การบริโภคดินโดยคนไทย อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ในจังหวัดปทุมธานี

นางสาวดวงกมล ขาวขำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข
คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3652-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SOIL INGESTED BY THAI ADULTS BETWEEN THE AGES OF 20 AND 45 YEARS IN PATHUMTHANEE

Miss Duangkamol Khaokham

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Veterinary Public Health

Department of Veterinary Public Health
Faculty of Veterinary Science
Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-3652-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การบริโภคดินโดยคนไทย อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ในจังหวัดปทุมธานี
โดย	นางสาวดวงกมล ขาวขำ
สาขาวิชา	สัตวแพทยสาธารณสุข
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ

คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์

(ศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. ณรงค์ศักดิ์ ชัยบุตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ สพ.ญ.ดร. เบญจมาศ ปัทมาลัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร. อนงค์ บิณฑวิหค)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดวงกมล ขาวขำ : การบริโภคดินโดยคนไทย อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ในจังหวัดปทุมธานี. (SOIL INGESTED BY THAI ADULTS BETWEEN THE AGES OF 20 AND 45 YEARS IN PATHUMTHANEE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ; 32 หน้า. ISBN 974-17-3652-5

การศึกษานี้เป็นการวัดปริมาณการบริโภคดินในผู้ใหญ่ จำนวนทั้งหมด 10 คน อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ซึ่งทำงานและอาศัยอยู่ในจังหวัดปทุมธานี การวัดปริมาณการบริโภคดินในแต่ละวัน ใช้หลักการหาความสมดุลของปริมาณ Trace elements ที่ได้รับและขับออกจากร่างกาย (Mass - Balance Methodology) โดยใช้ Aluminium และ Yttrium เป็น Trace elements ทำการเก็บตัวอย่างอาหารแบบ duplicate meals ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน เป็นเวลา 7 วันต่อเนื่องกัน วิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium และ Yttrium ในตัวอย่างโดยใช้วิธี Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry (ICP - AES) พบว่าค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ของการบริโภคดินที่ได้จากการวิเคราะห์ Aluminium มีค่า 79.1, 74.7, 37.0, 117.0 และ 181.7 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ และที่ได้จากการวิเคราะห์ Yttrium มีค่า 60.3, 45.7, 17.9, 96.4 และ 188.8 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2546

4475558831 : MAJOR VETERINARY PUBLIC HEALTH

KEY WORD : EXPOSURE ASSESSMENT/ SOIL INGESTION/ SOIL CONTAMINATION/ ALUMINIUM/ YTTRIUM. DUANGKAMOL KHAOKHAM : SOIL INGESTED BY THAI ADULTS BETWEEN THE AGES OF 20 AND 45 YEARS IN PATHUMTHANEE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUTHEP RUANGWISES, Ph.D. 32 pp.

ISBN 974-17-3652-5

The amount of soil ingested by adults was studied in ten volunteers aged between twenty and forty-five years who live and work in Pathumthanee province. Using aluminium and yttrium as trace elements, a mass - balance approach was employed to assess daily soil ingestion. A duplicate of food consumed, feces were collected for seven consecutive days, along with soil samples from each adult's home. The amounts of aluminium and yttrium in samples were analyzed using inductively coupled plasma - atomic emission spectrometry (ICP - AES). The average of soil ingestion, the median, 25th percentile, 75th percentile, and 95th percentile based on aluminium were 79.1, 74.7, 37.0, 117.0, and 181.7 mg/day, respectively; based on yttrium were 60.3, 45.7, 17.9, 96.4, and 188.8 mg/day, respectively.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Veterinary Public Health Student's signature .....

Field of study Veterinary Public Health Advisor's signature .....

Academic year. 2003

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ เรืองวิเศษ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ สพ.ญ.ดร. เบญจมาศ ปัทมาลัย รองศาสตราจารย์ สพ.ญ.ดร. อนงค์ บิณฑวิหค และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. ฐานิสร์ ดำรงค์วัฒนโภคิน ซึ่งให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัย

ขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตศึกษา กองทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และกองทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตศึกษา คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนงบประมาณในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณอุทัย ติยะวิสุทธิ์ศรี ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก คุณปิยวัฒน์ สายพันธุ์ ที่ช่วยให้คำปรึกษาต่าง ๆ ในการวิจัย คุณวลาศินี รักขาว ที่ช่วยเหลือในการจัดเตรียมตัวอย่าง

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ญาติ ๆ และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่สนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประเมินการได้รับสาร 4

2.2 การได้รับสารเคมีจากสิ่งแวดล้อม 4

2.3 รายงานการศึกษาการบริโภคดิน 5

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร 10

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 10

3.3 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 11

3.3.1 การบันทึกข้อมูล 11

3.3.2 การเก็บตัวอย่างอาหาร 11

3.3.3 การเก็บตัวอย่างอุจจาระ 12

3.3.4 การเก็บตัวอย่างดิน 12

3.3.5 การเตรียมตัวอย่างอาหาร อุจจาระ และดิน 12

3.3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 13

3.3.7 การคำนวณอัตราการบริโภคดิน 13

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 14

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 15

บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 27

รายการอ้างอิง 30

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 1 16
2. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 1 16
3. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 2 17
4. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 2 17
5. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 3 18
6. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 3 18
7. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 4 19
8. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 4 19
9. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 5 20
10. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 5 20
11. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 6 21
12. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 6 21
13. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 7 22
14. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 7 22
15. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 8 23
16. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 8 23
17. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 9 24
18. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 9 24
19. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 10 25
20. อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 10 25
21. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการบริโภคดินในอาสาสมัคร จำนวน 70 ราย 26
22. การบริโภคดินของประชากรในประเทศสหรัฐอเมริกา 28

บทที่ 1

บทนำ

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นวิธีที่นำมาใช้เพื่อประเมินโอกาสหรือความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการได้รับสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมและอาจมีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ผลของการประเมินความเสี่ยงที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจก่อนการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Management) ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (U.S. EPA, 1997) ดังนี้

1. การชี้ให้เห็นอันตราย (Hazard Identification) เป็นการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อประเมินอันตรายของสารเคมี ว่ามีความเป็นพิษมากน้อยเพียงใด และสามารถก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์หรือไม่ ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลการศึกษาความเป็นพิษในมนุษย์ และในสัตว์ทดลอง

2. การประเมินการตอบสนองต่อปริมาณ (Dose – Response Assessment) เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารเคมีที่ได้รับและความรุนแรงของความเป็นพิษที่เกิดขึ้นทั้งในเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากการศึกษาในสัตว์ทดลอง สารเคมีบางสารอาจมีข้อมูลการศึกษาถึงความเป็นพิษในมนุษย์ด้วย

3. การประเมินการได้รับสาร (Exposure Assessment) เป็นการประเมินปริมาณสารเคมีที่มนุษย์หนึ่งคน หรือประชากรหนึ่งกลุ่มได้รับจากสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาถึงปริมาณของสารเคมีที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม วิถีทางที่สารเคมีในสิ่งแวดล้อมจะเข้าสู่ร่างกาย รวมถึงปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อม

4. การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization) เป็นการรวบรวมข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล ในขั้นตอนที่ 1, 2 และ 3 มาใช้คำนวณโอกาสที่จะเกิดพิษในมนุษย์จากการได้รับสารเคมีต่าง ๆ ได้

การประเมินการได้รับสาร (Exposure Assessment) จากสิ่งแวดล้อม เป็นการศึกษาปริมาณสารเคมีที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม วิถีทางที่สารเคมีในสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย และปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อม การศึกษาในขั้นตอนนี้ทำให้ทราบถึงความเข้มข้นของสารเคมีที่มนุษย์ได้รับ เมื่ออาศัยอยู่ หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีชนิดนั้น แล้วนำค่าที่ได้ไปประกอบกับข้อมูลความเป็นพิษ ที่ได้จากขั้นตอนการประเมินการตอบสนองของร่างกายต่อปริมาณสารเคมี (Dose - Response Assessment) เพื่ออธิบายลักษณะความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น (Risk

Characterization) ดังนั้นข้อมูลในขั้นตอนการประเมินการได้รับสาร จึงมีความสำคัญและต้องเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะความเป็นอยู่เฉพาะของประชากร ณ สิ่งแวดล้อมนั้น (U.S. EPA, 1997)

ความเป็นพิษของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมต่อมนุษย์จะเกิดขึ้น เมื่อมนุษย์ได้รับสารเคมีนั้นเข้าสู่ร่างกาย ดังนั้นวิถีทางที่สารเคมีในสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง การได้รับสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมีได้ 3 ทาง (U.S. EPA, 1997) ได้แก่ การได้รับสารเคมีจากการบริโภค (Ingestion) การได้รับสารเคมีจากการหายใจ (Inhalation) และการได้รับสารเคมีจากการดูดซึมผ่านผิวหนัง (Dermal absorption)

การได้รับสารเคมีจากการบริโภค (Ingestion) ส่วนใหญ่เกิดจากการที่มนุษย์บริโภคอาหารและ น้ำ (Food and Water Ingestion) ที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีเข้าสู่ร่างกายโดยตรง แต่ยังมีอีกหนึ่งวิถีทางที่สำคัญที่มนุษย์จะได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม นั่นคือการได้รับสารเคมีจากการบริโภคดิน (Soil Ingestion) ซึ่งเกิดจากความไม่ได้ตั้งใจ หรือการหายใจที่มีดินหรือฝุ่นเข้าไปในร่างกาย ดังนั้นการประเมินการได้รับสารเคมีจากการบริโภค นอกจากจะมีข้อมูลของการบริโภคอาหาร และน้ำแล้วยังต้องนำข้อมูลของการบริโภคดินมาประกอบด้วย จึงจะได้ข้อมูลการบริโภคที่ถูกต้องครบถ้วน

การบริโภคดิน (Soil ingestion) เป็นวิถีทางที่ทำให้ได้รับสารเคมีหรือสิ่งปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งอาจเกิดจากการบริโภคดินที่ติดหรือปนเปื้อนมากับผัก ผลไม้ อาหาร และน้ำ รวมทั้งการใช้มือที่เปื้อนดินหยิบอาหารเข้าสู่ปาก และเมื่อดินนั้นมีสารเคมีที่เป็นพิษเกาะติดอยู่ แล้วมนุษย์บริโภคดินจึงทำให้ได้รับสารพิษชนิดนั้นเข้าไปด้วย (Sheppard, 1995)

การศึกษาการบริโภคดินในต่างประเทศ มีผู้ทำการศึกษาไว้หลายคนในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศเนเธอร์แลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งศึกษาแยกตามรัฐต่าง ๆ ได้แก่ รัฐ Massachusetts รัฐ Washington รัฐ Montana รัฐ Kentucky รัฐ Oregon โดยทำการศึกษาทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ และสรุปเป็นอัตราการบริโภคดินในเด็กและในผู้ใหญ่ของประเทศนั้น ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้เป็นค่าอ้างอิงในการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ได้รับจากการบริโภค และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการคำนวณนี้ไปทำการประเมินความเสี่ยงต่อไปได้

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลการศึกษาการบริโภคดินที่เป็นข้อมูลเฉพาะของคนไทย การใช้ข้อมูลการบริโภคดิน ซึ่งอ้างอิงของต่างประเทศอาจไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ประเมินการได้รับสาร สำหรับคนไทยไม่ถูกต้องตรงตามลักษณะความเป็นอยู่ของ

คนไทย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการบริโภคดินในคนไทย เพื่อให้ได้ข้อมูลการบริโภคดินของ**คนไทย**อย่างแท้จริง

การวิจัยครั้งนี้ จะทำการศึกษาหาอัตราการบริโภคดินในแต่ละวัน (Soil Ingestion Rate) ของ**คนไทย** อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ที่อาศัยอยู่ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นการศึกษาการบริโภคดินครั้งแรก**ในประเทศไทย** และข้อมูลที่ได้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งในการนำไปประกอบการประเมินความเสี่ยง**ของ**สารเคมีในสิ่งแวดล้อม เพื่อบริหารหรือการจัดการความเสี่ยงให้สอดคล้องกับปัญหา ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพและความปลอดภัยของประชาชน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการนำสารเคมีต่าง ๆ มาใช้ในการเกษตรกรรม การปศุสัตว์ และการอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก ซึ่งสารเคมีเหล่านี้อาจตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน แหล่งน้ำ และอากาศ ทำให้มนุษย์มีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับอันตราย และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่ได้รับสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม

2.1 การประเมินการได้รับสาร (Exposure Assessment)

เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากในการประเมินความเสี่ยง เนื่องจากความเป็นพิษและความรุนแรงของสารเคมีจะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ได้รับสารเคมีนั้นจากสิ่งแวดล้อม การศึกษาในขั้นตอนนี้เพื่อประมาณชนิดและระดับของการได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม แล้วนำผลของการประเมินการได้รับสารนี้ไปประกอบกับข้อมูลความเป็นพิษของสารเคมี ซึ่งจะสามารถแสดงลักษณะของความเสี่ยงออกมาได้ โดยจะต้องศึกษาถึงปริมาณสารเคมีที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม วิถีทางที่สารเคมีในสิ่งแวดล้อมจะเข้าสู่ร่างกาย รวมถึงปริมาณสารเคมีที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อม ผลที่ได้จากการประเมินการได้รับสาร จะผันแปรไปตามสิ่งแวดล้อมแต่ละแห่ง จำนวนประชากร และลักษณะความเป็นอยู่ของประชากรในแต่ละแห่งที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากมีข้อมูลในส่วนนี้ครบถ้วนสมบูรณ์ ก็จะทำให้การประเมินความเสี่ยงมีความถูกต้อง เหมาะสมกับประชากรที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปบริหารจัดการความเสี่ยง เพื่อลดระดับความเป็นพิษของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ (U.S. EPA, 1997)

2.2 การได้รับสารเคมีจากสิ่งแวดล้อม

การได้รับสารเคมีจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายมีได้ 3 ทาง (U.S. EPA, 1997) ได้แก่ การได้รับสารเคมีจากการบริโภค (Ingestion) การได้รับสารเคมีจากการหายใจ (Inhalation) และการได้รับสารเคมีจากการดูดซึมผ่านผิวหนัง (Dermal absorption)

การได้รับสารเคมีจากการบริโภค (Ingestion) สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ การบริโภคอาหาร การบริโภคน้ำ และการบริโภคดิน

1. การบริโภคอาหาร (Food Ingestion) เป็นการได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนในอาหาร ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนสารเคมีขณะปรุงอาหาร หรือการปนเปื้อนของสารเคมีในวัตถุดิบที่ผลิตขึ้นในพื้นที่ เช่น ผักที่ปลูกในพื้นที่ น้ำบาดาล หรือน้ำประปาที่ผลิตจากน้ำใต้ดินในพื้นที่

2. การบริโภคน้ำ (Water Ingestion) เป็นการได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำ เช่น สารเคมีที่ปนเปื้อนในน้ำบาดาล น้ำผิวดิน หรือน้ำประปาที่ใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่ผลิต

3. การบริโภคดิน (Soil Ingestion) เป็นการได้รับสารเคมีที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน ซึ่งเกิดจากความไม่ได้ตั้งใจ เช่น เมื่อขุดดินปลูกต้นไม้แล้วใช้มือที่เปื้อนดินเช็ดปากก็ทำให้บุคคลนั้นบริโภคดิน หรือบริโภคผักและผลไม้ที่มีดินเปื้อนอยู่

ดิน (Soil) เป็นแหล่งที่มีความสำคัญในการทำให้มนุษย์ได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย เนื่องจากสารเคมีส่วนใหญ่มีการตกค้างและปนเปื้อนอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก การบริโภคดิน (Soil Ingestion) ซึ่งเกิดจากความไม่ได้ตั้งใจ เช่น การบริโภคดินที่ติดมากับผัก ผลไม้ อาหาร และน้ำ รวมทั้งการหยิบอาหารเข้าปากด้วยมือที่อาจเปื้อนดินนั้น เป็นอีกวิถีทางหนึ่งที่ทำให้มนุษย์มีโอกาสได้รับสารเคมีที่อยู่ในดินเข้าสู่ร่างกายได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ด้วย

2.3 รายงานการศึกษาการบริโภคดิน

การศึกษาอัตราการบริโภคดินส่วนใหญ่มักจะมีงานวิจัยในเด็ก โดยพบว่าเด็กมีปริมาณการบริโภคดินมากกว่าผู้ใหญ่ ซึ่งสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมการชอบเล่นดินของเด็ก หรือบางครั้งมีการหยิบของเล่นที่เปื้อนดินเข้าสู่ปาก รวมทั้งสุขลักษณะนิสัยในการรักษาความสะอาด ดังนั้นเด็กจึงมีความเสี่ยงในการได้รับสารเคมีที่อยู่ในดินสูงกว่าผู้ใหญ่ (Barltop, 1966)

การศึกษาการบริโภคดินในช่วงแรก ได้พยายามศึกษาโดยวัดปริมาณดินที่ติดอยู่ตามซอกเล็บของนิ้วมือและนิ้วเท้า (U.S. EPA, 1997) ต่อมามีการศึกษาการบริโภคดิน โดยใช้หลักการหาความสมดุลของปริมาณสารที่ได้รับและปริมาณสารที่ขับออกจากร่างกาย (Mass – Balance Methodology) โดยใช้ Trace elements ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ใน พืชผัก เนื้อสัตว์ และดิน ซึ่งไม่ถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์เป็นตัวบ่งชี้ (marker) ปริมาณของ Trace elements ที่ถูกขับออกจากร่างกายจะต้องมีปริมาณเท่ากับปริมาณของ Trace elements ที่ได้รับจากการบริโภค ได้แก่ การบริโภคอาหาร การบริโภคน้ำ และการบริโภคดิน

Trace element หมายถึงกลุ่มแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในร่างกายเป็นปริมาณน้อย และจัดอยู่ในกลุ่มโลหะหนัก เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างสูง นอกจากพบในร่างกายแล้วยังพบว่ามีอยู่ใน ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และดินอีกด้วย จากการศึกษาของ Calabrese และคณะ (1989) พบว่า

แร่ธาตุที่เหมาะสมในการนำมาใช้ศึกษาการบริโภคดิน ได้แก่ อลูมิเนียม (Aluminium, Al) แบเรียม (Barium, Ba) แมงกานีส (Manganese, Mn) ซิลิคอน(Silicon, Si) ไทเทเนียม (Titanium, Ti) วาเนเดียม (Vanadium, V) อิทเทรียม (Yttrium, Y) เซอโคเนียม (Zirconium, Zr) ซีเรียม (Cerium, Ce) นีโอไดเมียม (Neodymium, Nd) และ แลนทานัม (Lanthanum, La) เนื่องจาก Trace elements เหล่านี้ถูกดูดซึมได้น้อยมากในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ (Berlin, 1977; Sörenson, 1977; Bowen, 1982; WHO, 1982) และพบอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก Emsley และ John (1998) รายงานปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในร่างกาย มีปริมาณ Aluminium 60 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม และ มีปริมาณ Yttrium 0.6 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 70 กิโลกรัม การศึกษากลไกและเมตาบอลิซึมของ Aluminium ในมนุษย์และสัตว์ พบว่า Aluminium ถูกดูดซึมได้ในระบบทางเดินอาหารน้อยกว่า 1 % (Gorsky, 1979 และ Greger, 1983)

Binder และคณะ (1986) ได้ปรับปรุงและนำเอาวิธีที่ใช้ประมาณการบริโภคดินในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มาใช้วัดปริมาณการบริโภคดินในเด็ก โดยศึกษาในเด็ก อายุระหว่าง 1 – 3 ปี จำนวน 59 คน ซึ่งอาศัยอยู่ใกล้โรงงานหลอมตะกั่ว ในเมือง East Halena รัฐ Montana ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเก็บตัวอย่างจากผ้าอ้อมที่เปื้อนอุจจาระและปัสสาวะของเด็ก และเก็บตัวอย่างดินในบริเวณที่อยู่อาศัย เป็นเวลา 3 วันต่อเนื่องกัน การเตรียมตัวอย่างใช้น้ำหนักอุจจาระแห้ง 15 กรัม เป็นน้ำหนักอ้างอิงในการคำนวณ แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Silicon และ Titanium ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry (ICP - AES) ส่วนตัวอย่างดินนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธี X – ray Fluorescence พบว่า อัตราการบริโภคดินที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ Aluminium และ Silicon มีค่า 181 และ 184 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ ส่วนปริมาณ Titanium พบว่ามีปริมาณสูงถึง 1,834 มิลลิกรัม/วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก Titanium เป็นส่วนผสมของวิตามินสำหรับเด็ก ยาสีฟัน และเจล หรืออาจมีการปนเปื้อนในระหว่างกระบวนการเตรียมตัวอย่าง

Clausing และคณะ (1987) ทำการศึกษาการบริโภคดินของเด็กในประเทศเนเธอร์แลนด์ อายุระหว่าง 2 – 4 ปี โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเด็กในโรงเรียนอนุบาล จำนวน 18 คน และกลุ่มเด็กที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล จำนวน 6 คน ทำการเก็บตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดินที่สนามเด็กเล่นของโรงเรียน เป็นเวลา 5 วัน ที่โรงพยาบาล เป็นเวลา 8 วัน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Titanium และ Acid – insoluble residue (AIR) โดยใช้น้ำหนักอุจจาระแห้งจำนวน 10 กรัม เป็นน้ำหนักอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณ พบว่า อัตราการบริโภคดินของเด็กที่อยู่ในโรงเรียนอนุบาลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ Aluminium มีค่า 230 มิลลิกรัม/วัน ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ Acid – insoluble residue มีค่า 129 มิลลิกรัม/วัน และที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ Titanium มีค่า 1,430 มิลลิกรัม/วัน ส่วนอัตราการบริโภคดินของเด็กที่อยู่ในโรงพยาบาลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ

Aluminium มีค่า 56 มิลลิกรัม/วัน ที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณ Titanium เท่ากับ 2,293 มิลลิกรัม/วัน ส่วนผลการวิเคราะห์ปริมาณของ AIR ไม่ได้รายงานผล

Calabrese และคณะ (1989) ศึกษาการบริโภคดินของเด็กอายุระหว่าง 1 - 4 ปีที่อาศัยในเมือง Greater Amherst รัฐ Massachusetts ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 64 คน เป็นเวลา 8-14 วัน โดยเก็บตัวอย่างอาหาร น้ำดื่ม ขนม ผลไม้ รวมทั้งยาและวิตามิน ที่รับประทานเข้าไปโดยปริมาณและชนิดของตัวอย่างอาหารที่เก็บจะต้องเท่ากับปริมาณและชนิดของอาหารที่รับประทานเข้าไป (duplicate meals) และเก็บตัวอย่างอุจจาระ ตัวอย่างดิน ภายในบริเวณบ้านและสถานที่เด็กเล่น ทำการวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Silicon และ Yttrium โดยวิธี ICP - AES พบว่า อัตราการบริโภคดินที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 (95th Percentile) ของ Aluminium มีค่า 153, 29 และ 223 มิลลิกรัม/วัน Silicon มีค่า 154, 40 และ 276 มิลลิกรัม/วัน และ Yttrium มีค่า 85, 9 และ 106 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ

Calabrese และคณะ (1989) ทำการศึกษาการบริโภคดินในอาสาสมัครจำนวน 6 คน เป็นผู้ชาย 3 คน และผู้หญิง 3 คน โดยให้บริโภคดินซึ่งบรรจุในแคปซูล 300 มิลลิกรัม เป็นเวลา 3 วัน และ 1,500 มิลลิกรัม เป็นเวลา 3 วัน พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดิน ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างอาหาร (duplicate meals) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ trace element ทั้ง 8 ธาตุ ได้แก่ Aluminium (Al), Barium (Ba), Manganese (Mn), Silicon (Si), Titanium (Ti), Vanadium (V), Yttrium (Y) และ Zirconium (Zr) พร้อมคำนวณหาอัตราการขับออกของ Trace elements แต่ละชนิด พบว่า Aluminium Silicon และ Yttrium มีอัตราการขับออกอยู่ระหว่าง 120 – 153 % เมื่อบริโภคแคปซูลที่มีดินบรรจุอยู่ 300 มิลลิกรัม และมีอัตราการขับออกอยู่ระหว่าง 88 - 94 % เมื่อบริโภคแคปซูลที่มีดินบรรจุอยู่ 1,500 มิลลิกรัม จึงเหมาะสำหรับใช้เป็น marker ในการวัดอัตราการบริโภคดิน เนื่องจากในการวิเคราะห์หาอัตราการขับออกของทั้ง 8 ธาตุ เห็นว่าทั้ง 3 ธาตุนี้มีอัตราการขับออกดีที่สุด

Calabrese และคณะ (1990) ศึกษาการบริโภคดินในผู้ใหญ่ อายุ 25 - 41 ปี จำนวน 6 คน โดยอาสาสมัครจะได้รับแคปซูลที่บรรจุดิน จำนวน 0, 50, 250 มิลลิกรัม และแบ่งการศึกษาเป็น 3 สัปดาห์ โดยสัปดาห์ที่ 1 อาสาสมัครได้รับแคปซูลที่บรรจุดินจำนวน 0 มิลลิกรัม สัปดาห์ที่ 2 อาสาสมัครได้รับแคปซูลที่บรรจุดิน จำนวน 50 มิลลิกรัม และสัปดาห์ที่ 3 อาสาสมัครได้รับแคปซูลที่บรรจุดินจำนวน 250 มิลลิกรัม พร้อมอาหารมื้อเช้าและมื้อเย็นของวันจันทร์ วันอังคาร และวันพุธ ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ Aluminium (Al), Barium (Ba), Manganese (Mn), Silicon (Si), Titanium (Ti), Vanadium (V), Yttrium (Y) และ Zirconium (Zr) โดยใช้วิธี ICP - AES พบว่าอัตราการบริโภคดินที่คำนวณได้จากค่าเฉลี่ย (Mean) และค่ามัธยฐาน

(Median) ของ Aluminium มีค่า 77 และ 57 มิลลิกรัม/วัน Silicon มีค่า 5 และ 1 มิลลิกรัม/วัน Yttrium มีค่า 53 และ 65 มิลลิกรัม/วัน และ Zirconium มีค่า 22 และ -4 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ อัตราเฉลี่ยการบริโภคดินของอาสาสมัครโดยวัดปริมาณจาก 4 ธาตุ ดังกล่าว มีค่า 39 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งคณะผู้ทำวิจัยสรุปว่า Trace elements ทั้ง 4 ธาตุนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ศึกษาอัตราการบริโภคดิน เนื่องจาก % recovery ของ Trace elements ทั้ง 4 ธาตุใกล้เคียง 100 %

Van Wijnen และคณะ (1990) ศึกษาการบริโภคดินของเด็กอายุระหว่าง 1 - 5 ปี ในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยแบ่งเป็นกลุ่มที่อยู่ในสถานดูแลเด็กจำนวน 292 คน อยู่ในค่ายพักแรมจำนวน 78 คน และอยู่ในโรงพยาบาลจำนวน 15 คน เก็บตัวอย่างอุจจาระและตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Titanium และ Acid – insoluble residue ด้วยวิธี ICP – AES พบว่า อัตราเฉลี่ยการบริโภคดินของเด็กในสถานดูแลเด็กเท่ากับ 162 มิลลิกรัม/วัน ในค่ายพักแรมเท่ากับ 213 มิลลิกรัม/วัน และในโรงพยาบาลเท่ากับ 93 มิลลิกรัม/วัน

Davis และคณะ (1990) ศึกษาการบริโภคดินของเด็กอายุ 2 - 7 ปี จำนวน 104 คน ที่อาศัยทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐ Washington ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน เป็นเวลา 4 วันติดต่อกัน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Silicon และ Titanium ด้วยวิธี X - ray Fluorescence Spectrometry พบว่าอัตราการบริโภคดินซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และค่ามัธยฐาน (Median) ที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ Aluminium มีค่า 38.9 และ 25.3 มิลลิกรัม/วัน Silicon มีค่า 82.4 และ 59.4 มิลลิกรัม/วัน และ Titanium มีค่า 245.5 และ 81.3 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ

Stanek และคณะ (1997) ศึกษาการบริโภคดินของผู้ใหญ่ อายุระหว่าง 22 - 45 ปี ในประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 10 คน โดยเก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium, Silicon และ Yttrium ด้วยวิธี ICP - AES พบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการบริโภคดินที่คำนวณรวมจากทั้ง 3 ธาตุ มีค่า 10 มิลลิกรัม/วัน ค่ามัธยฐานของอัตราการบริโภคดินมีค่า 1 มิลลิกรัม/วัน ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 ของอัตราการบริโภคดิน มีค่า 49 มิลลิกรัม/วัน ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภคดิน มีค่า 331 มิลลิกรัม/วัน

ข้อมูลการศึกษาการบริโภคดิน ซึ่งมีผู้ทำการศึกษาไว้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ได้ถูกรวบรวมไว้โดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (The United States Environmental Protection Agency; U.S. EPA) และ สภาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งสหรัฐอเมริกา (The American Industrial Hygiene Council; AIHC) ในปี 1977 U.S. EPA สรุปข้อมูลการบริโภคเพื่อใช้เป็นค่าอ้างอิงในสหรัฐอเมริกา โดย

ให้ผู้ใหญ่ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 50 มิลลิกรัม/วัน เด็กอายุ 6 ปีขึ้นไปใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/วัน สำหรับเด็กอายุต่ำกว่า 6 ปีซึ่งเป็นเด็กที่มีโอกาสสัมผัสกับดินสูง ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/วัน หรือในกรณีที่แต่ละรัฐมีข้อมูลของตนเองก็ให้ใช้ข้อมูลนั้น เช่น หน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของรัฐ Oregon ใช้อัตราการบริโภคดินโดยไม่ได้ตั้งใจ (Incidental Soil ingestion Rate: IRS) ในผู้ใหญ่เท่ากับ 50 มิลลิกรัม/วัน และในเด็กเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/วัน (Oregon Department of Environment Quality, 1998) และหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมของรัฐ Kentucky (Kentucky Environmental Protection Agency) ใช้อัตราการบริโภคดินสำหรับผู้ใหญ่และเด็กอายุ 7 -18 ปี เท่ากับ 100 มิลลิกรัม/วัน โดยผู้ใหญ่ที่ทำงานในอาคาร 8 ชั่วโมง/วัน ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 50 มิลลิกรัม/วัน และผู้ใหญ่ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับดินโดยตรง เช่น การทำสวน ทำไร่ การขุดอุโมงค์ การระเบิดหินและดิน ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 480 มิลลิกรัม/วัน สำหรับเด็กที่มีอายุน้อยกว่า 7 ปี ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 200 มิลลิกรัม/วัน (National Resources and Environmental Protection Cabinet, 2002) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการบริโภคดินของ Porter (1989) และ Gephart (1994) ที่รายงานให้ผู้ใหญ่ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/วัน

จากข้อมูลการศึกษาการบริโภคดินในต่างประเทศ Lasztity และคณะ (1996) สรุปว่าวิธีที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณ trace element ในตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน จะใช้วิธี Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP - AES), Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (ICP - MS) และ X – ray Fluorescence แต่วิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ คือ ICP - AES เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ICP – AES มีความแม่นยำสูง สามารถทำได้รวดเร็วโดยวิเคราะห์ธาตุได้หลายธาตุพร้อมกัน (simutaneous multielements analysis)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากร

3.1.1 ตัวอย่างประชากรในการศึกษานี้ เป็นอาสาสมัครชายและหญิง อายุ 20 – 45 ปี **จำนวน** 10 คน ซึ่งทำงานและอาศัยอยู่ในจังหวัดปทุมธานี โดยมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป และผ่านการอบรมเพื่อให้เข้าใจขั้นตอนการเก็บตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง อาสาสมัครต้องให้ประวัติ และข้อมูลส่วนตัว เช่น ชื่อ อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง สถานที่อยู่อาศัย สถานที่ทำงาน และข้อมูลบันทึกกิจกรรมการบริโภคในชีวิตประจำวัน ทั้ง 7 วัน เช่น ปริมาณและชนิดของอาหาร ขนม ผลไม้ ยา วิตามิน อาหารเสริม น้ำดื่ม ที่รับประทานตลอดทั้งวัน รวมทั้งข้อมูลการขับถ่ายและข้อมูลการสัมผัสดิน เช่น การปลูกต้นไม้ หรือการพรวนดิน

3.1.2 อาสาสมัครจะต้องทำการเก็บตัวอย่างอาหาร อุจจาระ และดิน เป็นเวลาติดต่อกัน นาน 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างอาหาร และตัวอย่างดินในแต่ละวัน ส่งให้ผู้วิจัยทุกวัน สำหรับตัวอย่างอุจจาระ อาสาสมัครจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างอุจจาระโดยการอบแห้งแล้วจึงส่งให้ผู้วิจัย

3.2 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

3.2.1.1 ถุงพลาสติก ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม

3.2.1.2 ตู้เย็นและตู้แช่แข็ง อุณหภูมิ -10 ^{o}ซ สำหรับเก็บตัวอย่าง

3.2.1.2 ช้อนพลาสติกสำหรับตักตัวอย่าง

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

3.2.2.1 ตู้อบ Furnace (Carbolite®, England)

3.2.2.2 ตู้อบ (Venticell® #MMM Medcenter, GS Scherhelt, Germany)

3.2.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

3.2.2.4 เครื่องปั่นอาหาร

3.2.2.5 เตา Hot plate

3.2.2.6 บีกเกอร์ ขนาด 250 ml.

3.2.2.7 หลอดทดลองขนาดกลาง

3.2.2.8 ปิเปต ขนาด 10 ml.

3.2.2.9 แท่งแก้วคนสาร

3.2.2.10 กรวยแก้วสำหรับกรอง

3.2.2.11 ลูกยาง

3.2.2.12 ช้อนพลาสติกสำหรับตักตัวอย่าง

3.2.2.13 ชั้นวางหลอดทดลอง

3.2.2.14 Forceps

3.2.2.15 กระดาษกรองเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 mm. (Whatman, England)

3.2.2.16 Nitric acid ชนิด AR grade (Merck, Germany)

3.2.2.17 Perchloric acid ชนิด AR grade (Merck, Germany)

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

3.2.3.1 เครื่อง Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometer (ICP - AES), A Perkin – Elmer 1000

3.2.3.2 สารละลายมาตรฐาน Aluminium Pure Standard Stock Solution (Merck, Germany)

3.2.3.3 สารละลายมาตรฐาน Yttrium Pure Standard Stock Solution (Merck, Germany)

3.3 วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การบันทึกข้อมูล

อาสาสมัครต้องบันทึกข้อมูลกิจกรรมการบริโภคในชีวิตประจำวัน ทั้ง 7 วัน เช่น ปริมาณและชนิดของอาหาร ขนม ผลไม้ ยา วิตามิน อาหารเสริม น้ำดื่ม ที่รับประทานตลอดทั้งวัน รวมทั้งต้องบันทึกข้อมูลการขับถ่าย และข้อมูลการสัมผัสดิน เช่น การปลูกต้นไม้ หรือการพรวนดินต้นไม้

3.3.2 การเก็บตัวอย่างอาหาร

อาสาสมัครต้องเก็บตัวอย่างปริมาณและชนิดของตัวอย่างอาหาร ขนม ผลไม้ ยา วิตามิน อาหารเสริม น้ำดื่ม ที่รับประทานตลอดทั้งวัน โดยปริมาณและชนิดของตัวอย่างอาหารที่เก็บจะต้องเท่ากับปริมาณและชนิดของตัวอย่างอาหารที่รับประทานเข้าไป (duplicate meals) เป็นจำนวน 7 วัน ซึ่งจะต้องเก็บอาหารทุกมื้อตลอดวัน แล้วนำตัวอย่างอาหารทุกชนิดใส่ถุงพลาสติกที่เตรียมไว้สำหรับเก็บตัวอย่าง เพื่อส่งให้ผู้วิจัย

3.3.3 **การเก็บตัวอย่างอุจจาระ**

อาสาสมัครจะต้องเก็บตัวอย่างอุจจาระ โดยจะเริ่มเก็บตัวอย่างอุจจาระในวันถัดไปของวันที่เก็บตัวอย่างอาหาร เป็นจำนวน 7 วัน และในขั้นตอนนี้อาสาสมัครจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างอุจจาระตามรายละเอียดขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง (Calabrese *et al.*, 1996)

3.3.4 **การเก็บตัวอย่างดิน**

อาสาสมัครต้องเก็บตัวอย่างดิน เป็นเวลา 7 วันในบริเวณที่อยู่อาศัย และสถานที่ทำงาน โดยเก็บบริเวณหน้าดิน เป็นจำนวนประมาณ 5 กรัม แล้วใส่ในถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ สำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อส่งให้ผู้วิจัย

3.3.5 **การเตรียมตัวอย่างอาหาร อุจจาระ และดิน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก**

3.3.4.1 นำตัวอย่างที่เก็บแช่แข็งไว้ออกมาละลาย

3.3.4.2 ชั่งน้ำหนักรวมของตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน ซึ่งจะถูกทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 2 ครั้ง (duplicate samples) ตัวอย่างอาหาร และตัวอย่างอุจจาระ จะแบ่งนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประมาณ 20 กรัม/ตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างดิน ใช้ประมาณ 1 กรัมต่อตัวอย่าง ตักตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ด้วยช้อนพลาสติก เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจาก Aluminium ที่มีอยู่ในช้อนแสตนเลส

3.3.4.3 นำตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน ทั้ง 2 บีกเกอร์ไปอบให้แห้งในตู้อบ อุณหภูมิ 103 ^{o}ซ จนแห้งสนิท

3.3.4.4 ทิ้งตัวอย่างบีกเกอร์ที่ผ่านการอบให้เย็นลง แล้วนำตัวอย่างไปเติม HNO_3:$HClO_4$ (10:1) จำนวน 15 มิลลิลิตรหรือจนท่วมตัวอย่าง เป็นเวลา 18 ชั่วโมง เพื่อย่อยสลายตัวอย่าง

3.3.4.5 นำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายแล้วไประเหยแห้ง เพื่อเอากรดออก ด้วย เตา Hot plate

3.3.4.6 เผาตัวอย่างในตู้อบ Furnace ที่อุณหภูมิ 550 ^{o}ซ นาน 3 - 5 ชั่วโมง จนได้เถ้าสีเทา แล้วทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.3.4.7 นำเถ้าสีเทาไปละลายด้วย 0.1 N HNO_3 จำนวน 20 มิลลิลิตร

3.3.4.8 กรองสารละลาย ด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42 ใส่ลงในหลอดทดลอง ปิดฝาให้เรียบร้อย

3.3.4.9 นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ ด้วยวิธี ICP - AES

3.3.6 การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

นำตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน ในรูปสารละลายที่เตรียมไว้ในหลอดทดลองไปวิเคราะห์หาปริมาณAluminium (Al) และ Yttrium (Y) ด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometer (ICP – AES) โดย Aluminium ใช้ความยาวคลื่น 396.153 นาโนเมตร และ Yttrium ใช้ความยาวคลื่น 371.030 นาโนเมตร

ข้อกำหนดหรือเงื่อนไขในการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP - AES มีดังนี้

Rf Power 1.1 kw

ICP Torch Type 2 quartz slotted extension

Outer Argon flow rate 15 L/min

Intermediate Argon flow rate 1.5 L/min

Central gas flow rate 0.8 L/min

Nebulizer Gem tip cross flow

Sample pump rate 1.0 ml/min

Spray chamber Ryton, Scott double pass

3.3.7 การคำนวณอัตราการบริโภคดิน

การคำนวณอัตราการบริโภคดิน ที่อาสาสมัครบริโภคในแต่ละวัน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ระบุในรายงานของ (Calabrese *et al.*, 1997) ดังนี้

หลักการหาความสมดุลของปริมาณ Trace elements ที่ได้รับ และปริมาณ Trace elements ที่ขับออกจากร่างกาย (Mass – Balance Methodology)

ปริมาณโลหะหนักที่บริโภค = ปริมาณโลหะหนักที่ถูกขับออกมา

ปริมาณโลหะหนักที่บริโภค = ปริมาณโลหะหนักในอาหารที่บริโภค + ปริมาณโลหะหนักในน้ำดื่มที่บริโภค + ปริมาณโลหะหนักในดินที่บริโภค

ปริมาณโลหะหนักที่ถูกขับออกมา = ปริมาณโลหะหนักในอุจจาระ + ปริมาณโลหะหนักในปัสสาวะ

สมการการบริโภคและขับถ่ายโลหะหนักออกจากร่างกาย

$$M_{fo} + M_{wa} + \frac{(IR_{so} \times C_{so})}{1000} = M_{fe} + M_{ur} \quad \text{.....(1)}$$

ดังนั้น อัตราการบริโภคดิน (IR_{so}) จึงคำนวณได้จากสมการ

$$IR_{so} = \frac{[\,(M_{fe} + M_{ur}) - (M_{fo} + M_{wa})\,] \times 1000}{C_{so}} \quad \text{.....(2)}$$

โดย

IR_{so} = ปริมาณดินที่อาสาสมัครบริโภคใน 1 วัน (มิลลิกรัม/วัน)

M_{fe} = ปริมาณโลหะหนักที่อาสาสมัครขับออกมาในรูปของอุจจาระใน 1 วัน (มิลลิกรัม/วัน)

M_{ur} = ปริมาณโลหะหนักที่อาสาสมัครขับออกมาในรูปของปัสสาวะใน 1 วัน (มิลลิกรัม/วัน)

M_{fo} = ปริมาณโลหะหนักที่อาสาสมัครได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)

M_{wa} = ปริมาณโลหะหนักที่อาสาสมัครได้รับจากน้ำดื่ม (มิลลิกรัม/วัน)

C_{so} = ความเข้มข้นของโลหะหนักในดิน (ไมโครกรัม/มิลลิกรัมดิน)

1000 = factor ที่ใช้เปลี่ยน ไมโครกรัมให้เป็นมิลลิกรัม

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการบริโภคดิน จะใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 (25th Percentile) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 (75th Percentile) และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 (95th Percentile) ในการรายงานอัตราการบริโภคดิน ซึ่งวิเคราะห์ค่าสถิติ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 6.12 (SAS Institute Inc., Carry, North Carolina. USA)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

อาสาสมัครจำนวน 10 คน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ทำงานและอาศัยอยู่ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเวลาส่วนใหญ่ของการทำงานอยู่ภายในอาคาร มีโอกาสสัมผัสกับดินเนื่องจากการทำงานน้อย โดยส่งบันทึกกิจกรรมการบริโภคในชีวิตประจำวัน เก็บตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างอุจจาระ และตัวอย่างดิน ส่งให้ผู้วิจัยเป็นเวลา 7 วันต่อเนื่องกัน เพื่อนำไปเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณ Aluminium และ Yttrium ด้วยเครื่อง Inductively Coupled - Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP - AES) แล้วคำนวณหาอัตราการบริโภคดิน (Soil Ingestion Rate) ของอาสาสมัคร ซึ่งมีจำนวนตัวอย่างรวมทั้งสิ้น 70 ตัวอย่าง (Subject – Days) นำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อหาอัตราการบริโภคดินเฉลี่ยของคนไทย โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) และศึกษา % recovery ของ Aluminium และ Yttrium ในวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วย

การศึกษา % recovery ของ Aluminium ใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material) Tomato Leaves Lot Number 1573a ของสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยี กระทรวงพาณิชย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Institute of Standard and Technology, U.S. Department of Commerce) ซึ่งมี Aluminium 598 ไมโครกรัม/กรัม พบว่า % recovery ที่ได้มีค่าระหว่าง 86.09 – 94.10 % (n = 6) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.36 % และการศึกษา % recovery ของ Yttrium โดยวิธี Standard addition พบว่า % recovery ที่ได้มีค่าระหว่าง 84.14 – 95.67 % (n = 6) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.31 %

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของอาสาสมัครเป็นรายบุคคล แสดงปริมาณ Aluminium ที่ได้รับจากอาหาร อยู่ในช่วง 138.0 – 23,914.8 มิลลิกรัม/วัน ปริมาณ Aluminium ที่ขับออกจากอุจจาระ อยู่ในช่วง 169.5 – 24,180.9 มิลลิกรัม/วัน ความเข้มข้นของ Aluminium ในดิน อยู่ในช่วง 1,661.1 – 11,547.9 มิลลิกรัม/วัน และอัตราการบริโภคดิน อยู่ในช่วง 1.0 – 231.7 มิลลิกรัม/วัน สำหรับปริมาณ Yttrium ที่ได้รับจากอาหาร อยู่ในช่วง 0.2 – 5.1 มิลลิกรัม/วัน ปริมาณ Yttrium ที่ขับออกจากอุจจาระ อยู่ในช่วง 0.6 – 5.8 มิลลิกรัม/วัน ความเข้มข้นของ Yttrium ในดิน อยู่ในช่วง 2.3 – 14.9 มิลลิกรัม/วัน และอัตราการบริโภคดิน อยู่ในช่วง 1.0 – 251.0 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1 - 20

ตารางที่ 1 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 1

อาสาสมัคร คนที่ 1				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	6234.4	6419.4	3607.2	51.3
2	5207.0	5253.1	3063.2	15.1
3	4913.6	5184.5	3961.6	68.4
4	9566.1	7810.5	3988.0	-44.0
5	11028.5	11168.3	4001.4	34.9
6	5095.5	5225.6	3163.3	41.1
7	12169.7	12312.9	2698.9	53.1

ตารางที่ 2 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 1

อาสาสมัคร คนที่ 1				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.8	1.2	6.9	47.3
2	0.4	0.6	4.1	49.9
3	0.4	0.8	10.6	41.8
4	0.2	0.7	9.1	4.7
5	0.7	0.8	6.1	3.5
6	0.4	1.0	8.9	70.8
7	0.9	0.9	2.9	4.8

ตารางที่ 3 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 2

อาสาสมัคร คนที่ 2				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	3185.6	3404.6	6449.0	34.0
2	1789.7	2292.0	6209.5	80.9
3	6147.8	6388.7	6447.9	37.4
4	7030.8	6533.5	7783.2	-63.9
5	8306.2	9048.7	8752.8	84.8
6	9527.7	9086.8	7699.0	-57.3
7	4729.0	5519.9	8965.2	88.2

ตารางที่ 4 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 2

อาสาสมัคร คนที่ 2				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.6	0.7	6.2	7.4
2	1.1	2.2	11.2	98.5
3	0.4	1.0	7.3	83.7
4	1.0	0.8	6.4	-27.4
5	0.8	1.2	8.7	40.7
6	1.2	0.9	6.7	-39.9
7	0.6	0.8	8.8	16.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 3

อาสาสมัคร คนที่ 3				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	7357.3	7940.3	5008.3	116.4
2	10287.1	10603.0	4758.8	66.4
3	23914.8	24180.8	5505.4	48.3
4	4418.4	4450.2	1661.1	19.2
5	8580.1	9055.4	6405.4	74.2
6	7472.3	7703.3	5458.2	42.3
7	5581.9	5576.1	4267.4	-1.4

ตารางที่ 6 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 3

อาสาสมัคร คนที่ 3				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.5	0.6	6.0	23.6
2	1.0	1.0	4.0	21.2
3	0.9	0.8	4.5	-14.9
4	0.9	1.3	10.6	42.2
5	0.7	0.6	7.9	-5.3
6	0.6	0.6	3.1	-17.3
7	0.5	0.6	6.3	30.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 4

อาสาสมัคร คนที่ 4				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	2921.8	3269.4	3656.3	95.1
2	5755.4	6545.6	5420.1	145.8
3	5620.8	6471.0	5431.4	156.5
4	1765.6	2162.8	3419.4	116.2
5	2491.3	4549.7	8883.5	231.7
6	4998.4	5893.3	5161.6	173.4
7	4294.1	6164.1	11547.9	161.9

ตารางที่ 8 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 4

อาสาสมัคร คนที่ 4				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.9	0.6	4.9	-45.9
2	5.1	5.8	7.6	96.9
3	4.9	5.3	4.9	72.3
4	0.9	1.2	3.0	102.3
5	1.7	3.0	4.8	251.0
6	4.5	5.2	4.6	149.8
7	1.9	2.1	4.2	40.9

ตารางที่ 9 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 5

อาสาสมัคร คนที่ 5				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	3310.7	3472.1	4196.0	38.5
2	4144.3	4605.0	4694.0	98.2
3	4263.4	4183.0	6841.0	-11.7
4	2914.0	2702.8	9762.0	-21.6
5	2234.3	3347.6	6746.0	165.0
6	3772.4	3944.7	7620.0	22.6
7	2432.2	3232.3	4232.0	189.1

ตารางที่ 10 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 5

อาสาสมัคร คนที่ 5				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	1.0	1.1	5.3	23.5
2	0.3	1.7	7.2	188.8
3	2.9	3.0	5.9	27.0
4	2.5	1.7	7.0	-114.6
5	2.1	2.7	5.9	99.2
6	5.0	4.7	7.1	-38.2
7	1.1	2.0	6.7	142.7

ตารางที่ 11 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 6

อาสาสมัคร คนที่ 6				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	5564.0	6193.2	3464.0	181.7
2	5755.4	7184.4	8808.0	162.2
3	6367.2	7231.2	7386.0	117.0
4	8231.0	9886.0	7854.0	210.7
5	1966.9	2484.5	3876.0	133.5
6	4607.9	5673.8	6980.0	152.7
7	2308.3	4035.8	10672.0	161.9

ตารางที่ 12 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 6

อาสาสมัคร คนที่ 6				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	1.1	2.5	6.7	210.7
2	1.3	2.5	6.0	202.4
3	1.7	2.3	6.3	96.4
4	2.4	3.5	6.0	188.7
5	1.2	1.8	6.4	90.1
6	1.9	2.8	4.6	187.5
7	2.0	3.0	6.0	173.8

ตารางที่ 13 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 7

อาสาสมัคร คนที่ 7				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	335.2	711.2	4007.5	93.8
2	217.8	395.7	3759.6	47.3
3	138.0	169.5	3559.2	8.8
4	238.1	636.3	2962.9	134.4
5	289.5	631.1	2664.3	128.2
6	208.3	315.7	2899.7	37.0
7	343.2	366.1	2074.0	11.1

ตารางที่ 14 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 7

อาสาสมัคร คนที่ 7				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.6	0.9	5.8	45.1
2	0.9	1.3	3.6	105.0
3	0.7	0.7	2.8	23.8
4	1.2	1.3	2.3	45.3
5	0.4	0.6	3.3	68.5
6	1.1	1.2	3.1	16.2
7	0.5	0.9	9.1	51.9

ตารางที่ 15 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 8

อาสาสมัคร คนที่ 8				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	460.1	948.8	3582.6	136.4
2	1010.1	1287.8	3164.4	87.7
3	343.1	678.0	4531.6	73.9
4	421.0	828.4	4449.9	91.5
5	435.5	824.3	3632.1	107.0
6	715.5	911.0	4081.6	47.9
7	536.0	897.2	4504.0	80.2

ตารางที่ 16 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 8

อาสาสมัคร คนที่ 8				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	0.3	1.2	10.1	85.3
2	1.0	1.4	9.5	43.9
3	0.3	0.7	10.0	40.9
4	0.8	2.2	11.2	123.8
5	0.3	1.0	12.7	56.5
6	1.1	1.6	11.9	41.4
7	0.3	3.0	14.9	183.1

ตารางที่ 17 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 9

อาสาสมัคร คนที่ 9				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	469.5	627.9	2482.4	63.8
2	191.9	643.7	3959.1	114.1
3	200.0	624.5	2856.5	148.6
4	247.8	359.4	3658.4	30.5
5	224.7	556.9	3121.6	106.4
6	351.2	453.9	3987.0	25.7
7	233.9	800.5	7560.8	74.9

ตารางที่ 18 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 9

อาสาสมัคร คนที่ 9				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	1.4	1.4	4.9	17.9
2	0.8	1.0	5.4	37.3
3	1.3	1.8	8.2	62.5
4	1.2	1.4	6.0	46.1
5	0.6	0.9	8.8	37.7
6	1.2	1.6	3.9	88.6
7	0.4	0.7	3.2	115.1

ตารางที่ 19 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Aluminium ของอาสาสมัคร คนที่ 10

อาสาสมัคร คนที่ 10				
วันที่	ปริมาณ Al ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	385.3	1195.8	7410.6	109.4
2	379.4	955.1	5405.7	106.5
3	318.8	667.4	5407.5	64.5
4	714.3	863.8	5304.1	28.2
5	750.6	980.9	4657.5	49.5
6	501.7	439.6	4028.9	-15.4
7	291.8	596.0	4092.0	74.3

ตารางที่ 20 อัตราการบริโภคดินในแต่ละวันที่วิเคราะห์จาก Yttrium ของอาสาสมัคร คนที่ 10

อาสาสมัคร คนที่ 10				
วันที่	ปริมาณ Y ที่ได้รับจากอาหาร (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออกทางอุจจาระ (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้นของ Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน (มิลลิกรัม/วัน)
1	1.1	1.2	6.7	16.7
2	0.5	0.9	6.9	54.6
3	0.8	0.7	5.9	-14.1
4	1.2	1.0	6.1	-39.9
5	1.5	2.1	6.7	88.0
6	1.1	1.4	4.6	68.3
7	1.1	1.6	6.0	82.6

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการบริโภคดินในอาสาสมัคร ทั้ง 70 ตัวอย่าง (Subject – Days) โดยใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statistic) ได้แก่ ค่าต่ำสุด (Minimum) ค่าสูงสุด (Maximum) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 (25th Percentile) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 50 (50th Percentile) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 (75th Percentile) ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 (95th Percentile) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS Version 6.12 ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการบริโภคดิน ในอาสาสมัคร จำนวน 70 ตัวอย่าง

ค่าสถิติ	ปริมาณ Al ที่บริโภค (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Al ที่ขับออก (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้น Al ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	ปริมาณ Y ที่บริโภค (มิลลิกรัม/วัน)	ปริมาณ Y ที่ขับออก (มิลลิกรัม/วัน)	ความเข้มข้น Y ในดิน (มิลลิกรัม/กรัม)	อัตราการบริโภคดิน	
							Al	Y
25th Percentile	385.3	800.5	3,632.1	0.6	0.8	4.8	37.0	17.9
50th Percentile	2,702.7	3,376.1	4,476.9	0.9	1.2	6.2	74.7	45.7
75th Percentile	5,620.8	6,388.7	6,449.0	1.2	2.1	7.9	117.0	96.4
95th Percentile	10,287.1	10,603.0	8,965.2	4.5	4.7	11.2	181.7	188.8
Minimum	138.0	169.5	1,661.1	0.2	0.6	2.3	-63.9	-114.6
Maximum	23,914.8	24,180.8	11,547.9	5.1	5.8	14.9	231.7	251.0
Mean	3,703.1	4,110.8	5,147.3	1.2	1.6	6.6	79.1	60.3
SD	4,040.2	4,035.8	2,145.8	1.1	1.2	2.6	63.3	68.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผล สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผล

ในการศึกษาครั้งนี้คำนวณอัตราการบริโภคดินโดยใช้ Aluminium และ Yttrium เป็น marker เนื่องจาก Trace elements ทั้ง 2 ธาตุนี้มีการดูดซึมในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้น้อยมาก และจากรายงานการศึกษาการขับออกของ Trace elements แต่ละชนิดโดย Calabrese และคณะ (1989) รายงานว่า เมื่อบริโภคแคปซูลที่มีดินบรรจุอยู่ 300 มิลลิกรัม พบว่า Aluminium, Silicon และ Yttrium มีปริมาณการขับออกเท่ากับ 120 - 153 % เมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้รับ และเมื่อบริโภคแคปซูลที่มีดินบรรจุอยู่ 1,500 มิลลิกรัม พบว่า Aluminium, Silicon และ Yttrium มีปริมาณการขับออกเท่ากับ 88 - 94 % เมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้รับ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้วัดอัตราการบริโภคดิน

ผลการศึกษา % recovery ของ Aluminium และ Yttrium ในวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง พบว่า % recovery ของ Aluminium ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 86.09 - 94.10 % โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.36 % และ % recovery ของ Yttrium ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 84.14 - 95.67 % โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.31 %

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอัตราการบริโภคดินรวม 70 ตัวอย่าง (Subject - Days) พบว่า ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ของอัตราการบริโภคดินที่ได้จากการวิเคราะห์ Aluminium มีค่า 79.1 ± 63.3, 74.7, 37.0, 117.0 และ 181.7 มิลลิกรัม/วัน และที่ได้จากการวิเคราะห์ Yttrium มีค่า 60.3 ± 68.6, 45.7, 17.9, 96.4 และ 188.8 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 21) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาอัตราการบริโภคดินในผู้ใหญ่ของ Calabrese และคณะ (1990) ที่รายงานว่า ค่าเฉลี่ย และค่ามัธยฐาน ของอัตราการบริโภคดินที่คำนวณได้จาก Aluminium มีค่าเท่ากับ 77 และ 57 มิลลิกรัม/วัน และอัตราการบริโภคดินที่คำนวณได้จาก Yttrium มีค่าเท่ากับ 53 และ 65 มิลลิกรัม/วัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยวิธี paired t test ของอัตราการบริโภคดินรวม 70 ตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ที่ได้จากการวิเคราะห์ Aluminium และ Yttrium พบว่า Aluminium และ Yttrium แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ 95 % Confidence Interval มีค่าเท่ากับ 6.03 – 31.59 มิลลิกรัม/วัน

ในการศึกษาอัตราการบริโภคดิน ซึ่งมีผู้ทำการศึกษาไว้ทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ได้ถูกรวบรวมไว้โดยองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (The United States Environmental Protection Agency; U.S. EPA) ซึ่งสรุปข้อมูลการบริโภคดินและเสนอให้ใช้เป็นค่าอ้างอิงในสหรัฐอเมริกา โดยให้ผู้ใหญ่ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 50 มิลลิกรัม/วัน ในเด็กซึ่งมีอายุ 6 ปีขึ้นไปให้ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 100 มิลลิกรัม/วัน และในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 6 ปีหรือเด็กที่มีโอกาสได้รับสัมผัสกับดินสูง ให้ใช้อัตราการบริโภคดินเท่ากับ 200 มิลลิกรัม (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 การบริโภคดินของประชากรในประเทศสหรัฐอเมริกา

ประชากร	ค่าเฉลี่ย (Mean)	Upper Percentile
เด็ก	100 มิลลิกรัม/วัน[a]	400 มิลลิกรัม/วัน[b]
ผู้ใหญ่	50 มิลลิกรัม/วัน	-

* ที่มา ดัดแปลงจาก U.S. EPA (1997)

[a] 200 มิลลิกรัม/วัน ที่ใช้เป็นค่าเฉลี่ยของเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 6 ปีหรือมีโอกาสได้รับดินสูง

[b] ระดับที่มีโอกาสได้รับสูงเกินกว่าปกติ

ค่าเฉลี่ย (Mean) ของอัตราการบริโภคดินที่ได้จากการวิเคราะห์ Aluminium และ Yttrium ในการศึกษานี้มีค่าเป็น 79.1 และ 60.3 มิลลิกรัม/วัน ซึ่งสูงกว่าค่าที่ U.S. EPA แนะนำให้ผู้ใหญ่ใช้อัตราการบริโภคดินเป็น 50 มิลลิกรัม/วัน อาจเป็นเพราะลักษณะความเป็นอยู่ของคนไทยที่แตกต่างจากลักษณะความเป็นอยู่ของประชากรในสหรัฐอเมริกา จึงทำให้มีโอกาสบริโภคดินได้สูง

5.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการบริโภคดินในคนไทยครั้งนี้ สรุปว่าอัตราการบริโภคดินของอาสาสมัคร อายุระหว่าง 20 - 45 ปี ที่ทำงานและอาศัยอยู่ในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งเวลาส่วนใหญ่ของการทำงานอยู่ภายในอาคาร รวม 70 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 25 ค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 75 และค่าเปอร์เซนต์ไทล์ที่ 95 ที่ได้จากการวิเคราะห์ Aluminium เท่ากับ 79.1 ± 63.3, 74.7, 37.0, 117.0 และ 181.7 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ และที่ได้จากการวิเคราะห์ Yttrium มีค่าเท่ากับ 60.3 ± 68.6, 45.7, 17.9, 96.4 และ 188.8 มิลลิกรัม/วัน ตามลำดับ

การศึกษาอัตราการบริโภคดินของคนไทยในอนาคต ควรมีการศึกษาในประชากรที่กลุ่มอายุต่าง ๆ เช่น ศึกษาในเด็ก หรือศึกษาประชากรที่อยู่ในจังหวัดอื่นโดยแบ่งตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย และศึกษาในอาสาสมัครที่มีจำนวนมากขึ้น เพื่อให้เป็นตัวแทนที่ดีของคนไทย ซึ่งจะทำให้การ

ศึกษามีความสมบูรณ์มากขึ้น และสามารถนำผลที่ได้จากการศึกษาซึ่งเป็นข้อมูลอัตราการบริโภคดินของคนไทยไปใช้คำนวณความเข้มข้นของสารเคมีที่คนไทยได้รับในขั้นตอนการประเมินการได้รับสาร (Exposure Assessment) แล้วนำค่าที่ได้ไปประกอบกับข้อมูลความเป็นพิษ ที่ได้จากขั้นตอนการประเมินการตอบสนองของร่างกายต่อปริมาณสารเคมี (Dose - Response Assessment) เพื่ออธิบายลักษณะความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น (Risk Characterization) ทำให้ผลการประเมินความเสี่ยงมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งจะทำให้การบริหารหรือการจัดการความเสี่ยงสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น อันจะส่งผลดีโดยตรงต่อสุขภาพและความปลอดภัยของคนไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

Binder, S., Sokal, D., and Maughan, D. 1986. Estimating soil ingestion: the use of tracer elements in estimating the amount of soil ingested by young children. *Arch. Environ. Health.* 41(6): 341-345.

Barltrop, D. 1966. The prevalence of pica. *Am. J. Dis. Child.*112: 116-23.

Berlin, M. 1977. Titanium. *In Toxicology of Metals.* (vol 2). EPA. May.

Bowen, H. J. M. 1982. The elelmental content of human diets and excreta. *Environ. Chem.* 2, 70.

Calabrese, E.J., Pastides, H., Barnes, R., Edwards, C., Kostecki, P.T., *et al.* 1989. How much soil do young children ingest: an epidemiological study. *In Petroleum Contaminated soils, Lewis Publishers, Chelsea, MI.* 363-397.

Calabrese, E.J., Stanek, E.J., Gilbert, C.E., and Barnes, R.M. 1990. Preliminary adult soil ingestion Estimates: results of a pilot study. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 12: 88-95.

Calabrese, E.J., Stanek, E.J., and Barnes, R. 1996. Soil particle size as a factor affecting Soil ingestion. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 24, 264-268.

Calabrese E.J., Stanek, E.J. III., Pekow P., and Barnes R.M. 1997. Soil ingestion estimates for children residing on a superfund site. *Ecotoxical Environ Saf.* 36, 258-268.

Clausing, P., Brunekreef, B., and Van Wijnen, J.H. 1987. A method for estimating soil ingestion by children. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 59(1):73-82.

Davis, S., Waller, P., Buschbon, R., Ballou, J., and White, P. 1990. Quantitative estimates of soil ingestion in normal children between the ages of 2 and 7 years: population based estimates using aluminium, silicon, and titanium as soil tracer elements. *Arch. Environ. Health.* 45: 112-122.

Emsley, J. 1998. The elements (3rd ed). Clarendon Press, Oxford.

Gephart, L. A., Tell, J. G., and Triemer, L. R. 1994. Exposure factors manual. *J. Soil Contam.* 3, 47-117.

Gorsky J.E. *et al.* 1979. Metabolic balance of aluminium studied in six men. *Clinical Chemistry*, 25: 1739-1743.

Greger J.L., and Baier M.J. 1983. Excretion and retention of low or moderate levels of aluminium By human subjects. *Food chemistry and toxicology.* 21: 473-477.

Lasztity, A., Kotrebai, M., and Barnes R.M. 1996. Inductively coupled plasma spectrometry determination of marker elements for childhood soil ingestion. *Microchemical Journal Article*. 54, 452-464.

National Resources and Environmental Protection Cabinet. 2002. *Kentucky Risk Assessment Guidance.*, 25

Oregon Department of Environmental Quality. 1998. *Guidance for conduct of deterministic human health risk assessments.*, 41

Porter, J. W. 1989. *Memorandum to Regional Administrators, Region I-X, regarding interim Final. Guidance on soil ingestion rates*. U.S. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response

Sheppard, S.C. 1995. Parameter values to model the soil ingestion pathway. *Environmental Monitoring and Assessment* 34:27-44.

Sörenson, R. J., *et al.* 1974. Aluminium in the environment and human health. *Environ. Health Perspect.* 8; 3-95.

Stanek E.J., III, Calabrese E.J., Barnes R.M., and Pekow P. 1997. Soil ingestion in adults-Results of a second pilot study. *Ecotoxical Environ Saf.* 36, 249-257.

U.S. EPA. 1997. *Exposure Factors Handbook*. Office of Research and Development, United States Environmental Protection Agency. Washington, DC.

Van Wijnen, J.H., Clausing, P., and Brunekreff, B. 1990. Estimated soil ingestion by children. *Environ. Res.* 51: 147-162.

WHO. 1982. Titanium. In *Environmental Health Criteria*. 24.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวดวงกมล ขาวขำ เกิดวันที่ 2 กรกฎาคม พ.ศ.2522 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพสัตว์ เกียรตินิยมอันดับ 1 จากคณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เมื่อปีการศึกษา 2544 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวแพทยสาธารณสุข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย