การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพจากการบริโภคสัตว์น้ำจืดในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Health Risk Assessment from Aquatic Animal Consumption in Cadmium Contaminated Area, Maesod District, Tak Province

สมคิด จูหว้า* และ อรพิน กฤษณเกรียงไกร
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับสารแคดเมี่ยมจากการบริโภคสัตว์น้ำจืดในลำห้วยแม่ตาว และประเมินปริมาณอาหารที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยเทียบกับค่า Acceptable daily intake (ADI) ผลการศึกษาพบว่า ปลาไหลมีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.274 mg/kg รองลงมา ได้แก่ หอยขม ปลาดุก และ ปลาหมอ มีค่าการปนเปื้อน เท่ากับ 0.125, 0.110 และ 0.100 mg/kg ตามลำดับ เมื่อเทียบกับมาตรฐานการปนเปื้อนแคดเมี่ยมในอาหารของประเทศไทย พบว่าปลาไหลมีค่าการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐาน (< 0.2 mg/kg) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) จากการบริโภคสัตว์น้ำจืด พบว่าค่า Chronic Daily Intake (CDI) ในการบริโภคปลาไหลมีค่ามากที่สุด คือ 1.30 μg/kg-day รองลงมาได้แก่หอยขม และ ปลาดุก มีค่า 0.59 μg/kg-day และ 0.52 μg/kg-day ตามลำดับ ค่าความเสี่ยง (Risk Characterization) ต่อการได้รับสารแคดเมี่ยมจากการบริโภคสัตว์น้ำจืด พบว่าปลาไหล มีค่า Hazard Quotient (HQ) เท่ากับ 1.3 รองลงมาได้แก่ หอยขม ปลาดุก ปลาหมอ ปลาช่อน และปลาดูด มีค่า HQ เท่ากับ 0.593, 0.522, 0.475, 0.299 และ 0.152 ตามลำดับ การคำนวณค่า ADI พบว่า สามารถบริโภคปลาไหล ได้ไม่เกิน 8 มื้อต่อเดือน ส่วนปลาดุก ปลาหมอ และหอยขม สามารถบริโภคได้ไม่เกิน 16 มื้อต่อเดือน

คำสำคัญ : แคดเมี่ยม การประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ การบริโภคสัตว์น้ำจืด ลุ่มน้ำแม่ตาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

The purposes of this study were to perform health risk assessment from aquatic animal consumption in cadmium contaminated area and to assess acceptable daily intake (ADI). The study found that the highest concentration of cadmium was detected in the Swamp Eel (0.274 mg/kg), follow up with Pond Snail, Batrachian Walking Catfish, and Common Climbing Perch contained 0.125, 0.110, and 0.100 mg/kg, respectively. Cadmium contaminated in Swamp Eel was exceeded food safety standard of Thailand (< 0.2 mg/kg). The highest Chronic Daily Intake (CDI) was examined in the Swamp Eel (1.30 μg/kg-day), following with Pond Snail (0.59 μg/kg-day) and Batrachian Walking Catfish (0.52 μg/kg-day). According to human health risk assessment the hazard quotient (HQ) from eating Swamp Eel was 1.3 which is higher than one. Whilst hazard quotients of Pond Snail, Batrachian Walking Catfish, and Common Climbing Perch were 0.593, 0.522, and 0.475, respectively. As a result of this study, adverse health effects may occur and remediation is needed. According to ADI calculation Swamp Eel could be eaten lower than 8 meals per month whilst Batrachian Walking Catfish, Common Climbing Perch, and Pond Snail could be taken lower than 16 meals per month.

Keyword : Cadmium, Health Risk Assessment, Aquatic Animal Consumption, Mae-toa creek

1. บทนำ

อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีลักษณะภูมิประเทศทางด้านทิศตะวันออกเป็นเทือกเขาสูง มีความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งแร่สังกะสีซึ่งเป็นแหล่งแร่ที่มีขนาดใหญ่ของประเทศไทย [1] โดยธรรม ชาติแล้วจะพบแร่สังกะสีอยู่คู่กับแร่แคดเมี่ยม [2] โดยพบแร่สังกะสีและแคดเมี่ยมบนชั้นผิวดินบริเวณ ผาแดงและกระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่อำเภอแม่สอด จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี [3] พบลำห้วยแม่ตาวเป็นลำห้วยสำคัญที่ไหลผ่านเทือกเขาผาแดง โดยมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสูงทางด้านทิศตะวันออกไหลผ่านจากเทือกเขาผาแดงผ่านพื้นที่ตำบลพระธาตุผาแดง ตำบลแม่ตาว และมีแม่น้ำสาขาแยกไปยังตำบลแม่กุ ประชาชนในพื้นที่ได้จัดทำระบบชลประทานจากภูมิปัญญาท้องถิ่น มีระบบการแจกจ่ายน้ำจากลำห้วยแม่ตาวสู่พื้นที่การเกษตร ซึ่งนับได้ว่าลุ่มน้ำแม่ตาวเป็นสายน้ำหลักของเกษตรกร ในการทำกิจกรรมทางการเกษตร ได้แก่ การทำนา ทำไร่ ทำสวน เลี้ยงสัตว์ และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำจืดที่สำคัญ ในช่วงปี พ.ศ. 2541-2546 กรมพัฒนาที่ดินร่วมกับสถาบันจัดการน้ำนานาชาติ [4] ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมในดินและประเมินความเสี่ยงของสารแคดเมี่ยมจากกิจกรรมการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่ามีปริมาณสารแคดเมี่ยมปนเปื้อน ในดินในพื้นที่การเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในช่วง 0.1 – 284 mg Cd kg^{-1} จากตัวอย่างดิน จำนวน 1,090 ตัวอย่าง ร้อยละ 85 ของตัวอย่างมีค่าการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมสูงกว่าค่ามาตรฐานของยุโรป (2 mg kg^{-1} dry weight soil, pH=7) [5] ส่วนในพืชผลการเกษตรได้ทำการเก็บตัวอย่างข้าวในพื้นที่ที่ใช้ระบบน้ำชลประทานจากลุ่มน้ำแม่ตาว จำนวน 1,067 ตัวอย่าง พบปริมาณสารแคดเมี่ยมปนเปื้อนในเมล็ดข้าวอยู่ในช่วง 0.01 – 7.75 mg Cd kg^{-1} ร้อยละ 83 ของตัวอย่างมีค่าการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมสูงกว่าค่ามาตรฐานในประเทศไทย โดยที่ค่ามาตรฐานของแคดเมี่ยมในข้าวกำหนดไว้ไม่เกิน 0.2 mg Cd kg^{-1} [6] และในปี พ.ศ. 2547 พลยุทธ ศุขสมิติ และวิวัฒน์ โตธิกุล [7] ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำในห้วยแม่ตาว พบแคดเมียมปนเปื้อนมีความเข้มข้นต่ำกว่า 0.002 mg/L ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดิน (0.005 mg/L) [8]

ลักษณะของความเป็นพิษของสารแคดเมี่ยมต่อมนุษย์ที่สัมผัสจะมีใน 2 ลักษณะ คือ ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (acute effects) โดยที่ถ้าร่างกายได้รับสารแคดเมี่ยมโดยการกินในปริมาณมากกว่า 350 mg/kg จะทำให้ผู้สัมผัสสารแคดเมี่ยมตายได้ แต่ถ้าได้รับสารแคดเมี่ยมในปริมาณน้อยๆ ในระยะยาว จะเกิดความเป็นพิษแบบเรื้อรัง (long term effects) โดยจะส่งผลต่อการทำหน้าที่ของปอด ทำให้การหายใจขัด เกิดความเป็นพิษที่ไต ความเป็นพิษต่อกระดูก ซึ่งอาการที่เด่นชัดทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต และความเป็นพิษต่อตับ เป็นต้น [8] องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดค่าสูงสุดในการรับแคดเมี่ยมเข้าสู่ร่ายกายจากการบริโภคอาหาร ไม่เกิน 7 μg Cd kg^{-1} ต่อสัปดาห์ หรือประมาณ 60 μg ต่อคนต่อวัน สำหรับผู้ที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม [9]

จากผลการศึกษาการตกค้างของสารแคดเมี่ยม ในดิน น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในข้าว ในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมในปริมาณสูงในงานวิจัยต่างๆ พบว่ามีการตกค้างของสารแคดเมี่ยมในสิ่งแวดล้อมสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด รวมทั้งมีรายงานระบุถึงอาการของโรคหรืออาการที่สอดคล้อง ของการได้รับสารแคดเมี่ยมของประชาชนในอำเภอแม่สอด [10] ในปี พ.ศ. 2548 รัฐบาลได้ขอความร่วมมือกับประชาชนในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมงดการใช้พื้นที่ทำการเกษตร ได้แก่ การปลูก พืชผลทางการเกษตรทุกชนิดที่สามารถนำมาบริโภคได้ และงดการใช้พื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสาร แคดเมี่ยมในการเลี้ยงสัตว์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมในห่วงโซ่อาหาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ที่บริโภค [3] อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนของแคดเมี่ยมยังพบในตะกอนดิน และน้ำ ซึ่งอาจทำให้มีการปนเปื้อนในสัตว์น้ำ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมในสัตว์น้ำจืดที่ประชาชนนิยมนำมาบริโภค เพื่อประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพของประชาชนจากการบริโภคสัตว์น้ำจืดในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนแคดเมี่ยม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วิธีการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ลำห้วยแม่ตาวไหลผ่าน โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ต้นน้ำของลำห้วยแม่ตาวที่บ้านถ้ำเสือ ตำบลพระธาตุผาแดง ผ่านตำบลแม่กุ และสิ้นสุดที่พื้นที่ตำบลแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก รวมพื้นที่ที่ทำการศึกษา จำนวน 3 ตำบล โดยเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน และตะกอนดิน จำนวน 9 จุด โดยแบ่ง ลำห้วยแม่ตาวเป็นบริเวณ Upstream ได้แก่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 บริเวณ Downstream ได้แก่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3, 4, 5, 6, 7, 8 และ 9 (วิธีการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ และผลการศึกษาได้นำเสนอใน Krissanakriangkrai *et al*., 2007) [11] ตลอดความยาวของลำห้วยแม่ตาว (ประมาณ 20 กิโลเมตร) และทำการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจืดชนิดที่ชาวบ้านนิยมนำมาบริโภค จำนวน 3 จุด (จุดที่ 6, 8 และ 9) ซึ่งเป็นจุดที่ประชาชนนิยมจับสัตว์น้ำมาบริโภค ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ตะกอนดิน และจุดเก็บสัตว์น้ำจืด

จากรูปที่ 1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ตะกอนดิน และสัตว์น้ำจืด ในลำห้วยแม่ตาว โดยที่จุดต้นลำห้วยแม่ตาวอยู่บริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 2 ในพื้นที่ตำบลพระธาตุผาแดง ไหลผ่านพื้นที่การเกษตรของประชาชนในจุดที่ 3 และ 4 ในพื้นที่ตำบลแม่กุ จากนั้นลำห้วยแม่ตาวไหลผ่านชุมชนที่เป็นที่อยู่อาศัยของประชาชน ในจุดที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 ในพื้นที่ตำบลแม่ตาว และไหลลงสู่แม่น้ำเมยเขตชายแดนประเทศไทยและพม่า (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน ดินตะกอน และสัตว์น้ำจืด บริเวณลุ่มน้ำแม่ตาว

จุดเก็บที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ตัวอย่างที่เก็บ	พิกัด	
			E	N
1	ต้นน้ำ ต.พระธาตุผาแดง	น้ำ,ตะกอนดิน	98 40 32.8	16 40 40.2
2	ต้นน้ำ ต.พระธาตุผาแดง	น้ำ,ตะกอนดิน	98 40 32.0	16 40 37.5
3	พื้นที่การเกษตร ต.แม่กุ	น้ำ,ตะกอนดิน	98 37 33.4	16 40 25.3
4	พื้นที่การเกษตร ต.แม่กุ	น้ำ,ตะกอนดิน	98 37 37.9	16 40 35.5
5	พื้นที่ชุมชน ต.แม่ตาว	น้ำ,ตะกอนดิน	98 35 7.7	16 40 0.2
6	พื้นที่ชุมชน ต.แม่ตาว	น้ำ,ตะกอนดิน,สัตว์น้ำจืด	98 34 38.8	16 40 31.3
7	พื้นที่ชุมชน ต.แม่ตาว	น้ำ,ตะกอนดิน	98 34 56.9	16 40 29.7
8	พื้นที่ชุมชน ต.แม่ตาว	น้ำ,ตะกอนดิน,สัตว์น้ำจืด	98 34 42.8	16 40 37.4
9	พื้นที่ชุมชน ต.แม่ตาว	น้ำ,ตะกอนดิน,สัตว์น้ำจืด	98 33 45.3	16 41 7.1

2.2 วิธีการเก็บตัวอย่างภาคสนาม และการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจืด โดยใช้เครื่องมือจับสัตว์น้ำประจำท้องถิ่น ได้แก่ ลอบ รี่ และแห หลังเก็บตัวอย่างมีการเตรียมตัวอย่าง โดยวิธี AOAC (2000) method 999.10 [12] ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ชั่งน้ำหนัก และ วัดความยาวของสัตว์น้ำจืด ภายใน 24 ชั่วโมง
2. แยกชิ้นส่วนของปลา และหอยขม
3. บดเนื้อตัวอย่าง โดยใช้ liquid nitrogen ช่วยในการบดและลุกเคล้า
4. เก็บรักษาตัวอย่างในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะทำการวิเคราะห์
5. ชั่งตัวอย่างเนื้อปลา ประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร เพื่อย่อยสลายเนื้อเยื่อตัวอย่างทิ้งไว้ข้ามคืนที่อุณหภูมิห้อง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิ จนกระทั่ง 130 องศาเซลเซียส ย่อยจนกระทั่งตัวอย่างเนื้อปลาสลายหมด
6. กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรอง (Membrane filter) ขนาด 0.45 ไมโครเมตร
7. เติมน้ำ de-ionization 18.2 MW จนได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในหลอดทดลองของตัวอย่าง
8. วิเคราะห์การตกค้างโลหะในเนื้อสัตว์น้ำจืดด้วย Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น AA-6200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคุณภาพ

1. Certified reference material 70% recovery และ fortification 80 % recovery
2. Continuing analysis of blank 10 % ของตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการวิเคราะห์

2.3 การสำรวจโดยใช้แบบสอบถามความถี่อาหารกึ่งปริมาณ

แบบสอบถามความถี่อาหารบริโภคกึ่งปริมาณ (Semi-Quantitative Food Frequency Questionnaire: SFFQ) ถูกประยุกต์ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับ เพศ อายุ น้ำหนักร่างกาย สถานภาพการสมรส ระดับการศึกษา รายได้เฉลี่ยของครอบครัว ภูมิลำเนา ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชน อาชีพหลัก พฤติกรรมการบริโภคอาหารทั่วไป

ส่วนที่ 2 ใช้แบบสอบถามความถี่อาหารบริโภคกึ่งปริมาณ (Semiquantitative Food Frequency Questionnaire: SFFQ) หาชนิดและปริมาณที่รับประทานอาหารประเภทสัตว์น้ำจืดของประชาชนในพื้นที่ศึกษา โดยประยุกต์จากแบบ Food Frequency Questionnaire และ Food Record สัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างใน 1 สัปดาห์ ประกอบด้วย ความถี่ของการบริโภคสัตว์น้ำจืด
ชนิดของสัตว์น้ำจืดที่บริโภค และการประมาณขนาดน้ำหนักสัตว์น้ำจืดที่บริโภคต่อมื้อ

2.4 การประเมินความเสี่ยงและผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสารแคดเมี่ยมโดยการบริโภคสัตว์น้ำจืด

เป็นการประเมินความน่าจะเป็นของผลกระทบต่อสุขภาพ จากมลพิษสิ่งแวดล้อมโดยประเมินความเป็นพิษของสารปนเปื้อนในปลาน้ำจืดและหอย สัมพันธ์กับปริมาณ และพฤติกรรมการบริโภค ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [13] ได้แก่

2.4.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมนั้น ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพและจำเป็นต้องแก้ไข ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์สารแคดเมี่ยมในพันธุ์ปลาต่างๆ ที่ประชาชนในท้องถิ่นจับจากลำห้วยแม่ตาวมารับประทาน

2.4.2 การประเมินขนาดการสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความเป็นพิษของสารแคดเมี่ยม โดยดูจากความสัมพันธ์ของปริมาณการรับเข้าสู่ร่างกายกับผลกระทบที่เกิดต่อสุขภาพ เพื่อนำไปสู่การทำนายการตอบสนองที่ระดับการสัมผัสต่างๆ กัน ในการศึกษานี้ใช้ค่า Reference Dose (RfD) [14]

2.4.3 การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นขั้นตอนของการประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารแคดเมี่ยม โดยทางเข้าสู่ร่างกายทางการบริโภคสัตว์น้ำจืด จากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว โดยประมาณการจาก Reasonable Maximum Exposure Assumption ดังสมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{CDI (mg/kg-day)} = \frac{\text{C x CF x IR x EF x ED}}{\text{BW x AT x 365days/yr}} \quad (1)$$

CDI = Chronic Daily Intake (mg/kg-day)

C = ความเข้มข้นของสารแคดเมี่ยมในสัตว์น้ำจืด (mg/kg)

CF = Conversion Factor (0.001)

IR = ปริมาณที่กินเข้าไป (Ingestion Rate; g/day or 90th %) จากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามความถี่อาหารกึ่งปริมาณเท่ากับ 279 g/day

EF = ความถี่ในการสัมผัสสาร (Exposure Frequency; residential = 350 days/yr)

ED = ระยะเวลาการสัมผัส (Exposure Duration) ใช้ค่าคงที่เท่ากับ 30 ปี

BW = น้ำหนักตัว (Body Weight) น้ำหนักเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 56.4 กิโลกรัม

AT = เวลาเฉลี่ย (Average Time (ED x 365 days/yr))

2.4.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization) เป็นขั้นตอนการสรุปผลการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ จากการบริโภคสัตว์น้ำจืด ซึ่งเป็นการรวบรวมผลการวิเคราะห์ และการคำนวณ ใน 3 ขั้นตอนข้างต้น ได้แก่ การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) การประเมินขนาดการสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment) และการประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) โดยเป็นการประมาณค่าความน่าจะเป็นของผลกระทบจากการได้รับสาร แคดเมี่ยมที่ปนเปื้อนอยู่ในสัตว์น้ำจืดต่อสุขภาพของประชาชนที่บริโภคสัตว์น้ำจืดในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

การคำนวณหาค่าความเสี่ยง (HQ) กรณีสารปนเปื้อนไม่ใช่เป็นสารก่อมะเร็ง มีวิธีการหาโดยนำค่า CDI ของสัตว์น้ำจืดแต่ละชนิดมาหารด้วยค่า RfD มีสูตรการคำนวณ ดังสมการที่ 2

$$\text{HQ (Hazard Quotient)} = \frac{\text{CDI (mg/kg-day)}}{\text{RfD (mg/kg-day)}} \quad (2)$$

ถ้าค่าของ HQ มีค่าน้อยกว่า 1 หรือ เท่ากับ 1 หมายความว่า ปริมาณการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพราะมีค่าปริมาณของสาร แคดเมี่ยมปนเปื้อนไม่เกินค่าประมาณการสัมผัสสารเคมีที่เชื่อว่าสามารถสัมผัสได้ตลอดชีวิตโดยไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

แต่ถ้าค่าของ HQ มีค่ามากกว่า 1 หมายความว่า ปริมาณการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมในสัตว์น้ำจืดนั้นอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพราะมีค่าปริมาณของสาร แคดเมี่ยมปนเปื้อนสูงกว่าค่าประมาณการสัมผัสสารเคมีที่เชื่อว่าสามารถสัมผัสได้ตลอดชีวิตโดยไม่เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการศึกษา

3.1 การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification)

เนื่องจากลักษณะทางภูมิศาสตร์ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีแร่แคดเมี่ยมปนเปื้อนในปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่ประชาชนรับประทาน ประกอบกับความเป็นพิษของแคดเมี่ยม ที่มีผลต่อไตและกระดูกของผู้สัมผัส งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปนเปื้อนของแคดเมี่ยมในตัวอย่างปลาและหอยขมที่จับมาจากลุ่มน้ำแม่ตาวซึ่งประชาชนในพื้นที่นิยมนำมารับประทาน มาวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมี่ยม ผลการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์สารแคดเมี่ยมปนเปื้อนในสัตว์น้ำ แยกตามชนิดปลา ในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ลำดับที่	ชนิดสัตว์น้ำ	จำนวน (n)	ผลการวิเคราะห์	
			$\overline{X}$ (mg/kg)	SD
1	ปลาไหล	5	0.274	0.077
2	หอยขม	15	0.125	0.120
3	ปลาดุก	3	0.110	0.000
4	ปลาหมอ	6	0.100	0.066
5	ปลาช่อน	8	0.063	0.067
6	ปลาดูด	3	0.032	0.014
7	เครื่องในปลาช่อน	8	0.063	0.037

ตารางที่ 2 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์สารแคดเมี่ยมปนเปื้อนในสัตว์น้ำจืด ที่อาศัยในลำห้วย แม่ตาว โดยเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำจืดที่ประชาชนในพื้นที่บริโภค จำนวน 3 จุด ได้แก่ บริเวณคลองบ้านผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 3 ตำบลแม่ตาว (จุดที่ 6) บริเวณสะพาน อบต.แม่ตาว (จุดที่ 8) และบริเวณข้างวัดเชตุพน ตำบลแม่ตาว (จุดที่ 9) ได้ปลาทั้งหมด 5 ชนิด คือ ปลาช่อน จำนวน 8 ตัว ปลาดุก จำนวน 3 ตัว ปลาหมอ จำนวน 6 ตัว ปลาไหล จำนวน 5 ตัว ปลาดูด จำนวน 3 ตัว และหอยขม จำนวน 15 ตัว ผลการตรวจวิเคราะห์แคดเมี่ยมโดยใช้เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ฟชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่าปลาไหลมีค่าการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.274 mg/kg เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานในอาหารของประเทศไทย (< 0.2 mg/kg) [6] พบว่ามีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน รองลงมาได้แก่ หอยขม ปลาดุก และปลาหมอ มีค่าการปนเปื้อนเท่ากับ 0.125, 0.110 และ 0.100 mg/kg ตามลำดับ และปลาที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมน้อยสุดได้แก่ ปลาดูด มีค่าการปนเปื้อนเท่ากับ 0.032 mg/kg ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากแม่น้ำแม่ตาว พบว่าตัวอย่างน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างปลา (จุดที่ 6, 8, และ 9) มีค่าการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมเท่ากับ 0.5 μg/l ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (< 5 μg/l) [8] ส่วนตะกอนดิน พบว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างปลา จุดที่ 6, 8 และ จุดที่ 9 มีค่าการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยม เท่ากับ 20.6, 25.5 และ 24.7 mg kg^{-1} dry ตามลำดับ ทุกจุดมีค่าเกินค่ามาตรฐาน (2 mg kg^{-1} dry weight soil, pH=7) [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การประเมินขนาดการสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-Response Assessment)

The International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดให้สารแคดเมี่ยมเป็นสารก่อมะเร็งประเภท A2 คือเป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็งที่ตับในมนุษย์ จากผลการศึกษาในสัตว์ทดลอง [15] และมีการศึกษาทางระบาดวิทยาในผู้ป่วยที่ได้รับสารแคดเมี่ยมในประเทศญี่ปุ่น พบว่าค่าความเข้มข้นระดับสูงสุดที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ (Non observed adverse effect level, NOAEL) ในอาหารมีค่าเท่ากับ 0.01 mg/kg-day ค่าที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาค่ามาตรฐาน (reference dose, RfD) ซึ่งค่า RfD ในอาหารของแคดเมี่ยมมีค่าเท่ากับ 1×10^{-3} mg/kg-day [13]

3.3 การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)

จากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามความถี่อาหารกึ่งปริมาณพบว่าประชาชนในพื้นที่บริโภคสัตว์น้ำจืดมีปริมาตรเฉลี่ยมื้อละ 195 g และมีค่าการบริโภคสัตว์น้ำจืดที่เปอร์เซ็นไทล์ที่ 90 เท่ากับ 10 มื้อต่อสัปดาห์หรือเท่ากับ 279 g/day จากสูตรการคำนวณข้างต้นพบว่าค่า CDI ในการบริโภคปลาไหลมีค่ามากที่สุด คือ 1.30 mg/kg-day รองลงมาคือ CDI ของการบริโภคหอยขม และ ปลาดุก มีค่าเท่ากับ 0.59 mg/kg-day และ 0.52 mg/kg-day ตามลำดับ ส่วนปลาดูดเป็นปลาที่มีค่า CDI ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.15 mg/kg-day

3.4 การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

รูปที่ 2 การเปรียบเทียบค่า Hazard Quotient ในสัตว์น้ำจืด บริเวณลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

จากรูปที่ 2 พบว่าสัตว์น้ำจืดที่มีค่า Hazard Quotient มากกว่า 1 มีเพียงชนิดเดียวคือ ปลาไหล มีค่า Hazard Quotient เท่ากับ 1.3 แสดงว่าประชาชนผู้ที่นิยมบริโภคปลาไหลมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมในปลาไหล และสัตว์น้ำที่มีค่า Hazard Quotient รองลงมาได้แก่ หอยขม ปลาดุก ปลาหมอ ปลาช่อน และปลาดูด มีค่าเท่ากับ 0.593, 0.522, 0.475, 0.299 และ 0.152 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินปริมาณสัตว์น้ำจืดที่สามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัยเทียบกับค่า Acceptable Daily Intake (ADI) เป็นการหาปริมาณการบริโภคอาหารที่ทำจากสัตว์น้ำจืด โดยการกำหนดจำนวนมื้อโดยใช้วิธีการเทียบเคียงกับ Model ของ EPA [13]

ตารางที่ 3 จำนวนมื้อในการบริโภคสัตว์น้ำจืดที่จับได้ในบริเวณลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสารแคดเมี่ยม

ชนิดสัตว์น้ำจืด	ความเข้มข้นของสารแคดเมี่ยมในเนื้อสัตว์น้ำจืด (mg/kg)	ปริมาณมื้อที่บริโภค/เดือน (มื้อ)
ปลาไหล	0.274	< 8
หอยขม	0.125	< 16
ปลาดุก	0.110	< 16
ปลาหมอ	0.100	< 16
ปลาช่อน	0.063	> 16
ปลาดูด	0.032	> 16

จากตารางที่ 3 แสดงจำนวนมื้อในการบริโภคสัตว์น้ำจืดที่จับได้ในบริเวณลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับสารแคดเมี่ยม เนื่องจาก ปลาไหลมีค่าความเข้มข้นของสารแคดเมี่ยมปนเปื้อนอยู่ในปริมาณ 0.274 mg/kg เมื่อเทียบค่ากับตารางของ EPA แล้วปรากฏว่า สามารถบริโภคปลาไหลอย่างปลอดภัยได้ไม่เกิน 8 มื้อต่อเดือน ส่วนปลาดุก ปลาหมอ และหอยมีค่าความเข้มข้นของสารแคดเมี่ยมปนเปื้อนอยู่ในช่วง 0.088 – 0.18 mg/kg เมื่อเทียบค่ากับตารางของ EPA แล้วปรากฏว่าสามารถบริโภคได้ไม่เกิน 16 มื้อต่อเดือน ในส่วนของปลาช่อน และปลาดูด มีปริมาณความเข้มข้นของสารแคดเมี่ยมที่ปนเปื้อนมีค่าอยู่ในช่วง 0 – 0.088 mg/kg ซึ่งอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสามารถบริโภคได้โดยไม่จำกัดจำนวนมื้อต่อเดือน

4. สรุปผลการศึกษา

ผลการตรวจวิเคราะห์สารแคดเมี่ยมปนเปื้อนในสัตว์น้ำจืดในลำห้วยแม่ตาว พบว่าปลาไหลเป็นปลาที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมี่ยมมากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.274 mg/kg ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานการปนเปื้อนแคดเมี่ยมในอาหารของประเทศไทย (< 0.2 mg/kg) [6] เมื่อพิจารณาลักษณะโดยทั่วไปของปลาไหลพบว่า ปลาไหลเป็นปลาที่อาศัยอยู่ในตะกอนดิน กินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร ลำตัวไม่มีเกล็ด [16] จึงมีโอกาสได้รับแคดเมี่ยมเข้าสู่ร่างกายสูงกว่าปลาชนิดอื่น และมีแคดเมี่ยมสะสมมากกว่าปลาพันธุ์อื่น ส่วนหอยเป็นสัตว์ที่มีการเคลื่อนที่น้อย และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งอาศัยเป็นโคลนหรือตะกอนดิน อาหารของหอยเป็นพวกสาหร่ายทั้งที่สดและเน่าเปื่อย ใบไม้ ใบหญ้าผุ ๆ ในน้ำ รวมทั้งซากอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย [17] ทำให้มีการสะสม (Bioaccumulation) ของสารพิษได้สูง

การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) โดยทางเข้าสู่ร่างกายทางการบริโภคสัตว์น้ำจืด จากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาว โดยประมาณการจาก Reasonable Maximum Exposure Assumption พบว่าค่า CDI ในการบริโภคปลาไหลมีค่ามากที่สุด คือ 1.30 μg/kg-day รองลงมาได้แก่หอยขม และ ปลาดุก มีค่าเท่ากับ 0.59 μg/kg-day และ 0.52 μg/kg-day ตามลำดับ ค่าความเสี่ยง (Risk Characterization) ต่อการได้รับสารแคดเมี่ยมจากการบริโภคสัตว์น้ำจืดพบว่าปลาไหล มีค่า Hazard Quotient เท่ากับ 1.3 แสดงว่าประชาชนผู้ที่นิยมบริโภคปลาไหลมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมในปลาไหล ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้ ประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ใกล้ลุ่มน้ำแม่ตาวและจับสัตว์น้ำจากลุ่มน้ำแม่ตาวเพื่อบริโภค ไม่ควรบริโภคปลาไหลเกิน 8 มื้อต่อเดือน เพราะอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพเมื่อบริโภคปลาไหลในระยะเวลานาน ส่วนปลาดุก ปลาหมอ และหอยขม สามารถบริโภคได้ไม่เกิน 16 มื้อต่อเดือน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนายแพทย์วิทยา สวัสดิวุฒิพงศ์ นายแพทย์ 9 ด้านเวชกรรมป้องกัน โรงพยาบาลแม่สอด จังหวัดตาก กลุ่มโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม สำนักงานป้องกันและควบคุมโรคที่ 9 พิษณุโลก และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่สาธารณสุขอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการแนะนำพื้นที่ที่ศึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์กับทีมผู้วิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] วรัญญา กันจาก และอจิรวดี สารณรงค์. การศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการ จัดการพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนโลหะหนัก กรณีศึกษา : บริเวณตำบลพระ ธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง สาขาการจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2549.

[2] U.S. Department of Health and Human Service. Toxicological Profile for cadmium. 1600 Clifton Road NE, E-29 Atlanta, Georgia 30333, 1999.

[3] สำนักงานจังหวัดตาก. แผนแม่บทการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ตาวเพื่อแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารแคดเมี่ยมใน 3 ตำบลของอำเภอแม่สอด จังหวัดตากประจำปี 2549.

[4] LDD-IWMI. Final Report of Land Zoning and Cd Risk Assessment Activities Undertaken in Phatat Pha Daeng and Mae Tao Mai Subdistricts, Mae Sot, Tak Province, Thailand, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[5] U.K. Health Protection Agency. Cadmium exposure standards, guidelines or regulations. Online Cite 15th April 2007. Available from http://www.hpa.org.uk/chemicals/ compendium/cadmium/ exposure.htm

[6] Codex Alimentarius Commission. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Twenty-ninth Session International Conference Centre, Geneva, Switzerland 3 -7 July, 2006.

[7] พลยุทธ ศุขสมิติ และวิวัฒน์ โตธิกุล. การศึกษาติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม บริเวณหมู่เหมืองแร่สังกะสี ดอยผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. กลุ่มส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่เขต 3, กรมอุตสาหกรรมและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547.

[8] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. แคดเมี่ยม(Cadmium). พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท อินทิเกรเต็ด โปรโมชัน เทคโนโลยี จำกัด, กรุงเทพฯ, 2541.

[9] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). 55th meeting, Geneva, Switzerland: FAO/WHO, 6-15 June, 2000.

[10] โรงพยาบาลแม่สอด. สรุปผลการดำเนินงานประจำปี 2548. (เอกสารอัดสำเนา), 2548.

[11] Krissanakriangkrai O., Juwa S., Supanpaiboon W. and Swaddiwudhipong W. Bioavailability cadmium in water sediment and fish in the highly contaminated area on the Thai-Burma Border. The Southeast Asian Journal, 2007 (in press)

[12] Official Methods of Analysis. 20th edition, The Association of Official Analytical Chemists (AOAC)., International Arlington, Verginia USA., 2000.

[13] U.S. Environmental Protection Agency. Integrated Risk Information System (IRIS): Cadmium. Online Cite 15th April 2007. Available from http://www.epa.gov/iris/ subst/0141.htm

[14] IRIS (Integrated Risk Information System). All searches conducted online through Toxnet in 1999 unless specifically noted with another year. Database developed and maintained by U.S. Environmental Protection Agency, Office of Health and Environmental Assessment, Environmental Criteria and Assessment Office, Cincinnati, OH.^{3}, 1999.

[15] International Agency for Research on Cancer. Monograph on the Evaluation of Risks to Humans: Cadmium, Mercury, Beryllium and the Glass Industry. Lyons: vol 58, 1994.

[16] ยุพินท์ วิวัฒนชัยเศรษฐ์. การเพาะเลี้ยงปลาไหลนา. วารสารการประมง, ปีที่ 57 ฉบับที่ 2 , มีนาคม – เมษายน 2547, 167 – 175

[17] กองโรคติดต่อทั่วไป กรมควบคุมโรคติดต่อ. Atlas of Medical Helminthology., 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้