

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กุลยา จันทรอรุณ. 2533. เคมีอาหาร. ตำรา-เอกสารวิชาการ, ฉบับที่35. กรุงเทพมหานคร:
ภาคพัฒนาตำราและเอกสารวิชาการ หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู.
- เครือวัลย์ อัดตะวีริยะสุข. 2534. คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพและแปรสภาพเมล็ด.
กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.
- งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยชน และพุลศรี สว่างจิต. 2542. คุณภาพข้าวสุกจากการผสม
ข้าว กข 23 และชัยนาท1 ในข้าวดอกมะลิ105. วารสารวิชาการเกษตร. 17(3): 231-238.
- นัตร์ชัย เจนการวณิช. 2542. การศึกษาผลของระดับไอน์ดินต่างๆในอาหารไก่ไข่ต่อปริมาณ
ไอน์ดินในฟองไข่และสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชุติมา อิศวเสถียร. 2543. ประสิทธิภาพการเสริมไอน์ดินในข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญา
โท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิดิกาน เมฆจรสกุล. 2545. การเสริมธาตุเหล็กและธาตุเหล็กร่วมกับไอน์ดินในเมล็ดข้าวและ
แป้งข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยา
ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ธิดา นิงสานนท์ และ อรวรรณ เรื่องสมบูรณ์. 2535. สารอาหารที่นิยมใช้เสริมสุขภาพและต้าน
โรค. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร.
- ปราณีต ผ่องแผ้ว. 2539. โภชนศาสตร์ชุมชน. กรุงเทพมหานคร: ลิฟวิงทรานมีเดีย.
- พิชิต สุวรรณประกร. 1-7 มีนาคม 2542. ไข่เสริมไอน์ดินได้ถูกซ์วางตลาดรายแรกของโลกหลัง
เกลือสำเร็จ. ผู้จัดการ: 6.
- รัตนันท์ พรรณารุโณทัย. 2543. บทบาทของ water activity (A_w) ต่อผลิตภัณฑ์อาหาร. วารสาร
จารย์พา 56: 57-61.
- วิชัย ต้นไพจิตร. 2530. โภชนาการเพื่อสุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร.
วิชาการเกษตร, กรม. 2541. พันธุ์ข้าวกับสถานการณ์ปัจจุบัน. ในรายงานการประชุมวิชาการ
กรมวิชาการเกษตรประจำปี 2541, หน้า 101-110. 25-29 เมษายน 2541 ณ อาคารสาร
เทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- วิชาการเกษตร, กรม. 2542. พันธุ์ข้าว. ในรายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2542: งานวิจัย
ข้าวกับ GAP, หน้า 3-11. 29 มีนาคม - 2 เมษายน 2542 ณ โรงแรมรอยัลปรีนเซส
จังหวัดนครราชสีมา.

- สาธารณสุขไทย, สถาบันวิจัย. 2539. รายงานการสำรวจสถานะสุขภาพอนามัยของประชากรไทยด้วยการสอบถามและตรวจร่างกายทั่วประเทศ ครั้งที่ 1 พ.ศ.2534-2535. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ดิไซท์.
- อนามัย, กรม. 2532. ข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันและแนวทางการบริโภคอาหารสำหรับคนไทย. กรุงเทพมหานคร.
- อนามัย, กรม. 2539. รายงานภาวะโรคขาดสารไอโอดีนปี 2539. กรุงเทพมหานคร: กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- อนามัย, กรม. 2543. โรคโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก[Online]. แหล่งที่มา: <http://www.Anamai.moph.go.th/nutri/newpage22.htm>[20 ธันวาคม 2543].
- อารี อังคิวิเศษไพบุลย์. 2534. คุณภาพและการผลิตข้าวเสริมวิตามินและเกลือแร่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

- AACC. 1995. Approved method of the American association of cereal chemists. 9th ed. Minnisota: American Association of Cereal Chemists.
- AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th ed. Washington: The Association of Official Agricultural Chemists.
- Bramall, L.D. 1986. A novel process for the fortification of rice. Food Technology in Australia 38(7): 281-284.
- Brown, K.H., and Wuehler, S.R. 2000. Zinc and human health: results of recent trials and implications for program interventions and research, pp. 1-35. Canada: The Micronutrient Initiative.
- 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.
- Cochran, W.G., and Cox, G.M. 1992. Experimental design. New York: John Wiley & Son.

- Cort, W.M., Borenstein, B., Harley, J.H., Osadca, M., and Scheiner, J. 1976. Nutrient stability of fortified cereal products. Food Technology 30(4): 52-60, 62.
- Fenwick, G.R., and Heaney, R.K. 1983. Glucosinolates and their breakdown products In cruciferous crops, food and feedingstuffs. Food Chemistry 11: 249-271.
- Florentino, R.F., and Pedro M.R.A. 1998. Update on rice fortification in the Philippines. Food and Nutrition Bulletin 19(2): 149-153.
- Gaitan, E. 1990. Goitrogens in food and water. Annual Review Nutrition 10: 21-39.
- George, L.C., and Gessner, G.H. 1966. The Encyclopedia of Chemistry. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Grist, D.H. 1975. Rice. 5th ed. London. Longman.
- 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. 1992. Rice enrichment for today. Cereal Foods World 37(10): 757-759.
- Hunt, J.R., Johnson, L.K., and Juliano, B.O. 2002. Bioavailability of zinc from cooked Philippine milled, undermilled, and brown rice, as assessed in rats by using growth, bone zinc, and zinc-65 retention. Agricultural and Food Chemistry 50(18): 5229-5235.
- Hurrell, R.F. 1997. Bioavailability of iodine. European Journal of Clinical Nutrition 51(Suppl.1): S9-12.
- Hurrell, R.F. 1997. Bioavailability of iron. European Journal of Clinical Nutrition. 51(Suppl.1): S4-8.
- Hurrell, R.F. 1999. Iron. In R.F. Hurrell (ed.), The mineral fortification of foods, pp.54-93. Surrey: Leatherhead Food RA.
- 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.
- Juliano, B.O. 1985. Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. Minnisota: American Association of Cereal Chemists.

- Juliano, B.O. 1993. Rice in Human Nutrition. Philippines: International Rice Research Institute.
- 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: 522-525.
- Kutsky, R.J. 1981. Handbook of vitamins, minerals and hormones. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Lee, M.H., Hettiarachchy, N.S., McNew, R.W., and Gnanasambandam, R. 1995. Physicochemical properties of calcium - fortified rice. Cereal Chemistry 72(4): 352-355.
- Lim, S.T., Lee, J.H., Shin, D.H., and Lim, H.S. 1999. Comparison of protein extraction solution for rice starch isolation and effects of residue protein content on starch pasting properties. Starch/Starke 51(4): 120-125.
- Lopez de Romana, D., Brown, K.H., and Guinard, J-X. 2002. Sensory trial to assess the acceptability of zinc fortificants added to iron-fortified wheat products. Journal of Food Science 67(1): 461-465.
- Luh, B.S. 1991. Rice. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Marder, P., Jirina, S., and Eva, C. 1996. Combination of classical dry ashing with stripping voltammetry in trace element analysis of biological materials: review of literature published after 1978. Talanta 43: 521-534.
- Marshall, W.E., and Wadsworth, J.I. 1994. Rice: Science and Technology. 2nd ed. New York: Marcel Dekker.
- McDowell, L.R. 1992. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: Academic Press.
- McWilliams, M., and Stare, F.J. 1981. Living nutrition. New York: Wiley.
- Misaki, M., and Yasumatsu, K. 1985. Rice enrichment and fortification. In B.O. Juliano (ed.), Rice: Chemistry and Technology, pp. 389-401. Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Moxon, R.E.D., and Dixon, E.J. 1980. Semi – automatic method for the determination of total iodine in food. Analyst. 105: 344-352.

- Orten, J.M., and Neuhaus, O.W. 1982. Human biochemistry. 10th ed. Missouri: C.V. Mosby.
- Peil, A., Barrett, F., Rha, C., and Langer, R. 1982. Retention of micronutrients by polymer coatings used to fortify rice. Journal of Food Science 47: 260-262.
- Peter, R. 1999. Zinc enrichment of cereal staples. Cereal Foods World 44(8): 604-605.
- Pomeranz, Y., and Meloan, C.E. 1994. Food analysis: Theory and practice. 3th ed. New York: Chapman & Hall.
- 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.
- Ranhotra, G. S., Loewe, R. J., and Puyat, L. V. 1977. Bioavailability and functionality (breadmaking) of zinc in various organic and inorganic sources. Cereal Chemistry 54(3): 496-502.
- Saldamli, I., Koksel, H., Ozboy, O., Ozalp, I., and Kilic, I. 1996. Zinc-supplemented bread and its utilization in zinc deficiency. Cereal Chemistry 73(4): 424-427.
- Sandstrom, B. 1997. Bioavailability of zinc. European Journal of Clinical Nutrition 51(Suppl.1): S17-19.
- Smolin, L.A., and Grosvenor, M.B. 2002. Nutrition: Science & application. 3rd ed. Florida: Saunders college publishing.
- Trinidad, T.P., Valdez, D.H., Mallillin, A.C., Askali, F.C., Dara-ug, A.F., and Capanzana, M.V. 2002. The effect of different iron fortificants on iron absorption from iron-fortified rice. Food and Nutrition Bulletin 23(3): 203-208.
- White, A., Philip, H., and Smith, L.M. 1973. Principles of biochemistry. 5th ed. New York: McGraw-Hill.
- Williams, S.R. 1988. Basic nutrition and diet therapy. 8th ed. Times Mirror/Mosby College Publishing.
- Wolf, R.W., and Harnly, J.M. 1984. Trace element analysis. In R.D. King (ed.), Developments in food analysis techniques-3, pp. 69-97. New York: Elsevier applied science publishers.
- Vadlamani, K.R., and Seib, P.A. 1999. Effect of zinc and aluminum ions in breadmaking. Cereal Chemistry. 76(3): 355-360.

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.



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของวัตถุดิบและสารประกอบไอโอดีน สังกะสี และเหล็ก

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1. ข้าวพันธุ์คลองหลวง 1 เป็นข้าวเจ้า ไม่ไวต่อแสง มีปริมาณอะมิโลสต่ำ (16-18%) เมื่อเป็นข้าวสุกมีลักษณะนุ่ม เหนียว และมีกลิ่นหอม เป็นข้าวหอมที่มีคุณภาพในการหุงต้ม และรับประทานคล้ายข้าวขาวดอกมะลิ (กรมวิชาการเกษตร, 2541; กรมวิชาการเกษตร, 2542)
2. ข้าวพันธุ์แพร่ 1 เป็นข้าวเหนียว ไม่ไวต่อแสง มีความต้านทานต่อโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบหงิก และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เป็นพันธุ์ข้าวเหนียวที่ปลูกได้ตลอดทั้งปี (กรมวิชาการเกษตร, 2542)
3. แบ่งข้าวเจ้าชนิดไม่เปียก ตราไทยวา
4. แบ่งข้าวเหนียวชนิดไม่เปียก ตราไทยวา

ชนิดของสารประกอบไอโอดีน สังกะสี และเหล็กที่ใช้ในการทดลอง

1. โพแทสเซียมไอโอเดท (KIO_3) MW = 214.00 I = 59.30% K = 18.27% และ O = 22.43%
สีขาว ไม่มีสี เป็นผลึก ความหนาแน่น (d) = 3.89 ละลายน้ำได้ แต่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์
2. ซิงค์ซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต (Zinc sulfate heptahydrate)
 - BAT 33394/0219
 - Extra pure, PAB, BP, Ph Eur, USP, FCC
 - $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
 - MW = 287.54

Specification

Assay (complexometric)	99-104%
pH (5% 20°C)	4.4-5.6

Chloride (Cl)	max	0.005%
Arsenic (As)	max	0.0002%
Copper (Cu)	max	0.005%
Cadmium (Cd)	max	0.0005%
Iron (Fe)	max	0.001%
Mercury (Hg)	max	0.0002%
Magnesium (Mg)	max	0.01%
Manganese (Mn)	max	0.005%
Sodium (Na)	max	0.01%
Lead (Pb)	max	0.001%
Selenium (Se)	max	0.001%

3. เฟอร์รัสซัลเฟต (Iron (II) sulfate hydrate)

- Lot No.616K1685867
- Extra pure (about 87%FeSO₄) BP, FCC, Ph Helv, USP food grade
- FeSO₄* xH₂O (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 (Mn)	< 0.1%
Lead (Pb)	< 0.001%
Zinc (Zn)	< 0.0025%
Volatile organic impurities	excluded by manufacture, handling and storage

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน

ดัดแปลงจากวิธีของ Moxon และ Dixon (1980)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผา (model: isotemp) Item:FTO1/138 Fischer scientific world wide
2. ถ้วยกระเบื้อง
3. เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge, KUBOTA 5200)
4. เครื่องผสมสารเคมี
5. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย (UV-Visible Shimadzu 240

Spectrophotometer)

สารรีเอเจนต์

สารรีเอเจนต์ที่ใช้ควรเป็น analytical-reagent grade และน้ำกลั่นที่ใช้ควรเป็นน้ำปราศจากไอออน (deionized water)

1. สารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต 30 กรัมในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายซิงค์ซัลเฟต 10 กรัมในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร
3. สารละลายโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN) ความเข้มข้นร้อยละ 0.023 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต 0.23 กรัมในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร
4. สารละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ความเข้มข้นร้อยละ 2.07 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เตรียมโดยละลายโซเดียมไนไตรท์ 2.07 กรัมในน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร

5. สารละลายแอมโมเนียมไอออนซัลเฟต ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) เตรียมโดยละลายแอมโมเนียมไอออนซัลเฟต 77 กรัม ด้วยน้ำกลั่นประมาณ 400 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้น ปริมาตร 167 มิลลิลิตร คนสารละลายให้เข้ากัน ปรับให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

การเตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน

1. สารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร เตรียมโดยใช้สารโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่อบแห้ง (100 ± 5 องศาเซลเซียส) และทำให้เย็นโดยใส่ในเดซิเคเตอร์ จำนวน 0.5232 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน
2. สารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมโดยปิเปตสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นโดยปรับให้มีปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน
3. สารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 200 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร เตรียมโดยปิเปตสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นโดยปรับให้มีปริมาตร 200 มิลลิลิตร ไม่ควรเก็บไว้นานเกิน 1 เดือน

จากนั้นปิเปตสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 200 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0,2,4,6 และ 8 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ขวด ตามลำดับ จากนั้นปิเปตสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวดวัดปริมาตร จากนั้นปรับให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายไอโอดีนที่มีความเข้มข้น 0, 4, 6, 12 และ 16 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ควรเก็บให้ห่างจากแสงและควรเตรียมแล้วใช้เลย)

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างอาหารเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ไอโอดีน

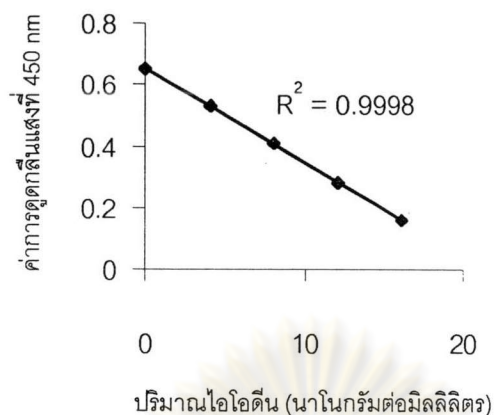
1. ชั่งตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดแล้ว 1 กรัม ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ตัวอย่างไม่ควรมีไอโอดีนเกิน 1 ไมโครกรัมต่อกรัม) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
2. เติมสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลายซิงค์ซัลเฟต (ZnSO_4) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่างอาหาร คนให้เข้ากันด้วย

แห้งแก้วคน แล้วใช้น้ำกลั่นปริมาตรน้อยที่สุดล้างส่วนของตัวอย่างที่ติดอยู่บนแห้งแก้วลงในถ้วยกระเบื้อง

3. นำตัวอย่างในถ้วยกระเบื้องไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส
4. นำตัวอย่างไปเผาไล่ควันในตู้ดูดอากาศ จนไม่มีควัน จากนั้นนำเข้าเตาเผาโดยเริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นปิดเตาเผาและปล่อยให้ตัวอย่างในเตาเผาอีก 60 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
5. ในกรณีที่ตัวอย่างเก่ามีสีดำ ให้เติมสารละลายซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$) ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงตัวอย่างอาหาร คนให้เข้ากันด้วยแห้งแก้วคน แล้วใช้น้ำกลั่นปริมาตรน้อยที่สุดล้างส่วนของตัวอย่างที่ติดอยู่บนแห้งแก้วลงในถ้วยกระเบื้อง จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส แล้วนำเข้าเตาเผาโดยเริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จากนั้นปิดเตาเผาและปล่อยให้ตัวอย่างในเตาเผาอีก 60 นาที ทิ้งให้เย็นโดยใส่ในเดซิเคเตอร์
6. นำตัวอย่างเก่าที่ได้มาละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 50 ± 0.5 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ในหลอดเหวี่ยงแยก จากนั้นนำไปเหวี่ยงแยกที่ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ไอโอดีน

1. ปิเปิดตัวอย่าง สารละลายมาตรฐาน และ blank 4 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน 1 มิลลิลิตร สารละลายโพแทสเซียมไทโอไซยาเนต 1 มิลลิลิตร และสารละลายแอมโมเนียมไอออนซัลเฟต 2 มิลลิลิตร ตามลำดับ เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมสาร
2. นำสารละลายแต่ละหลอดมาเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์หลอดละ 1 มิลลิลิตร โดยเว้นระยะห่างการเติมโซเดียมไนไตรท์แต่ละหลอดให้เท่ากัน คือ 30 วินาที ผสมสารละลายให้เข้ากันทิ้งไว้ 20 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงทันที ที่ 450 นาโนเมตร บันทึกค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแต่ละหลอดที่อ่านได้
3. นำค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐานที่ได้จากการวิเคราะห์แต่ละครั้งมาทำเป็นกราฟมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ ข.1 และนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง มาเทียบหาความเข้มข้นของไอโอดีน (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) จากกราฟมาตรฐาน



รูปที่ ข.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีน(แต่ละจุดในกราฟเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัดค่าการดูดกลืนแสง 2 ครั้ง)

การคำนวณปริมาณไอโอดีนในตัวอย่างอาหาร

$$\text{ปริมาณไอโอดีนในอาหาร (ไมโครกรัม/100 กรัมอาหาร)} = [(A-B)*5] / W$$

เมื่อ A = ปริมาณไอโอดีนในสารละลายตัวอย่าง (นาโนกรัม/มิลลิลิตร) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐานหรือคำนวณตามสูตร $A = [(Y\text{-intercept}) - OD] / \text{slope}$

$$Y\text{-intercept} = \text{ค่าการดูดกลืนแสงที่จุดตัดแกน Y (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)}$$

$$OD = \text{ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)}$$

$$\text{Slope} = \frac{\text{ผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงในแนวแกน Y}}{\text{ผลต่างของความเข้มข้นในแนวแกน X}}$$

$$B = \text{ค่าเฉลี่ยของปริมาณไอโอดีนในสารละลาย blank (นาโนกรัม/มิลลิลิตร)}$$

$$W = \text{น้ำหนักตัวอย่างอาหาร (กรัม)}$$

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี

ใช้วิธีการย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion ของ AOAC (1995) แล้ววัดปริมาณสังกะสีด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer (ICP-AES)

อุปกรณ์

เครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer (ICP-AES) รุ่น ICP_OES JY 2000S

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดไนตริกเข้มข้น
3. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น
4. elemental zinc

การเตรียมสารละลายซิงค์มาตรฐานเพื่อใช้เป็น working standard

1. เตรียมสารละลายซิงค์มาตรฐานที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลาย elemental zinc 0.5 กรัมในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5-10 มิลลิลิตร ระวังจนเกือบแห้ง เจือจางด้วยน้ำปราศจากไอออนจนมีปริมาตร 1 ลิตร
2. ปิเปตสารละลายซิงค์มาตรฐานที่มีความเข้มข้น 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.4 และ 0.6 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 4 ขวดตามลำดับ ปรับให้สารละลายมีปริมาตรตามต้องการด้วยน้ำปราศจากไอออน จะได้สารละลายมาตรฐานซิงค์ที่มีความเข้มข้น 0.5, 1, 2 และ 3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างข้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (ตัวอย่างที่วิเคราะห์ควรมีสังกะสีในช่วง 0.5-3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. เติมนกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ค่อยๆให้ความร้อนจนเกิดปฏิกิริยารุนแรง
3. เมื่อไม่มีควัน NO_2 ออกมา เติมนกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนอ่อนๆ อย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างเริ่มไหม้
4. เติมนกรดไนตริกเข้มข้นครั้งละ 1-2 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อไปจนไม่มีควัน SO_3 ออกมาและสารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี ทิ้งไว้ให้เย็น
5. เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ลงในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
6. ทำ blank ตามวิธีข้างต้นแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
7. เตรียมเครื่อง ICP_AES ที่ความยาวคลื่น 213.856 นาโนเมตร
8. อ่านค่าความเข้มของอิมิสชันของสารละลายมาตรฐานซึ่งมีความเข้มข้นต่างๆ นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน
9. นำสารละลายตัวอย่างไปวัดความเข้มของอิมิสชันที่เกิดขึ้น อ่านค่าความเข้มของสังกะสีที่มีในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

การคำนวณปริมาณสังกะสีในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณสังกะสีในตัวอย่าง (มิลลิกรัม/100 กรัม)} = [(A-B) \cdot 10] / W$$

เมื่อ A = ปริมาณสังกะสีในสารละลายตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

B = ปริมาณสังกะสีในสารละลาย blank (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

$$W = \text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}$$

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก

ใช้วิธีการย่อยตัวอย่างแบบ wet digestion ของ AOAC (1995) แล้ววัดปริมาณเหล็กด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer (ICP-AES)

อุปกรณ์

เครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer (ICP-AES) รุ่น ICP_OES JY 2000S

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดไนตริกเข้มข้น
3. สารละลายไอร์ออนมาตรฐาน (1000 mg Fe/l) ของบริษัท Merck

การเตรียมสารละลายไอร์ออนมาตรฐานเพื่อใช้เป็น working standard

1. ปิเปตสารละลายไอร์ออนมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับให้สารละลายมีปริมาตรตามต้องการด้วยน้ำปราศจากไอออน จะได้สารละลายมาตรฐานไอร์ออนที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไอร์ออนที่มีความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 0.5, 1, 2 และ 3 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร 4 ขวด ตามลำดับ ปรับให้สารละลายมีปริมาตรตามต้องการด้วยน้ำปราศจากไอออน จะได้สารละลายมาตรฐานไอร์ออนที่มีความเข้มข้น 0.5, 1, 2 และ 3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างข้าวให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (ตัวอย่างที่วิเคราะห์ควรมีเหล็กในช่วง 0.5-3 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)

2. เติมนกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ค่อยๆให้ความร้อนจนเกิดปฏิกิริยารุนแรง
3. เมื่อไม่มีควัน NO_2 ออกมา เติมนกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนอ่อนๆ อย่างต่อเนื่องจนตัวอย่างเริ่มไหม้
4. เติมนกรดไนตริกเข้มข้นครั้งละ 1-2 มิลลิลิตร ให้ความร้อนต่อไปจนไม่มีควัน SO_3 ออกมาและสารละลายที่ได้มีสีเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี ทิ้งไว้ให้เย็น
5. เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 ลงในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
6. ทำ blank ตามวิธีข้างต้นแต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง
7. เตรียมเครื่อง ICP_AES ที่ความยาวคลื่น 238.204 นาโนเมตร
8. อ่านค่าความเข้มของอิมิสชันของสารละลายมาตรฐานไอโรนที่ความเข้มข้นต่างๆ นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน
9. นำสารละลายตัวอย่างไปวัดความเข้มของอิมิสชันที่เกิดขึ้น อ่านค่าความเข้มของเหล็กที่มีในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐาน

การคำนวณปริมาณเหล็กในตัวอย่าง

$$\text{ปริมาณเหล็กในตัวอย่าง (มิลลิกรัม/100 กรัม)} = [(A-B) \cdot 10] / W$$

เมื่อ A = ปริมาณเหล็กในสารละลายตัวอย่าง (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

B = ปริมาณเหล็กในสารละลาย blank (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

$$W = \text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}$$

ภาคผนวก จ

วิธีการสกัดสตาร์ช

ทำการสกัดสตาร์ช (starch) จาก flour ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ตามวิธีของ Lim et al. (1999) ซึ่งมีวิธีสกัดดังนี้

1. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 % ปริมาตร 750 มิลลิลิตร ลงใน flour 250 กรัม
2. คนให้เข้ากันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้น เหยียงแยกที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
3. ทิ้งส่วนใส ทำการสกัดเช่นเดิมอีก 3 ครั้ง
4. หลังจากสกัดครั้งสุดท้าย นำตะกอนที่ได้ไปล้างด้วยน้ำกลั่น
5. ทำให้เป็นกลาง (neutralization) ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N
6. เหยียงแยกที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
7. ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง (แต่ละครั้งใช้น้ำ 500 มิลลิลิตร) เหยียงแยกที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
8. ล้างด้วยเอทานอล 95% ปริมาตร 500 มิลลิลิตร เหยียงแยกที่ความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที
9. ทิ้งส่วนใส นำตะกอนที่ได้ไปอบที่ 40 องศาเซลเซียส ข้ามคืน
10. บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ดัดแปลงจากวิธีของ AACC 44-15A แบบขั้นตอนเดียว (1995) โดยเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้
อบจาก 130 ± 1 องศาเซลเซียส เป็น 100 ± 5 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์

ตู้อบลมร้อนของ WTE Binder

วิธีการทดลอง

1. บดเมล็ดข้าว 30-40 กรัม แล้วผสมให้เข้ากัน จากนั้นชั่งประมาณ 2-3 กรัมโดยทราบน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ถ้วยอะลูมิเนียมที่แห้งสนิท โดยนำไปอบในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นชั่งน้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมเปล่าที่แน่นอนเก็บไว้
2. นำตัวอย่างอบที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที โดยเปิดฝาภาชนะอะลูมิเนียม
3. นำตัวอย่างออกจากตู้อบ ปิดฝาภาชนะอะลูมิเนียม ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นชั่งน้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่างที่แน่นอน
4. นำตัวอย่างอบต่อที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หรือจนน้ำหนักคงที่ โดยให้มีค่าความชื้นมีความคลาดเคลื่อนได้ร้อยละ 0.2
5. ชั่งน้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมตัวอย่าง แล้วห้กลับด้วยน้ำหนักของถ้วยอะลูมิเนียมเปล่า จะได้น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ

การคำนวณปริมาณความชื้นของตัวอย่าง

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

น้ำหนักร้อยก่อนอบ(กรัม)

ภาคผนวก ช

วิธีการล้างข้าว

วิธีการล้างข้าว ตามวิธีของ Hettiarachchy และคณะ (1996)

วิธีการล้างข้าว

นำข้าวมาล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน โดยใช้อัตราส่วนของข้าวต่อน้ำเป็น 1:3 (น้ำหนักต่อปริมาตร) เทน้ำทิ้งทันทีที่ล้าง ล้างข้าว 3 ครั้ง นำตัวอย่างข้าวมาทำให้แห้งก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณจุลธาตุต่างๆ ต่อไป



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ วิธีการหุงข้าว

วิธีการหุงข้าว ดัดแปลงวิธีของ ชูติมา อัครเสถียร (2543)

วิธีการหุงข้าวเจ้า

นำข้าวเจ้ามาหุงแบบหนึ่งด้วยไอน้ำเดือด เป็นเวลานาน 45 นาที ใช้อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:1.3 (น้ำหนักต่อปริมาตร)

วิธีการหุงข้าวเหนียว

นำข้าวเหนียวมาแช่ก่อนหุงเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง จากนั้นเทน้ำทิ้งแล้วนำไปหุงด้วยไอน้ำเดือด เป็นเวลา 45 นาที



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฅ
แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีนและสังกะสีสูง
ชื่อ _____ เพศ _____ อายุ _____ ปี วันที่ _____

โปรดพิจารณาคุณลักษณะและประเมินคุณภาพของข้าวเจ้าหุงสุกแล้วต่อไปนี้ ที่ละตัวอย่าง พร้อมทั้งให้คะแนนคุณลักษณะ และ
คะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง
สีของข้าวเจ้าสุก (9 คะแนน) - สีขาว (7-9 คะแนน) - สีขาวออกเหลือง (4-6 คะแนน) - สีเหลือง (1-3 คะแนน)	
กลิ่น (9 คะแนน) - กลิ่นปกติ (7-9 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมมาก (1-3 คะแนน)	
ความมันวาว (9 คะแนน) - มันวาวพอดี (7-9 คะแนน) - มันวาวเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - ไม่มีความมันวาว (1-3 คะแนน)	
ความเกาะตัว (9 คะแนน) - ร่วน ไม่เกาะติดกัน (7-9 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกันปานกลาง(4-6 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกัน (1-3 คะแนน)	
ลักษณะเนื้อสัมผัส (9 คะแนน) - เหนียวนุ่มพอดี (7-9 คะแนน) - นุ่มและเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - แข็ง (1-3 คะแนน)	
รสชาติ (9 คะแนน) - รสชาติปกติ (7-9 คะแนน) - รสชาติจืด (4-6 คะแนน) - รสชาติผิดปกติ (1-3 คะแนน)	
การยอมรับรวม ไม่ยอมรับมากที่สุด-ยอมรับมากที่สุด (1-9 คะแนน)	

*หมายเหตุ ในกรณีที่มึกลิ่นหรือรสชาติแปลกปลอม โปรดระบุ ขอบคุณคะแนน

ข้อเสนอแนะ _____

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์แพร์1เสริมไอโอดีนและสังกะสีหุงสุก

ชื่อ _____ เพศ _____ อายุ _____ ปี วันที่ _____

โปรดพิจารณาคุณลักษณะและประเมินคุณภาพของข้าวเหนียวหุงสุกแล้วต่อไปนี้ ทีละตัวอย่าง พร้อมทั้งให้คะแนนคุณลักษณะ และคะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง
สีของข้าวเหนียวสุก (9 คะแนน) - สีเหลืองอ่อน (7-9 คะแนน) - สีเหลืองปานกลาง (4-6 คะแนน) - สีเหลืองมาก (1-3 คะแนน)	
กลิ่น (9 คะแนน) - กลิ่นปกติ (7-9 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมมาก (1-3 คะแนน)	
ความมันวาว (9 คะแนน) - มันวาวพอดี (7-9 คะแนน) - มันวาวเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - ไม่มีความมันวาว (1-3 คะแนน)	
ความเกาะตัว (9 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกันดี (7-9 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกันปานกลาง (4-6 คะแนน) - ร่วนไม่เกาะติดกัน (1-3 คะแนน)	
ลักษณะเนื้อสัมผัส (9 คะแนน) - เหนียวนุ่มพอดี (7-9 คะแนน) - นิ่มและเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - แข็ง (1-3 คะแนน)	
รสชาติ (9 คะแนน) - รสชาติปกติ (7-9 คะแนน) - รสชาติจืด (4-6 คะแนน) - รสชาติผิดปกติ (1-3 คะแนน)	
การยอมรับรวม ไม่ยอมรับมากที่สุด - ยอมรับมากที่สุด (1-9 คะแนน)	

*หมายเหตุ ในกรณีที่มิกกลิ่นหรือรสชาติแปลกปลอม โปรดระบุ ขอบคุณคะ

ข้อเสนอแนะ _____

ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีน สังกะสี และเหล็ก
หุงสุก

ชื่อ _____ เพศ _____ อายุ _____ ปี วันที่ _____

โปรดพิจารณาคุณลักษณะและประเมินคุณภาพของข้าวเจ้าหุงสุกแล้วต่อไปนี้ ที่ละตัวอย่าง พร้อมทั้งให้คะแนนคุณลักษณะ และ
คะแนนการยอมรับรวมของตัวอย่างตามเกณฑ์ที่กำหนด

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง
สีของข้าวเจ้าสุก (9 คะแนน) - สีขาว (7-9 คะแนน) - สีขาวออกเหลือง (4-6 คะแนน) - สีเหลือง (1-3 คะแนน)	
กลิ่น (9 คะแนน) - กลิ่นปกติ (7-9 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - กลิ่นแปลกปลอมมาก (1-3 คะแนน)	
ความมันวาว (9 คะแนน) - มันวาวพอดี (7-9 คะแนน) - มันวาวเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - ไม่มีความมันวาว (1-3 คะแนน)	
ความเกาะตัว (9 คะแนน) - ร่วน ไม่เกาะติดกัน (7-9 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกันปานกลาง(4-6 คะแนน) - เหนียวเกาะติดกัน (1-3 คะแนน)	
ลักษณะเนื้อสัมผัส (9 คะแนน) - เหนียวนุ่มพอดี (7-9 คะแนน) - นิ่มและเล็กน้อย (4-6 คะแนน) - แข็ง (1-3 คะแนน)	
รสชาติ (9 คะแนน) - รสชาติปกติ (7-9 คะแนน) - รสชาติจืด (4-6 คะแนน) - รสชาติผิดปกติ (1-3 คะแนน)	
การยอมรับรวม ไม่ยอมรับมากที่สุด-ยอมรับมากที่สุด (1-9 คะแนน)	

*หมายเหตุ ในกรณีที่มึกลิ่นหรือรสชาติแปลกปลอม โปรดระบุ ขอบคุณค่า

ข้อเสนอแนะ _____

ภาคผนวก ญ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางที่ญ.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความชื้นของข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	0.320	0.049*
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	1.752	0.000**
A*B	3	0.343	0.013**
Error	16	0.070	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ญ.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าดัชนีความขาวของข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	169.602	0.000**
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	0.467	0.304
A*B	3	0.076	0.885
Error	16	0.356	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไอน์ไดนของข้าวเสริมไอน์ไดนและสังกะสีที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	2.178	0.449
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	14.876	0.024*
A*B	3	0.926	0.856
Error	16	3.612	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณสังกะสีของข้าวเสริมไอน์ไดนและสังกะสีที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	1.184	0.006**
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	0.126	0.392
A*B	3	0.334	0.072
Error	16	0.118	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการคงเหลืออยู่ของปริมาณ ไอโอดีนในข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีหลังล้างที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	726.416	0.000**
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	90.557	0.106
A*B	3	465.434	0.000**
Error	16	37.761	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 6.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการคงเหลืออยู่ของปริมาณสังกะสีในข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีหลังล้างที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	200.385	0.069
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	70.638	0.298
A*B	3	118.216	0.123
Error	16	52.856	

ตารางที่ ๗.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการคงเหลืออยู่ของปริมาณ ไอโอดีนในข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีหลังหุงที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	621.387	0.000**
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	83.139	0.081
A*B	3	8.596	0.841
Error	16	30.935	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ ๗.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของร้อยละการคงเหลืออยู่ของปริมาณสังกะสี ในข้าวเสริมไอโอดีนและสังกะสีหลังหุงที่มีการจัดการด้านพันธุ์ข้าวและชนิดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบต่างกัน

Source	df	MS	p
พันธุ์ข้าว (A)	1	3652.147	0.000**
ชนิดพอลิเมอร์ (B)	3	6.339	0.861
A*B	3	112.012	0.019*
Error	16	25.464	

*แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณความชื้นของข้าวเสริมสังกะสีโดยวิธี การฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีต่างๆ

Source	df	MS	p
ระดับความเข้มข้นของสังกะสี (A)	3	0.316	0.440
Error	12	0.326	

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าดัชนีความขาวของข้าวเสริมสังกะสีโดยวิธี การฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีต่างๆ

Source	df	MS	p
ระดับความเข้มข้นของสังกะสี (A)	3	29.833	0.000**
Error	12	0.876	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณสังกะสีของข้าวเสริมสังกะสีโดยวิธี การฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีต่างๆ

Source	df	MS	p
ระดับความเข้มข้นของสังกะสี (A)	3	26.212	0.000**
Error	12	0.079	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณสังกะสีของข้าวเสริมสังกะสีโดยวิธีการฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีต่างๆ หลังผ่านการล้าง

Source	df	MS	p
ระดับความเข้มข้นของสังกะสี (A)	3	23.684	0.000**
Error	12	0.459	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณสังกะสีของข้าวเสริมสังกะสีโดยวิธีการฉีดพ่นที่ระดับความเข้มข้นของสังกะสีต่างๆ หลังผ่านการหุง

Source	df	MS	p
ระดับความเข้มข้นของสังกะสี (A)	3	26.678	0.000**
Error	12	0.329	

**แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p \leq 0.01$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

นิยามศัพท์เฉพาะ

dry weight basis (dwb) หมายถึง น้ำหนักแห้ง

wet weight basis (wwb) หมายถึง น้ำหนักเปียก

Thai RDA หมายถึง ข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย

Bioavailability หมายถึง ความสามารถของร่างกายในการดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์

% CV หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน ใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกความแม่นยำในการวิเคราะห์

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

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

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

ค่าดัชนีความขาว (white index) = $100 - \sqrt{(100 - L)^2 + a^2 + b^2}$

ICP-AES หมายถึง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer

AAS หมายถึง Atomic Absorption Spectrophotometer

KF1 หมายถึง ข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย flour ข้าวเจ้า

KF2 หมายถึง ข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย flour ข้าวเหนียว

KS1 หมายถึง ข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย starch ข้าวเจ้า

KS2 หมายถึง ข้าวพันธุ์คลองหลวง1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย starch ข้าวเหนียว

PF1 หมายถึง ข้าวพันธุ์แพร่1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย flour ข้าวเจ้า

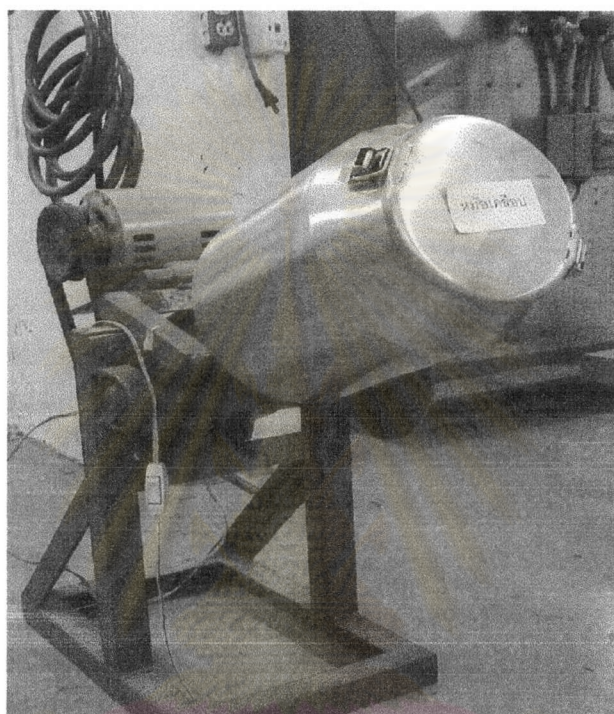
PF2 หมายถึง ข้าวพันธุ์แพร่1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย flour ข้าวเหนียว

PS1 หมายถึง ข้าวพันธุ์แพร่1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย starch ข้าวเจ้า

PS2 หมายถึง ข้าวพันธุ์แพร่1เสริมไอโอดีนและสังกะสีที่เคลือบด้วย starch ข้าวเหนียว

ภาคผนวก ฎ

รูปภาพแสดงเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ ฎ.1 หม้อเคลือบข้าว

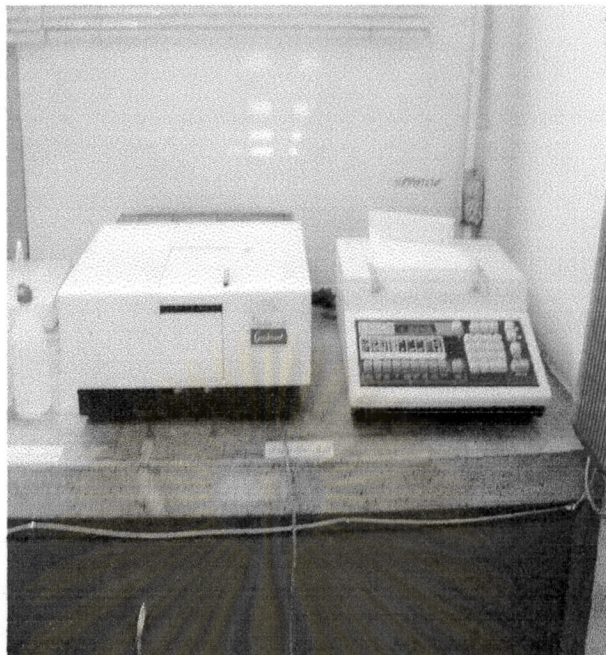
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



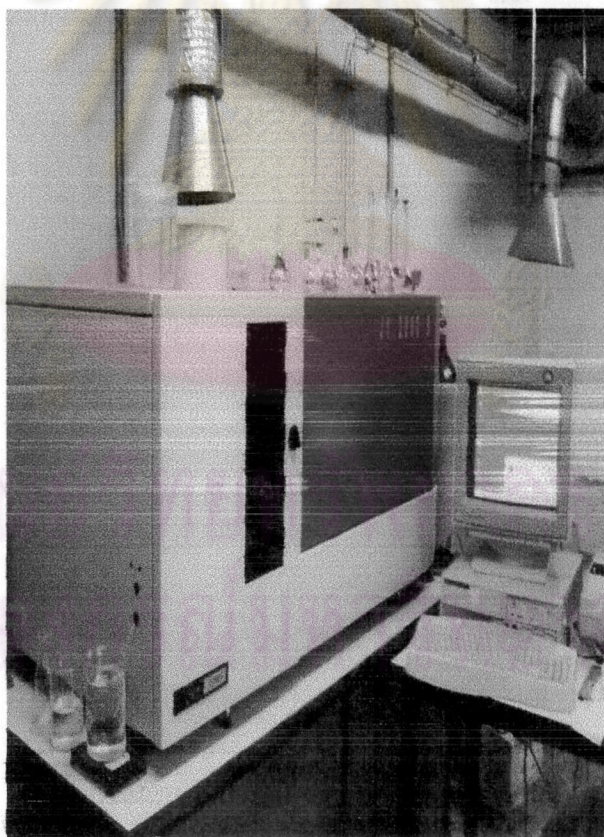
รูปที่ ๓.2 เตาเผา (Muffle furnace)



รูปที่ ๓.3 เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge, KUBOTA 5200)



រូបភាព ៥.៤ UV-Visible Shimadzu 240 Spectrophotometer



រូបភាព ៥.៥ Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrophotometer

ម៉ូដែល ICP_OES JY2000S

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวธนันต์ โรจนศิริธา เกิดวันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ.2522 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 และเข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2543



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย