รหัสโครงการ SUT1-102-44-12-01

รายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในดินที่ชาวบ้านในจังหวัดศรีสะเกษนำมารับประทาน ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์

he Analysis of the Elements in Soil Eaten by the Villagers in Srisaket Province by X-ray Fluorescence Technique

หัวหน้าโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี
สาขาวิชาเคมี
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีงบประมาณ 2544

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่ผู้เดียว

เมษายน 2554

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเพื่อใช้ในการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีงบประมาณ 2544 งานวิจัยนี้สำเร็จได้เพราะความช่วยเหลือจากผู้ว่าราชการจังหวัดศรีสะเกษในขณะนั้น (คุณโกสินทร์ เกษทอง) ที่อำนวยความสะดวกในการหาข้อมูลและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งต้องขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ และขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ สุดท้ายต้องขอขอบคุณนายทรงกต อุตรา นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเคมี ผู้ช่วยเหลือในการทำวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี)
หัวหน้าโครงการวิจัย
เมษายน 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ได้วิเคราะห์ดินไพกา 4 ตัวอย่างที่เก็บมาจากพื้นที่ต่าง ๆ ในจังหวัดศรีสะเกษ ทั้งในเชิงกายภาพและในเชิงเคมี สมบัติทางกายภาพที่ศึกษาได้แก่ สี ปริมาณความชื้น ปริมาณสารที่หายไปหลังจากการเผา ส่วนสมบัติทางเคมีที่ศึกษาคือ ค่าพีเอช ปริมาณสารอินทรีย์ วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และได้ใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่นในการหาปริมาณสังกะสี เหล็ก แมงกานีส ไทเทเนียม แบเรียม โปตัสเซียม ซิลิกอน อะลูมิเนียม และแมกนีเซียม และเนื่องจากมีข้อสันนิษฐานว่าการขาดธาตุเหล็กและสังกะสี อาจทำให้เกิดอาการไพกาหรือความอยากที่จะกินสิ่งที่ไม่ใช่อาหารของมนุษย์ตามปกติ จึงได้วิเคราะห์ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้อีกด้วย ผลการทดลองมีดังนี้ สีของดินมีค่า 7.5YR8/3-10YR6/1 ความชื้นในดินมีค่า 1.42-6.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารที่หายไปจากการเผามีค่า 7.26-9.98 เปอร์เซ็นต์ ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.30-4.95 ปริมาณสารอินทรีย์ในดินมีค่า 0.28-2.73 เปอร์เซ็นต์ วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่า 2.14-12.65 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ความเข้มข้นของธาตุที่มีในดินไพกา มีดังนี้ สังกะสี 48-59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เหล็ก 7.28-19.08 กรัมต่อกิโลกรัม แมงกานีส 51-88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไทเทเนียม 8.33-9.71 กรัมต่อกิโลกรัม แบเรียม 2.79-3.22 กรัมต่อกิโลกรัม โปตัสเซียม 623-2055 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซิลิกอน 254.85-316.47 กรัมต่อกิโลกรัม อะลูมิเนียม 50.29-108.91 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนแมกนีเซียมพบในตัวอย่างเดียวและมีความเข้มข้น 405 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้มีความเข้มข้น 22.35-79.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.52-0.86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

The analyses of four pica soil samples from Sisaket province had been made for their physical and chemical properties. The physical properties studied were color, moisture content, and loss on ignition, while the chemical properties studied were pH, organic matter, cation exchange capacity. The technique of wavelength dispersive x-ray fluorescence was used for the analyses of zinc, iron, manganese, titanium, barium, potassium, silicon, aluminium, and magnesium. Since the deficiencies of iron and zinc may be the cause of pica (the crave for eating of non food substance), the investigation of bioavailable iron and zinc had also been made. The experimental results were as follows : color of the soil samples were ranged from 7.5YR8/3-10YR6/1. Moisture contents were ranged from 1.42-6.35%. Loss on ignition were ranged from 7.26-9.98%. The soil pH were 4.30-4.95. Organic matter contents were ranged from 0.28-2.73%. The cation exchange capacity were 2.14-12.65 cmol/kg. The concentration of the elements in pica soil were 48-59 mg/kg for zinc, 7.28-19.08 g/kg for iron, 51-88 mg/kg for manganese, 8.33-9.71 g/kg for titanium, 2.79-3.22 g/kg for barium, 623-2055 mg/kg for potassium, 254.85-316.46 g/kg for silicon, and 50.29-108.91 g/kg for aluminium. Only one sample contained magnesium which was 405 mg/kg. The bioavailable iron and zinc were 22.35-79.91 mg/kg and 0.52-0.86 mg/kg respectively.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I

บทคัดย่อภาษาไทย II

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 2

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ข้อสมมุติฐานของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 5

1.6 เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น (Wavelength dispersive x-ray Fluorescence, WDXRF) 5

บทที่ 2 วารสารปริทัศน์ 10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 17

3.1 ขั้นตอนการวิจัย 17

3.1.1 การสำรวจข้อมูล 17

3.1.2 การเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษา 18

3.1.3 การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องแก้ว และพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัย 20

3.1.4 การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์ 20

3.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพ 22

3.2.1 สีของดิน 22

3.2.2 ปริมาณความชื้นและแฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไขเกี่ยวกับความชื้น 23

3.2.3 มวลที่สูญหายจากการเผา 23

3.3 การวิเคราะห์ทางเคมี 24

3.3.1 ความเป็นกรด-เบสของดิน 25

3.3.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) ของดิน 28
3.3.4 การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในดินด้วยเทคนิค เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น 30
3.3.5 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพ 33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย 38
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ 38
4.1.1 สีของดิน 38
4.1.2 ปริมาณความชื้นและแฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไข 39
4.1.3 มวลที่สูญหายจากการเผา 39
4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี 40
4.2.1 ความเป็นกรด-เบสของดิน 40
4.2.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน 41
4.2.3 วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน 41
4.2.4 ปริมาณธาตุในดินจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น 42
4.2.5 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพ 45
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 49
บรรณานุกรม 51

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ตัวอย่างการแทรนซิชันของอิเล็กตรอนในอะตอมของเหล็ก	6
1.2	ตัวอย่างสเปกตรัมของเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์จากการวิเคราะห์ชนิดกระจายคลื่น	7
1.3	แผนภูมิของเครื่องมือ WDXRF	8
3.1	ดินที่ขายกันอยู่ในตลาดสดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	18
3.2	แหล่งเก็บตัวอย่างดิน บ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	19
3.3	ชาวบ้านสาธิตการกินดิน	19
3.4	แหล่งขุดดินทาม บ้านบ่อ ตำบลหนองเชียงทูน อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ	20
3.5	แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่างดิน	21
3.6	เบ้าหลอมในเครื่องหลอม	32
3.7	เบ้า แบบหล่อ และแผ่นแก้วตัวอย่างที่ได้	32
3.8	เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น, MagiX Pro PW 2404 Philips Analytical	32
3.9	ตัวอย่างสารประกอบของเหล็กในร่างกายของสิ่งมีชีวิต	34
3.10	ตัวอย่างเมทัลโลเอนไซม์ที่ต้องใช้สังกะสีในการทำงาน	34
4.1	ตัวอย่างสเปกตรัมเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ในการวิเคราะห์ดินตัวอย่าง	44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างสีของดินและปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน	38
4.2	พารามิเตอร์ทางกายภาพของตัวอย่างดินที่เก็บจากตำแหน่งต่าง ๆ ในจังหวัดศรีสะเกษ	39
4.3	พารามิเตอร์ทางเคมีของดินไพกาจากจังหวัดศรีสะเกษ	40
4.4	ธาตุองค์ประกอบในดินไพกาในรูปของออกไซด์	42
4.5	ธาตุองค์ประกอบในดินไพกา	43
4.6	เปรียบเทียบช่วงความเข้มข้นของธาตุในดินไพกาจากศรีสะเกษ กับดินไพกาบางตัวอย่างจากงานวิจัยอื่น	44
4.7	ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้	45
4.8	เปรียบเทียบปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ผู้กินดินไพกาจากศรีสะเกษได้รับ กับปริมาณที่แนะนำให้คนไทยควรได้รับในแต่ละวัน	46
4.9	เปรียบเทียบปริมาณเหล็กและสังกะสีในดินไพกาจากศรีสะเกษ ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ กับดินไพกาจากกลุ่มวิจัยอื่น	47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

การกินดินและกินสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่ใช่อาหารตามปกติของมนุษย์ เป็นพฤติกรรมที่พบมานานแล้ว ถือว่าเป็นความผิดปกติที่เรียกว่า อาการไพกา (pica) คำว่าไพกานี้มาจากภาษาละติน เป็นชื่อเรียกนกจำพวกกา (magpie) ชนิดหนึ่ง นกชนิดนี้กินไม่เลือกแล้วยังชอบคาบสิ่งของต่าง ๆ แล้วพาบินไป (Halsted, 1968; Solyom et al., 1991; Moore and Sear, 1994; Eastwood, 1997; Rose et al., 2000) โดยทั่วไปแล้ว ไพกา หมายถึง การกินสิ่งที่ไม่ใช่อาหาร หรือมีความอยากอย่างรุนแรงที่จะกินสิ่งที่ไม่ใช่อาหารนั้น (Moore and Sear, 1994; Ziegler, 1997)

พฤติกรรมไพกานี้มีหลายรูปแบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้คำจากภาษากรีก "phagein" ซึ่งแปลว่า "การกิน" มาต่อท้ายในการระบุพฤติกรรมไพการูปแบบต่าง ๆ (Moore et al., 1994) เช่น geophagia คือการกินดิน, lithophagia การกินหินกินกรวด, stacthophagia การกินเถ้าบุหรี่ และ trichophagia คือการกินเส้นผม (Moore and Sear, 1994) ส่วนการกินแป้งดิบ ๆ เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี รวมทั้งข้าวดิบ จะใช้คำว่า amylophagy (Ward and Kutner, 1999) มีการตั้งสมมุติฐานหลายอย่างเพื่ออธิบายเหตุผลการมีพฤติกรรมไพกานี้ เช่น อาจเกิดจากการที่ร่างกายขาดธาตุบางอย่าง หรือเพราะความหิว หรือเป็นประเพณีความเชื่อดั้งเดิม และเพื่อป้องกันอาการคลื่นไส้ หรือแม้แต่เพื่อเรียกร้องความสนใจ Rose (1983) ได้เสนอความเห็นว่า เมื่อร่างกายขาดธาตุสังกะสี สมองจะรับรู้และสั่งให้สิ่งมีชีวิตนั้นเสาะแสวงหาสิ่งที่ขาดไปจากอาหารหรือแม้แต่จากสิ่งที่ไม่ใช่อาหารในสภาพแวดล้อม เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของร่างกาย นอกจากนี้ ยังพบความเชื่อมโยงระหว่างพฤติกรรม ไพกากับการขาดธาตุเหล็กอีกด้วย แต่ยังไม่รู้รายละเอียดที่ชัดเจนในความเชื่อมโยงนั้น (Boyle and Mackey, 1999)

คำว่า geophagia หรือ geophagy นี้ หมายถึง นิสัยการกินดินเหนียวและดินชนิดอื่น ๆ (Moore and Sears, 1994) ได้มีการบันทึกเกี่ยวกับการกินดินนี้มาตั้งแต่ศตวรรษที่ 13 ในยุคกรีกและโรมัน (Rose et al., 2000) แต่ผู้ที่กล่าวถึงคำว่า geophagy เป็นคนแรกคืออริสโตเติล ซึ่งเป็นนักปราชญ์ที่มีชื่อเสียง (Mahaney et al., 2000) Von Humboldt ได้เล่าไว้ในบันทึกการเดินทางไปอเมริกาใต้ของเขาในช่วงปี คศ. 1799-1804 เอาไว้ว่า ได้พบชนเผ่าโอโตแมค ซึ่งอาศัยอยู่ริมแม่น้ำโอริโนโกกินดินกันเป็นปกติ (Halsted, 1968; Abrahams, 1996) มีบันทึกเกี่ยวกับการกินดินในทุกพื้นที่ของโลก ทั้งในแง่ที่เป็นพฤติกรรมแปลกของแต่ละบุคคล หรือเป็นวัฒนธรรมความเชื่อของกลุ่มสังคมหนึ่ง ๆ (Reid, 1992)

พฤติกรรมการกินดินนี้พบได้ในหลายทวีป เช่น ทวีปอัฟริกา (Mahaney et al., 2000; Halsted, 1968; Abrahams and Parsons, 1996; Abrahams, 1997) ทวีปเอเชีย (Boyle and Mackey,

1999; Mahaney et al., 2000) ทวีปอเมริกา (Ziegler, 1997; Boyle and Mackey, 1999) ทวีปยุโรป (Ziegler, 1997) และทวีปออสเตรเลีย (Callahan, 2000) และในพื้นที่ของ Georgia Piedmont ตอนกลางก็พบการกินดินสอพองกันได้ทั่วไป (Grigsky et al., 1999) การกินดินพบได้เป็นปกติในประเทศด้อยพัฒนา ซึ่งยังมีประชากรจำนวนมากที่ยังยากจนและขาดสารอาหาร แต่การกินดินก็ไม่ได้จำกัดอยู่ในกลุ่มนี้เท่านั้น (Oliver, 1997) ในบทที่ 2 จะมีรายละเอียดเกี่ยวกับการกินดินเพิ่มเติม

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การทำวิจัยเกี่ยวกับการกินดินนี้ นับย้อนหลังไปได้เกือบยี่สิบปีมานี้เอง นักวิจัยได้พบพฤติกรรมกินดินในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ซึ่งรวมทั้งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก สัตว์เลื้อยคลาน ผีเสื้อ และพวกไอโซพอด (Diamond, 1999) นักวิทยาศาสตร์สนใจพฤติกรรมกินดินของมนุษย์ เพราะว่ายังไม่มีความชัดเจนเกี่ยวกับอิทธิพลและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และยังมีข้อโต้แย้งกันอยู่ว่า การขาดแร่ธาตุ เช่น เหล็ก แคลเซียมและสังกะสีทำให้เกิดอาการไพกา หรืออาการไพกามีผลทำให้เกิดการขาดแร่ธาตุ (Solyom et al., 1991; Boyle and Mackey, 1999) นอกจากนี้การกินดินยังก่อให้เกิดปัญหาทางการแพทย์หลายอย่างต่อสุขภาพของมนุษย์ ตัวอย่างเช่น การติดเชื้อพยาธิ (helminthiasis) (Abrahams, 1997) การขาดสารอาหาร การบาดเจ็บของฟัน (Federman et al., 1997) ปัญหาเกี่ยวกับท้องและความเป็นพิษจากแร่ธาตุในดิน เช่น พิษจากตะกั่ว และอาร์เซนิก (Ziegler, 1997) หรืออันตรายจากปรอทและฟอสฟอรัส (Federman et al., 1997) มากไปกว่านั้น แบคทีเรียบางประเภท สารกำจัดศัตรูพืช และนิวไคลด์กัมมันตรังมีที่มีอยู่ในดิน ก็มีผลต่อร่างกายมนุษย์ (Simon, 1997) การกินดินเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เด็กชาวอัฟริกันมีความเสี่ยงที่จะได้รับพยาธิ nematode เข้าไปทางปากด้วย (Glickman et al., 1999) ส่วนอาการไพกาที่อยากกินหัวไม้ขีดที่จุดแล้ว (cautopyreiophagia) ก็อาจทำให้เกิดอาการ hyperkalemia หรือมีปริมาณโปตัสเซียมสูงในกระแสเลือด (Cynthia et al., 2012)

มีความคิดที่แตกต่างกันอยู่ 2 กลุ่มเกี่ยวกับคำอธิบายสาเหตุของการเกิดอาการไพกา กลุ่มแรกเชื่อว่าการขาดแร่ธาตุ อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการไพกา นักวิจัยในกลุ่มนี้ ได้แก่ Abrahams และ Parsons (1997), Moore และ Sears (1994), Lanzkowsky (อ้างใน Abrahams และ Parsons, 1966; Simon, 1997), Feldman (อ้างใน Abrahams และ Parsons, 1997), Munoz และคณะ (1998), Shisslak และคณะ (1999) นักวิจัยเหล่านี้สนับสนุนความคิดที่ว่าการขาดธาตุอาหาร เช่น เหล็กและสังกะสีมีความสัมพันธ์กับการมีอาการไพกา Moore และ Sears (1994) ได้ย้ำว่าการขาดธาตุเหล็กเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นก่อนที่จะมีอาการไพกา ดังเช่นอาการไพกาที่อยากกินน้ำแข็ง (pagophagia) ก็ไม่ได้เป็นการกินที่ทำให้ได้แคลอรีมากขึ้น หรือไปทำให้การดูดซึมอาหารเสียหายแต่อย่างใด และอาการไพกาอยากกินน้ำแข็งนี้ ก็เป็นสิ่งที่พบกันได้มากด้วย กลไกที่การขาดธาตุเหล็กแล้วทำให้เกิดอาการไพกายังไม่เป็นที่ชัดเจน แต่การให้ธาตุเหล็กเสริมจะทำให้ความอยากกินของผู้ที่มีอาการไพกาหาย

ได้อย่างรวดเร็ว ก่อนได้รับการรักษาอาการโลหิตจางด้วยซ้ำไป Munoz และคณะ (1998) ได้เสนอเช่นเดียวกันว่า อาการไพกาน่าจะเป็นอาการที่เกิดตามมาจากการขาดธาตุเหล็กมากกว่าที่จะเป็นสาเหตุของการขาดธาตุเหล็ก

ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งนั้นเชื่อว่าอาการไพกาทำให้เกิดการขาดแร่ธาตุตามมา การกินดินจะทำให้เกิดการขาดแร่ธาตุโดยเฉพาะธาตุเหล็ก เนื่องมาจากอันตรกิริยาระหว่างแร่ธาตุในดิน (Boyle and Mackey, 1999) นักวิจัยบางคนเชื่อว่าการกินดินทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เพราะดินไปจับกับธาตุเหล็กในอาหาร ทำให้ร่างกายนำไปใช้ไม่ได้ การที่ดินเหนียวจับกับเหล็กได้เพราะวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของอนุภาคดินเหนียวนั่นเอง ตามปกติแล้วที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวในดินจะมีประจุลบ ซึ่งจะถูกสะเทินด้วยประจุบวกจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต กลไกดังกล่าวเรียกว่าการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงเชื่อกันว่าดินที่คนเรากินเข้าไปนั้นสามารถดูดซับแร่ธาตุบางอย่างเช่นเหล็กและสังกะสีได้ ทำให้นักวิจัยหลายคนสนับสนุนความคิดที่ว่าพฤติกรรมกินดินทำให้เกิดการขาดแร่ธาตุ

มีรายงานการวิจัยชิ้นหนึ่งที่เสนอแนะว่าวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนนี้อาจทำให้ร่างกายไม่สามารถดูดซึมโปตัสเซียมและปรอทได้ ซึ่งน่าจะเป็นกลไกเดียวกันที่ยับยั้งการดูดซึมและทำให้เกิดการขาดธาตุสังกะสี (Halsted, 1968) นอกจากนั้น ฮิวมัสหรือสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินยังยับยั้งการดูดซึมเหล็กในร่างกายคนได้ การกินดินที่มีฮิวมัสอยู่ด้วยจะทำให้เกิดการขาดธาตุเหล็ก และตามปกติแล้วการขาดธาตุเหล็กจะทำให้เกิดอาการโลหิตจางในคนเราได้ (Moynahan, 1979 อ้างใน Oliver, 1997)

ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาจำนวนมากที่พบว่าการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมกินดินของคน แต่ก็ยังไม่รู้รายละเอียดที่ชัดเจนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ดังกล่าว แต่ก็เป็นที่รู้กันดีอยู่แล้วว่าธาตุในปริมาณน้อย ๆ โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ ในบรรดาธาตุปริมาณน้อยต่าง ๆ ที่มีในร่างกายคนนั้น ธาตุเหล็กเป็นธาตุที่มีอยู่มากที่สุด ส่วนใหญ่ของธาตุเหล็กจะอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดแดง โดยเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบิน และยังเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์อีกหลายชนิด เช่น ไซโทโครม ซึ่งมีหน้าที่ในการขนส่งอิเล็กตรอน หรือเอนไซม์ออกซิเดสและออกซิเจเนส ซึ่งมีหน้าที่ในการกระตุ้นออกซิเจน หน้าที่สำคัญของเหล็กในร่างกายเกี่ยวข้องกับการขนส่งออกซิเจนในเลือดและกล้ามเนื้อ การขนส่งอิเล็กตรอนที่สัมพันธ์กับการเมตาบอลิสมของพลังงาน เช่น การถ่ายโอนพลังงานภายในเซลล์และไมโทคอนเดรีย และยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดเกี่ยวกับการเพิ่มจำนวนของเซลล์ การสร้างและการทำลายอนุมูลออกซิเจนและเปอร์ออกไซด์ ระบบการทำงานของฮอร์โมน และระบบภูมิต้านทานบางอย่าง

ส่วนธาตุสังกะสี เป็นธาตุปริมาณน้อยที่พบได้ทั่วไปในเนื้อเยื่อของคนและสัตว์ และมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์จำนวนมากในกระบวนการเมตาบอลิสม สังกะสีเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อเอนไซม์มากกว่าร้อยชนิด ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับคาร์โบไฮเดรท

การเมตาบอลิสมของพลังงาน การสังเคราะห์ การสลายโปรตีน การสังเคราะห์ฮีมทางชีวภาพ การขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ และปฏิกิริยาอีกหลายอย่าง จากความรู้ดังกล่าวนักวิจัยจำนวนมากจึงมีสมมุติฐานว่าการขาดแร่ธาตุเป็นสาเหตุของพฤติกรรมไพกา

ในประเทศไทยนั้น พบพฤติกรรมกินดินในหลายจังหวัด เช่น เพชรบูรณ์ พิษณุโลก นครราชสีมา และชัยภูมิ (Sriood และคณะ, 1999) ศรีสะเกษ (คมชัดลึก, 2001) ซึ่งที่ศรีสะเกษเป็นกรณีที่รู้จักกันแพร่หลายเพราะเป็นข่าวโดยสื่อหลายแขนงอยู่บ่อยครั้ง เพราะจังหวัดศรีสะเกษเป็นจังหวัดที่ประชาชนยากจนที่สุดของประเทศ ประชากรจำนวนมากโดยเฉพาะเด็กมีสภาพทุพโภชนาการ และเมื่อไหร่ก็ตามที่นักข่าวพบเรื่องราวที่น่าสนใจเกี่ยวกับเรื่องนี้ ก็มักจะทำให้เป็นข่าวพาดหัวอยู่เสมอ ชาวบ้านในจังหวัดศรีสะเกษกินดินด้วยเหตุผลหลายอย่าง เช่น กินดินเป็นยา กินดินตามความเชื่อของวัฒนธรรม หรือกินดินเป็นอาหารเมื่อไม่มีอะไรจะกิน ซึ่งสาเหตุหลังนี้ก็เป็นสิ่งที่พบกันอยู่ทั่วโลกสำหรับประเทศที่ยากจน เช่นที่ไฮติ ก็มีคุกกี้ดินจำหน่ายให้ประชาชนที่ไม่มีอะไรจะกินเช่นกัน ชาวบ้านส่วนใหญ่เชื่อว่าดินเป็นยาพื้นบ้านที่ใช้รักษาโรคภัยไข้เจ็บได้ และยังทำให้พวกเขามีสุขภาพดีด้วย ซึ่งความเชื่อลักษณะนี้ก็ส่งต่อกันมาจากรุ่นสู่รุ่น

ถึงแม้ว่าพฤติกรรมไพกานี้จะเกิดขึ้นอย่างกว้างขวางและเกี่ยวข้องกับปัญหาร้ายแรงทางสุขภาพ แต่ก็ยังไม่มีใครรู้แน่ชัด ถึงสาเหตุและผลที่ตามมา แม้แต่ในประเทศไทยเอง ก็มีข้อมูลไม่มากนักเกี่ยวกับพฤติกรรมการกินดิน จึงน่าสนใจที่จะทำวิจัยเกี่ยวกับการกินดินนี้ ในการศึกษาครั้งนี้ จะศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่ชาวบ้านในจังหวัดศรีสะเกษนำมากิน พารามิเตอร์ทางเคมีที่จะศึกษา ได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าพีเอชของดิน ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ และธาตุองค์ประกอบของดิน สำหรับธาตุองค์ประกอบของดินนั้นจะเป็นการวิเคราะห์เชิงกึ่งปริมาณ โดยใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น ส่วนการหาปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ จะเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ลักษณะทางกายภาพของดินไพกา (ดินที่นำมากิน) ที่จะศึกษา ได้แก่ สีของดิน ปริมาณความชื้นของดิน และปริมาณที่สูญหายไปหลังการเผา ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ อาจจะสนับสนุนข้อสมมุติฐานที่ว่าดินไพกาอาจเป็นแหล่งของแร่ธาตุ โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสีให้กับร่างกายของคน และยังเป็นข้อมูลเพิ่มเติมของพฤติกรรมกินดินในประเทศไทยอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของตัวอย่างดินไพกาที่ซื้อมาจากตลาด และดินไพกาจากแหล่งดินในหมู่บ้าน จังหวัดศรีสะเกษ

2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพบางอย่างของตัวอย่างดินไพกาดังกล่าว

3. เพื่อเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ที่ศึกษาระหว่างดินไพกาจากแหล่งทั้งสอง

1.3 ข้อสมมุติฐานของการวิจัย

ดินไพกา หรือดินที่กินได้นี้มีธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ (essential elements) โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสี

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

จะศึกษาเฉพาะตัวอย่างดินไพกาที่เก็บมาจากแหล่งที่ชาวบ้านระบุว่าเป็นแหล่งดินที่นำมากิน กับดินที่ซื้อจากตลาดสดเทศบาล จังหวัดศรีสะเกษ เท่านั้น

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ผลการทดลองจะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางเคมีของดินไพกาจากศรีสะเกษ คือ ค่าพีเอช วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ธาตุองค์ประกอบ ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายดูดซึมไปใช้ได้ และปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน

2. ผลการทดลองจะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพบางอย่างของดินไพกา เช่น สีและปริมาณที่หายไปหลังจากการเผา

3. ผลการทดลองอาจจะสนับสนุนข้อสมมุติฐานที่ว่า ดินอาจเป็นแหล่งของแร่ธาตุโดยเฉพาะเหล็กกับสังกะสีสำหรับมนุษย์

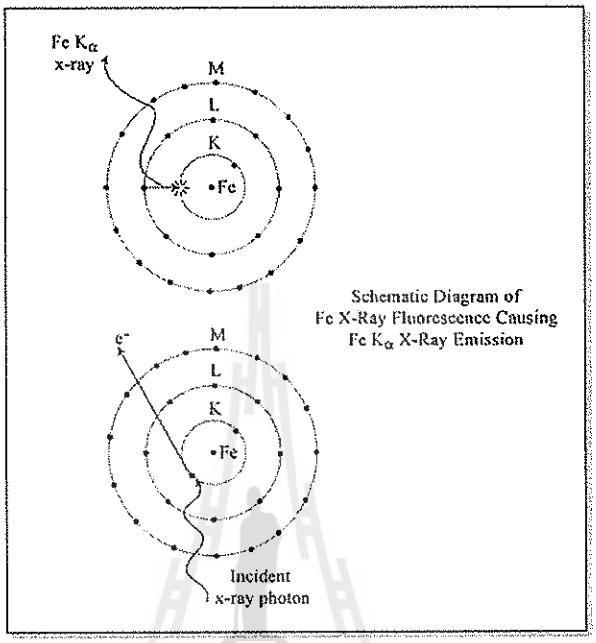
4. ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น หน่วยงานทางสาธารณสุข และผู้บริหารของจังหวัดศรีสะเกษ

1.6 เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น (Wavelength dispersive x-ray fluorescence, WDXRF)

เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ (x-ray fluorescence, XRF) เป็นเทคนิคทางสเปกโทรสโกปีที่ศึกษาเกี่ยวกับการปล่อยพลังงาน ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของธาตุแต่ละชนิด จึงเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของสารตัวอย่างทั้งในเชิงปริมาณและในเชิงคุณภาพ

เมื่อวัตถุได้รับแสงความยาวคลื่นสั้นเช่นรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมา อะตอมของวัตถุจะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนโดยปล่อยอิเล็กตรอนออกมาหนึ่งตัวหรือมากกว่าเมื่อรังสีเอกซ์และรังสีแกมมาที่ได้รับมีค่าพลังงานสูงกว่าค่าศักย์ของการแตกตัวเป็นไอออนของอะตอมนั้น รังสีเอกซ์และรังสีแกมมาจะมีพลังงานสูงมากพอที่จะผลักอิเล็กตรอนจากออร์บิทัลชั้นในของอะตอมซึ่งถูกจับยึดไว้อย่างแข็งแรงให้หลุดออกไปจากอะตอมได้ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของอะตอมไม่เสถียร อิเล็กตรอนในออร์บิทัลรอบนอกจะลงมาอยู่แทนที่อิเล็กตรอนชั้นในที่หลุดออกไป พร้อมทั้งคายพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของโฟตอน ซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างของระดับพลังงานของ

ออร์บิทัลที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ ทำให้วัตถุที่ได้รับรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมานั้นคายพลังงานออกมา ซึ่งเป็นค่าเฉพาะของอะตอมของวัตถุนั้น ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการดูดซึมรังสี ซึ่งมีค่าพลังงานที่กำหนด แล้วทำให้เกิดการคายพลังงานออกมาซึ่งมีค่าต่ำกว่าเดิม เรียกว่า ปรากฏการณ์ฟลูออเรสเซนส์



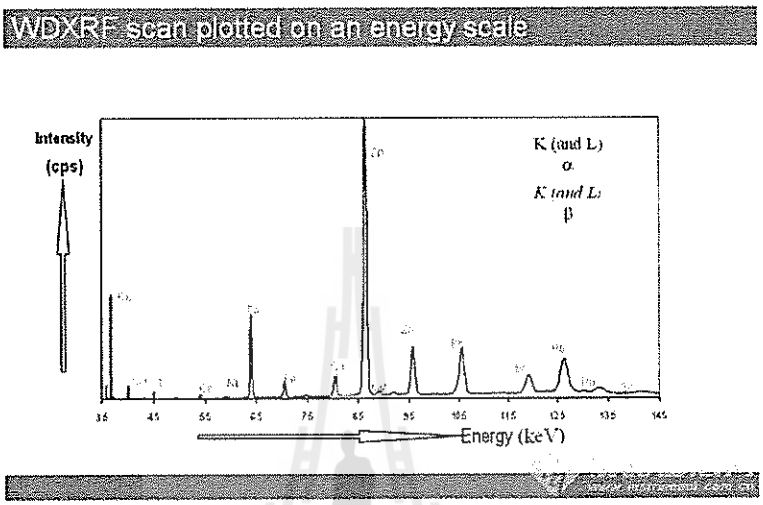
รูปที่ 1.1 ตัวอย่างการแทรนซิชันของอิเล็กตรอนในอะตอมของเหล็ก

ออร์บิทัลของอิเล็กตรอนในแต่ละธาตุนั้น จะมีค่าพลังงานเฉพาะตัว เมื่อโฟตอนพลังงานสูงจากแหล่งกำเนิดแสงปฐมภูมิทำให้อิเล็กตรอนวงในหลุดออกไปแล้วนั้น อิเล็กตรอนจากวงนอกก็จะเข้าไปแทนที่ ซึ่งวิธีการที่จะเข้าไปแทนที่นั้นจะถูกจำกัดตามกฎเกณฑ์ของควอนตัม ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1.1 การแทรนซิชันหลัก คือการแทรนซิชันของอิเล็กตรอนจากเชลล์ L ไปยังเชลล์ K หรือการแทรนซิชัน $L \rightarrow K$ ซึ่งปกติจะเรียกชื่อว่า K_α ส่วนการแทรนซิชันจาก $M \rightarrow K$ เรียกว่า K_β และ L_α คือการแทรนซิชันของอิเล็กตรอนจาก $M \rightarrow L$ การแทรนซิชันพวกนี้จะทำให้เกิดการปล่อยพลังงานส่วนเกินในรูปของเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ ซึ่งมีค่าพลังงานเป็นค่าเฉพาะของแต่ละธาตุ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว และค่าความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ทุติยภูมิที่เกิดขึ้นนี้ หาได้จากกฎของพลังค์ (Planck's Law) ดังนี้

$$\lambda = h.c/E$$

การวิเคราะห์ฟลูออเรสเซนส์ที่ได้ออกมา ทำได้โดยการหาค่าพลังงานของโฟตอน (การวิเคราะห์แบบกระจายพลังงาน ; energy dispersive analysis) หรือโดยการหาค่าความยาวคลื่นของ

การฟลูออเรส (การวิเคราะห์แบบกระจายคลื่น ; wavelength dispersive analysis) ก็ได้ ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์โดยวิธีใด สุดท้ายจะได้ว่าความเข้มของรังสีเฉพาะของธาตุ จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ซึ่งเป็นพื้นฐานของเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ทางเคมี รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของเส้นสเปกตรัมของการฟลูออเรสที่ได้จากการวิเคราะห์แบบกระจายคลื่น



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างสเปกตรัมของเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์จากการวิเคราะห์แบบกระจายคลื่น

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในเทคนิค XRF จะต้องให้โฟตอนที่มีพลังงานสูงมากพอที่ทำให้อิเล็กตรอนวงในของธาตุหลุดออกไปได้ ปกติจะใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ เช่น หลอดเอกซ์เรย์หรือเครื่องซินโครตรอน ซึ่งจะสามารถปรับค่าพลังงานในช่วง 20-60 kV ได้ ส่วนเครื่อง XRF ขนาดเล็กที่เคลื่อนย้ายได้ง่าย นิยมใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา ซึ่งได้จากธาตุกัมมันตรังสีบางชนิด

ในการวิเคราะห์แบบกระจายคลื่น ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในงานวิจัยนี้ รังสีเอกซ์ที่ฟลูออเรสออกมาจากธาตุในสารตัวอย่าง จะถูกกระจายเป็นรังสีเอกซ์ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน โดยใช้ diffraction grating monochromator ซึ่งปกติจะเป็นผลึกเดี่ยว (single crystal) โดยการเปลี่ยนแปลงมุมที่รังสีเอกซ์ตกกระทบผลึกและเปลี่ยนแปลงมุมของการสะท้อนบนพื้นผิวของผลึก จะทำให้เลือกรังสีเอกซ์ความยาวคลื่นเดียวได้ ความยาวคลื่นที่ได้จะเป็นไปตามสมการของแบรกก์

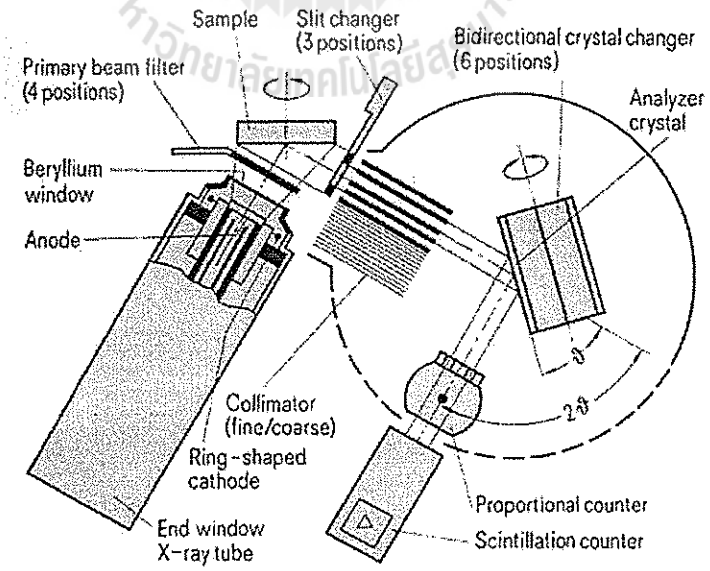
$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

เมื่อ d คือระยะห่างระหว่างชั้นของอะตอมที่ขนานกับพื้นผิวของผลึก

เมื่อได้รังสีเอกซ์ความยาวคลื่นเดียวจาก monochromator แล้ว จะผ่านรังสีนั้นไปยัง photomultiplier ซึ่งเป็นตัววัดลักษณะคล้าย Geiger counter ซึ่งจะนับแต่ละโฟตอนที่ผ่านเข้าไป แล้วทำให้แก๊สที่บรรจุอยู่ในตัววัดเกิดการแตกตัว ได้เป็นกระแสอิเล็กตรอน ซึ่งเมื่อนำไปขยายสัญญาณแล้ว จะได้เป็นข้อมูลออกมาเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อได้

กระบวนการเกิดฟลูออเรสเซนส์เป็นกระบวนการที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพนัก และรังสีเอกซ์ทุติยภูมิ (รังสีเอกซ์ที่ธาตุตัวอย่างคายออกมา) มีความเข้มน้อยกว่ารังสีเอกซ์ปฐมภูมิ (รังสีเอกซ์จากแหล่งกำเนิดแสง) มาก นอกจากนี้รังสีเอกซ์ทุติยภูมิจากธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมน้อยยังมีพลังงานค่อนข้างต่ำ มีความสามารถในการทะลุทะลวงได้น้อย และพลังงานจะลดต่ำลงอย่างมากเมื่อเดินทางผ่านอากาศ เพราะอากาศจะดูดซับรังสีเอกซ์บางส่วนไป ดังนั้น ในการวิเคราะห์ที่ต้องการสมรรถนะสูง ระบบจึงต้องอยู่ในสุญญากาศ ส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง XRF จึงต้องอยู่ในระบบสุญญากาศเป็นส่วนใหญ่ เครื่องมือจึงมีราคาค่อนข้างสูง แต่ถ้าเป็นการวิเคราะห์ที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพสูงมากนัก หรือถ้าสารตัวอย่างอาจถูกทำลายในสุญญากาศ (เช่น สารที่กลายเป็นไอได้) อาจใช้ระบบซึ่งมีบรรยากาศของฮีเลียมได้ แต่ก็ทำให้ความเข้มของรังสีเอกซ์ทุติยภูมิจากธาตุเบา ๆ สูญเสียไปได้บ้าง

เทคนิคการวิเคราะห์แบบ XRF นี้ เป็นการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายสารตัวอย่าง โดยหลักการแล้ว เบอริลเลียม (Be, เลขอะตอม 4) เป็นธาตุเบาที่สุดที่จะวิเคราะห์ได้ด้วยเทคนิค XRF แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องมือ และรังสีเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ของธาตุเบา ๆ ที่มีความเข้มต่ำ จึงเป็นการยากที่จะหาปริมาณของสารที่เบากว่าโซเดียม ซึ่งมี Z หรือเลขอะตอมเท่ากับ 11 ถ้าไม่มีการแก้ไขเกี่ยวกับรังสีพื้นหลัง และการแก้ไขเกี่ยวกับ interelement effect



รูปที่ 1.3 แผนภูมิของเครื่องมือ WDXRF

ในเครื่องมือ XRF ชนิดกระจายคลื่นนี้ รังสีเอกซ์ทุติยภูมิจากธาตุในสารตัวอย่างจะถูกหักเหด้วยผลึกเดี่ยวที่เหมาะสม ได้รังสีเอกซ์ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ก่อนที่จะทำการวัดด้วยตัวตรวจวัด ซึ่งอาจจะเป็นการวัดทีละความยาวคลื่น ซึ่งเป็นค่าความยาวคลื่นเฉพาะของธาตุที่สนใจ หรืออาจจะวัดหลายความยาวคลื่นในขณะเดียวกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องมือที่ใช้เป็นชนิด sequential spectrometer (วัดทีละความยาวคลื่น) หรือ simultaneous spectrometer (วัดได้ 15-20 ความยาวคลื่นในขณะเดียวกันได้)

ผลึกที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น ถ้าเป็นผลึกที่มีโครงสร้างง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน จะทำหน้าที่ในการหักเหแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนผลึกที่มีอะตอมหนัก ๆ อยู่ด้วย ถึงแม้จะทำให้หักเหแสงได้ดี แต่ในเวลาเดียวกันก็อาจเกิดการฟลูออเรส ซึ่งทำให้เกิดการแทรกสอดกับการฟลูออเรสของธาตุที่วิเคราะห์ ส่วนผลึกที่ละลายน้ำได้ ผลึกที่ระเหยกลายเป็นไอได้ หรือผลึกที่เป็นสารอินทรีย์มักจะไม่ค่อยมีความเสถียร ตัวอย่างของผลึกที่นิยมใช้กันได้แก่ lithium fluoride (LiF), ammonium dihydrogen phosphate (ADP), germanium (Ge), graphite, indium antimonide (InSb) เป็นต้น ผลึกแต่ละชนิดก็จะมีลักษณะของระนาบของอะตอมในผลึกที่ทำให้เกิดการหักเหแสงแตกต่างกัน ชนิดของระนาบ และระยะห่างระหว่างระนาบของอะตอมในผลึก ก็เป็นตัวบ่งชี้ว่าควรเลือกผลึกเดี่ยวชนิดใดในการวิเคราะห์ธาตุที่สนใจ

ในการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์นั้น เตรียมได้หลายแบบ อาจใช้แบบเป็นผง อัดให้เป็นเม็ดหรือหลอมรวมกับ fluxing reagent ให้เป็น glass bead ในงานวิจัยได้เลือกใช้วิธีหลัง เพราะการหลอมสารตัวอย่างให้ออกมาเป็น glass bead นั้น จะช่วยลดปัญหาในเรื่องความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของดินได้ เพราะความไม่เป็นเนื้อเดียวกันมีผลต่อการวิเคราะห์เป็นอย่างมาก

สำหรับ detector หรือตัววัดที่ใช้ในเครื่อง XRF ชนิดกระจายคลื่นนั้นจะต้องมีความสามารถจัดการกับพัลส์ (pulse) ได้เร็ว เพื่อที่จะนับโฟตอนที่เข้ามาในอัตราเร็วสูง ๆ ได้ และต้องมีความสามารถในการแยกได้ดี เพื่อกรองสัญญาณรบกวนจากพื้นหลัง ตลอดจนโฟตอนที่ไร้ทิศทางซึ่งมาจากรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ หรือที่มาจากการฟลูออเรสเซนส์ของผลึกเดี่ยวที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตัววัดที่นิยมใช้กัน มี 4 แบบคือ gas flow proportional counters, sealed gas detectors, scintillation counters และ semiconductor detectors

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

การกินดินเป็นพฤติกรรมที่ซับซ้อน เกี่ยวข้องกับวิชาการหลายด้าน เช่น ปฐพีศาสตร์ มานุษยวิทยา วิชาการทางการแพทย์ และธรณีเคมีสิ่งแวดล้อม จึงมีวารสารทางวิชาการและแหล่งค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้เป็นจำนวนมาก การศึกษาเอกสารเหล่านี้จะทำให้มีพื้นฐานเพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับ geophagy หรือ พฤติกรรมกินดินนี้ได้ดีขึ้น

พฤติกรรมกินดินพบได้ทั่วโลก ไม่เพียงแต่ในประเทศด้อยพัฒนาเท่านั้น แต่ยังพบได้แม้ในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมกินดินในหลายแง่มุม เช่น การกินดินในลักษณะเป็นอาหาร (Abrahams, 1996) ในแง่ของการกินเป็นยา (Abrahams and Parsons, 1996; Abrahams, 1997) การกินดินตามวัฒนธรรมความเชื่อ (Vermeer and Frate, 1979 อ้างใน Simon, 1998) นักวิจัยบางคนศึกษาดินไพกาทางเคมีและกายภาพ (Abrahams, 1997; Abrahams and Parsons, 1997; Aufreiter et al., 1997; Mahaney et al., 2000; Kikouama et al., 2009)

Halsted (1968) ได้เสนอแนะว่ามีทฤษฎีที่น่าเชื่อถือที่บอกว่า ผู้ที่กินดินนั้นเป็นไปโดยสัญชาตญาณในการเสาะแสวงหาสารอาหารโดยเฉพาะแร่ธาตุที่มีไม่เพียงพอในอาหารที่กิน ตัวอย่างเช่น มีผู้กินดินจำนวนมากเลือกที่จะกินดินเหนียวซึ่งมีปริมาณแคลเซียมอยู่สูง ซึ่งทำให้อธิบายเหตุผลที่สตรีมีครรภ์อาจมีความอยากจะกินดิน เรื่องราวลักษณะนี้ปรากฏในประวัติศาสตร์ หรือแม้แต่ในนวนิยายของไทย เช่นที่เคยกล่าวไว้ว่า เมื่อพระมารดาของสมเด็จพระนเรศวรฯ ทรงครรภ์นั้น ได้มีพระประสงค์จะเสวยดินใจกลางเมืองหงสาวดี หรือแม่พลอยในนิยายเรื่องสี่แผ่นดินก็มีความอยากจะกินดินสอพองเมื่อตั้งครรภ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลที่ชัดเจนที่จะยืนยันได้ว่า การกินดินเกิดขึ้นเนื่องจากอาหารมีแร่ธาตุบางอย่างไม่เพียงพอ Halsted ยังได้มีความเห็นอีกว่าพฤติกรรมกินดินมีความเป็นไปได้ที่จะเป็นผลมาจากสถานการณ์ดังนี้ : เด็กวัยทารกทุกคนจะสำรวจเรียนรู้สภาพแวดล้อมโดยการหยิบของใส่ปาก และจะทำเช่นนี้จนถึงอายุประมาณ 1 ปี 6 เดือน สำหรับชาวบ้านทั่ว ๆ ไปนั้น พื้นของบ้านก็คือพื้นดินว่าง ๆ ทำให้พฤติกรรมกินดินมีลักษณะเป็นสากล ตามปกติผู้ที่เป็นมารดาจะสามารถหยุดพฤติกรรมของทารกในการหยิบของแปลกปลอมใส่ปากได้ เมื่อทารกมีอายุประมาณ 1 ปี 6 เดือนดังกล่าว แต่ถ้ามารดาเป็นผู้กินดินเสียเองอาจจะเห็นว่าพฤติกรรมการหยิบดินใส่ปากของลูก ไม่มีความสำคัญแต่อย่างใด และอาจสนับสนุนเพราะเห็นว่าเป็นพฤติกรรมที่มีประโยชน์ หรือถ้าผู้เป็นแม่ต้องทำงานหรือไม่มีเวลาดูแลลูกเท่าที่ควร พฤติกรรมกินดินก็อาจดำเนินต่อไปจนกลายเป็นนิสัยได้

Hunter และ Kleine (1984) ได้วิเคราะห์ดินไพกาที่หญิงตั้งครรภ์แถบอเมริกากลางบริโภค และได้สรุปว่าการกินดินของหญิงมีครรภ์ จะทำให้ได้รับแร่ธาตุที่มีคุณค่า เป็นดั่งอาหารเสริม

เพิ่มขึ้นทีละน้อย อัตราเฉลี่ยของการกินเม็ดดินศักดิ์สิทธิ์ (holy clay tablet) จะเป็นการเพิ่มปริมาณที่มีประโยชน์ของธาตุแคลเซียม โปตัสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี คอปเปอร์ นิกเกิล แมงกานีส โคบอลต์ และเซเลเนียม ซึ่งล้วนแต่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์และพัฒนาการของตัวอ่อน Hunter และ Kleine ยังให้ความเห็นอีกว่าเม็ดดินสำหรับคนท้องในรูปของยาพื้นบ้านนั้น เปรียบเทียบได้กับตัวยาและอาหารเสริมของโลกตะวันตกนั่นเอง ทั้งนี้ก็เพราะความขาดแคลนอันเนื่องมาจากความยากจนและความด้อยโอกาสของประเทศที่ด้อยพัฒนา

ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดพิษและการเป็นแร่ธาตุเสริมของการกินดินนั้น Duquette (1991) ได้ศึกษาดินเหนียวที่ได้มาจากแหล่งโบราณคดีที่เคยเป็นที่อยู่อาศัยของ Homo erectus และ H. Sapiens ยุคแรก ๆ และดินไพกาอีก 7 ตัวอย่างจากอัฟริกา นักวิจัยพบว่า ดินตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มนั้นไม่มีความแตกต่างกันในแง่ของลักษณะแร่ธาตุ วิสัยสามารถในการกำจัดพิษ และปริมาณแร่ธาตุที่ร่างกายนำไปใช้ได้ ดินเหนียวจากอัฟริกาบางตัวอย่างให้ธาตุแคลเซียม คอปเปอร์ เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสีในปริมาณที่มีนัยสำคัญต่อการเป็นสารอาหารได้ เขาได้ใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ในการหาปริมาณธาตุทั้งหมดในดินไพกาและใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในการจำแนกชนิดของแร่ธาตุ ส่วนปริมาณแร่ธาตุที่ร่างกายนำไปใช้ได้จากดินไพกานั้น วิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

ในปี 1996 Mills (อ้างถึงใน Ziegler, 1997) ได้เสนอความเห็นว่า ในบางชุมชนนั้นการกินดินเหนียว ซึ่งมีวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้สูงในสภาวะการย่อยที่เป็นกรด จะทำให้ดินปลดปล่อยธาตุออกมาหลายชนิด ได้แก่ คอปเปอร์ เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะนับว่าเป็นอาหารเสริมที่คนกินเข้าไปและร่างกายนำไปใช้ได้ นอกจากนั้น ดินที่กินยังให้แร่ธาตุในกลุ่มแร่ธาตุปริมาณมาก (macromineral) ซึ่งอาจเป็นเหตุให้เกิดการกระตุ้นให้อยากกินดินได้

Geissler และคณะ (1997) ได้ศึกษาการกินดินของเด็กนักเรียนในเคนยาตะวันตก เขาพบว่ามีเด็กนักเรียนถึง 73% มีพฤติกรรมกินดิน โดยจะกินดินด้านนอกของจอมปลวก จากขอบทางเดินหรือทางน้ำไหล จากผนังของกระท่อม และยังกินหินซึ่งมีลักษณะคล้ายชอล์ค ซึ่งเป็นหินที่พบได้ในบริเวณนั้น ปริมาณเฉลี่ยของดินที่เด็กพวกนี้กินต่อวันอยู่ที่ 28 กรัม โดยปริมาณที่กินอยู่ในช่วง 8-108 กรัม

ในปี 1997 Abrahams ได้ศึกษาพฤติกรรมกินดินและการให้ธาตุเหล็กเสริมในยูกันดา เขาได้วิเคราะห์ดินไพกาทั้งทางเคมีและกายภาพ โดยวิเคราะห์สี แร่ธาตุองค์ประกอบ ค่าพีเอช ปริมาณคาร์บอเนต ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณทั้งหมดของแคลเซียม โซเดียม แมงกานีส โปตัสเซียม ตะกั่ว สังกะสี คอปเปอร์และเหล็ก และยังวิเคราะห์ปริมาณที่ร่างกายนำธาตุเหล่านี้ไปใช้ได้อีกด้วย โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ Abrahams ได้ให้ความเห็นว่า ในบรรดาประเทศยากจนเช่นยูกันดา ซึ่งอาจจะไม่สามารถหายาแผนปัจจุบัน หรือถ้า

หาได้ก็มีราคาแพงเกินกว่าที่จะซื้อหามาใช้ได้นั้น การกินดินอาจเป็นหนทางหนึ่งที่มีความสำคัญในการให้แร่ธาตุเสริม เพื่อสุขภาพของประชากร ถ้าหากมีการกินอย่างถูกต้องและสมเหตุผล

Abrahams และ Parsons (1997) ได้ศึกษาคุณค่าของดินไพกาจาก 3 แหล่งในประเทศเขตร้อน ได้แก่ ดินจากประเทศไทย ยูกันดา และซาอีร์ (Zaire) ดินไพกาจากประเทศไทย เป็นดินที่หญิงชนเผ่าอาข่าทางตอนเหนือของประเทศ กินในช่วงตั้งครรภ์ ในระหว่างการมีประจำเดือน และในช่วงการคลอดลูก ดินตัวอย่างได้มาจากหมู่บ้านซึ่งอยู่ใกล้ชายแดนไทย-พม่า ส่วนดินตัวอย่างจากยูกันดาและซาอีร์นั้นซื้อมาจากตลาดข้างทางในเมือง Kampala และเมือง Mudake ตามลำดับ ดินจากยูกันดาจะถูกห่อไว้ด้วยเอกสารโฆษณาสรรพคุณทางยา ตัวอย่างเช่น ใช้รักษาโรคภัยไข้เจ็บได้หลายชนิด รวมทั้งอาการไอ ท้องเสีย โรคผิวหนัง การได้รับพิษ และการเป็นอัมพาต ดินจากประเทศซาอีร์อยู่ในสภาพที่ถูกอบมาแล้ว ก่อนกินจะต้องนำมาบดเสียก่อน และเชื่อกันว่าดินไพกาจะช่วยลดการเจ็บป่วยต่าง ๆ ได้ เช่น การกินดินไพกาวันละครึ่งช้อนชาติดต่อกัน 4 วัน จะช่วยรักษาโรคฝีดาษได้ นักวิจัยได้ศึกษาสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างดิน สมบัติทางกายภาพที่ศึกษาคือ สี และลักษณะผิวสัมผัส สมบัติทางเคมีที่ศึกษาคือ ค่าพีเอช ปริมาณสารอินทรีย์ วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และปริมาณธาตุที่ร่างกายนำไปใช้ได้ซึ่งธาตุที่วิเคราะห์ได้แก่ แคลเซียม คอปเปอร์ เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีสและสังกะสี ธาตุกลุ่มนี้ใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี ส่วนธาตุโปตัสเซียมและโซเดียมใช้เทคนิคเฟลมโฟโทเมทรี และใช้เทคนิควิสิเบิลสเปกโทรโฟโทเมทรีในการหาปริมาณฟอสฟอรัส นักวิจัยได้สรุปว่า สำหรับธาตุเหล็กนั้น การกินดินจะทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารชนิดนี้ได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังให้ความเห็นอีกว่า พฤติกรรมกินดินทำให้เกิดความเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างเคมีธรณีของดินกับสุขภาพของมนุษย์

ในปี 1997 Aufreiter และคณะ ได้ศึกษาเคมีธรณีและแร่ธาตุของดินไพกาที่คนเอามากินจาก 3 ทวีป ตัวอย่างดินได้มาจากประเทศจีน สหรัฐอเมริกา และซิมบับเว ดินไพกาจากจีนเป็นดินที่กินในช่วงเวลาของความอดหยาก ดินจากสหรัฐอเมริกาเป็นดินที่กินเพื่อประโยชน์ทางสุขภาพโดยทั่วไป ส่วนดินจากซิมบับเวเป็นดินที่ใช้เป็นยาในการรักษาอาการท้องร่วง นักวิจัยได้ศึกษาขนาดของอนุภาคดิน สี แร่ธาตุองค์ประกอบ และได้ใช้เทคนิคนิวตรอนแอกทิเวชันในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุทั้งหมด (macro elements, trace elements, rare earth elements) ส่วนการจำแนกชนิดของแร่ธาตุนั้นใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้นของธาตุและปริมาณแร่ดินเหนียวตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้บริโภค

วารสารปริทรรศน์เกี่ยวกับการกินดินของ Simon (1998) ได้เสนอแนะว่าเรื่องของจิตใจและวัฒนธรรมความเชื่อมีความเชื่อมโยงกับพฤติกรรมกินดิน ตัวอย่างของสภาพทางจิตที่ถูกเชื่อมโยงกับการกินดิน ได้แก่ สภาวะปัญญาอ่อน (Kanner, 1984 อ้างใน Simon, 1998) นิสัยหรือความเคยชิน (Halsted, 1968) อารมณ์ปรวนแปรจากการถูกทอดทิ้ง ไม่ได้รับการเอาใจใส่ (Cooper, 1957 อ้าง

ใน Simon, 1998) การคงอยู่ของพฤติกรรมการหยิบของใส่ปากของทารก (Robischon, 1971 อ้างใน Simon, 1998) และประเพณีวัฒนธรรม (Vermeer and Frate, 1979 อ้างใน Simon, 1998) การกินดินนั้น ในบางครั้งพบว่ามีความเชื่อมโยงกับสังคมที่ค่อนข้างล้าหลัง ดังเช่นที่ Bateson และ Lebroy ได้กล่าวถึงการกินดินของชนเผ่าอะบอริจินในออสเตรเลีย (Bateson and Lebroy, 1987 อ้างใน Simon, 1998) ซึ่งมีรายงานว่ามีถึง 11 ราย ที่กินดินขาวในปริมาณมาก จนทำให้ลำไส้อุดตัน หรือบางรายถึงกับลำไส้ทะลุ ส่วนวัตถุประสงค์ในการกินดิน เชื่อว่าเพื่อช่วยรักษาอาการปวดท้องและอาการท้องร่วง หรือป้องกันพิษจากปลาบางชนิด นอกจากนั้น ชนเผ่าอะบอริจินยังกินดินเหนียวเพื่อประทังความหิว หรือเพื่อรักษาการติดเชื้อพยาธิปากขอ หรือในบางครั้งอาจมีการกินดินในช่วงการเฉลิมฉลองต่าง ๆ เมื่อมีการใช้ดินเหนียวเป็นสีทาร่างกาย

ในปี 1998 Geissler และคณะ ได้ศึกษาพฤติกรรมกินดินกับสถานะการขาดธาตุเหล็กและการเป็นโรคโลหิตจางของเด็กชั้นประถมในประเทศเคนยาตะวันตก โดยใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโทเมทรี ในการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก สังกะสี และอะลูมิเนียม เขาได้พบว่าการขาดธาตุเหล็ก และอาการโลหิตจางสัมพันธ์กับพฤติกรรมกินดิน แต่มีเพียงความเข้มข้นของเฟอริทินในซีรัมเท่านั้นที่ขึ้นอยู่กับการกินดินใน regression model ที่ใช้ศึกษา ผลการทดลองยังพบว่า ดินที่กินนั้นทำให้เด็กที่กินดินได้รับธาตุเหล็กโดยเฉลี่ย 4.7 มิลลิกรัม ซึ่งปริมาณดังกล่าวเทียบเท่ากับ 32% ของปริมาณสารอาหารที่แนะนำ (RNI ; Recommended Nutrient Intake) สำหรับเด็กหญิง และ 42% ของปริมาณที่แนะนำสำหรับเด็กชาย

Geissler และคณะ ได้ศึกษาต่อในปี 1999 และพบว่า 73% ของหญิงมีครรภ์ในประเทศเคนยา กินดินกันเป็นประจำ โดยกินดินจากผนังกระท่อม และปริมาณเฉลี่ยที่กินคือ 41.5 กรัม และยังพบว่าการกินดินนั้นนอกจากจะเป็นพฤติกรรมอันเนื่องมาจากความเชื่อแล้ว ยังเป็นการปฏิบัติตามวัฒนธรรมที่ยึดมั่นกันอีกด้วย

ในปี 2000 Smith และคณะ ได้ศึกษาปริมาณธาตุที่ร่างกายนำไปใช้ได้ทั้งธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย และธาตุปริมาณน้อยที่อาจเป็นพิษ โดยใช้ตัวอย่างดินไพกาจากเขตร้อน คือจาก Mukono ในประเทศยูกันดา เพราะเคยมีข้อเสนอแนะว่าโรคหัวใจบางโรค (Endomyocardial fibrosis, EMF) ซึ่งพบได้บ่อยในเขตร้อนรวมทั้งบางพื้นที่ของยูกันดาด้วยนั้น อาจมีความสัมพันธ์กับปริมาณ Ce ที่เพิ่มขึ้นในอาหาร และปริมาณ Mg ในอาหารที่มีไม่เพียงพอ ซึ่งในยูกันดานั้นปริมาณของธาตุทั้งสองในอาหารจะแตกต่างกันไป ตามลักษณะธรณีเคมีของดินในท้องที่ และขึ้นกับลักษณะการกินอาหาร ซึ่งรวมถึงพฤติกรรมการกินดินด้วย ธาตุที่นักวิจัยศึกษาได้แก่ Ce ธาตุที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย 2 ตัวคือ Mg, Fe และธาตุปริมาณน้อยอื่น ๆ ผลการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของธาตุปริมาณน้อยในดินตัวอย่างจากพื้นที่ มีความแตกต่างค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่นำมากิน (ดินจอมปลวกและดินที่นำมาเป็นยา) ค่าร้อยละมัธยฐานของปริมาณที่ร่างกายนำไปใช้ได้ มีดังนี้ Ce 1-15%, Mg 7-33%, Fe 0.1-2.9% ส่วนธาตุปริมาณน้อยอื่น ๆ แตกต่างกันมาก

แต่ก็ยังมีปริมาณในดินที่เป็นยาที่นำมากินสูงกว่าดินโดยทั่วไป และมีเพียงเหล็กเท่านั้นที่เมื่อมีการกินดิน จะทำให้ร่างกายได้รับธาตุที่จำเป็นนี้ในสัดส่วนที่มากพอสมควร เมื่อเทียบกับปริมาณเหล็กที่แนะนำให้ร่างกายได้รับในแต่ละวัน ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ Ce, Mg ในอาหารที่กินเข้าไปและร่างกายนำไปใช้ได้ทำให้ข้อเสนอแนะที่ว่าธาตุทั้งสองมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดโรคหัวใจ EMF ลดความสำคัญลง เพราะตามข้อเสนอแนะดังกล่าวได้อนุโลมว่าร่างกายสามารถนำธาตุทั้งสองไปใช้ได้ 100%

ในปี 2003 Nihito และคณะ ได้ใช้วิธีการทางสถิติศึกษาผลของธาตุเหล็กและอาหารเสริมแร่ธาตุปริมาณน้อยหลายชนิด ที่มีต่อพฤติกรรมกินดินเป็นระยะเวลา 11 เดือน โดยมีตัวอย่างเป็นเด็กนักเรียน 406 คน จากเมือง Lusaka ประเทศแซมเบีย เด็กนักเรียนมีอายุเฉลี่ย 10.2 ปี เป็นเด็กหญิง 212 คน เด็กชาย 194 คน เด็กนักเรียน 74.4% (เด็กหญิง 80.2% เด็กชาย 67.7%) มีพฤติกรรมกินดินโดยเฉลี่ยกินวันละ 25.2 กรัม คณะนักวิจัยพบว่า เด็กที่กินดินมีปริมาณซีรัมเฟอริทินต่ำกว่าเด็กที่ไม่กินดิน แต่ปริมาณฮีโมโกลบินไม่แตกต่างกัน ส่วนด้านการติดเชื้อพยาธินั้น พบว่า ในกลุ่มเด็กที่มีปริมาณฮีโมโกลบินน้อยกว่า 130 g/l นั้น เด็กที่กินดินมีการติดเชื้อพยาธิมากกว่าเด็กที่ไม่กิน ในการติดตามผลภายหลัง 10 เดือน ซึ่งมีเด็กเพียง 54% เท่านั้นที่ได้รับการตรวจวัด พบว่าการกินดินลดลงจาก 74.4% เป็น 51.6% และปริมาณดินที่กินในแต่ละวันก็ลดลงจาก 25.3 กรัมเป็น 15.0 กรัม ในการศึกษายังพบว่า การให้อาหารเสริมที่ไม่มีธาตุเหล็กอยู่ด้วยนั้น ลดพฤติกรรมการกินดินได้มากกว่าการให้ธาตุเหล็กเป็นอาหารเสริม ส่วนการให้อาหารเสริมจำพวกแร่ธาตุปริมาณน้อยต่าง ๆ ไม่มีผลใด ๆ ต่อพฤติกรรมกินดิน หรือปริมาณดินที่กิน พฤติกรรมกินดินมีอยู่อย่างแพร่หลายและเกี่ยวข้องกับการขาดธาตุเหล็ก แต่เมื่อให้ธาตุเหล็กเสริมกลับไม่มีผลต่อพฤติกรรมกินดินแต่อย่างใด พฤติกรรมกินดินอาจเป็นการเลียนแบบของเด็กถ้ามีญาติพี่น้องกินดินอยู่แล้ว คณะนักวิจัยพบว่าสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า การให้ธาตุเหล็กเป็นอาหารเสริมจะช่วยลดพฤติกรรมการกินดินและปริมาณดินที่กิน ไม่เป็นความจริง คณะนักวิจัยจึงไม่เห็นด้วยกับสมมุติฐานที่มีมาก่อนหน้านี้ที่ว่า พฤติกรรมกินดินเป็นผลมาจากการขาดธาตุเหล็ก แต่ในทางกลับกัน พฤติกรรมกินดินทำให้เกิดสภาวะขาดธาตุเหล็กมากกว่า เพราะดินจะไปรบกวนการดูดซึมธาตุเหล็กของร่างกาย

ในปี 2005 คณะแพทย์กลุ่มหนึ่ง (Adrian Kettaneh, MD. et al.) ได้ศึกษาคนไข้ ซึ่งมีอาการโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุเหล็ก จำนวน 79 คน ว่ามีอาการไพกาและมีความอยากอาหาร (food craving) อื่น ๆ อย่างรุนแรงหรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม กรณีที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นสตรีและกำลังตั้งครรภ์อยู่ 40% พบว่าคนไข้ที่มีอาการโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุเหล็ก 35 คน (44%) กินสิ่งที่ไม่ใช่อาหารโดยเฉพาะดินเหนียวและน้ำแข็งเป็นประจำ เปรียบเทียบกับ 7% ของกลุ่มควบคุม ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในเรื่องของความอยากอาหารอื่น ๆ และในกลุ่มของคนไข้ที่มีอาการโลหิตจาง เนื่องจากขาดธาตุเหล็กนั้น อาการไพกาพบได้มากกว่าในคนไข้ที่ไม่ได้เป็นคนยุโรป (55%) ในขณะที่คนยุโรปพบเพียง 6% สาเหตุที่ทำให้มีการขาดธาตุเหล็กมีหลาย

สาเหตุ เช่น มีอาการเลือดออกเรื้อรัง กำลังตั้งครรภ์ เป็นพวกมังสวิรัติ มีความผิดปกติในการดูดซึมธาตุเหล็ก คณะวิจัยได้สรุปว่าอาการไพกาเป็นพฤติกรรมที่พบได้บ่อยโดยสัมพันธ์กับการขาดธาตุเหล็กและเกี่ยวข้องกับประเพณีความเชื่อถือของกลุ่มเชื้อชาติ แต่ความอยากอาหารอื่น ๆ อย่างรุนแรงไม่เกี่ยวข้องกับอาการโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุเหล็ก และไม่เกี่ยวข้องกับเชื้อชาติหรือประเพณีความเชื่อ

ในปี 2006 Arahams และคณะได้ประเมินประโยชน์ของการกินดินของกลุ่มสตรีเอเชียในสหราชอาณาจักร และโอกาสที่จะได้รับพิษจากตะกั่ว คณะวิจัยได้ซื้อดินจากร้านของชาวเอเชีย ซึ่งเป็นดินที่นำเข้าจากเบงกอลมา 2 ตัวอย่าง และได้จำลองสภาวะของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและลำไส้เล็กของมนุษย์ เพื่อดูปริมาณแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินที่ร่างกายนำมาใช้ได้ นักวิจัยพบว่า ถึงแม้ว่าปริมาณเหล็กที่ร่างกายนำมาใช้ได้จะมีปริมาณต่ำ แต่ปริมาณดินตัวอย่างแรก ที่กินนั้นจะให้เหล็กถึง 41-54% ของปริมาณที่ร่างกายของสตรีอายุ 15-18 ปีต้องการ ส่วนอีกตัวอย่างหนึ่งนั้น จะให้เหล็กกับร่างกายถึง 90-119% นอกจากนี้ในดินยังมีปริมาณ Ca, Cu และ Mn มากพอสมควรอีกด้วย แต่ก็ยังต้องมีงานวิจัยต่อไป เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ที่ผู้ที่กินดินอาจได้รับพิษจากตะกั่ว

ในปี 2008 Sabri Herguner และคณะได้เขียนจดหมายรายงานกรณีศึกษาเด็กชายอายุ 10 ปี ซึ่งมีพฤติกรรมไพกา โดยมีความต้องการแบบไม่สามารถห้ามใจได้ที่จะกินเส้นใยของพรมและเส้นใยของผ้ามาเป็นเวลามากกว่า 5 ปี และต้องเข้ารับการรักษาหลายครั้งด้วยอาการเจ็บท้อง และได้พบว่าเด็กชายมีอาการโลหิตจางเนื่องจากขาดธาตุเหล็ก เมื่อได้ให้ธาตุเหล็กเสริมปริมาณ 6 mg/kg เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าปริมาณเหล็กกลับมาอยู่ในช่วงปกติ แต่พฤติกรรมไพกายังคงอยู่ จึงได้ตรวจเช็คเกี่ยวกับสภาพจิตและวินิจฉัยว่า เด็กชายมีอาการของ Obsessive-Compulsive Disorder (OCD) และมีพฤติกรรมไพกาตามที่กำหนดไว้ใน Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM) และยังพบว่าบิดา-มารดาและพี่สาวของเด็กชายต่างมีความผิดปกติด้วยเช่นกัน คือบิดาถูกวินิจฉัยว่าเป็น OCD มารดามีอาการของ Generalized Anxiety Disorder และพี่สาวซึ่งเคยกินดินตอนเด็กก็มีปัญหาเกี่ยวกับ Conversion Disorder เด็กชายได้รับการรักษาด้วยยา fluoxetine ซึ่งทำให้อาการไพกาของเด็กชายค่อย ๆ ลดลงภายใน 6 สัปดาห์ ดังนั้นพฤติกรรมไพกาในบางกรณีอาจเป็นอาการส่วนหนึ่งของ Obsessive-Compulsive Spectrum Disorder (OCSD) เพราะอาการจะหายได้โดยการกินยา fluoxetine โดยที่ให้ธาตุเหล็กเสริมไม่สามารถรักษาให้หายได้

J.R. Odilon Kikouama และคณะ (2009) ได้ศึกษาดินเหนียวที่กินได้ทางเคมีและกายภาพตลอดจนการปลดปล่อยแร่ธาตุปริมาณน้อยของดินเหนียวนั้นด้วย คณะวิจัยได้ศึกษาดินเหนียวที่กินได้ 7 ตัวอย่าง จากอัฟริกาตะวันตก (Ivory Coast, Guinea และ Senegal) โดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ การศึกษาโดยใช้เทคนิคทางความร้อน (DTA, TGA และ DSC) และศึกษาทางเคมีโดยใช้เทคนิค ICP-MS และ ICP-OES และยังได้วัดพื้นที่ผิวจำเพาะและความหนาแน่นอีกด้วย

พบว่าสารประกอบหลักในดิน คือ kaolinite, illite, muscovite, quartz และ feldspars ส่วนแร่ธาตุที่ดินเหนียวปลดปล่อยออกมาได้ เช่น Al, Fe, Ti และ Zn ในตัวกลางที่เป็นกรดซึ่งมี pH~1.8

ในปี 2010 Faustina และคณะ ได้ศึกษาสถานภาพของพฤติกรรมไพกาของสตรีมีครรภ์ในเมือง Kumasi ประเทศ Ghana โดยใช้วิธีสัมภาษณ์เพื่อดูการกระจายของพฤติกรรมไพกา รูปแบบของไพกา อิทธิพลของการศึกษา ตลอดจนท้องถิ่นที่อาศัย (ชนบทหรือในตัวเมือง) คณะวิจัยได้สุ่มตัวอย่างสตรีมีครรภ์มา 400 คน และได้พบว่า 47% ของตัวอย่างมีพฤติกรรมไพกา โดยมี 41% กินน้ำแข็ง (pagophagia) 29.8% กินดิน (geophagia) 7.4% กินแป้ง (amylophagia) 6.4% กินตะกั่ว (plumbophagia) และ 3.7% กินเส้นผม (trichophagia) สตรีมีครรภ์ที่อยู่ในเขตชนบท 47.7% มีพฤติกรรมไพกา ในขณะที่ 46.4% ของสตรีมีครรภ์ในตัวเมืองมีพฤติกรรมดังกล่าว อายุและระดับการศึกษาไม่มีผลใด ๆ ต่อพฤติกรรมไพกา และยังพบอีกว่า 17.4% ของผู้ตอบคำถามมีสมาชิกในครอบครัวที่มีพฤติกรรมไพกาด้วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

3.1.1 การสำรวจข้อมูล

ในช่วงต้นของการวิจัย ได้สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการกินดินของชาวบ้านในจังหวัดศรีสะเกษ โดยเบื้องต้นได้เข้าพบและสัมภาษณ์ คุณโกสินทร์ เกษทอง ซึ่งเป็นผู้ว่าราชการจังหวัดศรีสะเกษในขณะนั้น ซึ่งได้ให้ข้อมูลว่าปัจจุบันไม่มีชาวบ้านคนไหนกินดินอีกแล้ว แต่ก็ได้ประสานให้ผู้วิจัยไปสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขของจังหวัด และนายอำเภอปรางค์กู่ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีข่าวการกินดินของชาวบ้านและเด็กตามสื่อต่าง ๆ บ่อยครั้ง (Komchadluek, 2001)

ข้อมูลจากเจ้าหน้าที่สาธารณสุขทำให้ทราบว่า อาจจะหาซื้อดินที่ชาวบ้านกินได้จากตลาดในตัวจังหวัด นอกจากนี้ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขยังได้นำตัวบุคลากรของหน่วยงานซึ่งเป็นผู้ที่เคยกินดินมาให้ข้อมูลเพิ่มเติม เจ้าหน้าที่ผู้นั้นเล่าว่า ได้กินดินในระหว่างการตั้งครรภ์ หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ไปสำรวจตลาดสดของเทศบาล พบว่ามีการขายดินที่นำมาปั้นเป็นแผ่นกลมแบน มีลักษณะเป็นดินเหนียว เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว และหนาประมาณครึ่งนิ้ว (รูปที่ 3.1) จากการสอบถามผู้จำหน่าย ทราบว่าเป็นดินที่มาจากบ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ ซึ่งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดศรีสะเกษ เมื่อผู้วิจัยเดินทางไปยังบ้านยางกุด พบว่าเป็นหมู่บ้านที่เรียกชื่อตัวเองว่า หมู่บ้านดินดำน้ำชุ่ม เมื่อสอบถามเกี่ยวกับดินที่มีจำหน่ายในตลาดสดเทศบาล ชาวบ้านจึงพาไปยังแหล่งที่ขุดดินขึ้นมาขาย ซึ่งเป็นดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียวสีดำ และอยู่ในแอ่งน้ำ (รูปที่ 3.2) ส่วนการลงพื้นที่ที่อำเภอปรางค์กู่นั้น นายอำเภอได้พาไปที่บ้านบ่อ ตำบลหนองเชียงทูน ซึ่งเป็นแหล่งต้นตอของข่าวเด็กกินดินที่ปรากฏในสื่อ ได้พบและพูดคุยกับหญิงชาวบ้านสูงอายุ ซึ่งเมื่อนำดินแผ่นที่ซื้อมาจากตลาดสดเทศบาลให้ดู ชาวบ้านก็ได้ขอไป และยังสาธิตการกินดินให้ดูด้วย โดยการนำไปปิ้งบนเตาถ่านก่อนกิน (รูปที่ 3.3) หลังจากนั้น ชาวบ้านได้พาไปเก็บตัวอย่างดิน ในบริเวณที่เขาขุดมากินกัน เป็นดินที่เรียกว่า ดินทาม อยู่บริเวณริมห้วยในทุ่งนา (รูปที่ 3.4) เมื่อชิมดูจะมีรสเปรี้ยว ๆ มัน ๆ ชาวบ้านบอกว่าถ้านำไปเผาก่อนจะมีกลิ่นหอมทำให้น่ากินมากขึ้น จากการสอบถามชาวบ้านในหมู่บ้าน ทำให้ทราบว่าบางคนกินดินเพื่อช่วยให้สร่างเมา ส่วนเด็ก ๆ คงชอบกินเพราะมีรสเปรี้ยว ๆ มัน ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.1.2 การเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษา

ตัวอย่างดินจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ตัวอย่างดินที่ซื้อมาจากตลาดสดเทศบาลในตัวจังหวัดศรีสะเกษ และตัวอย่างดินที่เก็บจากการลงพื้นที่ โดยมีทั้งหมด 4 ตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่าง 1, 2 จากตลาดสดเทศบาล จากผู้จำหน่าย 2 ราย ตัวอย่างละประมาณ 2 กิโลกรัม ในราคาแผ่นละ 50 สตางค์

ตัวอย่าง 3 เป็นตัวอย่างดินจากบ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ อำเภอเมือง โดยการว่าจ้างให้ชาวบ้านลงไปขุดมาให้ประมาณ 2-3 กิโลกรัม

ตัวอย่าง 4 เป็นตัวอย่างดินจากบ้านบ่อ ตำบลหนองเชียงทูน อำเภอปรางค์กู่ โดยผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้ขุดเก็บตัวอย่างดินประมาณ 2-3 กิโลกรัม

ผู้วิจัยเข้าใจว่าตัวอย่าง 1, 2 น่าจะมีแหล่งที่มาจากบ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ อำเภอเมือง เพียงแต่เก็บไว้เป็นเวลานานกว่าเท่านั้น

รูปที่ 3.1 ดินที่ขายกันอยู่ในตลาดสดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

รูปที่ 3.2 แหล่งเก็บตัวอย่างดิน บ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

รูปที่ 3.3 ชาวบ้านสาธิตการกินดิน

รูปที่ 3.4 แหล่งขุดดินทาม บ้านบ่อ ตำบลหนองเชียงทูน อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ

ตัวอย่างดินทั้งหมดทั้งที่ซื้อจากตลาดสดและที่ขุดมา จะเก็บไว้ในถุงพลาสติก และเก็บไว้ในตู้เย็นที่ 4°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์ รูปที่ 3.5 เป็นแผนที่แสดงพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างดิน

3.1.3 การเตรียมอุปกรณ์เครื่องแก้วและพลาสติกที่ใช้ในงานวิจัย

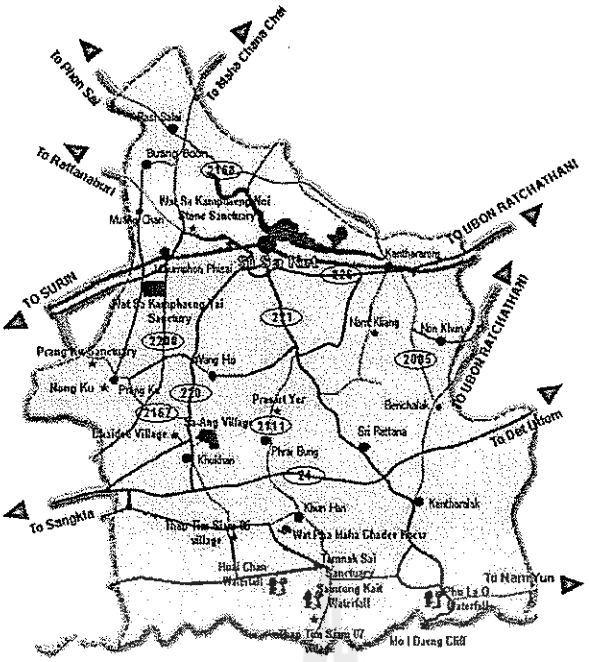
อุปกรณ์เครื่องแก้วและพลาสติกที่ใช้ในการศึกษาเรื่องปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำมาใช้ได้ และที่ใช้ในการศึกษาหาวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ต้องผ่านการทำความสะอาดค่อนข้างพิเศษ หลังจากการกลั้วล้างให้สะอาดแล้ว จะนำเครื่องแก้วไปแช่ในสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 10% โดยปริมาตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนภาชนะพลาสติกจะแช่ในสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นกัน และก่อนนำมาใช้งาน ต้องกลั้วล้างเครื่องแก้วและภาชนะพลาสติกให้สะอาดด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

3.1.4 การเตรียมตัวอย่างดินสำหรับการวิเคราะห์

เตรียมตัวอย่างดินตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและน้ำของ Lagen (1996) หลังจากนั้นลดปริมาณของดินให้มีขนาดเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ตามวิธีของ Radojevic และ Bashkin (1999)

วัสดุและอุปกรณ์

- ถาดพลาสติกสำหรับผึ่งดิน
- โกร่งบดดิน (Agate mortar)
- ตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 2 มิลลิเมตร (Analysensieb, Retch, USA)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Model 205A, Precisa, Switzerland)



รูปที่ 3.5 แผนที่จังหวัดศรีสะเกษ แสดงตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดิน

วิธีการ

- นำตัวอย่างดินประมาณ 100 กรัม ผึ่งให้แห้งในอากาศโดยเกลี่ยให้สม่ำเสมอในถาดซึ่งวางไว้ในสถานที่ที่แห้งและปราศจากฝุ่น เป็นเวลาประมาณ 3 วัน ถ้าน้ำหนักของตัวอย่างดินในวันที่ 3 และวันที่ 4 เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 5% ในเวลา 24 ชั่วโมง จะถือว่าดินนั้นแห้งแล้ว
- ร่อนตัวอย่างดินที่แห้งแล้วด้วยตะแกรงร่อนมาตรฐานขนาด 2 มิลลิเมตร
- นำส่วนของดินที่เหลืออยู่ในตะแกรงร่อนมาบดด้วยโกร่งบด จนได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร
- ทำให้ตัวอย่างดินที่ร่อนได้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยการใช้ช้อนตักสารที่สะอาดคนดินในบีกเกอร์ขนาด 1.5 ลิตร เป็นเวลาประมาณ 30 นาที แล้วลดปริมาณของดินโดยใช้วิธีการ cone and quatering ดังนี้
  - เทดินที่ผสมเข้ากันดีแล้วลงบนถาดให้เป็นรูปโคน (cone)
  - กดให้ยอดโคนแบนลงทำให้ดินเป็นแผ่นกลม
  - แบ่งแผ่นกลมเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กัน ทิ้งสองส่วนที่อยู่ตรงกันข้าม
  - รวมสองส่วนที่เหลือเข้าด้วยกัน ผสมให้เข้ากันดี แล้วทำเป็นรูปโคนอีกครั้ง
  - ทำซ้ำตามขั้นตอนที่ผ่านมา จนได้ตัวอย่างดินประมาณ 10 กรัม ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและทางกายภาพ

3.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

พารามิเตอร์ทางกายภาพเป็นตัวอธิบายสมบัติของดิน และนอกจากจะมีความสัมพันธ์กับส่วนประกอบทางเคมีของดินแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับกระบวนการเชิงเคมีกายภาพและกระบวนการเชิงชีวภาพที่เกิดขึ้นในดินหลายกระบวนการด้วยกัน ในการวิจัยครั้งนี้พารามิเตอร์ทางกายภาพที่ศึกษาได้แก่ สีของดิน ปริมาณความชื้น แฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไขเกี่ยวกับความชื้น และมวลที่สูญหายจากการเผาที่ 900°C โดยจะรายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 3 ครั้ง

3.2.1 สีของดิน

สีของดินเป็นพารามิเตอร์ที่วัดกันมากที่สุดในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดิน เพราะจะใช้ทำนายหรือคาดเดาสมบัติทางเคมีของดินได้ ตัวอย่างเช่น ดินสีขาวจะมีสารประกอบคาร์บอเนตของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ด้วย ดินที่มีสีแดงหรือสีเหลือง ก็เพราะมีเหล็กออกไซด์และเหล็กไฮดรอกไซด์ (Singer and Munns, 1999) จะวัดค่าสีของดินได้โดยการเปรียบเทียบกับแผนภูมิมาตรฐานของสี แผนภูมิมาตรฐานที่ใช้บอกสีของดินนั้น ดัดแปลงมาจากแผนภูมิของสีใน Munsell Book of Colors โดยนำมาใช้เฉพาะส่วนที่ใช้จำแนกสีของดินเท่านั้น

Munsell จำแนกสีโดยใช้ตัวแปร 3 ตัว คือ hue, value และ chroma โดยที่ hue คือสีในสเปกตรัมที่เด่นที่สุด ซึ่งอาจเป็นสีบริสุทธิ์ หรือสีผสมของสีบริสุทธิ์ โดยระบุสีผสมเป็นตัวเลข ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณของสีบริสุทธิ์ในสีผสมนั้น ตัวอย่างเช่น 5YR จะเป็นสีผสมระหว่างสีเหลืองและสีแดงในปริมาณเท่ากัน เมื่อตัวเลขเพิ่มค่าขึ้น ปริมาณของสีตัวแรกคือสีเหลืองจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่สีตัวที่สองคือสีแดงจะมีปริมาณลดลง ส่วนเทอม value และ chroma จะบอกว่าค่า hue ถูกดัดแปรไปอย่างไรเมื่อเติมสีเทาลงไป ค่า value จะบอกถึงระดับขั้นของความสว่างของ hue และบ่งบอกถึงสมบัติของสีเทาที่เติมลงไป โดยที่ค่า 0 จะเป็นสีดำ และค่า 10 จะเป็นสีขาว ส่วน chroma คือปริมาณสีเทาที่มีค่า value เฉพาะค่าหนึ่ง ที่เมื่อผสมกับสี hue บริสุทธิ์แล้วจะได้สีที่แท้จริงของดิน ยิ่ง chroma มีค่าน้อยลงเท่าใด สีก็จะมีความใกล้เคียงกับสีเทาบริสุทธิ์ของค่า value นั้น

วัสดุและอุปกรณ์

- แผนภูมิสีของ Munsell

วิธีการ

- เปรียบเทียบสีของดินกับสีมาตรฐานในแผนภูมิของ Munsell บันทึกผลเป็นรหัสตัวเลข ทั้งนี้ควรสังเกตสีในบริเวณที่มีแสงสว่างเพียงพอ เพราะความเข้มของแสงจะมีผลต่อการเปรียบเทียบสี

3.2.2 ปริมาณความชื้นและแฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไข

การวัดปริมาณน้ำหรือปริมาณความชื้นมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ดิน น้ำมีบทบาทสำคัญในระบบของดิน ตัวอย่างเช่น น้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายและเป็นตัวขนส่งสารจำนวนมาก น้ำยังเป็นตัวกลางซึ่งทำให้ปฏิกิริยาเคมีหลายชนิดดำเนินไปได้

การหาปริมาณความชื้น ทำได้โดยใช้การวิเคราะห์เชิงมวล (Lagen, 1996) มวลที่ลดลงหลังจากอบตัวอย่างดินที่ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง คือมวลของน้ำที่ถูกกำจัดออกไป หรือปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน ซึ่งคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้ว

วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Model 205A, Precisa, Switzerland)
- ตู้อบ (Model 400, Memmert, Germany)
- เบ้ากระเบื้องขาว
- โถอบแห้ง

วิธีการ

- อบเบ้ากระเบื้องที่ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่
- ปล่อยให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องในโถอบแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ชั่งน้ำหนักของเบ้ากระเบื้อง (A กรัม)
- ตักดินใส่เบ้ากระเบื้องประมาณ 2 กรัม ชั่งน้ำหนักใหม่อีกครั้ง (B กรัม)
- อบเบ้ากระเบื้องในตู้อบที่ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่ แล้วนำเบ้ากระเบื้องไปไว้ในโถอบแห้ง ประมาณ 1 ชั่วโมง เบ้ากระเบื้องจะเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง
- ชั่งน้ำหนักเบ้ากระเบื้องอีกครั้งหนึ่ง (C กรัม)

การคำนวณหาปริมาณความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้น (M\%)} = \frac{(B - C) \times 100\%}{C - A} \qquad (3.1)$$

$$\text{แฟกเตอร์ที่แก้ไขเกี่ยวกับความชื้น} = \frac{(100 + M\%)}{100} \qquad (3.2)$$

Moisture correction factor (mcf)

3.2.3 มวลที่สูญหายจากการเผา

Loss on ignition (L.O.I) คือมวลของน้ำ สารอินทรีย์และสารอื่น ๆ ที่สลายตัวไปเมื่อเผาดินที่ 900°C โดยระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลดินที่ถูกเผา มวลของดินตัวอย่างที่สูญหายไปหลังการเผาจะบอกปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินโดยประมาณได้ (Radojevic and Bashkin, 1999) ตามปกติจะใช้การเผาที่อุณหภูมิ 550°C แต่สารประกอบคาร์บอเนตที่มีอยู่ในดินจะสลายตัวไปด้วย

ที่อุณหภูมิสูง ค่า L.O.I ที่หาได้จึงมักจะสูงกว่าความเป็นจริง ในการวิจัยนี้ใช้วิธีของ Lagen (1996) ในการหาค่า L.O.I

วัสดุและอุปกรณ์

- เตาสุม (Muffle furnace; Model A-550, Vulcan™, USA)
- ตู้อบ (Model 400, Memmert, Germany)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Model 205 A, Precisa, Switzerland)
- เบ้ากระเบื้องขาว
- โถอบแห้ง

วิธีการ

- อบเบ้ากระเบื้องในตู้อบที่ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่
- ปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ชั่งน้ำหนักเบ้ากระเบื้อง (A กรัม)
- เติมดิน 2.0000 กรัม ลงในเบ้ากระเบื้อง
- อบเบ้ากระเบื้องในตู้อบที่ 105°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถอบแห้งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- ชั่งน้ำหนักเบ้ากระเบื้องอีกครั้ง (C กรัม)
- นำเบ้ากระเบื้องที่มีตัวอย่างดินอยู่ด้วยเข้าเตาสุม ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 900°C รักษาระดับอุณหภูมินี้ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
- ปิดเตาสุม ทิ้งเบ้ากระเบื้องไว้ในเตาสุมประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิลดลงจนคีบเอาเบ้ากระเบื้องออกมาได้ นำมาไว้ในโถอบแห้ง 1 ชั่วโมง จนอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง
- ชั่งน้ำหนักเบ้ากระเบื้องอีกครั้ง (D กรัม)

การคำนวณ L.O.I.

$$\text{L.O.I. (\%)} = \frac{(C - D)}{(C - A)} \times 100\% \qquad (3.3)$$

3.3 การวิเคราะห์ทางเคมี

สมบัติทางเคมีของดินที่จะศึกษาคือ ความเป็นกรด-เบสของดิน ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ธาตุองค์ประกอบของดิน ปริมาณของเหล็กและสังกะสีที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพ โดยที่แต่ละตัวอย่างนั้นจะวิเคราะห์ 3 ซ้ำ และรายงานผลเพียงค่าเฉลี่ยที่ได้

3.3.1 ความเป็นกรด-เบสของดิน

การวัดความเป็นกรด-เบสหรือค่าพีเอชของดินนั้น ที่จริงแล้วคือการวัดค่าพีเอชของน้ำที่อยู่ในสมดุลกับดินนั่นเอง (Singer and Munns, 1999) โดยใช้วิธีมาตรฐาน (EPA, 1995)

วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องวัดพีเอชพร้อมขั้วไฟฟ้า (Model 50215, HACH, USA)
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Model 205A, Precisa, Switzerland)
- เครื่องกวนแม่เหล็ก

สารเคมี

- สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4.7 และ pH 10; Sigma Chemicals, USA
- น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) หรือ น้ำ DI

วิธีการ

- เทียบมาตรฐานเครื่องวัดพีเอชก่อนวัดโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน
- ชั่งดินที่ตากแห้งแล้ว 20.0000 กรัมลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มล.
- เติมน้ำ 20 มล. คนเป็นเวลา 5 นาทีโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก
- ปล่อยทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงเพื่อให้ดินซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำนอนก้น
- วัดค่าพีเอช 3 ครั้ง โดยวัดในสารละลายใสชั้นบน
- ถ้าอุณหภูมิของสารตัวอย่างแตกต่างจากอุณหภูมิของบัฟเฟอร์เกิน 2°C จะต้องแก้ไขค่าพีเอชด้
- รายงานผลที่ได้เป็นค่าพีเอชของดินที่วัดในน้ำ ณ อุณหภูมิที่วัด

3.3.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

สารอินทรีย์ในดินมาจากส่วนที่เหลืออยู่ของพืช สิ่งมีชีวิต ซากสัตว์ต่าง ๆ จากกระบวนการทางเคมี กระบวนการทางชีวภาพและกระบวนการทางกายภาพในการสลายตัวของดิน และทำให้สารอาหารอนินทรีย์ อันได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โปตัสเซียม (K), แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), เหล็ก (Fe), คอปเปอร์ (Cu), สังกะสี (Zn) และแมงกานีส (Mn) จากพืชและซากสัตว์ถูกปล่อยออกมาในดิน สารอินทรีย์นี้จะมีผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดิน ในทางกายภาพแล้ว สารอินทรีย์จะทำให้ดินมีสีดำมากขึ้น ทำให้ดินมีความหนาแน่นโดยรวมเพิ่มขึ้น และทำให้ดินจับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น ส่วนทางเคมีนั้น สารอินทรีย์จะเพิ่มวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน เพราะสารอินทรีย์ในดินจะมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงมาก คืออาจจะสูงถึง 800-900 m^2g^{-1} (Sparks, 1995) ในการหาปริมาณสารอินทรีย์นั้น จะใช้วิธีไดโครเมต หรือการออกซิเดชันแบบเปียก (Radojevic and Bashkin, 1999) ซึ่งในวิธีนี้สารคาร์บอนอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์อย่างสมบูรณ์ด้วยไดโครเมตที่มากเกินพอในสภาวะที่เป็นกรด และจะหาปริมาณไดโครเมตที่เหลืออยู่ได้โดยการไทเทรตแบบย้อนกลับด้วยเฟอรัสซัลเฟต โดยมีเฟอโรอิน

เป็นอินดิเคเตอร์ จากปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ที่หาได้ เมื่อนำมาคูณด้วย 1.72 จะได้ปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน แฟกเตอร์ 1.72 คำนวณมาจากปริมาณ สารอินทรีย์ในดินซึ่งมีรายงานว่าจะมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 58% ($\frac{1}{0.58} = 1.72$) (Radojevic and Bashkin, 1999)

ในการวิเคราะห์ จะเติมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่รู้ปริมาณและมากเกินพอลงในตัวอย่างดิน ในสภาวะที่เป็นกรด โดยใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) สารคาร์บอนอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ตามปฏิกิริยาเคมีนี้

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3C_{org} + 16H^+ \rightarrow 4Cr^{3+} + 3CO_2 + 8H_2O \qquad (3.4)$$

ส่วนปฏิกิริยาที่ใช้หาปริมาณไดโครเมตที่เหลือโดยการไทเทรตย้อนกลับด้วยเฟอรัสซัลเฟต คือ

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O \qquad (3.5)$$

จะคำนวณหาปริมาณสารคาร์บอนอินทรีย์ได้โดยใช้ผลต่างของปริมาตรไดโครเมตในสมการ (3.4) และ (3.5)

วัสดุและอุปกรณ์

- ชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์ (ขวดแก้วก้นกลมขนาด 500 มล., คอนเดนเซอร์ และใช้ heating mantle เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน)

สารเคมี

- โปตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$); Sigma Ultra, 99.5%, Sigma Chemicals, St. Louis, USA

0.0830 M $K_2Cr_2O_7$

อบ $K_2Cr_2O_7$ ในตู้อบที่ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วละลาย 24.5180 กรัมในน้ำ เจือจางให้ครบ 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร สารละลายที่ได้จะเสถียรตลอดไป

- เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$) และ 1,10-phenanthroline monohydrate; A.C.S. reagent, Aldrich Chemicals, Milwaukee, USA

อินดิเคเตอร์เฟอโรอิน

ละลาย $FeSO_4.7H_2O$ 0.7000 กรัม และ 1,10-phenanthroline monohydrate 1.4850 กรัม ในน้ำแล้วเจือจางให้ครบปริมาตรในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล.

- conc H_2SO_4 ; Analytical Reagent, Labscan Asia, Thailand
- เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$); A.C.S. reagent, Aldrich Chemicals, Milwaukee, WI, USA

0.2000 M $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

ละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ 78.3900 กรัมในน้ำ เติม conc H_2SO_4 20 มล. ปล่อยให้เย็นก่อนที่จะเจือจางจนครบปริมาตร 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร

- น้ำปราศจากไอออน (น้ำ DI)

วิธีการ

- ชั่งดินตัวอย่าง 0.5000 กรัม ใส่ลงในขวดสำหรับรีฟลักซ์
- เติม 0.0830 M $K_2Cr_2O_7$ 10 มล. ลงในขวดรีฟลักซ์ แล้วค่อย ๆ รินกรด conc H_2SO_4 15 มล. ลงไปอย่างระมัดระวัง แล้วแกว่งเบาๆ เพื่อให้ผสมเข้ากัน
- จัดชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์ โดยต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ เปิดน้ำหล่อเย็น ครอบด้านเปิดของคอนเดนเซอร์ด้วยบีกเกอร์ขนาดเล็ก
- รีฟลักซ์สารเป็นเวลา 1 ชั่วโมงโดยใช้ heating mantle เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อน
- เมื่อเย็นแล้ว กลั้วล้างคอนเดนเซอร์ด้วยน้ำ DI ลงไปในขวดรีฟลักซ์
- ปลดชุดอุปกรณ์ออกจากกัน แล้วเติมน้ำ DI อีก 100 มล. ลงในขวดรีฟลักซ์
- แกว่งขวดให้สารเข้ากันแล้วเติมอินดิเคเตอร์เฟอโรอิน 5 หยด
- ไทเทรตสารละลายในขวดรีฟลักซ์ด้วยเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตจนถึงจุดยุติ ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเขียวแกมน้ำเงินไปเป็นสีแดงแกมม่วง
- บันทึกปริมาตรของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ (V_1 มล.)
- ทำการทดลองซ้ำโดยใช้แบลงค์ คือ ใช้สารเคมีทุกอย่างเหมือนที่ใช้กับตัวอย่างดิน เพียงแต่ไม่มีตัวอย่างดิน รีฟลักซ์แล้วไทเทรตในลักษณะเดียวกับที่ทำกับตัวอย่างดิน

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์} = \frac{0.3 \times C \times (V_2 - V_1)}{W} \qquad (3.6)$$

0.3 = แฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไข

C = ความเข้มข้นของสารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (0.2041 M)

V_1(ml) = ปริมาตรของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ในการไทเทรตดินตัวอย่าง

V_2(ml) = ปริมาตรของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตในการไทเทรตแบลงค์

W(g) = น้ำหนักของดินตัวอย่างที่ใช้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์} = 1.72 \times \text{คาร์บอนอินทรีย์ (\%)} \qquad (3.7)$$

3.3.3 วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity)

ดินเหนียวและฮิวมัสในดินประกอบด้วยอนุภาคคอลลอยด์ ซึ่งมีพื้นที่ผิวใหญ่มาก และบนพื้นผิวนั้นจะมีประจุไฟฟ้าอยู่ด้วย อนุภาคดินเหนียวส่วนใหญ่จะมีประจุลบ ซึ่งจะถูกทำให้เป็นกลางด้วยไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามจากแรงดึงดูดทางไฟฟ้าสถิต ซึ่งเป็นแรงที่ไม่แข็งแรงนัก ทำให้ไอออนต่าง ๆ ที่จับอยู่กับพื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวจะถูกแทนที่ได้โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน แคตไอออนที่ถูกดึงดูดไว้บนพื้นผิวของอนุภาคดิน คือ Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, NH_4^{+} ถ้าเป็นดินกรดจะมีปริมาณ H^{+}, Al^{3+} เพิ่มขึ้น และถ้าเป็นดินเค็มจะมี Na^{+} อยู่ด้วย

วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน หรือ CEC (cation exchange capacity) จะบอกเป็นจำนวน milliequivalent (meq) ต่อดิน 100 กรัม ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้วิธีของ Lagen (1996) ในการหาค่า CEC ของดิน โดยมี 3 ขั้นตอน คือ (1) กำจัดแคตไอออนที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว โดยการใช้ Ba^{2+} ที่มากเกินพอ (2) กำจัด Ba^{2+} ที่ถูกดูดซับบนพื้นผิว โดยการเติม Mg^{2+} ที่มากเกินพอและรู้ปริมาณ (3) หาปริมาณ Mg^{2+} ที่ลดลงไปจากการแลกเปลี่ยนกับ Ba^{2+} ได้เป็นค่า CEC โดยใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีชนิดใช้เปลวไฟ

วัสดุและอุปกรณ์

- กระดาษกรอง (Whatman No. 1)
- เครื่องเขย่า (Model GFL 3006, Germany)
- เครื่องหมุนเหวี่ยง (Model Universal 30RF, Hettich, Germany)
- หลอดสำหรับหมุนเหวี่ยง ขนาด 80 มล. ชนิดมีฝาเกลียว
- ไมโครปิเปต (Model Pipet Man, Gilson Medical Electronics, France)
- ปิเปตวัดปริมาตร
- เครื่องอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดใช้เปลวไฟ (Flame Atomic Absorption Spectrophotometer, FAAS) (Model Spectra 250 plus, Varian, Australia)

สารเคมี

- แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2.2H_2O$); Sigma Chemicals, St. Louis, USA 0.1000 M $BaCl_2$

  ละลาย $BaCl_2.2H_2O$ 24.4000 กรัมในน้ำ ถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรแล้วเจือจางให้ครบปริมาตร 1 ลิตร

  0.0025 M $BaCl_2$

  ปิเปต 0.1000 M $BaCl_2$ 25.00 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร แล้วทำให้ครบปริมาตรด้วยน้ำ DI

- แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$); Aldrich Chemicals, Milwaukee, USA

  0.0200 M $MgSO_4$

ละลาย $MgSO_4.7H_2O$ 4.9296 กรัมในน้ำ แล้วทำให้ครบปริมาตร 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร ด้วยน้ำ DI

- แลนทานัมคลอไรด์ ($LaCl_2.7H_2O$); Sigma Chemical, St.Louis, USA

สารละลายแลนทานัม 5.00%

- ชั่ง $LaCl_2.7H_2O$ 133.7000 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำประมาณ 800 มล. ค่อย ๆ เติม กรดไฮโดรคลอริก (HCl 37%) 10 มล. เมื่อสารละลายเย็นลงแล้ว ทำให้ครบปริมาตรด้วย น้ำ DI ในกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร

- กรดไฮโดรคลอริก 37% ; Analytical Reagent, Labscan Asia, Thailand

- สารละลายมาตรฐาน Mg สำหรับเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS); 1018 ppm Mg ใน 1 wt% HNO_3 ความหนาแน่น 1.010; Aldrich Chemicals, Milwaukee, USA

101.8 ppm Mg

ปิเปต 1018 ppm Mg มา 10.00 มล. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มล. ในขวดวัดปริมาตร ด้วยน้ำ DI

วิธีการ

- ชั่งดินตัวอย่าง 2.5000 กรัม ใส่ในหลอดหมุนเหวี่ยงขนาด 80 มล. ปิดด้วยฝาเกลียว ชั่ง น้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง
- เติม 0.1000 M $BaCl_2$ ลงไป 30 มล. ปิดฝาหลอดแล้วนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมงที่ 200/นาที
- เมื่อเขย่าเสร็จแล้ว นำหลอดเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยง เป็นเวลา 15 นาที ที่ 9000 rpm
- ทิ้งสารละลายใสส่วนบน
- ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยทิ้งสารละลายใสส่วนบนในแต่ละครั้ง
- เติม 0.0025 M $BaCl_2$ 30 มล. ลงในหลอด ปิดฝาแล้วนำไปเขย่า 12 ชั่วโมง ที่ 200/นาที
- หลังจากเขย่าเสร็จแล้ว นำไปหมุนเหวี่ยงเป็นเวลา 15 นาทีที่ 9000 rpm ทิ้งสารละลายใส ส่วนบน แล้วชั่งน้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงอีกครั้งหนึ่ง
- เติม 0.0200 M $MgSO_4$ ลงในหลอดแล้วนำไปเขย่า 2 ชั่วโมง ที่ 200/นาที
- หลังการเขย่า นำไปหมุนเหวี่ยง 15 นาที ที่ 9000 rpm กรองสารละลายส่วนบนผ่านกระดาษ กรอง Whatman No.1 ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- ใช้เครื่อง FAAS หาปริมาณ Mg ในสารละลายที่กรองได้โดยการเทียบมาตรฐานแบบ Standard addition

- ในการวัดด้วย FAAS นั้น สารตัวอย่างที่จะวัดหาปริมาณต้องมีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยต้องอยู่ในช่วงที่ค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้นของสาร ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เจือจางสารละลาย Mg ลง 2500 เท่า
- ปิเปตสารละลายที่กรองได้ 2.00 มล. แล้วเจือจางด้วยน้ำ DI ให้ครบปริมาตร 50 มล. ในขวดวัดปริมาตร
- ปิเปตสารละลายที่เจือจางแล้วนี้ส่วนละ 0.50 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มล. 2 ใบ แล้วเติมสารละลายมาตรฐาน Mg เข้มข้น 101.8 ppm 0.05 มล. ลงในขวดวัดปริมาตรขวดหนึ่ง อีกขวดหนึ่งไม่ต้องเติม
- เติม 2.0 มล. สารละลายแลนทานัม 5% ลงไปในขวดแต่ละใบ แล้วใช้น้ำ DI ทำให้ครบปริมาตร ซึ่ง Standard addition ที่เตรียมนี้จะมีความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน Mg เป็น 0 ppm และ 0.102 ppm ตามลำดับ
- นำสารละลายทั้งสองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ FAAS

โดยมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องมือ ดังนี้

ความยาวคลื่น	285.2	nm
กระแสของหลอด	4	mA
ความกว้างของ slit	0.5	nm
อัตราการไหลของอากาศ	13.0	l/min
อัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีน	2.00	l/min

- คำนวณหาค่าความเข้มข้นของ Mg ในสารตัวอย่างจากค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้

3.3.4 การวิเคราะห์ธาตุในดินโดยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น (Wavelength dispersive X-ray Fluorescence, WDXRF)

ได้เลือกใช้วิธีการหลอมดินตัวอย่างกับฟลักซ์ในเบ้า ซึ่งเป็นอัลลอยของแพลทินัมกับทอง ก่อนเทลงในแบบหล่อซึ่งเป็นอัลลอยชนิดเดียวกับเบ้าหลอม ในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค WDXRF เพราะเป็นวิธีที่ลดปัญหาเกี่ยวกับความไม่เป็นเนื้อเดียวกันของดินตัวอย่างได้

วัสดุและอุปกรณ์

- Bis-crucible Pt/Au อัลลอย ปริมาตร 25 มล. หนัก 26 กรัม (Claisse 252, Chemin Saite-Foy, Canada)
- แบบหล่อ Pt/Au อัลลอย เส้นผ่าศูนย์กลาง 32 มม., น้ำหนัก 21 กรัม (Claisse 252, Chemin Saite-Foy, Canada)
- เครื่องหลอม Claisse Fluxer-Bis™ (Claisse 252, Chemin Saite-Foy, Canada)

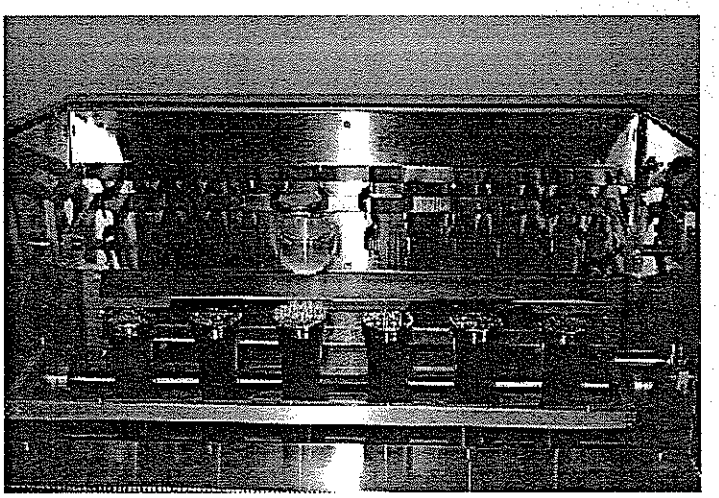
- เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น, WDXRF (Magix Pro PW 2404, Philips Analytical X-Ray, Almelo, Netherlands)
- โกร่งบด (Agate mortar and pestle)
- ตะแกรงร่อนมาตรฐาน ขนาด 75 ไมครอน (Analysensieb, Retch, USA)

สารเคมี

- ลิเทียมเททระบอเรตแอนไฮดรัส ($Li_2B_4O_7$) ทำหน้าที่เป็น fluxing reagent; Claisse 252, Chemin Saite-Foy, Canada
- ลิเทียมโบรไมด์ (LiBr) ทำหน้าที่เป็น wetting reagent; Claisse 252, Chemin Saite-Foy, Canada
- สารอ้างอิงมาตรฐานจาก NIST (National Institute of Standard and Technology, Department of Commerce, USA)
    - Standard Reference Material 2709 (San Joaquin Soil)
    - Standard Reference Material 986 (Plastic Clay)
    - Standard Reference Material 600 (Bauxite)
    - Standard Reference Material 679 (Brick Clay)
- สารอ้างอิง Kaolin; MBH Analytical Ltd., UK

วิธีการ

- บดดินตัวอย่าง 10.0000 กรัมในโกร่งบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 75 ไมครอน
- ชั่งดินที่บดแล้ว 1.0000 กรัมลงในเบ้า เติม $Li_2B_4O_7$ 7.0000 กรัม และ LiBr 0.0300 กรัมลงไป
- ผสมให้สารทั้งหมดเข้ากันดี โดยคนด้วยช้อนตักสารที่สะอาด
- นำเบ้าหลอมเข้าเครื่องหลอม (ดูรูปที่ 3.6) ซึ่งได้ตั้งโปรแกรมค่าความแรงและเวลาที่ใช้ตามที่คู่มือกำหนดล่วงหน้าไว้แล้ว
- หลังจากเย็นและตัวอย่างแข็งตัวเป็นแผ่นแก้ว (ดูรูปที่ 3.7) เรียบร้อยแล้ว นำออกมาชั่งน้ำหนัก แผ่นแก้วที่ได้จะใช้ในการวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค WDXRF
- เตรียมแผ่นแก้วของสารอ้างอิงมาตรฐานโดยวิธีการเดียวกับที่เตรียมแผ่นแก้วของดินตัวอย่าง รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องมือเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น



รูปที่ 3.6 เบ้าหลอมในเครื่องหลอม

รูปที่ 3.7 เบ้า แบบหล่อ และแผ่นแก้วตัวอย่างที่ได้

รูปที่ 3.8 เครื่องมือเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น, MagiX Pro PW 2404 Philips Analytical

3.3.5 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพ

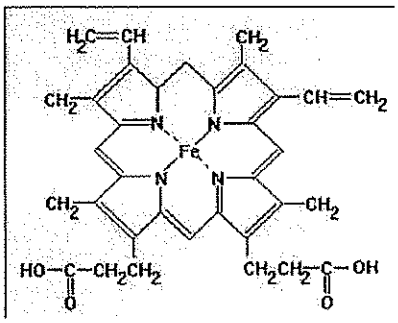
เหล็กเป็นโลหะที่มีอยู่ประมาณ 5% ในเปลือกโลก เป็นโลหะที่มีมากเป็นที่สองรองจากอะลูมิเนียม (McDowell, 1992) เหล็กเป็นโลหะแทรนซิชัน มีน้ำหนักอะตอม 56 มีเลขออกซิเดชันที่เสถียรสองค่า คือ +2 และ +3 เหล็กยังมีเลขออกซิเดชันที่ไม่เสถียรอีกหลายค่าในสารละลายเอเควียส และมีค่าศักย์รีดอกซ์ได้หลายค่าขึ้นอยู่กับชนิดของลิแกนด์ (McDowell, 1992) ด้วยสมบัติดังกล่าวทำให้สารเชิงซ้อนของเหล็กมีประโยชน์มากในปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ความเข้มข้นของเหล็กในดินจะอยู่ในช่วง 7,000-550,000 มก/กก (Hasset and Banwart, 1992)

เหล็กเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต เซลล์ทุกเซลล์ที่มีชีวิตทั้งของพืชและของสัตว์จะมีเหล็กอยู่ด้วย (Sizer and Whitney, 2000) คนผู้ใหญ่ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 70 กก จะมีเหล็กในร่างกายประมาณ 4-5 กรัม หรือ 60-70 ppm (McDowell, 1992) เหล็กแทบทั้งหมดในร่างกายจะอยู่ในรูปสารเชิงซ้อนจับอยู่กับโปรตีน ซึ่งอาจจะเป็นสารประกอบของฮีมหรือพอร์ไฟริน (porphyrin) โดยเฉพาะอย่างยิ่งฮีโมโกลบินและไมโอโกลบิน หรืออาจเป็นสารเชิงซ้อนจับอยู่กับโปรตีนที่ไม่มีฮีม เช่น แทรนสเฟอริน (transferrin) และเฟอริทิน (ferritin) (รูปที่ 3.9) การดูดซึมเหล็กจะเกิดที่กระเพาะอาหารและลำไส้เล็ก โดยเฉพาะบริเวณลำไส้เล็กส่วนบน (duodenum) และส่วนกลาง (jejunum) ส่วนการขับถ่ายเหล็กออกจากร่างกายนั้น จะออกไปทางเหงื่อหรือถูกขับถ่ายทางอุจจาระและปัสสาวะ

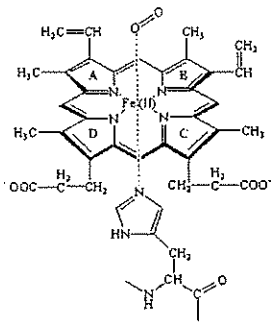
ปริมาณเหล็กที่แนะนำให้ร่างกายได้รับเมื่อปี พ.ศ. 2532 สำหรับคนไทยที่สุขภาพดีมีดังนี้ เด็กชาย (อายุ 10-12 ปี) 12 มิลลิกรัม/วัน เด็กหญิง (อายุ 10-12 ปี) 15 มิลลิกรัม/วัน ผู้ชาย (อายุ 20-29 ปี) 10 มิลลิกรัม/วัน และสำหรับผู้หญิง (อายุ 20-29 ปี) อยู่ที่ 15 มิลลิกรัม/วัน

สังกะสีเป็นธาตุที่มีอยู่มากเป็นอันดับที่ 24 มีเลขอะตอม 30 และมีน้ำหนักอะตอม 65.37 เมื่อเป็นแคตไอออนจะมีประจุ +2 ความเข้มข้นของสังกะสีในดินจะขึ้นอยู่กับแหล่งที่มา แต่ปกติแล้วจะพบสังกะสีรวมอยู่กับซัลไฟด์ของโลหะต่าง ๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง แคดเมียม และเหล็ก (McDowell, 1992)

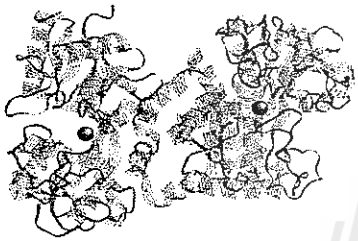
ช่วงความเข้มข้นของสังกะสีที่มีอยู่ในดินตามปกติ จะอยู่ระหว่าง 10-300 มก/กก สังกะสีมีบทบาทสำคัญในร่างกายของคนเรา เพราะสังกะสีเป็นส่วนประกอบของเมทัลโลเอนไซม์ (เอนไซม์ที่ต้องการโลหะในการทำหน้าที่) มากกว่า 100 ชนิด ตัวอย่างเช่น คาร์บอนิกแอนไฮเดรส แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนส ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส ดีเอ็นเอ-พอลิเมอเรส อาร์เอ็นเอ-พอลิเมอเรส คาร์บอกซีเปปทิเดส เป็นต้น (รูปที่ 3.10) สังกะสีจึงเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ การถ่ายทอดรหัสพันธุกรรม และการทำงานอื่น ๆ ของเซลล์ นอกจากนี้ สังกะสียังมีความจำเป็นในการรักษาสภาพโครงสร้างของเนื้อเยื่อและเยื่อต่าง ๆ จึงพบสังกะสีได้ในกระดูก ตับ ไต กล้ามเนื้อ และผิวหนัง



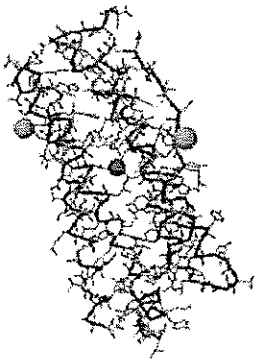
Hemoglobin



Myoglobin

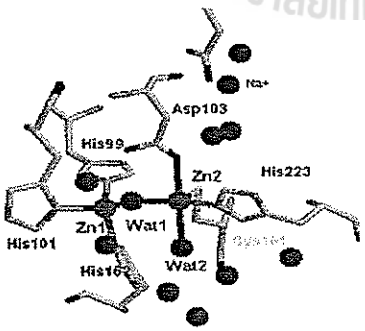


transferrin

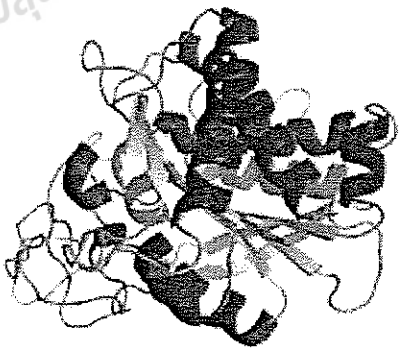


ferritin

รูปที่ 3.9 ตัวอย่างสารประกอบของเหล็กในร่างกายของสิ่งมีชีวิต



human carbonic anhydrase II



carboxypeptidase

รูปที่ 3.10 ตัวอย่างเมทัลโลเอนไซม์ที่ต้องใช้สังกะสีในการทำงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การดูดซึมสังกะสีเกิดได้ดีที่สุดบริเวณใกล้กับลำไส้เล็ก โดยเฉพาะที่เจจูนัม ส่วนการขับถ่ายสังกะสีทำได้ทางเหงื่อ อุจจาระ และปัสสาวะ แต่การขับถ่ายสังกะสีทางอุจจาระเกิดได้มากที่สุด การขับถ่ายทางปัสสาวะเกิดได้น้อยกว่า ตามปกติร่างกายจะมีสังกะสีอยู่ประมาณ 2.2 กรัม หรือมีความเข้มข้นโดยรวม 30 ppm (McDowell, 1992) ปริมาณสังกะสีที่แนะนำให้ร่างกายได้รับในปี พ.ศ. 2532 สำหรับคนไทย คือ 15 มิลลิกรัม/วัน ทั้งเด็กชายและเด็กหญิง (อายุ 10-12 ปี) ผู้ชายและผู้หญิง (อายุ 20-29 ปี)

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้นิยามความหมายของปริมาณเหล็กและสังกะสีที่นำไปใช้ได้ทางชีวภาพว่า เป็นปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายของเราดูดซึมได้ผ่านทางระบบลำไส้ การหาปริมาณดังกล่าวใช้วิธีของ Geissler และคณะ (1998) และใช้การจำลองระบบการย่อยของมนุษย์เป็นสภาวะที่ใช้ในการสกัดเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้ โดยใช้ค่า pH เท่ากับ pH ของกระเพาะ และควบคุมอุณหภูมิให้เท่ากับอุณหภูมิของร่างกาย คือ 37°C

วัสดุและอุปกรณ์

- เครื่องเขย่าชนิดที่มีเครื่องอังน้ำควบคุมอุณหภูมิได้ (Model SWB 5050, National Lanet, Denmark)
- อะตอมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Model Spectra 250 plus, Varian, Australia)
- ไมโครปิเปต (Model Pipet Man, Gilson Medical Electronics, France)
- กระดาษกรอง (Whatman No 42)
- อะลูมิเนียมฟอยล์

สารเคมี

- กรดไฮโดรคลอริก 37% ; Analytical Reagent, Labscan Asia, Thailand
- สารละลายมาตรฐาน Fe, Zn ; Aldrich Chemicals, Milwaukee, USA

สารละลายมาตรฐาน Fe 1020 ppm ในสารละลาย 1 wt% HCl ความหนาแน่น 1.010 กรัม/ลบ.ซม.

สารละลายมาตรฐาน Zn 985 ppm ในสารละลาย 1 wt% HCl ความหนาแน่น 1.010 กรัม/ลบ.ซม.

- การเตรียมสารละลายมาตรฐาน ของ Zn และ Fe

98.5 ppm Zn

ปิเปตสารละลาย Zn 985 ppm ปริมาตร 10.00 มล. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. แล้วทำให้ครบปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

9.85 ppm Zn

ปิเปตสารละลาย Zn 98.5 ppm ปริมาตร 10.00 มล. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. แล้วทำให้ครบปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

102.0 ppm Fe

ปิเปตสารละลาย Fe 1020 ppm ปริมาตร 10.00 มล. ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. แล้วทำให้ครบปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

วิธีการหาปริมาณ Fe ที่ร่างกายนำไปใช้ได้

- ชั่งตัวอย่างดิน 10.0000 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- เติมกรด 0.10 M HCl 100 มล. แล้วปิดฝาขวดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
- นำไปวางในเครื่องเขย่าที่มีเครื่องอังน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C แล้วเขย่า 2 ชั่วโมงที่ความเร็ว 180/นาที
- แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองลงในกระบอกตวงขนาด 100 มล. บันทึกปริมาตรของสารละลายที่กรองได้
- ปิเปตสารละลายที่กรองได้ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มล. จำนวน 4 ใบ ใบละ 10.00 มล.
- วัดหาปริมาณ Fe ที่มีอยู่ในสารละลาย โดยใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรสโกปี และเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน (Standard addition method)
- เติมสารละลายมาตรฐาน 102.0 ppm Fe ลงไปในบีกเกอร์ทั้ง 4 ใบ ด้วยปริมาตรต่าง ๆ กัน ดังนี้ 0, 0.50, 1.00, 1.50 มล.
- นำสารละลายไปวัดหาปริมาณ Fe โดยใช้เครื่องอะตอมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดใช้เปลวไฟ
- คำนวณหาความเข้มข้นของ Fe ในดินโดยใช้ standard addition curve

พารามิเตอร์ที่ใช้กับเครื่องมือในการวัดมีดังนี้

ความยาวคลื่น	372	nm
กระแสของหลอด	5	mA
ความกว้างของ slit	0.2	nm
อัตราการไหลของอากาศ	20.0	l/min
อัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีน	2.00	l/min

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ Fe ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ (mg/kg)} = \frac{Fe \times V}{W}$$

เมื่อ Fe : ความเข้มข้นของ Fe ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

V : ปริมาตรของสารละลายที่กรองได้ (ml)

W : น้ำหนักตัวอย่างดิน (g)

วิธีการหาปริมาณ Zn ที่ร่างกายนำไปใช้ได้

- ชั่งตัวอย่างดิน 10.0000 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล.
- เติมกรด 0.10 M HCl 100 มล. แล้วปิดฝาขวดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
- นำไปวางในเครื่องเขย่าที่มีเครื่องอังน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 37°C แล้วเขย่า 2 ชั่วโมงที่ความเร็ว 180/นาที
- แล้วกรองสารละลายผ่านกระดาษกรองลงในกระบอกตวงขนาด 100 มล. บันทึกปริมาตรของสารละลายที่กรองได้
- ปิเปตสารละลายที่กรองได้ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มล. จำนวน 4 ใบ ใบละ 10.00 มล.
- วัดหาปริมาณ Zn ที่มีอยู่ในสารละลาย โดยใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรสโกปี โดยใช้เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน
- เติมสารละลายมาตรฐาน 9.85 ppm Zn ลงไปในบีกเกอร์ทั้ง 4 ใบด้วยปริมาตรต่าง ๆ กันดังนี้ 0, 0.50, 1.00, 1.50 มล.
- วัดหาปริมาณ Zn โดยใช้เครื่องอะตอมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ชนิดใช้เปลวไฟ
- คำนวณหาความเข้มข้นของ Zn จาก standard addition curve

พารามิเตอร์ของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีดังนี้

ความยาวคลื่น	213.9	nm
กระแสของหลอด	5	mA
ความกว้างของ slit	1.0	nm
อัตราการไหลของอากาศ	20.0	l/min
อัตราการไหลของแก๊สอะเซทิลีน	4.00	l/min

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ Zn ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ (mg/kg)} = \frac{Zn \times V}{W}$$

เมื่อ Zn : ความเข้มข้นของ Zn ที่อ่านได้จากกราฟมาตรฐาน

V : ปริมาตรของสารละลายที่กรองได้ (ml)

W : น้ำหนักตัวอย่างดิน (g)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ

4.1.1 สีของดิน

สีของดินเป็นลักษณะที่เด่นชัดของดิน และมีความสำคัญ เพราะสีของดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน มีความสัมพันธ์กับสภาพอากาศ สภาพการถูกชะล้าง และแร่ธาตุส่วนประกอบของดิน ปริมาณของสารประกอบของเหล็ก และปริมาณสารอินทรีย์มีผลอย่างมากต่อสีของดิน ฟอร์มของเหล็กที่มีอยู่แตกต่างกัน จะมีผลทำให้ดินมีสีต่าง ๆ กันได้ ตัวอย่างเช่น Fe_2O_3 (ferric oxide) ทำให้ดินมีสีแดง $Fe_2O_3.x\ H_2O$ (hydrated ferric oxide) ทำให้ดินมีสีน้ำตาลแกมเหลือง และถ้าดินมีสีดำก็อาจจะมาจากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน จึงมีการใช้สีของดินในการคาดเดาปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของดินและปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน*

รหัสสี Munsell ของดินชื้น	เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์	
	ช่วง	เฉลี่ย
10YR2/1	3.5-7.0	5.0
10YR3/1	2.5-4.0	3.5
10YR3/2	2.0-3.0	2.5
10YR4/2	1.5-2.5	2.0
10YR5/3	1.0-2.0	1.5

***หมายเหตุ** จาก Soils & their environment (22), John J. Hassett and Wayne L. Banwart, 1992, New Jersey : Prentice Hall.

ตารางที่ 4.2 จะแสดงสีของดินแห้งตามระบบของ Munsell ซึ่งอธิบายสีในเทอมของตัวแปร 3 ตัว คือ hue, value และ chroma ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว และแสดงสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ด้วย

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ทางกายภาพของตัวอย่างดินที่เก็บจากตำแหน่งต่าง ๆ ในจังหวัดศรีสะเกษ

ตัวอย่าง	ตำแหน่งที่เก็บดินตัวอย่าง	สีของดินแห้ง	ปริมาณความชื้น (%)	แฟกเตอร์แก้ไขความชื้น (%)	มวลที่หายไปจากการเผา (LOI, %)
1	ตลาดเทศบาล	10YR5/1	1.42	1.01	7.26
2	ตลาดเทศบาล	10YR6/1	2.15	1.02	7.90
3	แอ่งน้ำบ้านยางกุด ตำบลหมากเขียบ อำเภอเมือง	10YR5/1	6.35	1.06	9.19
4	ทุ่งนาใกล้ทางน้ำ บ้านบ่อ ตำบลหนองเชียงทูน อำเภอปรางค์กู่	7.5YR8/3	4.36	1.04	9.98

ค่า chroma ที่สูงในรหัสสีของ Munsell จะบ่งถึงความสดใสของสี ดังนั้น ดินตัวอย่างที่ 4 ซึ่งมีค่า chroma 3 จึงมีสีสดใสกว่าตัวอย่างที่ 1, 2, 3 ซึ่งมีค่า chroma 1 เล็กน้อย สีที่สดใสกว่ายังบอกว่า ตัวอย่างที่ 4 น่าจะมีปริมาณเหล็กสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ ซึ่งพบว่าข้อสันนิษฐานนี้เป็นจริงเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในดินตัวอย่าง (ตารางที่ 4.4)

4.1.2 ปริมาณความชื้นและแฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไข

ดินตัวอย่างที่เก็บมานั้นจะมีน้ำอยู่ด้วย จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน และสภาวะอากาศก่อนหน้าที่จะเก็บดิน ภายหลังจากการผึ่งให้แห้งในอากาศแล้ว น้ำบางส่วนยังคงเหลืออยู่ในดิน ปริมาณของน้ำจะขึ้นกับผิวสัมผัสของดิน และสภาพความชื้นในอากาศภายในห้องที่ใช้ผึ่งดิน

จะหาปริมาณน้ำหรือความชื้นในดินได้โดยการอบดินตัวอย่างที่ 105°C ในตู้อบเป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปริมาณความชื้นคือมวลของน้ำที่หายไปหลังจากการอบที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าว โดยบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลดินแห้ง ปริมาณความชื้นที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่าง 1 และตัวอย่าง 2 ซึ่งเป็นดินที่ซื้อจากตลาดสดเทศบาลและถูกเก็บไว้เป็นเวลานานพอสมควร มีความชื้นน้อย (1.42% และ 2.15%) กว่าตัวอย่าง 3 (6.35%) และตัวอย่าง 4 (4.36%) ตัวอย่าง 3 ซึ่งเก็บมาจากบริเวณที่มีน้ำขังตลอดปีจะมีปริมาณความชื้นสูงสุด แฟกเตอร์ที่ใช้แก้ไขเกี่ยวกับความชื้นมีค่าตั้งแต่ 1.01% (ตัวอย่าง 1) ไปจนถึง 1.06% (ตัวอย่าง 3)

4.1.3 มวลที่หายไปจากการเผา (L.O.I)

มวลที่หายไปจากการเผา คือมวลของน้ำ สารอินทรีย์ และสารอื่น ๆ ที่สลายตัวได้จากการเผาที่ 900°C ในเตาเผาเป็นเวลา 12 ชั่วโมง บอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลดินที่นำมาเผา ดินที่มี

ปริมาณดินเหนียวและ hydrous oxide ของ Fe, Al อยู่ค่อนข้างมากนั้นจะสูญเสียน้ำในโครงสร้างไปในช่วงอุณหภูมิ 105°C-500°C ตัวอย่างเช่น goethite (FeOOH) เมื่อเสียน้ำไปจะเปลี่ยนเป็น hematite (Fe_2O_3) ในช่วงอุณหภูมิ 280°C-400°C สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปที่อุณหภูมิประมาณ 325°C แต่อาจมีการสลายตัวต่อไปได้อีกที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ ส่วนแคลเซียมคาร์บอเนตจะเสีย CO_2 ไป และเปลี่ยนเป็นแคลเซียมออกไซด์ ที่อุณหภูมิประมาณ 770°C ดังนั้น มวลที่หายไปจากการเผาหรือค่า L.O.I. จะเป็นค่าโดยประมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินทราย แต่ถ้าเป็นดินที่มีเนื้อหนักมากขึ้น ค่า L.O.I. อาจจะมากเป็นสองเท่าของปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่จริง ตารางที่ 4.2 แสดงค่า L.O.I. ของตัวอย่างดินที่วิเคราะห์ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 7.26% (ตัวอย่าง 1) จนถึง 9.98% (ตัวอย่าง 4)

4.2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมี

4.2.1 ความเป็นกรด-เบสของดิน

ค่า pH ของดินนั้น ที่จริงแล้วคือค่า pH ของน้ำที่อยู่ในสมดุลกับสารละลายดินนั่นเอง ค่า pH ของดินมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการทางเคมีและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน มีแฟกเตอร์หลายอย่างที่สัมพันธ์กับค่า pH ของดิน เช่น วัสดุที่มาของดิน สภาพอากาศ พืชพรรณต่าง ๆ การใช้ปุ๋ยและสารจำพวกปูนกับดิน (Radojevic and Bashkin, 1999) แต่ปกติแล้วดินจะมีค่า pH ในช่วง pH 4 (ดินซึ่งเป็นกรดสูง) ไปจนถึงค่า pH 10 (ดินซึ่งเป็นเบสสูง)

ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของดินตัวอย่างแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 พบว่า ดินตัวอย่างทั้งหมดมีสภาพเป็นกรดสูง ตั้งแต่ pH 4.30 (ตัวอย่าง 1) ไปจนถึง pH 4.95 (ตัวอย่าง 3) ความเป็นกรดสูงทำให้ดินไพกา (pica soil) พวกนี้มีรสเปรี้ยว ดินกรดซึ่งมี pH 4-5 จะมีความสามารถละลายเอาไอออนโลหะที่ละลายได้ รวมทั้งโลหะที่มีอันตราย เอาไว้ในดินได้ในปริมาณสูง คนที่กินดินอาจได้รับอันตรายจากโลหะเหล่านี้ได้ถ้ากินดินเข้าไปในจำนวนมาก และทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพได้ อย่างไรก็ตาม ทั้งสีและค่า pH ของดิน มีความสำคัญต่อคนกินดินบางกลุ่ม ตามที่นักวิจัยได้ค้นพบ เพราะค่า pH มีผลต่อรสชาติของดินที่กิน ถ้าเป็นกรด ดินจะมีรสเปรี้ยว และถ้าเป็นเบส ดินจะมีรสหวาน (Laufer, 1930 quoted in Abrahams and Parsons, 1997)

ตารางที่ 4.3 พารามิเตอร์ทางเคมีของดินไพกาจากจังหวัดศรีสะเกษ

ตัวอย่าง	pH	สารอินทรีย์ (%)	วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol(+)/kg)
1	4.30	1.78	2.14
2	4.41	2.33	12.65
3	4.95	2.73	12.17
4	4.79	0.28	5.54

4.2.2 ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินมีหน้าที่สำคัญในกระบวนการการเกิดดิน โดยเฉพาะเมื่อเกี่ยวข้องกับค่า pH ในระหว่างย่อยสลายสารอินทรีย์ จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งทำให้ปริมาณกรดคาร์บอนิกเพิ่มขึ้น ผลคือ ทำให้ค่า pH ของดินต่ำลง (Rodojevic and Bashkin, 1999) สารอินทรีย์ในดินจะมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) สูง โดยอาจมีค่าสูงได้ถึง 800 m^2/g-900 m^2/g ซึ่งทำให้วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนหรือค่า CEC สูงได้ถึง 150 cmol/kg ถึง 300 cmol/kg วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของพื้นผิวของดิน ส่วนใหญ่ก็มาจากสารอินทรีย์ในดินนั่นเอง จากการที่สารอินทรีย์มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและค่า CEC สูง สารอินทรีย์ในดินจึงเป็นตัวดูดซับไอออนต่าง ๆ รวมทั้งแคตไอออนของโลหะมีพิษ ตลอดจนสารอินทรีย์อันตราย เช่นสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งล้วนแต่เป็นอันตรายต่อผู้กินดิน ตารางที่ 4.3 แสดงปริมาณสารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้จากดินไพกาทั้ง 4 ตัวอย่าง ซึ่งพบว่ามีปริมาณไม่สูงนัก คืออยู่ระหว่าง 0.28% (ตัวอย่าง 4) ถึง 2.73% (ตัวอย่าง 3) ผลการวิเคราะห์มีความใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ดินไพกาที่ Abrahams และ Parson (1997) ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ คือตัวอย่างดินไพกาของเขามีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 0.2%-1.3%

4.2.3 วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ดินเหนียวและปุ๋ยในดินประกอบด้วยอนุภาคคอลลอยด์ที่มีพื้นที่ผิวขนาดใหญ่ และมีประจุไฟฟ้าอยู่บนพื้นผิวนั้น พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวส่วนใหญ่จะมีประจุลบ ยกเว้นดินกรดในเขตร้อน ซึ่งอาจมีประจุบวก ดังเช่นดินไพกาจากจังหวัดศรีสะเกษที่ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้

ประจุที่พื้นผิวของอนุภาคดินมักจะถูกทำให้เป็นกลางด้วยไอออนที่มีประจุตรงกันข้ามด้วยแรงดึงดูดไฟฟ้าสถิต และไอออนซึ่งถูกจับยึดไว้บนพื้นผิวของอนุภาคคอลลอยด์ของดินนี้จะถูกแทนที่ด้วยไอออนต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสารละลายดินได้ กระบวนการแทนที่เช่นนี้คือกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งอาจจะเป็นการแลกเปลี่ยนแอนไอออนหรือแคตไอออนก็ได้ สำหรับวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินนั้น หมายถึง วิสัยสามารถในการดูดซับและแลกเปลี่ยนแคตไอออน แรงไฟฟ้าสถิตจะทำให้พื้นผิวของอนุภาคดินจับยึดแคตไอออน Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, NH_4^+ และจะมี H^+, Al^{3+} มากขึ้นถ้าเป็นดินกรด และมี Na^+ เพิ่มขึ้นถ้าเป็นดินเค็ม

วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน หรือ CEC จะบอกถึงปริมาณของแคตไอออนที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของอนุภาคดิน มีหน่วยเป็น milliequivalent ของประจุต่อน้ำหนักของดินแห้ง 100 กรัม (meq/100 g) หรือเป็น centimole ของประจุต่อดินแห้ง 1 กิโลกรัม (cmol(+)/kg) ผลการวิเคราะห์ค่า CEC แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 เช่นเดียวกัน และดินตัวอย่างมีค่า CEC ในช่วง 2.14 cmol(+)/kg (ตัวอย่าง 1) ถึง 12.65 cmol(+)/kg (ตัวอย่าง 2)

4.2.4 ปริมาณธาตุในดินจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น

ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินจะมีองค์ประกอบใกล้เคียงกับธาตุองค์ประกอบของเปลือกโลก ธาตุที่มีมากในดิน 10 อันดับแรกในหน่วย g/kg ได้แก่ Si(282), Al(82), Fe(56), Ca(42), Na~K(24), Mg(20), Ti(5.7), P(1), Mn(0.95) ตามลำดับ (Ochiai, Ei-ichiro, 1979) ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในดินอาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศและกระบวนการทางชีวภาพ นอกจากนี้ ดินยังเป็นระบบเปิด ทำให้มีสารต่าง ๆ ถูกเติมลงในดินอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากธรรมชาติและจากมนุษย์ นอกจากนี้ ฝนยังชะล้างเอาสารจำนวนมากออกไปจากดินด้วย

ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ว่า มีนักวิจัยหลายกลุ่มได้เสนอว่า พฤติกรรมการกินดิน อาจมีความสัมพันธ์อย่างแนบแน่นกับความต้องการสารอาหารหรือธาตุ การขาดแร่ธาตุอาจทำให้เกิดความอยากต่อสารที่ไม่ใช่อาหารเช่นดินได้ จึงน่าสนใจที่จะหาธาตุองค์ประกอบของดินไพกา ในการวิจัยได้ใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น WDXRF ในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบของดินไพกา แต่ด้วยข้อจำกัดของสารอ้างอิงมาตรฐาน จะวิเคราะห์ธาตุเพียง 9 ชนิดเท่านั้น และใช้โปรแกรม Super Q ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุกึ่งปริมาณในรูปของออกไซด์ และตารางที่ 4.5 แสดงผลในรูปของธาตุ ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีในตัวอย่างดินไพกา ไม่ได้สูงไปกว่าความเข้มข้นโดยทั่วไปของเหล็กและสังกะสีในดิน ซึ่งจะมีเหล็กอยู่ในช่วง 7000-550000 mg/kg และสังกะสีในช่วง 10-300 mg/kg (Hasset and Banwart, 1992)

ตารางที่ 4.4 ธาตุองค์ประกอบในดินไพกาในรูปของออกไซด์

ออกไซด์	ความเข้มข้น (mg/kg)			
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ตัวอย่าง 4
Al_2O_3	95021	121449	155648	205769
BaO	3183	3311	3600	3119
Fe_2O_3	11033	10409	10516	27285
K_2O	961	826	750	2475
MgO	ND	ND	ND	0.672
MnO	66	75	85	114
SiO_2	558280	677078	675753	545251
TiO_2	14320	14818	16200	13888
ZnO	60	64	64	74

ND = Not detected

ตารางที่ 4.5 ธาตุองค์ประกอบในดินไพกา

ธาตุ	ความเข้มข้น (mg/kg)			
	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ตัวอย่าง 4
Al	50295	64282	82384	108914
Ba	2851	2965	3225	2794
Fe	7716	7280	7354	19038
K	791	685	623	2055
Mg	ND	ND	ND	405
Mn	51	58	65	88
Si	260930	316466	315800	254850
Ti	8584	8883	9712	8326
Zn	48	51	51	59

ND = Not detected

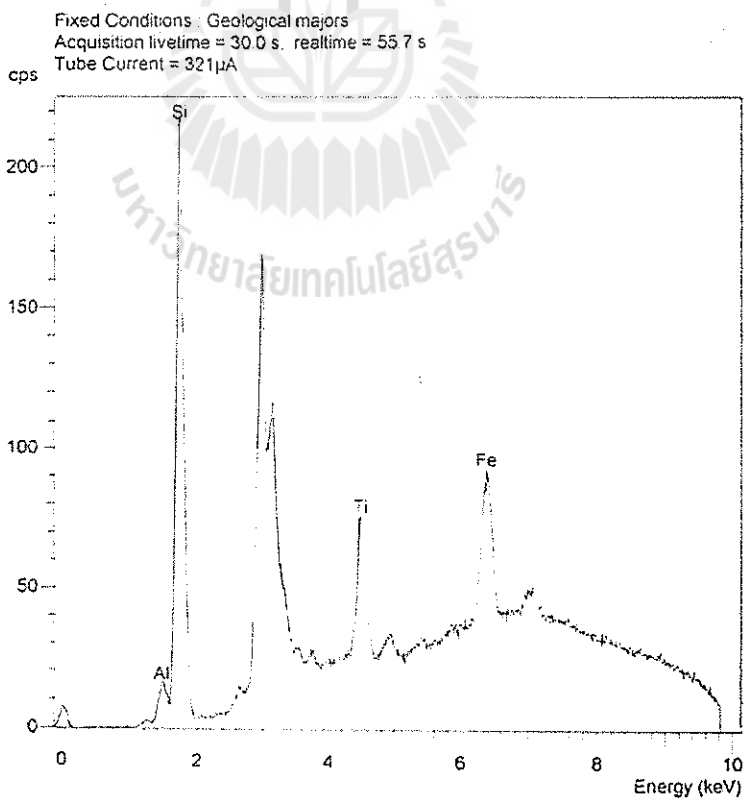
ตารางที่ 4.6 เป็นการเปรียบเทียบช่วงความเข้มข้นของธาตุในดินไพกาจากศรีสะเกษกับดินไพกาจากงานวิจัยอื่น ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า องค์ประกอบของดินไพกามีความคล้ายกัน นั่นคือ มีธาตุหลักเป็น Al, Fe และ Si ส่วนธาตุที่มีปริมาณรองลงมาได้แก่ Ba, K, Ti และ Zn

เป็นที่ทราบกันดีว่า กระบวนการต่าง ๆ ที่สำคัญในร่างกาย ต้องการไอออนโลหะในการทำงานด้วย ธาตุหมู่หลัก (Na, K, Mg, Ca) และโลหะแทรนซิชัน 10 ชนิด (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd) ล้วนมีบทบาทหน้าที่ในการทำให้ระบบทางชีวภาพของร่างกายดำเนินไปอย่างปกติ การขาดไอออนโลหะบางชนิดไปอาจทำให้เกิดโรคได้ ตัวอย่างที่รู้จักกันดีคืออาการโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก การไม่มีพัฒนาการในการเจริญเติบโตเนื่องจากขาดสังกะสี และโรคหัวใจในทารกที่ขาดธาตุทองแดง เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันไอออนโลหะก็อาจทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกายได้ ตัวอย่างที่รู้จักกันดีคือพิษจากปรอทและตะกั่ว แม้แต่โลหะที่มีความจำเป็นต่อร่างกายก็อาจทำให้เกิดพิษได้ถ้าร่างกายได้รับมากเกินไป ดังนั้น คนที่มีพฤติกรรมกินดินก็อาจได้รับทั้งโลหะที่เป็นประโยชน์และโลหะที่เป็นพิษเข้าไปด้วยในขณะเดียวกัน อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการกินดินดูเหมือนจะให้ประโยชน์มากกว่าโทษ ถึงแม้ว่าอาจก่อปัญหากับสุขภาพได้ถ้ากินดินมากเกินไปหรือกินอย่างไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบช่วงความเข้มข้นของธาตุในดินไพกาจากศรีสะเกษกับดินไพกาบางตัวอย่างจากงานวิจัยอื่น

นักวิจัย/ปี	ช่วงความเข้มข้นของธาตุ (mg/kg)								
	Al	Ba	Fe	K	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
John and Duquette, 1991	61000-214100	-	11600-60000	-	603-8924	155-3980	174100-363100	2381-9684	<10-185
Aufreiter et al., 1997	41000-97000	340-1200	13300-71900	3500-27000	900-6800	133-409	300000-400000	2400-7600	-
Abrahams, 1997	-	-	22643-81696	1521-8322	1058-3107	41-2247	-	-	35-99
Sriood et al., 1999	72700-161800	-	-	-	-	45800-140100	-	3100-7200	-
Mahaney et al., 2000	103000-151000	240-660	50700-75800	10200-23000	6000-31000	650-2360	-	-	-
Smith et al., 2000	50-130000	-	70-81600	-	60-2820	-	-	-	1-79
Kikouama et al., 2009	112610-175290	192-568	12810-23660	7050-47300	720-5580	0.44-21	215090-301510	5460-9780	43-99
ดินไพกาจากศรีสะเกษ, 2003	50295-108914	2794-3225	7280-19083	623-2055	ND-405	51-88	254850-316466	8326-9712	48-59

ND = Not detected



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างสเปกตรัมเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ในการวิเคราะห์ดินตัวอย่าง

4.2.5 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้

เนื่องจากมีการคิดกันว่าเหล็กและสังกะสีมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการกินดิน (Rose et al., 2000) จึงน่าสนใจที่จะวิเคราะห์หาว่า ในดินที่ชาวบ้านนำมากินนั้น มีปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้อยู่เท่าใด ในการทดลองนี้ จะใช้เทคนิคอะตอมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี วัดหาปริมาณเหล็กและสังกะสีในฟอร์มที่ร่างกายนำไปใช้จากการดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร โดยจำลองระบบการย่อยของคนเราโดยใช้กรด HCl เข้มข้น 0.10 M ในการสกัดเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้ออกมา ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้

ตัวอย่าง	ปริมาณ Fe ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ (mg/kg)	ปริมาณ Zn ที่ร่างกายนำไปใช้ได้ (mg/kg)
1	72.05	0.86
2	79.91	0.67
3	47.32	0.61
4	22.35	0.52

ปริมาณเหล็กที่ร่างกายนำไปใช้ได้มีค่าตั้งแต่ 22.35 mg/kg (ตัวอย่าง 4) ไปจนถึง 79.91 mg/kg (ตัวอย่าง 2) ส่วนปริมาณสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้อยู่ในช่วง 0.52 mg/kg (ตัวอย่าง 4) ถึง 0.86 mg/kg (ตัวอย่าง 1) เมื่อนำค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ไปเปรียบเทียบกับปริมาณของ Fe, Zn ที่คนไทยควรได้รับในแต่ละวันที่กำหนดโดย The Committee on Recommended Daily Dietary Allowance ในปี 1989 สำหรับคนไทยที่มีสุขภาพสมบูรณ์ ก็จะได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.8 โดยพิจารณาเฉพาะเด็กในช่วงอายุ 7-9 ปี และสตรีสูงอายุในช่วง 50-59 ปี เพราะทั้ง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีพฤติกรรมกินดินในจังหวัดศรีสะเกษ โดยสมมุติว่าปริมาณดินที่กินเท่ากับที่ Geissler et al. (1997) รายงานไว้ คือ 28 กรัมต่อวัน

นอกจากนี้ จะเห็นว่าปริมาณเหล็กที่ร่างกายนำมาใช้ได้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยของน้ำย่อยในกระเพาะ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่ามีเหล็กอยู่ในดินมากน้อยอย่างไรด้วย เพราะเหล็กที่มีอยู่ในดินอาจอยู่ในฟอร์มสารเชิงซ้อนที่เหล็กถูกจับไว้อย่างแข็งแรงจนกรดในกระเพาะไม่สามารถดึงเหล็กออกมาได้

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ผู้กินดินไพกาจากศรีสะเกษได้รับกับปริมาณที่แนะนำให้คนไทยควรได้รับในแต่ละวัน

กลุ่ม	RDA สำหรับคนไทย		ปริมาณ Fe, Zn ที่ผู้กินดิน 28 กรัมจะได้รับ							
	Fe (mg)	Zn (mg)	ตัวอย่าง 1		ตัวอย่าง 2		ตัวอย่าง 3		ตัวอย่าง 4	
			Fe (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)	Fe (mg)	Zn (mg)
เด็กอายุ 7-9 ปี	10	10	2.018	0.0243	2.236	0.0177	1.323	0.0177	0.625	0.0149
สตรีอายุ 50-59 ปี	10	15								

ข้อมูลที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าในทุกตัวอย่าง Fe จะเป็นธาตุหลักในการเป็นแร่ธาตุเสริมให้กับผู้กินดินได้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณที่แนะนำให้ร่างกายได้รับ หรือค่า RDA (Recommended Daily Dietary Allowances) ตัวอย่างเช่น ถ้าเด็กคนหนึ่งกินดินตัวอย่าง 1 ไป 28 กรัม เด็กคนนั้นจะได้รับเหล็ก 2.018 มิลลิกรัม และสังกะสี 0.0243 มิลลิกรัม ซึ่งคิดเป็น 20.18% และ 0.245% ของปริมาณที่แนะนำให้ร่างกายได้รับสำหรับเหล็กและสังกะสี ตามลำดับ ถึงแม้จะค่อนข้างชัดเจนว่าคนกินดินจะได้รับแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์จากการกินดิน แต่จะประเมินประโยชน์ของแร่ธาตุที่มีต่อร่างกายให้ถูกต้องได้ค่อนข้างยาก มีแฟกเตอร์หลายอย่าง เช่น อายุ เพศ องค์ประกอบของอาหารที่กิน (เป็นเนื้อสัตว์หรือเป็นผัก) การแข่งกันของอันตรกิริยาระหว่างธาตุสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจมีผลต่อปริมาณธาตุที่ร่างกายจะนำไปใช้ได้ (Abrahams and Parson, 1997) นอกจากนี้ ดินอาจมีพยาธิที่เป็นปาราสิต และอาจมีโลหะที่เป็นพิษและมีอันตรายต่อร่างกาย

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้ในดินไพกาจากศรีสะเกษ กับดินไพกาจากผลการวิจัยอื่น ๆ ตัวอย่างดินจากการวิจัยของ John และ Duquette (1991) มีค่าความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีสูงสุด ข้อมูลจากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้จากแหล่งต่าง ๆ จะแตกต่างกัน ตามที่ได้เคยกล่าวไว้แล้วว่ามีแฟกเตอร์หลายอย่างที่มีผลต่อค่าความเข้มข้นดังกล่าว เช่น วัสดุแหล่งที่มา พืชพรรณต่าง ๆ สภาพอากาศ ตลอดจนปุ๋ยที่ใช้ นอกจากนั้น วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้ยังมีผลต่อค่าที่วิเคราะห์ได้ด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ดินไพกาซึ่งมาจากทางเหนือของประเทศไทย ในงานวิจัยของ Abrahams และ Parson (1997) มีค่าใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยครั้งนี้ ความเข้มข้นของเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้ในงานวิจัยของเขามีค่า 34 mg/kg และ 0.3 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่งานวิจัยนี้มีปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้มีค่าเฉลี่ย 44.66 mg/kg และ 0.67 mg/kg ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบปริมาณเหล็กและสังกะสีในดินไพกาจากศรีสะเกษ ที่ร่างกายนำไปใช้ได้กับดินไพกาจากกลุ่มวิจัยอื่น

นักวิจัย/ปีที่ทำการวิจัย	ชื่อตัวอย่าง/แหล่งที่มา	ปริมาณเหล็กที่นำไปใช้ได้ (mg/kg)	ปริมาณสังกะสีที่นำไปใช้ได้ (mg/kg)
Hunter and de Kleine (1984)[a]	Tierra Santa Central America	43.4	9.90
Johns and Duquette (1991)[b]	California, Hopland	3000	-
	Sardinia, Baunei	5000	-
	Cameroon	9000	-
	Kenya-1	7000	3000
	Kenya-2	12000	5000
	Nigeria	10000	3000
	Togo	5000	-
	Zambia	74000	2000
	Zaire	497000	-
Abrahams (1997)[c]	Uganda	528*	6.7*
Abrahams and Parsons (1997)[c]	Thailand	34	0.3
	Uganda	326	4.0
	Zaire	380	2.0
Geissler et al. (1998)[d]	Western Kenya	168.9**	2.7**
ผลการวิเคราะห์จากการวิจัยเรื่องนี้	ดินจากจังหวัดศรีสะเกษ		
	ตัวอย่าง 1	72.05	0.86
	ตัวอย่าง 2	79.91	0.67
	ตัวอย่าง 3	47.32	0.61
	ตัวอย่าง 4	22.35	0.52
	ค่าเฉลี่ย	- 44.66	0.67

หมายเหตุ

- ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

* เป็นค่ามัธยฐาน (n = 13)

** เป็นค่ามัธยฐาน (n = 48)

a ระบบการย่อยจำลอง : ใช้ HCl 0.1 N 50 ml สกัดดินตัวอย่าง 5 g แล้ววิเคราะห์หา Fe, Zn โดยเทคนิค AAS

b ระบบการย่อยจำลอง : ใช้ NaCl 0.1 M 50 ml ปรับ pH ให้เป็น 2 ด้วย HCl แล้วสกัดดินตัวอย่าง 1 g วิเคราะห์หา Fe, Zn โดยเทคนิค AAS

c ระบบการย่อยจำลอง : ใช้ HCl 0.1 N 20 ml สกัดดินตัวอย่าง 1 g แล้ววิเคราะห์หา Fe, Zn ด้วยเทคนิค AAS

d ระบบการย่อยจำลอง : ใช้ HCl 0.1 M 100 ml สกัดดินตัวอย่าง 10 g แล้ววิเคราะห์หา Fe, Zn ด้วยเทคนิค AAS

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าการกินดินจะเกิดขึ้นอย่างแพร่หลายมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน แต่พฤติกรรมการกินดินก็ยังไม่เป็นที่เข้าใจ ไม่ค่อยมีรายงานกล่าวถึง ยังมีความเข้าใจผิด หรือไม่ได้รับการใส่ใจจากผู้คนในประเทศที่พัฒนาแล้ว มีคำอธิบายน้อยมากเกี่ยวกับพฤติกรรมการกินดินนี้ ซึ่งสาเหตุของการกินดินก็มีแฟกเตอร์เกี่ยวข้องหลายอย่าง และก็ยังมีคำถามอยู่เสมอว่า การกินดินเป็นสาเหตุทำให้เกิดการขาดแร่ธาตุ หรือเป็นผลมาจากการขาดแร่ธาตุโดยเฉพาะเหล็กและสังกะสีกันแน่

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้วิเคราะห์ดินไพกาจากจังหวัดศรีสะเกษ ทั้งทางกายภาพและทางเคมี การศึกษาทางกายภาพได้วิเคราะห์สี ปริมาณความชื้น และปริมาณมวลที่หายไปจากการเผา ส่วนการศึกษาทางเคมี ได้วัดค่า pH ปริมาณสารอินทรีย์ วิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และธาตุองค์ประกอบของดิน และได้หาปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้ได้อีกด้วย เพราะเชื่อกันว่าการขาดธาตุเหล็กและสังกะสีทำให้เกิดพฤติกรรมกินดิน

ดินไพกาจากศรีสะเกษมีสภาพเป็นดินกรด (pH 4.3-4.93) ทำให้ดินมีรสเปรี้ยว ซึ่งทำให้ผู้กินดินรู้สึกว่าดินมีรสอร่อย โดยเฉพาะเมื่อนำดินไพกาไปย่างบนเตาไฟก่อนกิน ดินจะส่งกลิ่นหอมยั่วใจผู้มีพฤติกรรมกินดินเป็นอย่างยิ่ง ค่าวิสัยสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน มีค่าตั้งแต่ 2.14-12.65 cmol(+)/kg ดินตัวอย่างทั้งหมดมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ คือมีค่า 0.28%-2.73% ส่วนธาตุองค์ประกอบของดินนั้น ได้วิเคราะห์ธาตุเพียง 9 ชนิดโดยใช้เทคนิคเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ชนิดกระจายคลื่น ซึ่งผลโดยรวมมีความใกล้เคียงกับดินไพกาจากงานวิจัยอื่น ๆ ดินไพกาที่วิเคราะห์มีเหล็กอยู่ในช่วง 7280-19083 mg/kg ส่วนสังกะสีมีอยู่ในช่วง 48-59 mg/kg ปริมาณเหล็กและสังกะสีที่ร่างกายนำไปใช้มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง 22.35-70.05 mg/kg และ 0.52-0.86 mg/kg ตามลำดับ

ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ผู้ที่กินดินในจังหวัดศรีสะเกษจะได้รับธาตุเหล็กเพิ่มเติม แต่จะได้รับสังกะสีในปริมาณน้อยมาก และอาจได้รับประโยชน์จากธาตุปริมาณน้อยอื่น ๆ ที่มีความจำเป็นต่อสุขภาพอันปกติของคนเรา แต่ในขณะเดียวกันผู้กินดินก็มีความเสี่ยงที่จะกินสารพิษ เช่น โลหะบางชนิด ตลอดจนเชื้อโรคอันตรายที่มีอยู่ในดินเข้าไปด้วย

ถึงแม้ว่าผลการวิจัยจะสนับสนุนข้อสมมุติฐานของการวิจัยที่ว่า ดินที่กินได้น่าจะมีโลหะที่มีความจำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสีอยู่ในปริมาณหนึ่งก็ตาม แต่ก็ยังต้องมีการวิจัยอีกมากเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมการกินดินมากขึ้น ควรจะวิเคราะห์โลหะองค์ประกอบที่มีอยู่ทั้งหมด และถ้าเป็นไปได้ควรทำวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับร่างกายผู้ที่กินดินด้วย อาทิเช่น ปริมาณเหล็กและสังกะสีในเลือดของผู้กินดิน เพื่อดูว่าปริมาณที่มีอยู่ต่ำกว่าระดับมาตรฐานหรือไม่ และถ้าได้รับการ

รักษาโดยให้ธาตุอาหารที่ขาดเสริมเข้าไปแล้วจะทำให้พฤติกรรมกินดินหายไปหรือไม่ เป็นต้น นอกจากนี้ เพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมกินดินหรือไพกามากขึ้น การศึกษาควรทำในลักษณะพหุศาสตร์ เพราะพฤติกรรมไพกาเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งต้องการความเข้าใจทั้งในเรื่องทัศนคติ ความเชื่อตามประเพณี ความเข้าใจทางสรีรวิทยา ชีวเคมี และความรู้เกี่ยวกับปฐพีศาสตร์ แทนที่จะทำงานวิจัยเฉพาะด้านที่นักวิจัยถนัดเพียงเท่านั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

Abrahams, P.W., and Parsons, J.A. (1996). Geophagy in the tropics: A literature review. **The Geographical Journal.** 162(1): 63-72.

Abrahams, P.W., and Parsons, J.A. (1997). Geophagy in the tropics: An appraisal of three geophagical materials. **Environmental Geochemistry and Health.** 19: 19-22.

Abrahams, P.W. (1997). Geophagy (soil consumption) and iron supplementation in Uganda. **Tropical Medicine and International Health.** 2(7): 617-623.

Adrian Kettaneh, MD, Virginie Eclache, MD, Olivier Fain, Md, Christelle Sontag, MD, Michele Uzan, MD, Lionel Carbillion, MD, Ph.D., Jerome Stirnemann, MD, Michel Thomas, MD. (2005). Pica and food craving in patients with iron-deficiency anemia: A case-control study in France. **The American Journal of Medicine.** 118: 185-188.

Aufreiter, S., Hancock, R.G.V., Mahaney, W.C., Stambolic Robb, A., and Sanmugadas, K. (1997). Geochemistry and mineralogy of soils eaten by humans. **International Journal of Food Science and Nutrition.** 48: 293-305.

Boyle, J.S., and Mackey, M.C. (1999). Pica: Sorting it out. **Journal of Transcultural Nursing.** 10(1): 65-68.

Callahan, K.L. (2000). **Pica, geophagy, and rock art: ingestion of rock powder and clay by humans and its implication for the production of some rock art on global basis.** [On-line].

Cynthia R Ellis, MD, Connie J Schnoes, MA, Ph.D., Caroly Pataki, MD, Angelo P Giardino, MD, Ph.D., MPH, Mary L Windle, PharmD. (2012). **Pica.** [On-line]. Available: http://emedicine.medscape.com/article/914765-ouerview.

Diamond, J. (1998). **"Eat Dirt"** [On-line]. Available : http://www.whiterock.com/resdirt.html.

Eastwood, M. (1997). **Principles of Human Nutrition.** (1st ed). London: Chapman & Hall.

Environmental Protection Agency. (1995). **Method 9045C.** [On-line]. Available : http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/9045c.pdf.

Faustina O. Mensah, Peter Twumasi, Xorse K. Amenawonyo, Christopher Larbie, Asomanig K. Baffo Jur. (2010). Pica practice among pregnant women in the Kumasi metropolis of Ghana. **International Health.** 2(4): 282-286.

omong Zambian schoolchildren in Lusaka. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygeine.** 98: 218-227.

McDowell, L.R. (1992). **Minerals in animal and human nutrition.** San Diego: Academic press.

Mills, C.F. (1996). Geochemical aspects of the aetiology related disease. **Environmental Geochemistry and Health.** 113: 1-5.

Munoz, J.A., et al. (1998). Iron deficiency and pica. **Sangre.** 43: 31-34.

Moynahan, E.J. (1979). Trace elements in man. **Philosophical Transaction of the Royal Society London B.** 228: 65-7. Quoted in M.A. Oliver. (1997). Soil and human health: A review. **European Journal of Soil Science.** 48(4): 573-592.

Moore, D.F., Jr., and Sears, D.A. (1994). Pica, iron deficiency, and the medical history. **The American Journal of Medicine.** 97: 390-393.

Oliver, M.A. (1997). Soil and human health: A review. **European Journal of Soil Science.** 48(4): 573-592.

Peter W. Abrahams, Mark H. Follansbee, Andrew Hunt, Barry Smith, Joanna Wragg. (2006). Iron nutrition and possible lead toxicity : An appraisal of geophagy undertaken by pregnant women of UK Asian communities. **Applied Geochemistry.** 21(1): 98-108.

Radojevic, M. and Bashkin, V. (1999). **Practical environmental analysis.** Cornwall, UK: The Royal Society of Chemistry.

Reid, R.M. (1992). Cultural and medical perspectives on geophagia. **Medical Anthropology.** 13(4): 337-351.

Rose, J. (1983). **Trace elements in health.** Butterworth: Cambridge University.

Rose, D.S. (2000). **Recommended methods for determining soil cation exchange capacity.** [On-line]. Available : http://w4u.eexi.gr/~andreask/cec.htm.

Sabri Herguner, Ilher Ozyildirm, Cansaran Tanidir. (2008). Is pica an eating disorder or an obsessive-compulsive spectrum disorder?. Letter to editor (Case report). **Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry.** 32: 2010-2011.

Shisslak, C.M., Swain, B.J., and Crago, M. (1987). Thirty-two years of persistent pica : A case study. **International Journal of Eating Disorders.** 6: 663-670.

Simon, S.L. (1998). Soil ingestion by human : A review of history, data and etiology with application to risk assessment of radioactively contaminated soil. **Health Physics.** 74(6): 647-672.

Spark, D.L. (1995). **Environmental soil chemistry.** San Diego: Academic Press.

Smith, B., Rawlins, B.G., Cordeiro, M.J.A.R., Hutchins, M.G., Tiberindwa, J.V., Sserunjogi, J., and Tomkins, A.M. (2000). The bioaccessibility of essential and potentially toxic trace elements in tropical soils from Mukono District, Uganda. **Journal of the Geological Society, London.** 157: 885-891.

Singer, M.J., and Munns, D.N. (1999). **Soils: An Introduction.** (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Sizer, F.S., and Whitney, E.N. (2000). **Nutrition: Concept and controversies.** (8th ed.) Belmont, CA: Wadsworth.

Solyom, C., Solyom, L., and Freeman, R. (1991). An unusual case of pica. **Canadian Journal of Psychiatry.** 36: 50-53.

Sriood, S., Kaewdue, P., Namnok, T., Sriratprasit, N., Thammavanich, W., and Jongkum, S. (1999). Preliminary study of elemental composition in edible soil. **In 25th Congress on Science and Technology of Thailand.** (pp. 508-509). n.p.

Ward P., Kutner NG. (1999). Reported pica behavior in a sample of incident dialysis patients. **J Ren Nutr.** 9: 14-20.

Ziegler, J.L. (1997). Geophagy: A vestige of palaeonutrition?. **Tropical Medicine and International Health.** 2(7): 609-611.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี