, L. J., and Santiago, R. G. 1964b. Some physicochemical properties of rice in southeast asia. Cereal Chem. 41: 275-286.
- Juliano, B. O., Onate, L. U., and del Mundo, A. M. 1965. Relation of starch composition protein connect and gelatinization temperature to cooking and eating quality of milled rice. Food Technol. 19: 1006-1011.
- Juliano, B. O., Perez, C. M., and Kaosa-Ard, M. 1990. Grain quality characteristics of export rices in selected markets. Cereal Chem. 67(2): 192-197.
- Lagedijk, J., and Dehnings, H. J. 1970. Relationship between complex formation of starch with monoglycerides and firmness of bread. Cereal Sci. Today. 15: 354-365.
- Lai, V. M. F., Lu, S., and Lii, C. 2000. Molecular characteristics influencing retrogradation kinetics of rice amylopectins. Cereal Chem. 77: 272-278.
- Lii, C., Tsai, M., and Tseng, K. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. Cereal Chem. 73(4): 415.
- Lima, I., and Singh, R. P. 1993. Objective measurement of retrogradation in cooked rice during storage. J. Food Qual. 16: 321-337.
- Lin, W. M., Chang, S. M., and Lii, C. Y. 1979. Studies on the changes of physicochemical properties of rice during storage. Bulletin of the Institute of Chemistry, Academia Sinica 26: 13-23.
- Little, R. R., and Dawson, E. H. 1960. Histology and histochemistry of raw and cooked rice kernels. Food Res. 25: 611.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.
- Marshall, W. E., and Wadsworth, J. J. 1994. Rice Science and Technology. New York. Marcel Dekker.
- Marshall, W. E., Mormand, F. L., and Goynes, W. R. 1990. Effects of lipid and protein removal on starch gelatinization in whole grain milled rice. Cereal Chem. 67(5): 458-463.
- Martin, M., and Fitzgerald, M. A. 2002. Protein in rice grains influence cooking properties. J. Cereal Sci. 36: 285-294.
- Matz, S. M. 1959. The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed. New York: The AVI Publishing Company, Inc.

- Mercier, C., Charbonniere, R., Grebaut, D., and De La Guerivere, J. F. 1980. Formation of amylase-lipid complexes by the twin-screw extrusion cooking of manioc starch. Cereal Chem. 57: 4-9.
- Meullent, J. F., Marks, B. P., Hankins, J. A., Griffin, V. K., and Daniels, M. J. 1999. Effect of rough rice drying and storage conditions on sensory profiles of cooked rice. Cereal Chem. 77: 259-263.
- Mitsuda, H., Yasumato, K., murakami, K., Kasuno, T., and Kishida, H. 1967. Studies on the proteinaceous subcellular particles in rice endosperm: Electron Microscopy and isolation. Agri. Biol. Chem. 31: 293-300.
- Moritaka, S., Sawada, K., and Yasumatsu, K. 1971. Studies on cereals. VI. Effect of fat extraction on rice quality and storage deterioration of defatted rice. Eivo To Shouryo. 24: 457-460.
- Moritaka, S., and Yasumatsu, K. 1972. Studied on cereals. X. The effect of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. Eivo To Shokutyo. 25: 59-62.
- Morrison, W. R. 1981. Starch lipids: A reappraisal. Starch/Stärke. 33 : 408.
- Morrison, W. R., Milligan, T. P., and Azudin, M. N. 1984. A relationship between the amylose and lipid content of starch from diploid cereal. J. Cereal Sci. 2: 257.
- Morrison, W. R., Tester, R. E., Gidley, M. J., and Karlas, J. 1993. Resistance to acid hydrolysis of lipid – complexed amylase and lipid-free amylase in lintnerized waxy and non-waxy barley starch. Carbohydrate. Res. 245: 289.
- Noomhorm, A., Kongseree, N., and Apintanapong, N. 1997. Effect of ageing on the quality of glutinous rice crackers. Cereal Chem. 74: 12-15..
- Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Texture Stud. 10: 131-152.
- Onate , L. U., de Mundo, A. M., and Juliano, B. O. 1964. Relationship between protein content and eating quality of milled rice. Phillipp. Agri. 17: 441.
- Ong, M. H., and Blandshard, J. M. V. 1995a. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I: Physicochemical properties and leaching behaviour of rice. J. Cereal Sci. 21: 261.269.
- Ong, M. H., and Blanshard, J. M. 1995b. The significance of starch polymorphism in commercially produced parboiled rice. Starch/Stärke. 47: 7-13.
- Palmino, E. P., Almazan, A. M., and Juliano, B. O. 1968. Physicochemical properties of protein of developing and mature rice grain. Cereal Chem. 45: 1.

- Perdon, A. A., Marks, B. P., Siebenmorgen, T. J., and Reid, N. B. 1997. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium grain c.v. Bengal. Cereal Chem. 74: 864-867.
- Perdon, A. A., Siebenmorgen, T. J., Buescher, R. W., and Gbur, E. E. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. J. Food Sci. 64: 828-832.
- Pomeranz, Y. 1992. Biochemical, functional and nutritive changes during storage. In D. B. Sauer (ed.), Storage of cereal grains and their products. 4<sup>th</sup> ed., pp. 55-141. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Pomeranz, Y., and Ory, R. L. 1982. Rice Processing and Utilization. In I.A. Wolff (ed.), Handbook of Processing and Utilization in Agriculture. Vol II. FL: CRC Press.
- Primo, E., Casas, A., Barber, S., and Benedito de barber, C. 1962. Quality of rice. VII. Organoleptic and physicochemical properties of rice grains. Rev. Agroquim. Technol. Aliment. 5: 232-238.
- Pushpamma, P, and Reddy, M. U. 1979. Physico-chemical in rice and jower stored in different agroclimatic regions of Audhra Pradesh. Bulletin of Grain Tech. 17: 97-108.
- Ramesh, M., Bhattacharya, K. R., and Mitchell, J. R. 2000. Developments in understanding the basis of cooked rice texture. Critical Rev. in Food Sci. Nutri. 40(6): 449-460.
- Robin, J. P., Mercier, C., Charbonniere, R., and Guibot, J. A. 1974. Lintnerized starches, gel filtration and enzymatic studies of insoluble residues from prolonged acid treatment of potato starch. Cereal Chem. 51: 389.
- Rusell, P. L. 1987. The ageing of gels from starches of different amylose/amylopectin content studied by differential scanning calorimetry. J. Cereal Sci. 6: 147-158.
- Sanders, J. P. M. 1996. Starch manufacturing in the world. Avanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Jan. 22-26 and Feb. 19-23. AIT center, Bangkok.
- Sandhya Rani, M. R., and Bhattacharya, K. R. 1985. Rheological properties of rice flour slurries and paste. J. Food Sci. Technol. 22: 322.
- Sano, Y. 1984. Differential regulation of waxy gene expression in the rice endosperm. Theor. Appl. Genet. 68: 467.
- Schoch, T. J. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In R. L. Whistler, R. J. Smith, J. N. Bemiller, and M. L. Wolfrom (eds.), Methods in carbohydrate chemistry: Volume IV Starch. pp. 106-108. New York: Academic Press.



- Senevigen, H. D., and Billaderis, C. G. 1991. Action of  $\alpha$ -amylase on amylase-lipid complex superstructures. J. Cereal Sci. 13: 129.
- Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H., and Chikubu, S. 1974. Studies on deterioration of rice during storage . I. Changes of brown rice and milled rice during storage. J. Japanese Soc. Food Sci. Tech. 21: 597-603.
- Simpson, J. E., Adir, C. R., Kohler, G. O., Dawson, E. H., Deobald, H. J., Kester, E. B., Hogan, J. T., Batcher, O. M., and Halick, J. V. 1965. Quality Evaluation Studies of Foreign and Domestic Rices Technology. pp. 186 . Washington D. C.
- Slade, L., and Levine, H. 1991. Beyond water activity: recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. Critical Rev. Food Sci. Nutri. 30: 115-360.
- South, J. B., Morrison, W. R., and Nelson, O. F. 1991. A relationship between the amylase and lipid contents of starches from various mutants for amylase content in maize. J. Cereal Sci. 14: 267.
- Sowbhaya, C. M., and Bhattacharya, K. R. 1976. Lipid autoxidation in rice. J. Food Sci. 41: 1018-1023.
- Suzuki, Y., Ise, K., Li, C., Honda, I., Iwai, Y., and Matsukura, U. 1999. Volatile components in stored rice (*Oryza sativa* L.) of varieties with and without lipoxygenase-3 in seeds. J. Agri. Food Chem. 47: 1119-1124.
- Swinkles, J. J. 1985. Source of starch, its chemistry and physics. In G.M.A. Van Beynum, and J. A. Roels (eds.). Starch conversion technology. pp. 15-46. New York: Marcel Dekker.
- Tamaki, M., Tashiro, T., Ishikawa, M., and Ebata, M. 1993. Physico-ecological studies on quality formation of rice kernel. IV Effect of storage on eating quality of rice. Japan. J. Crop Sci. 62: 540-546.
- Tester, R. F., and Morrison, W. R. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylase, and lipids. Cereal Chem. 67: 551-557.
- Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. 1983. Cooking flavour and texture of rice stored under different conditions. Agri. Biol. Chem. 47: 543-549.
- Villareal, C. P., and Juliano, B. O. 1986. Waxy gene factor and residual protein of rice starch granules. Starch/Stärke . 38 : 118.
- Villareal, R. M., Resurreccion, A. P., Suzuki, L. B., and Juliano, B. O. 1976. Changes in physicochemical properties of rice during storage. Starch/Stärke. 28:88-94.

- Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano (ed.), Rice Chemistry and Technology, pp. 415-420. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Whitaker, J. R. 1994. Principles of enzymology for the food sciences. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Williams, V. R., Wu, W. T., Tsai, H. Y., and Bates, H. G. 1958. Varietal differences in amylase and content of rice starch. J. Agri. Food Chem. 6: 47-48.
- Yusumatsu, K., and Moritaka, S. 1964. Fatty acid compositions of rice lipid and their changes during storage. Agri. Biol. Chem. 28: 257-264.
- Zhout, Z., Rabardst, K., Helliwellt, S., and Blanchard, C. 2002. Ageing of stored Rice: Changes in chemical and physical attributes. J. Cereal Sci. 35: 65-78.

