สถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวจากพื้นที่ผลิตข้าวสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย

จักรกฤษณ์ สกลกิจติณภากุล[1] เวณิกา เบ็ญจพงษ์[1*]

[1]สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

ข้าวสามารถดูดซึมแคดเมียมและสะสมในเมล็ด ข้าวที่มีแคดเมียมสูงจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์และการค้าอาหาร การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวไทย โดยการเก็บตัวอย่างข้าวสารถูกเก็บจากโรงสีข้าว และสถานที่จำหน่ายข้าวสาร ที่ตั้งอยู่ในแหล่งเพาะปลูกข้าวสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย (58 จังหวัด) ระหว่างปี 2556-2557 จำนวน 420 ตัวอย่าง วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมในข้าว โดยวิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry พบปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าวตั้งแต่ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดการตรวจพบจนถึง 0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินค่าสูงสุดที่เสนอในมาตรฐานอาหารโคเด็กซ์ และประเทศไทย (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณแคดเมียมในข้าวเหนียวสูงกว่าข้าวเจ้า ไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมระหว่างข้าวขัดสีและข้าวกล้อง ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมในข้าวหอมมะลิขัดสี ข้าวหอมมะลิกล้อง ข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสี ข้าวขาวรวมพันธุ์กล้อง ข้าวเจ้ามีสีกล้อง ข้าวเหนียวขาวขัดสี และข้าวเหนียวมีสีกล้อง เท่ากับ 0.026 0.025 0.018 0.021 0.021 0.032 และ 0.034 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ข้าวจากต่างภูมิภาคมีปริมาณแคดเมียมแตกต่างกัน การได้รับแคดเมียมจากการบริโภคข้าวของประชากรไทยต่ำกว่าค่า PTMI มาก แสดงว่าข้าวไทยปนเปื้อนแคดเมียมต่ำไม่อยู่ในระดับที่ก่ออันตรายต่อสุขภาพผู้บริโภค อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเฝ้าระวังข้าวที่ปลูกในพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนแคดเมียม

คำสำคัญ: แคดเมียม การปนเปื้อน ข้าวไทย

รับบทความ: *3 ธันวาคม 2563* ***แก้ไข:*** *5 มีนาคม 2564* ***ตอบรับ:*** *8 มีนาคม 2564*

[*]ผู้รับผิดชอบบทความ

เวณิกา เบ็ญจพงษ์

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170

โทรศัพท์ 02-800-2380 ต่อ 311 โทรสาร 02-441-9344

อีเมล: wenika.ben@mahidol.ac.th

The Situation of Cadmium Contamination in Rice from the Main Areas of Rice Cultivation in 4 Regions of Thailand

Jakkit Sakolkittinapakul[1] Wenika Benjapong[1*]

[1]Institute of Nutrition, Mahidol University

Abstract

Rice can absorb cadmium and accumulate in grain. High levels of cadmium in rice grain can affect human health and trade. This study aims to assess the situation of cadmium contamination in Thai rice. Rice samples were collected from rice mills and rice distributors located in the main areas of rice cultivation in four regions of Thailand (58 provinces) during 2013–2014. Cadmium contents in 420 rice samples were determined by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). The cadmium concentrations in the rice samples ranged from below the detection limit to 0.375 mg/kg. No sample exceeded the maximum limit for cadmium in rice according to Codex and Thai food standard (0.4 mg/kg). No significant difference was observed in cadmium content between polished rice and unpolished rice. Average cadmium content in glutinous rice was higher than that of non-glutinous rice. The mean cadmium concentrations in polished Hom Mali, unpolished Hom Mali, polished mixed cultivars, unpolished mixed cultivars, unpolished colored rice, polished white glutinous rice and unpolished colored glutinous rice were 0.026, 0.025, 0.018, 0.021, 0.021, 0.032 and 0.034 mg/kg, respectively. Rice samples collected from different regions contained different cadmium levels. The estimated cadmium exposure from rice consumption of Thai population was well below the Provisional Tolerable Monthly Intake (PTMI). It indicates that Thai rice samples contain low cadmium levels that do not impact on consumer health. However, the monitoring needs to be focused in rice grown in cadmium-contaminated areas.

Keywords: Cadmium, Contamination, Thai rice

Received: *3 December 2020,* ***Revised:*** *5 March 2021,* ***Accepted:*** *8 March 2021*

[*]Corresponding author

Wenika Benjapong

Institute of Nutrition, Mahidol University, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170

Tel. 0-2800-2380 Ext. 311 Fax. 0-2441-9344

Email: wenika.ben@mahidol.ac.th

บทนำ

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่พบปนเปื้อนในอาหารหลายชนิด มีความเป็นพิษต่อมนุษย์ กำจัดออกจากร่างกายได้ยาก จึงมักพบสะสมในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยเฉพาะไต และตับ แคดเมียมมีความเป็นพิษสูงต่อไต และกระดูก[1,2,3] องค์การวิจัยโรคมะเร็งนานาชาติ (International Agency for Research on Cancer) ระบุว่าแคดเมียมเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์[4] ข้าวเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้คนเอเชียได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย[5,6] ต้นข้าวสามารถดูดซึมแคดเมียมจากดิน และน้ำที่ใช้เพาะปลูกผ่านทางรากมาสะสมในส่วนต่างๆ รวมถึงในเมล็ดข้าว[7] ประเทศไทยพบการปนเปื้อนแคดเมียมปริมาณสูงในข้าวที่ปลูกในตำบลแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เนื่องจากกิจกรรมถลุงแร่สังกะสีในพื้นที่ปลดปล่อยแคดเมียมสู่แหล่งน้ำและดินที่ใช้ในนาข้าว[8,9] นำไปสู่การเจ็บป่วยด้วยโรคไตของประชากรในพื้นที่[10-12] การศึกษาของ Suwatvitayakorn และคณะ พบว่าข้าวสารที่เก็บจากครัวเรือน 159 ตัวอย่าง จาก 6 หมู่บ้านในอำเภอแม่ตาว มีแคดเมียมปริมาณสูง (0.108–2.597 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)[13] นอกจากปัญหาการปลดปล่อยแคดเมียมสู่ดินและน้ำจากภาคอุตสาหกรรม และกิจกรรมเหมืองแร่ การใช้ปุ๋ยฟอสเฟสจัดเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมแคดเมียมในดินที่ใช้เพาะปลูกข้าว เนื่องจากแคดเมียมที่พบในธรรมชาติมักพบปะปนในหินฟอสเฟส[14,15] มีรายงานการพบแคดเมียมในข้าวจากหลายประเทศ[16-27] คณะกรรมาธิการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศของโครงการมาตรฐานอาหารเอฟเอโอ/ดับเบิลยูเอชโอ (Codex Alimentarius Commission, Joint FAO/WHO Food Standard Programme) กำหนดปริมาณสูงสุด (Maximum Level) ของแคดเมียมในข้าวขัดสี (polished rice) เท่ากับ 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[28] ซึ่งประเทศไทยกำหนดในระดับเดียวกับมาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์[29] คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหาร (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives - JECFA) กำหนดค่าความปลอดภัยสำหรับมนุษย์จากการได้รับแคดเมียมต่อเดือน (Provisional Tolerable Monthly Intake, PTMI) เท่ากับ 25 ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อเดือน[30] การบริโภคข้าวที่มีแคดเมียมสูงอย่างต่อเนื่องจะทำให้เกิดการเจ็บป่วยจากโรคไต โรคกระดูก (กระดูกพรุน โค้งงอเปราะ หักง่าย) โรคโลหิตจาง ดังที่พบในผู้ป่วยที่อาศัยในพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียมในนาข้าวของประเทศญี่ปุ่น[31,32] จีน[33] และไทย[10-12] ดังนั้นการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวจึงเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพผู้บริโภค เนื่องจากคนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักในชีวิตประจำวัน การปลูกข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่อาศัยน้ำระบบชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำ[34] หากมีปัญหาการปนเปื้อนแคดเมียมในดินและน้ำที่นำมาใช้ในนาข้าวจะส่งผลให้เมล็ดข้าวสะสมแคดเมียมในปริมาณสูง การเกษตรที่ไม่เหมาะสม เช่น การปลูกข้าวในดินที่มีความเป็นกรดจะทำให้ข้าวดูดซึมแคดเมียมได้ดี การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในนาข้าวอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการสะสมของแคดเมียมในดินที่ใช้ปลูกข้าว[15] การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวจากแหล่งเพาะปลูกสำคัญในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย เพื่อเฝ้าระวังการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวที่คนไทย

บริโภค และสร้างความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของสินค้าข้าวจากประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การเลือกพื้นที่ศึกษา และการเก็บตัวอย่าง

- เลือกพื้นที่ซึ่งเป็นแหล่งผลิตข้าวสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทย ร่วมกับนักวิชาการจากกรมการข้าว โดยคำนวณสัดส่วนจังหวัดในแต่ละภูมิภาค ตามปริมาณผลผลิตข้าว จากข้อมูลผลผลิตข้าวรวมนาปี 35และนาปรัง36 ได้แก่ภาคกลาง 20 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19 จังหวัด ภาคเหนือ 15 จังหวัด และภาคใต้4 จังหวัด รวม 58 จังหวัด ในแต่ละภูมิภาคเลือกจังหวัดที่มีปริมาณผลผลิตสูงสุด 1 จังหวัด จังหวัดที่เหลือสุ่มเลือกอย่างอิสระจากจังหวัดที่มีปริมาณผลผลิตสูง (ผลผลิตมีค่ามากกว่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75) และผลผลิตปานกลาง (ผลผลิตมีค่าระหว่างเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 25 ถึงเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 75)

- ดำเนินการเก็บตัวอย่างข้าวสารจากแหล่งจำหน่ายข้าวในพื้นที่ ได้แก่ โรงสีพาณิชย์ โรงสีสหกรณ์ โรงสีชุมชน และสถานที่จำหน่ายข้าวสาร (ร้านค้า และกลุ่มเกษตรกร) ของรอบการเก็บเกี่ยวระหว่างเดือนกรกฎาคม -ธันวาคม 2556) ทั้งหมด 420 ตัวอย่าง

- เก็บตัวอย่างข้าว ตัวอย่างละ 5 กิโลกรัม นำมาบรรจุถุงสุญญากาศ ถุงละ 1 กิโลกรัม (รวมตัวอย่างละ 5 ถุง) เก็บรักษาในตู้ปิดสนิท ที่อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

- วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมตามวิธี AOAC 2013.06 37

นำตัวอย่างข้าวที่บรรจุในถุงสุญญากาศ จำนวน 5 ถุง (ถุงละ 5 กิโลกรัม) มาเทรวมในถุงซิปพลาสติกขนาดใหญ่ เขย่าให้ข้าวผสมรวมกัน สุ่มตัวอย่างข้าวประมาณ 250 กรัม ใส่ขวดเก็บตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างข้าว 250 กรัมไปปั่นบดละเอียด ดำเนินการสุ่มตัวอย่างข้าวบดละเอียด 1 กรัม มาย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยใช้ 68% Nitric acid 7 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง และ 30% Hydrogen peroxide 1 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง นำไปตรวจวัดปริมาณแคดเมียมโดยใช้ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) ซึ่งมีค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Limit of Detection; LOD) เท่ากับ 0.008 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และค่าขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation; LOQ) เท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีรายงานผลการวิเคราะห์ ดังนี้

- ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่า LOD จะรายงานว่าตรวจไม่พบ

- ค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ และสูงกว่า LOD แต่ต่ำกว่า LOQ จะรายงานว่า น้อยกว่า LOQ

- ค่าที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ และสูงกว่า LOQ จะรายงานค่าที่ตรวจพบเป็นตัวเลข

ควบคุณคุณภาพของการวิเคราะห์โดยทดสอบการได้กลับคืนของสารที่ทราบปริมาณ (Recovery of spiked sample) พบว่าร้อยละการกลับคืน (% recovery) เท่ากับ 108% (เกณฑ์การยอมรับได้อยู่ระหว่าง 90-110 %) และการวิเคราะห์ซ้ำในตัวอย่างเดียวกัน 2 ซ้ำ (duplicate

analysis pair) เพื่อหาค่าความแตกต่างของการทดสอบ 2 ซ้ำ พบว่าร้อยละความแตกต่างสัมพัทธ์ (Relative Percent Difference; %RPD) เท่ากับ 6.8 % (% RPD ที่ยอมรับได้ต้องไม่เกิน 10 %)

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำผลการวิเคราะห์มาประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว จำแนกตามประเภทของข้าว ได้แก่ข้าวเจ้ากับ ข้าวเหนียว และ ข้าวขัดสี กับ ข้าวกล้อง จากแหล่งผลิตข้าวในแต่ละภูมิภาค ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS (IBM SPSS statistics for Windows, version 19.0) โดยใช้สถิติทดสอบข้อมูลเชิงกลุ่มด้วย Kruskal-Wallis one way ANOVA และทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย The Mann-Whitney U Test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ P-value < 0.05

ผลการศึกษา

ปริมาณแคดเมียมในข้าวเจ้า และข้าวเหนียว จาก 4 ภูมิภาคของประเทศไทย แสดงในตารางที่ 1 พบแคดเมียมในช่วงตรวจไม่พบ ถึง 0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า LOQ โดยพบปริมาณมากกว่าเท่ากับ LOQ 200 ตัวอย่าง (ร้อยละ 48) จำแนกเป็นข้าวเจ้า 144 จาก 341 ตัวอย่าง (ร้อยละ 42) และข้าวเหนียว 56 จาก 79 ตัวอย่าง (ร้อยละ 71) ปริมาณแคดเมียมในข้าวเหนียว (ค่าเฉลี่ย 0.032 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สูงกว่าข้าวเจ้า (ค่าเฉลี่ย 0.022 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างข้าวเหนียวส่วนใหญ่เก็บจากภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบปริมาณแคดเมียมใกล้เคียงกัน และสูงกว่าข้าวเจ้าที่เก็บจากภูมิภาคเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อจำแนกตามลักษณะการสี พบว่าข้าวขัดสีและข้าวกล้องมีแคดเมียมใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยในข้าวขัดสี และข้าวกล้อง เท่ากับ 0.023 และ 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ พบมากกว่าเท่ากับ LOQ ในข้าวขัดสี 132 จาก 266 ตัวอย่าง (ร้อยละ 49) และข้าวกล้อง 68 จาก 154 ตัวอย่าง (ร้อยละ 44)

ปริมาณแคดเมียมในข้าวเจ้า 5 ชนิด และข้าวเหนียว 2 ชนิด แสดงในตารางที่ 3 พบแคดเมียมในข้าวเจ้า 5 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี ข้าวหอมมะลิกล้อง ข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสี ข้าวขาวรวมพันธุ์กล้อง ข้าวเจ้ามีสีกล้อง ในปริมาณใกล้เคียงกัน พบมากกว่าเท่ากับ LOQ จำนวน 32 ตัวอย่าง (ร้อยละ 40) 24 ตัวอย่าง (ร้อยละ 43) 56 ตัวอย่าง (ร้อยละ 46) 8 ตัวอย่าง (ร้อยละ 42) และ 24 ตัวอย่าง (ร้อยละ 38) ตามลำดับ ข้าวเหนียว 2 ชนิด ได้แก่ ข้าวเหนียวขาวขัดสี และข้าวเหนียวมีสีกล้อง มีแคดเมียมใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าข้าวเจ้าทั้ง 5 ชนิด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แคดเมียมในข้าวเหนียวขาวขัดสี และข้าวเหนียวมีสีกล้องมีปริมาณมากกว่าเท่ากับ LOQ 44 ตัวอย่าง (ร้อยละ 70) และ 12 ตัวอย่าง (ร้อยละ 75) ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างข้าวขัดสีและข้าวกล้องในตัวอย่างข้าวชนิดเดียวกัน ที่เก็บจากภูมิภาคเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในข้าวทุกตัวอย่างที่เก็บจากแต่ละภูมิภาค พบว่าข้าวจากภาคเหนือ (ค่าเฉลี่ย 0.026 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ค่าเฉลี่ย 0.026 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีแคดเมียมสูงว่าข้าวจาก

ภาคกลาง (ค่าเฉลี่ย 0.019 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ไม่มีความแตกต่างจากภาคใต้ (ค่าเฉลี่ย 0.021 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตัวอย่างข้าว 420 ตัวอย่าง จาก 4 ภูมิภาคของประเทศไทยส่วนใหญ่มีแคดเมียมต่ำ โดยพบ 389 ตัวอย่าง (ร้อยละ 93) มีแคดเมียมต่ำกว่า 0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ข้าวทุกตัวอย่างมีปริมาณแคดเมียมไม่เกินมาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์[28] และประเทศไทย[29] (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับข้าวขัดสี) แต่พบแคดเมียมในข้าว 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 0.5) เกินมาตรฐานสหภาพยุโรป[38] และประเทศจีน[39] (0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 1.2) เกินมาตรฐานของออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์[40] (0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี (0.220 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากจังหวัดลพบุรี, ข้าวหอมมะลิขัดสี (0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และข้าวลืมผัว (0.170 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากจังหวัดหนองคาย ข้าวมะลิแดงกล้อง (0.150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากจังหวัดเชียงราย และข้าวเหนียวเขี้ยวงู (0.110 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากจังหวัดพะเยา

อภิปรายผลการวิจัย

การสำรวจปริมาณแคดเมียมในข้าวสารที่เก็บจากโรงสี และร้านจำหน่ายข้าวสารในพื้นที่ผลิตข้าวสำคัญของประเทศไทย 4 ภูมิภาค ในข้าวเจ้า 5 ประเภท ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี (80 ตัวอย่าง) ข้าวหอมมะลิกล้อง (56 ตัวอย่าง) ข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสี (123 ตัวอย่าง) ข้าวขาวรวมพันธุ์กล้อง (19 ตัวอย่าง) ข้าวเจ้ามีสีกล้อง (63 ตัวอย่าง) และข้าวเหนียว 2 ประเภท ได้แก่ ข้าวเหนียวขาวขัดสี (63 ตัวอย่าง) และข้าวเหนียวมีสีกล้อง (16 ตัวอย่าง) พบปริมาณแคดเมียมในข้าวเหนียวสูงกว่าข้าวเจ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Hensawang และคณะ[41] ที่เก็บตัวอย่างข้าวสารจากตลาดใน 8 เขตของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี ข้าวหอมมะลิกล้อง ข้าวเจ้าขาว ข้าวเหนียว ทั้งหมด 97 ตัวอย่าง อาจมีสาเหตุจากสายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาที่ผ่านมาหลายการศึกษาพบว่าข้าวต่างพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันมีการสะสมแคดเมียมต่างกัน[42-45] นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าแคดเมียมจะสะสมในข้าวที่เพาะปลูกแบบไม่ขังน้ำในแปลง (Aerobic Condition) สูงกว่าแบบน้ำท่วมขังในแปลง (Flooded Conditions)[46,47] เมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบให้น้ำแบบฉีดฝอยมีแคดเมียมสูงกว่าเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบน้ำท่วมขังในแปลง[48] เนื่องจากการปลูกข้าวแบบไม่ขังน้ำในแปลงทำให้ศักยภาพการเกิดออกซิเดชัน-รีดักชัน (Redox Potential) ในดินสูงขึ้น ทำให้การดูดซึมแคดเมียมจากดินไปสะสมในเมล็ดข้าวสูงขึ้น[48] การศึกษาของ Bingham และคณะ พบว่าเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบไม่ขังน้ำในแปลง มีปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นร้อยละ 55 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบน้ำท่วมขังในแปลง[49] รูปแบบการปลูกข้าวในประเทศไทยการปลูกข้าวเหนียวนิยมปลูกในที่ดอนไม่มีน้ำขัง และไม่มีคันนา ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ในขณะที่การปลูกข้าวเจ้าส่วนใหญ่ปลูกตามพื้นที่ลุ่มน้ำ อาศัยน้ำฝน และน้ำในระบบชลประทานที่นำน้ำมาขังในพื้นที่นา[50]

ตารางที่ 1. ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียว จำแนกตามภูมิภาค

ประเภทข้าว	รวมทุกภูมิภาค			ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน
ข้าวเจ้า	341 (81.2)	0.022 ± 0.028^{b} (ND–0.375)	0.013	112 (95.7)	0.019 ± 0.021^{aA} (ND –0.220)	0.013	105 (76)	0.023 ± 0.022^{bA} (ND –0.150)	0.013	106 (72.1)	0.023 ± 0.038^{bA} (ND –0.375)	0.013	18 (100.0)	0.021 ± 0.022^{A} (ND –0.092)	0.013
ข้าวเหนียว	79 (18.8)	0.032 ± 0.026^{a} (ND –0.170)	0.026	5 (4.3)	0.017 ± 0.014^{aA} (ND –0.041)	0.013	33 (24)	0.034 ± 0.022^{aA} (ND –0.110)	0.030	41 (27.9)	0.032 ± 0.029^{aA} (ND –0.170)	0.025	-	-	-
รวม	420 (100.0)	0.024±0.028 (ND –0.375)	0.013	117 (27.9)	0.019 ± 0.021^{B} (ND –0.220)	0.013	138 (32.8)	0.026 ± 0.022^{A} (ND –0.150)	0.020	147 (35.0)	0.026 ± 0.036^{A} (ND –0.375)	0.013	18 (4.3)	0.021 ± 0.022^{AB} (ND –0.092)	0.013

หมายเหตุ: $^{a, b}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05, ^{A,B} คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05, not detected (ND) คือ ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 2. ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าวขัดสีและข้าวกล้อง จำแนกตามภูมิภาค

หมาย

การขัดสี	รวมทุกภูมิภาค			ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน
ข้าวขัดสี	266 (63.3)	0.023 ± 0.027^{a} (ND –0.375)	0.013	96 (82.1)	0.018 ± 0.009^{bB} (ND –0.044)	0.016	73 (52.9)	0.025 ± 0.020^{aAB} (ND –0.110)	0.013	89 (60.5)	0.029 ± 0.041^{aA} (ND –0.375)	0.019	8 (44.4)	0.015 ± 0.015^{aB} (ND –0.049)	0.013
ข้าวกล้อง	154 (36.7)	0.024 ± 0.028^{a} (ND –0.220)	0.013	21 (17.9)	0.021 ± 0.046^{aB} (ND –0.220)	0.013	65 (47.1)	0.028 ± 0.024^{aA} (ND –0.150)	0.022	58 (39.5)	0.021 ± 0.024^{bC} (ND –0.170)	0.013	10 (55.6)	0.026 ± 0.026^{aABC} (ND –0.092)	0.023
รวม	420 (100.0)	0.024±0.028 (ND –0.375)	0.013	117 (27.9)	0.019 ± 0.021^{B} (ND –0.220)	0.013	138 (32.8)	0.026 ± 0.022^{A} (ND –0.150)	0.020	147 (35.0)	0.026 ± 0.036^{A} (ND –0.375)	0.013	18 (4.3)	0.021 ± 0.022^{AB} (ND –0.092)	0.013

เหตุ: $^{a, b}$ คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05, ^{A,B,C} คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05, not detected (ND) คือ ตรวจไม่พบ

ตารางที่ 3. ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าว 7 ชนิด จำแนกตามภูมิภาค

ชนิดข้าว	รวมทุกภูมิภาค			ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน
ข้าวหอมมะลิขัดสี	80 (19.1)	0.026±0.043^{b} (ND –0.375)	0.013	11 (9.4)	0.012±0.004^{aB} (ND –0.020)	0.013	24 (17.5)	0.024±0.017^{abAB} (ND –0.065)	0.017	45 (30.6)	0.030±0.056^{aA} (ND –0.375)	0.013	-	-	-
ข้าวหอมมะลิกล้อง	56 (13.3)	0.025±0.032^{b} (ND –0.220)	0.013	7 (6.0)	0.040±0.079^{abAB} (ND –0.220)	0.013	22 (15.9)	0.030±0.025^{acA} (ND –0.100)	0.024	27 (18.4)	0.018±0.010^{aB} (ND –0.053)	0.013	-	-	-
ข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสี	123 (29.3)	0.018±0.010^{b} (ND –0.068)	0.013	81 (69.2)	0.019±0.009^{bA} (ND –0.044)	0.021	26 (18.8)	0.015±0.012^{bB} (ND –0.068)	0.013	8 (5.4)	0.016±0.005^{aAB} (ND –0.024)	0.013	8 (44.4)	0.015±0.015^{aAB} (ND –0.049)	0.013
ข้าวขาวรวมพันธุ์กล้อง	19 (4.5)	0.021±0.020^{b} (ND –0.092)	0.013	3 (2.6)	0.013±0.000^{abA} (0.013–0.008)	0.013	9 (6.5)	0.020± 0.013^{bcA} (ND –0.050)	0.013	4 (2.7)	0.020± 0.013^{abA} (ND –0.036)	0.020	3 (16.7)	0.036± 0.048^{aA} (ND –0.092)	0.013
ข้าวเจ้ามีสีกล้อง	63 (15.0)	0.021±0.023^{b} (ND –0.150)	0.013	10 (8.5)	0.011±0.004^{aB} (ND –0.013)	0.013	24 (17.4)	0.027±0.030^{acA} (ND –0.150)	0.020	22 (15.0)	0.019±0.019^{aAB} (ND –0.083)	0.013	7 (38.9)	0.022± 0.012^{aA} (ND –0.043)	0.023
ข้าวเหนียวขาวขัดสี	63 (15.0)	0.032±0.022^{a} (ND –0.110)	0.026	4 (3.4)	0.020± 0.014^{abA} (0.013–0.041)	0.013	23 (16.7)	0.036± 0.025^{aA} (ND –0.110)	0.026	36 (24.5)	0.030± 0.020^{bA} (0.013–0.092)	0.027	-	-	-
ข้าวเหนียวมีสีกล้อง	16 (3.8)	0.034±0.038^{a} (ND –0.170)	0.025	1* (0.9)	0.004	0.004	10 (7.2)	0.030±0.010^{aA} (0.013–0.047)	0.031	5 (3.4)	0.047±0.069^{abA} (ND –0.170)	0.024	-	-	-
รวม	420 (100.0)	0.024±0.028 (ND –0.375)	0.013	117 (27.9)	0.019±0.021^{B} (ND –0.220)	0.013	138 (32.8)	0.026±0.022^{A} (ND –0.150)	0.020	147 (35.0)	0.026±0.036^{A} (ND –0.375)	0.013	18 (4.3)	0.021±0.022^{AB} (ND –0.092)	0.013

หมายเหตุ: a, b ,c คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05, A, B คือ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับ P-value < 0.05

* คือ จำนวนตัวอย่างไม่เพียงพอสำหรับการทดสอบความต่างทางสถิติ, not detected (ND) คือ ตรวจไม่พบ

ดังนั้นนอกจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกันแล้วรูปแบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกันระหว่างข้าวเหนียวกับข้าวเจ้าจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในข้าวเหนียวและข้าวเจ้า

การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมระหว่างข้าวขัดสีและข้าวกล้องในข้าวชนิดเดียวกันสอดคล้องกับการศึกษาของ Hensawang และคณะ[41] ในข้าวหอมมะลิขัดสี และข้าวหอมมะลิกล้อง และการศึกษาของ Moriyama และคณะในข้าวญี่ปุ่น 6 ชนิด ซึ่งไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในข้าวกล้อง และข้าวขัดสี โดยพบว่าการนำข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออก (ข้าวกล้อง) มาขัดเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออก เหลือแต่ส่วนที่เป็นเนื้อเมล็ดข้าว (ข้าวขัดสี) ทำให้ปริมาณแคดเมียมลดลงเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 3)[51] เนื่องจากเมื่อข้าวดูดซึมแคดเมียมเข้าไปจะไปสะสมในเมล็ดข้าวส่วนเนื้อเมล็ดข้าว (Endosperm)[52]

การพบความแตกต่างของปริมาณแคดเมียมในข้าวชนิดเดียวกันที่เก็บจากต่างภูมิภาค ดังที่พบว่าปริมาณแคดเมียมในข้าวหอมมะลิขัดสีที่เก็บจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงกว่าภาคกลาง ปริมาณแคดเมียมในข้าวหอมมะลิกล้องที่เก็บจากภาคเหนือสูงกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณแคดเมียมในข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสีที่เก็บจากภาคกลางสูงกว่าภาคเหนือ ปริมาณแคดเมียมในข้าวเจ้ามีสีกล้องที่เก็บจากภาคเหนือและภาคใต้สูงกว่าภาคกลาง อาจเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความแตกต่างของสภาพทางธรณีวิทยา และวิธีการเพาะปลูก เช่น ระบบการจัดการน้ำในแปลง วันที่ปลูกต้นกล้า การปรับปรุงดิน การใช้ปุ๋ย ข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการเพาะปลูกที่ต่างกันมีผลต่อการการสะสมของแคดเมียมในเมล็ดข้าว [53] เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคดเมียมในข้าวจากแหล่งผลิตสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทยกับข้าวที่ปลูกในประเทศต่างๆ (ตารางที่ 4) พบว่าข้าวไทยมีแคดเมียมต่ำกว่าหลายประเทศ และต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์ (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตามพบว่าข้าว 5 ตัวอย่าง มีแคดเมียมสูงกว่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานอาหารประเทศออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์ (0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)[40] ซึ่งกำหนดค่าไว้ต่ำกว่ามาตรฐานของโคเด็กซ์มาก สำหรับประเทศไทยการพบแคดเมียมในข้าวระดับสูงส่วนใหญ่เป็นปัญหาเฉพาะพื้นที่ ดังที่พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียมบริเวณลุ่มน้ำแม่ตาว จังหวัดตาก ที่เกิดจากกิจกรรมเหมืองแร่ทำให้ดินมีแคดเมียมสูง โดยดินที่ใช้ในพื้นที่ปลูกข้าวต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ มีปริมาณแคดเมียมในช่วง 15.35–36.20, 12.00–17.67 และ 11.45–46.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณแคดเมียมในข้าวสารในช่วง 7.15–14.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[54] แต่บางประเทศพบปัญหาการปนเปื้อนแคดเมียมบริเวณกว้าง เช่น พื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศจีน พบแคดเมียมในข้าวที่ระดับเฉลี่ย 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[55] และข้าวจากทางภาคเหนือของอิหร่านที่พบแคดเมียมในระดับเฉลี่ยสูงถึง 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม[56] นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยฟอสเฟสที่มีการปนเปื้อนแคดเมียมสูงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้พบแคดเมียมในดินสูงส่งผลให้

ตารางที่ 4. การปนเปื้อนของแคดเมียมในข้าวประเทศต่างๆ

ประเทศ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปีที่เก็บตัวอย่าง	ชนิดตัวอย่างข้าว	จำนวน	ปริมาณแคดเมียม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			อ้างอิง
					เฉลี่ย	มัธยฐาน	ต่ำสุด-สูงสุด	
มาลาวี	พื้นที่เพาะปลูกข้าว 18 พื้นที่	ไม่ระบุ	ข้าวกล้อง	33	0.006	<0.002	<0.002-0.039	Joy และคณะ, 2017[16]
			ข้าวขัดสี	21	0.009	0.006	<0.002-0.029	
สหรัฐอเมริกา	ร้านค้า ในรัฐหลุยเซียน่า	ไม่ระบุ	ข้าวขัดสี	28	0.011	-	0.0017-0.071	Mentan และคณะ, 2020 [17]
			ข้าวกล้อง	11	0.024	-	0.0077-0.065	
ซาอุดิอาระเบีย	ตลาดเมือง Almadinah Almunawarah	2012	ข้าว	64	0.017	0.015	0.003-0.046	Shraim และคณะ, 2017[18]
ไต้หวัน	ตลาด	ไม่ระบุ	ข้าว	280	0.02	-	<0.05-0.20	Lin และคณะ, 2004[19]
เกาหลีใต้	พื้นที่เพาะปลูก	2012	ข้าวกล้อง	82	0.024	0.013	0.003-0.141	Kunhikrishnan และคณะ, 2015[20]
ออสเตรเลีย	ตลาดในเมือง บริสเบน	2010	ข้าว	12	0.039	0.024	0.002-0.150	Shraim และคณะ, 2017[18]
อินเดีย	เขตนาเดีย รัฐเบงกอลตะวันตก	ไม่ระบุ	ข้าว	56	0.04	-	0.00-0.16	Halder และคณะ, 2020[21]
บังกลาเทศ	ตลาด ใน 16 อำเภอ	ไม่ระบุ	ข้าวขัดสี	144	0.044	0.034	0.001-0.018	Shahriar และคณะ, 2020[22]
อิหร่าน	ตลาด ของนคร Shahrekord	2009-2010	ข้าว	67	0.062	-	0.038-0.122	Shakerian และคณะ, 2012[23]
ศรีลังกา	ตลาด ในทุกภูมิภาค	2018	ข้าวขัดสี	165	0.080	0.033	0.003–0.730	Liu และ คณะ, 2020[24]
อิตาลี	ผู้ผลิตข้าว	2011-2014	ข้าวขัดสี	113	0.087	-	0.004-1.38	Pastorellia และคณะ, 2018[25]
			ข้าวกล้อง	34	0.092	-	-	
ญี่ปุ่น	ตลาด	ไม่ระบุ	ข้าว	18	0.059	0.050	0.010-0.140	Meharg และคณะ, 2013[26]
จีน	พื้นที่เพาะปลูกข้าวสำคัญ ในภูมิภาคต่างๆ	2015	ข้าวกล้อง	113	0.116	-	0.002-1.172	Mu และคณะ, 2019[27]
			ข้าวขัดสี	113	0.087	-	0.004-1.38	

มีการสะสมแคดเมียมในเมล็ดข้าวสูง[14,57]

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนแคดเมียมที่พบในข้าวมาประเมินการได้รับแคดเมียมจากการบริโภคข้าวโดยใช้ข้อมูลการบริโภคข้าวของประเทศไทย[58] พบว่าการบริโภคข้าวเจ้าขัดสี ข้าวเจ้ากล้อง และข้าวเหนียวขัดสีที่ระดับเฉลี่ยของการบริโภคมีค่าต่ำกว่าระดับที่จะก่อผลเสียต่อสุขภาพมาก โดยมีค่าร้อยละ 6 3 และ 7 ของค่า PTMI ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเฝ้าระวังในข้าวที่ปลูกในพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนแคดเมียมดังที่มีการศึกษาพบในบางพื้นที่[59] การศึกษานี้พบปริมาณแคดเมียมสูงสุดในข้าวเจ้าขัดสี เท่ากับ 0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากมีการบริโภคข้าวที่พบแคดเมียมสูงในระดับนี้จะทำให้ประชากรไทยที่บริโภคข้าวปริมาณสูงได้รับแคดเมียมสูงเกินค่า PTMI (ร้อยละ 240 ของค่า PTMI) และถ้าบริโภคข้าวระดับเฉลี่ยจะได้รับแคดเมียมร้อยละ 98 ของค่า PTMI การได้รับแคดเมียมปริมาณสูงติดต่อกันในระยะยาวจะเกิดผลเสียต่อการทำงานของไต และการสลายตัวของกระดูก คนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักในชีวิตประจำวัน และนิยมบริโภคผลิตภัณฑ์จากข้าวหลายชนิด เช่น โจ๊ก ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน เป็นต้น นอกจากนี้ยังบริโภคอาหารชนิดอื่นๆ ที่มักพบการปนเปื้อนแคดเมียมเช่น สัตว์น้ำ และเครื่องในสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารกลุ่มเสี่ยงที่นำแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย ถ้าไม่มีการกำหนดมาตรการที่เหมาะสมในการเฝ้าระวังการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวจะส่งผลให้ประชากรไทยได้รับแคดเมียมจากอาหารในระดับที่ก่อผลเสียต่อสุขภาพได้ หากข้าวสารมีการปนเปื้อนแคดเมียมในระดับ 0.15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทำผู้บริโภคกลุ่มที่รับประทานข้าวปริมาณสูงได้รับแคดเมียมสูงถึงร้อยละ 96 ของค่า PTMI จึงควรมีมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในพื้นที่เพาะปลูกนั้น

สรุป

การศึกษานี้พบว่าข้าวที่เก็บจากพื้นที่ผลิตข้าวสำคัญของประเทศไทย 4 ภูมิภาค มีแคดเมียมในระดับต่ำกว่ามาตรฐานของโคเด็กซ์และประเทศไทยมาก (ค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐาน เท่ากับ 0.024 และ 0.013 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ส่วนใหญ่ (ร้อยละ 52) มีแคดเมียมในปริมาณต่ำกว่าค่า LOQ โดยพบแคดเมียมในข้าวเหนียวสูงกว่าข้าวเจ้า แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างข้าวขัดสีและข้าวกล้อง การบริโภคข้าวเจ้าขัดสีที่พบแคดเมียม 0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามค่ามาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์ จะทำให้กลุ่มผู้บริโภคข้าวในปริมาณสูงได้รับแคดเมียมเกินค่า PTMI ดังนั้นจำเป็นต้องมีการนำข้อมูลสำรวจปริมาณแคดเมียมในข้าวจากแหล่งเพาะปลูกข้าวสำคัญในพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย มาใช้สร้างมาตรการเฝ้าระวังการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าว และทบทวนค่ามาตรฐานแคดเมียมในข้าวของประเทศไทย การกำหนดมาตรฐานแคดเมียมในข้าวต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคตามหลักการประเมินความเสี่ยง และความสามารถในการจัดการการปนเปื้อนแคดเมียมในข้าวของประเทศ เพื่อคุ้มครองสุขภาพของประชากรในพื้นที่ และรักษาคุณภาพด้านความปลอดภัยของข้าวไทย

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.)

ผลประโยชน์ทับซ้อน

คณะผู้วิจัยขอยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ

เอกสารอ้างอิง

1. JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Evaluation of certain food additives and contaminants: seventy-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 2010. Available at https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44515/WHO_TRS_960_eng.pdf;jsessionid=89F261415D685C32555ABBC949AADA67?sequence=1, accessed on Oct 20, 2020.
2. Rahimzadeh MR, Kazemi S ,Moghadamnia AA, *et al.* Cadmium toxicity and treatment: An update. *J Intern Med* 2017; 8(3): 135-45.
3. WHO. Exposure to cadmium a major public health concern, 2010. Available at https://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf, accessed on Nov 16, 2020.
4. IARC (International Agency for Research on Cancer). Summaries & evaluations: Cadmium and cadmium compounds (Group 1). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, 1993; 58: 119. Available at http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf, accessed on Oct 15, 2020.
5. Ikeda M, Watanabe T, Nakatsuka H, *et al.* Cadmium Exposure in General Populations in Japan: a Review. *Food Safety* 2015; 4: 118-35.
6. Tsukahara T, Ezaki T, Moriguchi J, *et al.* Rice as the most influential source of cadmium intake among general Japanese population. *Sci Total Environ* 2003; 3: 41–51.
7. Ishikawa S. Mechanisms of cadmium accumulation in rice grains and molecular breeding for its reduction. *J Soil Sci* 2020; 66: 28-33.
8. Simmons RW, Pongsakul P. Towards the development of a sampling strategy to evaluate the spatial distribution of Cd in contaminated irrigated rice-based agricultural systems. Proceeding of the 17th World Congress of Soil Science Symposium; 2002 Aug 14-21; Bangkok; 2002, 1676.
9. Simmons RW, Pongsakul P, Chaney RL, *et al*. The relative exclusion of zinc and iron from rice grain in relation to rice grain cadmium as compared to soybean: Implications for human health. *Plant Soil* 2003; 257: 163–70.
10. Swaddiwudhipong W, Limpatanachote P, Mahasakpan P, *et al*. Cadmium exposed population in Mae Sot District, Tak Province: 1. Prevalence of high urinary cadmium levels in the adults. *J Med Assoc Thai* 2007; 90: 143–48.
11. Limpatanachote P, Swaddiwudhipong W, Mahasakpan G, *et al*. Cadmium-exposed population in Mae Sot District, Tak Province: 2. Prevalence of Renal dysfunction in the adults. *J Med Assoc Thai* 2009; 92: 1345-53.
12. Honda R, Swaddiwudhipong W, Nishijo M, *et al*. Cadmium induced renal dysfunction among residents of rice farming area downstream from a

zinc-mineralized belt in Thailand. *Toxicol Lett* 2010; 198: 26–32.

13. Suwatvitayakorn P, Ko MS, Kim KW, *et al.* Human health risk assessment of cadmium exposure through rice consumption in cadmium-contaminated areas of the Mae Tao sub-district, Tak, Thailand. *Toxicol Ind Health* 2020; 28: 955–60.
14. Roberts TL. Cadmium and phosphorous fertilizers: the issues and the science. *Procedia Eng* 2014; 83: 52–59.
15. Fasahat P. Recent progress in understanding cadmium toxicity and tolerance in rice. *Emir J Food Agric* 2015; 27(1): 94-105.
16. Joy EJM, Ander EL, Broadley MR, Young SS, *et al.* Elemental composition of Malawian rice. *Environ Geochem Health* 2017; 39: 835–45.
17. TatahMentan M, Nyachoti S, Scott L, *et al* .Toxic and Essential Elements in Rice and Other Grains from the United States and Other Countries. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 1-12.
18. Shraim AM. Rice is a potential dietary source of not only arsenic but also other toxic elements like lead and chromium. *Arab J Chem* 2017; 10: 3434–43.
19. Lin HT, Wong SS, Li GC. Heavy Metal Content of Rice and Shellfish in Taiwan. *J Food Drug Anal* 2004; 12(2): 167-74.
20. Kunhikrishnan A, Go WR, Park JH, *et al.* Heavy Metal (loid) Levels in Paddy Soils and Brown Rice in Korea. *J Soil Sci Fert* 2015; 48(5): 515-21.
21. Halder D, Saha JK, Biswas A. Accumulation of essential and non-essential trace elements in rice grain: Possible health impacts on rice consumers in West Bengal, India. *Sci Total Environ* 2020; 706: 135944.
22. Shahriar S, Rahman MM, Naidua R.Geographical variation of cadmium in commercial rice brands in Bangladesh: Human health risk assessment. *Sci Total Environ* 2020; 716: 137049.
23. Shakerian1 A, Rahimi1 E, Ahmadi M .Cadmium and lead content in several brands of rice grains (Oryza sativa) in central Iran. *Toxicol Ind Health* 2012; 28(10): 955–60.
24. Liu L, Han J, Xu X, *et al.* Dietary exposure assessment of cadmium, arsenic, and lead in market rice from Sri Lanka. *Environ Sci Pollut Res* 2020; 27: 42704–12.
25. Pastorellia AA, Angelettib R, Binatob G, *et al.* Exposure to cadmium through Italian rice (Oryza sativa L.): Consumption and implications for human health. *J Food Compost Anal* 2018; 69: 115–21.
26. Meharg AA, NortonG, Deacon C, *et al.* Variation in Rice Cadmium Related to Human Exposure. *Environ Sci Technol* 2013; 47: 5613-18.
27. Mu T, Wu T, Zhou T, *et al.* Geographical variation in arsenic, cadmium, and lead of soils and rice in the major rice producing regions of China. *Sci Total Environ* 2019; 677: 373–81.
28. Codex Alimentarius International Food Standard. General standard for contaminants and toxins in food and feed: CXS 193-1995, 2018. Available at https://www.fao.org/fao-whocodexalimentarius/thematic-areas/contaminants/en/?fbclid=IwAR1nnaZ6RW0yTDdFlqdo3aSS295DgNQ4WV-Za6tbLune7DfVuTpCaxwQD4, accessed on Oct 20, 2020.
29. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 414) พ.ศ. 2563 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 137, ตอนพิเศษ 118 (ลงวันที่ 20 พฤษภาคม 2563).

30. JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives). Safety evaluation of certain food additives and contaminants, WHO Food Additives Series 71, 2015. Available at https://www.who.int/foodsafety/publications/FAS-71/en/, accessed on Oct 20, 2020.

31. Horiguchi H, Aoshima K, Oguma E, *et al.* Latest status of cadmium accumulation and its effects on kidneys, bone, and erythropoiesis in inhabitants of the formerly cadmium-polluted Jinzu River Basin in Toyama, Japan, after restoration of rice paddies. *Int Arch Occup Environ Health* 2010; 83(8): 953-70.

32. Aoshima K. Itai-itai disease: Cadmium-induced renal tubular osteomalacia, Current status and future perspective. *Jpn J Hyg* 2012; 67: 455–63.

33. Jin T, Nordberg M, Frech W, *et al.* Cadmium biomonitoring and renal dysfunction among a population environmentally exposed to cadmium from smelting in China (ChinaCad). *BioMetals* 2002; 15: 397–410.

34. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. การชลประทานข้าวนาปี : เนื้อที่เพาะปลูก ผลผลิต ผลผลิตต่อไร่ รายภาคและจังหวัด ปีเพาะปลูก 2561/62 ที่ความชื้น 15 %. Available at http://www.oae.go.th/assets/ portals/1/fileups/prcaidata/files/second%20rice%2056%20dis(1).pdf, accessed on Oct 4, 2020.

35. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ข้าวนาปี : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2556 รายจังหวัด ความชื้น 15%. Available at http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/major%20rice%2056%20province.pdf, accessed on Jun 2, 2013.

36. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ข้าวนาปรัง : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2556 รายจังหวัด ความชื้น 15%. Available at http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/second%20rice%2056%20dis(1).pdf, accessed on Jun 4, 2013.

37. AOAC International. AOAC official method 2013.06. Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead in foods. Pressure digestion and inductively coupled plasma/ mass spectrometry: AOAC International, 2013.

38. Commission Regulation (EC). No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union, 2014; L138: 75-78.

39. The National Health and Family Planning of People's Republic of China (NFHPC). China's Maximum Levels for Contaminants in Foods. GB 2762-2005, 2014.

40. Common wealth of Australia Gazette. Australia New Zealand Food Standards Code. Standard 1.4.1 Contaminants and natural toxicants, 2015. Available at https://www.legislation.gov.au/Details/F2015C00052, accessed on Oct 20, 2020.

41. Hensawang S, Chanpiwat P. Health impact assessment of arsenic and cadmium intake via rice consumption in Bangkok, Thailand. Environmental Monitoring and Assessment. *Environ Monit Assess* 2017; 189: 599-605.

42. Wen-en S, Shi-bao C, Ji-fang L, *et al.* Variation of Cd concentration in various rice cultivars and derivation of cadmium toxicity thresholds for paddy soil by species-sensitivity distribution. *J Integr Agric* 2015; 14(9): 1845–54.

43. Arao T, Ae N. Genotypic variations in cadmium levels of rice grain. *Soil Sci Plant Nutr* 2003; 49: 473–79.

44. Liu J, Zhu Q, Zhang Z, *et al.* Variations in cadmium accumulation among rice cultivars and types and the selection of cultivars for reducing cadmium in the diet. *J Sci Food Agric* 2005; 85: 147–53.

45. Yu H, Wang J, Fang W, *et al.* Cadmium accumulation in different rice cultivars and screening for pollution-safe cultivars of rice. *Sci Total Environ* 2006; 370: 302–9.

46. Sun L, Zheng M, Liu H, *et al.* Water management practices affect arsenic and cadmium accumulation in rice grains. *Sci. World J* 2014; 4: 1-6.

47. Arao T, Kawasaki A, Baba K, *et al.* Effects of water management on cadmium and arsenic accumulation and dimethylarsinic acid concentrations in Japanese rice. *Environ Sci Technol* 2009; 43: 9361–7.

48. Jimnez EM, Meharg AA, Smolders E, *et al.* Sprinkler irrigation of rice fields reduces grain arsenic but enhances cadmium. *Sci Total Environ* 2014; 485: 468–73.

49. Hu P, Li Z, Yuan C, *et al.* Effect of water management on cadmium and arsenic accumulation by rice (Oryza sativa L.) with different metal accumulation capacities. *J Soils Sediments* 2013; 13: 916–24.

50. กรมการข้าว. องค์ความรู้เรื่องข้าว. Available at http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=3.htm, accessed on Oct 20, 2020.

51. Moriyama T, Shindoh K, Taguchi Y, *et al.* Changes in the cadmium content of rice during the milling process. *J Food Hyg Soc Jpn* 2003; 44:145-9.

52. Meharg AA, Lombi E, Williams PN, *et al.* Speciation and Localization of Arsenic in White and Brown Rice Grains. Environ. *Sci Technol* 2008; 42: 1051–7.

53. Cattani I, Romani M, Boccelli R. Effect of cultivation practices on cadmium concentration in rice grain. *Agron Sustain Dev* 2008; 28: 265–71.

54. ธนภัทร ปลื้มพวก, ธงชัย มาลา และ อรุณศิริ กำลัง. ปริมาณแคดเมียมในข้าวที่ปลูกในดินนาปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่ ลุ่มน้ำแม่ตาว จังหวัดตาก ประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2557; 3: 26–38.

55. Fangmin C, Ningchun Z, Haiming X, *et al.* Cadmium and lead contamination in japonica rice grains and its variation among the different locations in southeast China. *Sci Total Environ* 2006; 359: 156–66.

56. Alizazoli M, Bazerafshan E, Hazrati A, *et al.* Determination and estimation of Cadmium intake from Tarom rice. *J Appl Sci Environ Manage* 2006; 10: 147–50.

57. Schipper LA, Sparling GP. Rates of accumulation of cadmium and uranium in a New Zealand hill farm soil as a result of long-term use of phosphate fertilizer. *Agric Ecosyst Environ* 2011; 144(1): 95-101.

58. สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. ข้อมูลการบริโภคอาหารของประเทศไทย. 2559 เข้าถึงได้จาก: http://www.acfs.go.th/ document/ download_document/FCDT.pdf สืบค้น 1 พย. 2563.

59. Zwicker R, Promsawad A, Zwicker BM, *et al.* Cadmium Content of Commercial and Contaminated Rice, Oryza sativa, in Thailand and Potential Health Implications *Bull Environ Contam Toxicol* 2010; 84: 285–88.