

รายการอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. (1997). *มาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย*. กระทรวงการต่างประเทศ.
- กรมการค้าต่างประเทศ. (2555). *ราคาข้าว*. สืบค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์, 2555, จาก <http://www.dft.go.th>
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). *เทคโนโลยีของแป้ง*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2551). *การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ธรรมสาร จำกัด.
- กัญญา เชื้อพันธ์. (2545). *คุณภาพข้าวทางกายภาพ*. ใน *คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรม. ISBN 974-436-223-5.
- การวิเคราะห์โปรตีน. (2008). *Food Focus Thailand*. หน้า 42-45.
- งามชื่น คงเสรี. (2539). *คุณภาพข้าวและผลิตภัณฑ์*. ใน *การสัมมนาวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี*. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 241-259.
- งามชื่น คงเสรี. (2545). *คุณภาพข้าวสวย*. ใน *คุณภาพข้าวและการตรวจสอบข้าวปนในข้าวหอมมะลิไทย*. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรม.
- ณัฐกานต์ นวเศรษฐวิสูตร. (2547). *การทำนายคุณภาพข้าวเจ้าของไทยด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีย่านใกล้อินฟราเรด*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธงชัย สุวรรณสิขินธุ์ และปิติพร ฤทธิเรืองเดช. (2552). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ (Qualitative and quantitative analysis)*. ใน *เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้อิน*

อุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 6-2 ถึง 6-33.

มโนวิช เรืองดิษฐ์ และยุทธภูมิ สัมพันธ์รักษ์. (2553). การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหาร โดยเทคนิค **Dumas combustion**. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ, หน้า 13-16.

รณฤทธิ ฤทธิธณ. (2552a). การสร้างระบบ **NIR** สำหรับการวิเคราะห์ประจำวัน (*Establishment of NIR system for Routine Analysis*). ใน เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ใน อุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 7-1 ถึง 7-16.

รณฤทธิ ฤทธิธณ. (2552b). การประยุกต์ใช้ **NIR** ในเมล็ดพืช (*Application of NIR to grains and seed*). ใน เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ในอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 8-1 ถึง 8-17.

ศุมาพร เกษมสำราญ. (2552). หลักการพื้นฐานของสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (*Principles of Near-Infrared Spectroscopy*). ใน เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ใน อุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 2-1 ถึง 2-20.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2547). ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารีรัตน์ อิมศิลป์. (2544). การศึกษาการเกิดรีโทรกราเดชันของข้าวเจ้าสุกในระหว่างการเก็บรักษา ที่สภาวะต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล. (2552). การปรับแต่งสเปกตรัมก่อนการวิเคราะห์ (*Pretreatment of spectra for analyses*). ใน เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ในอุตสาหกรรมอาหาร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 5-1 ถึง 5-23.

- AACC. (1999). *Amylose content of rice*. Approved Methods of the AACC 61–03. 9ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA.
- AACC. (2000a). *Crude protein—Combustion method*. Approved Methods of the AACC 46–30. 10ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA.
- AACC. (2000b). *Determination of the pasting properties of rice with Rapid Visco Analyzer*. Approved Methods of the AACC 61–02. 10ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA.
- AACC. (2000c). *Moisture content—Air oven method*. Approved Methods of the AACC 44–15A. 10ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA.
- AOAC. Official Method of Analysis. (2000). Protein content by Kjeldahl method. Association of Analysis Chemists. 17th ed. Arlington, Virginia.
- Aphithanaphong, M. (2004). Rice and its aroma. *Journal of University of the Thai Chamber of Commerce*, 24(2), 36–50.
- Bahmaniar, M.A. & Ranjbar, G.A. (2007). Response of rice (*Oryza sativa* L.) cooking quality properties to nitrogen and potassium application. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(11), 1180–1884.
- Ballabio, D. & Todeschini, R. (2009). *Multivariate classification for qualitative analysis*. In D.A. Sun, *Infrared spectroscopy for food quality analysis and control*. New York: Elsevier Inc. pp. 83–103.
- Bao, J.S., Cai, Y.Z. & Corke, H. (2001). Prediction of rice starch quality parameters by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Food Science*, 66(7), 936–939.

- Barker, M. & Rayens, W. (2003). Partial least squares for discrimination. *Journal of Chemometrics*, 17(3), 166–173.
- Barton II, F.E., Windham, W.R., Champagne, E.T. & Lyon, B.G. (1998). Optimal geometrics for the development of rice quality spectroscopic chemometric models. *Cereal Chemistry*, 75, 315–319.
- Barton II, F.E., Himmelsbach, D.S., McClung, A.M. & Champagne, E.T. (2000). Rice quality by spectroscopic analysis: precision of three spectral regions. *Cereal Chemistry*, 77(5), 669–672.
- Bett-Garber, K.L., Champagne, E.T., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S.D. & McKenzie, K.S. (2001). Categorizing rice cultivars based on cluster analysis of amylose content, protein content and sensory attributes. *Cereal Chemistry*, 78(5), 551–558.
- Bhattacharya, K.R., Sowbhagya, C.M. & Indudhara Swamy, Y.M. (1982). Quality profile of rice: a tentative scheme for classification. *Journal of Food Science*, 47, 564-569.
- Blakeney, A.B. (1979). *Instron measurement of cooked rice texture*. In Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. IRRI, Los Banos, Laguna Philippines. pp. 343-353.
- Bollich, C.N., Webb, B.D., Marchetti, M.A. & Scott, J.E. (1980). Registration of 'Newrex' rice. *Crop Science*, 20, 286-287.
- Cagampan, G.B., Perez, C.M. & Juliano, B.O. (1973). A gel consistency test for eating quality of rice. *Journal of Science Food and Agricultural*, 24, 1589-1594.
- Champagne, E.T. (1996). Rice starch: composition and characteristics. *Cereal Food World*, 41(1), 833-838.

- Champange, E.T., Bett-Garber, K.L., Grimm, C.C., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K.S & Barton II, F.E. (2001). Near-infrared reflectance analysis for prediction of cooked rice texture. *Cereal Chemistry*, 78(3), 358-362.
- Chen, H., Marks, B.P. & Siebenmorgen, T.J. (1997). Quantifying surface lipid content of milled rice via visible/near infrared spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 74(6), 826–831.
- Cheapun, K., S. Wongpiyachon, & N. Kongseree. (2005). *Improving rice grain quality in Thailand*. In K, Toriyama, K.L. Heong and B. Hardy, Rice is life scientific perspectives for the 21st century. Proceeding of the World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan.
- Chikuba, S., Watanabe, S., Sugimoto, T., Manabe, N., Sakai, F. & Taniguchi, Y. (1985). Relation between palatability evaluations of cooked rice and physicochemical properties of rice. Part 2. Establishment of palatability estimations formula of rice by multiple regression analysis. (Abstract). *Journal Japanese Society Starch Science*, 32, 51-60.
- Cho, S.Y., Choi, S.G. & Rhee, C. (1998). Determination of degree of retrogradation of cooked rice by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6, A335–A359.
- Choi, C-H. & Kim, J.M. (2000). *Measurement of moisture and protein content for single kernel rice spectroscopy* In A.M.C. Davies & R. Giangiacomo. Near Infrared Spectroscopy Preceeding of 9th International Conference. *NIR Publication*, U.K.
- Chrastil, J. (1990). Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperature. *Journal of Cereal Science*, 11, 71-85.

- Cuevas, R.P., Daygon, V.D., Corpuz, H., Nora, L., Reinke, R., Waters, D. & Fitzgerald, M. (2010). *Quality grain, health, and nutrition melting the secrets of gelatinization temperature in rice (pp. 1-3)*. Presented at the 28th International Rice Research Conference, 8-12 November 2010, Hanoi, Vietnam.
- Delwiche, S., Bean, M.M., Miller, R.E., Webb, B.D. & Williams, P.C. (1995). Apparent amylose content of milled rice by near-infrared reflectance spectrophotometry. *Cereal Chemistry*, 72(2), 182-187.
- Delwiche, S.R., McKenzie, K.S. & Webb, B.D. (1996). Quality characteristics in rice by near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. *Cereal Chemistry*, 73(2), 257-263.
- Gibson, T.S., Solah, V.A. & McCleary, B.V. (1997). A procedure to measure amylose in cereal starch and flours with concanavalin A. *Journal of Cereal Science*, 25, 111-119.
- Gomez, K.A. & Veskosit, P. (1973). Protein content of farm-grown rices in the Philippines and in Thailand. *International Rice Commission Newsletter*, 22(3), 15–20.
- Gravois, K.A. & Webb, B.D. (1997). Inheritance of long grain rice amylograph viscosity characteristics. *Euphytica*, 97, 25-29.
- Halick, J.V. & Kelly, V.J. (1959). Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chemistry*, 36, 91-98.
- Harushima, Y., Yano, M., Shomura, A., Sato, M., Shimano, T., Kuboki, Y., Yamamoto, T., Lin, S.Y., Antonio, B.A., Parco, A., Kajiya, H., Huang, N., Yamamoto, K., Nagamura, Y., Kurata, N., Khush, G.S. & Sasaki, T. (1998). A high-density rice genetic linkage map with 2275 markers using a single F₂ population. *Genetics*, 148, 479-494.

- Himmelsbach, D.S., Barton-II, F.E., McClung, A.M. & Champagne, E.T. (2001). Protein and apparent amylose content of milled rice by NIR–FT/Raman spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 78(4), 488–492.
- Hu-lin, H., You-zhang, W. Xiao-e, Y. Ying, F. & Chun-yong, W. (2007). Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa* L.). *Rice Science*, 14(4), 289–294.
- Iwamoto, M., Suzuki, T., Kongseree, N., Uozumi, J. & Inatsu, O. (1986). Analysis of protein and amino acid contents in rice flour by near-infrared spectroscopy. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33(12), 848-853.
- Juliano, B.O., Albano, E.L. & Cagampang, G.B. (1964). Variability in protein content, amylose content, and alkali digestibility of rice varieties in Asia. *Philippine Agriculturist*, 48, 234-241.
- Juliano, B.O., Cagampang, G.B., Cruz, L.J. & Santiago, R.G. (1964). Some physicochemical properties of rice in Southeast Asia. *Cereal Chemistry*, 41, 275-286.
- Juliano, B.O., Bautista, G.M., Lugay, J.C. & Reyes, A.C. (1964). Studies on the physicochemical properties of rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 12, 131-138.
- Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today*, 16(10), 334-340, 360.
- Juliano, B.O. (1985). *Criteria and tests for rice grain qualities*. In 'Rice Chemistry and Technology' (B.O. Juliano, ed.), American Association of Cereal Chemists, St Paul, MM, U.S.A. pp 443-524.

- Juliano, B.O., Villareal, R.M., Perez, C.M., Villareal, C.P., Takeda, Y. & Hizukuri, S. (1987). Varietal differences in properties among high amylose rice starches. *Starch*, 39, 390-393.
- Juliano, B.O. (1993). *Rice in Human Nutrition. FAO Food and Nutrition Series, No 26.* The International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Laguna (Philippines), and Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO), Rome.
- Kawamura, S., Natsuka, M. & Itoh, K. (1997). Determination of undried rough rice constituent content using near–infrared transmission spectroscopy. *Transaction of the ASAE*, 42(3), 813–818.
- Kawamura, S., Natsuga, M., Takekura, K. & Itoh, K. (2003). Development of an automatic rice quality inspection system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 40, 115-126.
- Keush, P. (2011). *Test for starch in food: starch-iodine complex.* Retrieved August 3, 2011, from http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Organische_Chemie/Didaktik/keusch/p29_lbm-e.htm.
- Khush, G.S., Paule, C.M. & Dela Cruz, N.M. (1979). *Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI.* In Chemical Aspects of Rice Grain Quality. IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 21-31.
- Kim, S.S., Rhyu, M.R., Kim, J.M. & Lee, S.H. (2003). Authentication of rice using near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 80(3), 346–349.
- Kohlwey, D.E. (1999). *New methods for the evaluation of rice quality and related terminology (pp. 113-137).* In W.E. Marshall & J.I. Wadsworth, Rice Science and Technology. New York: Marcel Dekker.

- Kongseree, N., Khowchaimaha, L. & Natesomranh, K. (1985). *Changes in cooking and eating qualities of rice during long-term storage (pp. 165-187)*. In Proceedings of the Eighth ASEAN Technical Seminar on Grain Post-harvest Technology, Philippines.
- Kongseree, N. (2002). *Quality of cooked rice*. In Rice grain quality and identification of mixed rice varieties in Thai Hom Hom Mali rice. Bangkok: The Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).
- Kwon, Y.K. & Cho, R.K. (1998). Identification of rice varieties using near infrared spectroscopy. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, 6, A67–A73.
- Li, W.S. & Shaw, J.T. (1997). Determination the fat acidity of rough rice by near infrared reflectance spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 74(5), 556–560.
- Lin, L.H., Lu, F.M. & Chang, Y.C. (2006). Development of a near infrared imaging system for determination of rice moisture. *Cereal Chemistry*, 83(5), 498–504.
- Little, R.R., Hilder, G.B. & Dawson, E.H. (1958). Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35: 111-126.
- Liu, C.C., Shaw, J.T., Poong, K.Y., Hong, M.C. & Shen, M.L. (2006). Wavelength selection for classifying paddy rice by near-infrared spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 83(4), 335–339.
- Liu, F. & He, Y. (2008). Classification of bands of instant noodles using Vis/NIR spectroscopy and chemometrics. *Food Research International*, 41, 562–567.
- Marshall, W.E. & Wadsworth, J.I. (1994). *Rice science and technology*. New York: Marcel Dekker. 470 pages.

- Meadows, F. & Barton II, F.E. (2002). Determination of rapid visco analyser parameters in rice by near-infrared spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 79(4), 563-566.
- Nakamura, Y., Sakurai, A., Inaba, Y., Kimura, K., Iwasawa, N. & Nagamine, T. (2002). The fine structure of amylopectin in endosperm from Asian cultivated rice can be largely classified into two classes. *Starch/Stärke*, 54, 117-131.
- Natsuga, M. & Kawamura, S. (2006). Visible and near-infrared reflectance spectroscopy for determining physicochemical properties of rice. *Transaction of ASABE*, 49(4), 1069–1070.
- Navasearttavisoot, N. (2004). *Prediction of Thai rice qualities by near infrared spectroscopy*. A thesis in degree of Master of Science in Agro–Industrial Product Development. Department of Product Development, Kasetsart University, Thailand. (in Thai).
- Nicolai, B.M., Beullens, K., Bobelyn, E., Peirs, A., Saeys, W., Theron, K.I. & Lammertyn, J. (2007). Nondestructive measurement of fruit and vegetables quality by means of NIR spectroscopy: a review. *Postharvest Biology Technology*, 46, 99-108.
- Nishi, A., Nakamura, Y., Tanaka, N. & Satoh, H. (2001). Biochemical and gene analysis of effects of amylose-extender mutation in rice endosperm. *Plant Physiology*, 127, 459-472.
- Oates, C.G. (1996). *Physical modification of starch*. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Jan. 22 – 26 & Feb. 19 – 23, 1996. AIT Center, Bangkok.
- Ohtsubo, K., Toyoshima, H. & Okadome, H. (1998). Quality assay of rice using traditional and novel tools. *Journal of Cereal Science*, 43, 203-206.

