


การเสริมธาตุเหล็กและธาตุเหล็กร่วมกับไอโอดีนในเมล็ดข้าวและแป้งข้าว



นางสาว ชิติกาน เมฆจรัสกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1017-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FORTIFICATION OF IRON AND IRON WITH IODINE IN RICE GRAIN AND FLOUR

Miss Titikan Mekjarutkul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002


ISBN 974-17-1017-8

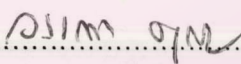
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเสริมธาตุเหล็กและธาตุเหล็กร่วมกับไอโอดีนในเมล็ดข้าวและแป้งข้าว
โดย นางสาว ชิติกาน เมฆจรัสกุล
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วรณา ตุลยธัญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา

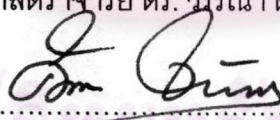
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

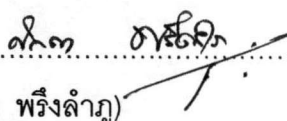
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคส์ตฤศาสน์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรณา ตุลยธัญ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย)


..... กรรมการ
(ดร. ศักดา พริงลำภู)

ทิติกาน เมฆจรัสกุล : การเสริมธาตุเหล็กและธาตุเหล็กร่วมกับไอโอดีนในเมล็ดข้าวและแป้งข้าว.
(FORTIFICATION OF IRON AND IRON WITH IODINE IN RICE GRAIN AND FLOUR) อ. ที่
ปรึกษา : รศ. ดร. วรณา ตูลยธัญ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ดร. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา, 117 หน้า.
ISBN 974-17-1017-8.

งานวิจัยนี้ได้เสริมธาตุเหล็กในเมล็ดข้าวโดยวิธีการเคลือบด้วยเจลแบ่งจากข้าวที่ต้องการเสริมธาตุเหล็ก ให้
มีปริมาณเหล็ก 3.33 mg/100g (น้ำหนักเปียก) (2 ใน 3 RDA) โดยแปรพันธุ์ข้าวที่ใช้คือ ข้าวดอกมะลิ 105 และก้า
ดอยสะเก็ด แปรชนิดของเหล็กคือ เฟอร์รัสซัลเฟต (FS) เฟอร์ริกไพโรฟอสเฟต (FP) และไอโรนไกลซีน (IG) ข้าว
เสริมธาตุเหล็กที่ได้มีปริมาณเหล็ก 3.045-3.397 mg/100g (น้ำหนักเปียก) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วย FS
และ IG มีปริมาณเหล็กเหลือหลังการล้างสูงสุด และข้าวขาวดอกมะลิ 105 เสริมธาตุเหล็กมีปริมาณเหล็กเหลือหลัง
จากหุงมากกว่าข้าวก้าดอยสะเก็ดเสริมธาตุเหล็ก เมื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่เก็บไว้เป็น
เวลา 9 เดือน พบว่า ปริมาณเหล็กในข้าวมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($p < 0.05$) ข้าวก้าดอยสะเก็ดที่เสริมด้วยเหล็ก
ทั้งสามชนิดมีค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) ใกล้เคียงกัน (9.47-9.71 meq/kg) และมีค่า PV ไม่แตกต่างกับค่า PV ของข้าว
ขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วย FS อย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) โดยข้าวก้าดอยสะเก็ดมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่า PV
น้อยกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 นอกจากนี้ FS ทำให้ข้าวมี PV เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือ IG และ FP ตามลำดับ

จากการวิจัยพบว่า สามารถเสริมธาตุเหล็ก (FS) ร่วมกับไอโอดีน (KIO_3) ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยมี
ปริมาณเหล็ก 3.298 mg/100g และไอโอดีน 44.80 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (น้ำหนักเปียก) เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพการ
ดูดซึมไอโอดีนของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมไอโอดีนเพียงอย่างเดียว พบว่าร่างกายสามารถดูดซึมไอโอดีนที่เสริม
ในข้าวได้

สำหรับการเสริมธาตุเหล็กในแป้งข้าวเจ้า นั้นใช้วิธีการผสมแบบแห้ง โดยแปรชนิดของเหล็กที่ใช้คือ FS, FP
และ IG เมื่อเก็บแป้งเสริมธาตุเหล็กไว้เป็นเวลา 9 เดือน พบว่า ปริมาณเหล็กมีค่าเปลี่ยนแปลงระหว่าง 3.822-4.485
mg/100g (น้ำหนักแห้ง) สำหรับ PV ของแป้งมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาเก็บ โดยแป้งที่เสริมด้วย FS มีค่า PV
มากที่สุด (12.10 meq/kg) ตามด้วยแป้งที่เสริมด้วย IG ส่วนแป้งที่เสริมด้วย FP มีค่า PV ไม่แตกต่างกับค่า PV ของ
แป้งที่ไม่ได้เสริมธาตุเหล็กอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ทำจากแป้งเสริมธาตุเหล็ก มีปริมาณเหล็ก
4.812-5.112 mg/100g (น้ำหนักแห้ง)

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนิสิต..... อภิศักดา เมฆจรัสกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... อ. วรณา ตูลยธัญ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... อ. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา

4272268023 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD: IRON / IODINE / RICE / FLOUR / FORTIFICATION

TITIKAN MEKJARUTKUL : FORTIFICATION OF IRON AND IRON WITH IODINE IN RICE GRAIN AND FLOUR. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VANNA TULYATUN, THESIS COADVISOR : ASSIST. PROF. SAKDA JONGKAEWWATTANA, 117 pp. ISBN 974-17-1017-8.

This study investigated the fortification of rice with iron (Fe) by using its rice flour as the coating polymer. The level of Fe fortification was 3.33 mg/100g (wet solid basis; wsb) or 66.67% of RDA. The varieties of rice used in this study were Khao Dawk Mali 105 (KDML) and Kum Doi Saket (KDSK) which is a red glutinous rice variety. The types of iron used were ferrous sulfate (FS), ferric pyrophosphate (FP), and iron glycine (IG). The observed amount of fortified iron was approximately in the range of 3.045-3.397 mg/100g (wsb). After washing, the KDML rice fortified with FS and IG significantly retained the highest amount of Fe; while after cooking, the fortified KDML rice contained significantly ($p < 0.05$) more Fe than the fortified KDSK rice. After storage for 9 months, the Fe contents of the fortified rice changed significantly ($p < 0.05$). Peroxide value (PV) of fortified KDSK rice was in the range of 9.47-9.71 meq/kg and was not significantly different from KDML rice fortified with FS. FS significantly ($p < 0.05$) increased PV of the rice more than the rice fortified with FP and IG. Rate of lipid oxidation was higher in fortified KDML rice than the KDSK rice.

The results indicated that it was possible to fortify iron (FS) and iodine (KIO_3) together in one single coating. After fortification, the KDML rice contained 3.298 mg Fe/100g and 44.80 μg I/100g (wsb). The KDML rice fortified with only iodine (50 mg/100g) showed high iodine absorption in human subjects (5 males and 5 females).

Rice flour was fortified with Fe by using dry mixing method. After storage for 9 months, The Fe content was in the range of 3.822-4.485 mg/100g (dry solid basis; dsb). PV significantly increased with time ($p < 0.05$). Flour fortified with FS showed highest PV (12.10 meq/kg) while fortification with FP did not significantly ($p \geq 0.05$) increased the PV as compared to unfortified rice flour. Rice noodle prepared from the fortified rice flour contained satisfactory Fe level (4.812-5.112 mg/100g dsb).

Department Food Technology
Field of study Food Technology
Academic year 2002

Student's signature... Titikan Mekjarutkul

Advisor's signature... Vanna Tulyatun

Co-advisor's signature... Sakda Jongkaewwattana

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และอาจารย์ อำนวย คอวนิช ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วรณา ตุลยธัญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา เป็นอย่างสูงที่เสนอแนวคิดริเริ่มของงานวิจัยนี้ และ แนะนำการเขียนวิทยานิพนธ์ ตลอดจนความเอาใจใส่ ดูแล และความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ วิวงศ์ตฤศานัน อาจารย์ ดร. เกียรติศักดิ์ ดวงมาลย์ และ ดร. ศักดา พริงลำภู เป็นอย่างสูงที่ กรุณาสละเวลามาตรวจสอบ ถ้อยแถลง และแก้ไขให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกท่านที่กรุณา ประสิทธิ์ประสาทความรู้อันเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าของงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. ศักดา พริงลำภู อาจารย์บุญเหลือ พริงลำภู และพี่นักวิจัย ของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รวมทั้งอาสาสมัครทุกท่านที่กรุณาให้ ความช่วยเหลือในการหาประสิทธิภาพการดูดซึมของข้าวเสริมไอโอดีน และขอขอบพระคุณ กลุ่ม โรงสีเจียเม้ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ถึงพลาสติกสำหรับบรรจุข้าวที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร และเจ้าหน้าที่ประจำห้อง ปฏิบัติการทุกท่าน ซึ่งอำนวยความสะดวกในต่างด้านต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณรัชชัช นที สำหรับกำลังใจ และความช่วยเหลือต่างๆในระหว่าง การทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบใจเพื่อน และน้องๆปริญญาโทภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารทุกคน ซึ่งเป็น กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านเป็นอย่างดี และสำหรับผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือซึ่งผู้วิจัยมิได้ กล่าวนาม ก็ขอได้รับความขอบคุณจากผู้วิจัยไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ รวมทั้งขอขอบใจน้องๆของผู้วิจัย ซึ่งให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทัศน์	3
3. การดำเนินงานวิจัย	24
4. ผลและวิจารณ์การทดลอง	37
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	79
รายการอ้างอิง	82
ภาคผนวก	89
ภาคผนวก ก รายละเอียดของวัตถุประสงค์และสารประกอบหลัก	90
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	93
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก	94
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์	97
ภาคผนวก จ วิธีการล้างข้าว	100
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบที่ใช้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	101
ภาคผนวก ช ข้อมูลผลการทดลอง	104
ภาคผนวก ซ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน	111
ภาคผนวก ฌ นิยามศัพท์เฉพาะ	116
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายควรได้รับประจำวัน	6
2.2 อัตรา (ร้อยละ) ภาวะโลหิตจางในประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไป จำแนกตามเพศ และภาค	7
2.3 อัตรา (ร้อยละ) ภาวะโลหิตจางในหญิงมีครรภ์ และเด็กนักเรียน 6-14 ปี พ.ศ. 2531-2540	7
2.4 คุณลักษณะของสารประกอบเหล็กที่ใช้ในอาหาร	11
2.5 องค์ประกอบของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวสาร แกลบ รำ คัพภะและ polish (% dry basis)	17
2.6 ปริมาณสารอาหารในข้าวกล้องและข้าวสาร	18
3.1 สรุปรายละเอียดการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซึมของข้าวเสริมไอโอดีน	36
4.1 ความถูกต้องและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในน้ำนม ANF ที่มีปริมาณเหล็ก 2 มิลลิกรัมต่อ 180 มิลลิลิตร	38
4.2 %Recovery ของการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก	39
4.3 องค์ประกอบของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องหอมมะลิ	40
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่มีการจัดการด้าน ปริมาณเหล็กที่เติมและปริมาณเจลดต่อข้าวต่างกัน	42
4.5 ผลของปริมาณเหล็กที่เติมต่อปริมาณเหล็กที่วัดได้ในข้าวเสริมธาตุเหล็ก	42
4.6 ปริมาณธาตุเหล็กและความชื้นของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องหอมมะลิ ที่เคลือบด้วยเจลดแบ่งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ	43
4.7 ค่าสี Lab และดัชนีความขาวของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกล้องหอมมะลิ ที่เคลือบด้วยเจลดแบ่งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ	44
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเหล็กที่เหลือหลังล้างในข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ใช้พันธุ์ข้าวและชนิดสารประกอบเหล็กต่างกัน	45
4.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กที่เหลือหลังหุงของข้าวเสริมธาตุเหล็ก	47
4.10 ผลของพันธุ์ข้าวต่อปริมาณเหล็กที่เหลือหลังหุงของข้าวเสริมธาตุเหล็ก	48
4.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความชื้น ปริมาณเหล็ก ค่าเปอร์ออกไซด์ และดัชนีความขาวของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	49
4.12 ปริมาณความชื้นของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.13 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ของข้าวขาวดอกมะลิ105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ดเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	51
4.14 ผลของชนิดของเหล็กต่อปริมาณเหล็กในข้าว	51
4.15 ค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	54
4.16 ค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน	56
4.17 ดัชนีความขาวของข้าวขาวดอกมะลิ105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ดเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	57
4.18 ค่าสีแดง(a)ของข้าวก่ำดอยสะเก็ดเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน...	58
4.19 ผลของชนิดของเหล็กต่อดัชนีความขาวของข้าวเสริมธาตุเหล็ก	58
4.20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความชื้น ปริมาณเหล็ก ค่าเปอร์ออกไซด์ และดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	64
4.21 ผลของชนิดของเหล็กต่อปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ในแป้งเสริมธาตุเหล็ก	65
4.22 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อปริมาณปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ในแป้งเสริมธาตุเหล็ก	66
4.23 ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg) ของแป้งที่เสริมด้วยสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ	67
4.24 ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg) ของแป้งที่ระยะเวลาต่างๆ	68
4.25 ผลของชนิดของเหล็กต่อดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็ก	68
4.26 ผลของระยะเวลาการเก็บต่อดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็ก	69
4.27 องค์ประกอบของเส้นก๋วยเตี๋ยวเสริมธาตุเหล็ก	72
4.28 องค์ประกอบของข้าวเสริมธาตุเหล็กร่วมกับไอโอดีน	75
ข.1 ปริมาณธาตุเหล็กและความชื้นในตัวอย่างข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ใช้ปริมาณเหล็กที่เติมและปริมาณเจลต่อข้าวต่างกัน	104
ข.2 ปริมาณธาตุเหล็กที่เหลือหลังการล้างของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ดที่เคลือบด้วยเจลแป้งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ	104
ข.3 ปริมาณธาตุเหล็กหลังหุงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวก่ำดอยสะเก็ดที่เคลือบด้วยเจลแป้งข้าวที่มีการเติมสารประกอบเหล็กชนิดต่างๆ	105
ข.4 ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.5 ปริมาณเหล็ก (มิลลิกรัมต่อข้าว 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ระยะเวลาต่างๆ	106
ข.6 ค่าเปอร์ออกไซด์ (meq/kg) ของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	106
ข.7 ดัชนีความขาวของข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	107
ข.8 ปริมาณความชื้นของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	107
ข.9 ปริมาณเหล็กของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	108
ข.10 ค่าเปอร์ออกไซด์ของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	108
ข.11 ดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่ระยะเวลาต่างๆ	109
ข.12 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เสริมธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	109
ข.13 คะแนนการทดสอบทางด้านสี และกลิ่นของแป้งเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 0 5 และ 9 เดือน	110
ข.14 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวสุกที่ทำจากแป้งเสริมธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	110
ข.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็ก (dsb) ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่มีการ จัดการด้านปริมาณเหล็กที่เต็มและปริมาณเจลดต่อข้าวต่างกัน	111
ข.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กที่เหลือหลังการล้างของ ข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ใช้พันธุ์ข้าวและชนิดสารประกอบเหล็กต่างกัน	111
ข.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กที่เหลือหลังหุงของ ข้าวเสริมธาตุเหล็กที่ใช้พันธุ์ข้าวและชนิดสารประกอบเหล็กต่างกัน	112
ข.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณความชื้นของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ระยะเวลาต่างๆ	112
ข.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ระยะเวลาต่างๆ	113
ข.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ระยะเวลาต่างๆ	113
ข.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าดัชนีความขาวของข้าวเสริมธาตุเหล็ก ที่ระยะเวลาต่างๆ	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.8 ความแปรปรวนของปริมาณความชื้นของแป้งที่ระยะเวลาต่างๆ	114
ข.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณเหล็กของแป้งเสริมธาตุเหล็ก	115
ข.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเปอร์ออกไซด์ของแป้งเสริมธาตุเหล็ก	115
ข.11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนดัชนีความขาวของแป้งเสริมธาตุเหล็ก	115



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การดูดซึมธาตุเหล็กในผู้ใหญ่	4
2.2 โครงสร้างของเมล็ดข้าว	15
3.1 ขั้นตอนการวิจัยเพื่อประเมินพันธุ์ข้าวและชนิดของเหล็กสำหรับการเสริม ธาตุเหล็กในเมล็ดข้าว	25
3.2 ขั้นตอนการวิจัยเพื่อหาชนิดของเหล็กที่เหมาะสมสำหรับการเสริมธาตุเหล็ก ในแป้งข้าวเจ้า	26
4.1 ปริมาณธาตุเหล็กที่เหลือในเมล็ดข้าวหลังการล้างของข้าวเสริมธาตุเหล็ก	46
4.2 ค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็ก	53
4.3 ค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวกำลังดอยสะเก็ด ที่ระยะเวลาต่างๆ	55
4.4 ค่าเปอร์ออกไซด์ของข้าวเสริมธาตุเหล็กชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลาการเก็บต่างกัน	56
4.5 คะแนนทางด้านสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	60
4.6 คะแนนทางด้านกลิ่นหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วยธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	60
4.7 คะแนนทางด้านกลิ่นเหม็นฉับของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วยธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	61
4.8 คะแนนทางด้านรสชาติของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	61
4.9 คะแนนทางด้านความเลื่อมมันของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมด้วยธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	62
4.10 คะแนนทางด้านความชอบรวมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เสริมธาตุเหล็ก ชนิดต่างๆ	62
4.11 คะแนนด้านสีของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่เก็บไว้ที่ระยะเวลา 0 5 และ 9 เดือน	70
4.12 คะแนนด้านกลิ่นของแป้งเสริมธาตุเหล็กที่เก็บไว้ที่ระยะเวลา 0 5 และ 9 เดือน	71
4.13 คะแนนทางด้านสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	73
4.14 คะแนนทางด้านกลิ่นรสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	73
4.15 คะแนนทางด้านลักษณะเนื้อของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	74
4.16 คะแนนทางด้านความชอบรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เสริมด้วยธาตุเหล็กชนิดต่างๆ	74
4.17 ปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะของผู้เข้าร่วมโครงการพิเศษหญิง	77

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 ปริมาณไอโอดีนในปัสสาวะของผู้เข้าร่วมโครงการเพศชาย	77
ค.1 กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก	95



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย