บทที่ 2

การทดลอง

2.1 เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมี

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณธาตุในตัวอย่างดิน โดยวิธีไอโซโทปเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ ได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ประกอบด้วย

2.1.1 ต้นกำเนิดรังสี

ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในการทดลองคือ พลูโตเนียม – 238 (Pu – 238) ซึ่งเป็นต้นกำเนิดรังสีแบบวงแหวน (annular source) ความแรง 10 mCi มีค่าครึ่งชีวิต (half – life) 87.75 ปี เป็นไอโซโทปรังสีที่สลายตัวให้อนุภาคแอลฟา และให้รังสีเอ็กซ์เฉพาะตัวของยูเรเนียม (U – L_{α}) ที่มีพลังงานเฉลี่ย 15.2 keV ซึ่งสามารถกระตุ้น K – X-ray ของธาตุที่มีเลขอะตอมในช่วง 16 (S , K_{ab} = 2.471 keV) ถึง 40 (Zr , K_{ab} = 17.998 keV) และ L – X-ray ของธาตุที่มีเลขอะตอมในช่วง 50 (Sn , L_{ab} = 3.928 keV) ถึง 85 (At , L_{ab} = 14.215 keV)

2.1.2 ระบบตรวจวัดรังสี ประกอบด้วย

(1) Si (Li) Detector ของ Princeton Gamma – Tech พื้นที่ 13 mm^2 หนา 3 mm เป็นหัววัดที่เหมาะแก่การใช้ตรวจวัดรังสีเอ็กซ์และรังสีแกมมาที่มีพลังงานต่ำ

(2) High Voltage Power Supply ของ Canberra Model 3106 D

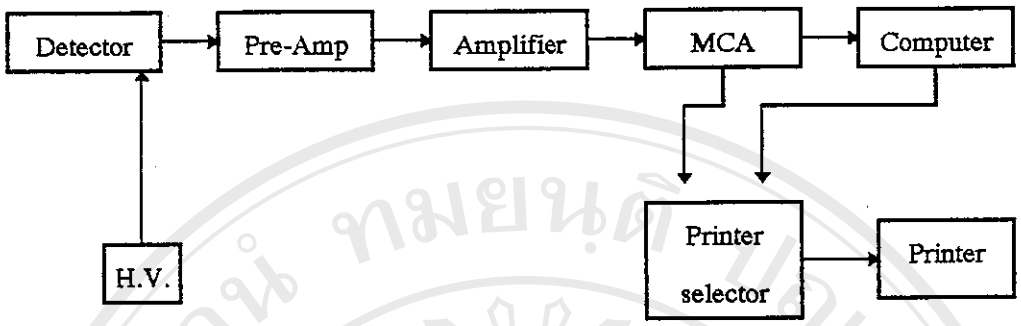
(3) Preamplifier และ Amplifier ของ Ortec Model 472 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้ใหญ่พอที่จะวัดได้อย่างถูกต้อง

(4) Multichannel Analyzer ของ Nuclear Data Model 65 ทำหน้าที่รวบรวมสัญญาณที่ได้จากหัววัด โดยมีการแยกขนาดของพลังงาน โดยที่พลังงานต่ำ ๆ จะอยู่ในช่วง (channel) ต้น ๆ แต่ถ้าพลังงานสูงขึ้นก็จะถูกเก็บไว้ในช่องสูงขึ้นไป ซึ่งสามารถนำสัญญาณที่เก็บรวบรวมไว้ได้นี้ มาเขียนกราฟระหว่างปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่วัดได้กับจำนวนช่องของเครื่อง MCA ผลที่ได้จะออกมาเป็นเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกตรัม

(5) Data System ประกอบด้วย computer และ software[4] เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเก็บข้อมูลต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมี data analysis system ด้วย ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ผลทั้งในเชิงคุณภาพ (qualitative) และเชิงปริมาณวิเคราะห์ (quantitative) สำเร็จ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ผลการวิเคราะห์อาจพิมพ์ออกมาเป็นแบบต่าง ๆ กันโดยใช้เครื่องพิมพ์ตามที่ต้องการได้ การจัดระบบตรวจวัดรังสีเป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนผังการจัดเครื่องมือในการวัดรังสีเอ็กซ์

2.1.3 <u>เครื่องอัดเม็ดแบบไฮดรอลิคส์</u> ของ Car Laboratory Press Model M Max.0-5000 Pound 0-22 Metric Ton

2.1.4 <u>สารเคมี</u>

(1) สารมาตรฐานใช้ออกไซด์ของโลหะของบริษัท Merck ประเทศเยอรมัน จากห้องปฏิบัติการเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ กองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 ผสมกับ แป้งมัน ดังนี้

ไอออน (III) ออกไซด์	(Iron (III) Oxide , Fe_2O_3)
คอปเปอร์ (II) ออกไซด์	(Copper (II) Oxide , CuO)
ซิงค์ (II) ออกไซด์	(Zinc (II) Oxide , ZnO)
แมงกานีส (IV) ออกไซด์	(Manganex (IV) Oxide , MnO_2)

(2) สารตัวอย่างใช้ตัวอย่างดินจำนวน 12 ตัวอย่าง จากพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่

2.2 การจัดอุปกรณ์ในการทดลอง

ประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้เกิดการวาวรังสีเอ็กซ์ และการตรวจวัดรังสีขึ้นอยู่กับการจัดตำแหน่งของต้นกำเนิด สารตัวอย่าง และหัววัด การวาวรังสีเอ็กซ์มีมากเมื่อสารตัวอย่างอยู่ใกล้กับต้นกำเนิดและการตรวจวัดรังสีได้ดีเมื่อสารตัวอย่างอยู่ใกล้หัววัดรังสี ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการรบกวนของรังสีจากสิ่งแวดล้อม (background) และรังสีที่เกิดจากการจัดตำแหน่ง เช่น

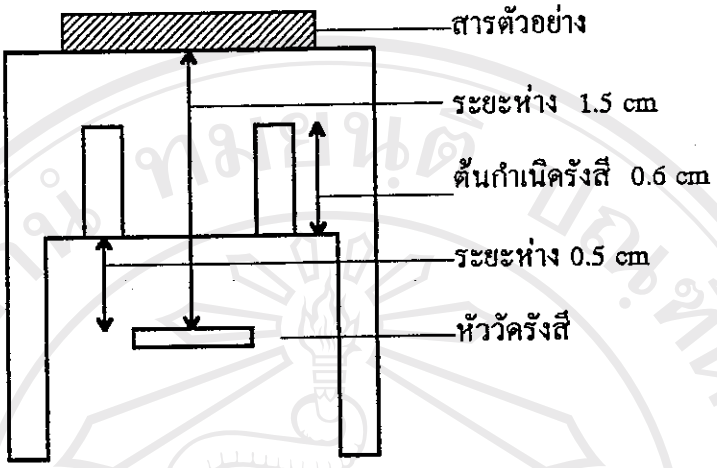
ก. รังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ เข้าหัววัดโดยตรง

ข. รังสีจากต้นกำเนิดผ่านเครื่องกำบังเข้าหัววัดโดยตรง

ค. รังสีเอ็กซ์วาวหรือรังสีจากต้นกำเนิดสะท้อนกลับจากเครื่องกำบังเข้าสู่หัววัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการทดลองนี้ การจัดตำแหน่งและระยะของอุปกรณ์ในการทดลองที่เหมาะแสดงดังรูปที่ 2.2 ซึ่ง จัดตั้งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการเอ็กซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ กองฟิสิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ



รูปที่ 2.2 การจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ในการทดลองที่เหมาะสม

2.3 วิธีทดลอง

2.3.1 <u>การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อใช้ในการศึกษา</u>

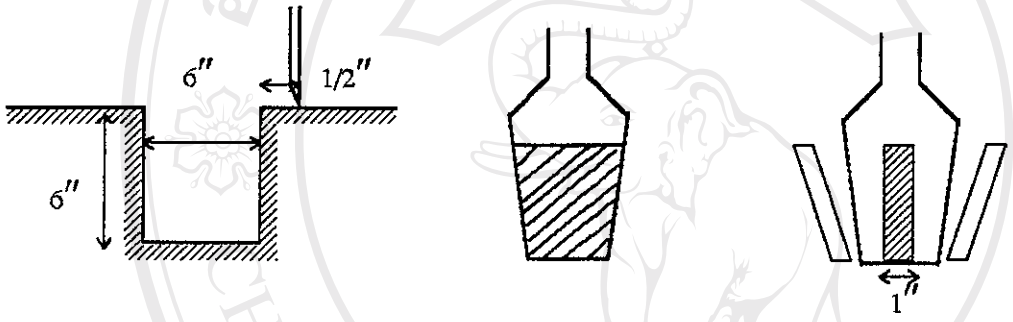
ก. <u>การเก็บตัวอย่างดิน</u> [3]

ตัวอย่างดินที่ใช้เป็นดินจากจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 12 ตัวอย่าง รายละเอียดของดินทั้ง 12 ตัวอย่าง มีดังนี้

ตัวอย่าง	พืชที่ปลูก	ชุดดิน	สถานที่
1	ข้าว	หางดง	บ. ฟ้ามุ่ย อ .สันทราย
2	ข้าว, ยาสูบ	สันทราย	บ. ลิงมืด ต. ป่าไผ่ อ .สันทราย
3	ข้าว, มะเขือเทศ	สันทราย	บ. ลิงมืด ต. ป่าไผ่ อ .สันทราย
4	ข้าว, ถั่วเหลือง	สันทราย	บ. แก๊ดน้อย ต. ป่าไผ่ อ .สันทราย
5	ข้าว, ถั่วเหลือง	สันทราย	บ. พัฒนาทรายแก้ว ต. ป่าไผ่ อ .สันทราย
6	ข้าว	หางดง	บ. สันช้างมุง ต. ต้นเปา อ .สันกำแพง
7	ข้าว	สันทราย	บ. ทุงต้อม อ .สันกำแพง
8	ข้าวถั่วเหลือง	หางดง	บ. สันป่าสัก ต. สันฝักหวาน อ .หางดง
9	ข้าว	หางดง	บ. คอนปิน ต. แม่เหียะ อ .หางดง
10	ข้าว	หางดง	บ. หลักปัน ต. สันนาแมง อ .สินทราย
11	ข้าว	หางดง	บ. สันป่าสัก ต. สันฝักหวาน อ .หางดง
12	ข้าว, ถั่วเหลือง	หางดง	บ. ฟ้ามุ่ย อ .สันทราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั่วแปลงย่อยจากแหล่งเพาะปลูกพืช ขนาดพื้นที่ประมาณ 5 – 20 ไร่ ตามความเหมาะสม เก็บ 15 – 20 จุด เลี่ยงบริเวณที่เป็นคอกสัตว์เก่า หรือ แถบที่มีปุ๋ยตกค้าง ทำการเจาะโดยใช้พลั่วพลาสติกเจาะลึกลงไป 6 นิ้ว (สำหรับแปลงปลูกพืชไร่ และนาข้าว) ขุดหลุมให้เป็นสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับหน้าพลั่ว ตัดหน้าดินลึกประมาณ 6 นิ้ว กวาดดินในหลุมออกให้หมดจนสะอาดทั่วหลุม ใช้ปลายพลั่ววางลงที่ขอบหลุมข้างใดข้างหนึ่งที่มีหน้าตัดเรียบห่างจากหลุมประมาณครึ่งนิ้ว กดพลั่วโดยแรงให้ปลายพลั่วกินดินลึก 6 นิ้ว จนถึงก้นหลุมงัดดินขึ้นมา ตัดดินบนพลั่วทั้ง 2 ข้างออก ทิ้งเหลือแต่ดินตรงกลางกว้างประมาณ 1 นิ้ว รวบรวมดินใส่ในถุงพลาสติกที่สะอาดเขียนรายละเอียดกำกับ



รูปที่ 2.3 การเก็บตัวอย่างดิน

ข. <u>การเตรียมตัวอย่างดิน</u>

(1) นำดินตัวอย่างแต่ละแปลงมาผึ่งลมไว้ให้แห้งในที่ร่ม แล้วทำการบดให้แตกเป็นก้อนเล็ก ๆ พร้อมทั้งเกลี่ยให้แผ่ออกบาง ๆ บนผ้าพลาสติก

(2) เก็บก้อนหิน กรวด ที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งเศษรากไม้ออกทิ้งไป ผึ่งดินให้แห้งในอากาศ

(3) หลังจากดินแห้งสนิทแล้ว ทำการคลุกเคล้าดินให้ทั่ว ใช้พายพลาสติกเกลี่ยดินให้แผ่บางเป็นรูปวงกลม มีส่วนหนาเท่ากันตลอดใช้พายแบ่งดินในลักษณะกากบาทออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน (quartering) นำเอาสองส่วนที่อยู่ตรงกันข้ามเก็บใส่ภาชนะไว้คลุกเคล้าส่วนที่เหลือให้ทั่ว แล้วเกลี่ยดินให้แผ่บางเป็นรูปวงกลมทำการแบ่งเป็น 4 ส่วนอีก ทำซ้ำเหมือนกับครั้งแรกจนเหลือดินสองส่วนสุดท้ายที่มีน้ำหนักประมาณ 100 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(4) นำดินส่วนสุดท้ายจากข้อ 3 มาบดให้ละเอียดด้วยครก (agate motar) จนสามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 μm แล้วเก็บตัวอย่างดินในกล่องพลาสติกปิดให้สนิท ติดฉลากระบุรายละเอียด เพื่อเก็บไว้ทำการวิเคราะห์ต่อไป

2.3.2 การเตรียมสารตัวอย่าง

เตรียมสารตัวอย่างในรูปที่อัดเป็นเม็ด โดยผสมดินตัวอย่างที่ 1 มีขนาดอนุภาค 100 μm กับแป้งมัน มีน้ำหนักรวมกันประมาณ 1 กรัม คลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปอัดเป็นเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ดแบบไฮดรอลิคส์ ซึ่งสามารถกำหนดความดันได้โดยอัดที่ความดัน 20,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 1 นาที เพื่อให้ความดันตกบนสารตัวอย่างสมดุล ตัวอย่างที่ได้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.76 cm มีความหนาเชิงมวล ($\rho_m D$) ประมาณ 0.161 g/cm^{-2} การใช้แป้งมันผสมกับดินตัวอย่างเนื่องจากแป้งมันมีความยึดเหนี่ยว (binder) ดี สามารถเตรียมตัวอย่างได้บาง ($\rho_m D$ มีค่าน้อย) ไม่แตกง่าย และได้ตัวอย่างที่มีส่วนประกอบหลัก (matrix) เป็นธาตุเบา

2.3.3 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.3.2 มาทำการวัดรังสีของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่างใช้เวลา 1800 วินาที บันทึกข้อมูลและสเปกตรัม จากค่าพลังงานของพีคที่หาได้ สามารถนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าพลังงานของธาตุต่าง ๆ ในตารางที่ 1.1

2.3.4 การศึกษาการดูดกลืนและการแก้ค่าการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุในสารตัวอย่าง

ก. การวัดความเข้มการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุ (I_i) ในสารตัวอย่าง

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด เพื่อศึกษาการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ตามลำดับ ใช้ไอออน (III) ออกไซด์ (Fe_2O_3) , คอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (CuO) , ซิงค์ (II) ออกไซด์ (ZnO) และแมงกานีส (IV) ออกไซด์ (MnO_2) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ ร้อยละ 99.9 นำสารแต่ละชนิดมาผสมกับแป้งมันในครกอาเกต (agate motar) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำไปใส่ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับอัดตัวอย่าง ทำการอัดเม็ดโดยเครื่องอัดเม็ด ตามหัวข้อ 2.3.2 นำตัวอย่างสารมาตรฐานที่ได้ ซึ่งมีพื้นที่ 6.16 cm^2 ไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง เพื่อคำนวณหาค่าความหนาเชิงมวล ($\rho_m D$) จะได้ตัวอย่างสารมาตรฐานที่ทราบส่วนประกอบที่แน่นอน ดังแสดงในตารางที่ 2.1–2.4 ตามลำดับ

นำตัวอย่างสารมาตรฐานที่เตรียมได้ไปทำการวัดรังสีเอ็กซ์เฉพาะตัว K_α ของธาตุจากการกระตุ้นด้วยต้นกำหนด Pu-238 เป็นเวลา 1800 วินาที บันทึกจำนวนนับ (count) จากการกระตุ้นของแต่ละธาตุ หรือพื้นที่ใต้พีค (peak area) แล้วนำไปคำนวณความเข้มของรังสีเอ็กซ์ I_i (cps)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของตัวอย่างสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเพื่อการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุเหล็ก

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก Fe_2O_3 (g)	น้ำหนัก แป้งมัน (g)	Fe_2O_3 (%)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอัดเม็ด (g)
1	0.05103	0.9490	5.103	0.91748
2	0.10234	0.8977	10.234	0.85660
3	0.15228	0.8477	15.228	0.86490
4	0.20324	0.7968	20.324	0.92749
5	0.25044	0.7496	25.044	0.90629

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของตัวอย่างสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเพื่อการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุทองแดง

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก CuO (g)	น้ำหนัก แป้งมัน (g)	CuO (%)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอัดเม็ด (g)
1	0.00520	0.9948	0.520	0.91738
2	0.01066	0.9893	1.066	0.91690
3	0.05030	0.9497	5.030	0.94885
4	0.08023	0.9198	8.023	0.94634
5	0.10122	0.8988	10.122	0.95828

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบของตัวอย่างสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเพื่อการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุสังกะสี

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก ZnO (g)	น้ำหนักแป้งมัน (g)	ZnO (%)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอัดเม็ด (g)
1	0.00259	0.9974	0.259	0.93426
2	0.02005	0.9800	2.005	0.88569
3	0.05048	0.9495	5.048	0.95418
4	0.10264	0.8974	10.264	0.94393
5	0.15295	0.8470	15.295	0.95196

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบของตัวอย่างสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นเพื่อการศึกษาการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุแมงกานีส

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก MnO_2 (g)	น้ำหนัก แป้งมัน (g)	MnO_2 (%)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอัดเม็ด (g)
1	0.00390	0.9961	0.390	0.92511
2	0.01000	0.9900	1.000	0.91363
3	0.05131	0.9487	5.131	0.89426
4	0.10138	0.8986	10.138	0.92115
5	0.15015	0.8499	15.015	0.94110

ข. <u>การหาค่าแก้การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ (Fi) ของธาตุในสารตัวอย่าง โดย E-T method</u>

(1) การหา I_i^t ทำโดยนำเป้า ซึ่งเป็นสารผสมระหว่างออกไซด์ของโลหะทั้ง 4 ชนิด (Fe_2O_3 , CuO , ZnO , MnO_2) และแป้งมัน มาอัดรวมกันเป็นเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด ตามสัดส่วนดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารประกอบ	น้ำหนัก (g)
Fe_2O_3	0.07019
CuO	0.01994
ZnO	0.11649
MnO_2	0.06236
แป้งมัน	0.73368
จะได้เป้าที่มีน้ำหนัก	0.96350

จากนั้นนำไปวัดความเข้มรังสีเอ็กซ์เฉพาะตัวของธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ใช้เวลา 1800 วินาที บันทึกพื้นที่ใต้พีค (count) นำไปคำนวณความเข้ม รังสีเอ็กซ์ต่อเวลา (I_i^t) ของแต่ละธาตุในเป้า

(2) การหาค่า I_i^{s+t} ทำโดยนำสารตัวอย่างมาตรฐานมายังเป้า นำไปวัดความเข้มรังสีเอ็กซ์เฉพาะตัวของธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส เป็นเวลา 1800 วินาที บันทึกพื้นที่ใต้พีค นำไปคำนวณความเข้มของรังสีเอ็กซ์ (I_i^{s+t}) ของแต่ละธาตุในสารตัวอย่างมาตรฐาน

จากค่า I_i^t และค่า I_i^{s+t} นำไปคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์รวม (χ_i) จากสมการที่ 12

$$\chi_i = -\ln (I_i^{s+t} - I_i) / I_i^t$$

จากนั้นจึงนำค่า χ_i ที่คำนวณได้ไปหาค่าแก้การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ (Fi) ของธาตุในตัวอย่างตามสมการที่ 9

$$F_i = \frac{\chi_i}{[\,1 - \exp(-\chi_i \rho_m D)\,]}$$

ค. <u>การหาค่าความไวของการวิเคราะห์ (Si)</u>

จากชุดการทดลองทั้ง 4 ในหัวข้อ 2.3.4 (ก) ทำการหาค่า S_i ของการวิเคราะห์ธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ในสารมาตรฐาน ซึ่งหาได้จากสมการที่ 8

$$S_i = \frac{I_i F_i}{w_i} = \frac{I\,corr}{w_i}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.5 การตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์

แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์ ภายหลังจากทำการแก้การดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ของธาตุในสารตัวอย่าง โดยเตรียมตัวอย่างสารมาตรฐานผสมโดยผสมไอออน (III) ออกไซด์ (Fe_2O_3) , คอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (CuO) ,ซิงค์ (II) ออกไซด์ (ZnO) , แมงกานีส (IV) ออกไซด์ (MnO_2) กับแป้งมันแล้วอัดเป็นเม็ด แต่ละชุดการทดลองจะกำหนดปริมาณของออกไซด์ของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ ส่วนออกไซด์อีก 3 ตัวที่เหลือจะใส่ในปริมาณต่าง ๆ กัน นำตัวอย่างสารมาตรฐานผสมที่เตรียมได้ไปวัดรังสีเอ็กซ์ จากนั้นทำการแก้การดูดกลืนรังสี โดย E-T method เป้าที่ใช้เป็นสารผสมระหว่างออกไซด์ของโลหะทั้ง 4 ชนิด (Fe_2O_3 , CuO , ZnO , MnO_2) และแป้งมัน อัดรวมกันเป็นเม็ดด้วยเครื่องอัดเม็ด ในสัดส่วนดังนี้

สารประกอบ	น้ำหนัก(g)
Fe_2O_3	0.27320
CuO	0.11680
ZnO	0.15792
MnO_2	0.25471
แป้งมัน	0.19737
จะได้เป้าที่มีน้ำหนัก	0.94692

ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2.3.4 (ข) เพื่อหาค่า χ_i , F_i เพื่อนำไปคำนวณความแม่นยำของการวิเคราะห์ต่อไป

2.3.6 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ในตัวอย่างดิน

เตรียมสารตัวอย่างจากดินจำนวน 12 ตัวอย่าง โดยนำดินแต่ละตัวอย่างนำมาผสมกับแป้งมันให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปอัดเป็นเม็ด (ส่วนประกอบที่แน่นอน แสดงในตารางที่ 2.5) นำสารตัวอย่างไปวัดความเข้มรังสีเอ็กซ์ (I_i) ของธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส โดยทำการวัดตัวอย่างด้านหน้าและด้านหลัง จำนวน 2 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยเป็นเวลาครั้งละ 1800 วินาที บันทึกข้อมูล คำเนินการตาม E-T method ตามหัวข้อ โดยใช้เป้าชุดเดียวกับข้อ 2.3.5 จากนั้นคำนวณหาปริมาณธาตุในตัวอย่างดินจากสมการที่ 8

$$w_i = \frac{I_i F_i}{S_i} = \frac{I\ corr}{S_i}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยใช้ค่า S_i ของการวิเคราะห์แต่ละธาตุจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากข้อ 2.3.4 (ค) ส่วนค่า Fi ขึ้นกับค่า χ_i สำหรับแต่ละตัวอย่างที่จะต้องคำนวณ โดยใช้สมการที่ 12

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบของตัวอย่างดินที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส

ตัวอย่างที่	น้ำหนัก แป้งมัน (g)	น้ำหนัก ดิน (g)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอัดเม็ด (g)
1	0.70000	0.3000	0.94087
2	0.70027	0.2997	0.87646
3	0.70006	0.2999	0.93659
4	0.70023	0.2998	0.89114
5	0.69977	0.3002	0.92633
6	0.70018	0.2982	0.94557
7	0.70000	0.3000	0.95178
8	0.700106	0.2999	0.90082
9	0.70085	0.2992	0.92307
10	0.70008	0.2999	0.93541
11	0.70030	0.2997	0.93757
12	0.69983	0.3002	0.92895

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved