การหาปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

นายสุทธิพงศ์ กองสมบัติสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2531

ISBN 974-569-001-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014127

DETERMINATION OF MANGANESE CONCENTRATION IN AIR USING X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE

Mr. Suthipong Kongsombatsuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1988

ISBN 974-569-001-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์
โดย	นาย สุทธิพงศ์ กองสมบัติสุข
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา ไทรสมบูรณ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สุทธิพงศ์ กองส่มปัติสุข : การหาปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (DETERMINATION OF MANGANESE CONCENTRATION IN AIR USING X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ธัชชัย สุมิตร 136 หน้า

การหาปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ โดยใช้หัววัด HPGe ORTEC MODEL GLP-06165 และ MCA CANBERRA SERIES-40 พบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิชนิด Pu-238 1.11 GBq (30 mCi) Am-241 1.11 GBq (30 mCi) และ Cd-109 (0.74 GBq (20 mCi) คือ ใช้ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างเท่ากับ 7 มม. 7 มม. และ 5 มม. ตามลำดับ เมื่อใช้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่าง 2000 วินาที พบว่าค่าต่ำสุดของแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรนที่วิเคราะห์ได้มีค่าประมาณ 50 ไมโครกรัม โดยมีความเบี่ยงเบนของข้อมูล 0.813% 0.859% และ 0.900% ตามลำดับ แต่ถ้าใช้กระดาษกรองชนิดเซลลูโลส (Whatman เบอร์ 42) จะวิเคราะห์ค่าต่ำสุดได้ประมาณ 100 ไมโครกรัมโดยมีความเบี่ยงเบนของข้อมูล 0.645% 0.508% และ 0.975% ตามลำดับ และสรุปได้ว่าต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิชนิด Pu-238 มีความเหมาะสมมากที่สุด

ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ทั้งระบบ EDX และระบบ WDX นั้นให้ผลที่ดีเทียมกัน โดยมีระดับนัยสำคัญ 0.01 แต่ระบบ WDX จะวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสได้ต่ำกว่า คือประมาณ 10 ไมโครกรัม และเมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างระหว่างเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์กับวิธีอะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี ให้ผลที่ดีเทียมกัน

จากการออกเก็บตัวอย่างอากาศในโรงงานถ่านไฟฉายนั้น สามารถตรวจพบค่าความเข้มข้นของแมงกานีสโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.04 ถึง 47.50 มก./ลบ.ม.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

SUTHIPONG KONGSOMBATSUK : DETERMINATION OF MANGANESE CONCENTRATION IN AIR USING X-RAY FLUORESCENCE TECHNIQUE, THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. TATCHAI SUMITRA, Dr. Ing. 136 pp.

Determination of manganese concentration in air was done by collecting samples on filter. The Energy Dispersive x-ray fluorescence (EDX) analysis was done by using HPGe detector (ORTEC GLP-06165) with an MCA (CANBERRA SERIES-40). Three exciting sources were used, i.e., 1.11 GBq (30 mCi) Pu-238 1.11 GBq (30 mCi) Am-241 and 0.74 GBq (20 mCi) Cd-109. The optimum distance between these sources and samples were found to be 7, 7 and 5 mm, respectively. The limit of detection of Mn on membrane filter was found to be 50 µg with deviation of 0.813%, 0.859% and 0.900% using the 3 sources. The limit of detection of Mn on cellulose (Whatman # 42) was found to be 100 µg with deviation of 0.645%, 0.508% and 0.975% respectively. The Pu-238 source was found to be the most appropriate source for this analysis.

Comparison between the EDX method of analysis and WDX, using JSX-60 PA showed that both system would give the same results with 0.01 of significance level. The same could be said when comparing the x-ray fluorescence technique with atomic absorption spectrophotometry.

Field test in a dry-cell battery factory gave the values of Mn in air in the range of 0.04 to 47.5 mg/m^3 by EDX method.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินงานทุกขั้นตอน ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ. ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณบัญชา อุนพานิช เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอิเลคทรอนิคภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มีส่วนช่วยในการทำอุปกรณ์ปั๊มดูดอากาศสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

ขอขอบคุณ คุณเรวัฒน์ เหล่าไพบูลย์ ที่มีส่วนช่วยในด้านการออกเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณเฉลิมเดช เฉลิมลาภอัศดร ที่มีส่วนช่วยในด้านการออกเก็บตัวอย่างภาคสนาม

ขอขอบคุณ คุณวนิดา จีนศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณ คุณธีรพล คังคะเกตุ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยวิธีอะตอมมิคแอบสอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยและสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยเหลือในด้านเงินทุนในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณศุภชัย อาลัยจิตต์ ที่มีส่วนช่วยในด้านการพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณชวัญยืน เวสพันธ์ ที่ได้ให้กำลังใจตั้งแต่ต้นด้วยดีตลอดมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้..... 4

1.6 คำนิยามที่สำคัญ..... 4

2. แมงกานีส..... 6

2.1 แหล่งกำเนิดของแมงกานีสในสิ่งแวดล้อม..... 6

2.2 คุณสมบัติที่สำคัญของแมงกานีส..... 7

2.3 การนำแมงกานีสมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม..... 7

2.4 ความจำเป็นของแมงกานีสต่อร่างกายมนุษย์..... 8

2.5 ทางที่แมงกานีสเข้าสู่ร่างกาย..... 9

2.6 การสะสมและการแพร่กระจายของแมงกานีสในร่างกาย... 10

2.7 การแพ้พิษแมงกานีส..... 11

2.8 การขับถ่ายแมงกานีสออกจากร่างกาย..... 14

สารบัญ (ต่อ)

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อความรุนแรงของการแพ้พิษแมงกานีส..... 14
2.10 บุคคลที่เสี่ยงต่อการได้รับพิษของแมงกานีส..... 15
2.11 ผลกระทบของแมงกานีสที่มีต่อชุมชนทั่วไป..... 16
2.12 การควบคุมและป้องกัน..... 17
2.13 มาตรฐานของแมงกานีสในสถานประกอบการ..... 19
2.14 การผลิตถ่านไฟฉาย..... 20
3. เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์..... 30
3.1 การวิเคราะห์ธาตุโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์..... 30
3.2 ระบบการวิเคราะห์ธาตุโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์.... 32
3.3 การจัดระบบการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์.. 35
3.4 เทคนิคการวิเคราะห์ปริมาณ..... 36
4. วัสดุอุปกรณ์และการดำเนินการวิจัย..... 39
4.1 วัสดุอุปกรณ์..... 39
4.2 การดำเนินการวิจัย..... 50
5. ผลของการวิจัย..... 57
5.1 ผลการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบระบบ EDX..... 57
5.2 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานเพื่อสร้างเป็นกราฟปรับเทียบ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบระบบ EDX..... 59
5.3 ผลการวิเคราะห์สารมาตรฐานเพื่อสร้างเป็นกราฟปรับเทียบ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบระบบ WDX..... 68
5.4 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานถ่านไฟฉาย โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบ EDX..... 72

สารบัญ (ต่อ)

5.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างที่เก็บจากโรงงานถ่านไฟฉายโดยเทคนิคการวิเคราะห์แบบต่างๆ 78
5.6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างที่เก็บโดยใช้กระดาษกรองต่างชนิดกันเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวบุคคลในบริเวณเดียวกันและเวลาเดียวกัน 86
5.7 ผลการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ 91
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 95
6.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 95
6.2 ข้อเสนอแนะ 99
บรรณานุกรม 101
ภาคผนวก ก. วิธีอะตอมมิคแอบสอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี 104
ภาคผนวก ข. ตารางและวิธีการคำนวณ 132
ประวัติผู้เขียน 136

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

2.1 ความเข้มข้นของแมงกานีสในเนื้อเยื่อร่างกายมนุษย์..... 12
5.1 แสดงค่าการหาระยะระหว่างแหล่งกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง.... 57
5.2 แสดงค่าเมื่อใช้เวลาวิเคราะห์ต่างๆกันกับเปอร์เซนต์ความ
เบี่ยงเบนสำหรับกระดาษกรองชนิดเมมเบรน..... 58
5.3 แสดงค่าเมื่อใช้เวลาวิเคราะห์ต่างๆกันกับเปอร์เซนต์ความ
เบี่ยงเบนสำหรับกระดาษกรองชนิดเซลลูโลส..... 59
5.4 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษ
กรองกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์
โดยระบบ EDX..... 60
5.5 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษ
กรองกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง วิเคราะห์
โดยระบบ EDX..... 64
5.6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษ
กรองชนิดเมมเบรนกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง
วิเคราะห์โดยระบบ WDX..... 68
5.7 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษ
กรองชนิดเซลลูโลสกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง
วิเคราะห์โดยระบบ WDX..... 70
5.8 แสดงผลของการหาปริมาฒความเข้มข้นของแมงกานีสโดยใช้
Pu-238 30 mCi..... 72
5.9 แสดงผลของการหาปริมาฒความเข้มข้นของแมงกานีสโดยใช้
Am-241 30 mCi..... 73

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่

5.10 แสดงผลของการหาปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสโดยใช้ Cd-109 20 mCi..... 74

5.11 เปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในอากาศจากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ แบบระบบ EDX แยกตามกระบวนการผลิต..... 76

5.12 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานถ่านไฟฉาย..... 78

5.13 แสดงค่าการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศโดยใช้สถิติทดสอบ t-test..... 84

5.14 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างที่เก็บโดยใช้กระดาษกรองต่างชนิดกันเก็บตัวอย่างแบบติดกับตัวบุคคลในบริเวณเดียวกัน และเวลาเดียวกัน..... 87

5.15 แสดงผลของการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานที่วัดได้..... 91

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 แสดงขั้นตอนของการผลิตถ่านไฟฉาย..... 24
3.1 แผนภาพแสดงการแทนที่ของอิเลคตรอนที่ทำให้เกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว..... 31
3.2 ภาพแสดงระบบวิเคราะห์ธาตุด้วยพลังงานของรังสีเอกซ์เรืองแสง.... 33
3.3 แผนภูมิของระบบวัดรังสีเอกซ์เรืองแบบ WDX..... 35
3.4 การจัดระบบวิเคราะห์แบบ coaxial geometry..... 36
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตรานับรังสีเอกซ์เรืองกับเปอร์เซนต์ความเข้มข้นของธาตุในสารมาตรฐาน..... 37
4.1 คลับใส่กระดาษกรองชนิด 3 ชั้น..... 40
4.2 ปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล..... 40
4.3 ชุดอุปกรณ์การตรวจเทียบอัตราการไหลของอากาศ..... 41
4.4 ลักษณะต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปรังสี..... 42
4.5 ชั้นวางตัวอย่าง (sample holder)..... 43
4.6 ชุดท่อพลาสติกใส..... 43
4.7 เครื่องและแผนภาพการวิเคราะห์แบบ EDX หัววัด HPGe..... 44
4.8 เครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA... 45
4.9 แสดงส่วนประกอบของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA..... 46
4.10 หลอดต้นกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดหน้าต่างด้านข้างซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดรังสีปฐมภูมิ..... 47
4.11 แผนผังของเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ของ JEOL model JSX-60 PA..... 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.12 เครื่องวิเคราะห์วิธีอะตอมมิคแอบสอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี ของ PERKIN ELMER 4000 49
4.13 ชุดเก็บตัวอย่างแบบติดตัวบุคคล 54
4.14 แสดงตำแหน่งบริเวณที่เก็บตัวอย่างอากาศภายในโรงงานถ่านไฟฉาย 56
5.1 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Pu-238 30mCi และหัววัด HPGe 61
5.2 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Am-241 30mCi และหัววัด HPGe 62
5.3 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Cd-109 20mCi และหัววัด HPGe 63
5.4 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Pu-238 30mCi และหัววัด HPGe 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.5 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Am-241 30mCi และหัววัด HPGe..... 66

5.6 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX ใช้ Cd-109 20mCi และหัววัด HPGe..... 67

5.7 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรนกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ WDX..... 69

5.8 กราฟปรับเทียบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาฒแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลสกับปริมาฒความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ WDX..... 71

5.9 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยของแมงกานีสในอากาศจากการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบระบบ EDX โดยใช้ Pu-238 Am-241 และ Cd-109 หัววัด HPGe..... 77

5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Pu-238 กับ AAS..... 80

5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Am-241 กับ AAS..... 81

5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Cd-109 กับ AAS..... 82

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่

5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ WDX กับ AAS..... 83

5.14 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างที่เก็บโดยใช้กระดาษกรองต่างชนิดกัน เก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับบุคคลในบริเวณเดียวกัน และเวลาเดียวกัน วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แบบระบบ WDX..... 89

5.15 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในอากาศจากตัวอย่างที่เก็บโดยใช้กระดาษกรองต่างชนิดกัน เก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับบุคคลในบริเวณเดียวกัน และเวลาเดียวกัน วิเคราะห์โดยวิธี AAS..... 90

5.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานของแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเมมเบรน จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีกับห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 93

5.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานของแมงกานีสบนกระดาษกรองชนิดเซลลูโลส จากการเตรียมในห้องปฏิบัติการภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีกับห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 94