การดูดซึมเหล็กจากอาหารที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในชายไทยปกติ

นางสาว เครือวัลย์ ไข่คำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาชีวเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974-563-456-5

010056

Iron Absorption from Diet Fortified with Various Iron Compounds in Normal Thai Males

Miss Khruawon Khaikham

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Science
Department of Biochemistry
Graduate School
Chulalongkorn University
1984

ISBN 974-563-456-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดูดซึมเหล็กจากอาหารที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในชายไทยปกติ
โดย	นางสาว เครือวัลย์ ไข่คำ
ภาควิชา	ชีวเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรดา สิริจินดากานต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ร่มไทร สุวรรณิก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กำจัด มงคลกุล)

..... ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรดา สิริจินดากานต์)

..... ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ร่มไทร สุวรรณิก)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตร์ ย์ แพทย์หญิง ชาดา สืบหลินวงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปรีดา ชัยศิริ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดูดซึมเหล็กจากอาหารที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในชายไทยปกติ
ชื่อนิสิต	นางสาว เครือวัลย์ ไข่คำ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรดา สิริจินดากานต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ร่มไทร สุวรรณิก
ภาควิชา	ชีวเคมี
ปีการศึกษา	2526

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบและคัดเลือกชนิดของสารประกอบเหล็กที่เหมาะสมสำหรับการเติมลงไปในอาหาร อาหารที่ใช้เป็นพาหะของเหล็กในงานวิจัยนี้ได้แก่ ข้าวคลุกปลาป่น และสารประกอบที่ศึกษาได้แก่ โซเดียมเฟอร์ริคอีดีทีเอ [NaFe (III) EDTA] แอมโมเนียมเฟอร์ริคซิเตรท (ammonium ferric citrate; AFC) และเหล็กคอมเพล็กซ์ (Fe complex) ซึ่งประกอบด้วย เฟอร์รัสซัลเฟต ผสมกับโซเดียมเฮกซา-เมตาฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate; SHMP) และโซเดียมไบซัลเฟต ($NaHSO_4$) การศึกษาทำในชายไทยปกติ 4 กลุ่ม จำนวน 47 คน แต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารที่เติมเหล็กต่างชนิดกัน สถานภาพทางเหล็กของประชากรที่นำมาศึกษามีการกระจายสูงในแต่ละกลุ่มการทดลอง แต่ยังจัดอยู่ในเกณฑ์ปกติทุกคน จากการให้ชายไทยเหล่านี้รับประทานข้าวคลุกปลาป่นที่เติมเหล็กแล้วติดตามผลการดูดซึมเหล็กด้วยเหล็กกัมมันตรังสี เช่น เหล็ก-55 และเหล็ก-59 ปรากฏว่าชายไทยที่ศึกษามีการดูดซึมเหล็กต่ำมาก (ร้อยละ 0.1 – 2.6) ซึ่งอาจจะเนื่องมาจาก องค์ประกอบบางอย่างของข้าวคลุกปลาป่นเองไปขัดขวางการดูดซึมเหล็ก NaFe (III) EDTA และ AFC จะถูกดูดซึมได้เท่า ๆ กัน ($P > 0.05$) ส่วนการทดสอบ Fe complex นั้น ปราชากรกลุ่มที่ 2 ดูดซึม Fe complex ได้เท่ากับ AFC ($P > 0.05$) แต่ประชากรกลุ่มที่ 3 ดูดซึม Fe complex ได้ดีกว่า NaFe (III) EDTA

($P < 0.05$) การที่ผลการดูดซึม Fe complex ของประชากรกลุ่มที่ 3 แตกต่างออกไปนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากชาย 3 คน ในกลุ่มนี้ซึ่งแสดงค่าการดูดซึมสูงกว่าปกติ ทำให้ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งกลุ่มสูงขึ้น สาเหตุที่บุคคลทั้ง 3 มีการดูดซึมเหล็กสูงยังไม่สามารถอธิบายได้

สารประกอบเหล็กทั้ง 3 ชนิด ในข้าวคลุกปลาป่นมี bioavailability เท่ากัน ($P > 0.05$) ถึงแม้ว่าค่า bioavailability ของ Fe complex ในประชากรกลุ่มที่ 3 จะสูงกว่าประชากรกลุ่มที่ 2 ก็ตาม

เนื่องจากประชากรที่นำมาศึกษาเป็นชายไทยที่มีสถานภาพทางเหล็กปกติ ดังนั้นจึงไม่พบว่าการดูดซึมเหล็กจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณฮีโมโกลบิน ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ปริมาณเหล็กในซีรั่ม ค่า total iron binding capacity ความอิ่มตัวของทรานสเฟอร์รินและปริมาณทรานสเฟอร์ริน

รายงานนี้ยังได้ศึกษาถึงผลของนมถั่วเหลืองซึ่งนิยมใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนต่อการดูดซึมเหล็กด้วย พบว่าในปริมาณนมถั่วเหลืองที่ให้ประชากรดื่ม (200 มล.) หลังจากรับประทานข้าวคลุกปลาป่นที่เติม NaFe (III) EDTA นมถั่วเหลืองจะไปขัดขวางการดูดซึมเหล็กโดยทำให้การดูดซึมเหล็กลดลง ($P < 0.05$) จากร้อยละ 1.47 ± 0.53 เป็นร้อยละ 0.91 ± 0.66 bioavailability ของ NaFe (III) EDTA ในข้าวคลุกปลาป่นลดลง ($P < 0.05$) จากร้อยละ 0.88 ± 0.54 เป็นร้อยละ 0.54 ± 0.71 การที่นมถั่วเหลืองไปลดการดูดซึมเหล็กหรือทำให้ค่า bioavailability ลดลงนี้ไม่น่าจะมีสาเหตุจากไฟเตทในถั่วเหลือง แต่น่าจะมาจากคุณสมบัติอื่น ๆ ของถั่วเหลืองมากกว่า ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการค้นคว้า

Thesis Title	Iron Absorption from Diet Fortified with Various Iron Compounds in Normal Thai Males
Name	Miss Khruawon Khaikham
Thesis Advisor	Assistant Professor Peerada Sirijintakarn, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Professor Romsai Suwanik, M.D.
Department	Biochemistry
Academic year	1983

ABSTRACT

The aim of this research is to find the suitable iron compound for food iron fortification. Rice mixed with fish powder is used as the iron vehicle and the compounds being tested are sodium ferric ethylenediaminetetraacetate (NaFe (III) EDTA), ammonium ferric citrate (AFC) and Fe complex which composed of $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ mixed with sodium hexametaphosphate and $NaHSO_4$. The subjects are 47 normal Thai males. They were divided into 4 groups. Each group was provided with different iron fortified diet. The iron status of the subjects among the same group showed wide variation but they were still in the normal range. When these subjects were provided with iron fortified rice diet and the iron absorption was detected by using radioactive iron (Fe-55 and Fe-59) as the markers. The result showed that their iron absorption were low (0.1-2.6%). This might be due to some constituents within the rice mixed with fish powder diet which inhibit iron absorption. NaFe (III) EDTA and AFC were absorbed equally ($p > 0.05$). However, the studies with Fe complex is still unconclusive. Subjects from

Group 2 absorbed Fe complex to the same degree as AFC ($P > 0.05$) but the subjects from Group 3 absorbed Fe complex better than NaFe (III) EDTA ($P < 0.05$). The high iron absorption from 3 subjects might be the cause, and the reason of such high iron absorption could not be explained.

The bioavailability of NaFe (III) EDTA, AFC and Fe complex in rice mixed with fish powder were the same ($P > 0.05$). Although the bioavailability of Fe complex from Group 3 was higher than that of Group 2.

No correlation between the degree of iron absorption and some parameters of iron status such as hemoglobin, hematocrit, serum iron, total iron binding capacity, percent transferrin saturation and transferrin quantity were observed. This is because these subjects have normal iron status.

The effect of soy bean milk, which is widely used for protein supplement, on iron absorption was also studied. If the population drank soy bean (200 ml) immediatly after the meal containing NaFe (III) EDTA, the iron absorption decreased significantly ($P < 0.05$). Soy bean milk reduces iron absorption from 1.47 ± 0.53 % to 0.9 ± 0.66%. The bioavailability of NaFe (III) EDTA in rice diet was also reduced from 0.88 ± 0.54% to 0.54 ± 0.71. The inhibition on iron absorption and bioavailability observed, is unlikely to be caused by phytate from soy-bean product. The causative is not identified in this study.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิรดา สิริจินตกานต์ และศาสตราจารย์ นายแพทย์ ร่มไทร สุวรรณิก เป็นอย่างยิ่งที่ได้กรุณารับเป็นผู้ควบคุมการวิจัย ให้คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ แพทย์หญิง ฤดี ปลื้มจินดา หัวหน้าสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ที่ได้กรุณาให้ใช้สถานที่ เครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัย และให้การสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์นี้

กราบขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำ ความช่วยเหลือในหลาย ๆ ด้าน จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มลุลี ทัณฑวิรุฬห์ อาจารย์ และพี่ ๆ ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กำจัด มงคลกุล ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิง ชาดา สืบหลินวงศ์ และอาจารย์ ดร.ปรีดา ชัยศิริ ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอบคุณเจ้าหน้าที่ในภาควิชาชีวเคมี และเจ้าหน้าที่ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ทุกคน ในความช่วยเหลือเรื่องทั่วไปในระหว่างทำการวิจัย

ขอบคุณประชากรตัวอย่างทุกคน

ขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
กิตติกรรมประกาศ	ช
สารบัญ	ฌ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญรูป	ฏ
คำย่อ	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. เคมีภัณฑ์ วัสดุภัณฑ์ และประชากรตัวอย่าง	12
1. เคมีภัณฑ์	12
2. เครื่องมือ	13
3. ประชากรตัวอย่าง	14
4. อาหารที่ให้ประชากรตัวอย่างรับประทาน	14
3. วิธีการทดลอง	16
1. การเตรียมสารละลาย	16
2. การให้อาหารทดลองแก่ประชากรตัวอย่าง	18
3. การเก็บตัวอย่างเลือด	23
4. การศึกษาการดูดซึมเหล็กจากอาหาร	24
4.1 การหาปริมาณเหล็กในซีรั่ม	24
4.2 การหาค่าของ total iron binding capacity	25
4.3 การหาปริมาณทรานสเฟอร์ริน	26
4.4 การหาปริมาณเหล็ก-55 และเหล็ก-59 ในเลือด	27

หน้า

5. การวิเคราะห์อาหารตัวอย่าง 29
5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟต 29
5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไฟเตต 30
5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซี่ยม 31
5.4 การวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี 32
5.5 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็ก 33
5.6 การสกัดโปรตีน และการหาปริมาณโปรตีน 34
5.7 การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 35
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย 36

บทที่

4. ผลการทดลอง 39
1. สถานภาพทางเหล็ก (iron status) ของประชากรตัวอย่าง 39
2. คุณภาพของอาหาร 39
3. การดูดซึมเหล็กจากข้าวคลุกปลาป่นที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ 42
4. ผลของนมถั่วเหลืองต่อการดูดซึมเหล็ก 50
5. วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 62

เอกสารอ้างอิง 70

ประวัติผู้เขียน 81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเติมสารประกอบเหล็กและสารกัมมันตรังสีของเหล็กลงไปในข้าวคลุกปลาป่นสำหรับประชากรตัวอย่างในกลุ่มที่ 1, 2 และ 3	19
2	การให้อาหารเติมเหล็กแก่ประชากรตัวอย่างกลุ่มที่ 4 เพื่อศึกษาผลของนมถั่วเหลืองต่อการดูดซึมเหล็ก	21
3	รายละเอียดเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสีของเหล็กที่ประชากรตัวอย่าง แต่ละคนจะได้รับ	22
4	สถานภาพทางเหล็กของประชากรตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย	40
5	คุณภาพของอาหารที่ให้ประชากรตัวอย่างรับประทาน	41
6	การดูดซึมเหล็กจากข้าวคลุกปลาป่นที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในประชากรกลุ่มที่ 1, 2 และ 3	43
7	bioavailability ของสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่น	47
8	สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ของการดูดซึมร้อยละของเหล็กจากข้าวคลุกปลาป่นที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ กับการดูดซึมเหล็กจาก standard reference dose	51
9	ผลของนมถั่วเหลืองต่อการดูดซึมเหล็กจากข้าวคลุกปลาป่นที่เติม NaFe (III) EDTA เพื่อให้ประชากรตัวอย่างดื่มนมถั่วเหลือง	56
10	ผลของนมถั่วเหลืองต่อ bioavailability ของ NaFe (III) EDTA ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่นในประชากรตัวอย่าง กลุ่มที่ 4	58

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.	การกระจายและเมตาบอลิซึมของเหล็กในร่างกายคน	2
2.	ระดับการเปลี่ยนแปลงที่จะทำให้ปริมาณเหล็กในร่างกายลดลง	8
3.	การกระจายของการดูดซึมร้อยละของเหล็กจากสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในประชากรกลุ่มที่ 1, 2 และ 3	44
4.	การกระจายของการดูดซึมร้อยละของเหล็กจากข้าวคลุกปลาป่นที่เติมสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ จากประชากรตัวอย่าง 3 กลุ่ม	46
5.	การกระจายของ bioavailability ของสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่น แยกตามกลุ่มการทดลอง	48
6.	การกระจายของ bioavailability ของสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่นที่ให้ประชากร 3 กลุ่ม ทดลองรับประทาน	49
7.	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมร้อยละของเหล็กจาก NaFe (III) EDTA กับสถานภาพทางเหล็กของประชากรกลุ่มที่ 1	52
8.	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมร้อยละของเหล็กจาก AFC กับสถานภาพทางเหล็กของประชากรกลุ่มที่ 1	53
9.	ความสัมพันธ์ระหว่างการดูดซึมร้อยละของเหล็กจาก standard reference dose กับสถานภาพทางเหล็กของประชากรกลุ่มที่ 1	54
10.	การกระจายของการดูดซึมร้อยละของเหล็กจากสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ในประชากรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4	57
11.	ผลของนมถั่วเหลืองต่อ bioavailability และต่อการดูดซึมร้อยละของ NaFe (III) EDTA ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่นในประชากรกลุ่มที่ 4 จำนวน 12 คน	60
12.	การกระจายของ bioavailability ของสารประกอบเหล็กชนิดต่าง ๆ ที่เติมลงในข้าวคลุกปลาป่นแยกตามกลุ่มการทดลอง	61

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

มค.ก	ไมโครกรัม
มก.	มิลลิกรัม
ก.	กรัม
กก.	กิโลกรัม
คล.	เคซิลิตร
มล.	มิลลิลิตร
ล.	ลิตร
มม.	มิลลิเมตร
μCi	micro curies
ACD	acid citrate dextrose
AFC	ammonium ferric citrate
SHMP	sodium hexameta phosphate
NaFe (III) EDTA	sodium ferric ethylenediaminetetracetate
Fe complex	ferous sulfate ผสมกับ sodium hexametaphosphate และ sodium bisufate
Sp. act.	specific activity
TIBC	total iron binding capacity
UIBC	unsaturated iron binding capacity
FEP	free erythrocyte protoporphyrin
RBV	relative biological value
ISP	isolated soy protein