



## บทที่ 4

### ผลของการวิจัย

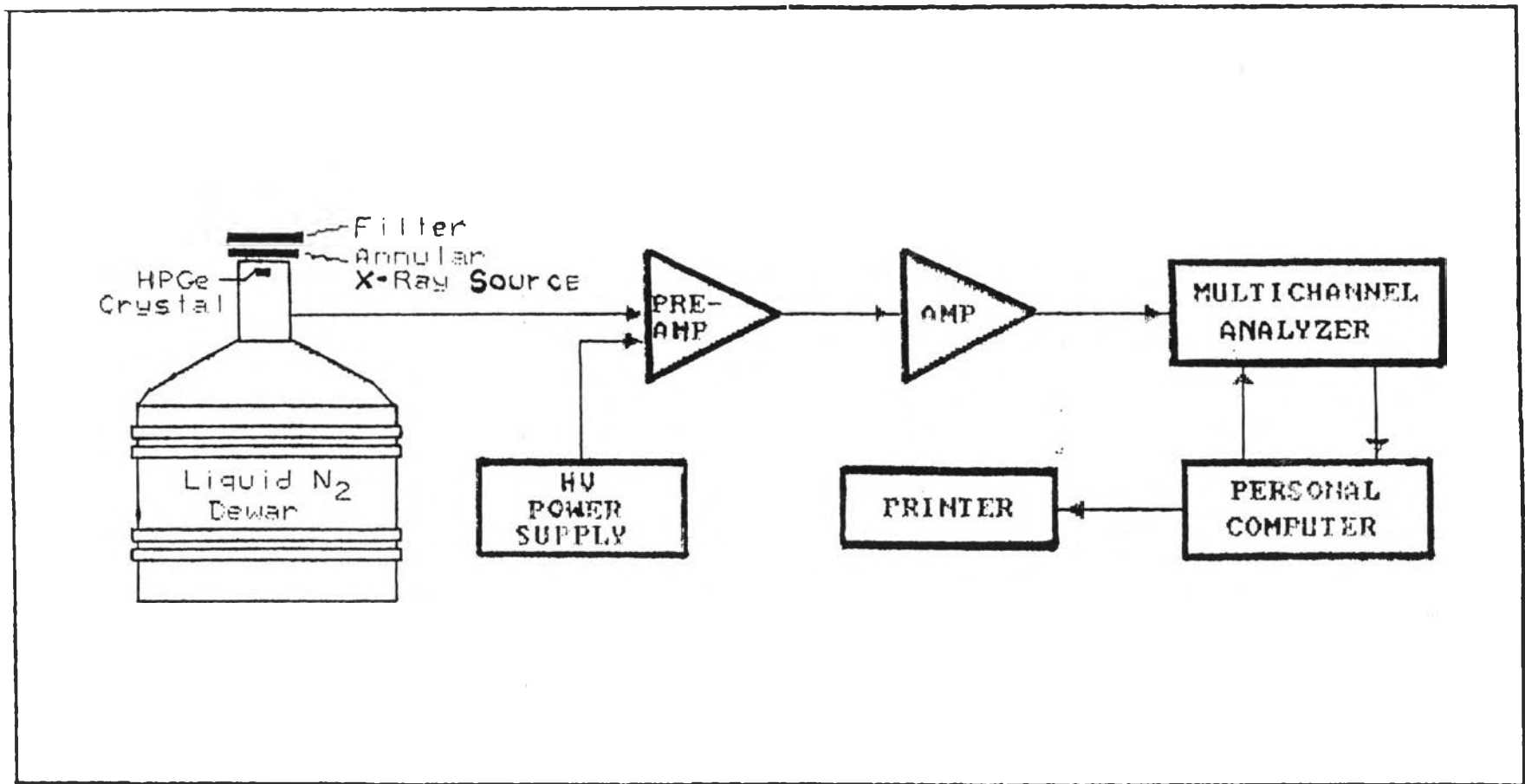
#### 4.1 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

4.1.1 การเลือกชนิดกระดาษกรอง กระดาษกรองที่นำมาเลือกใช้ในการเก็บตัวอย่างอากาศมี 2 ชนิดคือกระดาษกรองเซลลูโลส(Whatman เบอร์ 42) และกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้จะต้องย่อยตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี กระดาษกรองทั้งสองนี้สามารถย่อยสลายด้วยกรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริกได้ดี ส่วนกระดาษกรองใยแก้ว GF/A(Whatman) นั้นย่อยสลายลำบาก นอกจากนั้นรูกระดาษกรองก็ใหญ่เกินไปสำหรับการเก็บตัวอย่างที่เป็น Fume จึงไม่นำมาใช้

4.1.2 การเลือกต้นกำเนิดรังสี ในการวัดหาปริมาณของตะกั่วโดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์นั้น รังสีเอกซ์ที่ศึกษาคือ  $L_{\alpha}$  X-ray ซึ่งมีพลังงาน 10.5 keV เพราะสามารถเห็นพีค(peak) ได้ชัดเจนกว่า  $K_{\alpha}$  X-ray ซึ่งมีพลังงาน 88 keV (เนื่องจากหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงที่ใช้ในการวิจัยนี้มีประสิทธิภาพดีในช่วงพลังงานต่ำ)

ผลการเลือกต้นกำเนิดรังสี ปรากฏว่าต้นกำเนิดรังสีที่ควรนำมาพิจารณาสำหรับเลือกใช้วัดพลังงาน 10.5 keV ของตะกั่ว คือ ต้นกำเนิดรังสี Pu-238 และ Am-241 ส่วน Cd-109 ไม่เหมาะจะใช้วัดพลังงานของตะกั่ว เนื่องจากบริเวณพลังงาน 10.5 keV จะมี escape peak ของรังสีกระเจิงแบบคอมพ์ตัน(Compton scattered peak) จากรังสีเอกซ์ปฐมภูมิมิพลังงาน 22.1 keV ( $Ag K_{\alpha}$ )

4.1.3 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่างกับต้นกำเนิดรังสี ได้ทำการทดลองโดยใช้กระดาษกรองเมมเบรนและกระดาษกรองเซลลูโลส ที่มีปริมาณและมาตรฐานตะกั่ว 1000 ไมโครกรัม โดยจัดระบบการวัดเป็นแบบโคแอกเซียล ให้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ติดกับหัววัด ดังรูปที่ 4.1 และใช้ต้นกำเนิดรังสี Pu-238 ความแรงรังสี 1.11 GBq ซึ่งให้พลังงาน 13.6-20 keV (U L X-rays) และต้นกำเนิดรังสี Am-241 ความแรงรังสี



รูปที่ 4.1 แผนผังระบบการวัดแบบ EDX ของหัววัด HPGe

1.11 GBq ให้พลังงาน 13.7-20.8 KeV (Np L X-rays) วัดค่า  $L_{\alpha}$  X-ray ของตะกั่ว ซึ่งมีพลังงาน 10.5 keV ใช้เวลาในการวัด 900 วินาที ได้ผลดังค่าแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างซึ่งเป็นกระดาษกรองเมมเบรน

ระยะห่างระหว่าง ต้นกำเนิดรังสีกับ สารมาตรฐาน (มม.)	ปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/900 วินาที)	
	Pu-238	Am-241
1	7945	1291
2	11665	4508
3	24643	7713
4	30395	9872
5	35176	10865
6	38360	12473
7	39403	13148
8	38660	13368
9	38308	13428
10	37108	13893
11	35321	13287
12	-	13049
13	-	12929
14	-	12156
15	-	11791
16	-	11233

หมายเหตุ :- การวัดนี้เป็นการวัดครั้งเดียว

ตารางที่ 4.2 ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างซึ่งเป็นกระดาดากรองเซลลูโลส

ระยะห่างระหว่าง ต้นกำเนิดรังสีกับ สารมาตรฐาน (มม.)	ปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/900 วินาที)	
	Pu-238	Am-241
1	8279	1074
2	11378	4352
3	27077	9132
4	34096	11337
5	40575	11857
6	42392	13435
7	44640	14475
8	44128	14844
9	43232	14921
10	41783	15427
11	39336	15016
12	-	14287
13	-	14275
14	-	13948
15	-	12998
16	-	12199

หมายเหตุ :- การวัดนี้เป็นการวัดครั้งเดียว

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 ได้เงื่อนไขว่าระยะจากต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หัตถะแก้ว ควรจะเป็นดังนี้ คือ

ก. กระดาดากรองเมมเบรน

ระยะจากต้นกำเนิดรังสี Pu-238 ถึงตัวอย่างที่วิเคราะห์ 7 มม.

ระยะจากต้นกำเนิดรังสี Am-241 ถึงตัวอย่างที่วิเคราะห์ 10 มม.

ข. กระดาดากรองเซลลูโลส

ระยะจากต้นกำเนิดรังสี Pu-238 ถึงตัวอย่างที่วิเคราะห์ 7 มม.

ระยะจากต้นกำเนิดรังสี Am-241 ถึงตัวอย่างที่วิเคราะห์ 10 มม.

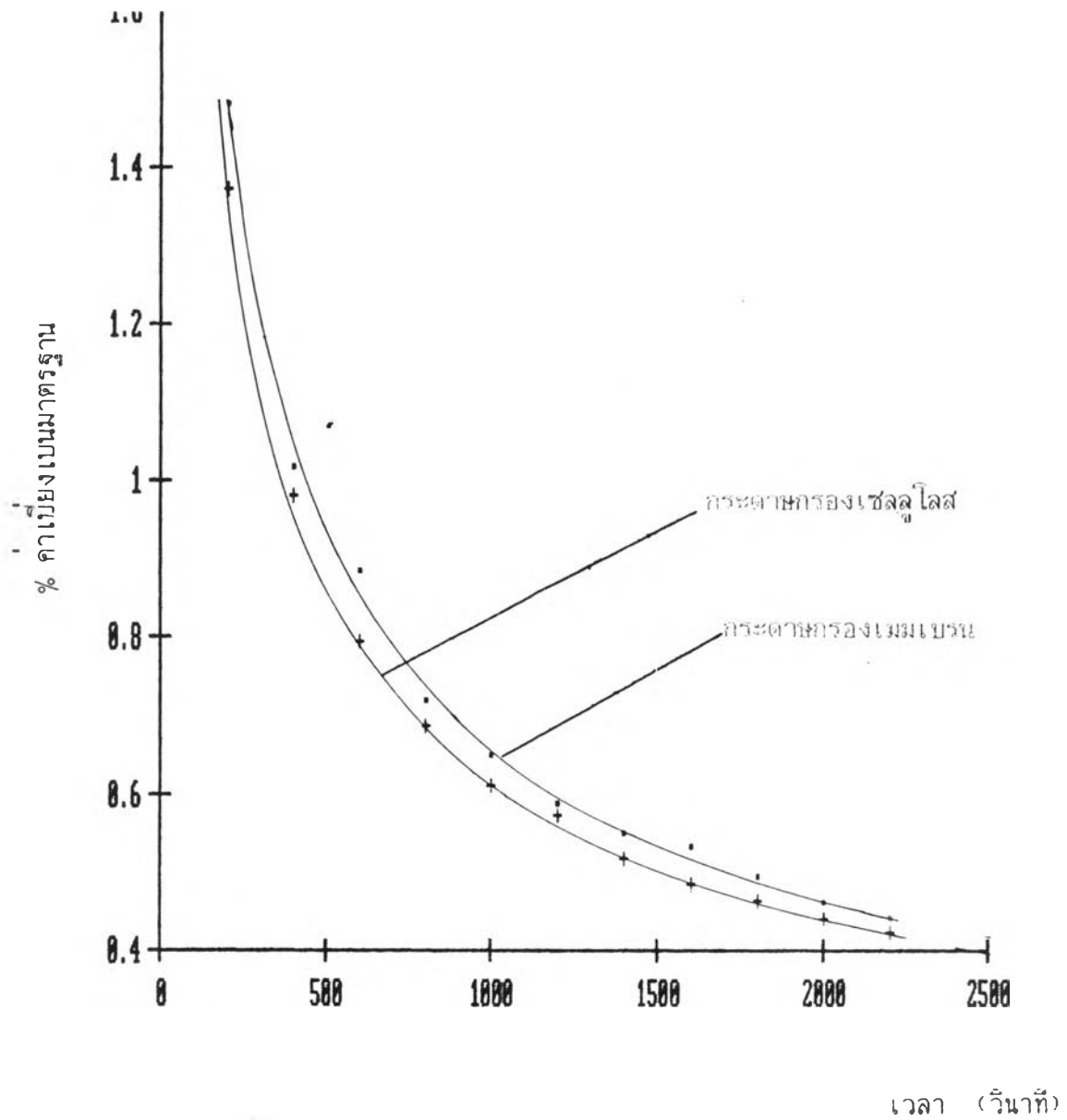
#### 4.1.4 การหาเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีเอกซ์เรียงจากตัวอย่าง

ได้ทำการทดลองโดยใช้กระดาศกรองทั้งแบบเมมเบรน และเซลลูโลสซึ่งมีสารมาตรฐานตะกั่วความเข้มข้น 1000  $\mu\text{g}$  ใช้ต้นกำเนิดรังสี Pu-238 และ Am-241 โดยใช้เงื่อนไขจากตารางที่ 4.1 และ 4.2 เลือกเวลาที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ต่ำกว่า 1% สำหรับ 1000  $\mu\text{g}$  และไม่เกิน 15% สำหรับ 20  $\mu\text{g}$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2000 วินาทีสำหรับต้นกำเนิดรังสี Pu-238 และ 6000 วินาทีสำหรับต้นกำเนิดรังสี Am-241 ตามลำดับ ได้ผลดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.2 ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการวิเคราะห์กับเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อใช้ Pu-238 เป็นต้นกำเนิดรังสี

เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (วินาที)	กระดาศกรองเมมเบรน		กระดาศกรองเซลลูโลส	
	จำนวนนับ	%ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนนับ	%ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
200	9533	1.4768	9848	1.3716
400	17249	1.0150	19421	0.9799
600	25464	0.8825	28862	0.7928
800	34817	0.7158	38003	0.6858
1000	43273	0.6474	48595	0.6091
1200	52293	0.5842	57987	0.5711
1400	60338	0.5472	68269	0.5156
1600	67724	0.5282	77334	0.4822
1800	76155	0.4911	85894	0.4615
2000	85101	0.4570	96164	0.4385
2200	93502	0.4378	105410	0.4222

สำหรับ 20 ไมโครกรัมของตัวอย่างตะกั่ว เมื่อใช้เวลา 2000 วินาที ได้ผลดังนี้  
 กระดาศกรองเมมเบรน ได้ค่า % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.4013  
 กระดาศกรองเซลลูโลส ได้ค่า % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.2773



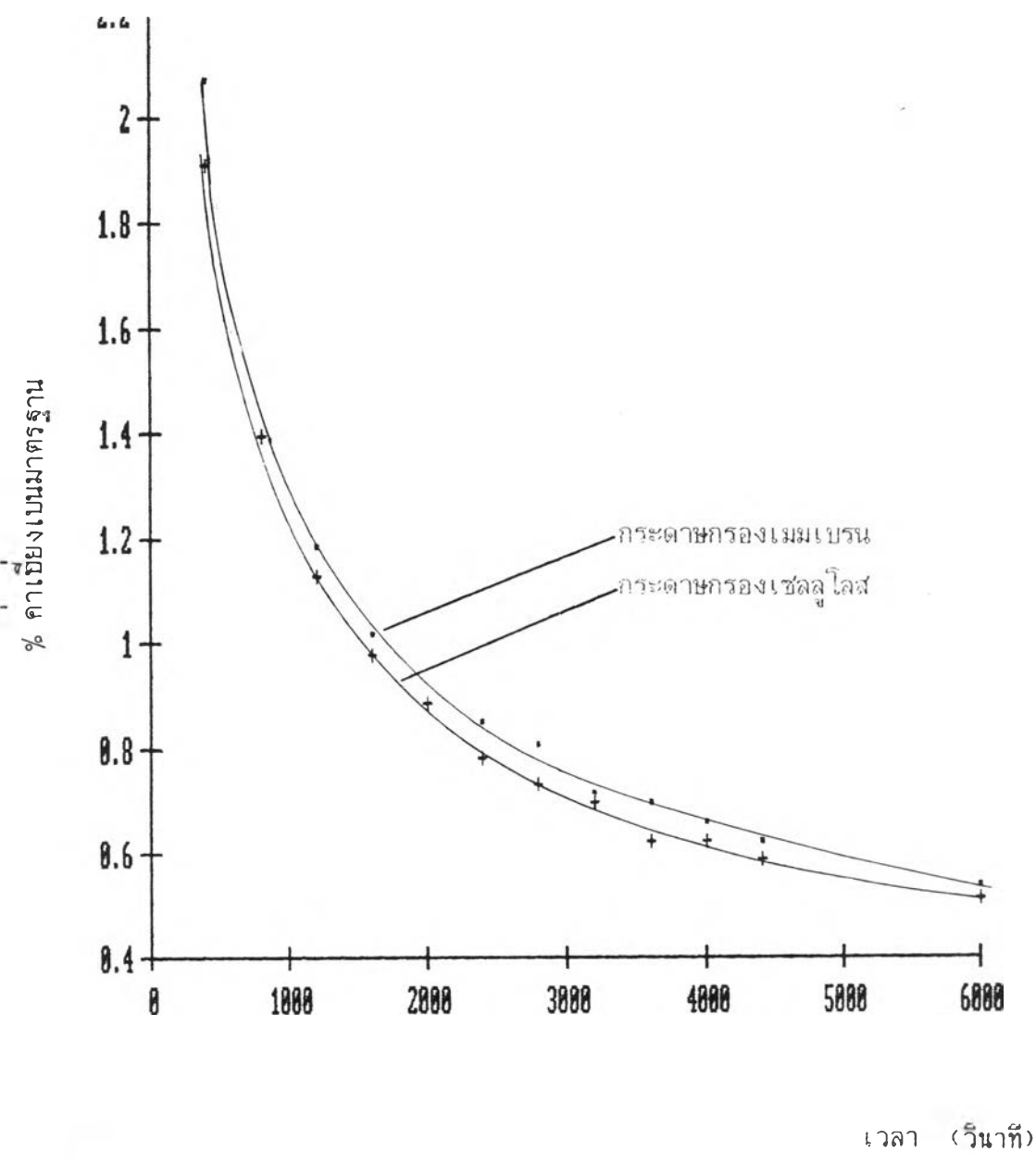
รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการนับรังสีกับ % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Pu-238

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการวิเคราะห์กับเปอร์เซ็นต์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (วินาที)	กระดาษกรองเมมเบรน		กระดาษกรอง.เซลลูโลส	
	จำนวนนับ	%ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	จำนวนนับ	%ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
400	6093	2.067	7070	1.9089
800	12399	1.3932	13638	1.3898
1200	18220	1.1792	20776	1.1265
1600	24542	1.0120	27584	0.9760
2000	30941	0.8894	34144	0.8839
2400	36603	0.8445	41572	0.7784
2800	42523	0.8029	47956	0.7284
3200	49592	0.7086	54914	0.6947
3600	54968	0.6933	62675	0.6195
4000	61128	0.6556	69054	0.6191
4400	67258	0.6176	75936	0.5864
6000	91359	0.5318	101940	0.5101

สำหรับ 20 ไมโครกรัมของตัวอย่างตะกั่ว เมื่อใช้เวลา 6000 วินาที ได้ผลดังนี้  
 กระดาษกรองเมมเบรน ได้ค่า % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 14.4565  
 กระดาษกรองเซลลูโลส ได้ค่า % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 13.7937

หมายเหตุ : ถ้าต้องการให้เปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนต่ำกว่านี้ต้องเพิ่มเวลาในการวัดมากขึ้น



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการนับรังสีกับ % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Am-241



#### 4.2 การสร้างกราฟเปรียบเทียบ

ในการทดลองได้ใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงและเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง  
MCA CANBERRA SERIES 40 โดยปรับตั้งเครื่องดังนี้

ADC Gain	=	8192
Coarse Gain	=	10
Fine Gain	=	10.8
Amplifier Gain	=	10 X 3
ULD	=	5 V
LLD	=	3 V

วัดสารมาตรฐานโดยใช้เงื่อนไขและเวลาที่เหมาะสมของกระดาศกรองเมมเบรน  
และกระดาศกรองเซลลูโลสได้ดังนี้

##### 4.2.1 กราฟเปรียบเทียบสำหรับกระดาศกรองเมมเบรน

เมื่อใช้ : Pu-238 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงสารมาตรฐาน 7 มม.

เวลาที่เหมาะสม 2000 วินาที

เมื่อใช้ : Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

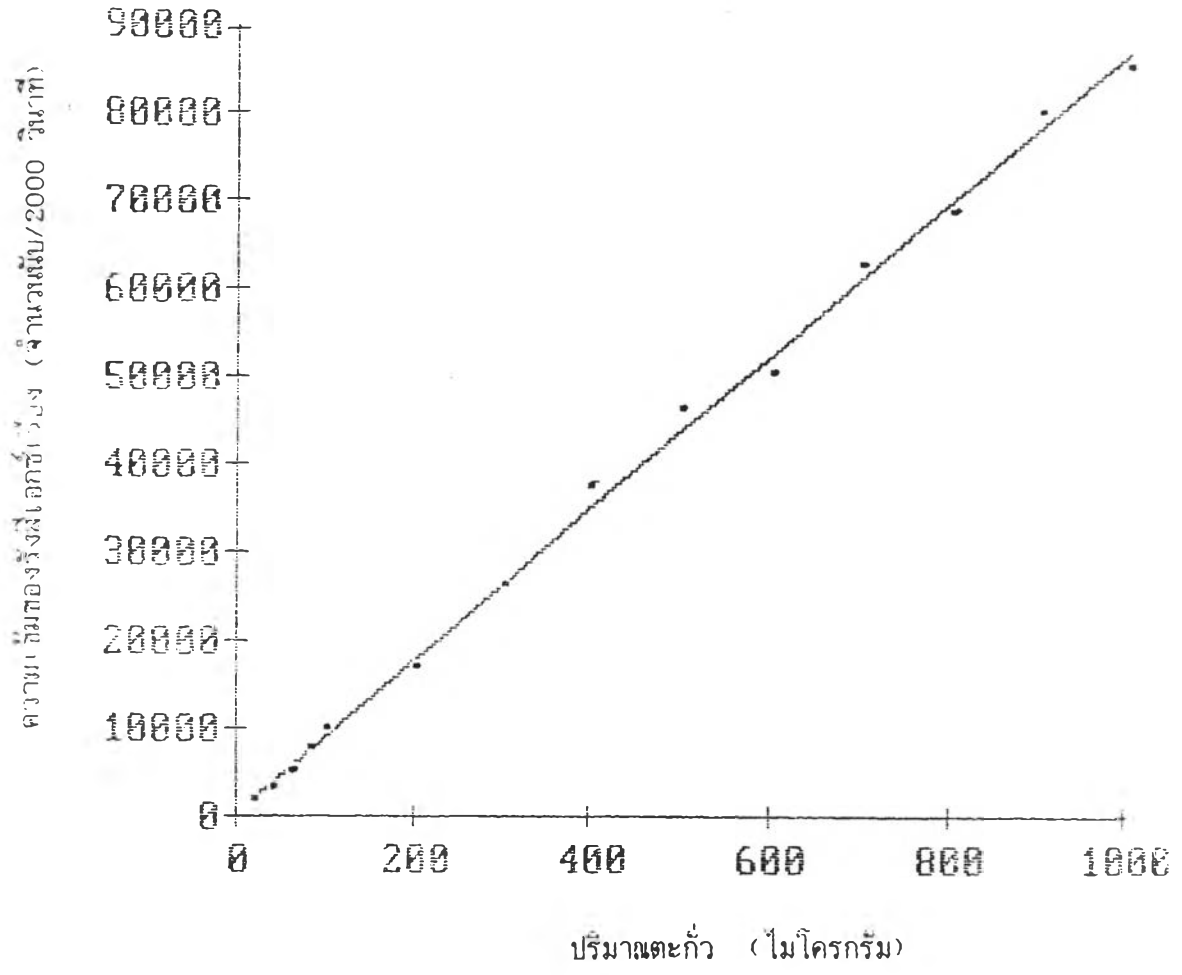
ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงสารมาตรฐาน 10 มม.

เวลาที่เหมาะสม 6000 วินาที

ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.4 และตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับ  
 ปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรอองระบบ EDX มี Pu-238  
 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ความเข้มชั้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรออง (จำนวนนับ/2000 วินาที)
20	1726
40	3140
60	5013
80	7409
100	9600
200	16712
300	25863
400	37249
500	46124
600	49998
700	62411
800	68453
900	79821
1000	84861



รูปที่ 4-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เรื่อระบบ EDX โดยใช้ Pu-329 เป็นต้นกำเนิดรังสี

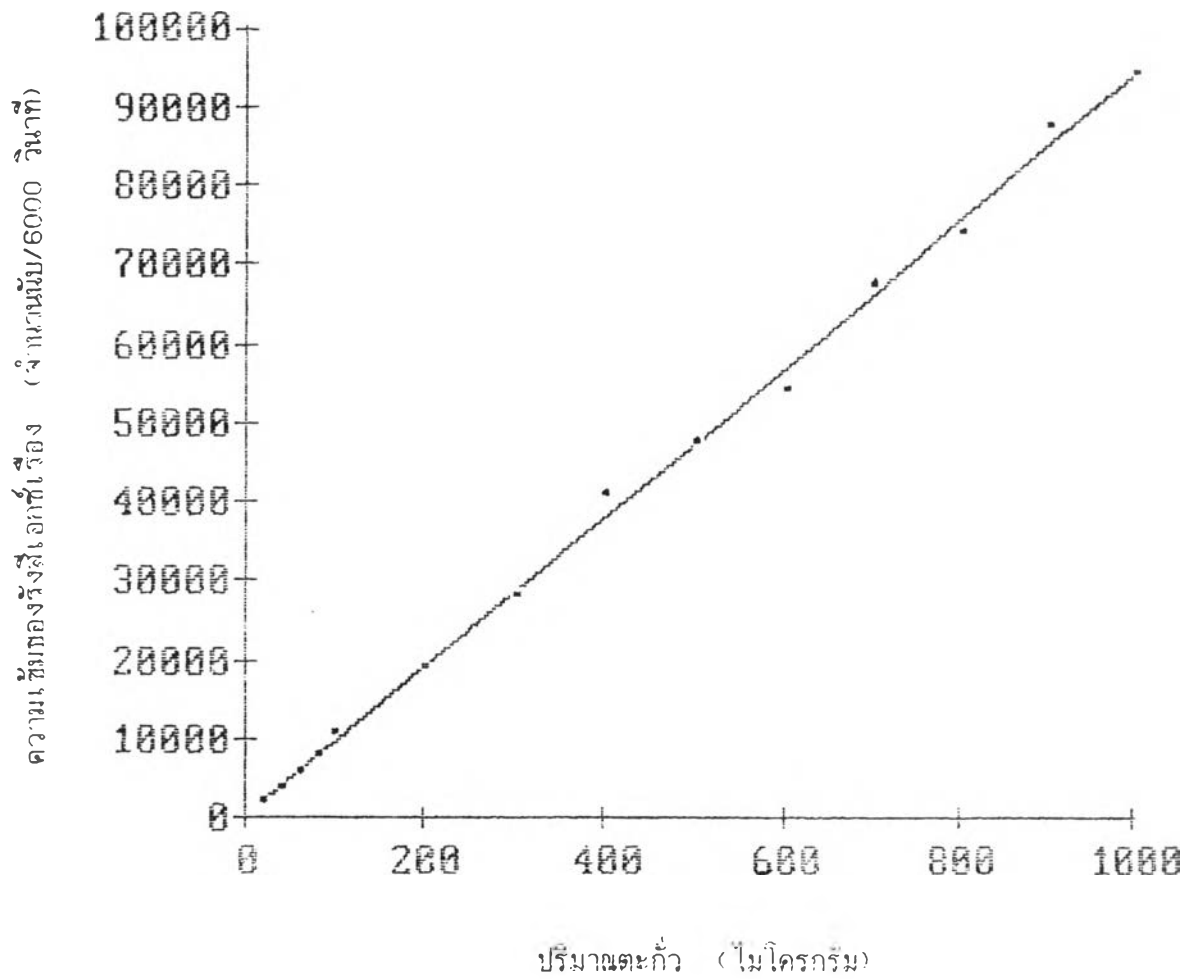
$$y = 86.4950 (x) + 392.7619$$

$$r = 0.9987$$



ตารางที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณ  
ความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองระบบ EDX มี Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/6000 วินาที)
20	1909
40	3389
60	5568
80	7512
100	10237
200	18580
300	27782
400	40486
500	47200
600	53608
700	66691
800	73468
900	86935
1000	93582



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เครื่องระบบ EDX โดยใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

$$y = 93.9539 (x) + 100.7136$$

$$r = 0.9990$$

4.2.2 กราฟเปรียบเทียบสำหรับกระดาดกรองเซลลูโลส

เมื่อใช้ Pu-328 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงสารมาตรฐาน 7 มม.

เวลาที่เหมาะสม 2000 วินาที

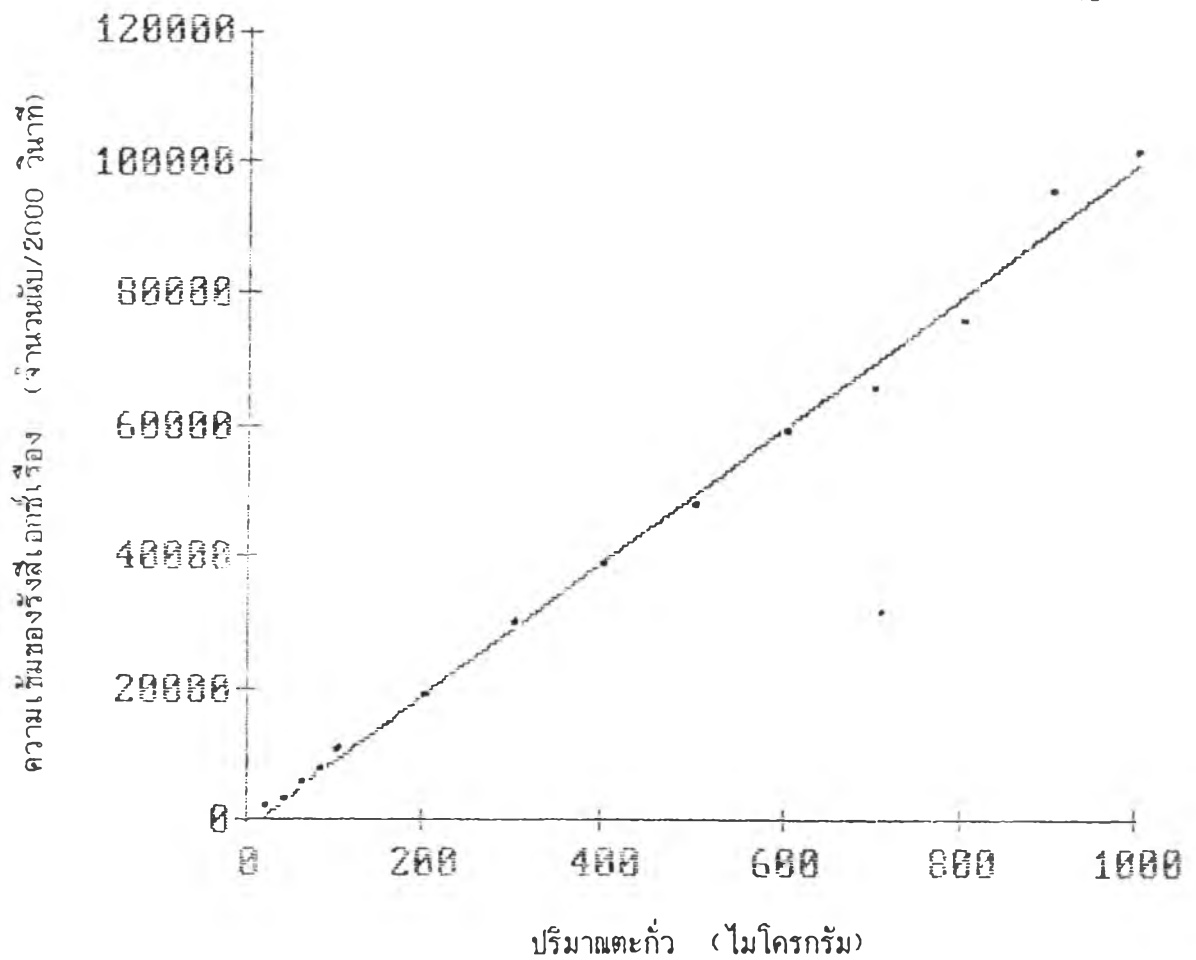
เมื่อใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ระยะจากต้นกำเนิดรังสีถึงสารมาตรฐาน 10 มม.

เวลาที่เหมาะสม 6000 วินาที

ตารางที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาดกรองเซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรอองระบบ EDX มี Pu-328 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรออง (จำนวนนับ/2000 วินาที)
20	1436
40	2578
60	5235
80	6889
100	9861
200	18343
300	29344
400	38239
500	47070
600	58571
700	64981
800	75481
900	95028
1000	101090



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เครื่องระบบ EDX โดยใช้  $Pu-238$  เป็นคัมกัวเนตรังสี

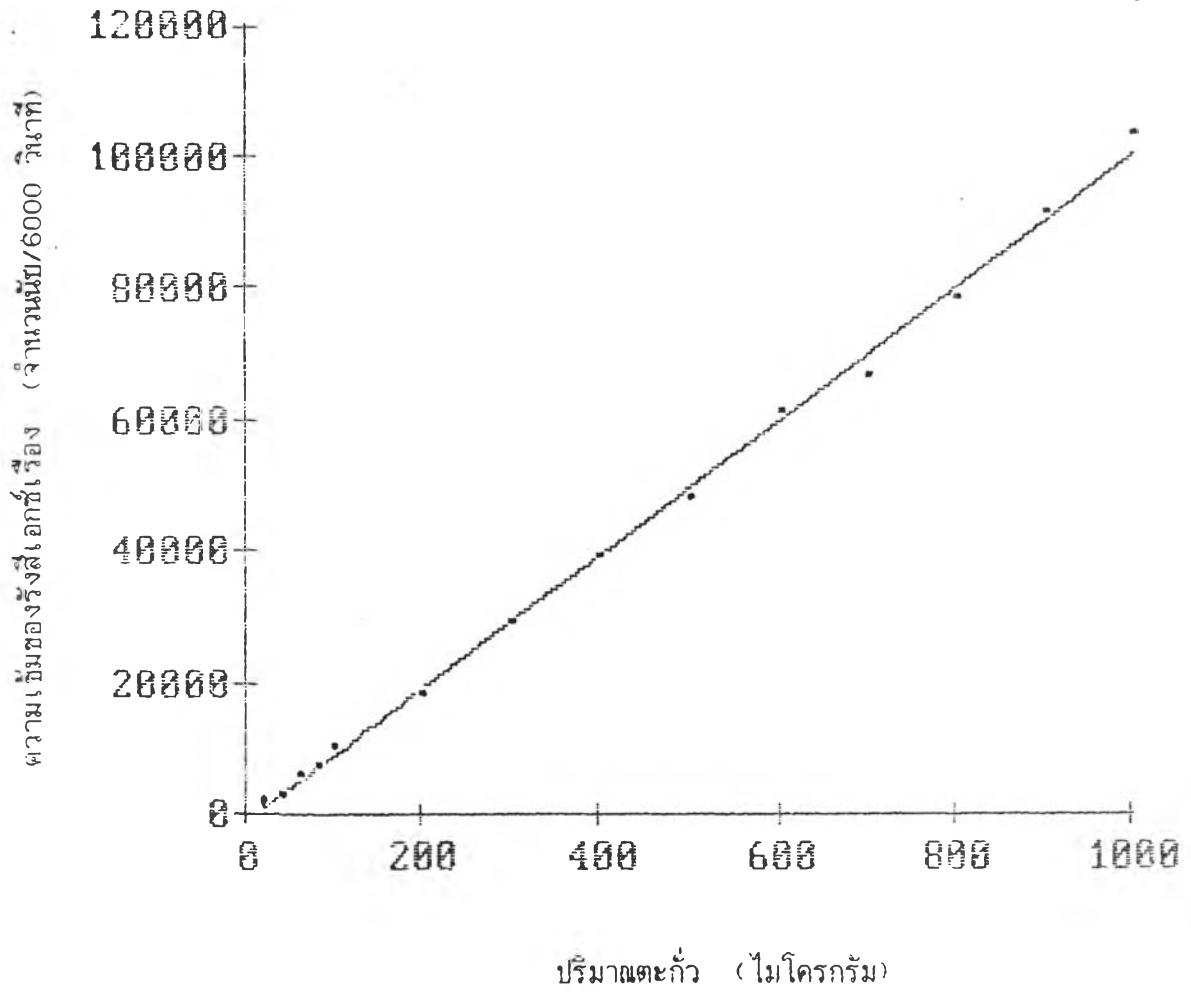
$$y = 100.7589(x) - 1441.4149$$

$$r = 0.9976$$

ตารางที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเซลลูโลสกับปริมาณ  
ความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองระบบ EDX มี Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/6000 วินาที)
20	1638
40	2758
60	5478
80	6947
100	9768
200	17700
300	28838
400	38654
500	47713
600	60190
700	65996
800	77855
900	90782
1000	102681





รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เครื่องระบบ EDX โดยใช้ Am-241 เป็นต้นกำเนิดรังสี

$$y = 101.0300 (x) - 1348.0627$$

$$r = 0.9990$$



จากการทดลองหาเวลา และความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์เรียงกับความเข้มชั้นของตะกั่วบนกระดาดากรองเมมเบรนและกระดาดากรองเซลลูโลส ถ้าวัดโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Pu-238 จะใช้เวลาน้อยกว่าวัดโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Am-241 เพราะเหตุว่าในการใช้ต้นกำเนิดรังสี Am-241 วัดความเข้มชั้นของตะกั่วโดยห้ววัดเจอร์มาเนียมจะต้องใช้แผ่นทองแดง shield ต้นกำเนิดรังสี Am-241 เมื่อมีความแรงรังสีเท่ากันไม่เช่นนั้นห้ววัดรังสีจะเกิดการช็อค และค่า dead time จะสูง

ดังนั้นต้นกำเนิดรังสีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัดความเข้มชั้นของตะกั่ว คือ Pu-238 เพราะสามารถวัดได้โดยไม่มีธาตุอื่นมารบกวนเหมือนต้นกำเนิดรังสี Cd-109 และใช้เวลาในการวัดน้อยกว่าต้นกำเนิดรังสี Am-241 ด้วยเหตุผลดังกล่าวในการวัดตัวอย่างที่เตรียมในห้องปฏิบัติการและตัวอย่างที่เก็บในภาคนามจึงเลือกใช้เฉพาะต้นกำเนิดรังสี Pu-238 เพียงอย่างเดียว

#### 4.3 การวิเคราะห์สารมาตรฐานบนกระดาดากรองโดยเทคนิคการเรียงรังสีเอกซ์ในระบบ WDX

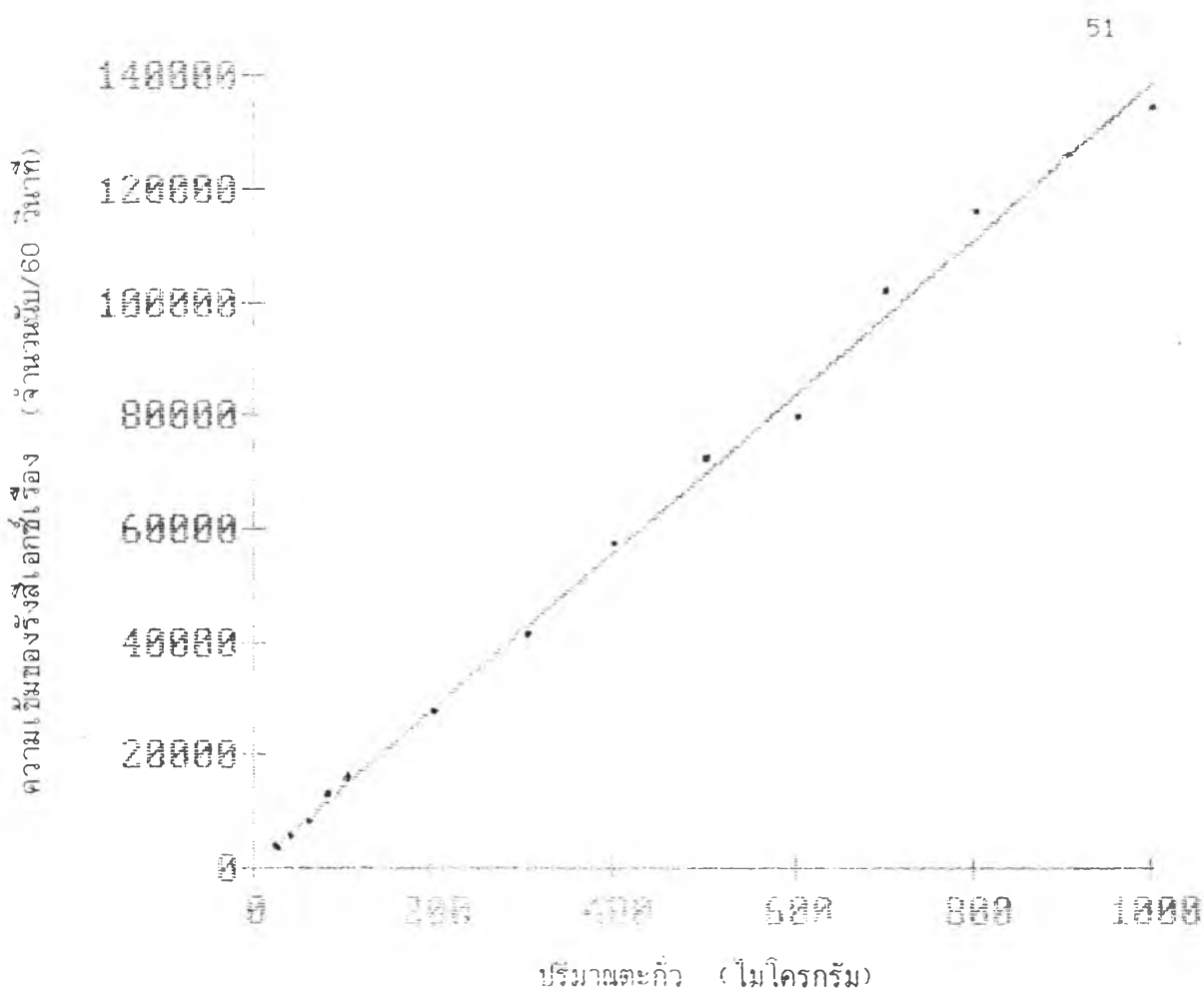
ในการวัดสารมาตรฐานเพื่อนำมาสร้างกราฟเปรียบเทียบได้ใช้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

X-ray tube	=	Rh target side window
Crystal	=	Li F (200)
Peak (2 $\theta$ )	=	28.26°
background	=	$\pm$ 1.0°
Detector	=	Scintillation NaI (TI)
H.V.	=	1.0 kV
Coarse Gain	=	32
Fine Gain	=	1
Channel Center	=	4.0 V
Channel width	:	4.25 V
Goniometer path	:	Vacuum
Power	:	40 kV 30 mA (กระดาดากรองเซลลูโลส)
	:	40 kV 20 mA (กระดาดากรองเมมเบรน)

4.3.1 กราฟเปรียบเทียบสำหรับสารมาตรฐานที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรน ได้  
ผลการทดลองดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณ  
ความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองระบบ WDX

ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/60 วินาที)
20	2946
40	5309
60	7594
80	12336
100	14745
200	26963
300	40278
400	56294
500	71652
600	78912
700	100691
800	115607
900	125339
1000	133734



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณความเข้มข้นของรังสีเอกซ์เครื่องระบบ WDX

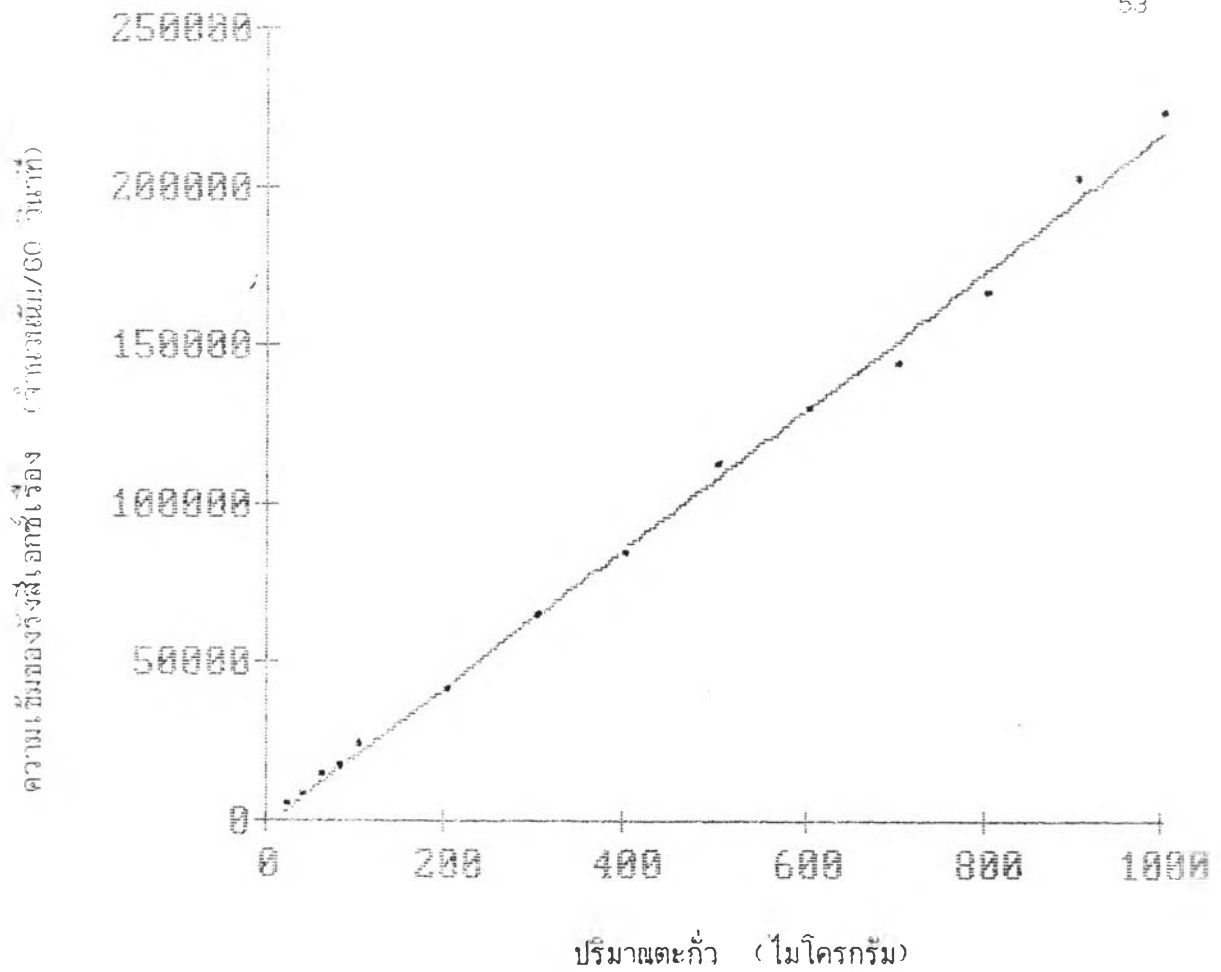
$$y = 138.3548 (x) + 269.9682$$

$$r = 0.9995$$

4.3.2 กราฟเปรียบเทียบสำหรับสารมาตรฐานที่ใช้กระดาษกรองเซลลูโลส ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนกระดาษกรองเซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรืองระบบ WDX

ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/60 วินาที)
20	4361
40	6764
60	12987
80	16529
100	22609
200	40211
300	63806
400	83837
500	111064
600	128617
700	143381
800	165836
900	202279
1000	222387



รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรอง เซลลูโลสกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เครื่องระบบ WDX

$$y = 218.6486 (x) - 1544.9373$$

$$r = 0.9994$$

4.4 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์และวิธีอะตอมมิคแอสอร์ปชัน-สเปกโตรโฟโตเมตรี

ในการวิจัยนี้ได้เตรียมตัวอย่างสารตะกั่วในห้องปฏิบัติการจำนวน 60 ตัวอย่าง เป็นกระดาษกรองเมมเบรน 30 ตัวอย่าง และกระดาษกรองเซลลูโลส 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างทั้งหมดนี้เตรียมได้โดยละลาย  $Pb(NO_3)_2$  ด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นต่าง ๆ 30 ค่า หยดสารละลาย  $Pb(NO_3)_2$  ลงบนกระดาษกรองเมมเบรนและเซลลูโลส เมื่อกระดาษกรองแห้งแล้วได้นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX หลังจากได้ผลการวิเคราะห์แล้วจึงเอาตัวอย่างทั้งหมดมาย่อยให้อยู่ในรูปของสารละลายมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอสอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี ด้วยเครื่อง Shimadzu AA 650 ได้ผลดังตารางที่ 4.11 รูปที่ 4.10 และตารางที่ 4.12 รูปที่ 4.11

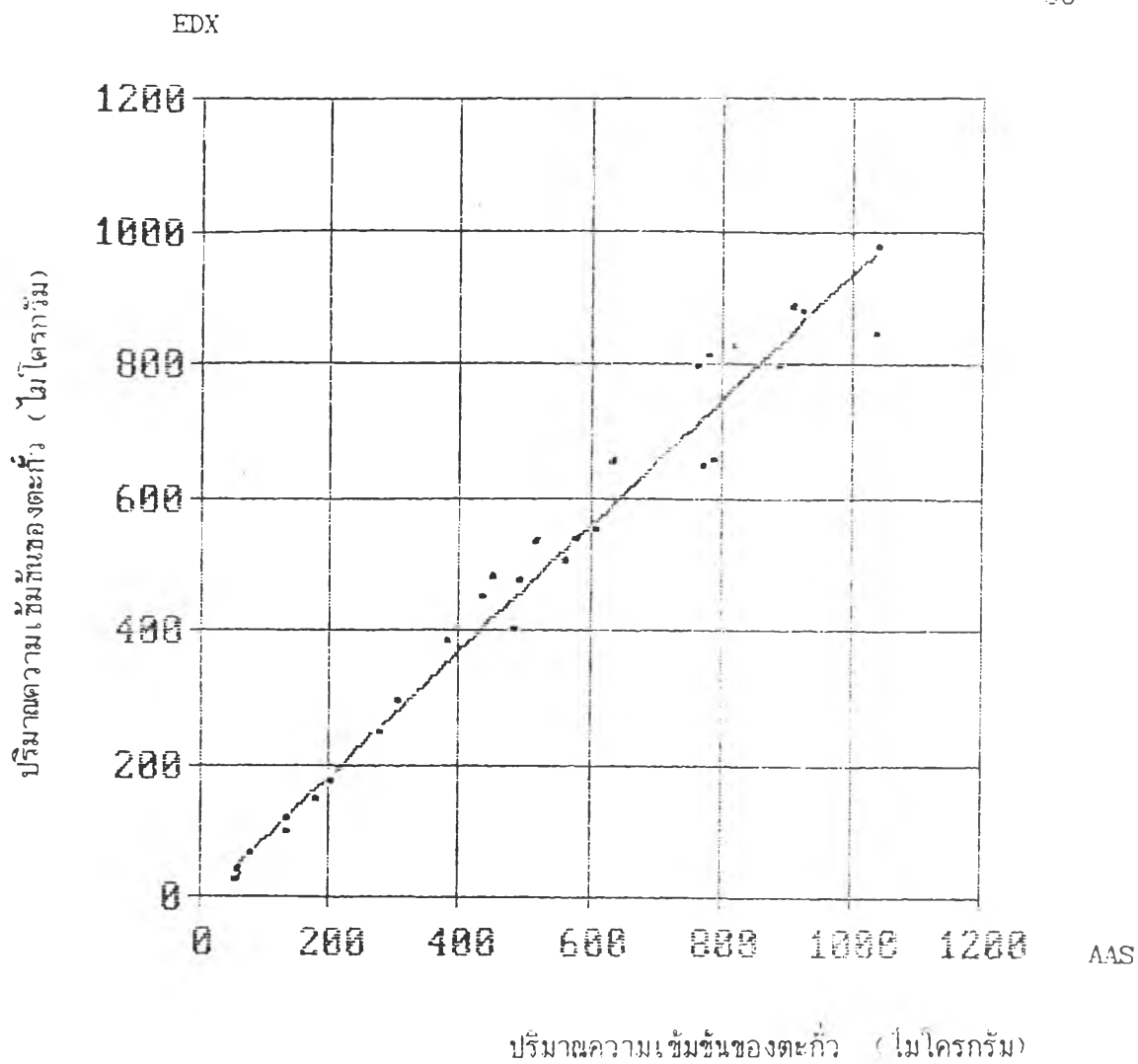
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX และโดยวิธีอะตอมมิคแอสอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	
	วิธี AAS	วิธี EDX
1	1032.5	939.8
2	785	650.3
3	432.5	443.3
4	172.5	143.6
5	130	111.7
6	760	793.2
7	75	57.9
8	50	19.2

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	
	วิธี AAS	วิธี EDX
9	380	380.2
10	905	879.4
11	555	496.9
12	775	808.5
13	200	173.9
14	447	473.7
15	1035	969.2
16	767.5	644
17	882.5	791.1
18	605	546.7
19	197.5	169.4
20	272.5	242.9
21	477.5	397.1
22	920	872.7
23	817.5	821.7
24	570	534.4
25	487.5	468.8
26	55	33.7
27	130	91.6
28	302.5	292.8
29	512.5	527.4
30	627.5	649.0





รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างบนกระดาษกรองเมมเบรนที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX กับวิธี AAS

$$y = 0.9393 (x) - 3.5049$$

$$r = 0.9866$$

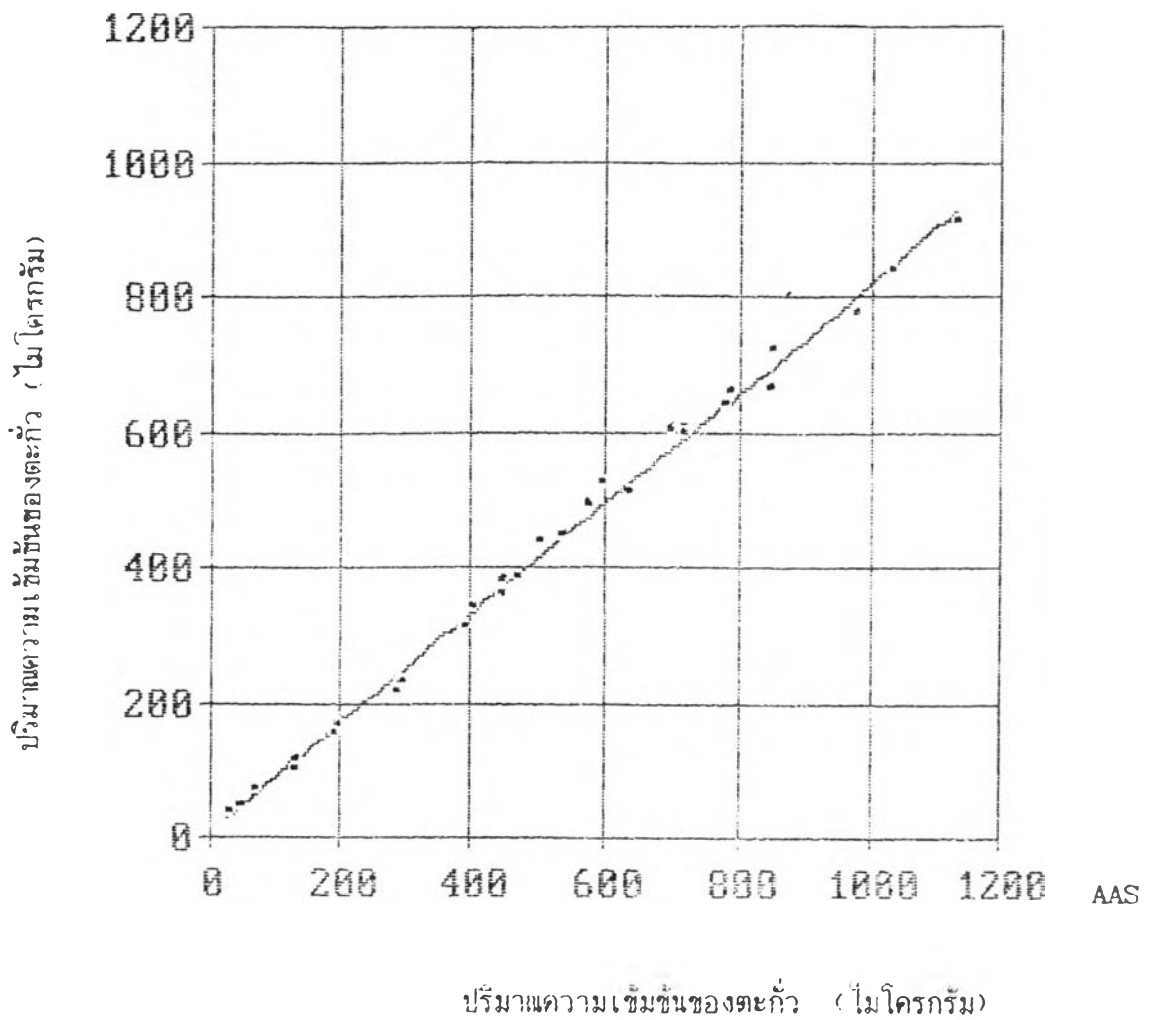
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วบนกระดาษกรอง เซลลูโลสที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX และโดยวิธีอะตอมมิคแอสอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	
	วิธี AAS	วิธี EDX
1	1130	909.1
2	780	655.6
3	442.5	357.1
4	180	146.2
5	125	113.2
6	710	604
7	67.5	69.1
8	25	35.4
9	397.5	310.5
10	840	661.1
11	532.5	447.2
12	690	599.5
13	187.5	152.6
14	400	337.8
15	1027.5	836.2
16	712.5	593.2
17	845	721
18	630	508
19	190	164.4
20	292.5	213.8
21	442.5	337.6



ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	
	วิธี AAS	วิธี EDX
22	972.5	771
23	770	635.8
24	572.5	486.6
25	467.5	382.6
26	42.5	45.1
27	125	98.2
28	287.5	227
29	500	434.9
30	592.5	523.7



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างบนกระดาษกรอง เซลลูโลสที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ ซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX กับวิธี AAS

$$y = 0.8125 (x) + 8.8215$$

$$r = 0.9979$$

จากตารางที่ 4.11

ทดสอบค่า t-test โดยใช้สูตร

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n - 1}}}$$

$$df = n - 1$$

เมื่อ  $D$  = ความแตกต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่

$n$  = จำนวนคู่

$$\alpha = 0.0005$$

$$t \text{ คำนวณ} = 3.694$$

$$t \text{ ตาราง} = 3.659$$

$$t \text{ ตาราง} < t \text{ คำนวณ}$$

จากกราฟและการหาค่า t-test ได้ว่าผลการวิเคราะห์หึ่ง 2 วิธีไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กันสำหรับกระดาศกรองเมมเบรน

จากตารางที่ 4.12

$$t \text{ คำนวณ} = 7.835$$

$$t \text{ ตาราง} = 3.659$$

$$t \text{ ตาราง} < t \text{ คำนวณ}$$

ข้อมูลไม่สัมพันธ์กัน

สรุปได้ว่า สำหรับตัวอย่างบนกระดาศกรองเมมเบรน การวิเคราะห์หึ่ง EDX และ AAS ให้ผลทัดเทียมกันบางค่า แต่ตัวอย่างบนกระดาศกรองเซลลูโลสจะให้ผลไม่ทัดเทียมกัน

เมื่อนำตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ มาวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX จะได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนเก็บจาก โรงงานผลิตแบตเตอรี่โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์

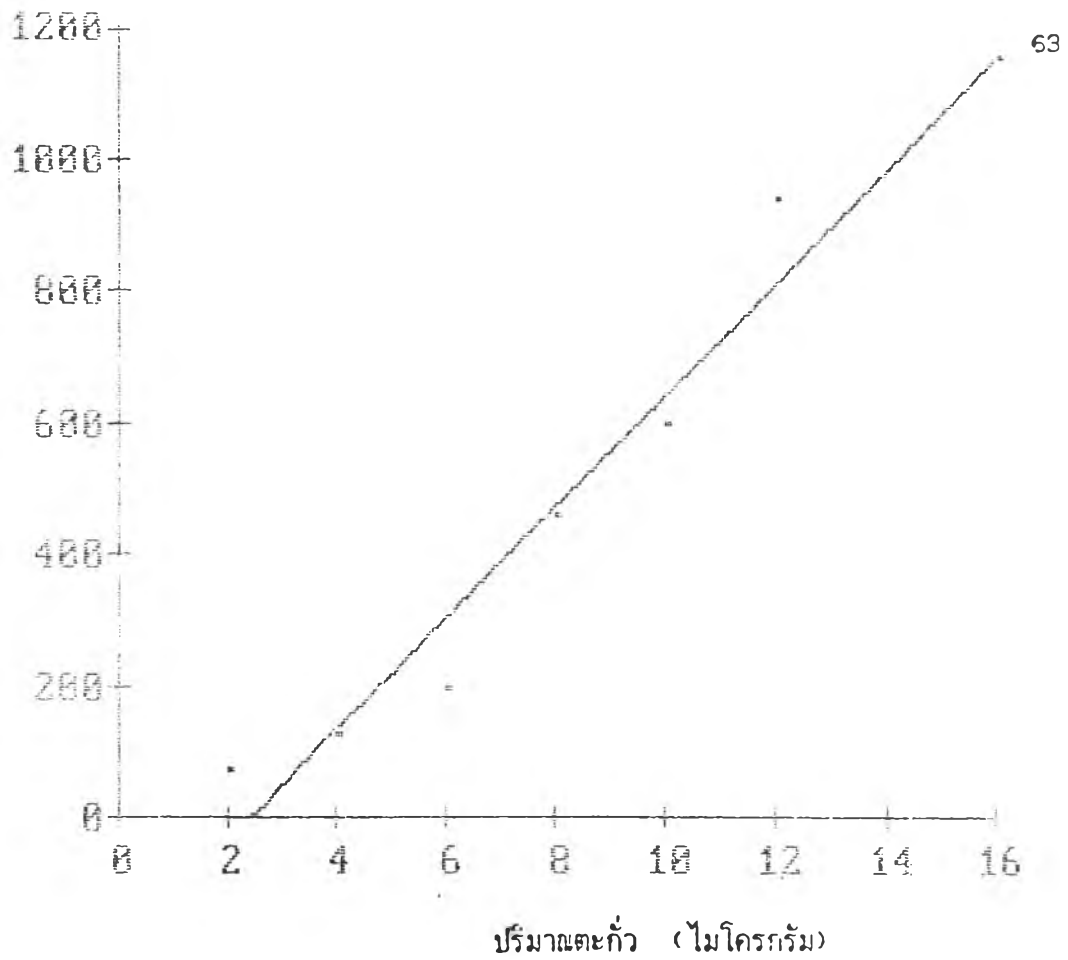
ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรือง (จำนวนนับ/2000 วินาที)
1	5997
2	8919
3	8828
4	4747
5	4920
6	3318
7	5669
8	1407
9	9500
10	3586
11	4406
12	5078
13	14673
14	4083
15	2681
16	5137
17	566
18	5359
19	5975
20	1090
21	1130
22	2616
23	2081

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ปรากฏว่ามีตัวอย่าง 4 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่างที่ 8, 17, 20, 21 ซึ่งค่าจำนวนนับ (count) ที่วัดได้ต่ำกว่าค่าต่ำสุดของกราฟเปรียบเทียบ (20  $\mu\text{g}$ ) ดังนั้น จึงได้สร้างกราฟเปรียบเทียบสำหรับกระดาษกรองเมมเบรนชิ้นอีก 1 ชุด โดยเตรียมสารมาตรฐานที่มีค่าต่ำกว่า 20  $\mu\text{g}$  ลงไป ซึ่งได้ผลการวัดและกราฟเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรื้อง ระบบ EDX มี Pu-239 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ค่าความเข้มชั้นของตะกั่ว (ไมโครกรัม)	ความเข้มของรังสีเอกซ์เรื้อง (จำนวนนับ/2000 วินาที)
2	63
4	118
6	189
8	450
10	589
12	929
16	1141

ความเข้มของรังสีเอกซ์ (จำนวนนับ/2000 วินาที)



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วบนกระดาษกรองเมมเบรนกับปริมาณความเข้มของรังสีเอกซ์เรอองระบบ EDX โดยใช้ Pu-238 เป็นต้นกำเนิดรังสี  
 $y = 84.6311 (x) - 204.2295$   
 $r = 0.9804$





#### 4.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX

ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากบริเวณดังแสดงอยู่ในแผนผังรูปที่ 3.14 หน้า 31 ซึ่งเป็นบริเวณเตาหลอมตะกั่วในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ของบริษัทเนชั่นแนลจำนวน 31 ตัวอย่าง โดยใช้กระดาดากรองเมมเบรนจำนวน 23 ตัวอย่าง และใช้กระดาดากรองเซลลูโลสจำนวน 8 ตัวอย่าง โดยใช้อัตราการดูดอากาศประมาณ 1.2-2.5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 4-8 ชั่วโมง ได้ผลการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX ดังตารางที่ 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.15 ความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาดากรองเมมเบรนเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX

ลำดับที่ตัวอย่าง	ค่าPbที่ได้จากการวิเคราะห์ (µg)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตร (ม <sup>3</sup> )	ความเข้มข้นของ Pb (µg/π <sup>3</sup> )
1	64.9	2.0425	8	0.9804	66.2
2	96.696	2.315	8	1.1112	88.8
3	97.640	2.114	8	1.01472	96.2
4	50.452	1.4935	8	0.71688	70.4
5	52.457	1.7635	8	0.84648	62
6	33.939	1.5715	8	0.75432	45.0
7	61.114	1.885	8	0.9048	67.5
8	19.038	1.4935	8	0.71688	26.6
9	105.414	2.114	9	1.01472	103.9
10	37.037	2.0425	8	0.9804	37.0
11	46.517	1.671	9	0.80208	58.0
12	54.288	1.9345	8	0.92856	58.5
13	165.222	2.0055	8	0.9624	171.7
14	42.783	1.5585	9	0.74808	57.2

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ลำดับที่ตัวอย่าง	ค่าPbที่ได้จากการวิเคราะห์ (µg)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตร (ม <sup>3</sup> )	ความเข้มข้นของ Pb (µg/m <sup>3</sup> )
15	26.571	1.7635	7	0.74067	35.9
16	54.965	1.5715	7	0.66003	83.3
17	9.14	1.9345	7	0.81249	11.2
18	57.532	2.005	7	0.8421	69.3
19	64.654	2.013	7	0.84546	76.5
20	15.965	2.013	4	0.48312	31.7
21	16.462	1.5585	4	0.37404	42.1
22	25.819	2.013	4	0.48312	53.4
23	19.633	1.5585	4	0.73404	52.5

- หมายเหตุ : 1. สำหรับปีมที่ติดตัวผู้ปฏิบัติงานตอนพักกลางวันได้ปิดมิดชิดอากาศจึงทำให้เวลาในการเก็บตัวอย่างเหลือเพียง 7 ชั่วโมง
2. เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้มากขึ้นจึงใช้เวลา 4 ชั่วโมงในการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.16 ความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาษกรองเซลลูโลสเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX

ลำดับที่ตัวอย่าง	ค่าPbที่ได้จากการวิเคราะห์ (µg)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตร (ม <sup>3</sup> )	ความเข้มข้นของ Pb (µg/m <sup>3</sup> )
1	32.219	2.315	8	1.1112	29.0
2	40.368	1.885	8	0.9048	44.6
3	63.264	1.671	8	0.80208	78.9
4	18.484	1.5585	8	0.74808	24.7
5	20.29	1.379	8	0.66192	30.7
6	30.92	1.9345	8	0.92856	33.3
7	30.403	2.005	8	0.9624	31.6
8	30.224	2.013	8	0.96624	31.3

จากการวิเคราะห์สารมาตรฐานตะกั่วโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX ปรากฏว่า กระจาดากรองเมมเบรนจะกรอบ และตัวอย่างเกิดการชำรุด ส่วนกระจาดากรองเซลลูโลสจะมีสีเหลืองแต่ไม่ชำรุดซึ่งทั้งหมดก็เนื่องมาจากความร้อน ด้วยเหตุนี้ ตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ที่ใช้กระจาดากรองเมมเบรน จึงไม่ได้วิเคราะห์ด้วยระบบ WDX วิเคราะห์เฉพาะตัวอย่างบนกระจาดากรองเซลลูโลสเท่านั้น

#### 4.6 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX

นำตัวอย่างอากาศบนกระจาดากรองเซลลูโลส ที่วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX จำนวน 8 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ด้วยระบบ WDX โดยใช้เงื่อนไขเหมือนกับการวิเคราะห์สารมาตรฐาน ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระจาดากรองเซลลูโลสเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX

ลำดับที่ตัวอย่าง	ค่าPbที่ได้จากการวิเคราะห์ (µg)	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร/นาที)	เวลา (ชั่วโมง)	ปริมาตร (ม <sup>3</sup> )	ความเข้มข้นของ Pb (µg/m <sup>3</sup> )
1	37.796	2.315	8	1.1112	34.0
2	29.242	1.885	8	0.9048	32.3
3	96.181	1.671	8	0.80208	120.0
4	12.837	1.5585	8	0.74808	17.2
5	21.386	1.379	8	0.66192	32.3
6	32.614	1.9345	8	0.92856	35.1
7	32.307	2.005	8	0.9624	33.6
8	28.507	2.013	8	0.96624	29.5

4.7 การวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยวิธีอะตอมมิก-  
แอสอร์ชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

นำตัวอย่างที่วิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ แล้วไปย่อยให้อยู่ในรูปของสารละลายมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วไปวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิกแอสอร์ชันสเปกโตรโฟโตเมตรี ด้วยเครื่อง Shimadzu AA 650 (AAS<sub>1</sub>) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเครื่อง Perkin Elmer 4000 (AAS<sub>2</sub>) ที่สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.18 และ 4.19

ตารางที่ 4.18 ความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนเก็บจาก  
โรงงานผลิตแบตเตอรี่ วิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิกแอสอร์ชันสเปกโตร-  
โฟโตเมตรี

ลำดับที่ ตัวอย่าง	ค่า Pb ที่ได้จากการ วิเคราะห์ (µg)		ปริมาณอากาศ (ม <sup>3</sup> )	ความเข้มข้นของ Pb (µg/m <sup>3</sup> )	
	AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>		AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>
1	50	65	0.9804	51	66.3
2	82.5	96.75	1.1112	74.2	87.1
3	77.5	88.25	0.01472	76.4	87
4	50	48.75	0.71688	69.8	68
5	50	52.5	0.84648	59.1	62
6	-	34.75	0.75432	-	46.1
7	50	59.75	0.9048	55.3	66
8	-	17.5	0.71688	-	24.4
9	77.5	89.25	1.01472	76.4	88
10	-	42.75	0.9804	-	43.6
11	-	41.75	0.80208	-	52.1
12	-	52	0.92856	-	56

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ลำดับที่ ตัวอย่าง	ค่า Pb ที่ได้จากการ วิเคราะห์ ( $\mu\text{g}$ )		ปริมาณอากาศ ( $\text{m}^3$ )	ความเข้มข้นของ Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>		AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>
13	135	147.25	0.9624	140.3	153
14	-	42	0.74808	-	56.1
15	-	35	0.74067	-	47.3
16	50	48.55	0.66003	75.8	73.5
17	-	7.75	0.81249	-	9.5
18	-	53.5	0.8421	-	63.5
19	-	56.75	0.84546	-	67.1
20	-	10.25	0.48312	-	21.2
21	-	9	0.37404	-	24.1
22	-	30.5	0.48312	-	63.1
23	-	19.75	0.37404	-	52.8

ตารางที่ 4.19 ความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาดกรอง เซลลูโลส เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ วิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ลำดับที่ ตัวอย่าง	ค่า Pb ที่ได้จากกร วิเคราะห์ ( $\mu\text{g}$ )		ปริมาณอากาศ ( $\text{m}^3$ )	ความเข้มข้นของ Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>		AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>
1	-	11.5	0.3704	-	31
2	-	18.5	0.9048	-	20.4
3	55	67.25	0.80208	68.6	83.8
4	-	5.5	0.74808	-	7.4
5	-	11.5	0.66192	-	17.4
6	-	28.75	0.92856	-	31
7	-	30.75	0.9624	-	32
8	-	28	0.96624	-	29

เนื่องจากค่าความเข้มข้นที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์ AAS<sub>1</sub> สำหรับกระดาดกรอง-เซลลูโลสมีข้อมูลที่วัดได้ค่าเดียว นอกนั้นวัดไม่ได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบการวิเคราะห์กับวิธีอื่น เช่น WDX , EDX ได้

4.8 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ และวิธีอะตอมมิกแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

นำผลการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์และวิธีอะตอมมิกแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี มาเปรียบเทียบค่าปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างในอากาศในโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.20, 4.21, และ 4.22 และรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.15

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้จากกระดาดชกรองเมมเบรนเก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิกแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ลำดับที่ ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) วิธี AAS		ระบบ EDX ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>	
1	51	66.3	66.2
2	74.2	87.1	88.8
3	76.4	87.0	96.2
4	69.8	68.0	70.4
5	59.1	62.0	62.0
6	-	46.1	45
7	55.3	66.0	67.5
8	-	24.4	26.6
9	76.4	88	103.9
10	-	43.6	37.8
11	-	52.1	58
12	-	56.0	58.5
13	140.3	153	171.7
14	-	56.1	57.2

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

ลำดับที่ ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) วิธี AAS		ระบบ EDX ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	AAS <sub>1</sub>	AAS <sub>2</sub>	
15	-	47.3	35.9
16	75.8	73.5	83.3
17	-	9.5	11.2
18	-	63.5	68.3
19	-	67.1	76.5
20	-	21.2	31.7
21	-	24.1	42.1
22	-	63.1	53.4
23	-	52.8	52.5

ทดสอบ t-test

$$\text{ใช้สูตร } t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$$\alpha = 0.01$$

สำหรับ AAS<sub>1</sub>

$$df = n - 1 = 9 - 1 = 8$$

$$t \text{ คำนวณ} = -4.251$$

$$t \text{ ตาราง} = -2.896$$

ข้อมูลไม่สัมพันธ์กัน

สำหรับ AAS<sub>2</sub>

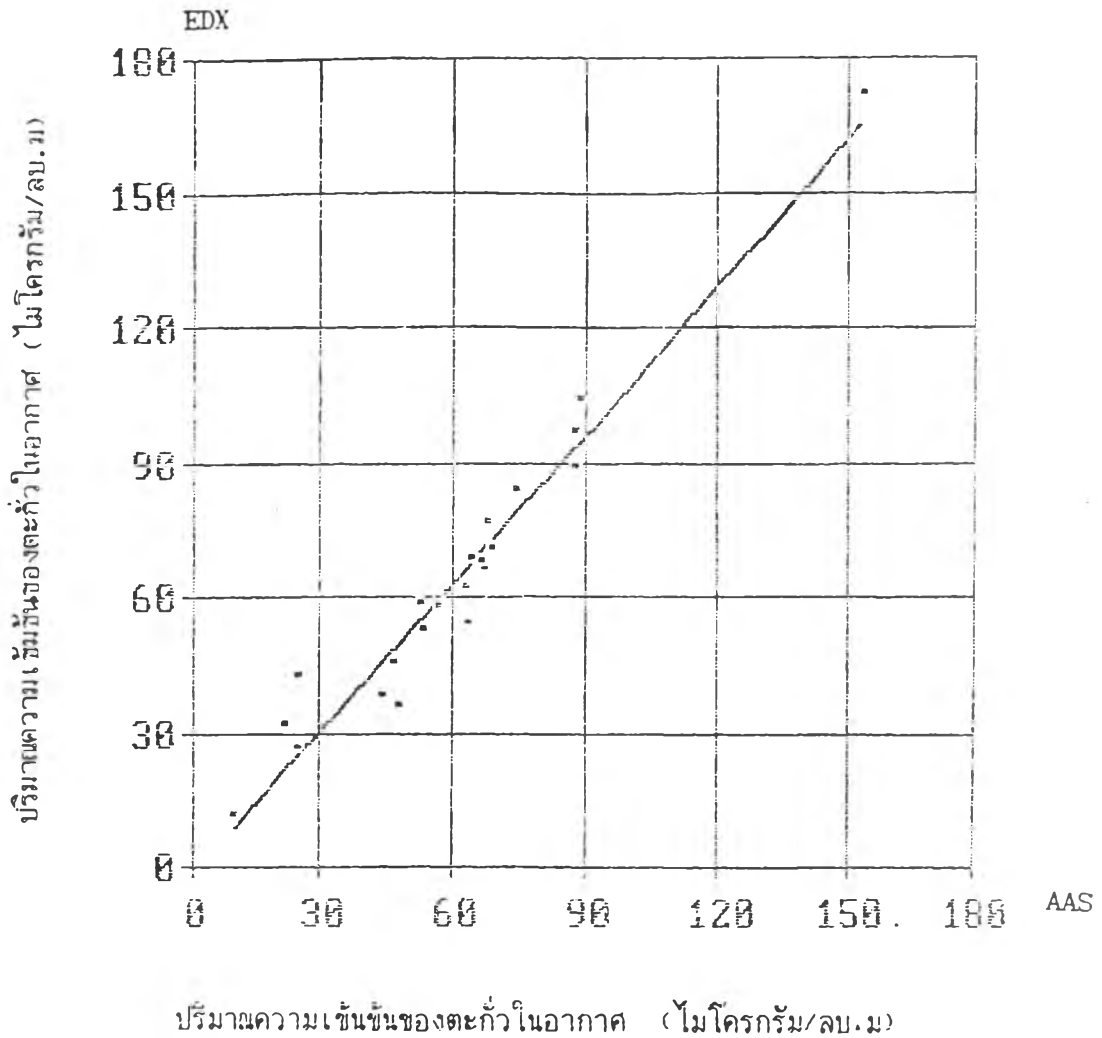
$$df = n - 1 = 23 - 1 = 22$$

$$t \text{ คำนวณ} = -2.339$$

$$t \text{ ตาราง} = -2.508$$

ข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน





รูปที่ 4.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศจากตัวอย่างที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนเก็บจากโรงงานผลิตเบตเตอรี่ยังวิเคราะห์โดยระบบ EDX กับวิเคราะห์โดย AAS

$$y = 1.0900 (x) - 1.6078$$

$$r = 0.9746$$

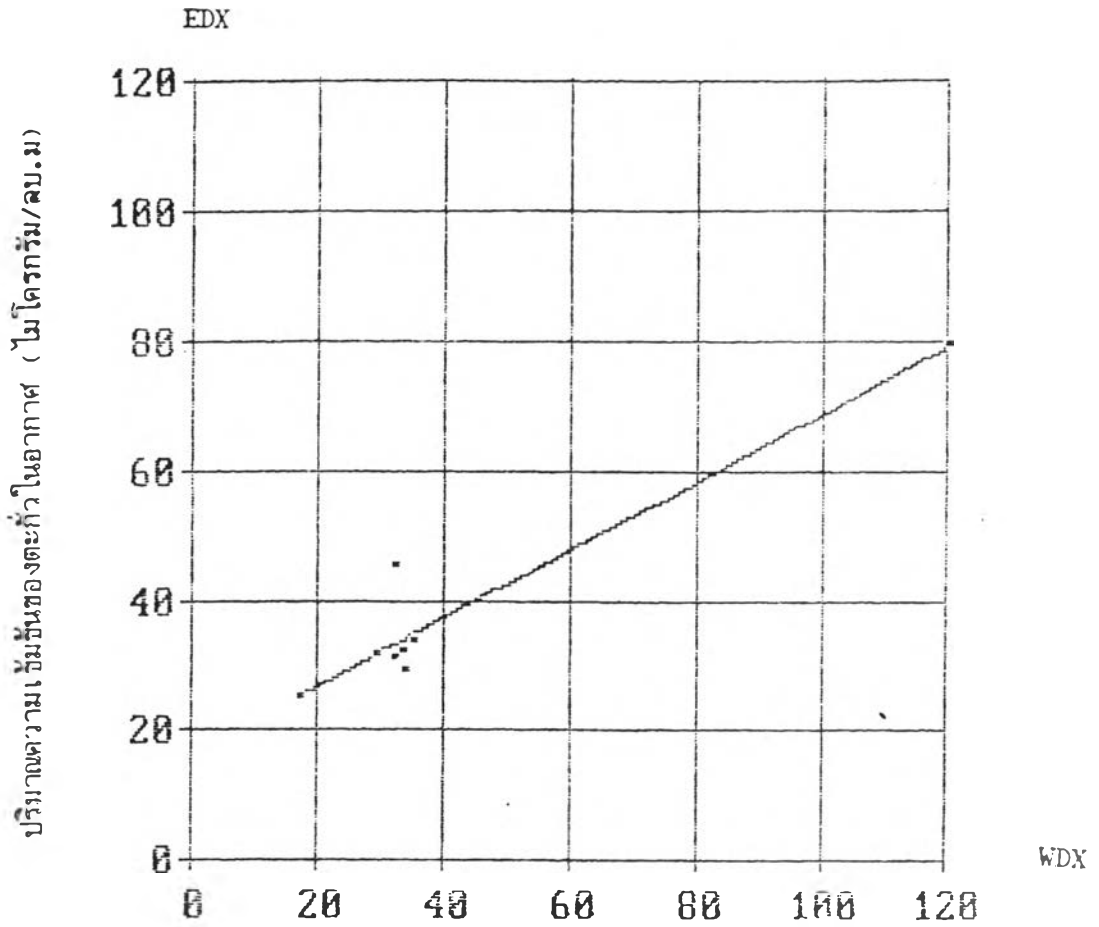
สรุปได้ว่าการวิเคราะห์วิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี ที่สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม ให้ผลที่ดัดเทียมกับการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีกับการวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX ให้ผลไม่ดัดเทียมกัน

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาดกรองเซลลูโลส เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX และระบบ WDX

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	ระบบ WDX	ระบบ EDX
1	34	29.0
2	32.3	44.6
3	120	78.9
4	17.2	24.7
5	32.3	30.7
6	35.2	33.3
7	33.6	31.6
8	29.5	31.3

จากตาราง t-test ที่  $\alpha = 0.01$  ได้ค่า t คำนวณ = 0.660  
t ตาราง = 2.998

การวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX มีความสัมพันธ์กับระบบ EDX ให้ผลที่ดัดเทียมกัน



ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.)

รูปที่ 4.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศจากตัวอย่างที่ใช้  
กระดาดกรองเซลลูโลสเก็บจากโรงงานผลิตเบตเตอรี ซึ่งวิเคราะห์โดย  
ระบบ EDX กับวิเคราะห์โดย WDX

$$y = 0.5217 (x) + 16.2270$$

$$r = 0.9594$$

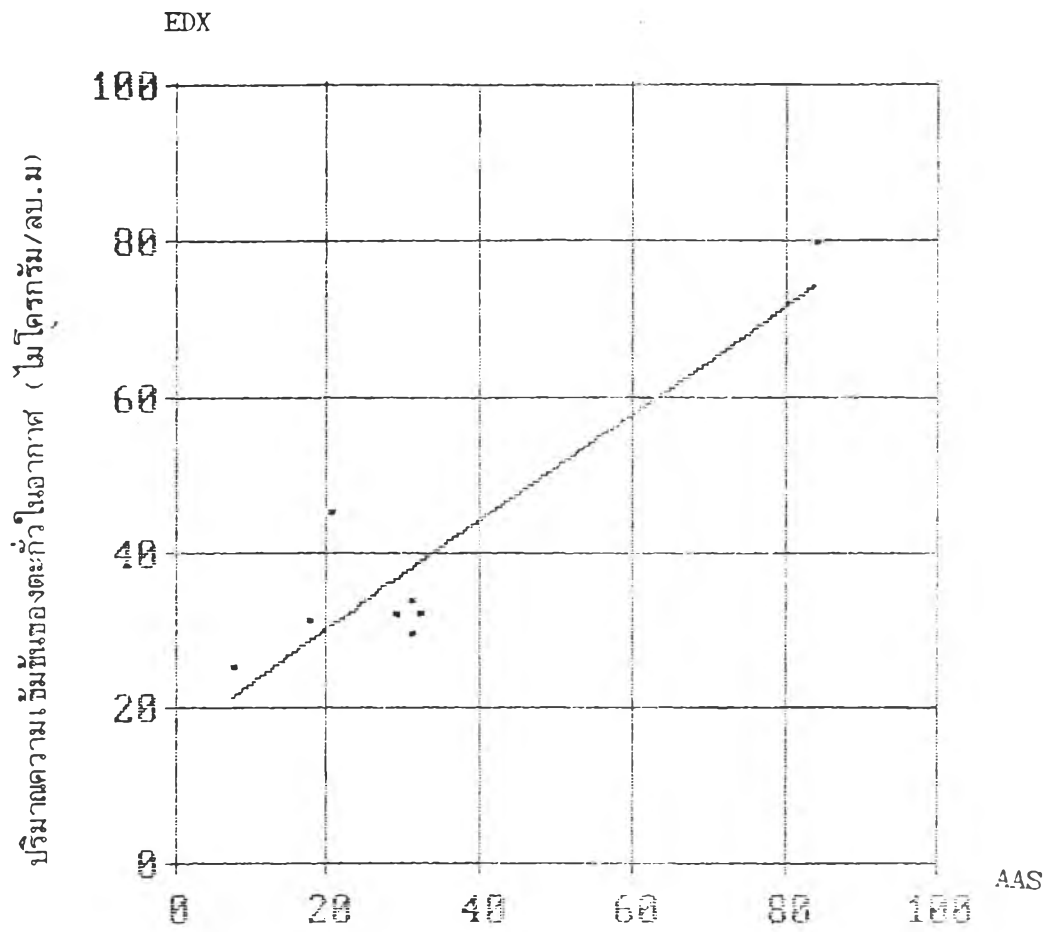
ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบความเข้มข้นของตะกั่วจากตัวอย่างอากาศที่ใช้กระดาดกรองเซลลูโลส เก็บจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ลำดับที่ตัวอย่าง	ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	ระบบ AAS <sub>2</sub>	ระบบ EDX
1	31.0	29.0
2	20.4	44.6
3	83.8	78.9
4	7.4	24.7
5	17.4	30.7
6	31	33.3
7	32	31.6
8	29	31.3

จากตาราง t-test ที่  $\alpha = 0.01$  ได้ค่า t คำนวณ = - 1.738  
t ตาราง = - 2.998

การวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรีที่สภาวะบรรยากาศแวดล้อม กับเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX มีความสัมพันธ์กัน ให้ผลตัดเทียบกัน

สำหรับกระดาดกรองเซลลูโลส การวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรีกับเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX, WDX ให้ผลตัดเทียบกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.01



ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ (ไมโครกรัม/ลบ.ม)

รูปที่ 4.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศจากตัวอย่างที่ใช้ กระดาษกรองเซลลูโลสเก็บจากโรงงานผลิตเบตเตอรรี ซึ่งวิเคราะห์โดย ระบบ EDX กับวิเคราะห์โดย AAS<sub>2</sub>

$$y = 0.6885 (x) + 16.3247$$

$$r = 0.8995$$

#### 4.9 เปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ

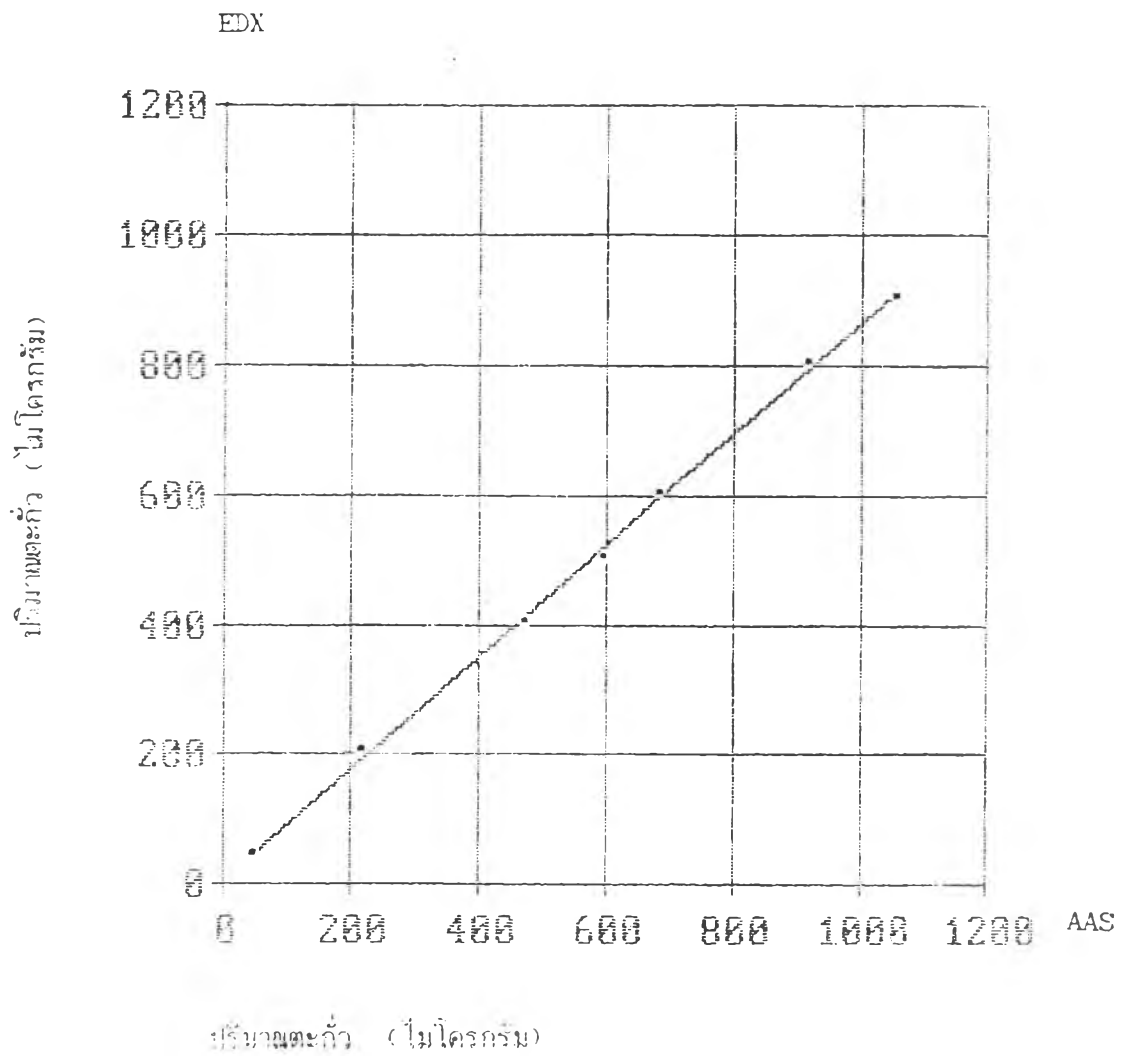
นำค่าสารมาตรฐานที่เตรียมในห้องปฏิบัติการทั้งชนิดเมมเบรนและเซลลูโลสที่วิเคราะห์ด้วยระบบ EDX บางตัวไปวิเคราะห์ด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรีที่สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.23, 4.24 และรูปที่ 4.16, 4.17

ตารางที่ 4.23 ผลการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานสำหรับกระดาษกรองเมมเบรน

ค่าสารมาตรฐาน (ไมโครกรัม)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ AAS (ไมโครกรัม/มล.)	ปรับค่าโดยปริมาตร 25 มล. (ไมโครกรัม)
40	1.72	43
200	8.63	215.8
400	18.70	467.5
500	23.80	595
600	27.20	680
800	36.50	912.5
900	42.10	1052.5

ตารางที่ 4.24 ผลการเปรียบเทียบค่าสารมาตรฐานสำหรับกระดาษกรองเซลลูโลส

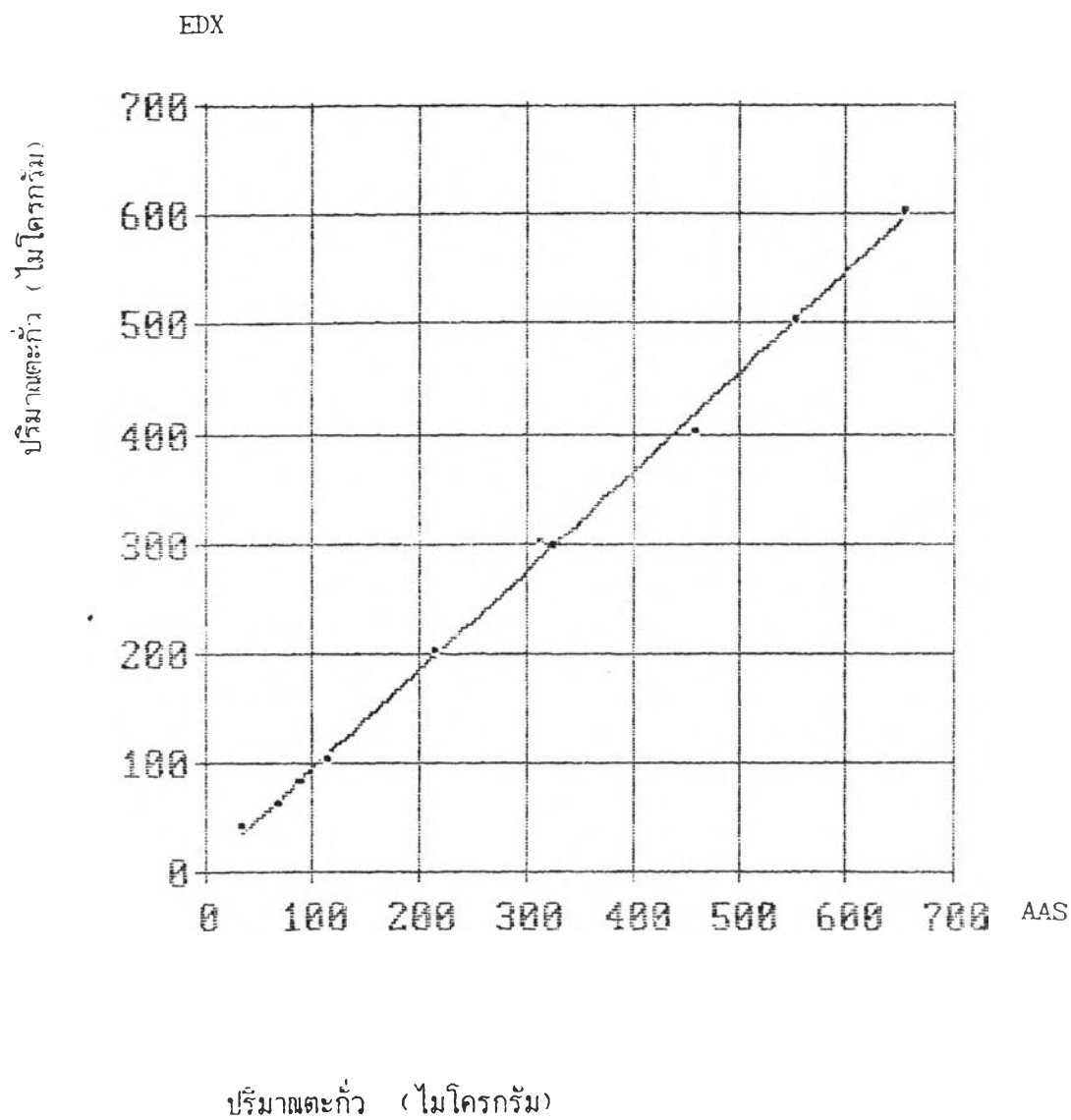
ค่าสารมาตรฐาน (ไมโครกรัม)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ AAS (ไมโครกรัม/มล.)	ปรับค่าโดยปริมาตร 25 มล. (ไมโครกรัม)
40	1.36	34
60	2.69	67.3
80	3.44	86
100	4.56	114
200	8.49	212.3
300	12.44	311
400	18.20	455
500	22.00	550
600	26.10	652.5



รูปที่ 4.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ใช้กระดาษกรองเมมเบรนซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX และวิธี AAS

$$y = 0.8571 (x) + 5.7970$$

$$r = 0.9994$$



รูปที่ 4.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่ใช้กระดาษกรองเซลลูโลสซึ่งวิเคราะห์โดยระบบ EDX และวิธี AAS

$$y = 0.9057 (x) + 3.5517$$

$$r = 0.9991$$



จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างวิธีวิเคราะห์โดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี สำหรับกระดาศกรองเมมเบรนและกระดาศกรองเซลลูโลสมีค่าสหสัมพันธ์ 0.9994 และ 0.9991 ตามลำดับ แสดงว่าการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีมีค่าสัมพันธ์กัน ให้ผลที่ดเทียบกัน

#### 4.10 ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตะกั่วโดยวิธีต่าง ๆ

ในการเก็บตัวอย่างใช้ปั๊มดูดอากาศ 6 เครื่องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่าง 5 วัน ได้ตัวอย่าง 30 ตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์แต่ละวิธีมีดังนี้

ค่ากระดาศกรองที่ใช้ในการวิเคราะห์แผ่นละ 20 บาท

##### 4.10.1 ระบบ EDX ใช้ Pu-238 เป็นต้นกำเนิดรังสี

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่างใช้เวลาประมาณ 17 ชั่วโมง

ค่า liquid  $N_2$  ที่ใช้ 2 อาทิตย์/1000 บาท/เครื่อง

17 ชั่วโมง ค่า liquid  $N_2$  = 51 บาท

เนื่องจาก MCA-40 ใช้ไฟฟ้าในการวัด = 110 วัตต์

= 0.11 กิโลวัตต์

= 1.87 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่อง MCA 40 ประมาณ =  $1.82 \times 1.87 = 3$  บาท

ค่าไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศ = 10 บาท/ชั่วโมง

17 ชั่วโมงเสียค่าไฟฟ้า = 170 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับระบบ EDX = ค่า liquid  $N_2$  + ค่าไฟฟ้า

+ ค่ากระดาศกรอง

= 51 + 173 + 600 บาท

= 824 บาท

ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่าง = 27.5 บาท

##### 4.10.2 ระบบ WDX

ค่าวิเคราะห์ = 750 บาท

ค่ากระดาศกรอง = 600 บาท

รวมค่าใช้จ่ายระบบ WDX = ค่าวิเคราะห์+ค่ากระดาศกรอง

= 750 + 600 = 1350 บาท

ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่าง = 45 บาท

## 4.10.3 วิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

เวลาในการย่อยสลายกระดาษกรอง 6 ชั่วโมง

$$\begin{aligned} \text{เตาแผ่นความร้อน (hot plate) ใช้ไฟฟ้า} &= 350 \text{ วัตต์} \\ &= 0.35 \text{ กิโลวัตต์} \\ &= 2.1 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าสำหรับเตาแผ่นความร้อน} = 1.82 \times 2.1 = 4 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่ากรดสำหรับย่อยสลายตัวอย่าง} = 470 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าวิเคราะห์} = 190 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่ากระดาษกรอง} = 600 \text{ บาท}$$

$$\begin{aligned} \text{รวมค่าใช้จ่ายวิธีอะตอมมิคแอบсорปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี} &= \text{ค่าไฟฟ้า+กรด+ค่าวิเคราะห์+ค่า} \\ &\text{กระดาษกรอง} \end{aligned}$$

$$= 4 + 470 + 190 + 600$$

$$= 1264 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ 1 ตัวอย่าง} = 42 \text{ บาท}$$

สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ระบบ EDX จะถูกกว่าการวิเคราะห์โดยระบบ WDX และ AA ซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยผล ๆ กัน