๔

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
วิธีการวิเคราะห์ทางกายภาพ

ก1 การวัดสีของผลิตภัณฑ์

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องวัดสี Minolta chroma meter (รุ่น CR 300 series บริษัท Minolta จำกัด, ประเทศไทย)

วิธีการวัด

1. เปิดสวิตช์ Power พร้อมกับกดปุ่ม All Data Clear
2. กดปุ่ม Index set และกดปุ่มเลื่อนทุกครั้งที่จะกดหน้าจอ เลือกแหล่งแสง C หรือ D65 โดยกดปุ่ม  $\leftarrow$  หรือ  $\rightarrow$  เพื่อเลือกแหล่งแสงที่ต้องการ
3. กดปุ่ม calibrate เพื่อป้อนค่า x y z ให้ป้อนค่าตามแผ่น calibrate
4. Calibrate โดยนำหัววัดวางบนแผ่น calibrate
5. กดปุ่ม measure รอจนเกิดการสะท้อนของแสงครบ 3 ครั้ง
6. กดปุ่ม Color space select เพื่อเลือกระบบสีที่ต้องการใช้งาน เช่น L , a , b เป็นต้น
7. วางหัววัดสีบนตัวอย่างและกดปุ่ม Measure รอให้แสงกระพริบหยุดก่อน แล้วจึงวัดตัวอย่างต่อไป
8. ถ้าต้องการวิเคราะห์สถิติให้กดปุ่ม stat เครื่องที่จะแสดงค่า Max, Min, Mean และ SD

ค่าที่อ่านได้จากเครื่องคือ ค่า L a และ b โดยที่

ค่า L แทนค่าความสว่าง

ค่า a แทนค่าสีแดง โดย (+) แทนค่า สีแดง

(-) แทนค่า สีเขียว

ค่า b แทนค่าสีเหลือง โดย (+) แทนค่า สีเหลือง

(-) แทนค่า สีน้ำเงิน

E คือ ค่าสี

$$E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$$

จากสมการ  $E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$

และ  $\Delta E$  คือ ค่าความแตกต่างของสี

$$\text{จากสมการ } \Delta E = \sqrt{(L_n - L_0)^2 + (a_n - a_0)^2 + (b_n - b_0)^2}$$

โดย

ค่า L แทนค่าความสว่าง :  $L_n$  แทนค่าความสว่างของข่าวสารในเดือนที่ n

$L_0$  แทนค่าความสว่างของข่าวสารใหม่

ค่า a แทนค่าสีแดง โดย (+) a แทนค่า สีแดง

(-) a แทนค่า สีเขียว

: (+)  $a_n$  แทนค่าสีแดงของข้าวสารในเดือนที่ n, (+)  $a_0$  แทนค่าสีแดงของข้าวสารใหม่

(-)  $a_n$  แทนค่าสีเขียวของข้าวสารในเดือนที่ n, (-)  $a_0$  แทนค่าสีเขียวของข้าวสารใหม่

ค่า b แทนค่าสีเหลือง โดย (+) b แทนค่า สีเหลือง

(-) b แทนค่า สีน้ำเงิน

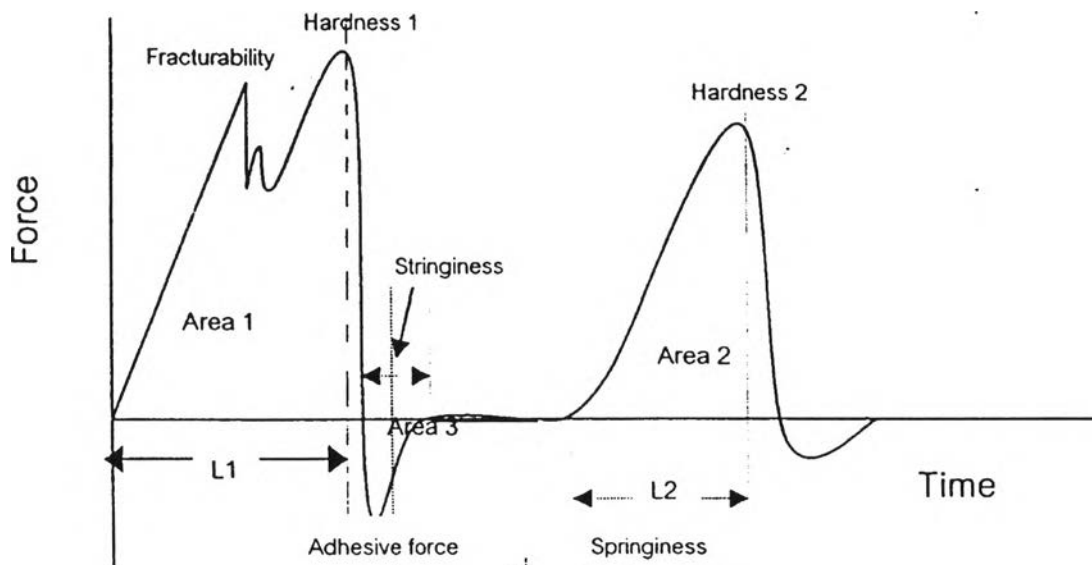
: (+)  $b_n$  แทนค่าสีเหลืองของข้าวสารในเดือนที่ n, (+)  $b_0$  แทนค่าสีเหลืองของข้าวสารใหม่

(-)  $b_n$  แทนค่าสีน้ำเงินของข้าวสารในเดือนที่ n, (-)  $b_0$  แทนค่าสีน้ำเงินของข้าวสารใหม่

ก2 การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer ตามวิธีของ Gujral and Kumar (2003)

#### Texture Profile Analysis (TPA)

เป็นการทดสอบที่เลียนแบบการบดเคี้ยวของมนุษย์ เครื่องมือที่ใช้วัดเนื้อสัมผัส เช่น Texturometer หรือ Instron สามารถทำการทดสอบแบบนี้ได้ ข้อมูลที่ได้จากกราฟ สามารถคำนวณค่าที่บ่งถึงค่าทางประสาทสัมผัสได้ ตามรูปที่ ก1



รูปที่ ก1 Texture profile analysis curve ที่วัด โดยใช้เครื่อง Texture analyzer

ค่าที่ได้จาก TPA

hardness : peak ของกราฟที่ได้จากการกดครั้งที่ 1



fracturability (brittleness) : ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนความชันครั้งแรกของกราฟที่ได้จากการกดครั้งที่ 1

cohesiveness : สัดส่วนของพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการกดครั้งที่ 2 ต่อพื้นที่ใต้กราฟที่ได้จากการกดครั้งที่ 1 (Area 2/Area 1)

adhesiveness : งานที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดออกจากตัวอย่าง (Area 3)

springiness (elasticity) : ความสูงของตัวอย่าง (mm) ที่คืนกลับมาในช่วงเวลาหลังจากสิ้นสุดการกดครั้งที่ 2 และก่อนการกดครั้งที่ 2 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับเวลาในช่วงของการกดครั้งที่ 2 (L2) หรืออาจคำนวณจากสัดส่วน L2/L1 ซึ่งจะให้ค่าที่เทียบเท่ากับตัวอย่างก่อนการกด ซึ่งเป็นค่าที่ถูกต้องมากกว่า ทั้งยังสามารถใช้ค่าในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จาก TPA test ในสถานะการทดสอบที่ต่างกัน

guminess : hardness x cohesiveness

chewiness : gumminess x springiness (L1 / L2)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. หม้อหุงข้าวอัตโนมัติ (ยี่ห้อ Panasonic รุ่น SR-706N บริษัท Matsushita Home Appliance (Thailand) co., Ltd. )
2. เครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) (รุ่น TA-XT2 บริษัท Stable Microsystem, U.K.)

### วิธีการเตรียมตัวอย่าง

หุงข้าวในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวเท่ากับ 1:2.4 (งามชื่น คงเสรี, 2545) เป็นเวลา 20 นาที

### วิธีการวัด

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และ Texture analyzer
2. calibrate force ก่อนใช้ทุกครั้ง
3. ประกอบชุดเครื่องมือสำหรับการวัดโดยมีหัววัด P5 = 5 mm diameter cylinder stainless และ adapter ต่อเข้ากับเครื่องวัด และ calibrate probe โดยตั้งความสูงของหัววัดห่างจากฐานเท่ากับ 8 มิลลิเมตร และ calibrate probe ก่อนทุกครั้งที่จะวัด
4. เลือกรูปแบบการวัดดังต่อไปนี้

Model : Texture profile analysis (TPA)

Pretest : 1 mm/s

Test Speed : 1 mm/s

Post speed : 1 mm/s

Time : 1.00 sec

Distance : 60 %

5. วางข้าวสุก 1 เมล็ด ลงบนฐาน เมื่อเริ่มการวัดเครื่องคอมพิวเตอร์จะแสดงกราฟที่วัดออกมา ข้อมูลที่ได้จากกราฟ นำมาคำนวณค่า hardness

ก3 การวัดขนาดความกว้าง ความยาว , อัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าวสาร, น้ำหนักของข้าวสาร 100 เมล็ด และพื้นที่ผิวของข้าวสาร ตามวิธีของ Bhattacharya and Sowbhagya (1971)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

- micrometer

### วิธีการวัด

1. เลือกเมล็ดข้าวที่มีลักษณะเต็มเมล็ด โดยสมบูรณ์จำนวน 100 เมล็ด ชั่งน้ำหนักและนำมาจัดเรียงตามความยาวและความกว้าง
2. วัดความยาว (L) ความหนา (T) และความกว้าง (W) ของเมล็ดข้าวโดยใช้ micrometer บันทึกข้อมูล คำนวณหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคำนวณอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้างของเมล็ดข้าว (L/W ratio) คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$L/W \text{ ratio} = \frac{\text{ความยาวเฉลี่ยของเมล็ดข้าวสาร (มิลลิเมตร)}}{\text{ความกว้างของเมล็ดข้าวสาร (มิลลิเมตร)}}$$

$$\text{พื้นที่ผิวของเมล็ดข้าวสาร (s)} = \frac{3}{4} P * L, P = \text{ขอบเขตของรูปวงรี}$$

$$\text{โดย } P = \pi \sqrt{[(W^2 + T^2)/2]}$$

ก4 การทดสอบคุณภาพการหุงต้ม (cooking quality test)

ก4.1 การหาเวลาที่น้อยที่สุดในการหุงต้ม (minimum cooking time) ตามวิธีของ Gujral และ Kumar คณะ (2003)

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวประมาณ 2 กรัม และปีเปิดน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองและนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส
2. หาเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มข้าวที่ทำให้ข้าวสุกได้ทั่วทั้งเมล็ด โดยนำเมล็ดข้าวที่ต้มที่เวลาต่าง ๆ มาบดโดยใช้แผ่นกระจกสไลด์ 1 คู่ และส่องผ่านแสง จนกระทั่งมองไม่เห็นจุดสีขาวในเมล็ดข้าว บันทึกเวลาที่น้อยที่สุดในการต้มข้าว

ก4.2 การหาค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%solid loss) ตามวิธีของ Gujral และ Kumar คณะ (2003)

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งเมล็ดข้าวสารประมาณ 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักข้าวสารที่แน่นอน) และปีเปิดน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ซึ่งเท่ากับเวลาที่ใช้ในการหุงข้าวในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติ
2. เทน้ำต้มข้าวลงในจานอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอน และนำจานอะลูมิเนียมที่ใส่น้ำต้มข้าวไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักจานอะลูมิเนียมที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักของแข็งที่ออกมาจากเมล็ดข้าว คำนวณค่า % solid loss

$$\% \text{ Solid loss} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งที่ออกมาจากเมล็ดข้าว} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งของข้าวสารเริ่มต้น}}$$

ก4.3 การหาค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวสาร (Water uptake of cooked rice) ตามวิธีของ Gujral และ Kumar คณะ (2003)

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งเมล็ดข้าวสารประมาณ 2 กรัม (บันทึกน้ำหนักข้าวสารที่แน่นอน) ปีเปิดน้ำกลั่นลงในหลอดทดลอง (ชั่งน้ำหนักและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) และนำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาทีซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการหุงข้าวโดยใช้หม้อหุงข้าวอัตโนมัติ
2. เทน้ำต้มข้าวออกและชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของข้าวสุก คำนวณได้จากผลต่างของน้ำหนักหลอดทดลองและข้าวสุกหลังต้มกับน้ำหนักหลอดทดลองและน้ำหนักข้าวสารเริ่มต้น และคำนวณหาค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าว



$$\% \text{ Water uptake} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสุกที่เพิ่มขึ้น}}{\text{(น้ำหนักแห้งของข้าวสารเริ่มต้น - solid loss)}} \times 100$$

๕

**ภาคผนวก ข**  
**วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี**

ข1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (1995) (section 32.1.03)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, รุ่น 600 บริษัท Memmert จำกัด, U.S.A)
2. ถ้วยอะลูมิเนียม
3. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.,)
4. desiccator

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 2-3 กรัม ลงในถ้วยอะลูมิเนียม (อบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักถ้วยเปล่าไว้)
2. นำตัวอย่างที่ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator
3. จากนั้นชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง แล้วลบด้วยน้ำหนักถ้วยเปล่า จะได้ น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ
4. คำนวณปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

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

ข2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (1995) (section 32.1.03)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (ประกอบด้วย digestion unit รุ่น K-424, distillation unit รุ่น B-324, scrubber รุ่น B-414 บริษัท BUCHI, Switzerland)
2. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น AB204 จากบริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.,)

### สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (A.R. grade)
2. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 0.1 N
3. สารละลายบอริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 4 %
4. selenium reagent mixture (A.R. grade)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์

เตรียมโดยผสมสารละลาย methyl blue 0.2 % ในแอลกอฮอล์ แล้วกรอง 25 มิลลิลิตร กับ สารละลาย methyl red 0.2 % ในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

### วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 กรัม ลงในหลอดย่อยโปรตีน
2. เติม selenium reagent mixture ซึ่งใช้เป็นสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ประมาณ 5 กรัม และ กรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
3. นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่อง BUCHI digestion unit โดยใช้ความร้อน เบอร์ 8 และปิดฝาด้านบนที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดไอน้ำ (scrubber) ย่อยตัวอย่างจนส่วนผสมในหลอดย่อยกลายเป็นสีเขียวใส และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. ทำความสะอาดเครื่องก่อนใช้งานโดยนำพลาสติกที่เติมน้ำกลั่น และโดยตั้งโปรแกรม preheat และ cleaning และเมื่อทำความสะอาดเครื่องเสร็จ นำพลาสติกที่เติมสารละลายบอริก 4 % และหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด ต่อเข้ากับปลาย condenser ของเครื่องกลั่น
5. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เลือกโปรแกรม distillation โดยตั้งโปรแกรม ดังนี้

NaOH	60	ml
Boric acid	50	ml
H <sub>2</sub> O	50	ml
Time	6	min

6. ในระหว่างการกลั่นจะเกิดแอมโมเนียขึ้น แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกจับไว้ด้วยสารละลายบอริก จะได้สารละลายสีเขียว เมื่อกลั่นครบตามกำหนดเวลา
7. ล้างส่วนปลายของ condenser ด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในพลาสติกที่รองรับสิ่งที่กลั่นได้

8. นำสารละลายที่กลั่นได้ในพลาสติกทั้งหมดมาไตเตรตด้วยสารละลายไฮดรอกลอริกมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ (end point) เป็นสีม่วงแดง
9. ทำตัวอย่างควบคุม (control) โดยเตรียมเหมือนกับข้อ 2 และวิเคราะห์ผลเช่นเดียวกับตัวอย่าง
10. คำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \frac{(V_a - V_b) \times N \times CF}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง(กรัม)}}$$

เมื่อ  $V_a$  คือ ปริมาตรของกรดไฮดรอกลอริกที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

$V_b$  คือ ปริมาตรของกรดไฮดรอกลอริกที่ใช้ในการไตเตรต blank (มิลลิลิตร)

$N$  คือ ความเข้มข้นของกรดไฮดรอกลอริกที่ใช้ไตเตรต มีหน่วยเป็น Normal

$CF$  คือ Conversion Factor สำหรับเปลี่ยนไนโตรเจนให้เป็นโปรตีน

(ในการทดลองใช้ 5.95 )

ข3 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (1995) (section 32.1.05)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace) (รุ่น 201 จากบริษัท Carbolite, U.K. )
2. crucible
3. hot plate
4. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 จากบริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.,)
5. desiccator

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน 3-5 กรัม ใส่ในครุซิบิลที่เผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว
2. นำตัวอย่างไปเผาโดยใช้ hot plate ในตู้ดูดควัน จนกระทั่งตัวอย่างหมดควัน
3. นำตัวอย่างไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
4. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
5. ชั่งน้ำหนักเถ้าที่ได้และคำนวณหาปริมาณเถ้า

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

ข4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (1995) (section 32.1.13)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสกัดไขมัน (Soxtec Automatic) (รุ่น Avanti 2050 บริษัท Perstorp Analytical, Sweden)
2. thimble
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (รุ่น 600 บริษัท Memmert , U.S.A)
3. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (บริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.,)
4. desiccator

#### สารเคมี

1. petroleum ether b.p. 40-60 °C (A.R. grade)

#### วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2-3 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง whatman No.1 และใส่ห่อตัวอย่างลงใน thimble
2. ใส่ thimble ซึ่งมีตัวอย่างของผลิตภัณฑ์บรรจุอยู่ในขวดสกัดที่แห้งสนิทและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
3. เติม petroleum ether ซึ่งใช้เป็นตัวสกัด 80 มิลลิลิตร ลงในขวดสกัด
4. สกัดไขมันเป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ของ silicon coil ซึ่งเป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สกัด
5. ระเหยส่วนของ petroleum ether ออกจากส่วนไขมันที่สกัดได้ แล้วอบขวดสกัดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่
6. ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักขวดสกัด

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{\text{ปริมาณ ไขมันที่สกัดได้ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ข5 การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย ตามวิธีของ AOAC (1995) (section 4.6.02 )

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. crucible
2. ตู้อบลมร้อน (hot air oven ) (รุ่น 600 จากบริษัท Memmert , U.S.A)
3. เตาเผา (muffle furnace) (รุ่น 201 จากบริษัท Carbolite, U.K.)
4. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (จากบริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.,)
5. desiccator

#### สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 1.25 % (v/v)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) ความเข้มข้น 1.25 % (w/v)
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 %

#### วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วทั้งหมดใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 1.25 % ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ต้มเดือดนาน 30 นาที สังเกตปริมาตรของสารละลาย หากลดลงปรับปริมาตรโดยใช้น้ำร้อน
3. กรองตัวอย่างที่ถูกลบด้วย buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง whatman No.1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
4. นำกากมาขยี้ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1.25 % ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มเดือดนาน 30 นาที โดยควบคุมปริมาตรของสารละลายเช่นเดียวกับข้อ 2
5. กรองตัวอย่างที่ขยี้ด้วย buchner funnel ที่รองด้วยกระดาษกรอง whatman No.1 โดยใช้ความดันสุญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง
6. กรองผ่านกระดาษกรอง whatman No. 42 ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน
7. ล้างกากที่ได้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 25 มิลลิลิตร 2 ครั้ง
8. นำกากที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงหรือน้ำหนักคงที่
9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก จะได้เป็นน้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา
10. นำตัวอย่างใส่ในครุชีเบลที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
11. เผาครุชีเบลพร้อมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว

12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังผา นำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใย

$$\text{ปริมาณเส้นใย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนผา (กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังผา (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้งที่สกัดไขมัน (กรัม)}} \times 100$$

ข6 การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (\%)} = 100 - (\% \text{โปรตีน} + \% \text{เถ้า} + \% \text{เส้นใย} + \% \text{ไขมัน})$$

ข7 การวิเคราะห์หา % degree of gelatinization ของข้าวสุก (Birch and Priestley, 1973 อ้างถึงใน ชูติมา เลิศลักษณ์, 2540)

สารเคมี

1. iodine reagent (เตรียมโดยชั่ง  $I_2$  2 กรัม และ KI 4 กรัม ในบีกเกอร์ ละลายและปรับปริมาตร โดยใช้น้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
2. 10 M NaOH (เตรียมโดยชั่ง NaOH 40 กรัม ในบีกเกอร์ ละลายและปรับปริมาตรโดยใช้น้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
3. 0.5 N HCl (เตรียมโดยเปิดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 41 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร)

วิธีการทดลอง

a. การทำกราฟมาตรฐาน

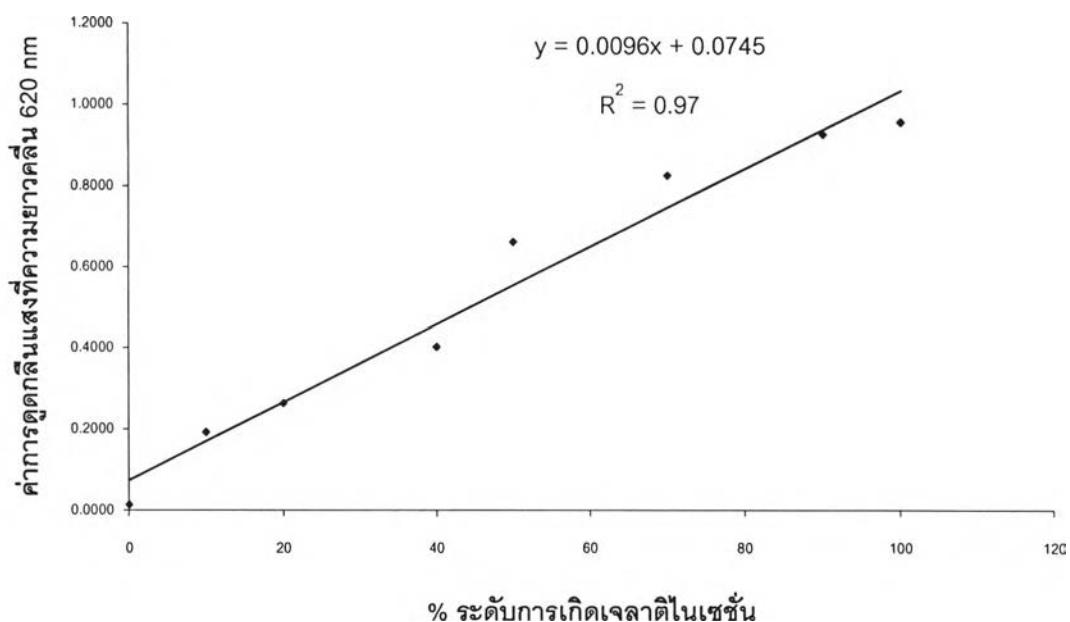
1. นำตัวอย่างข้าวใส่หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่ความดัน 15 psi เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวเกิดเจลลิตินในเซชัน 100 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำให้ข้าวแห้งโดยอบในตู้อบร้อน ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส บดข้าวที่ผ่านการเจลลิตินในเซชัน 100 เปอร์เซ็นต์ ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh
2. ผสมแป้งข้าวสุกในข้อ 1 กับข้าวดิบที่ผ่านการบด และร้อนผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh เพื่อให้อัตราส่วนการเกิดเจลลิตินในเซชันของแป้งเป็น 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์ และชั่งน้ำหนักของข้าวผสมเท่ากับ 0.2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพูนขนาด 100 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่น 98 mL แล้วเติมสาร 10 M NaOH 2 mL เขย่าเบา ๆ เป็นเวลา 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 2000 x g

4. ปิเปตส่วนใสมมา 10 mL ใส่ในขวดปริมาตร (volumetric flask) 100 mL เติมกรด 0.5 M HCl 4 mL
5. เติมไอโอดีนรีเอเจนต์ (iodine reagent) 1 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 mL เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน

b. การวิเคราะห์ห้ระดับการเกิดเจลลิตินในเซชันของตัวอย่าง

1. หุงข้าวในหม้อหุงข้าวอัตโนมัติโดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อข้าวเท่ากับ 1:2.4 (งามชั้น คงเสรี, 2545) เป็นเวลา 20 นาที และนำข้าวสุกที่ได้มาอบที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส แล้วนำข้าวไปบดและร่อนผ่านตะแกรงบดขนาด 200 mesh
2. จากนั้นชั่งตัวอย่างแป้งข้าวที่ได้จากข้อ 1 จำนวน 0.2 กรัม เติมน้ำ 98 mL และเติม 10 M NaOH 2 mL เขย่าเบาๆ และนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 2000 x g
3. ปิเปตส่วนใสมมา 10 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมกรด 0.5 M HCl 4.0 ml
4. เติมไอโอดีนรีเอเจนต์ 1 mL ปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
5. นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่วัดได้มาหาระดับการเกิดเจลลิตินในเซชันจากกราฟมาตรฐาน





รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานแสดงระดับการเกิดเจลาตินเนสซัน (%) ของข้าวสุก วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้ spectrophotometer

ข.8 การสกัดไขมันในแป้ง (Chrastil, 1987)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toder (Thailand) Ltd.,)
2. magnetic stirrer (Agimatic-N) และ magnetic bar
3. เครื่อง centrifuge (รุ่น Mikro 22R บริษัท Hettich (Zentrifugen), Switzerland)

#### วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้งข้าว 0.1-0.2 กรัม (ทศนิยมอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง) บันทึกรน้ำหนัก ในหลอดทดลอง และเติม methanol 85 % จำนวน 5 มิลลิลิตร สกัดแป้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยเขย่าเป็นครั้งคราว
2. นำตัวอย่างแป้งที่สกัดไขมัน มาเหวี่ยงแยกด้วยเครื่อง centrifuge ปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 3,000 x g เป็นเวลา 15 นาที ทิ้งส่วนใส และนำส่วนของตะกอนแป้งมาสกัดอีก 3 ครั้ง ตามวิธีการทดลองในข้อ 1

## ข9 การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสที่ละลายน้ำร้อน (Juliano,1971)

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Lambda 25 รุ่น UV/VIS บริษัท Perkin Elmer, USA )
2. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toderо (Thailand) Ltd., )

### สารเคมี

1. อะไมโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง น้ำหนักโมเลกุล 100,000 (บริษัท Sigma, Germany) เกรด Biochemistry
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (บริษัท Ajax Finechem, Australia) เกรด A.R.
3. เอทิลแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.
4. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.
5. ไอโอดีน และ โปแตสเซียมไอโอไดด์ (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.

### การเตรียมรีเอเจนต์

1. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น  
เปิดกรดอะซิติกเข้มข้นปริมาตร 56.9 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
2. สารละลายไอโอดีน  
ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และ โปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ผสมให้เข้ากัน ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร และเก็บในขวดสีชา
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์  
ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ จำนวน 96 มิลลิลิตร  
เปิดแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ จำนวน 96 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น
5. สารละลายมาตรฐานอะไมโลส  
ชั่งสารละลายมาตรฐานอะไมโลส 0.0400 กรัม เติมสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความ

เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

### วิธีวิเคราะห์

#### a. การสร้างกราฟมาตรฐาน

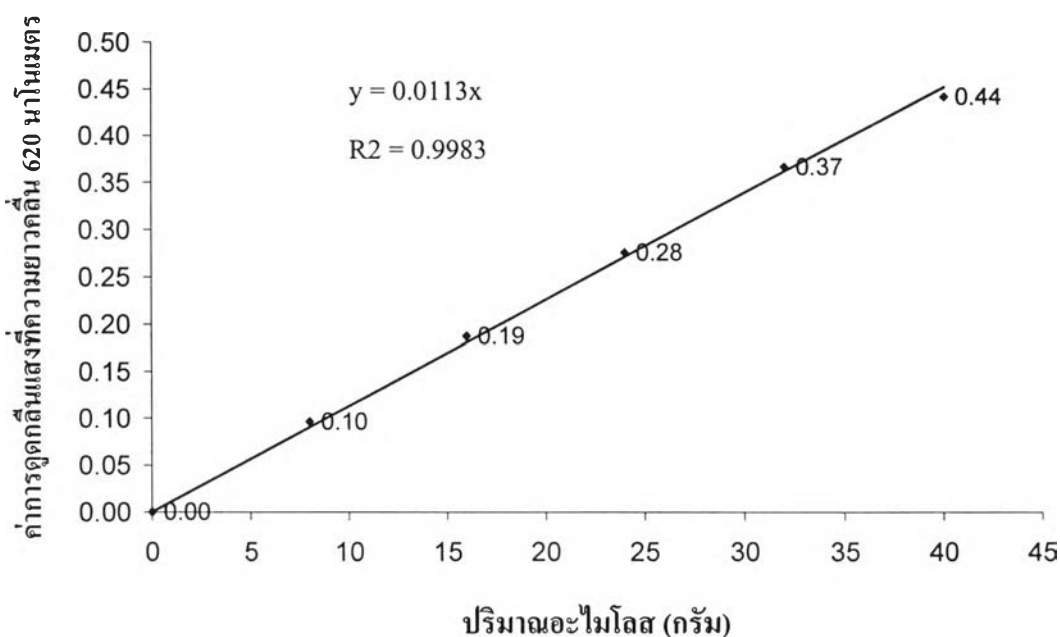
1. ชั่งอะไมโลสบริสุทธิ์จากมันฝรั่ง น้ำหนัก 0.0400 กรัม ใส่ในพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 มิลลิลิตรและเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. เตรียม blank โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 M ปริมาตร 9 มิลลิลิตรและเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ให้ความร้อนกับสารละลายข้อ 1 และ 2 ในอ่างน้ำเดือด 5 – 10 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชะสารละลายอะไมโลสในขวดวัดปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะสารละลายอะไมโลสออกมาให้มากที่สุด) ปรับปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ใบ
5. ปิเปตสารละลายกรดอะซิติคความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรทั้ง 5 ใบ ตามลำดับ
6. เติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที
7. ชะ blank ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลายมา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดอะซิติคความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที
8. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank
9. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอะไมโลส

#### b. การวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสในตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างที่ร้อนผ่านตะแกรง ขนาด 100 mesh ประมาณ 100 มิลลิกรัม (0.1 กรัม) ใส่ในพลาสติก ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 N ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5 -10 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4. ชะน้ำแข็งใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะน้ำแข็งออกมาให้ได้มากที่สุด) ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน
5. ปิเปตสารละลายจากข้อ 4 มา 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 N มา 1 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank
7. จากค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ นำไปอ่านค่าจากกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณอะไมโลส

$$\text{ปริมาณอะไมโลสที่ละลายน้ำ (\%)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน (กรัม)} \times 100 \times 20}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้ง (กรัม)}}$$



รูปที่ ข.2 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลส

ข.10 การหาปริมาณอะไมโลสทั้งหมดและ อะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำในแป้งข้าว  
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Lambda 25 รุ่น UV/VIS บริษัท Perkin Elmer, U.S.A )
2. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toderro (Thailand) Ltd.)

สารเคมี

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (บริษัท Ajax Finechem, Australia) เกรด A.R.
2. เอทิลแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.
3. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.
4. ไอโอดีน และโปแตสเซียมไอโอไดด์ (บริษัท Merck, Germany) เกรด A.R.

การเตรียมรีเอเจนต์

1. สารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น  
เปิดกรดอะซิติกเข้มข้นปริมาตร 56.9 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร
2. สารละลายไอโอดีน  
ชั่งไอโอดีน 0.2000 กรัม และ โปแตสเซียมไอโอไดด์ 2.000 กรัม ผสมให้เข้ากัน ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร และเก็บในขวดสีชา
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์  
ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4.0 กรัม ละลายและปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายเอทิลแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ จำนวน 96 มิลลิลิตร  
เปิดแอลกอฮอล์สัมบูรณ์ จำนวน 96 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างแป้งที่สกัดไขมันในวิธีการทดลองในภาคผนวก ข8 มาวิเคราะห์ปริมาณอะไมโลสทั้งหมด ตามวิธีวิเคราะห์ในภาคผนวก ข.9 b
2. ปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำร้อนคำนวณจากผลต่างระหว่างอะไมโลสทั้งหมดและอะไมโลสที่ละลายน้ำร้อน ตามวิธีในภาคผนวก ข.

### การคำนวณ

ปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายน้ำร้อน (%) = ปริมาณอะไมโลสทั้งหมด (%) – ปริมาณอะไมโลสที่ละลายน้ำร้อน (%)

### ข.11 การสกัดโปรตีนจากข้าว (Chrastil, 1990)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. magnetic stirrer (Agimatic-N) และ magnetic bar
2. เครื่อง centrifuge (รุ่น Mikro 22R บริษัท Hettich (Zentrifugen), Switzerland)

#### สารเคมี

1. petroleum ether (บริษัท Ajax Finechem, Australia )
2. methanol (บริษัท Merck, Germany)
3. sodium chloride เข้มข้น 5 %  
ชั่ง NaCl 50 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร
4. ethanol เข้มข้น 70 %  
ปีเปต absolute ethanol 554.18 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร
5. sodium hydroxide เข้มข้น 0.02 N  
เตรียมได้จากชั่ง NaOH 0.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร
6. trichloroacetic acid (TCA) เข้มข้น 70% (บริษัท Merck , Germany)
7. acetone (บริษัท Ajax Finechem, Australia )

#### วิธีการทดลอง

1. ชั่งแป้งข้าว 20 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ปีเปต petroleum ether 40 มิลลิลิตร และ methanol 40 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่เตรียมแป้งข้าว ใส่ magnetic bar ลงในบีกเกอร์และนำไปสกัดไขมันบน magnetic stirrer เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 3,000 x g เวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งและนำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดอีก 2 ครั้ง ตามวิธีเดิม
2. นำแป้งที่สกัดในขั้นตอนที่ 1 มาผึ่งให้แห้งในอากาศ จากนั้นนำมาสกัดโปรตีนที่ละลายน้ำคือ albumin และสกัดตามวิธีในข้อ 1 ด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร เป็นสารละลายที่ใช้สกัด เมื่อครบ

เวลานำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 3,000 x g เวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งและนำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดอีก 2 ครั้ง ตามวิธีเคม้นำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดในขั้นตอนต่อไป

3. นำตะกอนแข็งที่ได้จากข้อ 2 มาสกัดโปรตีนที่ละลายในสารละลายเกลือ คือ globulin สกัดตามวิธีข้างต้น โดยใช้ สารละลาย NaCl เข้มข้น 5% เป็น สารละลายที่ใช้สกัดจำนวน 100 มิลลิลิตร และสกัดซ้ำ 3 ครั้ง เมื่อครบเวลานำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 3,000 x g เวลา 15 นาที เทส่วนใสทิ้งและนำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดอีก 2 ครั้ง ตามวิธีเคม นำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดในขั้นตอนต่อไป

4. นำส่วนที่เป็นตะกอนที่ได้จากข้อ 3 มาสกัดโปรตีนที่ละลายในสารละลายแอลกอฮอล์ คือ prolamin ซึ่งสกัดโดยใช้สารละลาย ethanol เข้มข้น 70 % จำนวน 100 มิลลิลิตร สกัดและปั่นเหวี่ยงด้วยอัตราเร็วและเวลาเหมือนในข้อ 1-3 และนำตะกอนมาล้างด้วยน้ำกลั่นเพื่อกำจัดเกลือและแอลกอฮอล์ และทำซ้ำตามขั้นตอนอีก 2 ครั้ง เทสารละลายส่วนใสทิ้งและนำส่วนที่เป็นตะกอนมาสกัดในขั้นตอนต่อไป

5. นำตะกอนที่ได้จากข้อ 4 มาสกัดโปรตีนที่ละลายในสารละลายด่าง คือ glutelin หรือ oryzenin ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดในช่วง โดยใช้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.025 N จำนวน 100 มิลลิลิตร สกัดและปั่นเหวี่ยงด้วยแรงการปั่นและเวลาเหมือนในข้างต้น เก็บส่วนใสไว้และสกัดส่วนที่เป็นตะกอนด้วยสารละลายเคม อีก 2 ครั้ง และเก็บส่วนที่ใสไว้

6. ตกตะกอนโปรตีนในส่วนใสที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายตามวิธีการทดลองในข้อ 2-5 ด้วย TCA เข้มข้น 70% และนำไปปั่นเหวี่ยงในด้วยแรง 3,000 x g เป็นเวลา 15 นาที ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง และ ล้างด้วย ethanol เข้มข้น 70% 1 ครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 3,000 x g เป็นเวลา 15 นาที และล้างตะกอนที่ได้จากปั่นเหวี่ยงด้วย acetone 100 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรงและเวลาเท่าเดิม ผึ่งตะกอนให้แห้งในสภาวะสูญญากาศที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนำตะกอนที่ได้มาเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร และนำสารละลายโปรตีนที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cysteine และกรดอะมิโน cystine ตามวิธีของ Chrastil (1989) ในภาคผนวก ข.12

ข. 12 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cysteine และ cystine (Chrastil, 1989)

#### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. magnetic stirrer (Agimatic-N)
2. vortex mixer
3. spectrophotometer (Lambda 25 รุ่น UV/VIS จากบริษัท Perkin Elmer, U.S.A.)



### สารเคมี

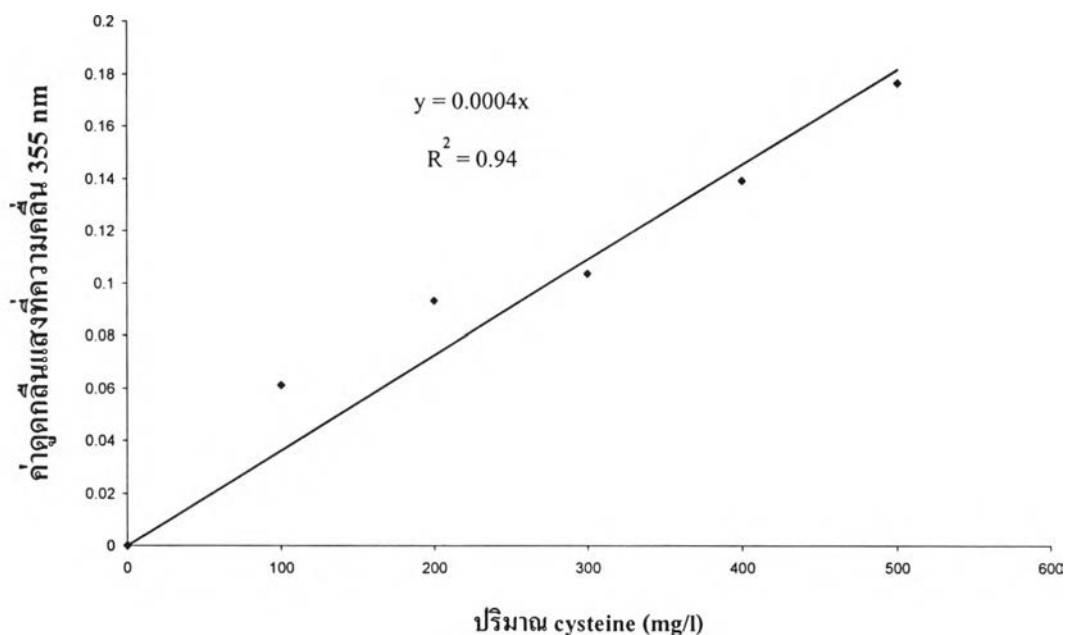
1.  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  เข้มข้น 5% (ซึ่ง  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  5 กรัม ละลายและปรับปริมาตรในน้ำกลั่น ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร)
2. กรดฟอร์มิก ( $\text{HCOOH}$ ) เข้มข้น 88 % (ปีเปตกรดฟอร์มิก 99 % จำนวน 884.67 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร)
3. L-cystine, free base ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}_2$ )
4. L-cysteine ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2\text{S}$ )
5. sodium cyanide ( $\text{NaCN}$ ) เข้มข้น 10 % (ซึ่ง  $\text{NaCN}$  10 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร)
6. sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) เข้มข้น 10 M (ซึ่ง  $\text{NaOH}$  40 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร)

#### ข.12.1 ปริมาณกรดอะมิโน cysteine

##### a. การทำกราฟมาตรฐานของกรดอะมิโน cysteine

1. ชั่งน้ำหนักของ L-cysteine และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนเท่ากับ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่นจำนวน 2 มิลลิลิตร และสารละลาย  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  เข้มข้น 5% จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที (ได้ความเข้มข้นของสารละลาย cysteine ในสารละลายตั้งต้น 2 มิลลิลิตร เท่ากับ 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ)
2. ปีเปตสารละลายในข้อ 1 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร และเติม  $\text{HCOOH}$  เข้มข้น 88 % จำนวน 23 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
3. ปีเปตสารละลายในข้อ 2 จำนวน 2.6 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และเติม  $\text{OsO}_4$  เข้มข้น 0.01 M จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่นและวัดโดยใช้ spectrophotometer





รูปที่ ข.3 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cysteine (mg/l)

b. การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cysteine

1. ปิเปตสารละลายโปรตีนที่สกัดได้จากภาคผนวก ข.11 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นปิเปตน้ำกลั่น 0.2 มิลลิลิตรและสารละลาย  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  เข้มข้น 5% จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
2. ปิเปตสารละลาย  $\text{HCOOH}$  เข้มข้น 88 % จำนวน 2.3 มิลลิลิตร ลงในข้อ 2 และผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลาย  $\text{OsO}_4$  เข้มข้น 0.01 M จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่นและวัดโดยใช้ spectrophotometer

$$\text{ปริมาณกรดอะมิโน cysteine (mg/g)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน}}{\text{น้ำหนักแป้งข้าว (กรัม)} \times 10}$$

## ข.12.2 ปริมาณกรดอะมิโน cystine

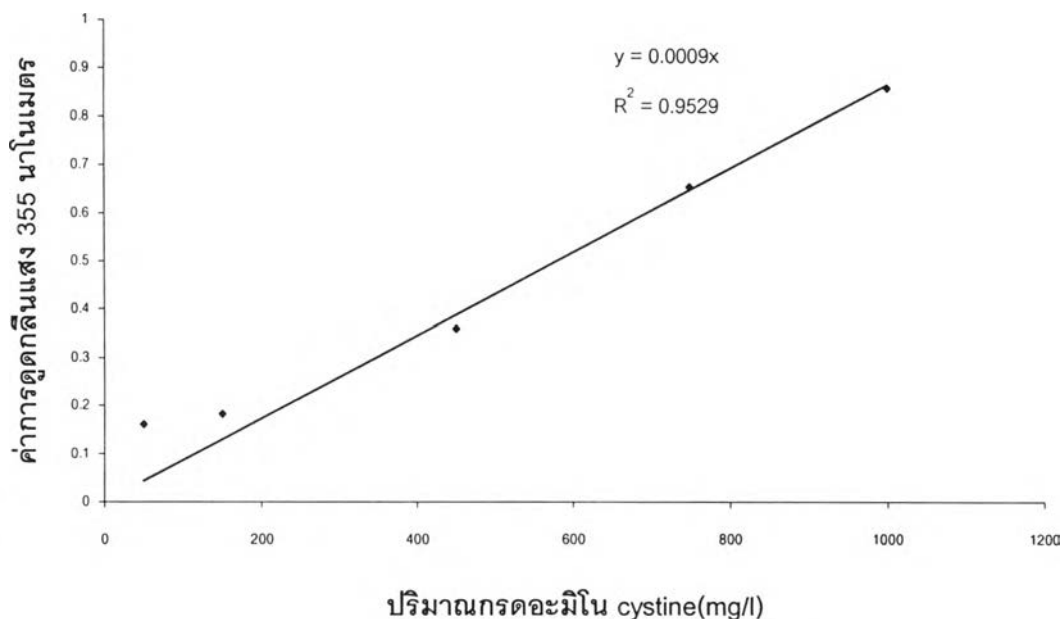
### a. การทำกราฟมาตรฐานของกรดอะมิโน cystine

1. ชั่งน้ำหนักของ L-cystine และบดที่น้ำหนักที่แน่นอนเท่ากับ 0.1, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8 และ 2.0 มิลลิกรัม ละลายในสารละลาย NaCN เข้มข้น 10% จำนวน 1 มิลลิลิตร  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  เข้มข้น 5% จำนวน 1 มิลลิลิตร และ NaOH เข้มข้น 10 M จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที (ได้ความเข้มข้นของ cystine ในสารละลายตั้งต้น 2 มิลลิลิตร เท่ากับ 50, 150, 300, 450, 600, 750, 900 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ)
2. ปิเปตสารละลายในข้อ 1 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร และเติม  $\text{HCOOH}$  เข้มข้น 88 % จำนวน 23 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
3. ปิเปตสารในข้อ 2 จำนวน 2.6 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย  $\text{OsO}_4$  เข้มข้น 0.01 M จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่นและวัดโดยใช้ spectrophotometer

### b. การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cystine

1. ปิเปตสารละลายโปรตีนที่สกัดได้จากภาคผนวก ข.11 จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นปิเปตสารละลาย NaCN เข้มข้น 10% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร,  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$  เข้มข้น 5% จำนวน 1 มิลลิลิตร และ NaOH เข้มข้น 10 M จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที
2. ปิเปตสารละลาย  $\text{HCOOH}$  เข้มข้น 88 % จำนวน 2.3 มิลลิลิตร ลงในข้อ 1 และผสมให้เข้ากัน
3. เติมสารละลาย  $\text{OsO}_4$  เข้มข้น 0.01 M จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร เทียบกับน้ำกลั่นและวัดโดยใช้ spectrophotometer

$$\text{ปริมาณกรดอะมิโน cystine (mg/g)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน}}{\text{น้ำหนักแป้งข้าว (g)} \times 10}$$



รูปที่ ข.4 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน cystine (mg/l)

ข.13 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของสารละลายแป้งข้าว (sample solution) ตามวิธีของ Lowry และคณะ (1951)

#### สารเคมี

1. NaOH เข้มข้น 0.1 M + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เข้มข้น 2 %

ซึ่ง NaOH น้ำหนัก 4 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 M จากนั้นนำ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เติมลงในละลายในสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 M จำนวนร้อยละ 2 โดยปริมาตรของสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 M และคนให้เข้ากัน

2. Na-K tartrate เข้มข้น 2.7 %

ซึ่ง Na-K tartrate (COOK (CHOH)<sub>2</sub>COONa . 4H<sub>2</sub>O) น้ำหนักหนัก 2.7 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3. CuSO<sub>4</sub> . 5H<sub>2</sub>O เข้มข้น 1%

ซึ่ง CuSO<sub>4</sub> . 5H<sub>2</sub>O น้ำหนัก 1.0 กรัม และละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

## 4. copper reagent

ผสมสารละลาย NaOH เข้มข้น 0.1 M + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เข้มข้น 2 % + Na-K tartrate เข้มข้น 2.7 % และ CuSO<sub>4</sub> . 5H<sub>2</sub>O เข้มข้น 1% ในอัตราส่วน 100:1:1

## 5. Folin-ciocalteu reagent เข้มข้น 1 N

นำ Folin-ciocalteu reagent เข้มข้น 2 N มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 1 (สารละลายนี้ควรเตรียมเมื่อต้องการใช้เท่านั้น)

## 6. สารละลายมาตรฐาน Bovine serum albumin

ชั่ง Bovine serum albumin น้ำหนัก 0.25 กรัม ในน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วปรับปริมาตรในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายโปรตีนมาทำให้เจือจางโดยให้มีความเข้มข้นของโปรตีนที่ 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 µg/ml (ปริมาตรเท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ) และปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร ดังนี้ 1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2 และ 0 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นตามลำดับ

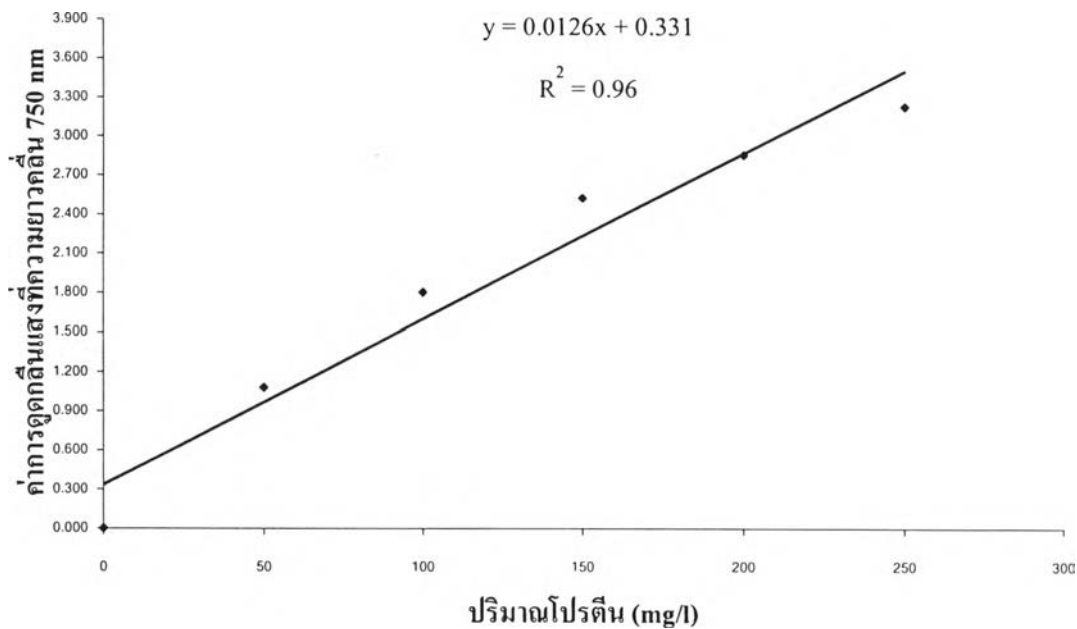
a. การทำกราฟมาตรฐานปริมาณโปรตีน

- นำสารละลาย bovine serum albumin ความเข้มข้น 0-250 µg/ml (ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ) จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติม copper reagent 5.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที
- เติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent เข้มข้น 1 N 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง และทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดสีชัดเจน
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับblank และวัดโดยใช้ spectrophotometer

b. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในสารละลายตัวอย่าง

- นำสารละลายตัวอย่าง (ความเข้มข้นที่เหมาะสม) 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง (3ซ้ำ)
- ทดลองเติม copper reagent 5.0 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 10 นาที
- เติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent เข้มข้น 1 N 0.5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองและทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดสีชัดเจน
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร เทียบกับblank และวัดโดยใช้ spectrophotometer นำมาหาปริมาณโปรตีนโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (mg/ml)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm} \times \text{ความเจือจาง}}{\text{ค่าความชันของเส้นกราฟมาตรฐาน} \times 1000}$$



รูปที่ ข.5 กราฟมาตรฐานที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณ โปรตีน โดยวิธีของ Lowry

## ภาคผนวก ค

### วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นสมดุลของข้าวสาร

ค1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Equilibrium relative humidity, %ERH) และความชื้นสมดุลของข้าวสาร (Equilibrium moisture content, %EMC)

#### สารเคมี

สารเคมีที่ใช้เตรียม salt solutions แสดงในตารางที่ ค1

ตารางที่ ค.1 ค่า water activity ( $a_w$ ) ของสารละลายเกลืออิมิตัวชนิดต่าง ๆ

สารเคมี	Saturated concentration (%w/v)	$a_w$
A: Lithium Chloride (LiCl)	1.78	0.11
B: Potassium Acetate ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ )	2.67	0.22
C: Magnesium Chloride ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )	1.67	0.33
D: Potassium Acetate ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )	2.23	0.45
E: Sodium Nitrate ( $\text{KNO}_3$ )	0.81	0.65
F: Sodium Chloride (NaCl)	0.35	0.75
G: Amonium Sulphate ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )	0.75	0.80
H: Potassium Nitrate ( $\text{KCO}_3$ )	0.35	0.927

#### ค.1.1 การเตรียมตัวอย่างข้าวสารใน equilibrium chamber

##### วิธีการทดลอง

- นำสารละลายเกลืออิมิตัวในแต่ละสารมาใส่ใน equilibrium chamber ทั้งหมด 8 chamber
- ชั่งตัวอย่างข้าวสารประมาณ 2 กรัม ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนและบันทึกน้ำหนัก ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมที่อบและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จำนวน 3 ซ้ำ
- นำถ้วยอะลูมิเนียมที่ใส่ข้าวสารมาใส่ใน chamber และปิดฝา chamber ให้สนิท และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $30 \pm 2$  องศาเซลเซียส
- ชั่งน้ำหนักด้วยอะลูมิเนียมที่เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ เป็นเวลา 21 วัน

ค.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (1995) section 32.1.03

### เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven, รุ่น 600 บริษัท Memmert จำกัด, USA)
2. ถ้วยอะลูมิเนียม
3. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง (รุ่น AB204 บริษัท Mettler Toledo (Thailand) Ltd.)
4. desiccator

### วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 2-3 กรัม ลงในถ้วยอะลูมิเนียม (อบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักด้วยเปล่าไว้)
2. นำตัวอย่างที่ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมไปอบในตู้อบลมร้อน อุณหภูมิ 100-105 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator
3. จากนั้นชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง แล้วลบด้วยน้ำหนักถ้วยเปล่า จะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ
4. คำนวณปริมาณความชื้น โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ(กรัม)} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

### การคำนวณ

1. คำนวณหาปริมาณความชื้น (wet basis) (g water / g sample)  

$$\text{g water} = (\text{pan weight} + \text{sample weight}) - (\text{pan weight} + \text{dried sample})$$

ตัวอย่างการคำนวณ :

$$\text{MC 1 (wb)} = [(12.4907 - 12.3677)/(12.4907 - 10.4589)] = 0.0605$$

$$\text{MC 2 (wb)} = [(14.0454 - 13.9257)/(14.0454 - 11.9434)] = 0.0569$$

$$\text{MC 3 (wb)} = [(13.5550 - 13.4074)/(13.5550 - 11.1453)] = 0.0613$$

$$\text{MC เฉลี่ย (wb)} = (0.0605 + 0.0569 + 0.0613) / 3 = 0.0596$$

## 2. คำนวณหา weight change

Weight change = (pan weight + sample weight (ครั้งที่)) – (pan weight + sample weight 0 วัน)

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างในสาร	A ; wt. change = 5.5735- 5.6957	= -0.1202
“	B; wt. change = 5.7379 – 5.8309	= -0.0930
“	C; wt. change = 5.8079 – 5.8653	= -0.0574
“	D; wt. change = 5.8254 – 5.8538	= -0.0284
“	E; wt. change = 5.9157 – 5.9027	= 0.0130
“	F; wt. change = 5.7717 – 5.7196	= 0.0521
“	G; wt. change = 5.8939 – 5.8267	= 0.0672
“	H; wt. change = 6.0103 – 5.8640	= 0.1463

## 3. คำนวณหา g water เริ่มต้น

g water (0 day) = MC (wb) x g sample ( 0 day)

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างในสาร	A; g water = 0.0596 x 2.1258	= 0.1267
“	B; g water = 0.0596 x 2.1878	= 0.1304
“	C; g water = 0.0596 x 2.1936	= 0.1307
“	D; g water = 0.0596 x 2.1692	= 0.1293
“	E; g water = 0.0596 x 2.1526	= 0.1283
“	F; g water = 0.0596 x 2.1097	= 0.1257
“	G; g water = 0.0596 x 2.0453	= 0.1219
“	H; g water = 0.0596 x 2.0689	= 0.1233

## 4. คำนวณหา g solid (น้ำหนักคงที่)

g solid = g sample (0 day) – g water (0 day)

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างในสาร	A; g solid = 2.1258 – 0.1267	= 1.8991
“	B; g solid = 2.1878 – 0.1304	= 2.0574
“	C; g solid = 2.1936 – 0.1307	= 2.0629
“	D; g solid = 2.1692 – 0.1293	= 2.0399
“	E; g solid = 2.1526 – 0.1283	= 2.0243



ตัวอย่างในสาร“ F; g solid = 2.1097 – 0.1257 = 1.9840

“ G; g solid = 2.0453 – 0.1219 = 1.9234

“ H; g solid = 2.0689 – 0.1233 = 1.9456

### 5. คำนวณหา g water (น้ำหนักคงที่)

$$g \text{ water (น้ำหนักคงที่)} = g \text{ water (0 day)} + \text{weight change}$$

#### ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างในสาร A; g water (คงที่) = 0.1267 + (-0.1202) = 0.0065

“ B; g water (คงที่) = 0.1304 + (-0.0930) = 0.0374

“ C; g water (คงที่) = 0.1307 + (-0.0574) = 0.0733

“ D; g water (คงที่) = 0.1293 + (-0.0284) = 0.1009

“ E; g water (คงที่) = 0.1283 + 0.0130 = 0.1413

“ F; g water (คงที่) = 0.1257 + 0.0521 = 0.1778

“ G; g water (คงที่) = 0.1219 + 0.0672 = 0.1891

“ H; g water (คงที่) = 0.1233 + 0.1463 = 0.2696

### 6. คำนวณ g water (คงที่) / g solid (คงที่) = Equilibrium moisture content (EMC)

#### ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างในสาร A; g water / g solid = 0.0005/1.8991 = 0.00340

“ B; g water / g solid = 0.0374/2.0574 = 0.01818

“ C; g water / g solid = 0.0733/2.0629 = 0.03563

“ D; g water / g solid = 0.1009/2.0399 = 0.04946

“ E; g water / g solid = 0.1413/2.0243 = 0.06980

“ F; g water / g solid = 0.1788/1.9840 = 0.08960

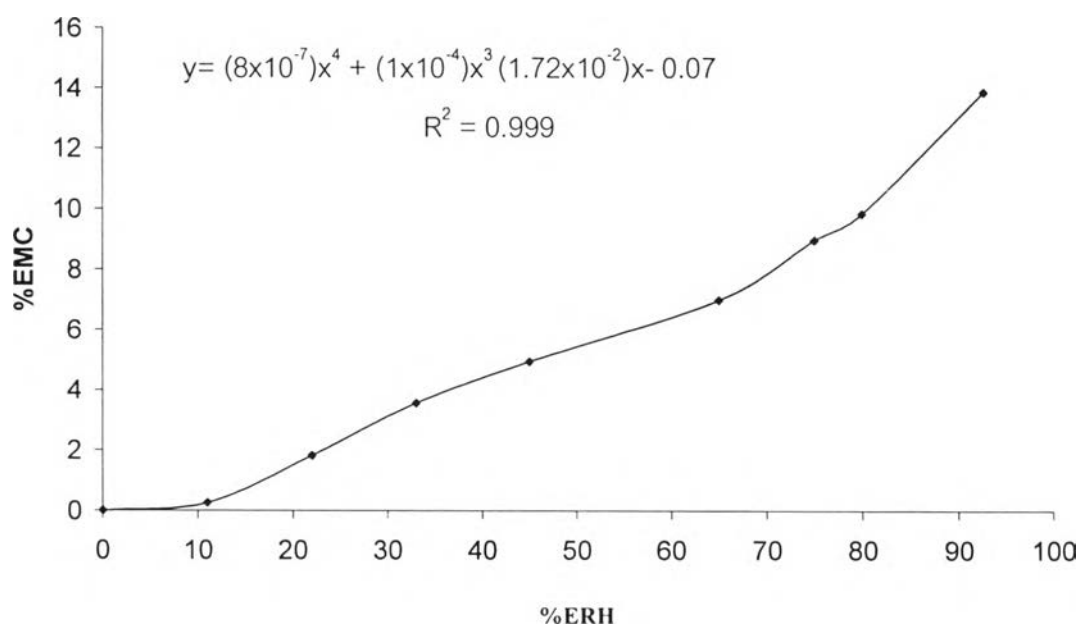
“ G; g water / g solid = 0.1891/1.9234 = 0.09832

“ H; g water / g solid = 0.2696/1.9456 = 0.13857

นำค่าที่คำนวณได้มา plot graph ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (% Equilibrium Relative Humidity, %ERH) และความชื้นสมดุลของข้าวสาร (% Equilibrium Moisture Content, %EMC) ดังแสดงในตารางที่ ค.2 และรูปที่ ค.1

ตารางที่ ค.2 ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (% Equilibrium relative humidity, %ERH) และความชื้นสมดุลของข้าวสาร (% Equilibrium moisture content, %EMC)

% EMC ของข้าวสาร	%ERH
0.340	11
1.818	22
3.563	33
4.946	45
6.980	65
8.960	75
9.832	80
13.857	92.7



รูปที่ ค.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (% Equilibrium Relative Humidity, %ERH) และความชื้นสมดุลของข้าวสาร (% Equilibrium Moisture Content , %EMC)

ภาคผนวก ง  
วิธีการวิเคราะห์ทางชีวเคมี

ง1 การวิเคราะห์หาคิจกรรมของเอนไซม์ protease (Lorenz and Saunders, 1978; Munilla-Moran and Stark, 1989)

สารเคมี

- citric acid เข้มข้น 0.1 M (21.01 g/L) (บริษัท Asia Pacific Specialty Chemical, Australia)
- $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  เข้มข้น 0.2 M (28.40 g/L) (บริษัท Ajex Finechem, Australia)
- casein เข้มข้น 1% (บริษัท Fluka Chemie, Switzerland)
- trichloroacetic acid (TCA) เข้มข้น 5% (บริษัท Merck , Germany)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียม McIlvaine buffer solution (citric acid 0.1 M +  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.2 M)

pH	citric acid 0.1 M x mL	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 0.2 M y mL
2.6	89.10	10.90
3.2	75.30	24.70
3.8	64.50	35.50
4.4	55.90	44.10
5.0	48.50	51.50
6.2	33.90	66.10
6.8	22.75	77.25
7.4	9.15	90.85

2. การวัดกิจกรรมของเอนไซม์

2.1 เตรียม sample solution

นำตัวอย่างแป้งข้าว 1 กรัม สกัดโดยใช้ sodium acetate buffer เข้มข้น 0.2 M (pH 3.8) 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำส่วนที่สกัดได้ไปปั่นเหวี่ยงด้วยแรง 12,100 x g เป็นเวลา 10 นาที

### 3. วัดค่า total protease

3.1 เตรียมสารละลายตัวอย่างที่ประกอบด้วย casein solution เข้มข้น 1% (w/v) 0.75 มิลลิลิตร + sodium acetate buffer solution เข้มข้น 0.2 M (pH = 6.8) 0.75 มิลลิลิตร + สารละลายตัวอย่าง 0.05 – 0.1 มิลลิลิตร และนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.2 หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ โดยการเติม TCA เข้มข้น 5% 2.25 มิลลิลิตร และทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

3.3 นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ได้มา วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

3.4 เตรียมสารที่เป็น control ของแต่ละการทดลอง โดยเปิด casein solution 1% (w/v) 0.75 มิลลิลิตร + sodium acetate buffer solution เข้มข้น 0.2 M (pH = 6.8) 0.75 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง และเติม TCA เข้มข้น 5% 2.25 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และเติมสารละลายตัวอย่าง จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.5 นำสารละลายที่เป็น control ไปปั่นเหวี่ยงแรง 3,500 rpm เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสที่ได้มาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร

กิจกรรมของเอนไซม์ protease (unit/mg protein)

$$= \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ความยาวคลื่น 280 nm} - \text{ค่าการดูดกลืนแสงของ control ที่ความยาวคลื่น 280 nm}}{\text{ปริมาณโปรตีนในสารละลายตัวอย่าง}}$$

หมายเหตุ : ปริมาณโปรตีนในสารละลายตัวอย่าง หาได้ตามวิธี Lowry method ในภาคผนวก ข13

ภาคผนวก จ

ตาราง ANOVA

ตารางที่ 1 ตาราง ANOVA ของปริมาณอะไมโลสที่ละลายในน้ำร้อน (%AM)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.159 <sup>a</sup>	20	5.793E-02	151.439	.000
Intercept	51969.415	1	51969.415	1.4E+08	.000
AW	8.962E-02	2	4.481E-02	117.141	.000
MONTH	1.009	6	.168	439.620	.000
AW * MONTH	5.998E-02	12	4.998E-03	13.066	.000
Error	1.607E-02	42	3.825E-04		
Total	51970.589	63			
Corrected Total	1.175	62			

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .980)

ตารางที่ 2 ตาราง ANOVA ของปริมาณอะไมโลสที่ไม่ละลายในน้ำร้อน (%IM)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: IM

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.647 <sup>a</sup>	20	8.235E-02	3757.561	.000
Intercept	598.295	1	598.295	2.7E+07	.000
AW	4.976E-02	2	2.488E-02	1135.191	.000
MONTH	1.573	6	.262	11959.76	.000
AW * MONTH	2.460E-02	12	2.050E-03	93.525	.000
Error	9.204E-04	42	2.192E-05		
Total	599.943	63			
Corrected Total	1.648	62			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)

ตารางที่ ๑3 ANOVA ของปริมาณกรดอะมิโน cysteine

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CSH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.893 <sup>a</sup>	20	4.467E-02	3.394	.000
Intercept	64.285	1	64.285	4883.856	.000
AW	6.423E-02	2	3.212E-02	2.440	.099
MONTH	.600	6	9.998E-02	7.596	.000
AW * MONTH	.229	12	1.910E-02	1.451	.182
Error	.553	42	1.316E-02		
Total	65.731	63			
Corrected Total	1.446	62			

a. R Squared = .618 (Adjusted R Squared = .436)

ตารางที่ ๑4 ตาราง ANOVA ของกรดอะมิโน cystine

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CSSC

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.335 <sup>a</sup>	20	1.673E-02	95.299	.000
Intercept	15.683	1	15.683	89345.09	.000
AW	5.483E-02	2	2.741E-02	156.172	.000
MONTH	.258	6	4.296E-02	244.729	.000
AW * MONTH	2.199E-02	12	1.832E-03	10.439	.000
Error	7.372E-03	42	1.755E-04		
Total	16.025	63			
Corrected Total	.342	62			

a. R Squared = .978 (Adjusted R Squared = .968)



ตารางที่ ๑5 ตาราง ANOVA ของกิจกรรมเอนไซม์ Protease

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ENZ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.970E-02 <sup>a</sup>	20	9.851E-04	10.879	.000
Intercept	.451	1	.451	4979.376	.000
AW	3.539E-03	2	1.770E-03	19.542	.000
MONTH	1.441E-02	6	2.402E-03	26.523	.000
AW * MONTH	1.752E-03	12	1.460E-04	1.612	.125
Error	3.803E-03	42	9.055E-05		
Total	.474	63			
Corrected Total	2.350E-02	62			

a. R Squared = .838 (Adjusted R Squared = .761)

ตารางที่ ๑6 ตาราง ANOVA ของ % water uptake

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: WATER\_UP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1112.309 <sup>a</sup>	20	55.615	1.912	.039
Intercept	293589.921	1	293589.921	10094.79	.000
AW	482.664	2	241.332	8.298	.001
MONTH	392.890	6	65.482	2.252	.057
AW * MONTH	229.740	12	19.145	.658	.780
Error	1192.416	41	29.083		
Total	298767.036	62			
Corrected Total	2304.725	61			

a. R Squared = .483 (Adjusted R Squared = .230)

ตารางที่ ๑7 ตาราง ANOVA ของ % solid loss

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: SOLID\_LO

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.468 <sup>a</sup>	20	7.339E-02	204.938	.000
Intercept	70.709	1	70.709	197442.7	.000
AW	.241	2	.120	335.801	.000
MONTH	1.170	6	.195	544.400	.000
AW * MONTH	7.023E-02	12	5.853E-03	16.342	.000
Error	1.468E-02	41	3.581E-04		
Total	72.385	62			
Corrected Total	1.483	61			

a. R Squared = .990 (Adjusted R Squared = .985)

ตารางที่ ๑8 ตาราง ANOVA ของค่า degree of gelatinization

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: DG

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2333.879 <sup>a</sup>	20	116.694	4010.319	.000
Intercept	455161.400	1	455161.400	1.6E+07	.000
AW	57.080	2	28.540	980.805	.000
MONTH	2240.158	6	373.360	12830.93	.000
AW * MONTH	36.641	12	3.053	104.934	.000
Error	1.222	42	2.910E-02		
Total	457496.501	63			
Corrected Total	2335.101	62			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .999)



ตารางที่ ๑๑ ตาราง ANOVA ของค่าความแตกต่างของสี

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: E

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	251.744 <sup>a</sup>	17	14.808	15.757	.000
Intercept	11315.542	1	11315.542	12040.09	.000
AW	210.000	2	105.000	111.723	.000
MONTH	36.572	5	7.314	7.783	.000
AW * MONTH	5.171	10	.517	.550	.842
Error	33.834	36	.940		
Total	11601.119	54			
Corrected Total	285.577	53			

a. R Squared = .882 (Adjusted R Squared = .826)

ตารางที่ ๑๑๐ ตาราง ANOVA ของค่า hardness ของข้าวสุก

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: HARDNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	223208.846 <sup>a</sup>	20	11160.442	9.501	.000
Intercept	10082457.203	1	10082457.2	8583.098	.000
AW	33774.950	2	16887.475	14.376	.000
MONTH	112369.251	6	18728.209	15.943	.000
AW * MONTH	79593.987	12	6632.832	5.646	.000
Error	90450.934	77	1174.687		
Total	10478775.795	98			
Corrected Total	313659.781	97			

a. R Squared = .712 (Adjusted R Squared = .637)

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุสติ จันทะสอน เกิดวันที่ 3 มิถุนายน พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จ  
การศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีการศึกษา 2542