- Ong, M.H. & Blanshard, M.V. (1995). Texture determination in cooked, parboiled rice. 1: rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. *Journal of Cereal Science*, 21, 251-260.
- Ootake, Y. & Kokot, S. (1998a). Discrimination between glutinous and non-glutinous rice by vibrational spectroscopy. I: Comparison of FT-NIR DRIFT, PAS and Raman spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6, 341–249.
- Ootake, Y. & Kokot, S. (1998b). Discrimination between glutinous and non-glutinous rice by vibrational spectroscopy. II: Effect of spectral pre-treatment on the classification of two types of rice. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6, 251–258.
- Osborne, B.G., Martens, B., Thomson, M. & Fearn, T. (1993). Authentication of Basmati rice using near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1, 77-83.
- Park, J.K., Kim, S.S. & Kim, O.K. (2001). Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chemistry*, 78(2), 151–156.
- Parker, F.S. (1983). *Carbohydrates. In Application of infrared, raman, and resonance raman spectroscopy in biochemistry.* pp. 315–347. Plenum Press: New York.
- Patindol, J., Flowers, A., Kuo, M-I., Wang, Y.J. & Gealy, D. (2006). Comparison of physicochemical properties and starch structure of red rice and cultivated rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 2712–2718.

- Patindol, J., Gu, X. & Wang, Y.J. (2009). Chemometric analysis of the gelatinization and pasting properties of long grain rice starches in relation to fine structure. *Starch/Stärke*, 61, 3–11.
- Patrick, R.M. & Hoskins, F.H. (1974). Protein and amino acid content of rice as affected by application of nitrogen fertilizer. *Cereal Chemistry*, 51, 84–95.
- Perdon, A. A., Siebenmorgen, T.J., Mauromoustakos, A., Griffin, V.K. & Johnson, E.R. 2001. Degree of milling effects on rice pasting properties. *Cereal Chemistry*, 78(2), 205–209.
- Perez, C.M. (1979). *Gel consistency and viscosity of rice*. In Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. IRRI, Los Banos Laguna, Philippines. pp. 239-302.
- Perez, C.M. & Juliano, B.O. (1979). Indicators of eating quality for non-waxy rice. *Food Chemistry*, 4, 185-195.
- Pitiphunpong, S. & Suwannaporn, P. (2009). Classification of KDML 105 in different cultivated locations and storage time using pasting and thermal properties. *Journal of Science and Food of Agriculture*, 89, 2186-2190.
- Prathepha, P., Daipolmak, V., Samappito, S. & Baimai, V. (2005). An assessment of alkali degradation, waxy protein and their relation to amylose content in Thai rice cultivars. *Science Asia*, 31, 69-75.
- Radhika Reddy, K., Subramanian, R., Ali, S.Z. & Bhattacharya, K.R. (1994). Viscoelastic properties of rice flour pastes and their relationship to amylose content and rice quality. *Cereal Chemistry*, 71, 584–552.

- Ramesh, M., Bhattacharya, K.R. & Mitchell, J.R. (2000). Developments in understanding the basis of cooked-rice texture. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(6), 449-460.
- Rinnan, A., Nørgaard, L., Berg, F.V.D., Thygesen, J., Bro, R. & Engelsen, S.B. (2009). *Data pre-processing (pp. 29-48)*. In D.A. Sun, *Infrared spectroscopy for food quality analysis and control*. New York: Elsevier.
- Rittiron, R., Saranwong, S. & Kawano, S. (2004). Useful tips for constructing a near infrared–based quality sorting system for single brown–rice kernels. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, 12, 133–139.
- Rittiron, R., Saranwong, S. & Kawano, S. (2005). Detection of variety contamination in milled Japanese rice using a single kernel near infrared technique in transmittance mode. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, 13, 19–25.
- Romía, M.B. & Bernàrdez, M.A. (2009). *Multivariate calibration for quantitative analysis*. In D.A. Sun, *Infrared spectroscopy for food quality analysis and control*. New York: Elsevier. pp. 51–79.
- Rossini, K., Verdun, S., Cariou, V., Qannari, E.M. & Fogliatto, F.S. (2011). PLS discriminant analysis applied to conventional sensory profiling data. *Food Quality and Preference*, Paper published In Press.
- Scienceinschool. (2012). Amylose and amylopectin structure. Retrieved February 3th, 2012, from <http://www.scienceinschool.org>.
- Shimizu, N., Katsura, J., Blakeney, A.B., Kimura, T., Yoshizaki, S., Okadome, Hiroshi, Toyoshima, H. & Ohtsubo, K. (1998). Evaluating techniques for rice grain quality using near infrared transmission spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6, A111–A116.

- Shimizu, N., Yanagisawa, T., Okadome, H., Yoyoshima, H., Andren, H., Kimura, T. & Ohtsubo, K. (2001). Determination of maximum viscosity of milled rice flours using near-infrared transmittance spectroscopy. *Food Science Technology Research*, 7(2), 104-109.
- Shimizu, N., Okadome, H., Yanagisawa, T., Andren, H., Thente, K., Kimura, T. & Ohtsubo, K. (2003). Application of visible/near-infrared transmittance spectroscopy for the improvement of amylose determination accuracy. *Food Science Technology Research*, 9(2), 134–136.
- Singh, N., Kaur, L., Sodhi, N.S. & Sekhon, K.S. (2005). Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry*, 89, 253-259.
- Sirisoomboon, P., Tanaka, M., Fujita, S. & Kojima, T. (2007). Evaluation of pectin constituents of Japanese pear by near infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 701–707.
- Sohn, M., Barton-II, F.E, McClung, A.M. & Champagne, E.T. (2004a). Near–infrared spectroscopy for determination of protein and amylose in rice flour through use of derivatives. *Cereal Chemistry*, 81(3), 341–344.
- Sohn, M., Himmelsbach, D.S. & Barton-II, F.E. (2004b). A comparative study of fourier transform raman and NIR spectroscopic methods for assessment of protein and apparent amylose in rice. *Cereal Chemistry*, 81(4), 429–433.
- Sowbhagya, C.M., Ramesh, B.S. & Bhattacharya, K.R. (1987). The relationship between cooked rice texture and the physicochemical characteristics of rice. *Journal of Cereal Science*, 5, 287-297.

- Srisawas, W. (2009). *Evaluation of cooked rice texture by near infrared spectroscopy*. Doctoral dissertation No. FB-09-04, Asian Institute of Technology, 2009. Bangkok: Asian Institute of Technology.
- Stermer, R.A., Watson, C.A. & Diseman, E. (1977). Infrared spectra of milled rice. *Transaction ASAE*, 20, 547–549, 557.
- Suwannaporn, P., Pitiphunphong, S. & Champangen, S. (2007). Classification of rice amylose content by discriminant analysis of physicochemical properties. *Starch/Stärke*, 59, 171–177.
- Theanjumol, P., Ripon, S., Karaboon, S., Suwapanit, K., Thanapornpoonpong, S. & Verasilp, S. (2005). *Aromatic Thai rice indentification by near infrared reflectance spectroscopy*. Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, October 11-13, 2005.
- Tsuchikawa, S.A., Murata, M., Kohara & Mitsui, K. (2003). Spectroscopic monitoring of biomass modification by light-irradiation and heat treatment. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 11(5), 401-405.
- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H. & Shomura, A. (2002). Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. *Theory Apply Genetic*, 104, 1-8.
- Varavinit, S., Shobsngob, S., Varanganond, W., Chinachoti, P. & Naivikul, O. (2002). Freezing and thawing conditions affect the gel stability of different varieties of rice flour. *Starch/Stärke*, 54, 31-36.
- Virginia university. (2011). *Chapter 7 carbohydrates*. Retrived August 3, 2011, from <http://www.virginia.edu/Heide/chapter7/chp7.htm>.

- Villareal, C.P., Cruz, N.M.D. & Juliano, B.O. (1994). Rice amylose analysis by near-infrared transmittance spectroscopy. *Cereal Chemistry*, 71, 292-296.
- Wadsworth, J.K. (1994). *Degree of milling*. In W.E. Marshall and J.I. Wadsworth, Rice science and technology. New York: Marcel Dekker. pp. 139-176.
- Wang, H.L., Wan, X.Y., Bi, J.C., Wang, J.K., Jiang, L., Chen, L.M., Zhai, H.Q. & Wan, J.M. (2006). Quantitative analysis of fat content in rice by near-infrared spectroscopy technique. *Cereal Chemistry*, 83(4), 402-406.
- Williams, V.R., Wu, W.T., Tsai, H.Y. & Bates, H.G. (1958). Varietal differences in amylose content of rice starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8, 47-48.
- Williams, P., Sobering, D. & Antoniszyn, J. (1998). *Protein testing methods at the Canadian Grain Commission*. pp. 1-14.
- Williams, P. (2007). *Near infrared technology—getting the best out of light: A short course in the practical implementation of near infrared spectroscopy for the user*. PDK Grain, Nanaimo, British Columbia, and Winnipeg, Manitoba.
- Williams, P. & Norris, K. (2001). *Near infrared technology in the agricultural and food industries*. Second ed. American Association of Cereal Chemist, Minnesota, USA.
- Windham, W., Lyon, B.G., Champagne, E.T., Barton, F.E. II., Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S. & McKenzie, K.S. (1997). Prediction of cooked rice texture quality using near infrared reflectance analysis of whole grain milled samples. *Cereal Chemistry*, 74, 626–632.
- Workmand, J. & Weyer, L. (2008). *Practical guide to interpretive near-infrared spectroscopy*. New York: CRC Press.

- Wu, J.G. & Shi, C.H. (2004). Prediction of grain weight, brown rice weight and amylose content in single rice grains using near infrared reflectance spectroscopy. *Field Crops Research*, 87, 13–21.
- Wu, J.G. & Shi, C.H. (2007). Calibration model optimization for rice cooking characteristics by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Food Chemistry*, 103, 1054–1061.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโดส ด้วยวิธี **AACC (1999)**

การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส ด้วยวิธี AACC (1999)

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายไซโตเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 นอร์มัล
 ไซโตเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 80 กรัม ละลายในน้ำกลั่น จำนวน 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาด 1,000 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร
2. สารละลายกรดแกลเซียลอะซิติกเข้มข้น 1 นอร์มัล
 ละลายกรดแกลเซียลอะซิติก ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น จำนวน 800 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรขนาดความจุ 1,000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร
3. สารละลายไอโอดีน
 ไซ่งไอโอดีน จำนวน 0.2000 กรัม และโพแทสเซียมไอโอดेट จำนวน 2.000 กรัม ละลายในน้ำกลั่น จำนวน 80 มิลลิลิตร ในขวดแก้วปริมาตรสี่ขาขนาด 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้นาน 24 ชั่วโมง หรือจนไอโอดีนละลายหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งแป้งข้าวกล้องที่สกัดไขมันแล้ว จำนวน 150 มิลลิกรัม ใส่ในขวดแก้วปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าเบา ๆ
2. ปิเปตสารละลายไซโตเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 นอร์มัล จำนวน 9 มิลลิลิตร ปั่นกวนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นกวนระบบแม่เหล็ก นาน 10 นาที ให้เป็นน้ำแป้ง แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 10 นาที เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ปิเปตสารละลายแป้ง ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วขนาด 100 มิลลิลิตรชุดใหม่ เติมน้ำกลั่น จำนวน 50 มิลลิลิตร ปิเปตกรดอะซิติกความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายไอโอดีน จำนวน 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ นาน 10 นาที

4. วัดความเข้มของสีของสารละลายด้วยเครื่องสเปกโตรสโคปีที่มีความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยอ่านค่าเป็นแอบซอร์เบ้นซ์ (Absorbance) หลังปรับเครื่องสเปกโตรสโคปีด้วยแบลนค์ (Blank) ให้ได้ค่าแอบซอร์เบ้นซ์เท่ากับ 0 (ศูนย์)

4. สำหรับการทำให้แบลนค์ให้ทำเช่นเดียวกับวิธีดังกล่าวข้างต้น แต่ไม่ใช่ตัวอย่าง โดยเติมสารละลายกรดแกลซีลอะซีติก ปริมาตร 2 มิลลิลิตร และสารละลายไอโอดีนปริมาตร 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร และนำไปวัดความเข้มของสีด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เช่นเดียวกัน

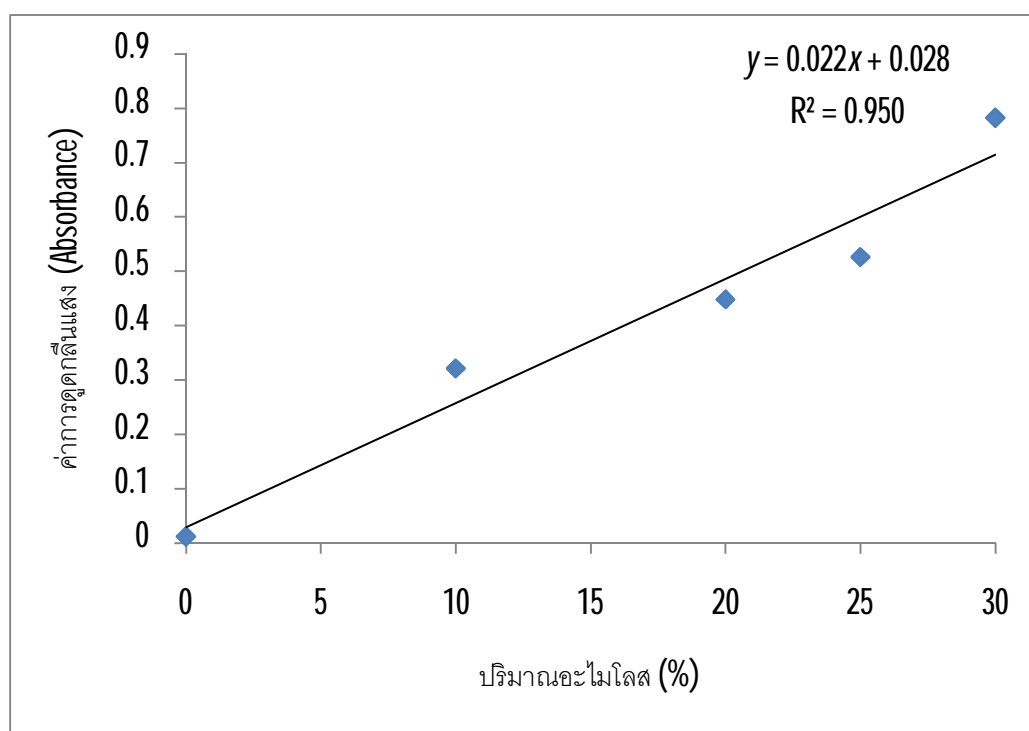
5. การทำกราฟมาตรฐาน ในการทดลองนี้จะใช้สารละลายผสมระหว่างโพเทโทแอมิไลสมมาตรฐานกับแอมิไลเพคตินในอัตราส่วนแตกต่างกัน (แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 1) จากนั้นนำสารละลายผสมมาทำการทดลองเช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายตัวอย่างและวัดค่าการดูดกลืนแสง จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมมาสร้างกราฟมาตรฐานกับค่าปริมาณแอมิไลส (0, 10, 20, 25 และ 30%) แสดงดังภาพภาคผนวกที่ 1 จากนั้นจึงนำค่าแอบซอร์เบ้นซ์ของแต่ละตัวอย่างมาเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วคำนวณหาค่าปริมาณแอมิไลสตามสูตรของ Phil Williams (Personal contact)

$$AAC_{WBR} (\%) = \frac{AAC_{FL} \times (100 - MC_{WBR})}{100 - MC_{FL}}$$

เมื่อ	AAC_{WBR}	คือ	ปริมาณแอมิไลสของข้าวกล้องเต็มเมล็ด (%)
	AAC_{FL}	คือ	ปริมาณแอมิไลสของแป้งข้าว (%)
	MC_{WBR}	คือ	ปริมาณความชื้นของข้าวกล้องเต็มเมล็ด (%)
	MC_{FL}	คือ	ปริมาณความชื้นของแป้งข้าว (%)

ตารางภาคผนวกที่ 1 อัตราส่วนความเข้มข้นของแอมิโลสและแอมิโลเพกติน

ปริมาณแอมิโลส (%, มาตรฐานแห้ง)	อัตราส่วนของสารละลายผสม		
	แอมิโลส (1 มก./มล.)	แอมิโลเพกติน (1 มก./มล.)	0.09 N NaOH
0	0.0	7.0	3
10	1.0	6.0	3
20	2.0	5.0	3
25	2.5	4.5	3
30	3.0	4.0	3



ภาพผนวกที่ 1 กราฟความเข้มข้นของแอมิโลสมาตรฐาน

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี **AACC (2000a)**

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี AACC (2000a)

1. ชั่งสาร Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) จำนวน 100 มิลลิกรัม นำมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 100°C นาน 24 ชั่วโมง และนำมาทำให้เย็นในเดสิคเคเตอร์
2. ทำการแคลิเบรทเครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยแบลงค์ จำนวน 8 ครั้ง จากนั้นนำ EDTA ซึ่งเป็นสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณคาร์บอน (Carbon) และไนโตรเจน (Nitrogen) ที่แน่นอนมาทำการแคลิเบรทเครื่องก่อนทำการวิเคราะห์ตัวอย่างแบ่งซ้ำวกล้าง
3. ชั่งน้ำหนักแบ่งซ้ำวกล้าง จำนวน 250 มิลลิกรัม ใส่ในแผ่นดีบุกบาง (Tin foil) ห่อเป็นแคปซูลเล็ก ๆ และนำไปใส่ในเครื่องสุ่มตัวอย่างอัตโนมัติ (Autosampler) จากนั้นแคปซูลของตัวอย่างข้างต้นจะถูกนำไปหย่อนลงในหลอดเผาไหม้ (combustion tube) ที่ทำจากควอทซ์หรือเหล็กกล้าซึ่งให้อุณหภูมิสูงถึง 1,020°C ภายใต้บรรยากาศแก๊สฮีเลียมซึ่งไหลผ่านตลอดเวลา จากนั้นจึงนำแก๊สออกซิเจนผ่านเข้ามา ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับดีบุกได้ SnO₂ พร้อมกับคายความร้อนออกมาให้อุณหภูมิสูงถึง 1,800°C ซึ่งช่วยให้การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น คาร์บอนจะถูกเปลี่ยนไปเป็น CO₂ และไนโตรเจนถูกเปลี่ยนไปเป็น N₂ และออกไซด์อื่น ๆ ของไนโตรเจน ซึ่งจะให้ผลผลิตเป็นแก๊สผสม N₂, NO_x, H₂O, O₂ และ CO₂ ซึ่งจะถูกพาโดยแก๊สฮีเลียมไหลผ่านหลอดที่มีหลอดทองแดงตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ บรรจุอยู่ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 650°C จะทำให้ NO_x เปลี่ยนไปเป็น N₂ และเกิด CuO ขึ้น จากนั้นจะผ่านไปยังคอลัมน์ที่บรรจุด้วยใยลวดเงิน (silver wool) ซึ่งใช้จับแก๊สของธาตุซัลเฟอร์และเฮไลด์ต่าง ๆ และแยก CO₂ และ N₂ โดยใช้ chromatographic column (Porapak QS) โดยจะให้ N₂ ถูกพาออกมาก่อน CO₂ ซึ่งจะตรวจวัดได้โดย thermal conductivity detector (TCD)
4. ทำการตรวจสอบความแม่นยำของเครื่องด้วยสารมาตรฐาน EDTA หลังจากวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของแบ่งซ้ำวกล้าง ทุก ๆ 20 ตัวอย่าง
5. การคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด จะทำได้โดยเทียบกับการวิเคราะห์สารมาตรฐานที่ทราบปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนที่แน่นอน
6. การคำนวณหาปริมาณโปรตีนทำได้โดยนำค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการวิเคราะห์มาคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 5.95

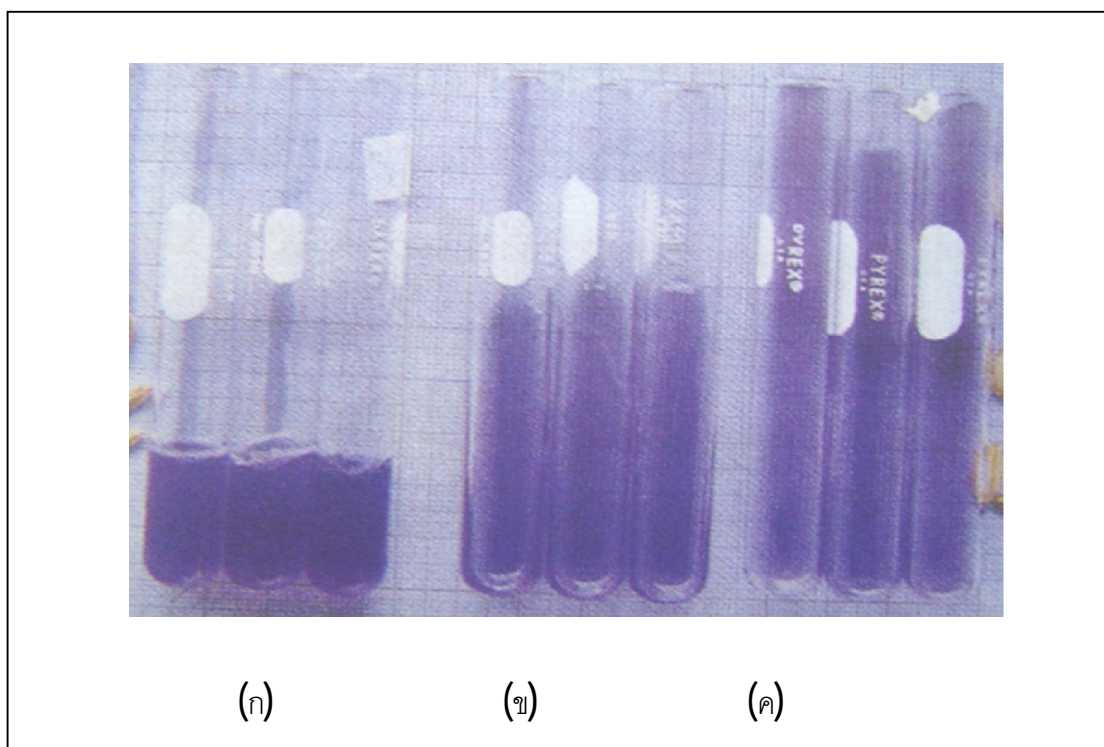
ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ค่าความคงตัวของเจล ตามวิธีของ Cagampang, Perez & Juliano (1973)

การวิเคราะห์ค่าความคงตัวของเจล

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งแป้งข้าวกล็อง จำนวน 100 ± 1 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 100 มิลลิลิตร
2. ปิเปตเอทานอล 95% ที่มีส่วนผสมของสารบรอมไทมอลบลู 0.025% จำนวน 0.2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนเขย่า ปิดหลอดทดลองด้วยลูกแก้ว
3. นำหลอดทดลองดังกล่าวไปต้มในน้ำเดือด นาน 8 นาที และนำไปทำให้เย็นในน้ำแข็ง นาน 20 นาที
4. จากนั้นนำหลอดทดลองไปวางบนกระดาษกราฟ นาน 1 ชั่วโมง เพื่อวัดอัตราการไหลของเจลแป้งในหลอดทดลอง (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) เปรียบเทียบลักษณะเจลมาตรฐาน 3 แบบ คือ เจลนุ่ม (ความยาวของเจลแป้ง 61-100 มิลลิเมตร) เจลนุ่มปานกลาง (ความยาวเจลแป้ง 41-60 มิลลิเมตร) และเจลแข็ง (ความยาวของเจลแป้ง 26-40 มิลลิเมตร) แสดงดังภาพผนวกที่ 2



ภาพภาคผนวกที่ 2 ความคงตัวของเจลแป้งข้าว (ก) เจลแข็ง (ข) เจลนุ่มปานกลาง และ (ค) เจลนุ่ม

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ค่าการสลายเมล็ดข้าวในต่าง ตามวิธีของ Little, Hilder & Dawan (1958)

การวิเคราะห์ค่าการสลายเมล็ดข้าวในต่าง

การเตรียมสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ทำได้ 2 วิธี คือ

1.1 เตรียม **Working solution** โดยตรง ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ **19.54** กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น **1,000** มิลลิลิตร

1.2 เตรียม **Working solution** จาก **Stock solution**

1.2.1 ชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ **588.2** กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือด แล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้เป็น **1,000** มิลลิลิตร เก็บไว้เป็น **Stock solution** สำหรับเจือจางต่อไป

1.2.2 นำ **Stock solution** จาก 1.2.1 ปริมาตร **33** มิลลิลิตร มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร **1,000** มิลลิลิตร สำหรับใช้เป็น **Working solution**

2. การหาความเข้มข้นของสารละลาย **Working solution**

2.1 อบสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทที่อุณหภูมิ **130°C** เป็นเวลา **1** ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์

2.2 ชั่งสารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท จำนวน **0.5000** กรัม โดยอ่านให้ได้ น้ำหนักที่แท้จริง

2.3 ละลายโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลทในน้ำกลั่นปริมาตร **50** มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟธาไลน์เข้มข้น **1%** ลงไป **3** หยด ไทเทรตกับสารละลาย **Working solution** จนสารละลายเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของ **Working solution** ที่ใช้ไปเป็นมิลลิลิตร

2.4 ทำแปลงค์ตามวิธีการเดียวกับข้อ 2.3 โดยไม่ใช้สารโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท

2.5 คำนวณหาความเข้มข้นของ **Working solution** ดังนี้

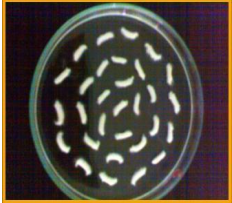



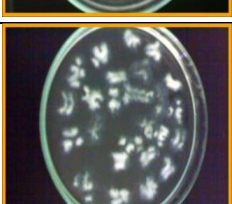
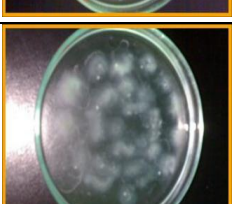
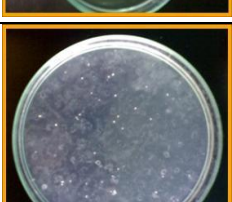
$$\text{โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (\%)} = \frac{P}{204.23} \times \frac{56.109}{V - B} \times 100$$

- เมื่อ V = ปริมาตรของ **Working solution** ที่ใช้ในการไทเทรตกับโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (มิลลิลิตร)
- B = ปริมาตรของ **Working solution** ที่ใช้ในการไทเทรตกับแบดจ์ (มิลลิลิตร)
- P = น้ำหนักของสารโพแทสเซียมไฮโดรพทาเลท (กรัม)

วิธีการวิเคราะห์

1. สุ่มเมล็ดข้าวกล้องเต็มเมล็ด จำนวน **100** เมล็ด แบ่งใส่จานเพาะเชื้อ (Petri dish) จำนวน **4** จาน ๆ ละ **25** เมล็ด แล้ววางบนพื้นราบสีดำ
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงในจานเพาะเชื้อประมาณจานละ **100** มิลลิลิตร ให้เมล็ดข้าวทุกเมล็ดจมอยู่ในสารละลาย และให้แต่ละเมล็ดอยู่ห่างกันพอสมควรแล้วปิดฝาทิ้งไว้ให้อยู่กับที่ที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่ยับจานเพาะเชื้อเป็นเวลา **23** ชั่วโมง
3. ตรวจเมล็ดข้าวโดยพิจารณาระดับการสลายของเมล็ดข้าวในสารละลายต่างแต่ละเมล็ดตามลักษณะการสลาย ดังตารางภาคผนวกที่ **2**
4. การวินิจฉัย เมล็ดข้าวที่มีระดับการสลายตั้งแต่ระดับ **1** ถึงระดับ **5** เป็นเมล็ดข้าวที่ไม่ใช่ข้าวหอมมะลิไทย

ตารางภาคผนวกที่ 2 ระดับการสลายของเมล็ดข้าวในสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.7%

ระดับ	การสลายของเมล็ดข้าว	ลักษณะการสลายของเมล็ดข้าว	อุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนเซชัน
1		ลักษณะของเมล็ดข้าวไม่เปลี่ยนแปลง	สูง
2		เมล็ดข้าวงอกตัว	สูง
3		เมล็ดข้าวงอกตัวและมีแป้งกระจายออกมา บางส่วนของเมล็ดข้าว	สูง
4		เมล็ดข้าวงอกตัวและมีแป้งกระจายออกมา รอบเมล็ดข้าวเป็นบริเวณกว้าง	ปานกลาง
5		ผิวของเมล็ดข้าวปริทางขวางหรือทางยาว และมีแป้งกระจายออกมารอบเมล็ดเป็น บริเวณกว้าง	ปานกลาง
6		เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ด มีลักษณะ เป็นเมือกขุ่นขาว	ต่ำ
7		เมล็ดข้าวสลายตัวตลอดทั้งเมล็ดและมี ลักษณะเป็นเมือกใส	ต่ำ

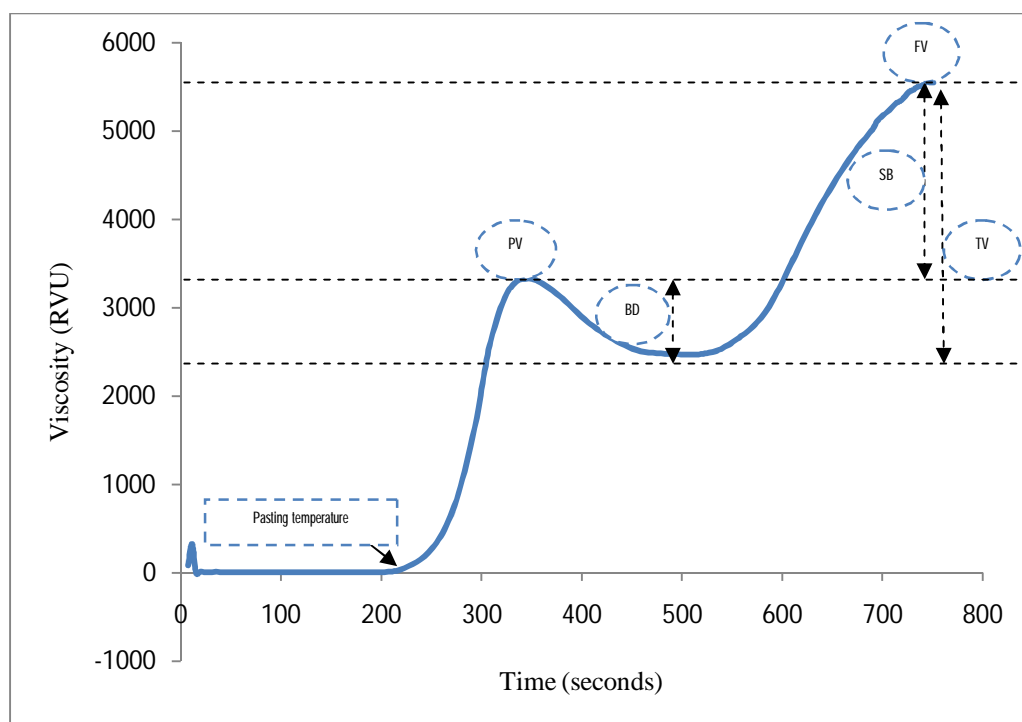
ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเหนียวของข้าวด้วยเครื่องวัดความเหนียวอย่างรวดเร็ว ด้วยวิธี
AACC (2000b)

การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักแป้งข้าวก้อน จำนวน 3 ± 0.01 กรัม ที่ความชื้น 14% (น้ำหนักเปียก) จากน้ำปีเปิดน้ำกลั่น จำนวน 25 ± 0.10 มิลลิลิตร ใส่ลงในกระบอกออลูมิเนียมของเครื่อง
2. นำแป้งตัวอย่างที่ชั่งไว้เทใส่กระบอกออลูมิเนียม กวนแป้งให้ละลายเข้ากับน้ำ เมื่อเตรียมตัวอย่างเสร็จแล้ว นำกระบอกออลูมิเนียมที่มีน้ำแป้งใส่ใบกวนเข้าที่เครื่อง RVA จากนั้นกดกระบอกตัวอย่างน้ำแป้งลงในช่องรับของเครื่อง RVA เครื่องทำงานอัตโนมัติโดยรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 50°C แล้วให้ความร้อนด้วยอัตราประมาณ 12°C ต่อนาที จนได้อุณหภูมิที่ 95°C ทิ้งให้อยู่ที่อุณหภูมินี้ประมาณ 2 นาที ให้ความเย็นด้วยอัตราประมาณ 12°C ต่อนาทีจนถึงอุณหภูมิที่ 50°C หรือต่ำกว่านี้ นาน 2 นาที ลักษณะกราฟ RVA ของน้ำแป้ง แสดงดังภาพภาคผนวกที่ 3



ภาพภาคผนวกที่ 3 กราฟ RVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งของข้าวก้อน

ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ปรากฏบนกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดของน้ำแป้งด้วยเครื่องวัดความหนืดอย่างรวดเร็ว มีรายละเอียดดังนี้

อุณหภูมิแป้งสุก (Pasting temperature) คือ อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้น 2 RVU ใน 20 วินาที และทำให้แป้งเริ่มพองตัวกลายเป็นเจล มีหน่วยเป็น °C

ความหนืดสูงสุด (Peak viscosity) คือ ความสามารถในการพองตัวของผลึกแป้งในระหว่างต้มที่ 95°C มีหน่วยเป็น RVU

ความหนืดต่ำสุด (Holding strength) คือ ความหนืดต่ำสุดระหว่างการทำเย็น มีหน่วยเป็น RVU

การแตกตัวของแป้งสุก (Breakdown) คือ ผลต่างของความหนืดสูงสุดกับความหนืดต่ำสุด มีหน่วยเป็น RVU

ความคงตัวของแป้งสุก (Setback or Consistency) คือ ผลต่างของความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุดมีหน่วยเป็น RVU ใช้คาดคะเนการเปลี่ยนแปลงความแข็งของข้าวสุกเมื่อเย็นตัวลง

ความหนืดสุดท้ายของแป้งสุก (Final viscosity) คือ ความสามารถในการพองตัวของผลึกแป้งในระหว่างต้มที่ 50°C มีหน่วยเป็น RVU ใช้คาดคะเนการเปลี่ยนแปลงความพองตัวของเมล็ดข้าวเมื่อหุงสุก

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ด้วยวิธี **AACC (2000c)**

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

1. อบถัวยอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130°C นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน
2. จากนั้นชั่งตัวอย่างข้าวกล้องที่ผ่านการบดอย่างหยาบด้วยเครื่องบดเมล็ดข้าว จำนวน 5 กรัม ในถัวยอลูมิเนียม นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 130°C นาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิคเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \left[\frac{(B-C)}{(B-A)} \right] \times 100$$

โดยที่ **A** คือ น้ำหนักถัวยอลูมิเนียมพร้อมฝา

B คือ น้ำหนักถัวยอลูมิเนียมพร้อมฝาและข้าวบดก่อนอบ

C คือ น้ำหนักถัวยอลูมิเนียมพร้อมฝาและข้าวบดหลังอบ

ภาคผนวก ช

การสร้างสมการทำนายคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องที่จำนวนคลื่นและวิธีการ
ปรับแต่งสเปคตรัมที่แตกต่างกัน

ตารางภาคผนวกที่ 3 สรุปการสร้างสมการทำนายคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวกล้องที่
จำนวนคลื่นและวิธีการปรับแต่งสเปคตรัมที่แตกต่างกัน

Spectra pre-processing	Wavenumbers (cm ⁻¹)	PC	Calibration		Validation		Bias	RPD
			SEC	R ² cal	SEP	R ² val		
ปริมาณโปรตีน								
Original	10,000–4,000	15	0.97	0.95	1.73	0.89	-0.07	2.49
MSC		13	0.95	0.98	1.51	0.89	-0.07	2.84
SNV		12	1.14	0.94	1.79	0.88	-0.02	2.41
Sav.Gol_2nd deriv		8	1.27	0.92	2.35	0.74	0.10	1.83
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		8	1.23	0.93	2.28	0.75	0.08	1.83
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		8	1.26	0.92	2.37	0.74	0.08	1.82
ปริมาณแอมิโลส								
Original	10,000–4,000	1	1.77	0.81	1.83	0.81	0.21	3.88
MSC		4	1.28	0.90	1.48	0.87	0.30	2.62
SNV		4	1.28	0.90	1.47	0.87	0.30	2.64
Sav.Gol_2nd deriv		5	1.10	0.93	1.69	0.83	0.26	2.30
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		5	1.20	0.91	1.81	0.81	0.25	2.14
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		5	1.20	0.91	1.81	0.81	0.25	2.14
Original	8,620–5,128	2	1.68	0.83	1.77	0.82	0.28	2.19
MSC		7	1.16	0.92	1.51	0.88	0.22	2.57
SNV		7	1.16	0.92	1.51	0.87	0.21	2.57
Sav.Gol_2nd deriv		5	1.18	0.92	1.71	0.83	0.34	2.27
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		5	1.31	0.90	1.86	0.80	0.26	2.09
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		5	1.31	0.90	1.86	0.80	0.26	2.09
Original	7,142–4,012	4	1.42	0.88	1.60	0.85	0.29	2.43
MSC		4	1.42	0.88	1.60	0.85	0.29	2.43
SNV		5	1.27	0.90	1.47	0.87	0.23	2.64
Sav.Gol_2nd deriv		3	1.62	0.84	1.82	0.81	0.38	2.13
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		3	1.67	0.83	1.93	0.79	0.25	2.01
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		3	1.65	0.84	1.91	0.79	0.25	2.03
ค่าความคงตัวของเจล								
Original	10,000–4,000	1	5.65	0.77	5.86	0.76	0.20	1.79
MSC		4	5.03	0.82	5.67	0.78	0.26	1.85
SNV		4	5.01	0.82	5.63	0.78	0.26	1.87
Sav.Gol_2nd deriv		3	5.66	0.77	6.64	0.69	0.21	1.58
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		3	5.84	0.76	6.70	0.66	0.37	1.57
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		3	5.84	0.76	6.71	0.66	0.37	1.67

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

Spectra pre-processing	Wavenumbers (cm ⁻¹)	PC	Calibration		Validation		Bias	RPD
			SEC	R ² cal	SEP	R ² val		
ค่าการสลายเมล็ดข้าวโพด								
สารละลายต่าง								
Original	10,000–4,000	1	0.85	0.76	0.89	0.75	-0.05	2.00
MSC		6	0.59	0.89	0.71	0.84	-0.04	2.52
SNV		7	0.52	0.91	0.67	0.86	-0.03	2.69
Sav.Gol_2nd deriv		5	0.48	0.93	0.87	0.76	0.05	2.05
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		6	0.35	0.96	0.90	0.75	0.05	1.99
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		6	0.35	0.96	0.90	0.75	0.05	1.99
ค่าความหนืดสูงสุด								
Original	10,000–4,000	3	135	0.70	154	0.62	-12.4	1.68
MSC		4	117	0.77	137	0.73	-13.8	1.89
SNV		5	115	0.78	137	0.71	-11.9	1.89
Sav.Gol_2nd deriv		7	25	0.98	142	0.70	-1.52	1.83
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		5	68	0.92	145	0.72	-4.41	1.79
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		4	106	0.81	147	0.68	-5.78	1.76
ค่าการแตกตัวของแป้งสุก								
Original	10,000–4,000	7	61	0.92	75	0.89	-9.51	2.71
MSC		5	60	0.92	71	0.90	-7.15	2.87
SNV		5	60	0.92	71	0.90	-7.15	2.87
Sav.Gol_2nd deriv		6	26	0.98	81	0.88	-9.31	2.51
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		5	51	0.95	86	0.86	-7.79	2.37
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		5	51	0.95	90	0.84	-7.83	2.26
ค่าความคงตัวของแป้งสุก								
Original	10,000–4,000	7	212	0.91	267	0.86	35.55	2.64
MSC		4	219	0.91	245	0.88	33.47	2.88
SNV		4	219	0.91	244	0.88	33.47	2.88
Sav.Gol_2nd deriv		3	279	0.85	325	0.80	52.80	2.18
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		3	256	0.87	303	0.82	30.7	2.34
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		5	180	0.94	292	0.84	37.1	2.42
ค่าความหนืดสุดท้าย								
Original	10,000–4,000	3	131	0.73	140	0.68	-5.88	1.49
MSC		6	115	0.79	149	0.67	-5.00	1.40
SNV		7	109	0.81	146	0.67	2.26	1.43
Sav.Gol_2nd deriv		5	69	0.93	141	0.71	0.84	1.48
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		7	19	0.97	143	0.68	0.18	1.46
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		5	61	0.94	146	0.68	1.74	1.43

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

Spectra pre-processing	Wavenumbers (cm ⁻¹)	PC	Calibration		Validation		Bias	RPD
			SEC	R ² cal	SEP	R ² val		
ค่าความหยาบสุดท้ายหลังการทำ								
เขียน								
Original	10,000–4,000	1	0.89	0.71	0.92	0.70	-0.01	1.68
MSC		3	0.83	0.75	0.93	0.71	0.03	1.66
SNV		2	0.90	0.70	0.96	0.69	0.09	1.61
Sav.Gol_2nd deriv		2	0.84	0.74	0.91	0.71	0.07	1.70
MSC + Sav.Gol_2nd deriv		5	0.45	0.93	0.86	0.74	-0.01	1.80
SNV + Sav.Gol_2nd deriv		3	0.73	0.80	0.88	0.72	0.01	1.76

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นางสาวอารีรัตน์ อิ่มศิลป์
วัน เดือน ปีเกิด	29 กุมภาพันธ์ 2519
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พ.ศ. 2541
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2544
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์ อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ รดา อิ่มศิลป์ และปิยรัตน์ สิริธัญกิจ. 2554. การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 21(1): 138-147.
ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน	อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต รองผู้จัดการโครงการโรงสีข้าว สำนักกิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ชื่อ - สกุล	นางสาวปิยรัตน์ สิริธัญกิจ
วัน เดือน ปีเกิด	27 เมษายน 2526
ประวัติการศึกษา	
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต พ.ศ. 2548
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	กิตติศักดิ์ วสันตวิงศ์ อารีรัตน์ อิมศิริป์ รดา อิมศิริป์ และปิยรัตน์ สิริธัญ กิจ. 2554. การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมใน กระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระ นครเหนือ. 21(1): 138-147.
ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน	ผู้ช่วยหัวหน้าฝ่ายควบคุมและประกันคุณภาพ โครงการโรงสีข้าว สำนัก กิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต