

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 ข้าวทุกตัวอย่างมีปริมาณแคดเมียมไม่เกินมาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์²⁸ และประเทศไทย²⁹ (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับข้าวขัดสี) แต่พบแคดเมียมในข้าว 2 ตัวอย่าง (ร้อยละ 0.5) เกินมาตรฐานสหภาพยุโรป³⁸ และประเทศจีน³⁹ (0.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 1.2) เกินมาตรฐานของออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์⁴⁰ (0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี (0.220 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จากจังหวัดลพบุรี, ข้าวหอมมะลิขัดสี (0.375 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และข้าวลิ้มผิว (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) ข้าวหอมมะลิล้อม (56 ตัวอย่าง) ข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสี (123 ตัวอย่าง) ข้าวขาวรวมพันธุ์กล้อง (19 ตัวอย่าง) ข้าวเจ้ามีสีกล้อง (63

ตัวอย่าง) และข้าวเหนียว 2 ประเภท ได้แก่ ข้าวเหนียวขาวขัดสี (63 ตัวอย่าง) และข้าวเหนียวมีสีกล้อง (16 ตัวอย่าง) พบปริมาณแคดเมียมในข้าวเหนียวสูงกว่าข้าวเจ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Hensawang และคณะ⁴¹ ที่เก็บตัวอย่างข้าวสารจากตลาดใน 8 เขตของกรุงเทพมหานคร ได้แก่ ข้าวหอมมะลิขัดสี ข้าวหอมมะลิล้อม ข้าวเจ้าขาว ข้าวเหนียวทั้งหมด 97 ตัวอย่าง อาจมีสาเหตุจากสายพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน โดยการศึกษาที่ผ่านมาหลายการศึกษาพบว่าข้าวต่างพันธุ์ที่ปลูกในพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันมีการสะสมแคดเมียมต่างกัน⁴²⁻⁴⁵ นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าแคดเมียมจะสะสมในข้าวที่เพาะปลูกแบบไม่ขังน้ำในแปลง (Aerobic Condition) สูงกว่าแบบน้ำท่วมขังในแปลง (Flooded Conditions)^{46,47} เมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบให้น้ำแบบฉีดฝอยมีแคดเมียมสูงกว่าเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบน้ำท่วมขังในแปลง⁴⁸ เนื่องจากการปลูกข้าวแบบไม่ขังน้ำในแปลงทำให้ศักยภาพการเกิดออกซิเดชัน-รีดักชัน (Redox Potential) ในดินสูงขึ้น ทำให้การดูดซึมแคดเมียมจากดินไปสะสมในเมล็ดข้าวสูงขึ้น⁴⁸ การศึกษาของ Bingham และคณะ พบว่าเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบไม่ขังน้ำในแปลง มีปริมาณแคดเมียมเพิ่มขึ้นร้อยละ 55 เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่เพาะปลูกแบบน้ำท่วมขังในแปลง⁴⁹ รูปแบบการปลูกข้าวในประเทศไทยการปลูกข้าวเหนียนิยมปลูกในที่ดอนไม่มีน้ำขัง และไม่มีคันนา ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ในขณะที่การปลูกข้าวเจ้าส่วนใหญ่ปลูกตามพื้นที่ลุ่มน้ำ อาศัยน้ำฝน และน้ำในระบบชลประทานที่นำน้ำมาขังในพื้นที่นา⁵⁰

ตารางที่ 1. ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจำแนกตามภูมิภาค

ประเภทข้าว	รวมทุกภูมิภาค			ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	
		มัธยฐาน	มัธยฐาน		มัธยฐาน	มัธยฐาน		มัธยฐาน	มัธยฐาน		มัธยฐาน	มัธยฐาน			
ข้าวเจ้า	341 (81.2)	0.022±0.028 ^b (ND-0.375)	0.013	112 (95.7)	0.019±0.021 ^{ab} (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 ^{ab} (ND-0.041)	0.013	33 (24)	0.034±0.022 ^{ab} (ND-0.110)	0.030	41 (27.9)	0.032±0.029 ^{ab} (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. ปริมาณแคดเมียมในตัวอย่างข้าวขัดสีและข้าวกล้องจำแนกตามภูมิภาค

การขัดสี	รวมทุกภูมิภาค			ภาคกลาง			ภาคเหนือ			ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ			ภาคใต้		
	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)		จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	
		มัธยฐาน	มัธยฐาน		มัธยฐาน	มัธยฐาน		มัธยฐาน	มัธยฐาน		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 ^{ab} (ND-0.110)	0.013	89 (60.5)	0.029±0.041 ^{ab} (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 ^{ab} (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 ^{abc} (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

หมายเหตุ: ^{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±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน	จำนวน (ร้อยละ)	เฉลี่ย±ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน (ต่ำสุด-สูงสุด)	มัธยฐาน
ข้าวหอมมะลิขี้เหล็ก	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	-	-	-
ข้าวขาวรวมพันธุ์ขี้เหล็ก	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 ^{ab} (ND -0.024)	0.013	8 (44.4)	0.015±0.015 ^{ab} (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 ^{ba} (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 ^{ab} (ND -0.083)	0.013	7 (38.9)	0.022±0.012 ^{aA} (ND -0.043)	0.023
ข้าวเหนียวขาวขี้เหล็ก	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 ^{ba} (0.013-0.047)	0.031	5 (3.4)	0.047±0.069 ^{baA} (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

ดังนั้นนอกจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกันแล้วรูปแบบการเพาะปลูกที่แตกต่างกันระหว่างข้าวเหนียวกับข้าวเจ้าจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พบความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมในข้าวเหนียวและข้าวเจ้า

การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมระหว่างข้าวขัดสีและข้าวกล้องในข้าวชนิดเดียวกัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Hensawang และคณะ⁴¹ ในข้าวหอมมะลิขัดสี และข้าวหอมมะลิกล้อง และการศึกษาของ Moriyama และคณะในข้าวญี่ปุ่น 6 ชนิด ซึ่งไม่พบความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมในข้าวกล้อง และข้าวขัดสี โดยพบว่าการนำข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออก (ข้าวกล้อง) มาขัดเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกเหลือแต่ส่วนที่เป็นเนื้อเมล็ดข้าว (ข้าวขัดสี) ทำให้ปริมาณแคลเซียมลดลงเพียงเล็กน้อย (ร้อยละ 3)⁵¹ เนื่องจากเมื่อข้าวคูดซึมแคลเซียมเข้าไปจะสะสมในเมล็ดข้าวส่วนเนื้อเมล็ดข้าว (Endosperm)⁵²

การพบความแตกต่างของปริมาณแคลเซียมในข้าวชนิดเดียวกันที่เก็บจากต่างภูมิภาค ดังที่พบว่าปริมาณแคลเซียมในข้าวหอมมะลิขัดสีที่เก็บจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือสูงกว่าภาคกลาง ปริมาณแคลเซียมในข้าวหอมมะลิกล้องที่เก็บจากภาคเหนือสูงกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณแคลเซียมในข้าวขาวรวมพันธุ์ขัดสีที่เก็บจากภาคกลางสูงกว่าภาคเหนือ ปริมาณแคลเซียมในข้าวเจ้ามีสีกล้องที่เก็บจากภาคเหนือและภาคใต้สูงกว่าภาคกลาง อาจเกิดขึ้นจากหลายปัจจัย ได้แก่ ความแตกต่างของสภาพทางธรณีวิทยา และวิธีการเพาะปลูก เช่น ระบบ

การจัดการน้ำในแปลง วันที่ปลูกต้นกล้า การปรับปรุงดิน การใช้ปุ๋ย ข้าวที่ปลูกด้วยวิธีการเพาะปลูกที่ต่างกันมีผลต่อการการสะสมของแคลเซียมในเมล็ดข้าว⁵³ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในข้าวจากแหล่งผลิตสำคัญใน 4 ภูมิภาคของประเทศไทยกับข้าวที่ปลูกในประเทศต่างๆ (ตารางที่ 4) พบว่าข้าวไทยมีแคลเซียมต่ำกว่าหลายประเทศ และต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานอาหารของโคเด็กซ์ (0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตามพบว่าข้าว 5 ตัวอย่าง มีแคลเซียมสูงกว่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดในมาตรฐานอาหารประเทศออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์ (0.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)⁴⁰ ซึ่งกำหนดค่าไว้ต่ำกว่ามาตรฐานของโคเด็กซ์มาก สำหรับประเทศไทยการพบแคลเซียมในข้าวระดับสูงส่วนใหญ่เป็นปัญหาเฉพาะพื้นที่ ดังที่พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ปนเปื้อนแคลเซียมบริเวณลุ่มน้ำแม่ตาจังหวัดตาก ที่เกิดจากกิจกรรมเหมืองแร่ทำให้ดินมีแคลเซียมสูง โดยดินที่ใช้ในพื้นที่ปลูกข้าวต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ มีปริมาณแคลเซียมในช่วง 15.35–36.20, 12.00–17.67 และ 11.45–46.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบปริมาณแคลเซียมในข้าวสารในช่วง 7.15–14.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁵⁴ แต่บางประเทศพบปัญหาการปนเปื้อนแคลเซียมบริเวณกว้าง เช่น พื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศจีน พบแคลเซียมในข้าวที่ระดับเฉลี่ย 0.08 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁵⁵ และข้าวจากทางภาคเหนือของอิหร่านที่พบแคลเซียมในระดับเฉลี่ยสูงถึง 0.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม⁵⁶ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่มีการปนเปื้อนแคลเซียมสูงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้พบแคลเซียมในดินสูงส่งผลให้

ตารางที่ 4. การปนเปื้อนของแคดเมียมในข้าวประเทศต่างๆ

ประเทศ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ปีที่เก็บ ตัวอย่าง	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	
ซาอุดีอาระเบีย	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}

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของการปนเปื้อนแคดเมียมที่พบในข้าวมาประเมินการได้รับแคดเมียมจากการบริโภคข้าวโดยใช้ข้อมูลการบริโภคข้าวของประเทศไทย⁵⁸ พบว่าการบริโภคข้าวเจ้าขั้วดี ข้าวเจ้ากล้อง และข้าวเหนียวขั้วดีที่ระดับเฉลี่ยของการบริโภคมีค่าต่ำกว่าระดับที่จะก่อผลเสียต่อสุขภาพมาก โดยมีค่าร้อยละ 6.3 และ 7 ของค่า PTMI ตามลำดับ อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเฝ้าระวังในข้าวที่ปลูกในพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนแคดเมียมดังที่มีการศึกษาพบในบางพื้นที่⁵⁹ การศึกษานี้พบปริมาณแคดเมียมสูงสุดในข้าวเจ้าขั้วดีเท่ากับ 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 มิลลิกรัมต่อ

กิโลกรัม จะทำให้ผู้บริโภคกลุ่มที่รับประทานข้าวปริมาณสูงได้รับแคดเมียมสูงถึงร้อยละ 96 ของค่า PTMI จึงควรมีมาตรการควบคุมการปนเปื้อนในพื้นที่เพาะปลูกนั้น

สรุป

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

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.)

ผลประโยชน์ทับซ้อน

คณะผู้วิจัยขอยืนยันว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใดๆ

เอกสารอ้างอิง

- 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_96_0_eng.pdf?jsessionid=89F261415D685C32555ABBC949AADA67?sequence=1, accessed on Oct 20, 2020.
- Rahimzadeh MR, Kazemi S, Moghadamnia AA, *et al.* Cadmium toxicity and treatment: An update. *J Intern Med* 2017; 8(3): 135-45.
- 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.
- 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.
- Ikeda M, Watanabe T, Nakatsuka H, *et al.* Cadmium Exposure in General Populations in Japan: a Review. *Food Safety* 2015; 4: 118-35.
- 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.
- Ishikawa S. Mechanisms of cadmium accumulation in rice grains and molecular breeding for its reduction. *J Soil Sci* 2020; 66: 28-33.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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. Taha Mentan 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. Shakerian I A, Rahimi 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 Compos Anal* 2018; 69: 115–21.
 26. Meharg AA, Norton G, 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 ราชอาณาจักร ปีเพาะปลูก 2561/62 ที่ความชื้น 15 %. Available at [http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/second%20rice%2056%20dis\(1\).pdf](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 ราชอาณาจักร 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 ราชอาณาจักร ความชื้น 15%. Available at [http://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/second%20rice%2056%20dis\(1\).pdf](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. Commonwealth 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. Arai 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. Jimenez 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. ชนภัทร ปลื้มพวง, ชงชัย มาลา และ อรุณศิริ กำลัง. ปริมาณแคดเมียมในข้าวที่ปลูกในดินนาปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาจ 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.