

รายงานการศึกษาวิจัยปี 2553

เรื่อง

ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหาร
(Magnesium and zinc contents of food)

คณะผู้วิจัย

นางสาวปัทมาภรณ์ อักษรชู นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ

(Miss Pattamaporn Aksornchu Medical scientist, practitioner level)

นางนันทยา จงใจเทศ นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ชำนาญการพิเศษ

(Mrs. Nuntaya Chongchaitet Medical scientist, senior professional level)

นางปิยนันท์ อึ้งทรงธรรม นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ

(Mrs. Piyanun Uengthongtham Public health technical officer, professional level)

นางสาววรรณชนก บุญชู นักวิทยาศาสตร์การแพทย์ปฏิบัติการ

(Miss Wannachanok Boonchoo Medical scientist, practitioner level)

กลุ่มวิจัยอาหารเพื่อโภชนาการ สำนักโภชนาการ
กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
Abstract	ii
บทที่ 1 บทนำ	1-2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	3-9
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	10-12
บทที่ 4 ผลการศึกษา	13-18
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	19-20
เอกสารอ้างอิง	21-22

บทคัดย่อ

แมกนีเซียมและสังกะสีเป็นแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกาย โดยมีส่วนช่วยในกระบวนการต่างๆ ของร่างกายเช่น โคแฟกเตอร์ในการทำงานของเอนไซม์ การสร้างโปรตีน การสร้างสารพันธุกรรมเป็นต้น การได้รับปริมาณสังกะสีและแมกนีเซียมไม่เพียงพอเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด ความดันโลหิตสูง เป็นต้น นอกจากนี้สังกะสีและแมกนีเซียมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวานที่มีสาเหตุจากภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน อันเป็นสาเหตุของโรค metabolic syndrome การวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในแหล่งอาหาร เพื่อนำมาประเมินการได้รับตามความต้องการของร่างกายถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์หาความเสี่ยงของการได้รับแมกนีเซียมและสังกะสีที่ไม่เพียงพอกับความ ต้องการ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้วิเคราะห์ปริมาณของสังกะสีและแมกนีเซียมในอาหารจำนวน 30 ชนิด จากอาหารประเภทผัก ปลา เนื้อสัตว์ นมและผลิตภัณฑ์จากนม และถั่วเมล็ดแห้ง ผลการศึกษาพบว่า แมกนีเซียมพบมากที่สุดที่สูงสุดในถั่วเมล็ดแห้ง (211.44-219.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) รองลงมาคือ อาหารประเภท ปลา (26.39-30.76 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ส่วนเนื้อสัตว์ นม และผัก พบแมกนีเซียมไม่มาก สำหรับแหล่งอาหารที่มีปริมาณสังกะสีมากคือ เนื้อสัตว์และถั่วเมล็ดแห้ง โดยเนื้อแพะมีปริมาณสังกะสี 4.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ถั่วเหลืองและถั่วลิสงมีปริมาณสังกะสี 3.82 และ 2.82 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ

คำสำคัญ: แมกนีเซียม สังกะสี โรคเบาหวาน metabolic syndrome

Abstract

Magnesium and zinc are minerals that important for several metabolisms such as cofactor of many enzymes, protein synthesis, DNA synthesis etc. Long-term of magnesium and zinc deficiencies can risk for chronic diseases (i.e. cardiovascular diseases, hypertension). Moreover, these minerals are involved in diabetes which is resulted by insulin resistance then can cause of metabolic syndrome. Also, the determination of magnesium and zinc in food are used for evaluation of magnesium and zinc intake which is adequate with body requirement. In this study, magnesium and zinc contents were analyzed in 30 foods that consisted of vegetables, fish, meat, dairy and dairy products and legumes. The results found that legumes had highest magnesium ((211.44-219.65 mg/100g) and followed by fish (26.39-30.76 mg/100g), whereas, other foods (meat, dairy products and vegetables) had low magnesium. The high contents of zinc were found in meat and legume such as goat meat (4.57 mg/100g), soy bean (3.82 mg/100g) and peanut (2.82 mg/100g).

Keywords: zinc, magnesium, diabetes mellitus, metabolic syndrome

บทที่ 1

บทนำ

แร่ธาตุ (Minerals) เป็นสารอนินทรีย์ (Inorganic substances) ที่ร่างกายขาดไม่ได้ โดยปกติร่างกายมีเกลือแร่เป็นส่วนประกอบร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักตัว แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทแรกเป็นแร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณมาก (Major minerals) ต้องการมากกว่าวันละ 100 มิลลิกรัม เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โพแทสเซียม ประเภทที่ 2 เป็นแร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อย (Trace minerals) ต้องการน้อยกว่าวันละ 15 มิลลิกรัม เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง ไอโอดีน หน้าที่สำคัญของแร่ธาตุต่อร่างกายคือ เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบของโปรตีน ฮอร์โมน และเอนไซม์ ได้แก่ เหล็ก ควบคุมความเป็นกรด-ด่างของร่างกาย ได้แก่ โซเดียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ควบคุมความสมดุลของน้ำภายในเซลล์และนอกเซลล์ ได้แก่ โซเดียมและโพแทสเซียม

บทบาทที่สำคัญต่อร่างกายของแมกนีเซียมและสังกะสี

แมกนีเซียม มีความสำคัญต่อร่างกายคือเป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์จำนวนมาก มีบทบาทในการควบคุมอุณหภูมิ การยืดหดของกล้ามเนื้อ การสังเคราะห์โปรตีน มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่าง ๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคความดันโลหิตสูง และโรคกระดูกพรุน ซึ่งถ้าขาดจะเกิดอาการชักกระตุก เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกระดูก แมกนีเซียมพบมากใน เนื้อสัตว์ นม ถั่วเมล็ดแห้ง และผักใบเขียว

สังกะสี มีความสำคัญต่อร่างกายมากเพราะเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์มากกว่า 200 ชนิด มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนที่ควบคุมการทำงานของร่างกายหลายระบบ เช่น การเจริญเติบโต ภูมิคุ้มกันโรคติดเชื้อ การสืบพันธุ์ ระบบประสาทที่ควบคุมพฤติกรรม สังเคราะห์กรดนิวคลีอิก และที่สำคัญมากคือมีบทบาทในขบวนการเมตาบอลิซึมของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต จากข้อมูลการศึกษาในกลุ่มประชากรและเด็กก่อนวัยเรียนของประเทศที่กำลังพัฒนาพบว่า ภาวะการขาดธาตุสังกะสีมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคติดเชื้อซึ่งเป็นสาเหตุการตายที่สำคัญในทารกและเด็กเล็ก เช่น โรคท้องร่วงเรื้อรัง โรคติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ โรคมาลาเรีย การเสริมธาตุสังกะสีในกลุ่มประชากรเหล่านี้ ช่วยให้ร่างกายมีการเจริญเติบโต และช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคดังกล่าว องค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้ภาวะขาดธาตุสังกะสีเป็น 1/10 ของปัจจัยภาระโรค (burden of diseases) ธาตุสังกะสีพบมากใน เนื้อสัตว์ อาหารทะเล ตับและไข่

Metabolic Syndrome เป็นกลุ่มโรคที่เกิดจากการผิดปกติของเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและ Lipoprotein โดยอาการที่แสดงถึงความผิดปกติประกอบไปด้วย ความผิดปกติของฮอร์โมนอินซูลิน ภาวะโรคอ้วน ระดับน้ำตาลในเลือดสูง ระดับไตรกลีเซอไรด์สูง ปริมาณ HDL-cholesterol ต่ำ ความดันโลหิตสูงในร่างกายซึ่งก่อให้เกิดปัญหาทางสุขภาพ จากรายงานการวิจัยพบว่าแร่ธาตุแมกนีเซียมและสังกะสีสามารถช่วยลดความเสี่ยงของการเกิด Metabolic Syndrome โดยแมกนีเซียมและสังกะสีมีคุณสมบัติเป็นโคแฟกเตอร์ในกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสและการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน ร่างกายสามารถได้รับแมกนีเซียมและสังกะสีโดยผ่านทางารรับประทานอาหารจำพวกผัก ผลไม้และเนื้อสัตว์ ดังนั้นหากประชากรที่มีความ

ผิดปกติของกระบวนการเมตาบอลิซึม ได้รับปริมาณของแมกนีเซียมและสังกะสีอย่างเพียงพอและเหมาะสม อาจสามารถช่วยลดภาวะเสี่ยงในการเกิด Metabolic Syndrome ได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

1. แมกนีเซียม^{1,2}

แมกนีเซียม เป็นแร่ธาตุชนิดหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาและชีวเคมี ของร่างกาย แมกนีเซียมแพร่กระจายอยู่ในร่างกาย 3 ส่วนหลักคือ กระดูก(ร้อยละ 65) ช่องว่างภายในเซลล์ (ร้อยละ 34) ของเหลวภายนอกเซลล์ (ร้อยละ 1) การแพร่กระจายของแมกนีเซียมในซีรัมและพลาสมาในผู้ชายและหญิงปกติจะมีความคล้ายคลึงกัน โดยหนึ่งในสามส่วนจับอยู่กับโปรตีนในพลาสมา ส่วนที่เหลืออีกสองในสามส่วนอยู่ในรูปของประจุซึ่งรวมกับสารประกอบต่างๆเช่น กรดนิวคลีอิก, ATP, ฟอสโฟลิปิด (phospholipid) และโปรตีน เซลล์ที่พบปริมาณแมกนีเซียมสูงได้แก่ ไมโครโซม (microsome) ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และนิวคลีโอ (nuclei) การแพร่กระจายและความเข้มข้นของแมกนีเซียมในอวัยวะและส่วนประกอบต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การแพร่กระจายและความเข้มข้นของแมกนีเซียม²

Percent distribution	Concentration
Bone (60–65%)	0.5% of bone ash
Muscle (27%)	6–10 mmol/kg wet weight
Other cells (6–7%)	6–10 mmol/kg wet weight
Extracellular (<1%)	
Erythrocytes	2.5 mmol/l
Serum	0.7–1.1 mol/l
55% free	
13% complexes with citrate, phosphate, etc.,	
32% bound, primarily to albumin	
Mononuclear blood cells	2.3–3.5 fmol/cell
Cerebrospinal fluid	1.25 mmol/l
55% free	
45% complexed	
Sweat	0.3 mmol/l (in hot environment)
Secretions	0.3–0.7 mmol/l

1.1 กระบวนการเมตาบอลิซึมของแมกนีเซียม¹

- การดูดซึม (absorption) แมกนีเซียม เกิดขึ้นในลำไส้เล็กส่วน ileum และ jejunum ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมที่ลำไส้เล็กดูดซึมได้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของแมกนีเซียมที่ได้รับจากอาหาร กลไกในการดูดซึมเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ไม่ใช้พลังงานจากเซลล์ (passive transport) และใช้พลังงานจากเซลล์ (active transport) อย่างไรก็ตามสารอาหารบางชนิดอาจมีผลต่อการดูดซึมแมกนีเซียมเช่น อาหารที่มีใยอาหารสูงทำให้การดูดซึมแมกนีเซียมลดลง อันเป็นผลจากการจับกันของแมกนีเซียมและไฟเตท นอกจากนี้ อาหารที่มีฟอสเฟตในปริมาณสูงจะส่งผลให้แมกนีเซียมถูกดูดซึมได้น้อยลงเช่นกัน การบริโภคอาหารที่มี

แมกนีเซียมในปริมาณสูงยังไม่พบว่าก่อให้เกิดโรคหรืออันตรายต่อร่างกาย แต่อาจทำให้ร่างกายเกิดการสูญเสีย น้ำได้เนื่องจากเกิดการจับกันระหว่างน้ำและแมกนีเซียมที่ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย

- การรักษาสมดุลของแมกนีเซียมในเซลล์ หลังจากการดูดซึมแมกนีเซียมที่บริเวณลำไส้แล้ว แมกนีเซียมจะถูกส่งไปยังส่วนต่างๆที่มีการสูญเสียแมกนีเซียมในร่างกาย

- การขับแมกนีเซียมออก(excretion) ร้อยละ 70 ของปริมาณแมกนีเซียมที่อยู่ในพลาสมา (plasma) ถูกขับออกจากร่างกายบริเวณไต โดยกระบวนการ ultrafiltration ผ่าน glomerular membrane และร้อยละ 10-15 ของแมกนีเซียมที่ถูกกรองจะถูกดูดซับอีกครั้งใน proximal tubular

- การสะสมแมกนีเซียม แมกนีเซียมสะสมมากบริเวณผิวของกระดูก ร้อยละ 24 ของแมกนีเซียมในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยร้อยละ 79 ของปริมาณดังกล่าวจะมีการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงภายใน 115 ชั่วโมง ซึ่งจะพบได้ทั้งในซีรัม (serum) และช่องว่างภายนอกเซลล์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าแมกนีเซียมที่สะสมบริเวณกระดูกทำหน้าที่ในการควบคุมสมดุลของแมกนีเซียม ซึ่งความสามารถในการรักษาสมดุลดังกล่าวจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลกรดต่างในร่างกาย นอกจากนี้ปริมาณแมกนีเซียมที่ได้รับจากอาหารโดยทั่วไปพบว่าจะไม่เพียงพอ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสูญเสียแมกนีเซียมที่สะสมในกระดูกจนทำให้ความหนาแน่นของกระดูกลดลง

- การแพร่กระจายของแมกนีเซียมในพลาสมา (plasma) โดยปกติความเข้มข้นของแมกนีเซียมในพลาสมามีค่าเท่ากับ 0.75-1 มิลลิโมลต่อลิตร ดังนั้นการได้รับแมกนีเซียมจากอาหารในปริมาณน้อยอาจมีผลให้เกิดการขาดแมกนีเซียมได้ แต่อย่างไรก็ตามร่างกายจะมีการรักษาความเข้มข้นของแมกนีเซียมในพลาสมาโดยการลดการขับแมกนีเซียมจากไตและดึงแมกนีเซียมที่สะสมบริเวณกระดูกมาใช้

1.2 บทบาทของแมกนีเซียม³

แมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่พบมากเป็นลำดับที่สองภายในเซลล์ของร่างกาย มีบทบาทที่สำคัญคือ ควบคุมการทำงานของกระบวนการต่างๆภายในเซลล์ เป็นโคแฟกเตอร์ในกระบวนการเมตาบอลิซึมมากกว่า 300 ปฏิกริยา ช่วยในการสร้างส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่างๆ การเจริญเติบโตและการสร้างพลังงาน การควบคุมอุณหภูมิ การยึดหดของกล้ามเนื้อ การสังเคราะห์โปรตีน รวมทั้งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ tyrosine kinase ซึ่งเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของกลูโคส

1.3 ภาวะขาดแมกนีเซียม⁴

ในภาวะปกติร่างกายมีการควบคุมระดับแมกนีเซียมในซีรัมให้อยู่ในช่วง 0.75-0.95 mmol/L เพื่อให้เซลล์รวมทั้งโครงสร้างต่างๆของร่างกายทำงานได้ดี ภาวะขาดแมกนีเซียม (hypomagnesemia) อาจเกิดจากร่างกายได้รับแมกนีเซียมจากอาหารน้อย ภาวะอดอาหาร โรคพิษสุราเรื้อรัง ท้องเสียอย่างรุนแรง ภาวะตับอ่อนอักเสบ การสูญเสียแมกนีเซียมมากทางปัสสาวะ การขาดแมกนีเซียมหรือการบริโภคอาหารที่มีแมกนีเซียมต่ำเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดโรคเรื้อรังต่างๆเช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด โรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง กระดูกพรุน นอกจากนี้ยังมีผลต่อระบบประสาท ฮอร์โมน ไต ระบบทางเดินอาหาร และกล้ามเนื้อต่างๆ

1.4 แหล่งของแมกนีเซียมและปริมาณที่แนะนำให้บริโภค

แหล่งของแมกนีเซียมมักพบได้ในผลิตภัณฑ์จากถั่วเมล็ดแห้ง ธัญพืช ผักใบเขียว เนื้อสัตว์ นม เป็นต้น ปริมาณของแมกนีเซียมที่ควรได้รับมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเพศ อายุ และสภาพร่างกาย ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมที่ควรรับประทานประจำวันของคนไทยอายุ 19 ปีขึ้นไปคือ 240-320 มิลลิกรัมต่อวัน รวมทั้งระดับแมกนีเซียมในซีรัมทั้งผู้ชายและผู้หญิงควรมีค่าเฉลี่ย 0.73mmol/L ถ้าระดับแมกนีเซียมในซีรัมต่ำกว่า 0.7 mmol/L แสดงภาวะการขาดแมกนีเซียม⁴

การศึกษาในผู้ใหญ่ไทยอายุ 21 ปีขึ้นไป จำนวน 396 คน พบว่าผู้ชายและผู้หญิงบริโภคแมกนีเซียมโดยเฉลี่ย 191±62 และ 156 ± 55 มิลลิกรัมต่อวัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าผู้ชายและผู้หญิงอเมริกัน (323 และ 228 มิลลิกรัมต่อวันตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าคนไทยมีการบริโภคแมกนีเซียมน้อยและเสี่ยงต่อการขาดแมกนีเซียมในเลือด⁴

2. สังกะสี

สังกะสีเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย เนื่องจากมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 300 ชนิด ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์และสลายคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิก นอกจากนี้ยังมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์สารพันธุกรรม การแสดงออกของยีน และระบบภูมิคุ้มกัน^{5,6} ในร่างกายของคนมีปริมาณของสังกะสีอยู่ 2000 กรัม โดยร้อยละ 60 ของสังกะสีทั้งหมดจะสะสมอยู่ที่ร่างกาย และร้อยละ 30 (ประมาณ 100-200 มิลลิกรัมต่อกรัม) สะสมอยู่บริเวณกระดูก บริเวณที่มีการสะสมของสังกะสีสูงได้แก่ ส่วนของ choroid ของตา (ประมาณ 274 มิลลิกรัมต่อกรัม) และใน prostatic fluid ของต่อมลูกหมาก (ประมาณ 300-500 มิลลิกรัมต่อลิตร)⁶

2.1 กระบวนการเมตาบอลิซึมของสังกะสี⁶

การดูดซึมสังกะสีในร่างกายเกิดขึ้นบริเวณลำไส้เล็ก ซึ่งการได้รับสังกะสีในรูปของสารละลายมีประสิทธิภาพในการดูดซึมได้รวดเร็ว(ประมาณร้อยละ 60-70) ในขณะที่สังกะสีที่ได้รับจากอาหารถูกดูดซึมได้ช้ากว่า นอกจากนี้ความสามารถในการดูดซึมสังกะสีบริเวณลำไส้เล็กขึ้นอยู่กับ ปริมาณของสังกะสีในอาหาร และองค์ประกอบของอาหารที่ร่างกายได้รับ การสูญเสียสังกะสีของร่างกายสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งทางลำไส้เล็กและปัสสาวะ โดยทางลำไส้เล็กจะมีการสูญเสียสังกะสีในปริมาณตั้งแต่ 0.5 ถึงมากกว่า 3 มิลลิกรัมต่อวัน โดยขึ้นอยู่กับปริมาณของสังกะสีที่สะสมอยู่ในร่างกาย ซึ่งถ้ามีการสะสมในปริมาณสูง มีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียสังกะสีเพิ่มขึ้น สำหรับทางปัสสาวะมีการสูญเสียสังกะสีประมาณ 0.5-0.7 มิลลิกรัมต่อวัน อย่างไรก็ตามการออกกำลังกายและอุณหภูมิของร่างกายที่สูงขึ้นอาจมีส่วนทำให้เกิดการสูญเสียสังกะสีทางเหงื่อเพิ่มขึ้น การนำสังกะสีไปใช้ในกระบวนการต่างๆของร่างกายขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั้งหมดของอาหาร โดยพบว่า สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เช่น กรดอะมิโน สารประกอบไฮดรอกซี มีส่วนช่วยให้เกิดการดูดซึมสังกะสีเพิ่มขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับสารอินทรีย์ที่มีความคงตัวและละลายน้ำได้ยาก มีผลทำให้การดูดซึมสังกะสีน้อยลง นอกจากนี้ปฏิกิริยาการแข่งขันระหว่างสังกะสีและออลอนของโลหะชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่คล้ายคลึงกับสังกะสี เช่น เหล็ก ทองแดง มีผลต่อการสะสมและดูดซึมสังกะสีบริเวณลำไส้ลดลง อย่างไรก็ตาม ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อ

การดูดซึมและการนำสังกะสีจากอาหารไปใช้ยังส่วนต่างๆของร่างกายได้แก่ ปริมาณของไฟเตท (phytate) ระดับและแหล่งของโปรตีนในอาหาร ไฟเตทสามารถพบได้ในเมล็ดธัญพืช, ถั่ว รวมทั้งผักบางชนิด ไฟเตทมีความสามารถในการจับไอออนที่มีประจุสองบวก ทำให้มีผลยับยั้งการดูดซึมสังกะสีในคน โดยอัตราส่วนต่อโมลระหว่างไฟเตทและสังกะสีในอาหารที่มีผลต่อการดูดซึมสังกะสีมีค่าอยู่ในช่วง 6-10 และที่อัตราส่วนต่อโมลเท่ากับ 15 ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซึมสังกะสีลดลงร้อยละ 15 แต่อย่างไรก็ตาม แหล่งและปริมาณของโปรตีนในอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนจากเนื้อสัตว์ มีส่วนช่วยให้การดูดซึมสังกะสีดีขึ้น

2.2 บทบาทของสังกะสี^{4,7}

สังกะสีเป็นส่วนประกอบของ Metalloenzyme ที่สำคัญหลายชนิด สังกะสีมีความสัมพันธ์กับระบบภูมิคุ้มกัน การเจริญเติบโต พัฒนาการของเด็กทั้งในด้านพฤติกรรมและความสามารถในการเรียนรู้ การทำงานของระบบสืบพันธุ์ การผลิตอสุจิ การทำงานของฮอร์โมนอินซูลินและไทรอยด์ การรับรส ดังนั้นสามารถแบ่งบทบาทหน้าที่สำคัญของสังกะสีออกได้เป็น 3 ด้านคือ

- การกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมี (Catalytic reaction function) สังกะสีมีส่วนช่วยในการทำงานของเอนไซม์มากกว่า 300 ชนิด ซึ่งมีบทบาทในขบวนการเมตาบอลิสมของโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก

- โครงสร้างของโปรตีน (Structural protein function) สังกะสีมีส่วนช่วยให้โปรตีนจัดโครงสร้างเป็นรูป 3 มิติ โดยจับกับกรดอะมิโนเช่น ซีสเตอีน (cysteine) หรือ ฮิสติดีน (histidine) เรียกว่า “zinc finger” หรือ “zinc motif” สามารถช่วยให้โปรตีนจับกับสารพันธุกรรมเพื่อกระตุ้นกระบวนการแสดงออกทางพันธุกรรมต่างๆ

- การควบคุมการทำงาน (Regulatory function) ควบคุมการแสดงออกของสารพันธุกรรมโดยตรงผ่านบริเวณที่เรียกว่า metal response element (MRE) บน DNA ทำให้สามารถจับปรับการสร้างโปรตีนขนถ่ายธาตุสังกะสี (Zinc transporter) โดยเฉพาะ metallothionein ที่มีส่วนสำคัญในการควบคุมการดูดซึมสังกะสีบริเวณลำไส้เล็ก

2.3 ภาวะขาดสังกะสี⁴

การขาดสังกะสีมีผลต่อการเจริญเติบโต ทำให้ร่างกายแคระแกร็น อวัยวะเพศหยุดการเจริญ การทำงานของระบบย่อยอาหาร การทำงานของตับอ่อนและเยื่อบุลำไส้ผิดปกติ ซึ่งอาจก่อให้เกิดอาการท้องเสียและติดเชื้อได้ง่าย ผู้ที่ขาดสังกะสีเรื้อรังมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลางและการทำงานของสมอง นอกจากนี้ อาจมีส่วนทำให้การรับรสเสียไปด้วย ทารกแรกเกิดที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 2500 กรัม มีความเสี่ยงต่อการขาดสังกะสี เมื่อให้สังกะสีเสริมพบว่าน้ำหนักเพิ่มขึ้น สำหรับทารกและเด็กเล็กที่มีภาวะขาดสารอาหารอย่างรุนแรง เมื่อได้รับสังกะสีเสริมเป็นประจำทุกวันเป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ พบว่าทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น สำหรับหญิงตั้งครรภ์ที่ขาดสังกะสีพบปัญหาการคลอดก่อนกำหนด ความดันโลหิตสูง ทารกในครรภ์เติบโตช้า น้ำหนักทารกแรกคลอดต่ำ และทารกเจ็บป่วยบ่อย

2.4 แหล่งของสังกะสีและปริมาณที่แนะนำให้บริโภค^{4,6}

แหล่งอาหารที่ดีของธาตุสังกะสีคือ เนื้อสัตว์ เครื่องในสัตว์ อาหารทะเล (โดยเฉพาะหอยนางรม กุ้ง ปลา) ไข่ นมและผลิตภัณฑ์ สำหรับถั่วเมล็ดแห้ง งาและธัญพืชทุกชนิด แม้จะมีปริมาณธาตุสังกะสีระดับปานกลางถึงสูง แต่พบสารไฟเตทในปริมาณสูงด้วย สารไฟเตทจะจับกับธาตุสังกะสีในอาหารและยับยั้งการดูดซึม หากบริโภคสังกะสีร่วมกับอาหารที่มีแคลเซียมและไฟเตทสูง จะพบการจับตัวของสารประกอบแคลเซียม-สังกะสี-ไฟเตทที่ไม่ละลายน้ำและร่างกายดูดซึมไม่ได้ แต่หากบริโภคอาหารโปรตีนจากสัตว์ร่วมกับสังกะสีจากพืชจะช่วยส่งเสริมการดูดซึมสังกะสีได้ ปริมาณสังกะสีที่ควรได้รับประจำวันสำหรับผู้หญิงและผู้ชายอายุ 19 ปีขึ้นไปคือ 7 และ 13 มิลลิกรัมวันตามลำดับ

3. Metabolic syndrome

Metabolic syndrome คือ กลุ่มความผิดปกติที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน และภาวะอ้วนลงพุง ความผิดปกติที่พบได้แก่ ความผิดปกติของไขมันในเส้นเลือด ความดันโลหิต ระดับน้ำตาลในเลือด ผู้ที่เป็น metabolic syndrome มักมีโอกาเสี่ยงสูงในการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2 รวมทั้งโรคหัวใจและหลอดเลือด

3.1 โรคเบาหวาน³

โรคเบาหวาน (Diabetes mellitus, DM) เป็นภาวะที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดสูง (hyperglycemia) ซึ่งเป็นผลมาจากภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลินหรือการขาดฮอร์โมนอินซูลิน สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆได้ดังนี้

- เบาหวานชนิดที่ 1 เกิดจากบริเวณ β -cell ของตับอ่อนถูกทำลาย ทำให้ไม่สามารถสร้างฮอร์โมนอินซูลินเพื่อรักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้

- เบาหวานชนิดที่ 2 เกิดจากภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลินและการหลั่งฮอร์โมนอินซูลินลดลงปัจจัยเสี่ยงของผู้ที่เป็นเบาหวานชนิดนี้คือ ผู้ที่มีความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดผิดปกติ ภาวะอ้วนและประวัติครอบครัว เป็นต้น

- เบาหวานที่เกิดขณะตั้งครรภ์ เป็นการตรวจพบครั้งแรกในระหว่างตั้งครรภ์ โดยที่ผู้ป่วยไม่มีประวัติเป็นโรคเบาหวานมาก่อน สาเหตุเกิดจากภาวะการดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน

- เบาหวานที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆ โรคของตับอ่อน การได้รับยาหรือสารเคมีบางชนิด การติดเชื้อ ความผิดปกติของภูมิคุ้มกัน ความผิดปกติทางพันธุกรรมเช่น โรคดาวน์ซินโดรม (Down syndrome)

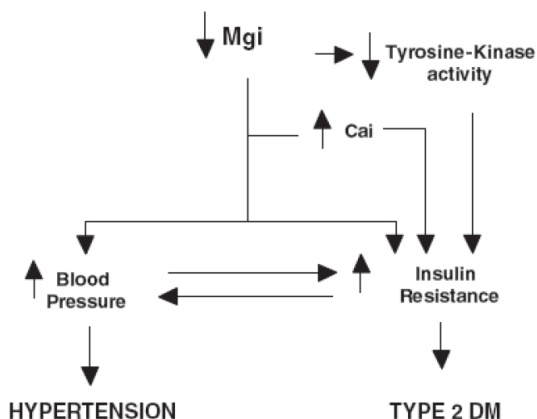
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแมกนีเซียมและโรคเบาหวาน³

การศึกษาทางระบาดวิทยาพบความสัมพันธ์แบบผกผัน (inverse relationship) ระหว่างปริมาณแมกนีเซียมที่ได้รับจากอาหารและความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวาน กลไกการตอบสนองของการขาดแมกนีเซียมต่อการเกิดโรคเบาหวานยังไม่ทราบแน่ชัด แต่พบว่ามี mốiเกี่ยวข้องกับภาวะการดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน โรคเบาหวานเกิดขึ้นจากการขาดสมดุลของแมกนีเซียมภายในเซลล์โดยความไม่สมดุลระหว่างแมกนีเซียมและแคลเซียม ทำให้ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์ tyrosine kinase ซึ่งมีผลกระทบต่อให้เกิดภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน ดังเช่นการศึกษาของ Takaya และคณะ⁸ โดยให้ฮอร์โมนอินซูลินปริมาณ 100 mU/ml ใน

เด็กที่มีภาวะอ้วนและผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 และ 2 พบว่า สามารถช่วยเพิ่มความเข้มข้นของแมกนีเซียมภายในร่างกายให้สูงขึ้นได้

ภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังของโรคเบาหวานเกิดขึ้นจากส่วนประกอบต่างๆของเซลล์ในร่างกายมีความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสสูง ซึ่งส่งผลกระทบต่อหลอดเลือดขนาดใหญ่และเล็ก มีส่วนกระตุ้นให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบหลอดเลือดและหัวใจ โรคแทรกซ้อนทางระบบประสาท ทางตา และไตได้ การศึกษาของ Abou-Seif และ Youssef⁹ พบว่า ผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเลือดต่ำมีส่วนกระตุ้นให้เกิดภาวะแทรกซ้อนเรื้อรังขึ้นได้แก่ โรคหัวใจขาดเลือด โรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูง และความดันโลหิตสูง รวมทั้งอาจมีผลต่อการเกิด metabolic syndrome

Paolisso และ Barbagallo² ได้เสนอสมมติฐานว่า ปริมาณแมกนีเซียมภายในเซลล์ที่น้อยลง มีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์ tyrosine kinase ซึ่งส่งผลกระทบทำให้เซลล์สามารถใช้กลูโคสได้น้อยลง ก่อให้เกิดความดันโลหิตสูงและเกิดภาวะดื้อฮอร์โมนอินซูลินเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 1 นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาพบว่า ปริมาณแมกนีเซียมที่ได้รับจากอาหารมีส่วนสัมพันธ์โดยตรงกับ HDL-cholesterol¹⁰



ภาพที่ 1 สมมติฐานภาวะขาดแมกนีเซียมในเซลล์ซึ่งอาจเป็นตัวกลางความสัมพันธ์ระหว่างภาวะดื้อฮอร์โมนอินซูลิน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และความดันโลหิตสูง²

การได้รับแมกนีเซียมมีส่วนช่วยปรับปรุงระดับกลูโคสและการออกซิเดชันกลูโคสในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 โดยพบว่าผู้ป่วยเบาหวานที่ได้รับน้ำที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูง จะช่วยเพิ่มปริมาณของแมกนีเซียมในเลือดและลดภาวะดื้อฮอร์โมนอินซูลิน

การศึกษาของ Bo และคณะ¹¹ ซึ่งได้ทำการประเมินแบบภาคตัดขวางระหว่างแมกนีเซียมในอาหารและรูปแบบของเมตาบอลิซึมในเด็กแรกเกิดน้ำหนักน้อยเด็กปฐมวัย (อายุ 2-6 ปี) พบว่าปริมาณของแมกนีเซียมลดลงเมื่อปริมาณของน้ำตาลกลูโคสเพิ่มขึ้น รวมทั้งการได้รับใยอาหารลดลงเมื่อเกิดภาวะดื้อต่อฮอร์โมนอินซูลิน

3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสังกะสีและโรคเบาหวาน⁵

สังกะสีเป็นส่วนประกอบของฮอร์โมนอินซูลิน ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคเบาหวาน ปริมาณของสังกะสีในเลือดมีผลต่อชนิดของโรคเบาหวาน โดยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่ามีปริมาณของสังกะสีในเลือดลดลงจากสภาวะปกติ ในขณะที่โรคเบาหวานชนิดที่ 1 มีปริมาณของสังกะสีในเลือดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจาก β -cell ของตับอ่อนถูกทำลายโดย diabetogenic substance เช่น alloxan หรือ streptozotocin แต่

อย่างไรก็ตาม ปริมาณของสังกะสีในเลือดอาจขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเป็นโรคเบาหวาน ซึ่งพบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 1 และ 2 กับปริมาณสังกะสีในเลือดเป็นลักษณะผกผันกัน แนวโน้มปริมาณสังกะสีที่แตกต่างกันระหว่างโรคเบาหวานชนิดที่ 1 และ 2 อาจเป็นผลมาจากปริมาณของสังกะสีในเนื้อเยื่อต่างๆมีความแตกต่างกัน ดังเช่น Takita และคณะ¹² ได้ทำการศึกษาในหนู Goto-Kakizaki ซึ่งใช้เป็นแบบหนูทดลองสำหรับโรคเบาหวานชนิดที่ 2 พบว่า ระดับของสังกะสีในไต อ้วนทะและไขมันอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่ม้าม ตับอ่อนและต่อมลูกหมากมีระดับของสังกะสีสูง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สังกะสีเกิดการแพร่กระจายใหม่ในร่างกายระหว่างที่เป็นโรคเบาหวาน สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 1 ซึ่งพบว่าปริมาณสังกะสีที่ถูกขับออกมาทางปัสสาวะเพิ่มขึ้น อาจเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของสังกะสีในเนื้อเยื่อซึ่งเป็นผลมาจากฮอร์โมนอินซูลิน ดังนั้นอาจสันนิษฐานได้ว่าฮอร์โมนอินซูลินไม่ได้มีผลกระทบต่อระดับน้ำตาลกลูโคสในเลือดเท่านั้น แต่อาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสังกะสีในปัสสาวะและเลือด รวมทั้งยังส่งผลต่อปริมาณสังกะสีในเนื้อเยื่อต่างๆอีกด้วย ดังเช่นการศึกษาปริมาณของสังกะสีในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานเปรียบเทียบกับบุคคลปกติที่ได้รับน้ำตาลกลูโคสพบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีปริมาณสังกะสีลดลงเช่นเดียวกัน^{13,14} จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมตาบอลิซึมของสังกะสีมีผลกระทบต่อผู้ป่วยเบาหวานในลักษณะผกผัน ดังนั้นสภาวะของสังกะสีที่เหมาะสมต่อร่างกายมีส่วนช่วยบำบัดโรคเบาหวานได้

การประเมินภาวะแมกนีเซียมและสังกะสีในประชากรประกอบด้วย การศึกษาการได้รับอาหารของประชากร การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการในอาหารที่ได้มาจากแหล่งผลิตต่างๆ การเปรียบเทียบการได้รับปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีกับความต้องการของร่างกาย ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะถูกนำมาวิเคราะห์หาความเสี่ยงของการได้รับปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีว่าเพียงพอกับความต้องการของร่างกายหรือไม่

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหารต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหาร
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหารตามแหล่งจำหน่าย

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ทบทวนองค์ความรู้เรื่องปริมาณธาตุสังกะสี แมกนีเซียม

2. การคัดเลือกตัวอย่างอาหาร

2.1 คัดเลือกตัวอย่างอาหารที่ประชาชนบริโภคและมีวางจำหน่ายทั่วไปในตลาดสด และห้างสรรพสินค้าจำนวน 30 ชนิด แบ่งออกเป็น 5 ประเภทได้แก่ ผัก 15 ชนิด (มะระจีน บร็อกโคลี่ ฟักทอง หอมหัวใหญ่ กะหล่ำดอก กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด ผักกาดแก้ว คอส เรดโอ๊ค ลูกฟักแม้ว บวบเหลี่ยม ต้นหอม และยอดฟักแม้ว) ปลา 4 ชนิด (ปลาโอ ปลากะพงขาว ปลาเก๋า และปลาทับทิม) เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด (เนื้อแพะ เลือดไก่สุก ตับไก่ เลือดเป็ดสุก และเนื้อควาย) นมและผลิตภัณฑ์จากนม 4 ชนิด (นมรสจืด นมรสจืด 0% ไขมัน โยเกิร์ตธรรมชาติ โยเกิร์ต 0% ไขมัน) และถั่วเมล็ดแห้ง 2 ชนิด (ถั่วเหลืองและถั่วลันเตา)

2.2 เก็บตัวอย่างในเดือนตุลาคม 2552-พฤษภาคม 2553 โดยเก็บตัวอย่างแต่ละชนิดจากแหล่งจำหน่าย 4 แหล่งประกอบด้วย ตลาด 2 แห่ง (ตลาดตอก.และตลาดนนทบุรี) และห้างสรรพสินค้า 2 แห่ง (ห้างเดอะมอลล์งามวงศ์วานและห้างเซ็นทรัล รัตนาธิเบศร์) โดยแต่ละแหล่งจำหน่ายดำเนินการเก็บตัวอย่างแต่ละชนิดคือ ผัก 2 กิโลกรัม ปลา 2 กิโลกรัม เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ 1 กิโลกรัม นมและผลิตภัณฑ์ 5 บรรจุภัณฑ์ ถั่วเมล็ดแห้ง 1 กิโลกรัม

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1 บันทึกรายละเอียดตัวอย่างอาหารแต่ละชนิด เช่น ขนาด น้ำหนัก ราคาและแหล่งที่ซื้อ

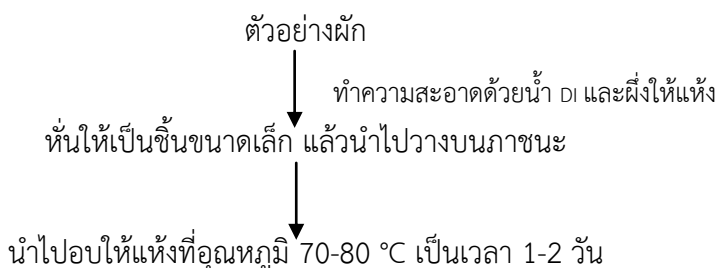
3.2 แบ่งตัวอย่างอาหาร 30 ชนิดออกเป็น 2 กลุ่มคือ

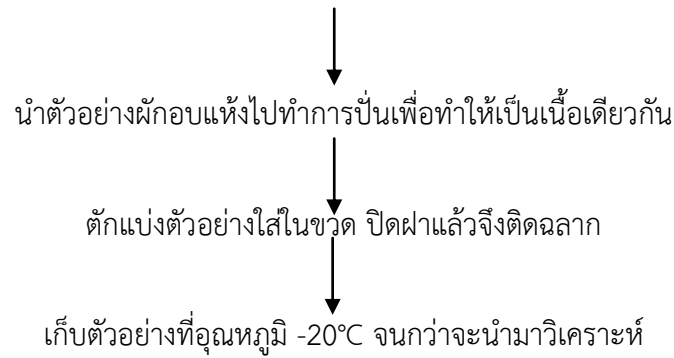
3.2.1 ตัวอย่างผักและปลาได้แก่ มะระจีน บร็อกโคลี่ ฟักทอง หอมหัวใหญ่ กะหล่ำดอก กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด ผักกาดแก้ว คอส เรดโอ๊ค ปลาโอ ปลากะพง และปลาเก๋า ปั่นตัวอย่างแต่ละชนิดแยกตามแหล่งจำหน่าย เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหารตามแหล่งจำหน่าย

3.2.2 ตัวอย่างผักและปลาบางชนิด เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ นมและผลิตภัณฑ์ และถั่วเมล็ดแห้ง นำตัวอย่างจากทั้ง 4 แหล่งมาผสมรวมให้เป็นตัวอย่างเดียวกัน

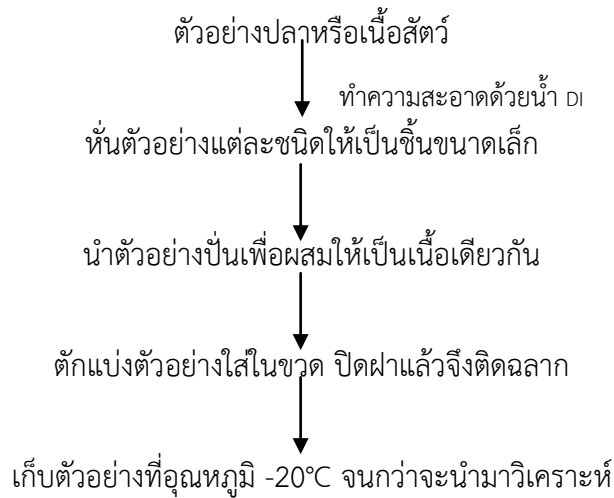
3.3 ขั้นตอนการเตรียมแต่ละประเภท

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างผัก





3.3.2 การเตรียมตัวอย่างประเภทปลาหรือเนื้อสัตว์



3.3.3 การเตรียมตัวอย่างประเภทนมและผลิตภัณฑ์



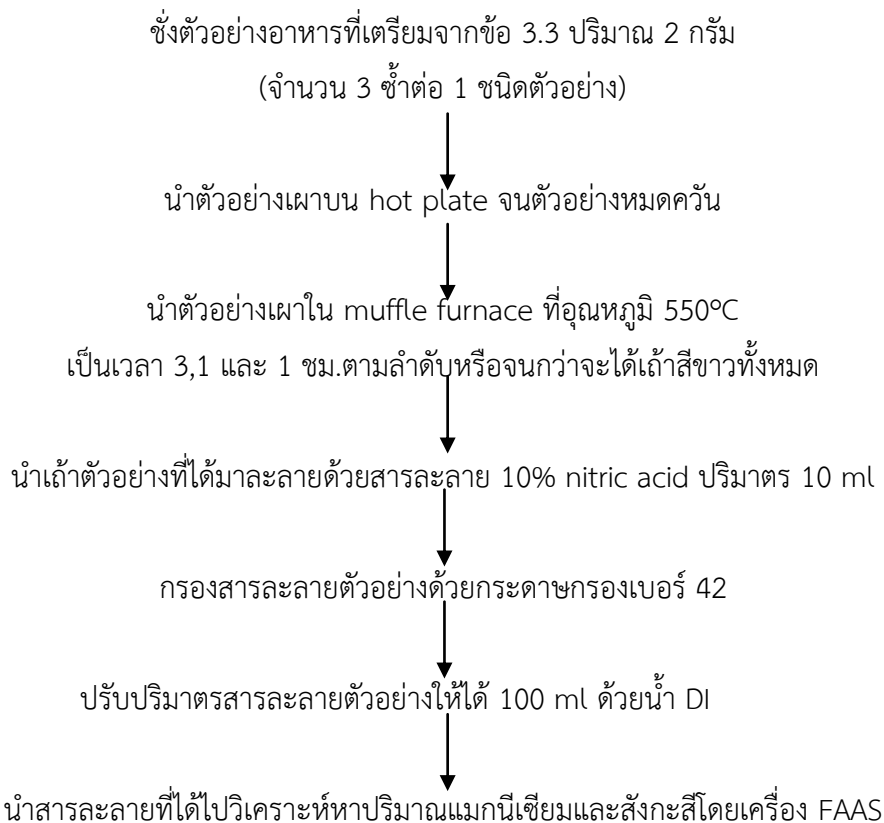
3.3.4 การเตรียมตัวอย่างถั่วเมล็ดแห้ง



4. วิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

4.1 วิเคราะห์น้ำในอาหารโดยวิธี drying method (AOAC 990.20)

4.2 วิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometric Method ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้



4.3 การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

4.3.1 การคำนวณ % recovery

4.3.2 การใช้ แป้งถั่วเหลืองเป็น In-house QC sample

5. การวิเคราะห์สถิติ

5.1 แสดงผลในรูปแบบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean±SD)

5.2 ข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในตัวอย่างอาหารตามแหล่งที่มาของอาหารโดยใช้ multiple comparison : LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

6. รวบรวมผลการวิเคราะห์และจัดทำรายงาน

บทที่ 4 ผลการศึกษา

1. ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในตัวอย่างอาหาร

การศึกษาปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในตัวอย่างอาหาร 30 ชนิด พบว่าปริมาณแมกนีเซียมในตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 3.07 – 219.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยถั่วเหลืองมีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุดคือ 219.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาได้แก่ ถั่วลิสง ปลาโอ ยอดผักแม้ว ปลาเก๋า และปลากะพง ซึ่งมีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 211.44, 30.76, 29.36, 27.82 และ 26.71 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ขณะที่เลือดไก่สุกมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำสุดคือ 3.07 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเมื่อคิดต่อหนึ่งหน่วยบริโภคพบว่า ถั่วเหลืองมีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 65.90 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 18.83 ของ RDI ขณะที่เลือดเปิดสุกเท่ากับ 0.20 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 0.06 ของ RDI (ตารางที่ 1)

ปริมาณสังกะสีในตัวอย่างอาหารแต่ละชนิดมีค่าอยู่ในช่วง 0.13-4.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ปริมาณสังกะสีสูงสุดพบได้ในเนื้อแพะซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.57 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาได้แก่ ถั่วเหลือง เนื้อควาย ถั่วลิสง และตับไก่ โดยมีปริมาณสังกะสีเท่ากับ 3.82, 2.86, 2.82 และ 2.39 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณสังกะสีต่ำสุดพบได้ในลูกผักแม้ว ซึ่งเมื่อคิดต่อหนึ่งหน่วยบริโภคพบว่า ปริมาณสังกะสีในเนื้อแพะเท่ากับ 0.69 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 4.60 ของ RDI ขณะที่ลูกผักแม้วเท่ากับ 0.05 มิลลิกรัม คิดเป็นร้อยละ 0.33 ของ RDI (ตารางที่ 2)

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า อาหารประเภทถั่วมีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุด โดยมีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 214.72 ± 5.10 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาได้แก่ อาหารประเภทปลา (28.10 ± 2.93 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) อาหารประเภทเนื้อสัตว์มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำสุด (11.01 ± 7.81 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ขณะที่อาหารประเภทผัก นมและผลิตภัณฑ์จากนม มีปริมาณแมกนีเซียมที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณสังกะสีพบสูงสุดในอาหารประเภทถั่ว โดยมีปริมาณเท่ากับ 3.32 ± 0.58 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม รองลงมาได้แก่ อาหารประเภทเนื้อสัตว์ (2.11 ± 1.70 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) สำหรับอาหารประเภท ผัก ปลาและ นมและผลิตภัณฑ์จากนม พบว่ามีปริมาณสังกะสีไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามพบว่าอาหารประเภทผักมีปริมาณสังกะสีต่ำสุดคือ 0.26 ± 0.13 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 1 ปริมาณแมกนีเซียมในอาหาร

ชนิดของอาหาร	ปริมาณน้ำ	ปริมาณแมกนีเซียม		ร้อยละของ RDI
	(g/ 100g)	(mg/ 100g)	(mg/serving)	
<u>ผัก</u>				
1. มะระจีน	94.03	15.94	6.38	1.82
2. บร็อกโคลี่	86.85	20.89	8.36	2.39
3. ฟักทอง	91.30	18.51	7.40	2.11
4. หอมหัวใหญ่	93.10	8.59	3.44	0.98
5. กะหล่ำดอก	86.60	15.42	6.17	1.76
6. กรีนโอ๊ค	95.17	12.21	4.88	1.39
7. บัตเตอร์เฮด	95.44	13.07	5.23	1.49
8. ผักกาดแก้ว	95.90	6.40	2.56	0.73
9. คอส	94.23	13.02	5.21	1.49
10. เรดโอ๊ค	95.24	16.72	6.69	1.91
11. ลูกผักเฒ่า	93.55	9.61	3.84	1.10
12. บวบเหลี่ยม	95.54	10.42	4.17	1.19
14. ต้นหอม	89.48	17.60	7.04	2.01
15. ยอดผักเฒ่า	92.86	29.36	11.74	3.35
<u>ปลา</u>				
16. ปลาโอ	73.02	30.76	4.61	1.32
17. ปลากะพงขาว	76.46	26.71	4.01	1.15
18. ปลาเก๋า	79.76	27.82	4.17	1.19
19. ปลาหีบทิ้ม	77.85	26.39	3.96	1.13
<u>เนื้อสัตว์</u>				
20. เนื้อแพะ	79.38	16.84	2.53	0.72
21. เลือดไก่สุก	88.96	3.07	0.33	0.09
22. ตับไก่	76.00	14.75	0.25	0.07
23. เลือดเป็ดสุก	86.84	4.82	0.20	0.06
24. เนื้อควาย	77.11	22.66	3.40	0.97

ตารางที่ 1(ต่อ) ปริมาณเฉลี่ยของน้ำ แมกนีเซียมและสังกะสีในอาหาร

ชนิดของอาหาร	ปริมาณน้ำ	ปริมาณแมกนีเซียม		ร้อยละของ RDI
	(g/ 100g)	(mg/ 100g)	(mg/serving)	
<u>นมและผลิตภัณฑ์จากนม</u>				
นม				
25. นมรสจืด	87.77	11.96	23.92	6.83
26. นมรสจืด 0% ไขมัน	90.02	13.17	26.34	7.53
27. โยเกิร์ตธรรมชาติ	77.65	15.72	31.44	8.98
28. โยเกิร์ต 0% ไขมัน	78.00	17.72	22.08	6.31
<u>ถั่วเมล็ดแห้ง</u>				
29. ถั่วเหลือง	9.21	219.65	65.90	18.83
30. ถั่วลิสง	6.53	211.44	63.43	18.12

หมายเหตุ - หนึ่งหน่วยบริโภคของผักเท่ากับ 1 ถัฟฟี่หรือ 40 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของปลาและเนื้อสัตว์เท่ากับ 1 ช้อนกินข้าวหรือ 15 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของนมเท่ากับ 1 แก้วหรือ 200 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของโยเกิร์ตเท่ากับ 1 ถ้วยหรือ 150 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของถั่วเท่ากับ 30 กรัม

-ปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDI) ของแมกนีเซียมเท่ากับ 350 มิลลิกรัม

ตารางที่ 2 ปริมาณสังกะสีในอาหาร

ชนิดของอาหาร	ปริมาณน้ำ		ปริมาณสังกะสี		ร้อยละของ RDI
	(g/ 100g)	(mg/ 100g)	(mg/serving)	(mg/serving)	
<u>ผัก</u>					
1. มะระจีน	94.03	0.22	0.09		0.60
2. บร็อกโคลี่	86.85	0.54	0.22		1.47
3. ฟักทอง	91.30	0.17	0.07		0.47
4. หอมหัวใหญ่	93.10	0.19	0.08		0.53
5. กะหล่ำดอก	86.60	0.27	0.11		0.73
6. กรีนโอ๊ค	95.17	0.21	0.08		0.53
7. บัตเตอร์เฮด	95.44	0.23	0.09		0.60
8. ผักกาดแก้ว	95.90	0.18	0.07		0.47
9. คอส	94.23	0.28	0.11		0.73
10. เรดโอ๊ค	95.24	0.23	0.09		0.60
11. ลูกผักเฒ่า	93.55	0.13	0.05		0.33
12. บวบเหลี่ยม	95.54	0.20	0.08		0.53
14. ต้นหอม	89.48	0.35	0.14		0.93
15. ยอดผักเฒ่า	92.86	0.58	0.23		1.53
<u>ปลา</u>					
16. ปลาโอ	73.02	0.65	0.10		0.67
17. ปลากะพงขาว	76.46	0.33	0.05		0.33
18. ปลาเก๋า	79.76	0.25	0.04		0.27
19. ปลาหีบต้ม	77.85	0.20	0.03		0.20
<u>เนื้อสัตว์</u>					
20. เนื้อแพะ	79.38	4.57	0.69		4.60
21. เลือดไก่สุก	88.96	0.19	0.03		0.20
22. ตับไก่	76.00	2.39	0.36		2.40
23. เลือดเป็ดสุก	86.84	0.20	0.03		0.20
24. เนื้อควาย	77.11	2.86	0.43		2.87

ตารางที่ 2(ต่อ) ปริมาณสังกะสีในอาหาร

ชนิดของอาหาร	ปริมาณน้ำ	ปริมาณสังกะสี		ร้อยละของ RDI
	(g/ 100g)	(mg/ 100g)	(mg/serving)	
<u>นมและผลิตภัณฑ์จากนม</u>				
25. นมรสจืด	87.77	0.42	0.84	5.60
26. นมรสจืด 0% ไขมัน	90.02	0.30	0.60	4.00
27. โยเกิร์ตธรรมชาติ	77.65	0.41	0.82	5.47
28. โยเกิร์ต 0% ไขมัน	78.00	0.63	0.95	6.33
<u>ถั่วเมล็ดแห้ง</u>				
29. ถั่วเหลือง	9.21	3.82	1.15	7.67
30. ถั่วลิสง	6.53	2.82	0.85	5.67

หมายเหตุ - หนึ่งหน่วยบริโภคของผักเท่ากับ 1 ถัฟฟี่หรือ 40 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของปลาและเนื้อสัตว์เท่ากับ 1 ช้อนกินข้าวหรือ 15 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของนมเท่ากับ 1 แก้วหรือ 200 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของโยเกิร์ตเท่ากับ 1 ถ้วยหรือ 150 กรัม, หนึ่งหน่วยบริโภคของถั่วเท่ากับ 30 กรัม
-ปริมาณที่แนะนำต่อวัน (Thai RDI) ของสังกะสีเท่ากับ 15 มิลลิกรัม

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในอาหารแต่ละประเภท

ประเภทของอาหาร	ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	ปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)
ผัก	0.26±0.13 ^c	14.38±5.30 ^c
ปลา	0.37±0.27 ^c	28.10±2.93 ^b
เนื้อสัตว์	2.11±1.70 ^b	11.01±7.81 ^d
นมและผลิตภัณฑ์จากนม	0.44±0.13 ^c	14.64±2.39 ^c
ถั่ว	3.32±0.58 ^a	214.72±5.10 ^a

2. เปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีตามแหล่งจำหน่าย

ศึกษาความแตกต่างของปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีจากแหล่งจำหน่าย จากตัวอย่าง 13 ชนิดซึ่งได้แก่ มะระจีน บร็อคโคลี่ ฟักทอง หอมหัวใหญ่ กะหล่ำดอก กรีนโอ๊ค บัตเตอร์เฮด ผักกาดแก้ว คอส เรดโอ๊ค ปลาโอ ปลากระพง และปลาเก๋า ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแหล่งของตัวอย่างไม่มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียม ($P > 0.05$) แต่มีผลต่อปริมาณของสังกะสี ($P < 0.05$) โดยพบว่าปริมาณสังกะสีที่ได้จากห้างสรรพสินค้า 1 มีปริมาณสังกะสีสูงกว่าแหล่งเก็บตัวอย่างอีก 3 แหล่ง

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในตัวอย่างอาหารตามแหล่งจำหน่าย

แหล่งที่มา	ปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)		ปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัม/ 100 กรัม)	
	ช่วงค่า	Mean \pm SD	ช่วงค่า	Mean \pm SD
ตลาดสด 1	7.08-29.32	17.02 \pm 6.55	0.15-0.52	0.24 \pm 0.10 ^b
ตลาดสด 2	5.37-33.71	18.02 \pm 8.49	0.11-0.56	0.27 \pm 0.14 ^b
ห้างสรรพสินค้า 1	6.14-30.62	16.73 \pm 7.42	0.19-1.19	0.37 \pm 0.26 ^a
ห้างสรรพสินค้า 2	4.82-33.71	16.30 \pm 7.07	0.10-0.44	0.24 \pm 0.10 ^b

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่าปริมาณของแมกนีเซียมและสังกะสีมีความแตกต่างกันตามชนิดและประเภทของอาหาร โดยปริมาณแมกนีเซียมพบสูงสุดในถั่วเมล็ดแห้ง และต่ำสุดในอาหารประเภทเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ปริมาณสังกะสีพบสูงสุดในถั่วเมล็ดแห้ง รองลงมาคือเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ และพบต่ำสุดในอาหารประเภทผัก นอกจากนี้ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีสูงสุดในอาหารแต่ละประเภทคือ ประเภทผักได้แก่ยอดผักแม้วและบร็อคโคลี่ ประเภทปลาได้แก่ ปลาโอ ประเภทนมและผลิตภัณฑ์จากนมได้แก่ โยเกิร์ตขาดไขมัน สำหรับอาหารประเภทเนื้อสัตว์พบว่า เนื้อควายมีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุด ขณะที่เนื้อแพะมีปริมาณสังกะสีสูงสุด

ปริมาณของแมกนีเซียมและสังกะสีที่แตกต่างกันอาจขึ้นอยู่กับ ปริมาณของแมกนีเซียมและสังกะสีที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมบริเวณแหล่งผลิต เช่น ดิน ปุ๋ย¹⁷ ในการศึกษาครั้งนี้ปริมาณแมกนีเซียมในตัวอย่างนมรสจืด ถั่วเหลืองและบร็อคโคลี่มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในประเทศฝรั่งเศสและมาเลเซีย (ตารางที่ 5) สำหรับปริมาณสังกะสีในนมรสจืดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ ในขณะที่โยเกิร์ตธรรมชาติค่าที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยจากประเทศอังกฤษแต่น้อยกว่าประเทศเดนมาร์ก ปริมาณสังกะสีในถั่วเหลืองพบว่ามีค่าสูงกว่างานวิจัยจากประเทศเดนมาร์กแต่น้อยกว่าประเทศอังกฤษ ขณะที่ในถั่วลิสงพบว่ามีปริมาณสังกะสีสูงกว่างานวิจัยจากประเทศชิลีแต่น้อยกว่าประเทศอังกฤษ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบปริมาณแมกนีเซียม (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ในตัวอย่างอาหารบางชนิดที่ศึกษาในครั้งนี้นี้กับงานวิจัยต่างๆ

ชนิดของอาหาร	การศึกษาครั้งนี้	ฝรั่งเศส ¹⁵	มาเลเซีย ¹⁶
นมรสจืด	11.96	12.0	-
ถั่วเหลือง	219.65	-	228.02
บร็อคโคลี่	20.89	-	29.85

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบปริมาณสังกะสี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) ในตัวอย่างอาหารบางชนิดที่ศึกษาในครั้ง
นี้กับงานวิจัยต่างๆ

ชนิดของอาหาร	การศึกษาครั้งนี้	เดนมาร์ก ¹⁷	อังกฤษ ¹⁷	ชิลี ¹⁸
นมรสจืด	0.42	0.42	0.40	0.36
โยเกิร์ตธรรมชาติ	0.41	-	-	0.32
ถั่วเหลือง	3.82	1.00	4.30	-
ถั่วลิสง	2.82	-	3.50	2.89

จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ถั่วเมล็ดแห้งเป็นแหล่งที่มีแมกนีเซียมและสังกะสีสูง แต่อาจไม่ใช่แหล่งที่ดี เนื่องจากมีใยอาหารและไฟเตทสูงซึ่งอาจจะไปขัดขวางการดูดซึมแมกนีเซียมและสังกะสีได้ จึงควรเลือกแหล่งอาหารอื่นๆร่วมด้วย เช่น ปลาและเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามอาหารแต่ละชนิดประกอบด้วยสารอาหารในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังนั้นการรับประทานอาหารที่หลากหลายจะช่วยให้ได้รับปริมาณแร่ธาตุและสารอาหารต่างๆที่เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

เอกสารอ้างอิง

1. Vormann J: Magnesium: nutrition and metabolism. *Mol Aspects Med* 2003; 24: 27-37.
2. Paolisso G, Barbagallo M: Hypertension, diabetes mellitus and insulin resistance. The role of intracellular magnesium. *Am J Hypertens* 1997; 10(3): 346-355.
3. Sales CH, Pedrosa LFC: Magnesium and diabetes mellitus: their relation. *Clin Nutr* 2006; 25: 554-562.
4. คณะกรรมการจัดทำข้อกำหนดสารอาหารที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย: ปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย พ.ศ. 2546. แก้ไขครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2546.
5. Jansen J, Karges W, Rink L: Zinc and diabetes-clinical links and molecular mechanisms. *J Nutr Biochem* 2009; 20: 399-417.
6. WHO, FAO: Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd ed. 2004; 230-243.
7. วรนนท์ ศุภพิพัฒน์: อาหาร โภชนาการ และสารเป็นพิษ. กรุงเทพฯ, แสงการพิมพ์, 2538: 129.
8. Takaya J, Higashino H, Kotera F, Kobayashi Y. Intracellular magnesium of platelet in children with diabetes and obesity. *Metabolism* 2003; 52(4): 468-471.
9. Abou-Seif M, Youssef AA. Evaluation of some biochemical changes in diabetic patients. *Clin Chim Acta* 2004; 346:161-170.
10. Ma J, Folsonm AR, Melnick SL, Eckfeldt JH, Sharret Ar, Nabulsi AA, et al. Association of serum and dietary magnesium with cardiovascular disease, hypertension, diabetes, insulin and carotoid arterial wall thickness: the ARIC study. *J Clin Epidemiol* 1995; 48(7): 927-940.
11. Bo S, Bertino E, Trapani A, Rossana B, Michieli FD, Gambino R, et al. Magnesium intake, glucose and insulin serum levels in pre-school very-low-birth weight pre-term children. *Nutr Metabol Cardiovasc Dis* 2007; 17:741-747.
12. Takita S, Wakamoto Y, Kunitsugu I, Sugiyama S, Okuda M, Houbara T. Altered tissue concentration of minerals in spontaneous diabetic rats (Goto-Kakizaki rats). *J Toxicol Sci* 2004; 29(3): 195-199.
13. Pedrosa LFC, Ferreira SRG, Cesarini PR, Cozzolino SMF. Influence of glycemic control on zinc urinary excretion in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 1999; 22(2): 362-363.
14. Davies IJ, Musa M, Dormandy TL. Measurements of plasma zinc: In health and disease. *J Clin Pathol* 1968; 21(3): 359-363.

15. Chekri R, Noël L, Millour S. et al. Calcium, magnesium, sodium and potassium levels in foodstuffs from the second French Total Diet Study. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2012; 25: 97–107
16. Siong TE, Noor MI, Azudin MN and Idris K. 1997. Nutrient composition of Malaysian foods. 4th edition. Kuala Lumpur. A&S Cetak Sdn Bhd.
17. Scherz H, Kirchhoff E. Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods-A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *J Food Comp Anal* 2006; 19: 420-433.
18. Olivares M, Pizarro F, Pablo S, Araya M, Uauy R. Iron, zinc and copper: contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. *Nutr* 2004; 20: 205-212