

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข และงามชื่น คงเสรี. 2517. การแจกแจงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเมล็ดข้าวจากการรวบรวมรักษาและศึกษาลักษณะพันธุ์ข้าว. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(6).
- งามชื่น คงเสรี. 2520. การศึกษาคุณภาพการหุงต้ม รับประทาน และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของข้าวสายพันธุ์ดีเด่นบางสายพันธุ์. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(6).
- งามชื่น คงเสรี. 2540ก. คุณภาพข้าวสุก. วารสารจารย์พา 38(กันยายน-ตุลาคม) หน้า 41.
- งามชื่น คงเสรี. 2540ข. การทำผลิตภัณฑ์ข้าว. วารสารจารย์พา 39(พฤศจิกายน-ธันวาคม) หน้า 25.
- งามชื่น คงเสรี, เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข และกิตติยา กิจควรดี. 2516. การวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดของข้าวและการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(5).
- จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2534. ความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ตติย สี่ห่วย. 2536. สมบัติทางชีวเคมีของเมล็ดข้าวที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการสี. รายงานวิชาการ สัมมนา 1 ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ตติย สี่ห่วย. 2538. สมบัติทางชีวเคมีของข้าวไทย *Oryza sativa* L. ในสภาพการปลูกที่แตกต่างกันและความสัมพันธ์กับคุณภาพการสีและการหุง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญลักษณ์ วงศ์สุทธาชิน, ขอบ คณะฤกษ์, งามชื่น คงเสรี, เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข และอัมพวัน สิมะกรัย. 2517. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว. รายงานผลการทดลองและวิจัยกรมวิชาการเกษตร. ทะเบียนวิจัยเลขที่ กกช-IX-1(5).
- วราทัศน์ วงศ์สุไร. 2539. แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวไทย. ใน รายงานการประชุมวิชาการและนิทรรศการเนื่องในงานมหกรรมข้าวไทยเทิดพระเกียรติ. หน้า 48. 5-8 กันยายน 2539 ณ ห้องวีเจเนซี โรงแรมเซ็นทรัลพลาซ่า กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์วิจัยข้าวแพร่. 2538. การปลูกข้าวญี่ปุ่นในเขตภาคเหนือตอนบน. แพร่: ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2529ก. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้า มอก. 638-2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม.

อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2529ข. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้า มอก. 639-2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

AACC. 1995. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9th ed. Minnisota: American Association of Cereal Chemists.

Alexander, R. J. 1994. Carbohydrates uses as fat replacers. In R. J. Alexander and H. F. Zobel (eds.), Developments in carbohydrate chemistry. pp. 343-370. Minnesota: American Associate of Cereal Chemists.

AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Washington: The Association of Official Agricultural Chemists.

Arai, E., Aoyama, K., and Watanabe, M. 1993. Enzymatic improvement of the cooking quality of aged rice: A main mode of protease action. Biosci. Biotech. Biochem. 57: 911.

Armbruster. F. C., Grange, L., and Harjes, C. F. 1971. Low D. E. starch conversion products. U. S. Patent 3,560,343.

Armbruster, F. C. 1974. Process for producing non-waxy starch hydrolysates. U. S. Patent 3,853,706.

Athwal, D. S. 1975. Present and future research on rice. Cereal Foods World 20(8): 354.

- Asaoka, M., Okuno, K., and Fuwa, H. 1985. Effect of environment temperature at the milky state on amylose content and fine structure of amylopectin of waxy and non-waxy endosperm starches of rice (*Oriza sativa* L.). Agric. Biol. Chem. 49:373.
- Biliaderis, C. 1992. Structure and phase transitions of starch in food systems. Food Tech. 46(6): 98.
- Birch, G. G. and Blakebrough, N. 1981. Enzymes and food processing. London: Applied Science.
- Blanshard, J. M. V. 1979. Physicochemical aspects of starch gelatinization. In J. M. V. Blanshard, and J. R. Mitchell (eds.), Polysaccharides in food. London: Butterworths.
- 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: John Wiley and Sons.
- Brooks, J. R. and Griffin, V. K. 1987a. Liquefaction of rice starch from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. J. of Food Science 52(3): 712-714.
- Brooks, J. R. and Griffin, V. K. 1987b. Saccharide analysis of corn syrup solids and maltodextrins using high-performance liquid chromatography. Cereal Chem. 64 (4):253-255.
- 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 characteristics. Cereal Foods World 41(11): 833.
- Chandhury, M. S. U., and Kunze, O. R. 1972. Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. Cereal Chem. 49: 684.
- Chang, S., and Lui, L. 1991. Retrogradation of rice starches studied by differential scanning calorimetry and influence of sugars, NaCl and lipids. J. Food Sci. 56:564.

- Chaplin, M. F. 1986. Monosaccharides. In M. F. Chaplin and J. F. Kennedy (eds.), Carbohydrate analysis: A practical approach, pp. 1-36. Washington DC: IRL Press.
- Choudhury, N. H., and Juliano, B. O. 1980. Effect of amylose content on the lipids of mature rice grain. Phytochemistry 19: 1385.
- Deffenbaugh, L. B., and Walker, C. E. 1989. Starch gelatinization studies II A method for showing the stages in swelling of starch during heating in the amylograph. Cereal Chem. 25: 213.
- Dziedzic, S. Z. and Kearsley, M. W. 1984. Glucose syrups: Science and technology. New York: Elsevier Science.
- Fan, J., and Marks, B. P. 1998. Retrogradation kinetics of rice flours as influenced by cultivar. Cereal Chem. 75(1): 153.
- Fisher, R. A. 1949. The design of experiments. Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Foster, J. F. 1965. Physical properties of amylose and amylopectin in solution. In R. L. Whistler and E. F. Paschall (eds.), Starch: Chemistry and technology, pp. 349-392. New York: Academic Press.
- Fullbrook, P. D. 1984. The enzymic production of glucose syrups. In S. Z. Dziedzic and M. W. Kearsley (eds.), Glucose syrups: Science and technology. pp. 65-115. London: Elsevier Applied Science.
- Griffin, V. K. and Brooks, J. R. 1989. Production and size distribution of rice maltodextrin hydrolyzed from milled rice flour using heat-stable alpha-amylase. J. of Food Science 54(1): 190-193.
- Guraya, H. S., Kadan, R. S., and Champagne, E. T. 1997. Effect of rice starch-lipid complexes on in vitro digestibility, complexing index, and viscosity. Cereal Chem. 74: 561.
- Halick, J. V., and Kelly, V. J. 1959. Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. Cereal Chem. 36: 91.
- Halick, J. V., and Keneaster, K. K. 1956. The use of a starch iodine-blue test as a quality indicator of white milled rice. Cereal Chem. 33: 315.

- Hamaker, B. R. 1994. The influent of rice protein on rice quality. In W. E. Marchell 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 through protein disruption. Cereal Chem. 67(3): 261.
- Hamaker, B. R., and Griffin, V. K. 1993. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting. Cereal Chem. 70(4): 377.
- Hamaker, B. R., Griffin, V. K., and Moldenhauer, K. A. K. 1991. Potential influence of a starch granule-associated protein on cooked rice stickiness. J. Food Sci. 356: 1327.
- Harjes, C. F. and Wermers, V. L. 1976. Malto-dextrins of improved stability prepared by enzymatic hydrolysis of oxidized starch. U. S. Patent 3,974,033.
- Hebeda, R. E. and Teague, W. M. 1994. Starch hydrolyzing enzymes. In R. J. Alexander and H. F. Zobel (eds.), Developments in carbohydrate chemistry. pp. 65-85. Minnesota: American Associate of Cereal Chemists.
- Helm, 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. Journal of Food Quality 20(4): 279.
- Hibi, Y. 1994. Effect of lipids on the viscoelastic properties of rice starch gel. Starch/staerke 46(2): 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.
- Hizukuri, S. 1988. Recent advances in molecular structure of starch. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 31: 185.
- Hogan, J. T. 1967. The manufacture of rice starch. In R. L. Whistler and E. F. Paschall (eds.), Starch: Chemistry and technology. Vol. II New York: Academic Press.

- Holló, J. and Szeitli, J. 1968. The reaction of starch with iodine. In J. A. Radley (ed.), Starch and its derivatives, pp. 203. London: Chaucer Press.
- Horn, H. E. and Kimball, B. A. 1976. Malto-dextrins of improved stability prepared by enzymatic hydrolysis of oxidized starch. U. S. Patent 3,974,034.
- Hoseney, R. C. 1994. Principles of cereal science and technology. 2nd ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Islam, N., Inanaga, S., Chishaki, N., and Horiguchi, T. 1996. Effect of N top-dressing on protein content in japonica and indica rice grains. Cereal Chem. 73(5): 571.
- Jane, J., Kasemsuwan, T., Chen, J. F., and Juliano, B. O. 1996. Phosphorus in rice and other starches. Cereal Foods World 41(11): 827.
- Jongkaewwattana, S., Geng, S., Brandon, D. M., and Hill, J. E. 1993. Effect of nitrogen and harvest grain moisture on head rice yield. Agron. J. 85: 1143.
- Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today 16 (10): 334.
- 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. 1985. Criteria test for rice grain qualities. In B. O. Juliano (ed.), Rice chemistry and technology. 2nd ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Juliano, B. O. 1992. Structure, chemistry, and function of the rice grain and its fractions. Cereal Foods World 37: 772.
- Juliano, B. O., Bautista, G. M., Lugay, J. C., and Reyes, A. C. 1964a. Studies on the physicochemical properties of rice. J. Agr. Food Chem. 12(2): 131.
- Juliano, B. O., Cagampang, B. G., Cruz, L. J., and Santiago, R. G. 1964b. Some physicochemical properties of rice in southeast asia. Cereal Chem. 41: 275.
- Juliano, B. O., and Perez, C. M. 1993. Critical moisture content for fissures in rough rice. Cereal Chem. 70(5): 613.
- 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.
- Kennedy, J. F. 1987. Biotechnology. Vol.7a. Germany: VCH.

- Kennedy, J. F., Noy, R. J., Stead, J. A., and White, C. A. 1985. Oligosaccharide component composition and storage properties of commercial low DE maltodextrins and their further modification by enzymatic treatment. Starch/staerke 37: 343.
- Kent, N. L. 1983. Technology of cereals. 3rd ed. Oxford: Pergamon Press.
- Khush, G. S., Paule, C. M., and De La Cruz, N. M. 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. In Proc. Workshop on chemical respects of rice grain quality. pp. 21-31. at International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Kugimiya, M., Donovan, J. W., and Wong, R. Y. 1980. Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches: A colorimetric study. Starch/staerke 32: 265.
- Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch. In R. L. Whisler, E. F. Paschall, J. N. BeMiller, and H. J. Roberts (eds.), Starch: Chemistry and technology Vol I. pp. 289-307. New York: Academic Press.
- Leach, H. W., McCowen, L. D., and Schoch T. J. 1959. Structure of the starch granule I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal Chem. 36: 534.
- Lee, Y. C. and Kim, K. T. 1990. Gelatinization and liquefaction of starch with a heat stable α -amylase. J. of Food Science 55(5): 1365-1366.
- Leelavathi, K., Indrani, D., and Sidhu, J. S. 1987. Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. Starch/staerke 39: 378.
- Lenchin, J. M. ; Trubiano, P. C. and Hoffman, S. 1985. Converted starches for use as a fat- or oil-replacement in foodstuffs. U. S. Patent 4,510,166.
- Lii, C., Shao, Y., and Tseng, K. 1995. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. Cereal Chem. 72(4): 393.
- Lii, C., Tsai, M., and Tseng, K. 1996. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. Cereal Chem. 73(4): 415.
- Linko, P., Linko, Y.-Y., and Oikku, J. 1984. Extrusion cooking and bioconversions. In R. Jowitt (ed.), Extrusion cooking technology. pp.143-157. New York: Elsevier Science.

- Little, R. R., Hilder, G. B., and Dawson, E. H. 1958. Differential effect of dilute alkaline on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 45: 225-235.
- Maningat, C. C., Juliano, B. O. 1980. Starch lipids and their effect on rice starch properties. Starch/staerke 32: 76.
- Matz, S. M. 1959. The chemistry and technology of cereals as food and feed. New York: AVI.
- Mazurs, E. G., Schoch, Y. J., and Kite, F. E. 1957. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. Cereal Chem. 34: 141.
- McDonald, M. 1984. Uses of glucose syrups in the food industry. In S. Z. Dziedzic and M. W. Kearsley (eds.), Glucose syrups: Science and technology. pp. 260-261. New York: Elsevier Science.
- McPherson, A. E. and Seib, P. A. 1997. Preparation and properties of wheat and corn starch maltodextrins with a low dextrose equivalent. Cereal Chem. 74(4): 424-430.
- Mosse, J., Huet, J. C., and Baudet, J. 1988. The amino acid composition of rice grain as a function of nitrogen content as compared with other cereal: A reappraisal of rice chemical scores. J. Cereal Sci. 8(2): 165.
- Morehouse, A. L.; Malzahn, R. C. and Day, J. T. 1972. Hydrolysis of starch. U. S. Patent 3,663,369.
- Morrison, W. R. 1981. Starch lipids: A reappraisal. Starch/staerke 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. F., Gidley, M. J., and Karlas, J. 1993a. Resistance to acid hydrolysis of lipid-complexed amylose and lipid-free amylose in lintnerized waxy and non-waxy barley starches. Carbohydr. Res. 245: 289.
- Morrison, W. R., Tester, R. F., Snape, C. E., Law, R., and Gidley, M. J. 1993b. Swelling and gelatinization of cereal starches. IV. Some effect of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and normal barley starches. Cereal Chem. 70: 385.

- Nagai, I., Suzushino, G., Suzuki, Y. 1960. Anthoxanthins and anthocyanins in the *Oryzaceae* II. Japan. J. Breeding 10: 254.
- Nangju, D., and De Datta, S. K. 1970. Effect of time of harvest and nitrogen level on yield and grain breakage in transplanted rice. Arron. J. 62: 468.
- Norman, B. E. 1981. New developments in starch syrup technology. In G. G. Birch; N. Blakebrough and K. J. Parker (eds.), Enzymes and food processing, pp. 15-49. London: Applied Science.
- Novo Nordisk. 1993. Termamyl. Denmark: Enzyme Process Division, Novo Nordisk. (Product sheet)
- Oates, C. G. 1996. Physical modification of starch. In Advanced post academic course on tapioca starch technology. Jan. 22-26 & Feb. 19-23, AIT Center Bangkok.
- Oates, C. G. 1997. Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. Trends in Food Science & Technology 8: 375.
- Oikku, J., and Rha, C. K. 1978. Gelatinization of starch and wheat flour starch – A review. Food Chem. 3: 293.
- Orford, P. D., Ring, S. G., Carroll, V., Miles, M. J., and Morris, V. J. 1987. The effect of concentration and botanical source on the gelation and retrogradation of starch. J. Sci. Food Agric. 39:169.
- Palmer, T. J. 1970. Acid and enzyme hydrolysis of starch. In G. G. Birch, L. F. Green, and C. B. Coulson (eds.), Glucose syrups and related carbohydrates, pp. 21-30. London: Elsevier.
- 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.
- Pearson, E. S. 1936. Karl Pearson, an appreciation of some aspects of his life and work, part I: 1857-1906. Biometrika 28: 193-257.
- Pearson, E. S. 1938. Karl Pearson, an appreciation of some aspects of his life and work, part II: 1906-1936. Biometrika 29: 161-248.

- Perez, C. M., Juliano, B. O., Liboon, S. P., Alcantara, J. M., and Cassman, K. G. 1996. Effects of late nitrogen fertilizer application on head rice yield, protein content, and grain quality of rice. Cereal Chem. 73(5): 556.
- Pomeranz, Y. and Shellenberger, J. A. 1962. Starch-liquefying activity of alpha-amylase I. Use of pregelatinized wheat starch as substrate. Cereal Chem. 39: 327-335.
- Priestley, R. J. 1976. Apparent solubility and alkali degradation patterns of rice varieties. J. Food Sci. 41: 54-55.
- Pszczola, E. D. 1991. Rice-derived ingredient produces fatty texture and mouthfeel for use in low-fat applications. Food Technol. 45(8): 264-265.
- Reddy, K. R., Subramanian, R., Zakiuddin Ali, S., and Bhattacharya, K. R. 1994. Viscoelastic properties of rice-flour pastes and their relationship to amylose content and rice quality. Cereal Chem. 71(6): 548.
- Reilly, P. J. 1985. Enzymic degradation of starch. In G. M. A. Van Beynum, and J. A. Roels (eds.), Starch conversion technology. New York: Marcel Dekker.
- Richter, M. ; Schierbaum, F. ; Augustat, S. and Knoch, K.-D. 1976a. Method of producing starch hydrolysis products for use as a food additives. U. S. Patent 3,962,465.
- Richter, M. ; Schierbaum, F. ; Augustat, S. and Knoch, K.-D. 1976b. Method of producing starch hydrolysis products for use as food additives. U. S. Patent 3,986,890.
- 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.
- Roby, J. and French, D. 1963. Action pattern and specificity of an amylase from *Bacillus subtilis*. Arch. Biochem. Biophys. 100:451.
- Rosenberg, H. R., Culik, R., and Eckert, R. E. 1959. Lysine and threonine supplementation of rice. J. Nutr. 69: 217.
- Sanders, J. P. M. 1996. Starch manufacturing in the world. Advanced 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.
- Sandhya Rani, M. R., and Bhattacharya, K. R. 1989. Rheology of rice-flour pastes: Effect of variety, concentration, and temperature and time of cooking. J. Texture Studies 20: 127-137.
- Schenck, F. W. 1996. Solid starch hydrolysates. Cereal Foods World 41(5): 388-390.
- 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.
- Schoch, T. J. 1967. Properties and uses of rice starch. In R. L. Whistler and E. F. Paschall (eds.), Starch: Chemistry and technology. Vol. II. New York: Academic Press.
- Schoch, T. J., and Elder, A. L. 1955. Starches in the food industry. In The staff of Industrial and engineering chemistry (eds.), Use of sugars and other carbohydrates in the food industry. pp. 21-34. Washington: American Chemical Society.
- Senevigaten, H. D., and Biliaderis, C. G. 1991. Action of α -amylases on amylose-lipid complex superstructure. J. Cereal Sci. 13: 129.
- Setser, C. S., and Racette, W. L. 1992. Macromolecule replacers in food products. Critical reviews in food science and nutrition. 32(3): 275-297.
- Shi, Y. C. and Seib, P. A. 1992. The structure of four waxy starches related to gelatinization and retrogradation. Carbohydr. Res. 227: 131-145.
- Siebenmorgen, T. J., Perdon, A. A., Chen, X., and Mauromoustakos, A. 1998. Relating rice milling quality changes during adsorption to individual kernel moisture content distribution. Cereal Chem. 75(1): 129.
- Singh, N. and Cheryan, M. 1997. Microfiltration for clarification of corn starch hydrolysates. Cereal Foods World 42(1): 21-24.
- Slott, S. and Madsen, G. B. 1975. Procedure for liquefying starch. U.S. Patent 3,912,590.

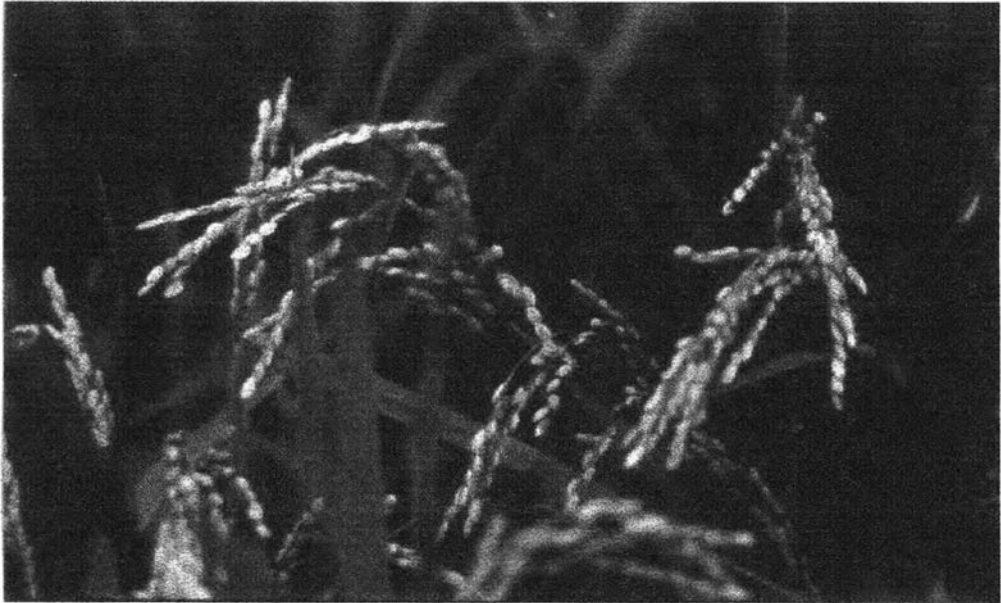
- South, J. B., Morrison, W. R., and Nelson, O. E. 1991. A relationship between the amylose and lipid contents of starches from various mutants for amylose content in maize. J. Cereal Sci. 14: 267.
- Tegge, G. 1984. Glucose syrups-the raw material. In S. Z. Dziedzic and M. W. Kearsley (eds.), Glucose syrups: Science and technology. pp. 9-64. London: Elsevier Applied Science.
- Tester, R. F., and Morrison, W. R. 1990a. Swelling and gelatinization of cereal starches. I Effects of amylopectin, amylose, and lipids. Cereal Chem. 67: 551.
- Tester, R. F., and Morrison, W. R. 1990b. Swelling and gelatinization of cereal starches. II. Waxy rice starches. Cereal Chem. 67: 558.
- Tester, R. F., and Morrison, W. R. 1992. Swelling and gelatinization of cereal starches. III. Some properties of waxy and normal non-waxy barley starches. Cereal Chem. 69: 654.
- Thompson, A., Anno, K., Wolfrom, M. L. and Inatome, M. 1954. Acid reversion products from D-glucose. J. Am. Chem. Soc. 76: 1309-1311.
- Tsai, M., Li, C., and Lii, C. 1997. Effect of granular structures on the pasting behaviors of starches. Cereal Chem. 74(6): 750.
- Van Beynum, G. M. A., and Roels, J. A. 1985. Starch Conversion Technology. New York: Marcel Dekker.
- Vergara, B. S. 1979. A farmer's primer on growing rice. International Rice Research Institute.
- Verwaerde, F., and Sicard, P. J. 1984. Production of hydrogenated glucose syrups and some aspects of their use. In S. Z. Dziedzic and M. W. Kearsley (eds.), Glucose syrups: Science and technology. pp. 117. London: Elsevier Applied Science.
- Villareal, C. P., and Juliano, B. O. 1986. Waxy gene factor and residual protein of rice starch granules. Starch/staerke 38: 118.
- Villareal, C. P., and Juliano, B. O. 1989. Comparative levels of waxy gene product of endosperm starch granules of different rice ecotypes. Starch/staerke 41: 369.
- Webb, B. D., Bollich, C. N., and Scott, J. E. 1981. High protein rice experiment test cooking & quality. The Rice J. 84(4): 10.

- Woods, A. E., and Aurand, L. W. 1977. Laboratory manual in food chemistry. Connecticut: AVI.
- Yankov, D., Dobрева, E., Beschkov, V., and Emanuilova, E. 1986. Study of optimum conditions and kinetics of starch hydrolysis by means of thermostable α -amylase. Enzyme Microb. Technol. 8(11): 665-667.
- Zobel, H. F., Young, S. N., and Rocca, L. A. 1988. Starch gelatinization: An X-ray diffraction study. Cereal Chem. 65: 443.
- Zweig, G. and Whitaker, J. R. 1971. Paper chromatography and electrophoresis. Vol. II. London: Academic Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปภาพแสดงลักษณะข้าวพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ ก. 1 ลักษณะต้นข้าวและเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ ก.วก. 1



รูปที่ ก. 2 ลักษณะต้นข้าวและเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105



รูปที่ ก. 3 ลักษณะต้นข้าวและเมล็ดข้าวเจ้าพันธุ์ชัยนาท 1



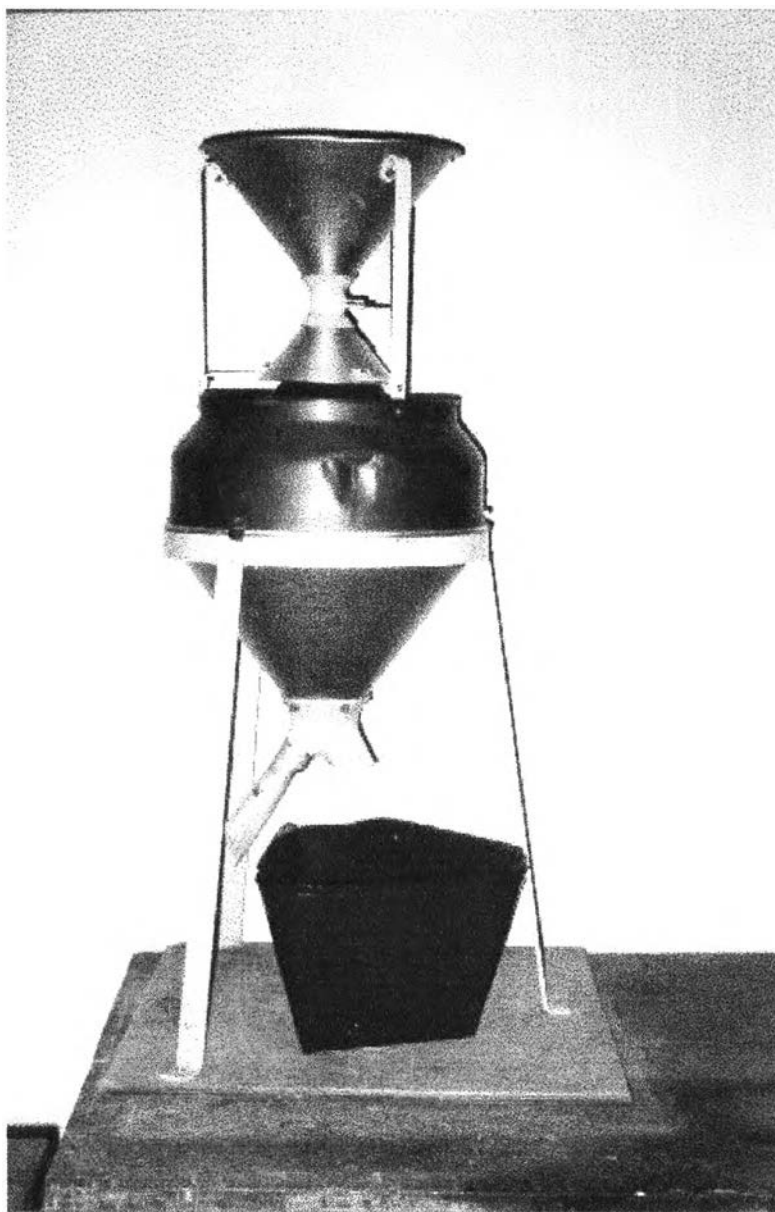
รูปที่ ก. 4 ลักษณะต้นข้าวและเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง



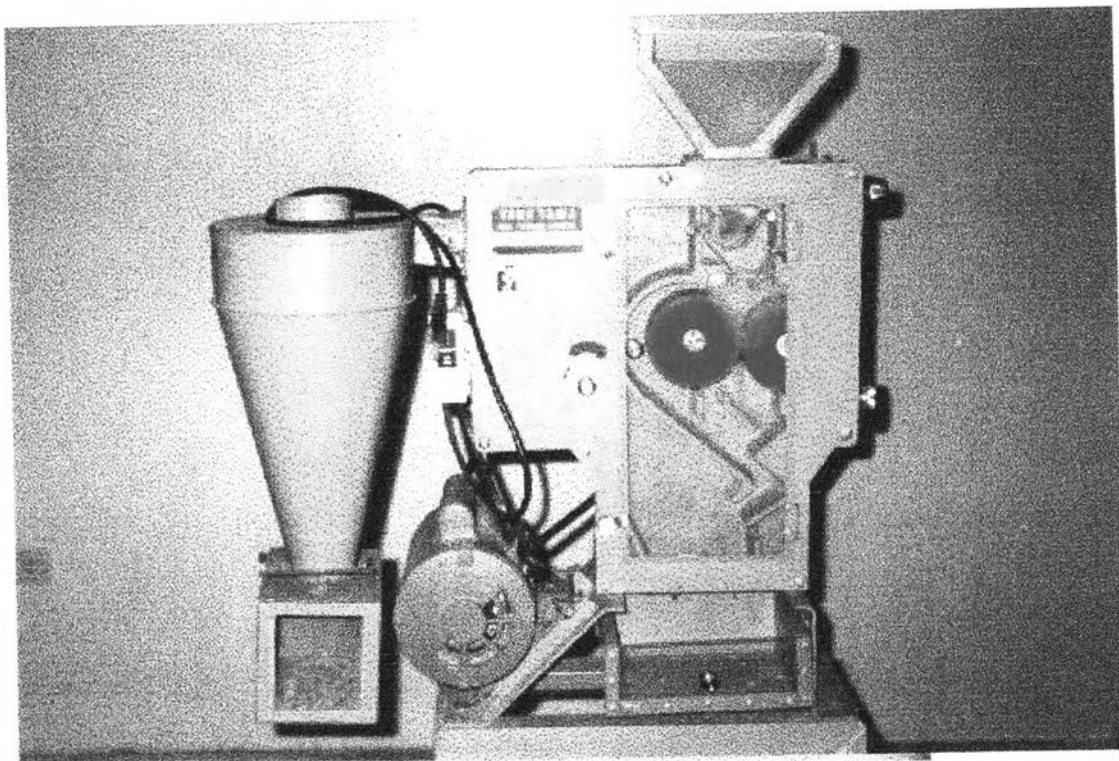
รูปที่ ก. 5 ลักษณะต้นข้าวและเมล็ดข้าวเหนียวพันธุ์ข้าวกำดอยสะเกิด

ภาคผนวก ข

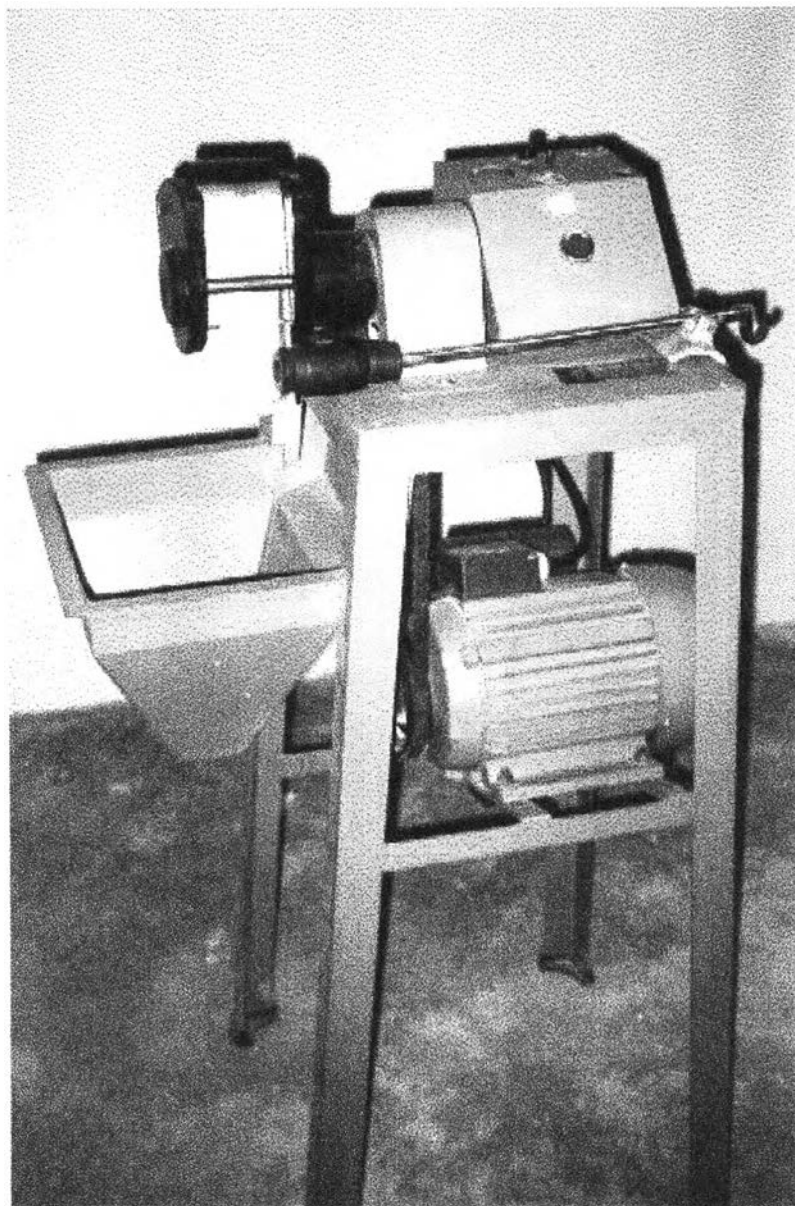
รูปภาพแสดงเครื่องมือที่ใช้ในการแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสาร



รูปที่ ข.1 เครื่องสีเมล็ดข้าว



รูปที่ ข.2 เครื่องกะเทาะเปลือกข้าวแบบ Satake



รูปที่ ข.3 เครื่องตัดขาวยั่ว McGill No. 2

ภาคผนวก ค

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุติด

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A แบบขั้นตอนเดียว (1995) โดยใช้ขนาดของภาชนะอลูมิเนียมขนาดต่างจากขนาดที่กำหนดไว้ และเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้อบจาก 130 ± 1 องศาเซลเซียสเป็น 100 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE Binder รุ่น E 53

วิธีทดลอง

1. บดเมล็ดข้าว 30–40 กรัม แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นจึงชั่งมา 2–3 กรัมให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียมซึ่งแห้งสนิท (โดยนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 นาน 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นใน desiccator จากนั้น ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่าเก็บไว้)
2. นำตัวอย่างเข้าอบในตู้อบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที โดยเปิดฝาภาชนะอลูมิเนียม
3. นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ปิดฝาภาชนะอลูมิเนียม ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 60 นาที
4. ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง
5. นำตัวอย่างเข้าอบต่ออีก 60 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ โดยให้มีค่าความชื้นมีความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 0.2
6. ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างแล้วห้กลับด้วยน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมเปล่า จะได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ
7. คำนวณความชื้น โดยใช้สูตร

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

2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 46-13 (1995) หรือ AOAC 960.25 (1995) และคำนวณปริมาณโปรตีนโดยใช้แฟคเตอร์ 5.95 (Juliano, 1972)

ในการทดลองได้ดัดแปลงการทดลองโดยใช้น้ำหนักแบ่งเปลี่ยนจาก 0.01-0.03 กรัมเป็น 1.5 กรัม เปลี่ยนปริมาตรของกรด H_2SO_4 จาก 2 มิลลิลิตรเป็น 20 มิลลิลิตร และใช้สารเร่งปฏิกิริยาต่างกัน เปลี่ยนจาก K_2SO_4 1.30 ± 0.05 กรัม และ HgO 40 ± 5 มิลลิกรัม เป็น Kjeltabs CU 3.5 ซึ่งเป็นสารเร่งปฏิกิริยาสำเร็จรูป และมีการเติมน้ำกลั่นเปลี่ยนจาก 5 มิลลิลิตรเป็น 40 มิลลิลิตร จากนั้นรองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เปลี่ยนจากปริมาตร 5 มิลลิลิตรเป็น 40 มิลลิลิตร และสำหรับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรที่ใช้ในการกลั่นในการทดลองของเราจะไม่มี การเติม $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ลงไป และสำหรับการเก็บปริมาตรของสารที่กลั่นออกมาจะเปลี่ยนปริมาตรที่เก็บจาก 15 มิลลิลิตร เป็น 250 มิลลิลิตร และจะไม่มี การเจือจางสารที่กลั่นออกมาได้ด้วยน้ำกลั่นอีก 50 มิลลิลิตร

อุปกรณ์

เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง Satorious รุ่น A200S

Gerhardt Kjeldatherm Digestion Unit เป็นชุดเครื่องย่อย

Gerhardt Vapodest เป็นชุดเครื่องกลั่น

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. สารละลายมาตรฐานกรดเกลือความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 50 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
4. สารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
5. สารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs Cu 3.5)
6. เมทิลเรด-โบรโมครีซอลกรีนอินดิเคเตอร์ (เป็นส่วนผสมของสารละลายเมทิลเรดร้อยละ 0.2 ในแอลกอฮอล์ กับสารละลายโบรโมครีซอลกรีนร้อยละ 0.2 ในแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 5:1)

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ทราบแน่นอนประมาณ 1.5 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา (Kjeltabs Cu 3.5) 1 เม็ด และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร
3. นำไปย่อยด้วยเครื่อง Kjeldahltherm ซึ่งควบคุมอุณหภูมิในการย่อย ดังนี้คือ
 - ช่วงที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
 - ช่วงที่ 2 ใช้อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างใส เป็นสีฟ้าอ่อน
4. ทิ้งให้ Kjeldahl tube เย็น จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นลงไป 40 มิลลิลิตร เพื่อละลาย ตะกอนที่เกิดขึ้น ซึ่งการเติมน้ำกลั่นเข้าไปเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน จะทำให้ Kjeldahl tube ร้อน จึงต้องทิ้งให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง
5. รองรับสารที่กลั่นด้วยสารละลายกรดบอริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด สารละลายที่ได้จะมีสีชมพู
6. ต้อ Kjeldahl tube เข้ากับเครื่อง Vapodest I เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 50 จนตัวอย่างกลายเป็นสีดำ
7. กลั่นตัวอย่างจนขวดรองรับมีสารละลายปริมาตร 250 มิลลิลิตร
8. หยดกลั่น จากนั้นนำสารละลายในขวดรองรับมาไตเตรทด้วยสารละลายกรดเกลือ มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูอ่อน
9. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโปรตีน โดยใช้สูตร

ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) =

$$\frac{\text{ปริมาตรกรดเกลือที่ไตเตรท(มิลลิลิตร)} \times \text{ความเข้มข้นกรดเกลือ(นอร์มัล)} \times 1.4}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

ปริมาณโปรตีนในข้าว (ร้อยละ) = ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละ) \times 5.95

3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 30-25 (1995) โดยเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจาก 5-6 หยดต่อ วินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เป็น 3-4 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

อุปกรณ์

Soxhlet Apparatus

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเธอร์ จุดเดือด 40-60 องศาเซลเซียส

วิธีทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่าง 3 กรัม แล้วห่อด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2
2. ใส่ห่อตัวอย่างใน Thimble บรรจุลงในชุดสกัดไขมัน โดยเติมสารทำละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ 200 มิลลิลิตรใน Soxhlet flask (ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน)
3. ให้ความร้อนและควบคุมอัตราการกลั่น 3-4 หยดต่อวินาที เป็นเวลา 6 ชั่วโมง
4. ทิ้งให้เย็นก่อนนำ Soxhlet flask มาระเหยปิโตรเลียมอีเธอร์ออกจากไขมันที่สกัดได้ โดยนำเข้าเครื่องระเหยสุญญากาศ
5. นำ Soxhlet flask ที่มีน้ำมันติดอยู่ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่
6. ทิ้งให้เย็นใน desiccator
7. ชั่งน้ำหนัก Soxhlet flask แล้วคำนวณหาปริมาณไขมัน โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันที่สกัดได้ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใย

ตามวิธีของ AOAC 978.10 (1995)

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE Binder รุ่น E 53

เตาเผา Heatech 4850-1

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วทั้งหมด ใส่บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร
2. เติมกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ต้มเดือดนาน 30 นาที โดยให้สารละลายเดือดตลอดเวลา และสังเกตไม่ให้ปริมาตรของสารละลายลดลง หากลดลงให้เติมน้ำร้อนลงไป
3. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยกรดผ่านกรวยบุคเนอร์ซึ่งรองด้วยกระดาษ Whatman No. 1 โดยใช้ความดันสูญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์กรด
4. นำกากที่ได้มาย่อยต่อด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มเดือด 30 นาที โดยควบคุมปริมาตรของสารละลายเช่นเดียวกับข้อ 2
5. กรองตัวอย่างที่ถูกย่อยด้วยด่างผ่านกรวยบุคเนอร์ซึ่งรองด้วยกระดาษ Whatman No. 1 โดยใช้ความดันสูญญากาศ 25 มิลลิเมตรปรอท ล้างกากด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง
6. กรองผ่านกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนักแน่นอนและล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดฤทธิ์ด่าง
7. ล้างกากที่ได้ด้วยแอลกอฮอล์ 25 มิลลิลิตร อีก 2 ครั้ง
8. นำกากที่ได้ไปอบที่ 130 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่
9. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักจะได้เป็นน้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา
10. นำตัวอย่างใส่ใน crucible ที่ผ่านการเผาและทราบน้ำหนักที่แน่นอน
11. เเผา crucible พร้อมตัวอย่างที่อุณหภูมิ 600 ± 15 องศาเซลเซียส จนได้เข้าสีขาว
12. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
13. ชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา นำมาคำนวณหาปริมาณเส้นใย โดยใช้สูตร

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

5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 08-01 (1995) โดยเปลี่ยนอุณหภูมิเตาเผาจาก 575 – 590 องศาเซลเซียส เป็น 550 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

เตาเผา Heatech 4850-1

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแน่นอน 3 – 5 กรัม (± 0.0001 กรัม) ใส่ใน crucible ที่เผาทราบน้ำหนักแน่นอน
2. นำตัวอย่างเข้าเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว
3. ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณเถ้า โดยใช้สูตร

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

6. การคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรต

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

7. การวิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส

ตามวิธีของ Juliano (1971)

อุปกรณ์

Spectrophotometer Milton Roy รุ่น Spectronic 601

สารเคมี

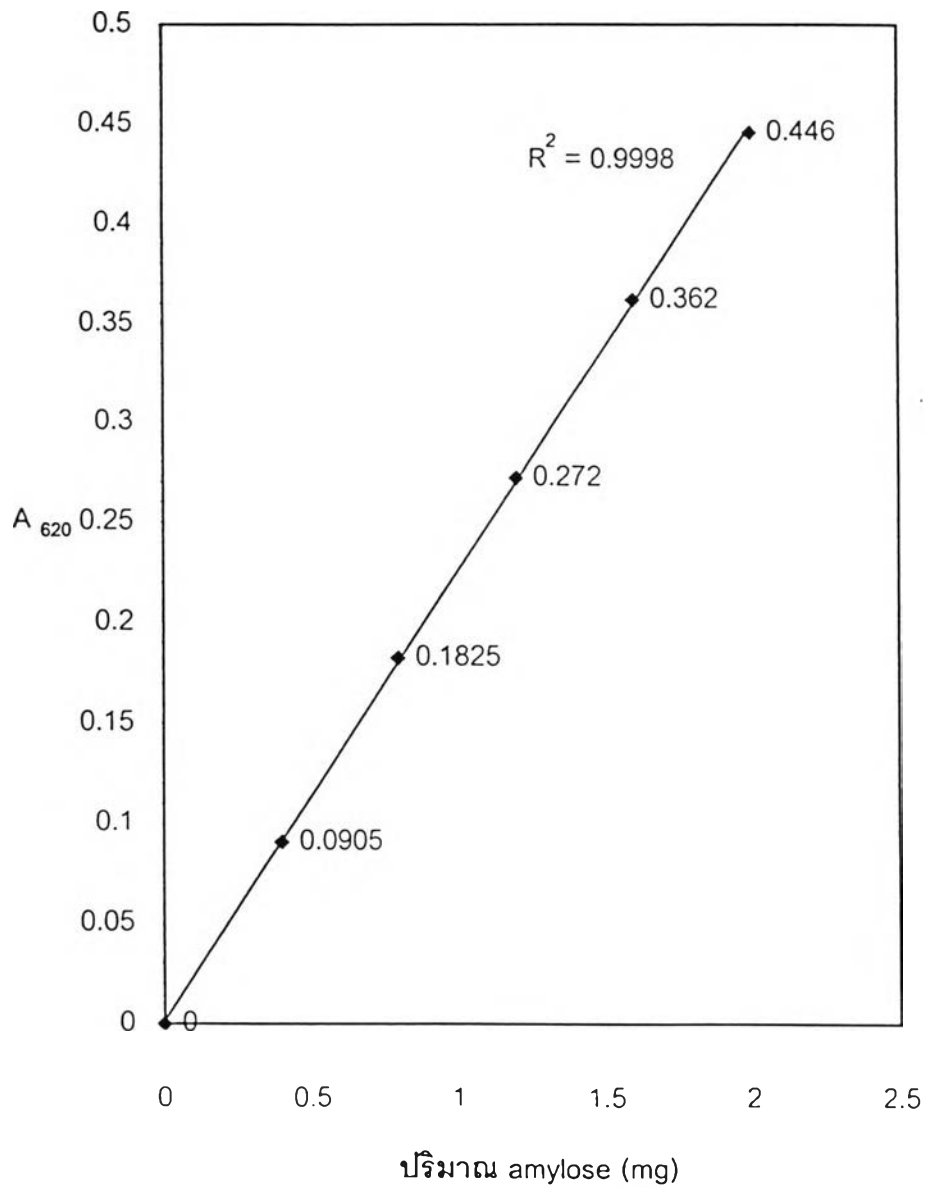
1. อมัยโลสบริสุทธิ์ (อมัยโลสจากมันฝรั่ง)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล
3. เอธิลแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (หรือร้อยละ 95)
4. สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล
5. สารละลายไอโอดีน เตรียมโดยละลายไอโอดีน 0.2000 กรัม และโปตัสเซียมไอโอดेट 2.000 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

การสร้างกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งอมัยโลสบริสุทธิ์น้ำหนักแน่นอน 40 มิลลิกรัม ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
2. เตรียมขวดควบคุม (blank) โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ต้มสารละลายจากข้อ 1 และ 2 ในอ่างน้ำเดือดนาน 5–10 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชะสารละลายอมัยโลสที่ได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะสารละลายจากขวดรูปกรวยออกมาให้มากที่สุด) ปรับปริมาตรของสารละลายอมัยโลสให้เป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน
5. ปิเปตสารละลายจากข้อ 4 ปริมาตร 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 5 ขวด ซึ่งแต่ละขวดมีความเข้มข้นของอมัยโลสเท่ากับ 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.0 มิลลิกรัม ตามลำดับ ปิเปตสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรทั้ง 5 ใบ ตามลำดับ
6. จากนั้นเติมสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละใบ ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
7. ชะสารละลายในขวดควบคุมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นปิเปตสารละลายที่ได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที ใช้สารละลายในขวดนี้เป็น blank

8. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอมัยโลส ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank

9. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณอมัยโลส ดังรูป ก. 1



รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณอมัยโลส (แต่ละจุดในกราฟเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ)

การหาปริมาณอิมัลชันในตัวอย่าง

1. ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของ flour ที่ผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ปริมาณ 100 มิลลิกรัม ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 50 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลายไซโตเคมิไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 9 มิลลิลิตร และเอธิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
3. ต้มในอ่างน้ำเดือดนาน 5-10 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. ชะน้ำแบ่งที่ได้ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นชะสารละลายจากขวดรูปกรวยออกมาให้มากที่สุด) ปรับปริมาตรของน้ำแบ่งให้เป็น 100 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน
5. บีบเปิดสารละลายจากข้อ 4 มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นบีบเปิดสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีน 2.0 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอิมัลชัน ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับ blank
7. จากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ นำไปอ่านค่าปริมาณอิมัลชันจากกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาปริมาณอิมัลชัน (ร้อยละ) โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณอิมัลชัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน (กรัม)} \times 100 \times 20}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

ภาคผนวก ง

วิธีวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของวัตุดิบ

1. การหาค่ากำลังการพองตัวและร้อยละการละลายของเม็ดสตาร์ช (Swelling Power and % Solubles)

ดัดแปลงวิธีของ Schoch (1964) โดยนำมาใช้กับแป้งข้าวแทนแป้งสตาร์ชข้าว และเนื่องจากไม่สามารถออกแบบเครื่องมือที่เหมือนกับที่แนะนำไว้ได้ แต่ก็ทำให้ได้ใกล้เคียงมากที่สุดโดยการดัดแปลงมาใช้ เช่น ในชุดอุปกรณ์ของ Schoch ที่กำหนดขนาดของใบพัดกวนและความเร็วรอบที่ใช้มา แต่ในการทดลองของเรานำใบพัดกวนมาใช้ แต่ใบพัดกวนที่นำมาใช้มีขนาดแตกต่างจากของ Schoch นอกจากนี้ใบพัดกวนของเราไม่สามารถทราบความเร็วรอบที่ใช้ได้ เพียงสามารถกำหนดให้ได้ความเร็วรอบเท่าเดิมในการทดลองทุกครั้งเท่านั้น

อุปกรณ์

- อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
- เครื่องเซนทรีฟิวซ์
- ตู้อบสูญญากาศ Hot pack

วิธีทดลอง

1. นำขวดเซนทรีฟิวซ์อบ แล้วชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของขวดไว้
2. ชั่งน้ำหนักแห้งของ flour 2.000 กรัม ใส่ลงในขวดเซนทรีฟิวซ์ขนาด 250 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่นลงในขวดเซนทรีฟิวซ์ 180 กรัม คนให้เข้ากัน
4. นำขวดเซนทรีฟิวซ์ที่บรรจุตัวอย่างแล้ว แขนลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิต่างๆ เพื่อศึกษาการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิต่างๆ โดยทำศึกษาที่อุณหภูมิ 55 ± 2 , 65 ± 2 , 75 ± 2 , 85 ± 2 และ 95 ± 2 องศาเซลเซียส
5. ให้ความร้อนเป็นเวลา 30 นาที โดยมีการกวนตลอดเวลา
6. นำขวดเซนทรีฟิวซ์มาเช็ดด้านนอกซึ่งเปียกน้ำให้แห้ง
7. ใช้น้ำกลั่นชะใบพัดที่ใช้กวน โดยน้ำกลั่นที่ใช้ชะให้มีน้ำหนักน้ำกลั่นรวมเท่ากับ 200 กรัม กล่าวคือ

น้ำหนักทั้งหมด = น้ำหนักขวดเซทรีฟิวซ์ + น้ำหนัก flourแห้ง + น้ำหนักน้ำกลั่น 200 กรัม

8. นำขวดเซทรีฟิวซ์ไปเข้าเครื่องเซทรีฟิวซ์ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที

9. หลังเซทรีฟิวซ์จะแยกส่วนใสออกจากตะกอน โดยเทส่วนใสออกมาใส่ขวดรูปชมพู่ ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร และให้เหลือส่วนใสค้างอยู่ในภาชนะประมาณ 0.5 เซนติเมตร

10. ชักชั้นส่วนใสที่ยังเหลืออยู่อีก 0.5 เซนติเมตร ออก แล้วจึงนำขวดเซทรีฟิวซ์ที่บรรจุ flour ที่พองตัวแล้วไปชั่งน้ำหนัก

11. ส่วนใสที่ได้จากข้อ 9 จะบีบเปตมา 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงในชามกระเบื้องที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว

12. นำไประเหยน้ำในตู้อบสูญญากาศที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วจึงทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้เป็นน้ำหนักแห้งที่ละลายน้ำ

13. คำนวณหาค่าการพองตัวและค่าการละลายของเม็ดแป้ง โดยใช้สูตร

$$\text{ร้อยละการละลาย (\% Solubles)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งที่ละลายน้ำ (กรัม)} \times 50 \times 100}{\text{น้ำหนัก flourแห้ง (กรัม)} \times 0.25^*}$$

$$\text{กำลังการพองตัว (Swelling power)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้ง(กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนัก flourแห้ง (กรัม)} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

* แฟคเตอร์ 0.25 ที่ใช้ในการคำนวณร้อยละการละลาย มาจากการบีบเปตส่วนใสมาใช้ในการหาค่าร้อยละการละลายเพียง 50 มิลลิลิตร จากส่วนใสทั้งหมด 200 มิลลิลิตร กล่าวคือ นำส่วนใสมาใช้เพียงหนึ่งในสี่เท่านั้น

2. การวิเคราะห์สมบัติด้านความหนืดของแป้ง

ดัดแปลงจากวิธีของ Mazurs และคณะ (1957) โดยเปลี่ยนระยะเวลาในช่วงควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียสให้สั้นลง จาก 1 ชั่วโมง เป็น 20 นาที

อุปกรณ์

Brabender Viscoamylograph รุ่น Viskograph PT100

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายของตัวอย่างแป้งในน้ำกลั่นความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักแห้ง เตรียมโดยชั่งแป้ง 40 กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป 300 กรัม ใช้แท่งแก้วคนกวนให้แป้งไม่ตกตะกอน จากนั้นจึงเทน้ำแป้งใส่ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง (bowl) ของเครื่องซึ่งได้ประกอบกับตัวเครื่องแล้ว ชะบีกเกอร์ที่ใส่น้ำแป้งด้วยน้ำกลั่นอีก 160 กรัม ใส่ลงในภาชนะใส่ตัวอย่าง ใช้แท่งแก้วคนกวนเพื่อให้เข้ากันได้ดี
 2. ประกอบตัวเครื่อง และให้เครื่องเริ่มทำงาน
 3. ปรับสภาวะการทำงานของเครื่องดังนี้
 - 3.1 ให้เครื่องกวนมีอัตราเร็ว 75 รอบต่อนาที
 - 3.2 การตั้งโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิ เป็นดังนี้ คือ
 - 3.2.1 ให้อุณหภูมิสูงขึ้นในอัตราเร็ว 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 95 องศาเซลเซียส
 - 3.2.2 คงที่ที่ 95 องศาเซลเซียสไว้ 20 นาที
 - 3.2.3 ให้อุณหภูมิลดลงในอัตราเร็ว 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 50 องศาเซลเซียส
 - 3.2.4 คงที่ที่ 50 องศาเซลเซียสไว้ 20 นาที
 4. ถ้าขณะเดินเครื่องเส้นกราฟความหนืดเพิ่มขึ้นจนสุดสเกล ให้ถ่วงด้วยตุ้มน้ำหนักขนาด 125 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับความข้นหนืด 500 BU. หรือตุ้มน้ำหนักขนาด 250 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับความข้นหนืด 1,000 BU.
 5. นำกราฟการเปลี่ยนแปลงความข้นหนืดของตัวอย่างน้ำแป้ง มาวิเคราะห์ผล

ภาคผนวก จ

วิธีวิเคราะห์และประเมินสมบัติของมอลโทเดกซ์ทริน

1. การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (%liquefied starch)

ใช้วิธี Anthrone- H_2SO_4 ตามวิธีของ McCready และคณะ (1950) และคำนวณค่า %liquefied starch ตามวิธีของ Brooks และ Griffin (1987)

อุปกรณ์

Spectrophotometer Milton Roy รุ่น Spectronic 601

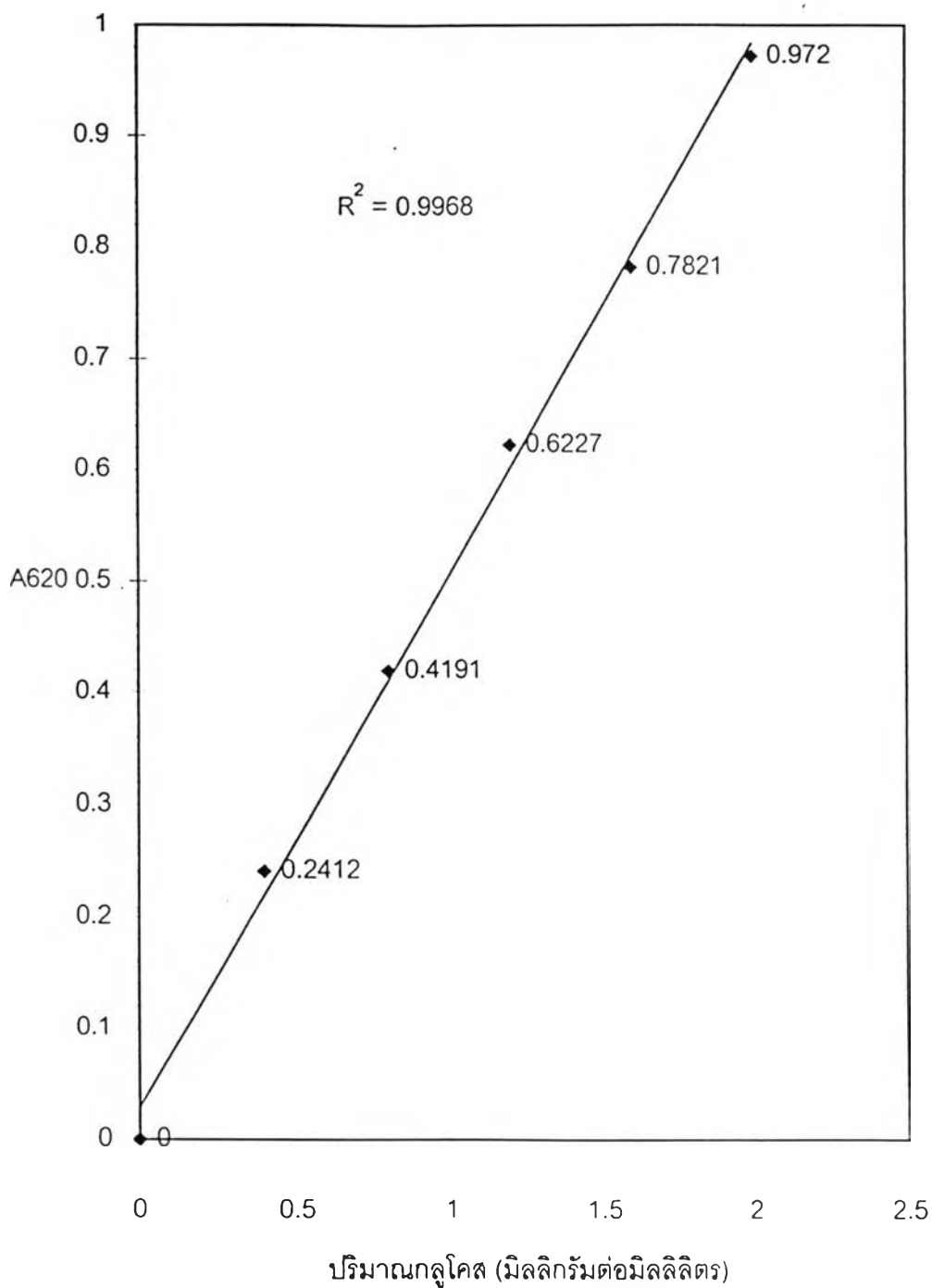
สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก เตรียมโดยผสมกรดซัลฟูริกเข้มข้นกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 2.3 ต่อ 1.0 โดยปริมาตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
2. สารละลายแอนโทรน (anthrone, $C_{14}H_{10}O$) เตรียมความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในสารละลายกรดซัลฟูริกในข้อ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (เตรียมก่อนใช้ทุกครั้ง)

การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมและการสร้างกราฟมาตรฐาน

1. เตรียมสารละลายกลูโคสที่ความเข้มข้น 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
2. ปิเปตสารละลายกลูโคสมา 25 ไมโครลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิด ใช้น้ำกลั่นเป็นหลอดควบคุม (blank)
3. เติมน้ำสารละลายแอนโทรน 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
4. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 7 นาทีครึ่ง ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น
5. นำสารละลายในข้อ 4 หลอดใดหลอดหนึ่ง มาวัดค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมในช่วง 500 ถึง 800 นาโนเมตร ซึ่งการทดลองพบว่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม คือ 620 นาโนเมตร
6. นำสารละลายกลูโคสทั้ง 5 ความเข้มข้นซึ่งทำปฏิกิริยากับสารละลายแอนโทรนแล้ว มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

7. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลาย
กลูโคส แสดงดังรูป จ. 1



รูปที่ จ.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่า % liquefied starch (แต่ละจุดในกราฟเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ)

การวิเคราะห์ % liquefied starch ในตัวอย่าง

1. วัดปริมาตรมอลโทเดกซ์ทรินที่ได้จากการผลิต (A)
2. เจือจางมอลโทเดกซ์ทรินที่ได้ ให้มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยปริมาตร ในที่นี้จะถือว่าเจือจาง 100 เท่า (B = 100)
3. ปิเปตสารละลายตัวอย่างในข้อ 1 มา 25 ไมโครลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีฝาปิด ใช้น้ำกลั่นเป็นหลอดควบคุม (blank)
4. เติมสารละลายแอนโรน 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
5. นำไปต้มในอ่างน้ำเดือดเป็นเวลา 7 นาทีครึ่ง ทำให้เย็นทันทีโดยแช่ในอ่างน้ำเย็น
6. นำสารละลายในข้อ 3 มาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
7. จากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ นำไปอ่านค่าความเข้มข้นกลูโคสจากกราฟมาตรฐาน (C) แล้วคำนวณหาปริมาณ starch ได้โดยนำค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสที่อ่านได้มาคูณด้วยแฟคเตอร์ 0.9 (C × 0.9)
8. คำนวณหาปริมาณ starch ที่ละลายอยู่ในมอลโทเดกซ์ทริน โดยคำนวณเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีใน flour (เนื่องจากในงานวิจัยไม่ได้หาปริมาณสตาร์ชของแป้งข้าว จึงใช้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดแทน) ดังนั้นจึงสามารถหา % liquefied starch ได้ดังนี้

$$\% \text{liquefied starch} = \frac{A \times B \times (C \times 0.9) \times 100 \times 0.001}{D \times E}$$

- เมื่อ A คือ ปริมาตรของมอลโทเดกซ์ทรินที่ได้จากการผลิต (มิลลิลิตร)
 B คือ dilution ปริมาตรของสารละลายที่เจือจางก่อนนำมาใช้วิเคราะห์
 C คือ ปริมาณกลูโคส(มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)
 D คือ น้ำหนักแห้งของ flour ที่ใช้ในการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน (กรัม)
 E คือ สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในแป้งข้าว

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ตามวิธีของ Lane and Eynon's volumetric method

สารเคมี

สารละลายเฟห์ลิง (Fehling's solution)

1.1 สารละลาย ก.

ละลายคอปเปอร์ซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 34.639 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตรให้เป็น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดวัดปริมาตร

1.2 สารละลาย ข.

ละลายโปตัสเซียมโซเดียมเตตระไฮเดรต ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 173 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 50 กรัมในน้ำกลั่น ปริมาตรน้ำกลั่นให้เป็น 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ 2 วันแล้วจึงนำมากรองตะกอนก่อนใช้

2. เมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ (methylene blue indicator) ละลายเมทิลีนบลู 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

การหาค่ามาตรฐานของสารละลายเฟห์ลิง (Standardization of Fehling's solution)

1. เตรียมสารละลายน้ำตาลอินเวิร์ตมาตรฐานความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร โดยละลายซูโครสที่ผ่านการอบแห้งมาแล้วให้มีน้ำหนักเท่ากับ 9.5 กรัม ในน้ำกลั่น จากนั้นเติมกรดเกลือเข้มข้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรโดยน้ำกลั่น ปล่อยให้สารละลายเปลี่ยนเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต โดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 3-4 วัน จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาเจือจางให้เป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขวดวัดปริมาตร สารละลายที่เตรียมได้นี้สามารถเก็บไว้ใช้ได้เป็นเวลาหลายเดือน

2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา 25 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรในขวดวัดปริมาตร

3. บรรจूसารละลายในข้อ 2 ลงในบิวเรต โดยจะเรียกสารละลายในนี้ว่าไตเตอร์ (titer)

4. ปิเปตสารละลายเฟห์ลิง ก. และ ข. มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพูนิตทนความร้อนขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน

5. ไซไตเตอร์ปริมาตร 19 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจूसารละลายเฟห์ลิงที่ผสมกันแล้ว เขย่าให้เข้ากัน ต้มให้เดือดบนเตา

6. เมื่อต้มเดือดได้ 2 นาที (จับเวลาตั้งแต่เริ่มเดือด) ให้หยดเมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ลงไป 3-4 หยด ถ้าสารละลายเฟห์ลิงยังคงมีสีน้ำเงินอยู่ ให้ไซไตเตอร์ลงไปอีกครั้งละหยด กระทั่งสีน้ำเงินของสารละลายเฟห์ลิงหมดไป ในระหว่างไตเตรตต้องให้สารละลายในขวดรูปชมพู่เดือดตลอดเวลา

และควรให้การไต่เตตรตื้นสุดภายในเวลาไม่เกิน 3 นาทีนับตั้งแต่สารเริ่มเดือด บันทึกปริมาตรของสารละลายในบิวเรตหรือไตเตอร์ที่ใช้ไป ปริมาตรของไตเตอร์ที่ใช้ต้องเป็น 20 มิลลิลิตร

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างมอลโทเดกซ์ทริน

1. เตรียมตัวอย่างโดยใช้มอลโทเดกซ์ทรินในปริมาณที่เมื่อนำมาละลายน้ำแล้วจะได้สารละลายที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ประมาณร้อยละ 1 จดน้ำหนักแน่นอนของมอลโทเดกซ์ทรินที่นำมาวิเคราะห์ (ต้องทราบร้อยละของแห้งในตัวอย่าง แล้วคำนวณว่าในตัวอย่างมอลโทเดกซ์ทรินซึ่งมีปริมาณเท่านี้จะมีน้ำหนักแห้งของมอลโทเดกซ์ทรินอยู่เท่าไร) รวมทั้งปริมาตรรวมทั้งหมดของสารละลายที่เจือจางด้วย

2. บรรจุสารละลายตัวอย่างในข้อ 1 ลงในบิวเรต โดยจะเรียกสารละลายในนี้ว่าไตเตอร์

3. เตรียมสารละลายเฟห์ลิงโดยใช้ปริมาตรที่หาได้จากการหาค่ามาตรฐานของสารละลายเฟห์ลิง บรรจุในขวดรูปชมพูนิตทอนความร้อนขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน

4. ไซไตเตอร์ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุสารละลายเฟห์ลิงที่ผสมกันแล้ว เขย่าให้เข้ากัน ต้มให้เดือดบนเตา

5. หลังจากต้มเดือดได้ 15 วินาที หากสารละลายเฟห์ลิงยังคงมีสีน้ำเงินอยู่ ให้ไซไตเตอร์ลงไปอีกอย่างรวดเร็ว ครึ่งละ 1 ถึง 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าโดยไม่ยกขวดรูปชมพู่ออกจากเตา ถ้าสารละลายเฟห์ลิงยังคงมีสีน้ำเงินอยู่ ก็ให้ทำเช่นนี้เรื่อยๆไปจนกระทั่งสีน้ำเงินของสารละลายเฟห์ลิงจางลง จึงเติมเมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ลงไป 3 ถึง 4 หยด ไต่เตตรต่อไปโดยให้ไซไตเตอร์ครึ่งละ 1 หยด (dropwise) จนกว่าสีน้ำเงินของเมทิลีนบลูจะหายไป ในระหว่างไต่เตตรต้องให้สารละลายในขวดรูปชมพู่เดือดตลอดเวลา และควรให้การไต่เตตรตื้นสุดภายในเวลาไม่เกิน 3 นาทีนับตั้งแต่สารละลายเริ่มเดือด บันทึกปริมาตรของสารละลายในบิวเรตหรือไตเตอร์ที่ใช้ไป

6. ต้องมีการไต่เตตรเพื่อทวนค่าปริมาตรที่ได้ โดยเตรียมสารละลายเฟห์ลิงโดยใช้ปริมาตรที่หาได้จากการหาค่ามาตรฐานของสารละลายเฟห์ลิง บรรจุในขวดรูปชมพูนิตทอนความร้อนขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน

7. เนื่องจากทราบปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่จะวิเคราะห์แล้วจากข้อที่ 5 ดังนั้นจึงไซสารละลายตัวอย่างในบิวเรตหรือไตเตอร์ลงในสารละลายเฟห์ลิงที่เตรียมไว้ในปริมาตรที่น้อยกว่าปริมาตรที่ทราบแล้ว 0.5 ถึง 1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นต้มให้เดือด 2 นาที แล้วจึงเติมสารละลายเมทิลีนบลูลงไป 3 ถึง 4 หยด ไต่เตตรต่อไปโดยไซสารละลายตัวอย่างในบิวเรตครึ่งละ 3 ถึง 4 หยด จนกระทั่งสีน้ำเงินของเมทิลีนบลูหายไป การไซสารละลายตัวอย่างในบิวเรตลงมาแต่

ละครั้งควรให้ห่างกันประมาณ 10 วินาที การไต่เตรตต้องให้เสร็จภายใน 1 นาที นับจากการเติมเมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ลงไป

8. บันทึกปริมาตรของสารละลายตัวอย่างในบิวเรตหรือไตเตอร์ที่ใช้ไปทั้งหมด

* ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไตเตรตเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเฟห์ลิง ต้องอยู่ในช่วง 15 ถึง 50 มิลลิลิตร

9. คำนวณหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างและร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ โดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{\text{แฟคเตอร์} \times 100}{A \times 1000}$$

(คิดเป็นน้ำตาลเดกซ์โทรส)

เมื่อ A คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างในบิวเรตหรือไตเตอร์ที่ใช้ไป (มิลลิลิตร)

$$\text{ร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ (คิดเป็นเดกซ์โทรส)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์} \times 100}{B}$$

เมื่อ B คือ น้ำหนักเปียกของมอลโทเดกซ์ทรินที่ใช้ในการเตรียมไตเตอร์ (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดหรือร้อยละของแข็ง

ใช้วิธีอบแห้งโดยใช้ทราย ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC 925.45 (1995) โดยใช้ขนาดของถ้วยอลูมิเนียมต่างกัน น้ำหนักทรายต่างกันโดยเปลี่ยนจาก 25-30 กรัม เป็น 15 กรัม รวมทั้งตัดขั้นตอนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำบน steam bath เป็นเวลา 15-20 นาที ทิ้งไป

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE Binder รุ่น E 53

กระดาษลิทมัส

สารเคมี

กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร

วิธีทดลอง

1. ร่อนทรายผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh และ 60 mesh นำทรายที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 40 – 60 mesh เตรียมไว้ใช้ในการทดลอง จากนั้นล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมไว้แล้ว ล้างจนกระทั่งเมื่อทดสอบน้ำที่ผ่านออกมาด้วยกระดาษลิตมัสแล้วมีปฏิกิริยาเป็นกรด จากนั้นใช้น้ำกลั่นล้างทรายจนกระทั่งไม่เหลือความเป็นกรด นำทรายที่ได้ไปอบแห้งและเผาจนมีน้ำหนักคงที่ จากนั้นเก็บไว้ใน desiccator
2. อบด้วยอลูมิเนียมให้มือน้ำหนักแน่นอน ในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วเก็บไว้ใน desiccator จดน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยอลูมิเนียมไว้
3. ชั่งทรายแห้งน้ำหนัก 15 กรัมใส่ในถ้วยอลูมิเนียม จากนั้นใส่มอลโทเดกซ์ทรินเหลว น้ำหนัก 5 กรัม (ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน)
4. นำถ้วยอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างและแท่งแก้วคนขนาดสั้นเข้าอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียม เป็นเวลา 10 ชั่วโมง
5. นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ปิดฝาภาชนะอลูมิเนียม ทิ้งให้เย็นใน desiccator เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
6. ชั่งน้ำหนักภาชนะอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างและแท่งแก้ว
7. นำตัวอย่างเข้าอบต่อจนได้น้ำหนักคงที่
8. นำมาคำนวณโดยหาน้ำหนักตัวอย่างที่เหลืออยู่ โดยใช้น้ำหนักตัวอย่างหลังอบหักลบด้วยน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม น้ำหนักทราย น้ำหนักแท่งแก้วคน แล้วนำมาเข้าสู่สูตร

$$\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักมอลโทเดกซ์ทรินแห้งที่เหลือ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักมอลโทเดกซ์ทรินเหลวก่อนอบ (กรัม)}}$$

4. การวิเคราะห์ค่าสมมูลเดกซ์โทรส (Dextrose Equivalent Value, DE)

คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าสมมูลเดกซ์โทรส} = \frac{\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวิซ์เป็นร้อยละ} \times 100}{\text{ปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ}}$$

5. การพิจารณา Residual enzyme activity

ใช้สภาวะที่แนะนำจากบริษัท Novo, #AF9/5-gB (Novo Industries, Inc., Wilton, CT.) พิจารณาว่าเอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงาน โดยสังเกตสีของสารละลายแป้งที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน ตามวิธีของ Woods และ Aurand (1977) ดังนี้คือ

1. ปิเปิดสารละลายมอลโทเดกซ์ทรินที่ผลิตได้มา 1 ml เติมลงในสารละลาย acetate buffer 0.2 M pH 5.6 (ซึ่งมี CaCl_2 ผสมอยู่) ปริมาตร 9 ml
2. เติม starch 5.26 mg ลงในสารละลายข้อ 1
3. บ่มที่ 37°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. เติมสารละลายไอโอดีนความเข้มข้น 0.05 M 2 หยด ลงในแป้งที่ผ่านการบ่มแล้ว
5. สังเกตสีของสารละลายแป้ง ถ้าสารละลายแป้งที่สีน้ำเงินม่วง แสดงว่าเอนไซม์ถูกยับยั้งแล้ว

6. วิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลมอลโมเลกุลต่ำ (DP1-7) ในเชิงคุณภาพ (qualitative method) โดยวิธีเปเปอร์โครมาโตกราฟี

อุปกรณ์

chromatographic tank

เข็มฉีดยา GC ขนาด 10 μl

กระดาษกรอง Whatman's No.1 ตัดขนาด 19 x 18 ตารางเซนติเมตร โดยขีดเส้นด้วยดินสอบางๆ ด้านปลายกระดาษกว้าง 2 เซนติเมตร เพื่อใช้ในการ spot สารตัวอย่าง (ใช้ปลายด้านนี้จุ่มลงใน solvent)

สารเคมี

1. การเตรียม Solvent ที่จะใช้ในระบบ

ในที่นี้ใช้ Solvent ทั้งหมด 4 ระบบ ดังตารางที่ จ. 1

เตรียม solvent ทั้ง 4 ระบบ ในตู้ควีน ใส่ไว้ใน chromatographic tank โดยให้ระดับของ solvent ในโถแก้วแต่ละโถสูงประมาณ 1.5 เซนติเมตร ทิ้งให้อิ่มตัวในโถเป็นเวลา 1 คืน

ตาราง จ.1 Solvent ทั้ง 4 ระบบที่ใช้ในการทดลองแยกองค์ประกอบของน้ำตาลมอลโมเลกุลต่ำ (DP1-7) ในผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทริน

ระบบ ที่	solvent	อัตราส่วน (โดยปริมาตร)	นำมาจาก
1	n-butanol: pyridine : H ₂ O	9: 5: 4	Zweig และ Whitaker (1971)
2	isopropanol: pyridine: H ₂ O	7: 2: 2	Zweig และ Whitaker (1971)
3	isoamyl alcohol: pyridine: H ₂ O	7: 7: 6	Zweig และ Whitaker (1971)
4	ethyl acetate: n-butanol: acetic acid : H ₂ O	6: 8: 5: 8	Zweig และ Whitaker (1971)

2. การเตรียมสารที่ใช้ในการตรวจสอบ (detection reagent)

detecting reagent ที่ใช้ในที่นี่ คือ alkaline silver nitrate (Chaplin, 1986) เตรียมได้โดย

2.1 เตรียม reagent A โดยเติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทอิมตัว (AgNO₃) 0.1 มิลลิลิตร ในอะซีโตน 20 มิลลิลิตร ถ้าเกิดความขุ่นขึ้นให้หยดน้ำลงไปจนกว่าสารละลายจะใส

2.2 เตรียม reagent B โดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 กรัมในน้ำปริมาณต่ำที่สุด (น้อยกว่า 1 มิลลิลิตร) จากนั้นเติมเมทานอลให้มีปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร

3. การเตรียมสารละลายคาร์โบไฮเดรตมอลโมเลกุลต่ำ DP 1-7 เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการหาค่า Rf มาตรฐาน

เตรียมสารละลายคาร์โบไฮเดรตมอลโมเลกุลต่ำความเข้มข้นร้อยละ 1 คือ ชั่งคาร์โบไฮเดรตแต่ละ DP น้ำหนัก 20 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร ดังนั้นจะมีสารละลายมาตรฐานคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 7 ชนิด คือ

สารมาตรฐานคาร์โบไฮเดรต DP 1	หรือน้ำตาลกลูโคส
DP 2	หรือน้ำตาลมอลโทส
DP 3	หรือน้ำตาลมอลโทไตรโอส
DP 4	หรือน้ำตาลมอลโทเตตระโอส
DP 5	หรือน้ำตาลมอลโทเพนตะโอส
DP 6	หรือน้ำตาลมอลโทเฮกซะโอส
DP 7	หรือน้ำตาลมอลโทเฮปตะโอส

คาร์โบไฮเดรตมวลโมเลกุลต่ำ DP 1, DP 2 และ DP 7 มาจากบริษัท Sigma ส่วนคาร์โบไฮเดรตมวลโมเลกุลต่ำ DP 3-6 มาจากบริษัท Wako ประเทศญี่ปุ่น

วิธีทดลอง

1. หาค่า Rf มาตรฐาน โดยการ spot สารละลายคาร์โบไฮเดรตมาตรฐาน DP 1 – 7 ครั้งละ 2 ไมโครลิตรลงบนกระดาษกรองซึ่งเตรียมไว้แล้ว รอให้แห้ง แล้วจึง spot ซ้ำอีก 2 ไมโครลิตร รอให้แห้ง ทำเช่นนี้เรื่อยๆจนแต่ละจุดมีน้ำตาลอยู่ 20 ไมโครกรัม เตรียมตัวอย่างเช่นนี้ทั้งหมด 10 แผ่น สำหรับ solvent 5 ระบบ ระบบละ 2 ซ้ำ
2. นำกระดาษกรองที่มีสารละลายมาตรฐานทั้ง 7 ชนิด ไป develop ใน chromatographic tank วางกระดาษลงในโถแก้วแต่ละระบบ โดยระวางอย่าให้บริเวณที่ spot สารมาตรฐานจุ่มลงใน solvent การทดลองที่ใช้เป็น ascending technique
3. รอจน solvent ขึ้นไปจนสุดกระดาษ ระยะทางการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างเท่ากับ 17 เซนติเมตร จึงนำกระดาษกรองออกจากโถแก้ว แล้วทิ้งให้ solvent ระเหยไปในตู้ควัน
4. เมื่อกระดาษกรองแห้งแล้วจึงจุ่มกระดาษกรองที่แห้งแล้วลงใน detection reagent A ซึ่งเทไว้ในถาดอลูมิเนียมหรือถาดพลาสติก (ห้ามใช้ถาดเหล็ก เพราะ reagent จะทำปฏิกิริยากัดกร่อนถาด) จากนั้นทิ้งให้แห้งในตู้ควัน เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำ detection reagent B มาสเปรย์ลงบนแผ่นกระดาษกรอง กระดาษกรองจะเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล ส่วนบริเวณที่เป็นคาร์โบไฮเดรตจะเป็นจุดสีน้ำตาลเข้มถึงดำ สังเกตได้อย่างชัดเจน วัดระยะทางของจุดทันที เพราะจุดสีน้ำตาลเข้มถึงดำนี้จะจางลงเมื่อทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง
5. แล้วนำมาคำนวณหาค่า Rf โดยใช้สูตร

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่สารเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ solvent เคลื่อนที่}}$$

6. ในกรณีใช้ผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทรินในการ spot ก็ทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยดูค่า Rf ที่ได้จากมอลโทเดกซ์ทรินเปรียบเทียบกับค่า Rf ของสารละลายคาร์โบไฮเดรตมาตรฐาน

7. วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำตาลโมเลกุลต่ำ (DP 1-7) ในเชิงปริมาณ (quantitative method) โดยใช้เครื่อง HPLC

อุปกรณ์

ใช้เครื่อง HPLC (High Performance Liquid Chromatography) จากศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คอลัมน์ที่ใช้ คือ Zorbax-NH₂ ขนาด 4.6 mm x 25 cm

detector เป็นชนิด RI หรือ Refractive Index Detector

recorder รุ่น Shimadzu C-R1A

ปริมาณฉีดเท่ากับ 5 μ l

flow rate เท่ากับ 1.8 ml/min

สารเคมี

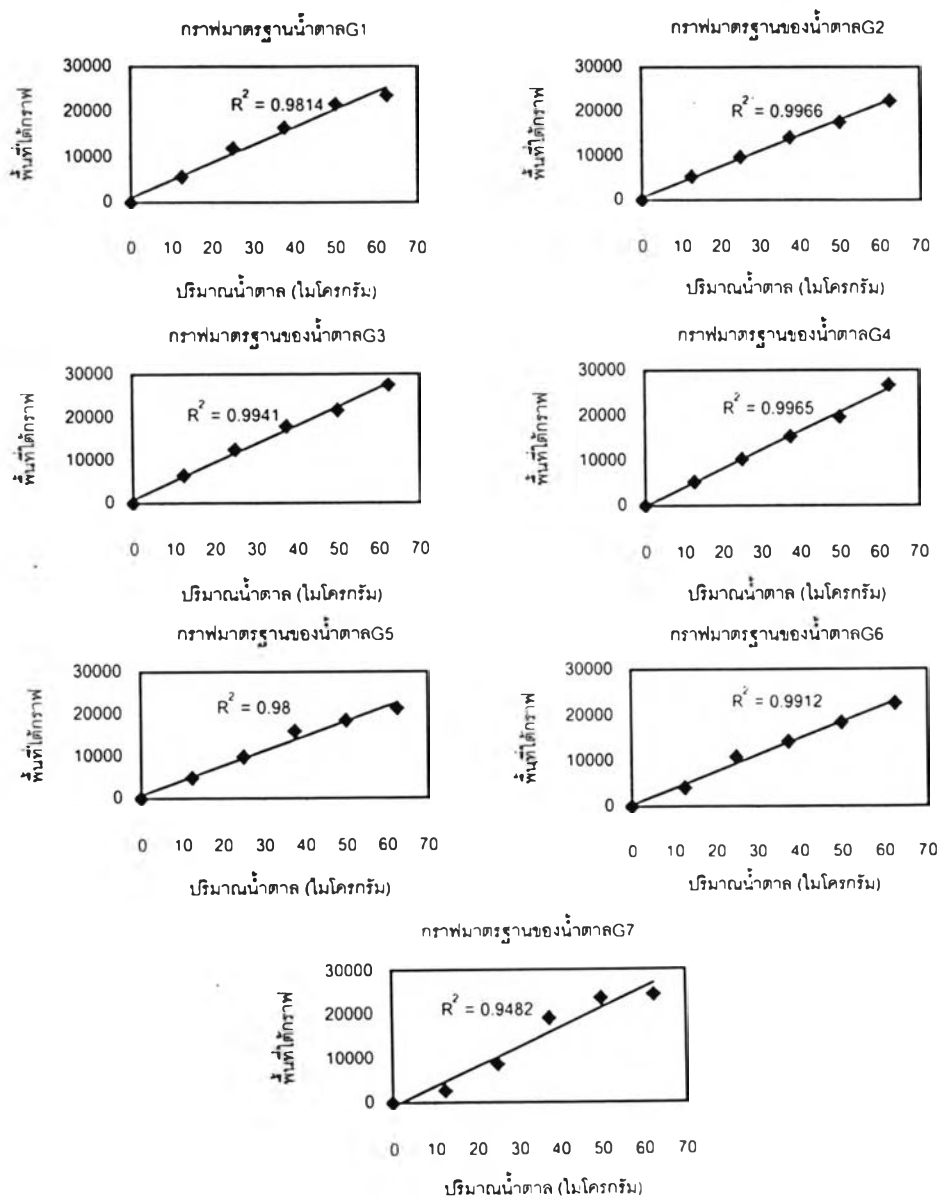
mobile phase ที่ใช้ คือ สารละลาย Acetonitrile ในน้ำความเข้มข้นร้อยละ 62 โดยปริมาตร

น้ำที่ใช้ในการเตรียม solvent และที่ใช้ในการทดลองนี้ทุกขั้นตอนต้องเป็น ultrapure water

วิธีทดลอง

1. เตรียมกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นสารละลายคาร์โบไฮเดรตมาตรฐาน DP 1-7 ที่ความเข้มข้นต่างๆ 4 ความเข้มข้น กับพื้นที่ใต้กราฟ โดยฉีดสารละลายมาตรฐานคาร์โบไฮเดรตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 5 ไมโครลิตร แล้วอ่านค่าพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ แล้วจึงนำค่าทั้งสองมาเขียนเป็นกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตชนิดนั้นๆ กับพื้นที่ใต้กราฟ จากการทดลองขั้นนี้จะทราบเวลาที่ใช้ในการแยกสารละลายแต่ละชนิดออกมา

2. เตรียมมอลโทเดกซ์ทรินตัวอย่าง โดยนำมอลโทเดกซ์ทรินที่ได้ไปเหวี่ยงแยกที่ 15,000 รอบต่อนาที จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Millipore ขนาด 0.45 ไมครอน
3. เปิดเครื่อง HPLC ให้ทำงานประมาณ 20 นาทีก่อน จากนั้นปล่อยให้ mobile phase ไหลผ่านคอลัมน์ เพื่อไล่สารที่ไม่ต้องการออกไป
4. ฉีดมอลโทเดกซ์ทรินตัวอย่างของแป้งข้าวทั้ง 5 พันธุ์ เป็นปริมาตร 5 ไมโครลิตร
5. นำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ ณ เวลาที่ตรงกับเวลาที่ใช้ในการแยกสารละลายคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิด มาคำนวณปริมาณของน้ำตาลแต่ละชนิดโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของน้ำตาล DP 1-7 ซึ่งแสดงดังรูปที่ ๑.2



รูปที่ ๑.2 กราฟมาตรฐานของน้ำตาล DP1-7 ที่ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำตาล DP 1-7 ซึ่งวิเคราะห์โดย HPLC

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบางประการของมอลโทเดกซ์ทริน

ตาราง จ.1 % liquefied starch จากแป้งข้าวที่ผ่านการย่อยด้วย Termamyl 120L®

พันธุ์	% liquefied starch ในผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทริน*ที่เวลาต่างๆ				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที
ข้าวเจ้า					
ก.ว.ก. 1	40.41a	51.98a	61.17a	-	-
ขาวดอกมะลิ 105	24.83c	30.99d	42.96c	48.36c	57.50a
ชัยนาท 1	26.57bc	32.99cd	43.89c	50.71bc	56.18b
ข้าวเหนียว					
กำดอยสะเก็ด	28.16bc	36.04c	48.95b	57.79a	-
เหนียวสันป่าตอง	32.05b	40.79b	48.48b	54.32ab	-
LSD _{0.05}	5.5260	4.5333	4.5671	4.8657	1.2726

* แป้งข้าวแต่ละพันธุ์จะผลิตมอลโทเดกซ์ทริน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าในแต่ละซ้ำแล้วนำมาเฉลี่ย
a,b,c,...ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตาราง ข.2 ร้อยละของแข็งจากแป้งข้าวที่ผ่านการย่อยด้วย Termamyl 120L[®] ณ เวลาต่างๆ

พันธุ์	ร้อยละของแข็งในมอลโทเดกซ์ทริน* ที่เวลา				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที
ข้าวเจ้า					
ก.วก. 1	19.96a	20.22ab	21.23a	-	-
ขาวดอกมะลิ 105	19.17a	19.45bc	20.23b	21.34a	21.09
ชัยนาท 1	19.56a	20.78a	20.61ab	21.71a	21.14
ข้าวเหนียว					
ก่ำดอยสะเก็ด	16.94c	18.31d	18.29c	18.45b	-
เหนียวสันป่าตอง	18.16b	18.86cd	18.26c	18.13b	-
LSD _{0.05}	0.8059	0.8022	0.6923	1.4852	ns

* แป้งข้าวแต่ละพันธุ์จะผลิตมอลโทเดกซ์ทริน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าในแต่ละซ้ำแล้วนำมาเฉลี่ย
 a,b,c....ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)
 ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ ข.3 ร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์จากแป้งข้าวที่ผ่านการย่อยด้วย Termamyl 120L[®] ณ เวลาต่างๆ

พันธุ์	ร้อยละน้ำตาลรีดิวซ์ในมอลโทเดกซ์ทริน* ที่เวลา				
	10 นาที	20 นาที	30 นาที	40 นาที	50 นาที
ข้าวเจ้า					
ก.วก. 1	2.92a	3.79a	4.98a	-	-
ขาวดอกมะลิ 105	1.51e	1.76d	2.32d	3.11c	3.94
ชัยนาท 1	1.62d	2.30c	2.80c	3.33b	4.01
ข้าวเหนียว					
ก่ำดอยสะเก็ด	1.79c	2.36c	3.04b	3.76a	-
เหนียวสันป่าตอง	1.97b	2.60b	3.09b	3.80a	-
LSD _{0.05}	0.0714	0.1471	0.1630	0.1595	ns

* แป้งข้าวแต่ละพันธุ์จะผลิตมอลโทเดกซ์ทริน 4 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าในแต่ละซ้ำแล้วนำมาเฉลี่ย
 a,b,c....ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)
 ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ภาคผนวก ซ
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA TABLE)

ตารางที่ ๑.1 ANOVA TABLE ของร้อยละผลผลิตจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	807.497	201.874	156.71	0.0000
REPLICATE (B)	3	20.8638	6.95458	5.40	0.0139
A*B	12	15.4585	1.28821		
TOTAL	19	843.819			

ตารางที่ ๑.2 ANOVA TABLE ของผลผลิตจากแป้งข้าวและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	692.139	692.139	27.50	0.0012
REPLICATE (B)	11	79.7141	7.24674	0.29	0.9677
A*B	7	176.170	25.1671		
TOTAL	19	948.022			

ตารางที่ ๑.3 ANOVA TABLE ของความชื้นภายในเมล็ดจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	0.17810	0.04453	2.60	0.0897
REPLICATE (B)	3	0.03135	0.01045	0.61	0.6215
A*B	12	0.20574	0.01715		
TOTAL	19	0.41520			

ตารางที่ ๑.4 ANOVA TABLE ของปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	15.0181	3.75452	86.51	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.19949	0.06650	1.53	0.2568
A*B	12	0.52077	0.04340		
TOTAL	19	15.7383			

ตารางที่ ๑.5 ANOVA TABLE ของปริมาณโปรตีนจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	15.7437	3.93592	162.67	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.06269	0.02090	0.86	0.4865
A*B	12	0.29036	0.02420		
TOTAL	19	16.0967			

ตารางที่ ๑.6 ANOVA TABLE ของปริมาณไขมันจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	9.00521	2.25130	110.05	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.08412	0.02804	1.37	0.2988
A*B	12	0.24548	0.02046		
TOTAL	19	9.33482			

ตารางที่ ๑.7 ANOVA TABLE ของปริมาณเส้นใยจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	0.29212	0.07303	51.99	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.00375	0.00125	0.89	0.4747
A*B	12	0.01686	0.00140		
TOTAL	19	0.31272			

ตารางที่ ๑.8 ANOVA TABLE ของปริมาณเถ้าจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	0.28383	0.07096	61.40	0.0000
REPLICATE (B)	3	6.613E-04	2.204E-04	0.19	0.9007
A*B	12	0.01387	0.00116		
TOTAL	19	0.29836			

ตารางที่ ๑.๙ ANOVA TABLE ของปริมาณอมัยโลสจากแบ่งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	1852.37	463.093	483.23	0.0000
REPLICATE (B)	3	1.10197	0.36732	0.38	0.7670
A*B	12	11.5000	0.95834		
TOTAL	19	1864.97			

ตารางที่ ๑.๑๐ ANOVA TABLE ของกำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจากแบ่งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	29.2887	7.32218	35.39	0.0000
REPLICATE (B)	3	1.12677	0.37559	1.82	0.1980
A*B	12	2.48276	0.20690		
TOTAL	19	32.8982			

ตารางที่ ๑.๑๑ ANOVA TABLE ของกำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจากแบ่งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	231.449	57.8622	319.29	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.59578	0.19859	1.10	0.3885
A*B	12	2.17464	0.18122		
TOTAL	19	234.219			

ตารางที่ ๑.๑๒ ANOVA TABLE ของกำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจากแบ่งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	365.348	91.3371	60.36	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.69574	0.23191	0.15	0.9256
A*B	12	18.1574	1.51311		
TOTAL	19	384.202			

ตารางที่ ๗.13 ANOVA TABLE ของกำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	218.265	54.5664	60.61	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.98515	0.32838	0.36	0.7797
A*B	12	10.8025	0.90021		
TOTAL	19	230.053			

ตารางที่ ๗.14 ANOVA TABLE ของกำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	27.8167	6.95418	6.19	0.0061
REPLICATE (B)	3	5.03767	1.67922	1.50	0.2656
A*B	12	13.4714	1.12262		
TOTAL	19	46.3258			

ตารางที่ ๗.15 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	113.741	28.4352	108.58	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.21872	0.07291	0.28	0.8399
A*B	12	3.14268	0.26189		
TOTAL	19	117.102			

ตารางที่ ๗.16 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	165.607	41.4017	83.22	0.0000
REPLICATE (B)	3	1.34512	0.44837	0.90	0.4690
A*B	12	5.97028	0.49752		
TOTAL	19	172.922			

ตารางที่ ข.17 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว
5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	818.391	204.598	200.35	0.0000
REPLICATE (B)	3	1.11718	0.37239	0.36	0.7798
A*B	12	12.2541	1.02118		
TOTAL	19	831.763			

ตารางที่ ข.18 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว
5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	445.364	111.341	33.17	0.0000
REPLICATE (B)	3	4.35750	1.45250	0.43	0.7335
A*B	12	40.2808	3.35673		
TOTAL	19	490.002			

ตารางที่ ข.19 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสจากแป้งข้าว
5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	121.815	30.4537	8.83	0.0015
REPLICATE (B)	3	2.77542	0.92514	0.27	0.8471
A*B	12	41.4013	3.45011		
TOTAL	19	165.991			

ตารางที่ ข.20 ANOVA TABLE ของค่ากำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเมื่อแยก
พิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	23.8314	23.8314	116.24	0.0000
REPLICATE (B)	11	9.35111	0.85010	4.15	0.0350
A*B	7	1.43518	0.20503		
TOTAL	19	34.6177			

ตารางที่ ๑.21 ANOVA TABLE ของค่ากำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	244.120	244.120	291.11	0.0000
REPLICATE (B)	11	12.4171	1.12883	1.35	0.3572
A*B	7	5.87009	0.83858		
TOTAL	19	262.407			

ตารางที่ ๑.22 ANOVA TABLE ของค่ากำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	368.220	368.220	222.90	0.0000
REPLICATE (B)	11	34.8192	3.16538	1.92	0.1991
A*B	7	11.5635	1.65194		
TOTAL	19	414.603			

ตารางที่ ๑.23 ANOVA TABLE ของค่ากำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	208.568	208.568	99.88	0.0000
REPLICATE (B)	11	25.4828	2.31662	1.11	0.4619
A*B	7	14.6173	2.08818		
TOTAL	19	248.668			

ตารางที่ ๑.24 ANOVA TABLE ของค่ากำลังการพองตัวที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	0.55231	0.55231	0.24	0.6397
REPLICATE (B)	11	35.7401	3.24910	1.41	0.3346
A*B	7	16.1636	2.30908		
TOTAL	19	52.4560			

ตารางที่ ๓.25 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	105.085	105.085	89.57	0.0000
REPLICATE (B)	11	15.7220	1.42928	1.22	0.4102
A*B	7	8.21230	1.17319		
TOTAL	19	129.020			

ตารางที่ ๓.26 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	195.111	195.111	324.09	0.0000
REPLICATE (B)	11	6.28171	0.57106	0.95	0.5504
A*B	7	4.21418	0.60203		
TOTAL	19	205.607			

ตารางที่ ๓.27 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	946.145	946.145	584.09	0.0000
REPLICATE (B)	11	20.0941	1.82673	1.13	0.4528
A*B	7	11.3390	1.61985		
TOTAL	19	977.578			

ตารางที่ ๓.28 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสเมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	299.273	299.273	46.37	0.0003
REPLICATE (B)	11	154.207	14.0188	2.17	0.1562
A*B	7	45.1762	6.45374		
TOTAL	19	498.657			

ตารางที่ ๑.29 ANOVA TABLE ของร้อยละการละลายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเมื่อแยก
พิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	161.305	161.305	45.56	0.0003
REPLICATE (B)	11	102.530	9.32089	2.63	0.1043
A*B	7	24.7827	3.54039		
TOTAL	19	288.618			

ตารางที่ ๑.30 ANOVA TABLE ของ pasting temperature จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	703.703	175.926	117.70	0.0000
REPLICATE (B)	3	3.58800	1.19600	0.80	0.5173
A*B	12	17.9370	1.49475		
TOTAL	19	725.228			

ตารางที่ ๑.31 ANOVA TABLE ของ peak temperature จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	1709.41	427.352	497.50	0.0000
REPLICATE (B)	3	5.20200	1.73400	2.02	0.1651
A*B	12	10.3080	0.85900		
TOTAL	19	1724.92			

ตารางที่ ๑.32 ANOVA TABLE ของ pasting viscosity จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	302660	75664.9	29.11	0.0000
REPLICATE (B)	3	162.550	54.1833	0.02	0.9957
A*B	12	31194.7	2599.56		
TOTAL	19	334017			

ตารางที่ ๓.33 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	159106	39776.4	17.70	0.0001
REPLICATE (B)	3	2020.95	673.650	0.30	0.8249
A*B	12	26964.3	2247.03		
TOTAL	19	188091			

ตารางที่ ๓.34 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสหลังคงที่ไว้ 20 นาที จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	150529	37632.3	42.61	0.0000
REPLICATE (B)	3	1150.80	383.600	0.43	0.7323
A*B	12	10597.2	883.100		
TOTAL	19	162277			

ตารางที่ ๓.35 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	929150	232288	72.52	0.0000
REPLICATE (B)	3	404.950	134.983	0.04	0.9879
A*B	12	38437.8	3203.15		
TOTAL	19	967993			

ตารางที่ ๓.36 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสหลังคงที่ไว้ 20 นาที จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	754647	188662	79.33	0.0000
REPLICATE (B)	3	536.550	178.850	0.08	0.9722
A*B	12	28538.7	2378.22		
TOTAL	19	783723			

ตารางที่ ๑.37 ANOVA TABLE ของค่า breakdown จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	1.68031	0.42008	32.33	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.01554	0.00518	0.40	0.7565
A*B	12	0.15594	0.01300		
TOTAL	19	1.85180			

ตารางที่ ๑.38 ANOVA TABLE ของค่า setback จากแป้งข้าว 5 พันธุ์

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	4	9.40737	2.35184	74.05	0.0000
REPLICATE (B)	3	0.05828	0.01943	0.61	0.6203
A*B	12	0.38114	0.03176		
TOTAL	19	9.84680			

ตารางที่ ๑.39 ANOVA TABLE ของ pasting temperature เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	520.336	520.336	29.13	0.0010
REPLICATE (B)	11	115.857	10.5324	0.59	0.7918
A*B	7	125.034	17.8621		
TOTAL	19	761.227			

ตารางที่ ๑.40 ANOVA TABLE ของ peak temperature เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและ แป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	2115.00	2115.00	899.59	0.0000
REPLICATE (B)	11	16.4575	1.49614	0.64	0.7587
A*B	7	16.4575	2.35107		
TOTAL	19	2147.92			

ตารางที่ ๗.41 ANOVA TABLE ของ pasting viscosity เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	155526	155526	9.77	0.0167
REPLICATE (B)	11	112732	10248.3	0.64	0.7534
A*B	7	111428	15918.3		
TOTAL	19	379686			

ตารางที่ ๗.42 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	3492.09	3492.09	0.26	0.6286
REPLICATE (B)	11	101323	9211.21	0.67	0.7317
A*B	7	95615.4	13659.3		
TOTAL	19	200431			

ตารางที่ ๗.43 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสหลังคงที่ไว้ 20 นาที เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	3.37500	3.37500	0.00	0.9840
REPLICATE (B)	11	113393	10308.5	1.32	0.3682
A*B	7	54752.8	7821.82		
TOTAL	19	168149			

ตารางที่ ๗.44 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	312931	312931	22.36	0.0021
REPLICATE (B)	11	587104	53373.1	3.81	0.0434
A*B	7	97982.9	13997.6		
TOTAL	19	998018			

ตารางที่ ข.45 ANOVA TABLE ของค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสหลังคั่งที่ไว้ 20 นาที เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	196838	196838	22.25	0.0022
REPLICATE (B)	11	563151	51195.5	5.79	0.0142
A*B	7	61920.4	8845.78		
TOTAL	19	821909			

ตารางที่ ข.46 ANOVA TABLE ของค่า breakdown เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	1.59115	1.59115	116.18	0.0000
REPLICATE (B)	11	0.38770	0.03525	2.57	0.1097
A*B	7	0.09587	0.01370		
TOTAL	19	2.07472			

ตารางที่ ข.47 ANOVA TABLE ของค่า setback เมื่อแยกพิจารณาเป็นแป้งข้าวเจ้าและแป้งข้าวเหนียว

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
VARIETY (A)	1	7.18230	7.18230	167.75	0.0000
REPLICATE (B)	11	2.70069	0.24552	5.73	0.0145
A*B	7	0.29970	0.04281		
TOTAL	19	10.1827			

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชนินันท์ วรรณะหทัย เกิดวันที่ 19 เมษายน พ.ศ. 2517 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2539

