

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและการแปรสภาพเมล็ด. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.
- งามชื่น คงเสรี. 2532. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวสารที่บรรจุในภาชนะแบบต่างๆ. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ปี 2532, หน้า 88-89. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.
- งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพูลศรี สว่างจิต. 2542. คุณภาพข้าวสุกจากการผสมข้าว กข 23 และชัยนาท 1 ในข้าวดอกมะลิ 105. วารสารวิชาการเกษตร 17(3): 231-238.
- จำรัส โปร่งศิริวัฒนา. 2536. ความรู้เรื่องข้าว: ภาคผนวก (ต่อ). กรุงเทพมหานคร สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ชุติมา อัครเสถียร. 2543. ประสิทธิภาพการเสริมไอโอดีนในข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ประไพศรี ศิริจักรวาล, รัชณี คงคาอุยฉาย และประภาศรี ภูวเสถียร. 2531. การประเมินวิธีการขจัดสารอินทรีย์ในตัวอย่างอาหารโดยวิธี dry ashing และ wet digestion เพื่อวิเคราะห์แร่ธาตุ. โภชนาการสาร 22(3): 281-296.
- ปราณีต ผ่องแผ้ว. 2539. โภชนศาสตร์ชุมชน. กรุงเทพมหานคร: ลิฟวิงทรานส์มีเดีย.
- ร่มไทร สุวรรณิก. 2523. การวิจัยคอปอก การดูดซึมเหล็กจากอาหารไทย การผสมเกลือ การประดิษฐ์เครื่องจักรผสมไอโอดีนและเหล็กในเกลือและน้ำปลาเพื่อป้องกันคอปอกและโรคเลือดจางจากการขาดเหล็ก. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 12(2): 1-45.
- ศุภมาศ ภัทราดุลย์, จีรายุ แสนอาจหาญ และอมร วรงค์พุทธพิทักษ์. 2533. ปริมาณแร่ธาตุจำเป็นและโลหะเป็นพิษที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคอาหารประจำวัน. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 32(2): 63-71.
- สาธารณสุขไทย, สถาบันวิจัย. 2539. รายงานการสำรวจสถานะสุขภาพอนามัยของประชากรไทยด้วยการสอบถามและตรวจร่างกายทั่วประเทศ ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2534-2535. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ดีไซน์.
- สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2541. โภชนศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- อนามัย, กรม. 2532. ข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันและแนวทางการบริโภคอาหาร สำหรับคนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- อนามัย, กรม. 2543. โรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก[Online]. แหล่งที่มา: <http://www.anamai.moph.go.th/nutri/newpage22.htm>[20 ธันวาคม 2543].
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวเจ้า มอก. 638-2529. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. 2533. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว มอก. 959-2533. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

- AACC. 1995. Approved methods of the American association of cereal chemists. 9th ed. Minnisota: American Association of Cereal Chemists.
- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Virginia: The Association of Official Agricultural Chemists.
- Belara, M. A., Garbayo, M. P., Anzano, I. M., and Castillo, J. R. 1996. Graphic-furnace atomic absorption spectrometer method for direct determination of iron and zinc in solid rice samples. Analytical Sciences 12: 483-488.
- Budavari, S., O'Neil, M.J., Smith, A., and Heckelman, P.E. 1989. The merck index. An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals 11th ed.: 84.
- Chavasit, V., and Tontisirin, K. 1998. Triple food fortification: Instant noodles. Food fortification to end micronutrient malnutrition: State of the art, Symposium report, pp.72-76. Montreal, Aug. 2, 1997.
- Chen, J. J., Lu, S., and Lii, C. Y. 1999. Effect of milling methods on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. Cereal Chemistry 76(5): 796-798.
- Chrastil, J. 1990. Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperatures. Journal of Cereal Science 11: 71-85.
- Chrastil, J. 1994. Effect of storage on the physicochemical properties and quality factors of rice. In W.E. Marshall and J.L. Wadsworth (eds.), Rice: Science and technology, pp. 49-81. New York: Marcel Dekker.

- Cochran, W.C., and Cox, G.M. 1992. Experimental designs. New York: John Wiley & Son.
- Cowley, K. M. 1978. Atomic absorption spectrometer in food analysis. In R.D. King (ed.), Developments in Food Analysis Technologies – 1, pp. 293-314. London: Applied Science publishers.
- Deobald, H. J. 1972. Rice flour. In D.F. Houston (ed.), Rice: Chemistry and technology, pp. 264-271. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Disler, P.B., Lynch, S.R., Charlton, R.W., Bothwell, T.H., Walker, R.B., and Mayet, F. 1975. Studies on the fortification of cane sugar with iron and ascorbic acid. British Journal of Nutrition 34: 141-152.
- Florentino, R.F., and Pedro, M.R.A. 1998. Update on rice fortification in the Philippines. Food and Nutrition Bulletin 19(2): 149-153.
- Grist, D.H. 1975. Rice. 5th ed. London: Longman.
- Harrison, B.N., Pla, G.W., Clark, G.A., and Fritz, J.C. 1976. Selection of iron sources for cereal enrichment. Cereal Chemistry 53(1): 78-84.
- Hettiarachchy, N.S., Gnanasambandam, R., and Lee, M.H. 1996. Calcium fortification of rice: Distribution and retention. Journal of Food Science 61(1): 195-197.
- Hoffpauer, D. W., and Wright, S. L. 1994. Enrichment of rice. In W.E. Marshall and J.L. Wadsworth (eds.), Rice: Science and technology, pp. 195-204. New York: Marcel Dekker.
- Hoseney, R. C. 1994. Principles of cereal science and technology. 2nd ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Hunnell, J.W., Yasumatsu, K., and Moritaka, S. 1985. Iron enrichment of rice. In F.M. Cydesdale and K.L. Wiemer (eds.), Iron fortification of foods, pp. 121-132. London: Academic.
- Hurrell, R.F. 1984. Bioavailability of different iron compounds used to fortify formula and cereals: Technological problems. In A. Stekel (ed.), Iron nutrition in infancy and childhood, pp. 147-178. New York: Raven. Cited in Hurrell, R.F. 1997. Preventing iron deficiency through food fortification. Nutrition Reviews 55(6): 210-222.

- Hurrell, R.F. 1992. Prospects for improving the iron fortification of foods. In S.J. Fomon and S. Zlotkin (eds.), Nutritional anemias, pp. 193-208. New York: Raven.
- Hurrell, R.F. 1997a. Bioavailability of iron. European Journal of Clinical Nutrition 51(suppl.1): s4-s8.
- Hurrell, R.F. 1997b. Preventing iron deficiency through food fortification. Nutrition Reviews 55(6): 210-222.
- Hurrell, R.F. 1997c. Bioavailability of iodine. European Journal of Clinical Nutrition 51(suppl.1): s9-s12.
- Hurrell, R.F. 1998. Improvement of trace element status through food fortification: Technological, biological and health aspects. Bibliotheca Nutritio et Dieta 54: 40-57.
- Hurrell, R.F. 1999. Iron. In R.F. Hurrell (ed.), The mineral fortification of foods, pp. 54-93. Surrey: Leatherhead Food RA.
- Hurrell, R.F., Furniss, D.E., Burri, J., Whittaker, P., Lynch, S.R., and Cook, J.D. 1989. Iron fortification of infant cereal: A proposal for the use of ferrous fumarate or ferrous succinate. American Journal of Clinical Nutrition 49: 1274-1282.
- Hurrell, R.F., Reddy, M.B., Dassenko, S.A., Cook, J.D., and Shepherd, D. 1991. Ferrous fumarate fortification of chocolate drink powder. British Journal of Nutrition 65: 271-283.
- Ihnat, M. 1984. Atomic absorption and plasma atomic emission spectrometry. In K. K. Stewart and J. R. Whitaker (eds.), Modern methods of food analysis, pp. 129-166. Connection: AVI Publishing.
- Jurd, L., and Asen, S. 1966. The formation of metal and co-pigment complexes of cyanidin 3- glucoside. Phytochemistry 5: 1263-1271.
- Jorhem, L. 1993. Determination of Metals in foodstuffs by atomic absorption spectrophotometry after dry ashing: NMKL interlaboratory study of lead, cadmium, zinc, copper, iron, chromium, and nickel. Journal of AOAC International 76(4): 798-813.
- 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.

- Kapanidis, A.N., and Lee, T. 1996. Novel method for the production of color-compatible ferrous sulfate-fortified simulated rice through extrusion. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44(2): 522-525.
- Lam, H. S., Procter, A., and Meullenet, J. F. 2001. Free fatty acid formation and lipid oxidation on milled rice. Journal of American Oil Chemistry Society 78(12): 1271-1275.
- Lamberg, B.A. 1993. Iodine deficiency disorders and endemic goitre. European Journal of Clinical Nutrition 47: 1-8.
- Low, T.K., and Ng, C.S. 1987. Determination of peroxide value. In H. Hasegawa (ed.), Laboratory manual on analytical methods and procedures for fish and fish products. Marine Fisheries Research Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.
- Maccarone, E., Maccarone, A., and Rapisarda, P. 1985. Stabilization of anthocyanins of blood orange fruit juice. Journal of Food Science 50: 901-904.
- Marshall, W.E., and Wadsworth, J.L. 1994. Introduction. In W.E. Marshall and J.L. Wadsworth (eds.), Rice: Science and technology, pp. 1-16. New York: Marcel Dekker.
- Martin, H.F., and Halton, P. 1964. Addition of different iron salts to flour: The factor of rancidity. Journal of the Science of Food and Agriculture 15: 464-468.
- Miller, D.D. 1996. Minerals. In O.R. Fennema (ed.), Food Chemistry, pp. 617-649. New York: Marcel Dekker.
- Misaki, M., and Yasumatsu, K. 1985. Rice enrichment and fortification. In B.O. Juliano (ed.), Rice: Chemistry and Technology, pp. 391-401. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Nath, S.K., Moinier, B., Thuillier, F., Rongier, M., and Desjeux, J-F. 1992. Urinary excretion of iodide and fluoride from supplemented food grade salt. International Journal of Vitamin and Nutrition Research 62: 66-72. Cited in Hurrell, R.F. 1998. Improvement of trace element status through food fortification: Technological, biological and health aspects. Bibliotheca Nutritio et Dieta 54: 40-57.

- Orten, J.M., and Neuhaus, O.W. 1982. Human biochemistry. 10th ed. Missouri: C.V. Mosby.
- Ott, D. B. 1988. The effect of packaging on vitamin stability in cereal grain products. Journal of Food Composition Analysis 1(2): 166-177.
- Pedro, M.R.A., Florentino, R.F., Bacos, F.F., Ungson, B.D., and Duazo, P.L. 1996. Clinical trial of iron fortified rice. Manila: Food and Nutrition Research Institute.
- Peil, A., Fred, B., Chokyun, R., and Robert, L. 1982. Retention of micronutrients by polymer coatings used to fortify rice. Journal of Food Science 47: 260-262.
- Pomeranz, Y., and Meloan, C. E. 1994. Food analysis: Theory and practice. 3rd ed. New York: Chapman & Hall.
- Potter, N.N., and Hotchkiss, J.H. 1998. Food science. 5th ed. Maryland: Aspen.
- Pratama, F., Wormell, P., and Chesterman, C.F. 1997. Thiamin fortification of instant fried-rice. ASEAN Food Journal 12(1): 8-14.
- Ranganathan, S., Reddy, V., and Ramamoorthy, P. 1996. Large-scale production of salt fortified with iodine and iron. Food and Nutrition Bulletin 17: 73-78.
- Ranum, P. 1980. Note on levels of nutrients to add under expanded wheat flour fortification/enrichment programs. Cereal Chemistry 57(1): 70-72.
- Rubin, S.H., Emodi, A., and Scialpi, L. 1977. Micronutrient additions to cereal grain products. Cereal Chemistry 54(4): 895-904.
- Ryu, S. N., Park, S. Z., and Ho, C. T. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. Journal of Food and Drug Analysis 6(4): 729-736.
- Taira, H. 1983. Lipid content and fatty acid composition of rice. Japan Agricultural Research Quarterly 16(4): 273-280.
- Theuer, R. 2002. Effect of iron on the color of barley and cereal porridges. Journal of Food Science 67(3): 1208-1211.
- U.S. Code of Federal Regulations. 1992. Code of federal regulations, 137.165 enriched flour. Washington: The Office of the Federal Register National Archives and Records Administration.

- Valdez, D.H., Mallillin, A.C.E.M., Kuizon, M.D., and Cabrera, M.I.Z. 1996. Iron absorption from FVRice-iron fortified. The Philippine Journal of Science 125(4): 291-299.
- Vasanthan, T., and Hoover, R. 1992. A comparative study of the composition of lipids associated with starch granules from various botanical sources. Food Chemistry 43: 19-27.
- Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B., and Juliano, B.O. 1976. Starke 28: 88-94. Cited in Juliano, B.O. 1983. Lipid in rice and rice processing. In P.J. Barnes (ed.), Lipids in cereal technology, pp. 305-330. London: Academic Press.
- Viteri, F.E., Alvarez, E., Batres, R., Toru'n, B., Pineda, O., Meji'a, L.A., and Sylvi, J. 1995. Fortification of sugar with iron sodium ethylenediaminetetraacetate (FeNaEDTA) improves iron status in semirural Guatemalan populations. American Journal Clinic of Nutrition 61: 1153-1163.
- Wadsworth, J. L. 1994. Degree of milling. In W.E. Marshall and J.L. Wadsworth (eds.), Rice: Science and technology, pp. 139-151. New York: Marcel Dekker.
- Wang, C.F., and King, R.L. 1973. Chemical and sensory evaluation of iron-fortified milk. Journal of Food Science 38: 938-940.
- Wilson, E.D., Fisher, K.H., and Fuqua, M.E. 1965. Principles of nutrition. 2nd ed. New York: John Wiley&Sons
- Yasumatsu, K., and Moritaka, S. 1964. Fatty acid composition of rice lipid and their changes during storage. Agricultural and Biological Chemistry 28(5): 257-264.
- Zoller, J.M., Wolinsky, I., Paden, C.A., Hoskin, J.C., Lewis, K.C., Lineback, D.R., and McCarthy, R.D. 1980. Fortification of non-staple food items with iron. Food Technology 34(1): 38-47.



ภาคผนวก

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
รายละเอียดของวัตถุดิบและสารประกอบหลัก

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1. ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าไวต่อช่วงแสง มีกลิ่นหอมซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพันธุ์ เป็นข้าวหอมที่นิยมบริโภคในประเทศไทย และเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ
2. ข้าวก่ำดอยสะเก็ด เป็นข้าวเหนียวดำไวต่อช่วงแสง ลักษณะพิเศษคือใบ ลำต้นมีสีม่วงดำ เมล็ดมีสีม่วงแก่
3. แบ่งข้าวเจ้าชนิดไม่น้ำ ตราช้างสามเศียร จากโรงงานเส้นหมี่ขอเอง จำกัด

ชนิดของสารประกอบหลักที่ใช้ในการทดลอง

1. เฟอร์รัสซัลเฟต (Iron (II) sulfate hydrate) ของบริษัท Merck

- Lot No. 616K1685867
- Extra pure (about 87% FeSO_4) BP, FCC, Ph Helv, USP food grade
- $\text{FeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (x = etwa 1)
- CAS-No. 13463-43-9
- M = 151.91 g/mol (Molar Mass)
- WGK1
- Harmful if swallowed. Irritating to eyes and skin.
- R : 22 , S : 24/25 , EINECS No. : 2317535
- LGK : 10-13 , HS No. : 2833 2950

Specification

- | | |
|---|-------------------------|
| - Assay (by manganometry, FeSO_4) | 86-89% |
| - Identity | IR Spectrum passes test |
| - Substances insoluble | < 0.05% |
| - Basis sulfate | passes test |
| - Chloride (Cl) | < 0.03% |
| - Iron (III) Salts (Fe III) | < 0.4% |
| - Arsenic (As) | < 0.0002% |
| - Copper (Cu) | < 0.0025% |
| - Mercury (Hg) | < 0.0003% |

- Manganese	< 0.1%
- Lead (Pb)	< 0.001%
- Zinc (Zn)	<0.0025%
- Volatile organic impurities	excluded by manufacture, handling and storage

2. เฟอร์ริกไพโรฟอสเฟต (Ferric Pyrophosphate, FCC) จากบริษัท Voigt Global Distribution

- Lot No. PI0722
- CAS No. 10058-44-3
- $\text{Fe}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
- F.W. 745.22 + $x\text{H}_2\text{O}$

Description	Limit		Result
	Min.	Max.	
Assay (Fe)	24.0	26.0	25.2%
Arsenic (As)	-	3 mg/kg	< 3 mg/kg
Lead (Pb)	-	10 mg/kg	< 10 mg/kg
Loss on Ignition	-	20.0%	9.3%
Mercury (Hg)	-	3 mg/kg	< 3 mg/kg
Identification	To pass test		Passes test
Expiration Date			07/15/2002

3. Iron glycine (Ferrochel Amino Acid Chelate 20% Fe) จากบริษัท Ascoduct

- Lot No. 02141
- Date of manufacture : Aug 10, 2000
- Expiration Date : Aug 10, 2003

Assay or test	Result	% of claim
Fe	20.40%	102%
Heavy metals	Limit	Result
Lead	< 1.5 ppm	< 1.5 ppm

Cadmium	< 0.5 ppm	< 0.5 ppm
---------	-----------	-----------

Physical characteristics

Appearance	Fine Powder
Odor	Slightly Metallic
Color	Khaki Gray-Green

Microbial Limits/Total Plate Count

Assay or Test	Limit	Result
Total count	< 10,000 CFU/g	< 10 CFU/g
Mold & Yeast	< 1,000 CFU/g	< 10 CFU/g
Coliform Count	less than 3% of total count	< 10 CFU/g
<i>E. coli</i>	Negative	Negative
<i>S. aureus</i>	Negative	Negative
<i>Salmonella</i> (PF)	Negative	Negative

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A (1995) แบบขั้นตอนเดียว โดยใช้ขนาดด้วย
อลูมิเนียมต่างจากขนาดที่กำหนดไว้ และเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่ใช้อบจาก 130 ± 1 องศาเซลเซียส
เป็น 100 ± 5 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อน WTE binder

วิธีทดลอง

1. บดเมล็ดข้าว 30-40 กรัม แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นชั่งมา 2-3 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมซึ่งแห้งสนิท โดยนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น จากนั้นชั่งน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมเปล่าเก็บไว้
2. นำตัวอย่างเข้าอบในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที โดยเปิดฝาด้วยอลูมิเนียม
3. นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ปิดฝาด้วยอลูมิเนียม ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 40 นาที
4. ชั่งน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง
5. นำตัวอย่างเข้าอบในตู้อบต่ออีก 60 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ โดยให้ค่าความชื้นมีความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 0.2
6. ชั่งน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง แล้วห้กลับด้วยน้ำหนักด้วยอลูมิเนียมเปล่า จะได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ
7. คำนวณความชื้นโดยใช้สูตร

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

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

ใช้วิธีการย่อยตัวอย่างตามวิธี wet digestion ของ AOAC (1995) แล้ววัดปริมาณเหล็กด้วย atomic absorption spectrophotometer

อุปกรณ์

Atomic absorption spectrophotometer ของ Varian รุ่น SpectrAA 300

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดไนตริกเข้มข้น
3. สารละลายไอร์ออนมาตรฐาน (1,000 mg Fe/l) ของบริษัท Merck

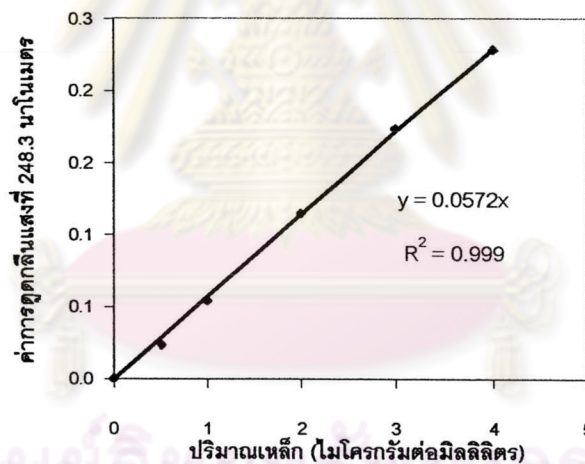
การเตรียมสารละลายไอร์ออนมาตรฐานเพื่อใช้เป็น working standard

ปิเปตสารละลายไอร์ออนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นของไอร์ออน 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายนี้มา 0, 0.5, 1, 2, 3 และ 4 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายเข้ากัน จะได้สารละลายไอร์ออนที่มีความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 3 และ 4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างข้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ให้มีปริมาณเหล็กในสารละลายที่จะวัดอยู่ในช่วง 1-4 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปิเปตกรดซัลฟูริก 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่แล้วผสมให้เข้ากันอีกครั้ง จากนั้นเติมกรดไนตริก 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที
3. ให้ความร้อนอ่อนๆ เป็นช่วงๆ (เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองล้นออกมานอกขวด) จนกระทั่งไม่มีควัน NO_2 ออกมา

4. ให้ความร้อนต่อไปจนตัวอย่างเริ่มไหม้ จึงเติมกรดไนตริกครั้งละ 2-3 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อไปจนกระทั่งมีควัน SO_3 ออกมาและได้สารละลายไม่มีสีหรือมีสีเหลืองอ่อน ทิ้งให้เย็น
5. เติมน้ำ 50 มิลลิลิตร แล้วให้ความร้อนต่อไปจนมีควัน SO_3 ออกมา ทิ้งให้เย็น
6. เติมน้ำ 25 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร
7. ทำ blank ตามวิธีดังกล่าวข้างต้น แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
8. เตรียมเครื่อง atomic absorption spectrophotometer โดยใช้ความยาวคลื่น 248.3 นาโนเมตร flame : rich air- C_2H_2
9. อ่านค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานไอร์ออน แล้วนำมาทำกราฟมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ ค.1
10. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของตัวอย่าง จากกราฟมาตรฐาน



รูปที่ ค.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก (แต่ละจุดในกราฟเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสง 3 ครั้ง)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเหล็กในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)} = \frac{(A-B) \times 10}{W}$$

- เมื่อ A คือ ปริมาณเหล็กในสารละลายตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อ่านได้จาก
กราฟมาตรฐาน
- B คือ ปริมาณเหล็กในสารละลาย blank (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)
- W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์

อุปกรณ์

1. เครื่องระเหยสุญญากาศ (rotary evaporator)
2. Magnetic stirrer

สารเคมี

1. สารละลายคลอโรฟอร์ม-เมทานอล (CM Mixture) อัตราส่วน 2 : 1 โดยปริมาตร
2. สารละลายคลอโรฟอร์ม-กรดอะซิติก อัตราส่วน 2 : 3 โดยปริมาตร
3. สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว

ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มและทำให้เย็นแล้วจำนวน 70 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชา ให้เตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนใช้งาน

4. สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล

ละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 25 กรัม ในน้ำ 1 ลิตร นำไปต้มให้เดือดอ่อนๆ เป็นเวลา 5 นาที ยกกลงใส่ขวดสีชาขณะร้อน เก็บสารละลายนี้ในที่มืดและเย็น เมื่อนำมาใช้ให้เจือจางสารละลายด้วยน้ำกลั่นต้มใหม่จำนวน 10 เท่า

5. น้ำแป้ง ความเข้มข้นร้อยละ 1.5

ชั่ง starch soluble จำนวน 1.5 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร นำไปต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 วินาที ยกกลงทิ้งให้เย็น

6. โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

7. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 นอร์มัล

ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 8.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

8. โพแทสเซียมไอโอไดด์

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (AOAC, 1995)

1. ชั่งโพแทสเซียมไดโครเมต (ทราบน้ำหนักแน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีจุกปิด
2. เติมน้ำที่ปราศจากคลอรีนจำนวน 80 มิลลิลิตร ที่มีโพแทสเซียมไอโอไดด์จำนวน 2 กรัม

3.เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 20 มิลลิลิตร พร้อมกับแกว่งขวด แล้วปิดจุก เก็บในที่มืดทันทีเป็นเวลา 10 นาที

4.ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อสารละลายในขวดเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน ให้เติมน้ำแบ่งแล้วไตเตรตต่อไป จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี

5.คำนวณหาความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ตามสูตรต่อไปนี้

$$\text{ความเข้มข้น (นอร์มัล)} = \frac{\text{น้ำหนักโพแทสเซียมไดโครเมต (กรัม)} \times 1000}{\text{ปริมาตรโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)} \times 49.032}$$

วิธีการสกัดไขมัน (ดัดแปลงจาก Yasumatsu และ Moritaka, 1964; Vasanthan และ Hoover, 1992)

1.นำข้าวและแบ่งที่อบไล่ความชื้นแล้วจำนวน 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีแท่งแม่เหล็ก

2.เติม CM Mixture จำนวน 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์

3.นำบีกเกอร์ไปตั้งบน magnetic stirrer ที่ตั้งความเร็ว 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

4.เท CM Mixture ที่ได้สกัดไขมันแล้วใส่ในบีกเกอร์ ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ปิดปากบีกเกอร์ไว้

5.เท CM Mixture ใส่ในบีกเกอร์ใบเดิมที่มีตัวอย่างอีก 100 มิลลิลิตร ทำซ้ำตามข้อ 3-4

6.นำ CM Mixture ที่สกัดไขมันทั้งหมดไปใส่ขวดกลมก้นแบน (boiling flask) ที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักขวดไว้แล้ว (ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน) นำไประเหย CM Mixture ออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส

7.นำขวดใส่ไขมันที่ระเหย CM Mixture แล้วไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักไขมัน (ให้ทราบน้ำหนักแน่นอน)

8.นำไขมันที่สกัดได้ไปหาค่าเปอร์ออกไซด์

วิธีการวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (Low และ Ng, 1987)

1.เติมสารละลายคลอโรฟอร์ม-กรดอะซิติก จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่มีไขมัน แล้วแกว่งขวดเพื่อละลายไขมัน

2.เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว จำนวน 1 มิลลิลิตร ปิดปากขวดทันที นำไปเก็บในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที

3.เติมน้ำกลั่น แล้วเขย่า

4.ไตเตรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ความเข้มข้น 0.01 นอร์มัล จนกระทั่งสารละลายมีสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแบ่งจำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสารละลายไม่มีสี

5.ทำ blank ตามวิธีข้างต้นแต่ไม่มีตัวอย่างไขมัน

7.คำนวณหาค่าเปอร์ออกไซด์ตามสูตรต่อไปนี้

$$\begin{array}{l} \text{ค่าเปอร์ออกไซด์} \\ \text{(milliequivalent / kg)} \end{array} = \frac{(A-B) \times C \times 1000}{W}$$

เมื่อ A คือ ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B คือ ปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตกับ blank (มิลลิลิตร)

C คือ ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มัล)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ วิธีการล้างข้าว

วิธีการล้างข้าวตามวิธีของ Hettiarachchy et al. (1996)

วิธีการ

นำข้าวมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการกำจัดไอออน โดยใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำเป็น 1 ต่อ 3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เทน้ำทิ้งทันทีที่ล้าง ล้างข้าวซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง นำตัวอย่างข้าวมาทำให้แห้งจนมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 14 โดยใช้ตู้อบลมร้อนก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กต่อไป



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หุงสุก

ชื่อ.....

วันที่.....

โปรดประเมินและให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดังต่อไปนี้

คุณลักษณะ
1.สี 9 ขาวจัด 7 ขาวนวล 5 คล้ำหรือเหลืองจางๆ 3 ค่อนข้างคล้ำ 1 คล้ำหรือเหลือง	
2.กลิ่นหอม 9 หอมมาก 7 หอมค่อนข้างมาก 5 หอมปานกลาง 3 หอมเล็กน้อย 1 ไม่หอม	
3.กลิ่นเหม็นอับ 9 เหม็นอับมาก 7 เหม็นค่อนข้างมาก 5 เหม็นปานกลาง 3 เหม็นเล็กน้อย 1 ไม่เหม็น	
4.ความเลื่อมมันของผิวเมล็ด 9 ผิวมันมาก 7 ค่อนข้างมัน 5 มันเล็กน้อย 3 ค่อนข้างด้าน 1 ด้านมาก	
5.รสชาติ 9 ชมมาก 7 ชม 5 ค่อนข้างชม 3 ปกติ 1 จืด	
6.ความชอบโดยรวม 9 ชอบมาก 7 ชอบปานกลาง 5 ชอบเล็กน้อย 3 ไม่ชอบ 1 ไม่ชอบมาก	

ข้อเสนอแนะ

.....

แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของแป้งข้าวเจ้า

แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....

วันที่.....

โปรดประเมินและให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ของแป้งข้าวเจ้าดังต่อไปนี้

คุณลักษณะ
1.สี 5 ขาวจัด 4 ขาวนวล 3 คล้ำหรือเหลืองจางๆ 2 ค่อนข้างคล้ำ 1 คล้ำหรือเหลือง	
2.กลิ่น 5 เข้มข้นมาก 4 เข้มข้นค่อนข้างมาก 3 เข้มข้นเล็กน้อย 2 กลิ่นปกติ 1 ไม่มีกลิ่น	

ชื่อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุก

แบบทดสอบการประเมินทางประสาทสัมผัส

ชื่อ.....

วันที่.....

โปรดประเมินและให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ของเส้นก๋วยเตี๋ยวดังต่อไปนี้

คุณสมบัติ	ระดับการตัดสิน	คะแนน
สี	สีขาวนวลสม่ำเสมอ	4	
	สีขาวนวลค่อนข้างเหลืองเล็กน้อยและสม่ำเสมอ	3	
	สีขาวนวลหรือค่อนข้างเหลือง และมีสีคล้ำบางแห่งจนสามารถมองเห็นได้ชัด	2	
	สีคล้ำหรือค่อนข้างเหลืองมากหรือมีสีเข้มซึ่งผิดธรรมชาติของสีข้าวมากจนเป็นที่น่ารังเกียจ	1	
กลิ่นรส	มีกลิ่นรสดีตามธรรมชาติ	4	
	มีกลิ่นรสแปลกไปจากธรรมชาติเพียงเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ	3	
	มีกลิ่นรสที่เกิดจากการหมักเล็กน้อย แต่ยังเป็นที่ยอมรับ	2	
	มีกลิ่นอับ รสเปรี้ยว หรือกลิ่นของกำมะถัน หรือกลิ่นรสอันไม่พึงประสงค์	1	
ลักษณะเนื้อ	นิ่ม เหนียวดี ไม่เกาะติดกัน	4	
	นิ่มเหนียว เกาะติดกันเล็กน้อย	3	
	นิ่มเหนียวพอใช้ เกาะติดกันจนเห็นได้ชัด	2	
	ไม่เหนียว เปื่อย เกาะติดกันมาก	1	
ความชอบโดยรวม	ชอบมาก	4	
	ชอบปานกลาง	3	
	ชอบเล็กน้อย	2	
	ไม่ชอบ	1	

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ภาคผนวก ช
ข้อมูลผลการทดลอง

ตารางที่ ช.1 ปริมาณธาตุเหล็กและความชื้นในตัวอย่างข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ใช้ปริมาณเหล็กที่เต็มและปริมาณเจลดต่อข้าวต่างกัน

ปริมาณเหล็กที่เต็ม	ปริมาณเจลดต่อข้าว (w/w)	ความชื้น (%)	ปริมาณเหล็กที่วัดได้(mg/100g)	ปริมาณเหล็ก (mg/100g dsb)
ระดับที่ 1	5:100	13.12±0.39	3.267±0.067	3.761±0.092
	10:100	12.66±0.20	3.415±0.185	3.910±0.204
	15:100	12.85±0.09	3.439±0.067	3.946±0.072
ระดับที่ 2	5:100	12.22±0.38	3.678±0.160	4.190±0.172
	10:100	12.94±0.30	3.654±0.125	4.197±0.147
	15:100	13.72±0.51	3.696±0.066	4.286±0.056

ตารางที่ ช.2 ปริมาณธาตุเหล็กที่เหลือหลังการล้างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเกิดที่เคลือบด้วยเจลดแบ่งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ

พันธุ์ข้าว	ชนิด Fe	ปริมาณเหล็ก (mg/100 dry basis)		ปริมาณเหล็กในน้ำ (mg/100g)	ปริมาณเหล็กที่เหลือ* (%)
		ในข้าวเริ่มต้น	ในข้าวหลังล้าง		
ขาวดอกมะลิ 105	FS	3.771±0.024	3.332±0.223	0.404±0.185	88.33±5.48
	FP	3.769±0.053	2.083±0.180	1.303±0.175	55.26±4.78
	IG	3.479±0.101	2.998±0.162	0.405±0.163	86.26±5.90
ก่ำดอยสะเกิด	FS	3.874±0.029	2.637±0.194	1.148±0.210	68.10±5.49
	FP	3.853±0.076	2.108±0.096	1.487±0.060	54.74±3.51
	IG	3.526±0.011	2.541±0.045	0.929±0.067	72.08±1.50

*ปริมาณเหล็กที่เหลือ = (ปริมาณเหล็กในข้าวหลังล้าง / ปริมาณเหล็กในข้าวเริ่มต้น) x 100

ตารางที่ ข.3 ปริมาณธาตุเหล็กหลังหุงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ดที่เคลือบด้วยเจลแบ่งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ

พันธุ์ข้าว	ชนิดของเหล็ก	ปริมาณเหล็ก mg/100g (dry basis)		ปริมาณเหล็ก ที่เหลือ* (%)
		ในข้าวเริ่มต้น	ในข้าวหลังหุง	
ข้าวดอกมะลิ 105	FS	3.771±0.024	3.733±0.281	98.98±6.82
	FP	3.769±0.053	3.508±0.126	93.08±4.02
	IG	3.479±0.101	3.424±0.158	98.41±2.77
ก่ำดอยสะเก็ด	FS	3.874±0.029	2.893±0.139	74.65±3.04
	FP	3.853±0.076	2.561±0.247	66.39±5.28
	IG	3.526±0.011	2.567±0.203	72.82±5.94

*ปริมาณเหล็กที่เหลือ = (ปริมาณเหล็กในข้าวหลังหุง / ปริมาณเหล็กในข้าวเริ่มต้น) x 100

ตารางที่ ข.4 ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ) ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ข้าวดอกมะลิ105			ก่ำดอยสะเก็ด		
	FS	FP	IG	FS	FP	IG
0	12.45±0.10	12.11±0.90	12.39±0.04	12.57±0.13	12.45±0.66	12.31±0.21
1	12.76±0.04	12.43±0.83	12.60±0.03	12.71±0.07	12.35±0.52	12.66±0.44
2	12.87±0.04	12.66±0.75	12.82±0.12	12.76±0.15	12.68±0.42	12.64±0.42
3	12.43±0.09	12.34±0.42	12.34±0.08	12.55±0.01	12.41±0.07	12.50±0.28
4	12.48±0.24	12.40±0.52	12.53±0.03	12.22±0.05	12.15±0.47	12.38±0.12
5	11.97±0.06	11.90±0.74	12.09±0.01	12.50±0.56	12.23±0.35	12.34±0.52
6	12.10±0.40	11.82±0.29	11.88±0.08	12.31±0.11	12.43±0.30	12.37±0.41
7	11.92±0.14	11.94±0.34	12.24±0.06	12.07±0.17	12.22±0.25	12.11±0.35
8	12.25±0.13	12.20±0.12	12.22±0.17	12.36±0.48	12.38±0.63	12.36±0.63
9	12.30±0.28	12.16±0.10	12.40±0.78	12.08±0.05	12.41±0.55	12.36±0.76

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๕.5 ปริมาณเหล็ก* (มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก
ที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ข้าวดอกมะลิ 105			ก่ำดอยสะเก็ด		
	FS	FP	IG	FS	FP	IG
0	3.781±0.024	3.768±0.074	3.531±0.058	4.025±0.248	3.952±0.258	3.664±0.180
1	3.678±0.148	3.762±0.344	3.451±0.008	4.191±0.144	4.184±0.098	3.933±0.007
2	3.698±0.083	3.770±0.135	3.454±0.143	4.126±0.052	4.182±0.056	3.964±0.184
3	3.847±0.625	4.021±0.005	3.618±0.310	3.852±0.008	3.772±0.035	3.892±0.235
4	3.791±0.180	3.875±0.069	3.556±0.156	4.114±0.100	4.034±0.049	3.720±0.135
5	4.011±0.001	4.059±0.032	3.804±0.001	3.898±0.096	3.858±0.114	3.724±0.059
6	3.934±0.190	3.736±0.041	3.526±0.003	3.983±0.090	3.909±0.025	3.662±0.017
7	3.916±0.025	3.909±0.027	3.614±0.040	4.167±0.024	4.070±0.148	3.844±0.092
8	4.059±0.081	4.027±0.154	3.854±0.077	4.037±0.061	3.924±0.018	3.714±0.026
9	3.872±0.123	3.874±0.063	3.606±0.015	3.991±0.158	3.944±0.204	3.616±0.109

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๕.6 ค่าเปอร์ออกไซด์* (meq/kg) ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ข้าวดอกมะลิ 105			ก่ำดอยสะเก็ด		
	FS	FP	IG	FS	FP	IG
0	4.50±1.51	0.00±0.00	0.00±0.00	8.75±0.40	8.31±0.99	8.24±1.08
1	4.81±0.11	0.00±0.00	0.93±1.32	7.27±0.51	8.66±1.90	8.19±1.63
3	4.92±1.19	0.00±0.00	1.24±1.75	8.08±0.09	8.23±1.02	9.30±0.72
5	8.34±0.96	2.30±0.28	4.10±0.39	10.10±1.55	9.90±0.30	9.94±1.02
7	10.86±0.66	3.68±0.79	5.82±0.34	13.22±1.15	10.75±0.78	11.12±1.26
9	16.05±1.33	4.98±1.14	7.08±0.77	10.86±1.60	10.98±1.58	11.12±1.04

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.7 ดัชนีความขาว*ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ขาวดอกมะลิ 105			กำดอยสะเก็ด		
	FS	FP	IG	FS	FP	IG
0	69.96±3.33	71.84±2.21	70.00±1.12	41.92±1.34	42.12±1.49	41.08±0.30
1	69.36±2.17	70.52±2.60	68.66±1.72	40.50±0.32	42.76±1.28	39.94±0.04
2	69.44±2.79	71.80±2.19	69.47±1.12	40.59±1.22	42.12±1.63	40.67±0.91
3	69.52±2.12	71.27±2.35	69.67±0.97	41.18±0.04	42.42±1.12	40.74±0.26
4	69.23±2.46	70.54±2.37	69.12±1.39	40.74±2.23	42.31±2.91	40.98±0.59
5	69.50±1.34	70.82±1.05	69.48±1.08	43.45±0.69	44.84±2.65	44.14±1.01
6	69.39±1.58	71.14±1.80	70.26±2.16	43.68±0.98	42.66±1.19	42.88±1.88
7	68.81±1.82	70.15±1.27	69.46±1.53	42.08±1.20	42.95±1.14	41.94±0.86
8	68.98±2.06	70.62±2.88	68.91±1.75	43.29±1.44	43.43±0.75	43.06±1.38
9	68.76±0.53	69.77±2.33	67.92±2.14	43.61±0.41	44.15±0.86	42.91±0.06

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.8 ปริมาณความชื้นของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ปริมาณความชื้น* (ร้อยละ)			
	control	FS	FP	IG
0	10.09±0.06	11.04±0.41	11.12±0.54	10.93±0.75
1	10.88±0.03	10.95±0.13	10.76±0.09	10.84±0.00
2	10.82±0.28	10.79±0.21	10.68±0.24	10.40±0.01
3	10.28±0.22	11.02±0.73	11.01±0.61	10.48±0.18
4	10.74±0.13	10.32±0.28	10.38±0.18	10.34±0.28
5	10.61±0.08	10.76±0.14	10.61±0.24	10.57±0.08
6	10.50±0.09	10.99±0.04	11.07±0.11	10.72±0.13
7	10.78±0.01	10.38±0.39	10.56±0.08	10.62±0.17
8	10.23±0.07	10.72±0.39	10.40±0.18	10.93±0.01
9	10.66±0.04	10.47±0.00	10.36±0.28	10.35±0.37

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๙.9 ปริมาณเหล็กของแบ่งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ปริมาณเหล็ก* (มิลลิกรัมต่อแบ่ง 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)			
	control	FS	FP	IG
0	1.140±0.096	5.454±0.448	5.587±0.119	5.558±0.023
1	1.324±0.130	5.498±0.509	5.513±0.112	5.606±0.052
2	1.276±0.026	4.522±0.079	4.904±0.004	4.587±0.052
3	1.302±0.111	5.132±0.086	5.016±0.073	5.033±0.085
4	1.048±0.018	4.626±0.009	4.914±0.090	4.760±0.026
5	1.238±0.034	4.990±0.113	5.027±0.066	4.996±0.068
6	1.206±0.015	5.126±0.366	5.321±0.109	5.164±0.052
7	1.232±0.016	4.972±0.436	5.116±0.506	5.018±0.025
8	1.262±0.007	4.944±0.068	5.187±0.071	5.139±0.076
9	1.254±0.005	5.278±0.511	4.888±0.070	4.772±0.114

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ๙.10 ค่าเปอร์ออกไซด์ของแบ่งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ค่าเปอร์ออกไซด์* (meq/kg)			
	control	FS	FP	IG
0	5.00±0.09	6.30±1.14	4.72±1.35	6.46±2.04
1	4.14±0.16	7.40±0.98	7.68±1.56	8.43±0.64
3	7.96±0.86	11.09±0.85	7.02±0.44	11.13±0.64
5	9.51±0.95	13.83±1.34	10.54±1.87	12.17±1.02
7	10.10±0.25	14.62±1.53	10.25±0.07	12.36±1.80
9	15.45±0.25	19.34±1.66	13.16±1.24	16.66±0.91

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.11 ดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

เดือน	ดัชนีความขาว			
	control	FS	FP	IG
0	96.56±0.44	96.40±0.27	96.50±0.11	96.48±0.01
1	96.32±0.15	96.54±0.04	96.64±0.04	96.54±0.01
2	96.52±0.02	96.42±0.15	96.46±0.06	96.32±0.08
3	96.67±0.21	96.35±0.07	96.45±0.07	96.69±0.28
4	96.48±0.33	96.35±0.13	96.55±0.07	96.39±0.20
5	96.29±0.14	96.50±0.09	96.56±0.06	96.40±0.07
6	96.32±0.01	96.31±0.44	96.55±0.21	96.40±0.11
7	96.16±0.13	96.33±0.07	96.44±0.05	96.24±0.07
8	96.24±0.04	96.14±0.96	96.40±0.01	96.14±0.04
9	96.22±0.02	96.22±0.12	96.34±0.01	95.85±0.17

*ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ ข.12 คะแนน*การทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ

คุณลักษณะ	Control	FS	FP	IG
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
สี	6.60±0.12	6.45±0.10	6.70±0.12	6.43±0.13
กลิ่นหอม	5.87±0.23	5.53±0.26	5.50±0.25	5.55±0.21
กลิ่นเหม็นฉับ	1.50±0.12	1.60±0.15	1.57±0.17	1.60±0.13
ความเลื่อมมัน	5.47±0.20	4.69±0.19	4.33±0.25	4.48±0.21
รสชาติ	2.70±0.11	2.73±0.13	2.90±0.10	2.78±0.11
ความชอบรวม	6.47±0.23	5.77±0.22	6.20±0.20	5.53±0.26

*คะแนนที่ให้อยู่ในช่วง 1-9

ตารางที่ ข.13 คะแนน*การทดสอบทางด้านสีและกลิ่นของแป้งเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บ 0 5 และ 9 เดือน

ตัวอย่าง	เดือน	สี	กลิ่น
		mean±SE	mean±SE
control	0	4.10±0.16	2.42±0.13
	5	3.92±0.19	2.45±0.11
	9	4.05±0.15	2.50±0.14
FS	0	4.05±0.15	2.45±0.15
	5	3.92±0.13	2.45±0.16
	9	4.07±0.13	2.60±0.17
FP	0	3.98±0.16	2.55±0.13
	5	3.92±0.17	2.60±0.16
	9	4.15±0.13	2.50±0.11
IG	0	4.05±0.14	2.50±0.14
	5	4.02±0.15	2.52±0.15
	9	3.98±0.12	2.65±0.14

*คะแนนที่ให้ไว้ในช่วง 1-5

ตารางที่ ข.14 คะแนน*การทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ

คุณลักษณะ	Control	FS	FP	IG
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
สี	3.47±0.12	3.27±0.13	3.53±0.12	3.30±0.12
กลิ่นรส	3.73±0.11	3.50±0.16	3.67±0.09	3.55±0.12
ลักษณะเนื้อ	2.97±0.17	2.80±0.12	2.88±0.14	2.77±0.12
ความชอบรวม	2.77±0.15	2.62±0.11	2.73±0.14	2.67±0.10

*คะแนนที่ให้ไว้ในช่วง 1-4

ภาคผนวก ซ
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ ซ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็ก (dsb) ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่มีการจัดการด้านปริมาณเหล็กที่เดิมและปริมาณเจลดต่อข้าวต่างกัน

Source	df	MS	p
ปริมาณเหล็ก (A)	1	0.559	0.000**
ปริมาณเจลดต่อข้าว (B)	2	0.030	0.238
AxB	2	0.008	0.665
Error	12	0.018	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ซ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กที่เหลือหลังล้างของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ใช้พันธุ์ข้าวและชนิดสารประกอบเหล็กต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	610.052	0.000**
ชนิดเหล็ก (B)	2	1124.195	0.000**
AxB	2	152.951	0.010**
Error	12	22.051	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๓.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กที่เหลือหลังหุงของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ใช้พันธุ์ข้าวและชนิดสารประกอบเหล็กต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	2934.291	0.000**
ชนิดเหล็ก (B)	2	86.098	0.059
AxB	2	2.097	0.916
Error	12	23.794	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๓.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	0.275	0.169
ชนิดเหล็ก (B)	2	0.124	0.421
ระยะเวลา (C)	9	0.485	0.002**
AxB	2	0.048	0.720
AxC	9	0.119	0.581
BxC	18	0.026	1.000
AxBxC	18	0.021	1.000
Error	60	0.141	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๕.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กของข้าวเสริมธาตุเหล็ก
ที่ระยะเวลาต่างๆ

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	0.689	0.000**
ชนิดเหล็ก (B)	2	0.855	0.000**
ระยะเวลา (C)	9	0.031	0.056
AxB	2	0.018	0.320
AxC	9	0.123	0.000**
BxC	18	0.009	0.907
AxBxC	18	0.009	0.880
Error	60	0.015	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๕.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก
ที่ระยะเวลาต่างๆ

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	484.642	0.000**
ชนิดเหล็ก (B)	2	72.962	0.000**
ระยะเวลา (C)	5	63.499	0.000**
AxB	2	64.484	0.000**
AxC	5	11.052	0.000**
BxC	10	2.667	0.020*
AxBxC	10	2.025	0.075
Error	36	1.058	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๕.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าดัชนีความขาวของข้าวเสริมธาตุเหล็ก
ที่ระยะเวลาต่างๆ

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	22702.903	0.000**
ชนิดเหล็ก (B)	2	22.031	0.001**
ระยะเวลา (C)	9	3.501	0.279
AxB	2	1.171	0.659
AxC	9	5.757	0.047*
BxC	18	0.450	1.000
AxBxC	18	0.368	1.000
Error	60	2.783	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๕.8 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของแป้งที่ระยะเวลาต่างๆ

Source	df	MS	p
ชนิดของเหล็ก (A)	3	0.131	0.188
ระยะเวลา (B)	9	0.165	0.052
AxB	27	0.134	0.060
Error	40	0.078	

ตารางที่ ๙.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กของแป้งเสริมธาตุเหล็ก

Source	df	MS	p
ชนิดของเหล็ก (A)	3	74.548	0.000**
ระยะเวลา (B)	9	0.372	0.000**
AxB	27	0.062	0.069
Error	40	0.037	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๙.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเปอร์ออกไซด์ของแป้งเสริมธาตุเหล็ก

Source	df	MS	p
ชนิดของเหล็ก (A)	3	34.307	0.000**
ระยะเวลา (B)	5	115.814	0.000**
AxB	15	2.593	0.061
Error	24	1.288	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ตารางที่ ๙.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็ก

Source	df	MS	p
ชนิดของเหล็ก (A)	3	0.085	0.035*
ระยะเวลา (B)	9	0.127	0.000**
AxB	27	0.027	0.471
Error	40	0.027	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$)

ภาคผนวก ฉ
 นิยามศัพท์เฉพาะ

a หมายถึง ค่าสีแดง ; a = + (แดง), a = - (เขียว)

b หมายถึง ค่าสีเหลือง ; b = + (เหลือง), b = - (น้ำเงิน)

Coefficient of variation (CV) หมายถึง สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน เป็นดัชนีชี้วัดความแม่นยำในการวิเคราะห์

dsb หมายถึง dry solid basis

FP หมายถึง เฟอริกไพโรฟอสเฟต

FS หมายถึง เฟอรัสซัลเฟต

IG หมายถึง ไอรอนไกลซีน

L หมายถึง ค่าความสว่าง ; L = 100 (ขาว), L = 0 (ดำ)

White index หมายถึง ดัชนีความขาว เท่ากับ $100 - \sqrt{(100-L)^2 + a^2 + b^2}$

wsb หมายถึง wet solid basis

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชิติกาน เมฆจรสกุล เกิดวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัด นครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร ภาควิชา เทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2538 หลังจากสำเร็จการศึกษาเข้าทำงานที่บริษัท ไทยวาแอลจีเคมีคอล จำกัด ในตำแหน่ง QC Supervisor เป็นเวลา 4 ปี จากนั้นได้ลาออกเพื่อเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา 2542



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย