วันที่รับบทความ : 26/11/2564
วันแก้ไขบทความ : 21/01/2565
วันตอบรับบทความ : 21/01/2565

วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Journal of Allied Health Sciences Suan Sunandha Rajabhat University

การศึกษาปริมาณสังกะสี แมงกานีส และแคดเมียมในข้าวสารจากตลาดข้าวในภาคกลางของประเทศไทย และการประเมินการรับสัมผัส

รัตนา ปานเรียนแสน[1*], ณัษฐา กิจประเทือง[1], ปริศนา เพียรจริง[2], ดุษฎี เจริญสุข[2]

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพและความงาม วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา[1]
สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา[2]
E-mail: rattana.pa@ssru.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของแร่ธาตุที่จำเป็นอันได้แก่ สังกะสี (Zn) และ แมงกานีส (Mn) และโลหะที่เป็นพิษ คือ แคดเมียม (Cd) ในเมล็ดข้าวสารที่เก็บรวบรวมมาจากตลาดในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย อันได้แก่ จังหวัดพิจิตร ชัยนาท นนทบุรี และนครปฐม นอกจากนี้ทำการศึกษาในข้าวญี่ปุ่นที่วางขายในห้างสรรพสินค้าจังหวัดนครปฐมการประเมินการได้รับสารสังกะสี แมงกานีส และแคดเมียมที่ปนเปื้อนในข้าวต่อวัน (EDI) จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อประเมินอัตราการรับสัมผัส ผลการศึกษาพบว่าข้าวที่เก็บตัวอย่างมาแบ่งได้เป็น 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวขาวเสาไห้ ข้าวขาวผสม ข้าวไรซ์เบอร์รี ข้าวกล้อง ข้าวเหนียว และข้าวญี่ปุ่น ผลการศึกษาพบว่า งานวิจัยนี้สามารถเก็บตัวอย่างข้าว ได้ทั้งหมด 26 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็น 7 กลุ่มย่อย คือ กลุ่มข้าวขาวหอมมะลิ ข้าวเสาไห้ ข้าวผสม ข้าวไรซ์เบอร์รี ข้าวกล้อง ข้าวเหนียว และข้าวญี่ปุ่น ผลการวิเคราะห์หาค่าสังกะสี และแมงกานีสด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer พบว่า ปริมาณสังกะสีเฉลี่ย และแมงกานีสเฉลี่ย พบมากที่สุดในกลุ่มข้าวกล้อง คือ 16.193±1.322 mg/kg และ 20.788±2.385 mg/kg ตามลำดับ ปริมาณของสังกะสีที่ตรวจพบในข้าวสารทั้ง 7 กลุ่มอยู่ในช่วง 6.677 -18.614 mg/kg ส่วนปริมาณของแมงกานีสที่ตรวจพบมีอยู่ในช่วง 5.404-29.750 mg/kg ค่าการปนเปื้อนของแคดเมียมเฉลี่ย พบมากในกลุ่มข้าวเหนียวคือ 0.015 ±0.016 mg/kg และปริมาณของแคดเมียมที่ตรวจพบในข้าวสารทั้ง 7 กลุ่มอยู่ในช่วง 0.001 - 0.050 mg/kg ปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดให้ข้าวสารต้องมีแคดเมียมไม่เกิน 0.4 mg/kg เมื่อประเมิน EDI จากการบริโภคข้าวใน 1 วันพบว่า การรับสัมผัสสังกะสีเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัว (BW) มีค่า 0.064 ± 0.008 - 0.092 ± 0.007 mg/kgBW/day ส่วนการรับสัมผัสแมงกานีสเฉลี่ยต่อน้ำหนักตัวมีค่าตั้งแต่ 0.035 ± 0.007 - 0.118 ± 0.013 mg/kgBW/day การรับสัมผัสแคดเมียมเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 0.005 ± 0.019 - 0.138 ± 0.083 mg/kgBW/day ค่าการรับสัมผัสสังกะสีต่อวันที่ได้จากข้าวมีค่าน้อยกว่าที่กำหนดให้ได้รับต่อวัน ในขณะที่แมงกานีสมีแนวโน้มที่จะเกินปริมาณที่กำหนด ส่วนการรับสัมผัสแคดเมียมยังไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด และไม่ก่อความเสี่ยงจากการรับสัมผัสแคดเมียมจากการบริโภคข้าวที่พบในบางพื้นที่ในประเทศ

คำสำคัญ : สังกะสี, แมงกานีส, ข้าวสาร, การประเมินการรับสัมผัส

*** ผู้ประพันธ์บรรณกิจ**

วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

Journal of Allied Health Sciences Suan Sunandha Rajabhat University

A Study of Zinc Manganese and Cadmium in Rice Grains Collected from Rice Markets at Central region of Thailand and Exposure Assessment

Rattana Panriansaen[1*], Nustha Kitprathaung[1], Prisna Pianjing[2], Dusadee Charoensuk[2]

Program of Aesthetic Health Science, College of Allied Health Science, Suan Sunandha Rajabhat University[1*]

Public Health Program, College of Allied Health Sciences, Suan Sunandha Rajabhat University[2]

E-mail: rattana.pa@ssru.ac.th[*]

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the concentrations of essential element zinc (Zn) and manganese (Mn) and toxic metal cadmium (Cd) in rice grain that was collected from rice markets in central part of Thailand including, Phichit, Chainat, Nonthaburi and Nakhonpathom province. Moreover, the Japanese rice samples that were sold in department store in Nakhonpathom were also studied. The estimate daily intake (EDI) of consumption of rice grain the contaminated with Zinc (Zn), Manganese (Mn) and cadmium (Cd) was applied in order to evaluate the exposure rate. The result of this study revealed that the 7 groups of rice sample were collected including, polish fragrant rice, polish Sowhai rice, multi-strain mixed polish rice, brown rice (rice berry), unpolished rice, sticky rice and Japanese rice. The result of Zn, Mn and Cd analysis by atomic absorption spectrophotometer showed that the average concentrations of Zn and Mn were 16.193±1.322 mg/kg and 20.788±2.385 mg/kg respectively. The highest average concentrations of Zn and Mn were found in unpolished rice samples group. The concentrations of Zn in all 7 groups of rice grain ranged from 6.667-18.614 mg/kg. The concentrations of Mn in all 7 groups of rice grain range ranged from 5.404-29.750 mg/kg. The highest average contamination of Cd was found in sticky rice group which was to be 0.015 ±0.016 mg/kg. The concentrations of Cd in all 7 groups of rice grain ranged from 0.001 - 0.050 mg/kg. The contamination of Cd in rice grain did not exceed the permissible guideline (0.4 mg/kg). When assessed the EDI values from rice consumption in one day, it was found that the average EDI values of Zn /body weight (BW) were 0.064 ± 0.008 - 0.092 ± 0.007 mg/kgBW/day. The average EDI values of Mn/BW were 0.035 ± 0.007 - 0.118 ± 0.013 mg/kgBW/day. The average EDI values of Cd/BW were 0.005 ± 0.019 - 0.138 ± 0.083 mg/kgBW/day. The obtained exposure rates of Zn

in this study were lower than one day recommendation value. However, the exposure rates of Mn exhibited the trend of exceeding the recommendation value. The exposure rates of Cd did not exceed the standard value and it did not increase the risk from exposure of Cd by consumption of rice samples that can be found in some area in the country.

Keywords: zinc, manganese, rice grains, exposure assessment

*** Corresponding Author**

บทนำ

ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในประเทศไทย เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจของคนไทย การรับประทานอาหารในแต่ละมื้อจะประกอบไปด้วยข้าว และอาหารชนิดอื่นควบคู่กันไป ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกข้าวที่สำคัญของโลก และมีข้าวหลากหลายพันธุ์ โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยผลิตข้าวได้ 31,977 ตัน และส่งออกในปีเดียวกัน 11.09 ล้านตัน โดยไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวได้เป็นลำดับที่ 5 ของโลก และเป็นประเทศหลักที่ส่งออกข้าวสู่ตลาดโลก[1] เนื่องจากข้าวเป็นอาหารหลักซึ่งคนไทยบริโภคในปริมาณถึง 50 – 60 % ของปริมาณอาหารต่าง ๆ ใน 1 วัน ข้าวจึงเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ให้สารอาหารและแร่ธาตุที่จำเป็นโดยธาตุ สังกะสี และแมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายมนุษย์ต้องการแต่น้อย และขาดไม่ได้ แต่หากได้รับในปริมาณมากจะเกิดพิษต่อเนื้อเยื่อ และอวัยวะเช่นเดียวกัน การขาดธาตุสังกะสีจะทำให้เกิดภาวะ เจริญเติบโตช้า (growth retardation)[2] ในขณะที่แมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างกระดูก การเผาผลาญไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนในร่างกายมนุษย์ การขาดแมงกานีสเป็นระยะเวลานานอาจส่งผลต่อกระบวนการเจริญเติบโตของเด็ก การเผาผลาญน้ำตาล และส่งผลต่อกระบวนการแข็งตัวของเลือดในขณะที่มีบาดแผล[3] อย่างไรก็ตามการได้รับแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้มากเกินไปอาจเกิดความเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ได้เช่นกัน โดยหากบริโภคสังกะสีในปริมาณมากอาจเกิดภาวะคลื่นไส้อาเจียนและอ่อนเพลีย ในขณะที่แมงกานีสนั้นจะเป็นพิษต่อระบบประสาทหากได้รับด้วยการสูดดมไอแมงกานีสหรือบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนแมงกานีสในปริมาณมาก[2,3] อย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกในประเทศไทยจะเป็นข้าวที่ปลูกพื้นที่นาที่มีการขังของน้ำ และมีกระบวนการหมักที่กระตุ้นสภาวะเป็นกรดในดิน และน้ำได้ง่าย อีกทั้งข้าวจะดูดแร่ธาตุขึ้นไปสะสมในส่วนต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อการเจริญเติบโต และออกรวงแร่ธาตุที่จำเป็นเช่น สังกะสี และแมงกานีสจึงสะสมในส่วนที่สำคัญ เช่น ราก ลำต้น ใบ และเมล็ดข้าว[4] สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นที่พืชต้องการเพื่อใช้ในกระบวนการสร้างเนื้อเยื่อ และการหายใจระดับเซลล์ การดูดซึมแร่ธาตุในกลุ่ม Zn^{2+} และ Mn^{2+} อาจนำพา Cd^{2+} เข้าสู่ระบบลำเลียงของพืชเนื่องจาก สังกะสี และแคดเมียมมีความคล้ายคลึงของลักษณะโครงสร้างของสารประกอบที่พบในดิน เช่น CdS และ ZnS ซึ่งเมื่อพืชจะดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ เข้าสู่เนื้อเยื่อจากดินที่มีสภาพเป็นกรด สังกะสี และแคดเมียมถูกดูดซึมได้ดีขึ้น และลำเลียงไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืชได้[4] ดังนั้นในการตรวจวัดแร่ธาตุที่จำเป็นในกลุ่ม สังกะสี และแมงกานีสในเมล็ดข้าวจึงควรตรวจสอบการปนเปื้อนแคดเมียม (Cd) เพื่อเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงความปลอดภัยของข้าวที่นำมาบริโภค นอกจากนี้มีการรายงานถึงการปนเปื้อนของธาตุบางชนิดที่พบในข้าวที่ส่งออกจากประเทศไทยไปยังต่างประเทศ โดย Al-saleh [5] รายงานเมื่อปี 2001 ว่าข้าวจากประเทศไทยจำนวน 4 ตัวอย่างมีการปนเปื้อนของแคดเมียม 13.4 ± 3.5 µg/kg โดยมีค่าระหว่าง 8.2 – 16.0 µg/kg ซึ่งแสดงให้เห็นว่าควรมีการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของโลหะหนักที่เป็นพิษโดยเฉพาะในข้าวสารเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่น และปลอดภัยต่อผู้บริโภค งานวิจัยนี้จึงทำ

การเก็บตัวอย่างข้าวสารที่วางจำหน่ายในท้องตลาดในพื้นที่ภาคกลางที่เป็นแหล่งซื้อขายข้าวสารในจังหวัดชัยนาท พิจิตร และนนทบุรี ซึ่งตัวอย่างข้าวส่วนใหญ่จะมาจากหลายแหล่งเพาะปลูก และรวบรวมมาวางขายตามแหล่งตลาดค้าข้าวเหล่านี้ นอกจากนี้เนื่องจากกระแสความต้องการบริโภคข้าวญี่ปุ่นที่เพิ่มมากขึ้นจึงได้ทำการเก็บตัวอย่างข้าวญี่ปุ่นจากห้างสรรพสินค้า แห่งหนึ่งในนครปฐมเพื่อนำมาตรวจสอบปริมาณแร่ธาตุสังกะสี แมงกานีส และแคดเมียม อีกทั้งประเมินการรับสัมผัส หรือ estimate daily intake (EDI) เพื่อเป็นการติดตามตรวจสอบข้าวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและประเมินการได้รับแร่ธาตุจากการบริโภคข้าวทั้งในและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของ สังกะสี แมงกานีส และ แคดเมียม ในข้าวสารที่มีจำน่ายในตลาดข้าวในภาคกลางของประเทศไทย และข้าวญี่ปุ่นที่วางจำหน่ายในห้างสรรพสินค้า
2. เพื่อประเมินการรับสัมผัสจากการบริโภคข้าวที่มี สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd)

ระเบียบวิธีวิจัย

ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างข้าวสารที่ทำการเพาะปลูกในประเทศไทยที่จำน่ายตามท้องตลาด โดยเก็บข้าวสารทุกประเภทที่มีจำหน่ายในพื้นที่ภาคกลางที่เป็นแหล่งจำหน่ายข้าวขนาดใหญ่ และ ศึกษาในข้าวที่นำเข้าจากต่างประเทศอันได้แก่ ข้าวญี่ปุ่น โดยซื้อจากห้างสรรพสินค้าที่วางจำหน่ายในจังหวัดนครปฐม

สถานที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างข้าวจากตลาดและห้างสรรพสินค้าใน 4 จังหวัด โดยในจังหวัดพิจิตร อำเภอตะพานหิน เก็บตัวอย่างจากตลาดตะพานหิน จังหวัดชัยนาท อำเภอเมืองจำนวน 3 ร้าน โดยเก็บตัวอย่างจากตลาดภาษีซุงจากร้านจำหน่ายข้าวสารในรูปแบบปลีก และค้าส่ง จำนวน 3 ร้าน จังหวัดนนทบุรี อำเภอบางใหญ่ เก็บตัวอย่างจากตลาดน้ำบางคูลัด และจังหวัดนครปฐม อำเภอสามพราน เก็บตัวอย่างห้างสรรพสินค้า 1 แห่ง เนื่องจากเป็นพื้นที่ขายข้าวสารแหล่งใหญ่ของภาคกลาง และมีพันธุ์ข้าวหลากหลาย ตลอดจนมีการจำหน่ายข้าวญี่ปุ่นนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น โดยระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บตัวอย่างในปี พ.ศ. 2661 – 2562

กลุ่มตัวอย่าง และการสุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างข้าวสารที่สุ่มเก็บนั้นจะสุ่มเก็บข้าวสารหลากหลายชนิด อันได้แก่ ข้าวหอมมะลิประเภทขัดขาวที่มาจากแหล่งเพาะปลูกแตกต่างกัน ข้าวหอมมะลิประเภทข้าวกล้อง ข้าวขาวขัดสีพันธุ์เสาไห้ ข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ ข้าวเหนียว ข้าวขาวผสม และข้าวญี่ปุ่น โดยสุ่มจากร้าน 3 ร้านที่เป็นร้านขนาดใหญ่ที่ซึ่งมีการจำหน่ายข้าวสารหลากหลายชนิดทั้งปลีกและส่ง และสุ่มมาครั้งละ 0.5 กิโลกรัม บรรจุใส่ถุงพลาสติกแบบซิปล็อก นำกลับไปวิเคราะห์

ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสวนดุสิต กรุงเทพมหานคร

การเตรียมตัวอย่าง และวิเคราะห์โลหะ

นำตัวอย่างข้าวไปชั่งน้ำหนัก100 กรัม และนำไปอบแห้งด้วยตู้อบ (hot air oven) ใช้เวลา 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และนำออกมาชั่งน้ำหนักจนน้ำหนักคงที่ จดบันทึกค่า นำข้าวที่อบแห้งเสร็จใส่ถุงพลาสติก และนำไปเข้าตู้ดูดความชื้น (Desiccator) เพื่อรอการย่อยในขั้นตอนต่อไป

ในการย่อยข้าวจะกระทำตามการศึกษาของ Al-saleh[5] โดยชั่งตัวอย่างข้าว 2.5 กรัม ที่ผ่านการอบแห้งใส่บีกเกอร์ แล้วเติม HNO_3 (Nitric acid 65% ของ QREC) 10 มิลลิลิตร และ $HClO_4$ (Perchloric acid 70% ของ QREC) 3 มิลลิลิตร ย่อยบน hot plate ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างย่อยหมดมีลักษณะ matrix ใสทิ้งให้เย็น นำมากรองด้วยกระดาษกรอง No.5 Diameter 110 มิลลิเมตร (Whatman) แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวด Polyethelene (PE) ขนาด120 มิลลิลิตร นำไปแช่ตู้เย็น เพื่อรอการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) SHIMADZU สำหรับการวิเคราะห์ แคดเมียม รุ่น AA-6800 และรุ่น AA-7000 สำหรับการวิเคราะห์สังกะสี และแมงกานีส

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometry จะทำการเตรียมสารละลายมาตรฐานในการจัดทำ standard curve โดยในการเตรียม standard curve ของ Zn จะเตรียมที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.2, 0.4, 0.8 และ 1 ppm โดยในการวัด Zn เครื่องวัดมีค่า limit of detection (LOD) ที่ 0.2 ppm ในการเตรียม standard curve ของ Mn จะเตรียมที่ความเข้มข้นระหว่าง 0.1, 0.4, 1 และ 2 ppm โดยในการวัด Mn เครื่องวัดมีค่า limit of detection (LOD) ที่ 0.1 ppm และ standard curve ของ Cd จะเตรียมที่ความเข้มข้นระหว่าง 1.0, 2.0 และ 4 ppb โดยในการวัด Cd เครื่องวัดมีค่า limit of detection (LOD) ที่ 0.1 ppb โดยในการวัดแต่ละครั้ง เครื่องวัดจะวัดค่าละ 3 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่าง และแสดงผลเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่าง และทำการเตรียม matrix blank ที่มีสัดส่วนของกรด HNO_3 และ $HClO_4$ เท่ากับปริมาณที่ใช้ในการย่อยตัวอย่างข้าว และเตรียมให้มีปริมาตร 50 mL เท่ากัน นำ matrix blank วิเคราะห์ทุกครั้งที่มีการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การแปลงหน่วยความเข้มข้นจากน้ำหนักแห้งไปสู่น้ำหนักเปียก

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการแปลงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำหนักแห้งของตัวอย่างเป็นโลหะหนักในน้ำหนักเปียกของข้าว โดยวิธีการแปลงหน่วยความเข้มข้นจากน้ำหนักแห้งไปสู่น้ำหนักเปียก โดยหาค่า conversion factor หรือ CF ใช้ตามการศึกษาของ Yang และ Miyazaki [6] โดยมีรายละเอียดดังนี้

conversion factor หรือ
CF = 1- (ค่าเฉลี่ยความชื้นในตัวอย่าง/100)

เมื่อ ความชื้นในตัวอย่าง = 100 x [(น้ำหนักเปียก – น้ำหนักแห้ง) /น้ำหนักเปียก]

ประเมินการรับสัมผัสโลหะหนัก

การประเมินการรับสัมผัสสารในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการประเมิน ค่า Estimate Daily Intake (EDI) เป็นค่าที่จะแสดงให้เห็นถึงปริมาณของโลหะหนักที่มนุษย์สามารถที่จะรับสัมผัสหรือรับประทานเข้าสู่ร่างกายได้ใน 1 วัน ดังสมการ[7]

$$EDI = [C_{food} \times \text{Intake rate}] / \text{body weight}$$

เมื่อ C_{food} = ความเข้มข้นของสารในเมล็ดข้าว (mg/kg_{food})
Intake rate = อัตราการบริโภคข้าวสารต่อวันของคนไทย โดยกำหนดว่า คนไทยบริโภคข้าวสาร 285 กรัมข้าวสารต่อวัน[8]
BW = น้ำหนักของร่างกาย (กก.น้ำหนักตัว) คือ 50 กิโลกรัม ใช้การศึกษาของ Agusa และ คณะ[9]

การตรวจสอบความถูกต้องการตรวจวัดปริมาณโลหะหนัก

งานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจวัดโลหะหนักแต่ละชนิดโดยใช้การทำกระบวนการทดสอบ % recovery โดยเติมสารมาตรฐานโลหะหนัก Zn และ Mn ที่ความเข้มข้น 1.0 1.5 2.0 mg/L ส่วน Cd เตรียมความเข้มข้นที่ 0.5 1 และ 1.5 µg/L ลงใน matrix blank วิเคราะห์ระดับละ 3 ซ้ำ โดยต้องมี % recovery ที่ไม่ต่ำกว่า 95% และไม่เกิน 110% ตามการศึกษาของ Al-saleh[5] ซึ่งผลการตรวจสอบความถูกต้องพบว่าทุกค่าความเข้มข้นมีการ recovery ที่ 95% ขึ้นไป ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของการตรวจวัดปริมาณโลหะ

โลหะหนัก	ปริมาณสารละลายมาตรฐาน	ค่าที่วัดได้ (ค่าเฉลี่ย ± SD)	% recovery
Zn (mg/L)	1	0.972±0.06	97.23
	1.5	1.482±0.14	98.82
	2	1.967±0.05	98.36
Mn (mg/L)	1	0.999±0.03	99.93
	1.5	1.460±0.04	97.35
	2	1.995±0.01	99.76
Cd (µg/L)	0.5	0.492±0.06	98.46
	1	0.982±0.02	98.2
	1.5	1.533±0.02	102.22

ผลการศึกษา

ลักษณะกลุ่มตัวอย่างข้าว

ผลการศึกษาการเก็บตัวอย่างข้าวบางพื้นที่ในเขต จังหวัดชัยนาท ตลาดภาษีซุง อ.เมือง จังหวัดพิจิตร อำเภอเมือง และ อ.บางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ตั้งแต่ปี เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2661 – ตุลาคม พ.ศ. 2562 พบตัวอย่างข้าวที่ระบุชื่อแตกต่างกัน 26 ตัวอย่าง และสามารถแบ่งข้าวออกได้เป็น 7 กลุ่ม คือ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเสาไห้ ข้าวผสม (ข้าวที่นำข้าวสารหลายชนิดโดยมาผสมกัน) ข้าวไรซ์เบอร์รี ข้าวเหนียว ข้าวไม่ขัดสี (ข้าวกล้อง) ข้าวญี่ปุ่น

ปริมาณโลหะหนักในข้าว

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก 3 ชนิด ในข้าวแต่ละแบบพบว่าข้าวแต่ละชนิดมีปริมาณโลหะหนักที่แตกต่างกันไป โดยปริมาณโลหะหนักที่พบมากที่สุดจาก 26 ตัวอย่างคือ สังกะสี โดยมีค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้าวแต่ละชนิดระหว่าง 11.251 ±1.535 - 16.190 ±1.322 mg/kg ในขณะที่ แมงกานีสพบในปริมาณรองลงมา คือพบระหว่าง 6.242±1.341 - 20.788±2.385 mg/kg ส่วน แคดเมียมพบน้อยที่สุด โดยพบระหว่าง 0.002 ± 0.002 - 0.014±0.024 µg/kg ข้าวหอมมะลิ ดังตารางที่ 2

เมื่อพิจารณาแยกตามแต่ละประเภทกลุ่มตัวอย่าง พบว่าข้าวเหนียวดำเขี้ยวงูที่เก็บตัวอย่างจาก อำเภอตะพานหิน จังหวัดพิจิตร มีปริมาณสังกะสี และแมงกานีสมากที่สุดคือ 18.614 mg/kg และ 29.750 mg/kg ตามลำดับ รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างข้าวกล้อง หรือข้าวไม่ขัดสีโดยจะพบสังกะสี และแมงกานีสมากที่สุดในข้าวกล้องยโสธร 2 ที่เก็บตัวอย่างจาก จังหวัดชัยนาทซึ่งมีปริมาณสังกะสีมากที่สุดคือ 17.194 mg/kg และข้าวชนิดเดียวกันนี้พบแมงกานีสมากที่สุดคือ 23.237 mg/kg ส่วนปริมาณแคดเมียมที่พบในตัวอย่างข้าวทั้งหมดพบว่าข้าวเหนียวดำเขี้ยวงูพบแคดเมียมมากที่สุดคือ 0.050 mg/kg รองลงมาคือข้าวญี่ปุ่นสายพันธุ์โทยามาโอชินิการิ คือพบแคดเมียม 0.045 mg/kg ดังตารางที่ 2

เมื่อเรียงลำดับปริมาณเฉลี่ยโลหะหนักแต่ละชนิดจากมากไปหาน้อยพบว่า ปริมาณสังกะสีพบใน ข้าวกล้อง > ข้าวไรซ์เบอรี > ข้าวเหนียว > ข้าวญี่ปุ่น > ข้าวหอมมะลิ > ข้าวเสาไห้ > ข้าวผสม ส่วนการเรียงลำดับปริมาณแมงกานีสในเมล็ดข้าวสารจากมากไปหาน้อยพบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับสังกะสี คือ ข้าวกล้อง > ข้าวไรซ์เบอรี > ข้าวเหนียว > ข้าวญี่ปุ่น > ข้าวหอมมะลิ > ข้าวเสาไห้ > ข้าวผสม สำหรับโลหะหนักแคดเมียมเมื่อเรียงลำดับปริมาณเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย พบว่า ข้าวเหนียว > ข้าวญี่ปุ่น > ข้าวกล้อง = ข้าวเสาไห้ > ข้าวผสม > ข้าวหอมมะลิ > ข้าวไรซ์เบอรี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณสังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) และแคดเมียม (Cd) ที่ตรวจพบในข้าวสารประเภทต่าง ๆ

ชนิดข้าว	แหล่งเก็บตัวอย่าง	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Cd mg/kg
ข้าวขัดสี				
ข้าวหอมมะลิเชียงราย	นนทบุรี	13.126	6.557	0.008
ข้าวหอมมะลิแดง	นนทบุรี	16.315	17.611	0.003
ข้าวหอมมะลิสุรินทร์	นนทบุรี	14.855	7.472	0.001
ข้าวหอมมะลิยโสธร	นนทบุรี	8.068	7.354	0.008
ข้าวหอมมะลิปทุมธานี	นนทบุรี	11.449	7.338	0.004
ข้าวหอมมะลิสุรินทร์	ชัยนาท	16.343	8.181	0.011
ข้าวหอมมะลิยโสธร	ชัยนาท	13.308	7.733	0.005
เฉลี่ย		13.352±2.932	8.892±3.875	0.006±0.003
ข้าวเสาไห้สระบุรี	นนทบุรี	10.837	7.095	0.007
ข้าวเสาไห้ชัยนาท	นนทบุรี	11.983	7.872	0.010
ข้าวเสาไห้พิจิตร	นนทบุรี	10.863	6.081	0.005
ข้าวเสาไห้นครสวรรค์	นนทบุรี	12.814	10.501	0.011
ข้าวเสาไห้พิษณุโลก	พิจิตร	9.879	5.404	0.006
เฉลี่ย		11.276±1.138	7.391±1.978	0.008±0.002
ข้าวเหลืองอ่อนร้อยเอ็ด	นนทบุรี	12.751	7.128	0.007
ข้าวผสมเหลืองอ่อน	พิจิตร	9.592	4.464	0.002
ข้าวผสมชัยนาท1	ชัยนาท	9.651	5.696	0.007
ข้าวผสมนครสวรรค์	ชัยนาท	12.536	7.941	0.013
ข้าวผสมชัยนาท 2	ชัยนาท	11.724	5.984	0.004
เฉลี่ย		11.251±1.535	6.242±1.341	0.007±0.004
ข้าวสีน้ำตาล				
ข้าวไรซ์เบอร์รี 1	นนทบุรี	13.043	15.689	0.001
ข้าวไรซ์เบอร์รี 2	ชัยนาท	16.940	16.084	0.004
เฉลี่ย		14.991±2.755	15.886±0.278	0.002±0.002

ชนิดข้าว	แหล่งเก็บตัวอย่าง	Zn mg/kg	Mn mg/kg	Cd mg/kg
ข้าวไม่ขัดสี				
ข้าวกล้องซ้อมมือ	นนทบุรี	14.693	18.471	0.010
ข้าวกล้องยโสธร1	ชัยนาท	16.692	20.655	0.009
ข้าวกล้องยโสธร2	ชัยนาท	17.194	23.237	0.006
เฉลี่ย		16.193±1.322	20.788±2.385	0.008±0.002
ข้าวเหนียว				
ข้าวเหนียวดำเขี้ยวงู 1	นนทบุรี	15.183	10.432	0.010
ข้าวเหนียวเขี้ยวงู 2	พิจิตร	18.004	9.335	0.050
ข้าวเหนียวอุดรธานี1	นนทบุรี	6.677	6.482	0.005
ข้าวเหนียวอุดรธานี2	ชัยนาท	16.595	11.807	0.008
ข้าวเหนียวดำเขี้ยวงู	พิจิตร	18.614	29.750	0.012
เฉลี่ย		14.167 ±4.322	11.652 ± 8.267	0.015 ±0.016
ข้าวต่างประเทศ				
ข้าวญี่ปุ่น 1 (โทยามาโคชิฮิการิ)	นครปฐม	12.862	9.553	0.045
ข้าวญี่ปุ่น 2	นครปฐม	14.729	7.872	0.014
ข้าวญี่ปุ่น 3	นครปฐม	14.572	5.755	0.015
ข้าวญี่ปุ่น 4	นครปฐม	13.894	7.038	0.022
เฉลี่ย		14.015±0.849	7.555±1.591	0.014±0.024

การประเมินการรับสัมผัส

เมื่อนำตัวเลขปริมาณความเข้มข้นของโลหะหนักแต่ละชนิดมาคำนวณ ค่า estimate daily intake หรือ EDI จะพบว่า EDI ของการบริโภคสังกะสีมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.064 ± 0.008 – 0.092 ± 0.007 mg/kg BW/day ส่วนค่า EDI เฉลี่ยของแมงกานีส มีค่าระหว่าง 0.035 ± 0.007 – 0.118 ± 0.013 mg/kg BW/day ค่า EDIเฉลี่ย ของแคดเมียมมีค่าระหว่าง 0.138 ± 0.083 – 0.005 ± 0.019 µg/kg BW/day ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่า EDI (estimate daily intake) จากการบริโภคข้าวสารที่มี สังกะสี แมงกานีส และแคดเมียม

ชนิดข้าว	Zn (mg/kg BW/day)	Mn (mg/kg BW/day)	Cd (µg/kg BW/day)
ข้าวหอมมะลิ	0.076 ± 0.016	0.050 ± 0.019	0.005 ± 0.019
	(0.045-0.093)	(0.037 – 0.100)	(0.010 – 0.060)
ข้าวเสาไห้	0.064 ± 0.006	0.042 ± 0.011	0.046 ± 0.012
	(0.056 -0.073)	(0.030 – 0.059)	(0.063 – 0.030)
ข้าวขาวผสม	0.064 ± 0.008	0.035 ± 0.007	0.038 ± 0.023
	(0.054-0.072)	(0.025 – 0.045)	(0.015 – 0.076)
ข้าวไรซ์เบอร์รี	0.085 ± 0.015	0.090 ± 0.001	0.010 ± 0.015
	(0.074-0.096)	(0.089 – 0.091)	(0.003– 0.025)
ข้าวเหนียว	0.080 ± 0.027	0.066 ± 0.052	0.088 ± 0.108
	(0.038-0.106)	(0.031 – 0.169)	(0.020 – 0.029)
ข้าวกล้อง	0.092 ± 0.007	0.118 ± 0.013	0.050 ± 0.013
	(0.083-0.098)	(0.105 – 0.132)	(0.035 – 0.062)
ข้าวญี่ปุ่น	0.079 ± 0.004	0.043 ± 0.009	0.138 ± 0.083
	(0.084-0.073)	(0.032 – 0.054)	(0.081 – 0.127)

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บคือ ค่าต่ำสุด – ค่าสูงสุด

สรุปและอภิปรายผล

ปริมาณของ สังกะสี แมงกานีส และแคดเมียมที่ตรวจพบในข้าวสารในการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณที่หลากหลาย และขึ้นกับชนิดพันธุ์ของข้าวแต่ละชนิด จากการสัมภาษณ์ผู้ค้าข้าวในแหล่งจำหน่าย เช่น ตลาดภาษีซุง จังหวัดชัยนาท ได้ให้ข้อมูลไว้ว่า ข้าวสารในประเทศไทยที่วางจำหน่ายในร้านจำหน่ายข้าวนั้นมักจะวางจำหน่ายเป็นยี่ห้อต่าง ๆ และกระจายไปทั่วประเทศไทย โดยเฉพาะข้าวหอมมะลินั้นจะมียี่ห้อเดียวกันกระจายไปในหลายจังหวัด ดังตัวอย่างข้าวหอมมะลิสุรินทร์ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 เป็นข้าวนาปี ที่มีจำหน่ายทั้งใน จังหวัดนนทบุรี และชัยนาท อย่างไรก็ตามข้าวแต่ละแบบอาจจะมาจากข้าวที่ปลูกคนละรุ่น ซึ่งผู้ค้านิยมเรียกว่า ข้าวใหม่ ซึ่งหมายถึงข้าวที่เพิ่งเก็บเกี่ยวในปีนั้น ๆ หรือข้าวเก่าซึ่งหมายถึงข้าวที่เก็บเกี่ยวจากปีก่อน ๆ ซึ่งขึ้นกับกับปีที่เพาะปลูกและระยะเวลาบรรจุถุงเพื่อจำหน่าย ส่วนแหล่งของข้าวที่ปลูกอาจมีการระบุไว้ในบรรจุภัณฑ์หรือไม่มีซึ่งขึ้นอยู่กับผู้จำหน่าย นอกจากนี้ข้าวผสม หมายถึง

ข้าวที่ผสมหลาย ๆ สายพันธุ์ซึ่งจะมีราคาถูก เนื่องจากเมื่อนำไปหุงจะได้ข้าวแข็งต่างจากข้าวหอมมะลิ ในบางกรณีข้าวผสมจะถูกนำไปผสมกับข้าวอื่นๆ เพื่อแปรรูปเป็นแป้ง หรือเส้นก๋วยเตี๋ยว หรือบริโภคด้วยการผสมกับข้าวที่นิ่มกว่า เช่น ข้าวหอมมะลิ ส่วนข้าวต่างประเทศที่มีจำหน่ายในห้างสรรพสินค้านั้นจะเป็นข้าวมาจากประเทศญี่ปุ่นเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากคนไทยนิยมบริโภคอาหารญี่ปุ่นเป็นรายการอาหารทางเลือกที่พบได้ในร้านอาหารญี่ปุ่นทั่วไป และการซื้อหาเพื่อนำไปปรุงอาหารในครัวเรือน

เมื่อพิจารณาปริมาณ สังกะสี แมงกานีส และแคดเมียมที่พบพบว่า แคดเมียมที่พบในการศึกษาครั้งนี้ในทุกตัวอย่างมีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข ที่กำหนดให้แคดเมียมในข้าวสารขัดสีทั้งเมล็ดต้องมีค่าไม่เกิน 0.400 mg/kg[10] โดยการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงสุดเพียง 0.050 mg/kg ในตัวอย่างข้าวเหนียวดำเขี้ยวงูที่เก็บตัวอย่างมาจาก อำเภอตะพานหินในจังหวัดพิจิตร ซึ่งอาจสรุปได้ว่าข้าวสารในกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาทั้งหมดนี้มีความปลอดภัยจากแคดเมียม เมื่อประเมินค่า EDI ของแคดเมียมโดยใช้อัตราการบริโภค 285 g/day ซึ่งจะใกล้เคียงกับปริมาณการบริโภคข้าวสุกที่กรมอนามัย[11] กำหนดให้ใน 1 วันกลุ่มประชาชนทั่วไปควรบริโภคข้าวสุกวันละ 8 -12 ทัพพี โดย 1 ทัพพีจะมีน้ำหนักประมาณ 55 g ซึ่งเมื่อคำนวณแล้วพบว่าจะมีน้ำหนักข้าวสุกประมาณ 660 g/day ทั้งนี้มีการศึกษารายงานว่าเมื่อนำข้าวสารมาหุงแบบไม่เช็ดน้ำนั้นข้าวจะดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดประมาณ 2.2 – 2.36 g/g[12] ซึ่งหมายความว่าข้าวสาร 285 g เมื่อนำมาหุงจะเปลี่ยนเป็นข้าวสุกประมาณ 627 – 672.6 g ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณการบริโภคข้าวสุกของประชาชนไทย ทั้งนี้ค่า EDI ของแคดเมียมที่คำนวณได้นั้นไม่เกินค่าอ้างอิงคือ 1 µg/BW/day[13] อย่างไรก็ตาม ในแต่ละวันนั้นอาจมีการบริโภคอาหารชนิดอื่น ๆ ร่วมด้วย ซึ่งผู้บริโภคควรจะติดตามข่าวสารของปริมาณการปนเปื้อนของสารมลพิษในอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงการรับสัมผัสสารเหล่านี้จากอาหาร โดยเฉพาะอาหารหลักเช่น ข้าว เป็นต้น

ปริมาณของแร่ธาตุที่จำเป็น ดังเช่นสังกะสี และแมงกานีสที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของแร่ธาตุนี้ที่มีการศึกษาในงานวิจัยอื่นๆ พบว่าค่าของสังกะสีที่พบในข้าวไทย และข้าวญี่ปุ่นมีปริมาณใกล้เคียงกับช่วงปริมาณต่ำสุดที่มีการรายงานของ Graham และคณะ[14] ที่รายงานว่าข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีปริมาณสังกะสีสะสมในเมล็ดข้าวตั้งแต่ 13.50-58.40 mg/kg โดยปริมาณที่พบในครั้งนี้จะมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณสังกะสีระดับต่ำที่พบของ Graham และคณะ[14] จากการศึกษาของ Phattrakul และ คณะ[15] ที่พบว่าเมล็ดข้าวสารในหลายแหล่งเพาะปลูกในหลายประเทศนั้น หากปลูกในดินปกติจะมีปริมาณสังกะสีที่แตกต่างกันเล็กน้อยในข้าวเปลือก ข้าวขัดสี และข้าวกล้อง ดังตารางที่ 4 ซึ่งเมื่อเทียบกับการศึกษาครั้งนี้พบว่าข้าวของไทยมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ Phattrakul และคณะ[15] เมื่อนำปริมาณของสังกะสีจากพื้นที่ใกล้เคียงกันมาเปรียบเทียบพบว่าข้าวขัดสีชนิดข้าวเสาไห้นครสวรรค์ และพิษณุโลกมีปริมาณสังกะสีน้อยกว่าข้าวขัดสีที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแหล่งปลูกข้าวแต่ละแหล่งในประเทศไทยจะมีปริมาณสังกะสีในข้าวแตกต่างกันซึ่งอาจจาก

ปริมาณของสังกะสีในดิน และกระบวนการให้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ข้าว

อย่างไรก็ตามเนื่องจากสังกะสีเป็นแร่ธาตุที่มนุษย์ต้องได้รับจากอาหารเนื่องจากต้องใช้เพื่อช่วยกระบวนการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติ เช่น การทำงานของเอนไซม์ การแบ่งเซลล์ และการย่อยสารอาหารต่าง ๆ อีกทั้งร่างกายมนุษย์ไม่สะสมสังกะสี ดังนั้นจึงควรได้รับทุกวัน แต่ปริมาณการได้รับนั้นหากได้รับมากเกินไป กล่าวคือได้รับสังกะสีเกิน 45 mg/วัน อาจเป็นพิษต่ออวัยวะต่าง ๆ ได้[2] ดังนั้นเพื่อให้ผู้บริโภคไม่ขาดธาตุสังกะสี จึงมีแนวคิดในการเพิ่มสังกะสีในอาหารหลักโดยเฉพาะข้าวที่ปลูกด้วยการให้ปุ๋ยทางใบ หรือปุ๋ยทางดินเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการสะสมสังกะสีไว้ในเมล็ดข้าว ซึ่งหากให้ปุ๋ยเสริมสังกะสีทางใบจะเพิ่มปริมาณสังกะสีสะสมในเมล็ดข้าวได้ถึง 33.75 mg/kg[15] ทั้งนี้เมื่อนำปริมาณสังกะสีที่พบในการศึกษานี้มาคำนวณปริมาณการรับสัมผัสต่อวันพบว่า ค่าการได้รับสังกะสีเฉลี่ยมากที่สุดจากการบริโภคข้าวกล้อง คือประมาณ 0.092 ± 0.007 mg/kg BW/day ส่วนหากบริโภคข้าวผสมจะได้รับน้อยที่สุดคือ 0.064 ± 0.008 mg/kg BW/day โดยปริมาณนี้เมื่อเทียบกับค่าที่กรมอนามัยกำหนดให้ได้รับต่อวันในช่วงอายุต่าง ๆ นั้น พบว่า หากเป็นในกลุ่มผู้ใหญ่เพศชายควรได้รับ 13 mg/day และเพศหญิงควรได้รับ 7mg/day[16] ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่า หากบุคคลนั้นมีน้ำหนักตัวประมาณ 50 kg จะได้รับสังกะสีเฉลี่ยเพียง 4.6 mg/day หรือคิดเป็นร้อยละ 35.38 ของความต้องการในเพศชายใน 1 วัน และ ร้อยละ65.71 ความต้องการในเพศหญิงใน 1 วัน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงต้องได้รับสังกะสีทดแทนจากแหล่งอื่น อย่างไรก็ตามปริมาณในข้าวสารนี้อาจเพียงพอต่อกลุ่มประชากรวัยเด็กที่ต้องสังกะสีในปริมาณน้อยกว่า เช่นในเด็กเล็กอายุ 1-8 ปีต้องการสังกะสีประมาณ 1-4 mg/day[16] นอกจากการได้รับสังกะสีในแต่ละวัยนั้นจะขึ้นกับหลายปัจจัยอันได้แก่ ปริมาณข้าวที่บริโภค และน้ำหนักตัว อย่างไรก็ตาม FAO/WHO ได้กำหนดค่าสูงสุดของการรับแร่ธาตุสังกะสีจากอาหารไว้ว่าไม่ควรเกิน 0.3 mg/kg BW/day[13] ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าค่าที่คำนวณได้ยังไม่เกินค่าที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบปริมาณสังกะสี ที่ตรวจพบในข้าวสารที่ปลูกในพื้นที่ประเทศต่าง ๆ จากการศึกษาอื่น และงานวิจัยนี้

ประเทศ	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปีที่รายงาน	Zn (mg/kg)			แหล่งข้อมูล
			ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว	
จีน	อันฮุย	2008	18.20	17.60	-	15
	เจอเจียง	2008	25.60	23.30	-	15
ลาว	เวียงจันทร์	2009	23.00	26.50	19.60	15
ตุรกี	อาเดน	2008	15.10	17.10	13.90	15

ประเทศ	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ปีที่รายงาน	Zn (mg/kg) ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว	แหล่งข้อมูล
		2009	14.90	15.50	12.10	15
ไทย	เชียงใหม่	2008	18.10	20.60	16.20	15
		2009	18.30	19.60	-	15
	ตาคลี	2008	9.40	9.90	-	15
การศึกษานี้	นครสวรรค์	2019	-		12.81**	
	ยโสธร	2019	-	17.19*		
	พิษณุโลก	2019			9.87***	

หมายเหตุ * หมายถึง ค่าที่ได้จากข้าวกล้องยโสธร2, ** หมายถึงค่าที่ได้จากข้าวเสาไห้นครสวรรค์,
*** หมายถึงค่าที่ได้จากข้าวเสาไห้พิษณุโลก

ปริมาณแมงกานีสที่ตรวจพบในการศึกษานี้มีปริมาณค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับการศึกษาของ Liu และคณะ[17] ที่รายงานปริมาณของ แมงกานีสเฉลี่ยที่ตรวจพบในเมล็ดข้าวบางสายพันธุ์ในปริมาณ 38.60 ± 3.73 – 58.85 ± 5.14 mg/kg การที่เมล็ดข้าวแต่ละชนิดจะมีการสะสมของแมงกานีส ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อันได้แก่ สายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมในการควบคุมการดูดซึมแร่ธาตุแตกต่างกัน การเพาะปลูกในดินที่มีปริมาณแร่ธาตุที่แตกต่างกัน และกระบวนการดูแลพืช ตลอดจนการให้ปุ๋ยที่เสริมแร่ธาตุในบางพื้นที่ แมงกานีสเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างเนื้อเยื่อ กระดูก ไขมัน และการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตในร่างกายมนุษย์ การขาด หรือ ได้รับแมงกานีสมากเกินไปจะมีผลต่อร่างกาย กรมอนามัย[16] ได้กำหนดไว้ว่าชายไทยควรได้รับแมงกานีสไม่ต่ำกว่า 2.3 mg/day ส่วนหญิงไทยควรได้รับ 1.8 mg/day จากการประเมินค่า EDI ในการศึกษานี้พบว่าหากบริโภคข้าวกล้องจะได้รับ แมงกานีสเฉลี่ย 0.118 ± 0.013 mg/kg BW/day ซึ่งหากประเมินปริมาณที่ได้ต่อวันสำหรับประชาชนน้ำหนักตัว 50 kg จะได้แมงกานีสวันละ 5.9 mg ซึ่งจะเกินค่าที่กำหนด ในขณะที่มีการกำหนดไว้ในการศึกษาจาก Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients[3] ว่าไม่ควรได้รับแมงกานีสเกิน 11 mg/day ในขณะที่ FAO/WHO[13] กำหนดค่ามาตรฐานของแมงกานีสที่ควรได้รับต่อวันอยู่ระหว่าง 0.11 – 0.13 mg/kg BW/day

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชาชนไทย แร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในข้าวนั้นจะมีผลต่อสุขภาพประชาชนไทยทั้งทางตรงและทางอ้อม ปริมาณแร่ธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยแต่ขาดไม่ได้ คือ สังกะสี และแมงกานีสที่พบในการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงในการได้รับแร่ธาตุจากข้าวที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือสังกะสีในเมล็ดข้าวมีปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในกระบวนการทำงานในร่างกาย จำเป็นต้องได้รับจากอาหารชนิดอื่น

เพิ่มเติม ส่วนแมงกานีสนั้นมีปริมาณมาก และมากเกินไปในบางตัวอย่าง ซึ่งต้องการการเฝ้าระวังในการตรวจวัดปริมาณการปนเปื้อนอยู่เสมอ ส่วนแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษต่อร่างกายนั้น ในการศึกษานี้พบว่ามีปริมาณน้อยซึ่งยังไม่ส่งผลต่อความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคข้าว แต่ทั้งนี้ควรมีการเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่องเนื่องจากยังพบรายงานการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวสารไทยที่ส่งไปยังต่างประเทศ ในการศึกษานี้ไม่ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ที่อาจสะสมในเมล็ดข้าว เช่น สารหนู ตะกั่ว ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม และควรเก็บตัวอย่างจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบหลักมาแปรรูป เช่น แป้งชนิดต่าง ๆ และเส้นก๋วยเตี๋ยว

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรของไทย ปี 2561[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2562 [เข้าถึงเมือ 15 พฤษภาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก: http://oaezone.oae.go.th/view/22/
2. FAO. Human vitamin and mineral requirement Report of a FAO/WHO consultant Bangkok Thailand [internet]. Rome; 2002. [Cited 2064 Sep 10]. Available from : https://www.fao.org/3/y2809e/y2809e.pdf
3. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. [Internet]. Washington (DC): National Academies Press (US); 2001.[cited 2021 August 13]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK222332/
4. Praveena SM, Omar NA. Heavy metal exposure from cooked rice grain ingestion and its potential health risks to humans from total and bioavailable forms analysis. Food chemistry 2017; 235: 203-11
5. Al Saleh I, Shinwari N. Report on the level of cadmium lead and mercury in imported rice grain sample. Biological trace element research 2001; 83: 91-6
6. Yang J, Miyazaki N. Moisture content in Dell's porpoise (*Phocoenoideas dalli*) tissues: a reference base for conversion factors between dry and wet. Environment Pollution 2003; 121:345-7
7. US Environmental protection agency (EPA). Guideline for exposure assessment, Washington, DC. ; 1992. .[cited 2021 August 13]. Available from: https://www.epa.gov/sites/default/files/201411/documents/guidelines_exp_assessment.pdf
8. Abdullah AB, Ito S, Adhana K. Estimate of Rice Consumption in Asian Countries and the World Towards 2050 [Internet]. 2015. [cited 2021 August 13].1-43. Available from: http://worldfood.apionet.or.jp/alias.pdf

9. Agusa T, Kunito T, Sudaryanto A, et al. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. Environmental pollution 2006;145:761-77
10. ราชกิจจานุเบกษา. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เล่มที่ 137 ตอนพิเศษ 118. 20 พฤษภาคม 2563; [อินเทอร์เน็ต]. 2563. [เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2563/E/118/T_0017.PDF
11. รุจิรา สัมมะสุต. รายการอาหารแลกเปลี่ยน (Thai food exchange list). วารสารโภชนบำบัด 2547; 15 : 33-45
12. Thirumdas R, Saragapani C, Ajinkya MT, Deshmukh RR, Annapure US. Influence of low pressure cold plasma on cooking and textural properties of brown rice. Innovative Food Science and Emerging Technologies 2016;37:53-60
13. Joint FAO/WHO food standards programme. Codex Alimentarius Commission Working document for information and use in discussions related to contaminants and toxins in GSCTFF. 5th ed.[Internet]. Rome : World Health Organization; 2011 . [cited 2021 August 13].1-57. Available from: https://www.fssai.gov.in/upload/uploadfiles/files/Codex_Working_Procedural_Manual_25_Edition_16_08_2018.pdf
14. Graham RD, Senadhira D, Beebe S, Iglesias C, Monasterio I. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. Field crop research 1999; 60 ; 57-80
15. Phattarakul N, Rerkasem B, Li JL, et al. Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries. Plant soil 2012; 361 : 131-41
16. กรมอนามัย. ตารางปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่ควรได้รับประจำวันสำหรับคนไทย. [อินเทอร์เน็ต].นนทบุรี: กระทรวงสาธารณสุข; 2546. [เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2564]. เข้าถึงได้จาก. https://www.fda.moph.go.th/sites/food/Permission/4.4.8-DRI.pdf
17. Liu C, Chen G, Li Y. et al**.** Characterization of a major QTL for manganese accumulation in rice grain. Scientific report 2017; 17 : 1-12