

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

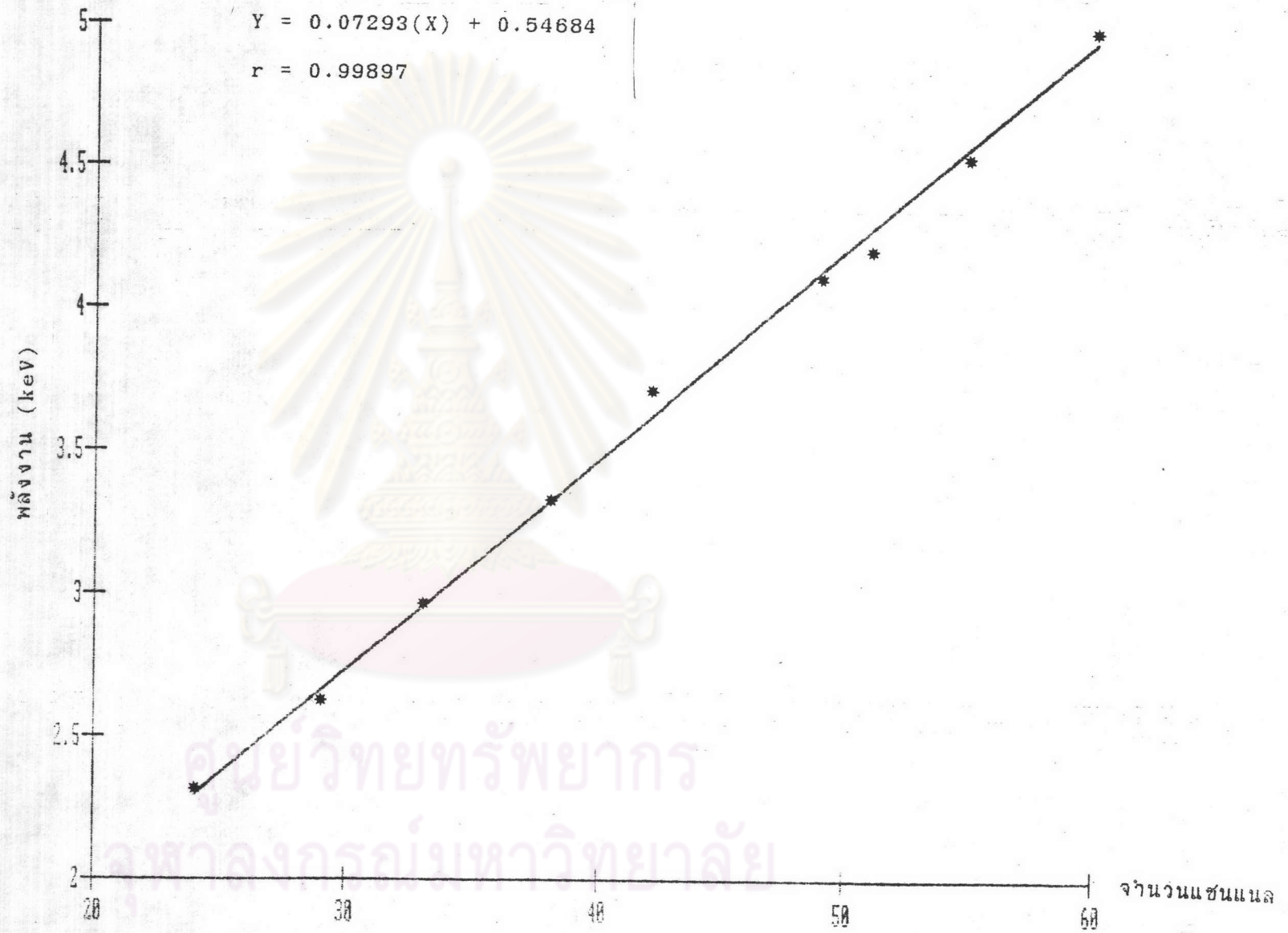
4.1 ศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่าง บนกระดาษกรองด้วยระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันด์

การศึกษาความเหมาะสมของเครื่องวิเคราะห์ตัวอย่าง ด้วยระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันด์ ที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้หัววัดพรอพอซันด์ ซึ่งเป็นหัววัดที่บรรจุก๊าซซีออน เพราะถ้าเป็นหัววัดที่บรรจุก๊าซอาร์กอน จะมี K X-Rays ของอาร์กอนมารบกวนผลการวิเคราะห์ซิลเฟอร และใช้ต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 เพราะให้รังสีเอกซ์ที่มีพลังงาน 5.898 keV ซึ่งสูงกว่าเคแอฟซอร์พชันเอจ (K_{ab}.edge) ของซิลเฟอรอยู่มาก (K_{ab}.edge ของซิลเฟอร = 2.470 keV) จึงมีประสิทธิภาพในการกระตุ้นให้เกิดรังสีเอกซ์เรืองของซิลเฟอรได้ดี

4.1.1 ผลการทดลองวัดเพื่อหาตำแหน่งพีคของซิลเฟอรด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัด พรอพอซันด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1.1 และรูปที่ 4.1.1

ตารางที่ 4.1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์กับจำนวนแชนแนล

| ELEMENT | CHANNEL NUMBER | ENERGY OF X-RAY EMITTED (KeV) |
|---------------|----------------|----------------------------------|
| S (Sulfur) | 24 | 2.308 |
| Cl (Chlorine) | 29 | 2.622 |
| Ar (Argon) | 33 | 2.957 |
| K (Potassium) | 38 | 3.313 |
| Ca (Calcium) | 42 | 3.691 |
| Sc (Scandium) | 49 | 4.090 |
| Ti (Titanium) | 55 | 4.510 |
| V (Vanadium) | 60 | 4.952 |



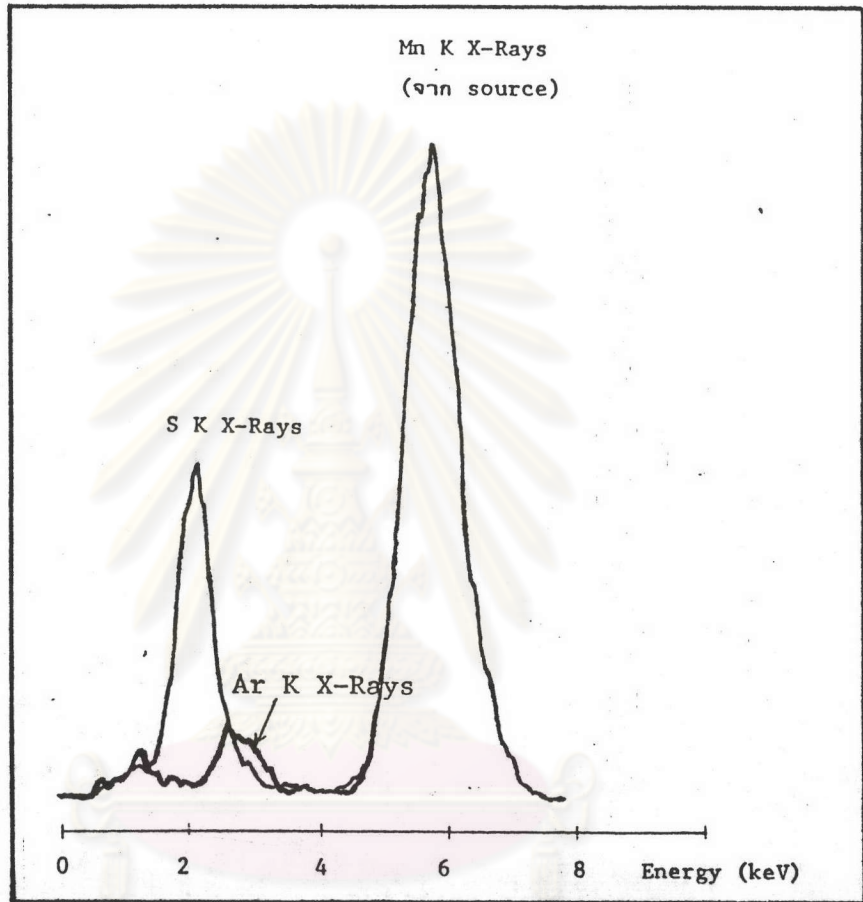
รูปที่ 4.1.1 - แสดงกราฟเปรียบเทียบการเรียงรังสีเอกซ์

4.1.2 ศึกษาความแรงของต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 5 mCi และ 20 mCi เพื่อเลือกความแรงของต้นกำเนิดรังสีในการวิเคราะห์ ซึ่งจะใช้ต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 ที่มีความแรงรังสี 20 mCi เพราะได้จำนวนนับรังสี/100 วินาที มากกว่าต้นกำเนิดรังสีที่มีความแรงรังสี 5 mCi ถึง 7.6 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1.2

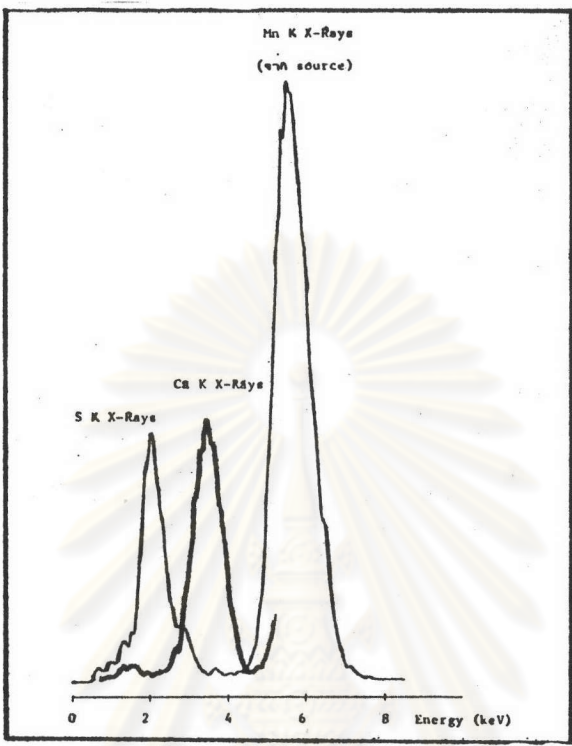
ตารางที่ 4.1.2 แสดงความเข้มของซิลเฟออร์ K X-Rays (จำนวนนับ/100 วินาที) บนกระดาษกรอง โดยต้นกำเนิดรังสีอยู่ติดกับหัววัดรังสี และระยะระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับตัวอย่าง 3 มิลลิเมตร

| ครั้งที่ | จำนวนนับ/100 วินาที | จำนวนนับ/100 วินาที |
|-----------|---------------------------|---------------------------|
| | จากต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 | จากต้นกำเนิดรังสีเหล็ก-55 |
| | 5 mCi | 20 mCi |
| 1 | 781 | 5423 |
| 2 | 713 | 4896 |
| 3 | 701 | 5886 |
| 4 | 628 | 5476 |
| 5 | 746 | 5464 |
| ค่าเฉลี่ย | 713.8 | 5429 |

4.1.3 การเลือกชนิดของกระดาษกรอง ซึ่งมีกระดาษกรองใยแก้วของ Whatman ชนิด GF/A (ใช้กับมลภาวะอากาศ) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA ขนาด pore size 0.8 μ จากการศึกษพบว่า กระดาษกรองใยแก้วของ Whatman ชนิด GF/A นั้นมีการรบกวนจาก K X-Rays ของแคลเซียม (K X-Rays ของซิลเฟออร์ = 2.308 keV และ K X-Rays ของแคลเซียม = 3.691 keV) ซึ่งมาจากส่วนประกอบภายในเนื้อกระดาษกรอง สำหรับกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และกระดาษกรองเมมเบรน สามารถใช้ในการวิจัยได้ และจากการศึกษา ถ้าเป็นกระดาษกรองชนิด PVC ก็จะมีคลอรีน (Cl) ซึ่งมารบกวนผลการวิเคราะห์ของซิลเฟออร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.1.2 และ 4.1.3



รูปที่ 4.1.2 ลักษณะ และตำแหน่งพีคของซิลเฟอร์ที่กระตุ้นด้วยเหล็ก-55 จากกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42



รูปที่ 4.1.3 ลักษณะ และตำแหน่งพีคของซิลเฟออร์ที่กระตุ้นด้วยเหล็ก-55 จากกระดาษกรองใยแก้วของ Whatman ชนิด GF/A

4.2 หาระยะที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่าง ต้นกำเนิดรังสี และหัววัดรังสี

ในระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล หาระยะที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่าง ต้นกำเนิดรังสี และหัววัดรังสี สำหรับกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ได้เลือกระยะห่างต้นกำเนิดรังสีและหัววัดเป็น 3 มม. สำหรับกระดาษกรองเมมเบรนได้ปรับปรุงระบบวัดเพื่อลดการรบกวนของอาร์กอนในอากาศ (K X-Rays ของซิลเฟออร์ = 2.308 keV และ K X-Rays ของอาร์กอน = 2.957 keV) โดยระบบวัดให้มีไนโตรเจนไหลผ่าน (nitrogen flow) ซึ่งเลือกระยะต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีอยู่ติดกัน ตัวอย่างและต้นกำเนิดรังสีเป็น 3 มม. โดยสังเกตจากค่า RATIO NET AREA OF SULFUR/BLANK สูงสุดของแต่ละระยะต้นกำเนิดรังสี-หัววัดรังสี พร้อมพิจารณาจำนวนนับรังสีสุทธิที่ได้ประกอบกัน

ตารางที่ 4.2.1 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี-หัววัดรังสี โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

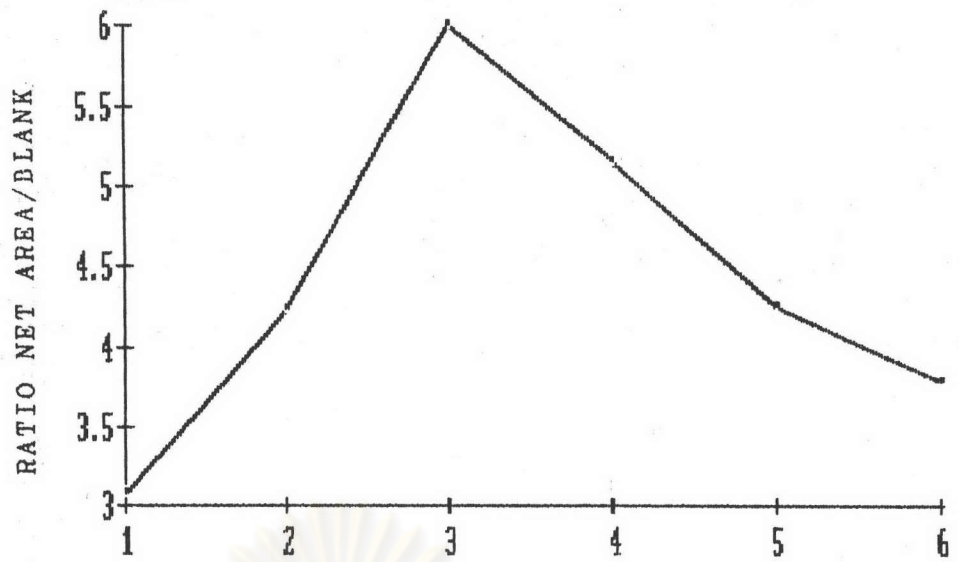
| ระยะตัวอย่าง- ต้นกำเนิดรังสี (มม.) | ระยะต้นกำเนิดรังสี-หัววัด (มม.) | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1.5 | 3 | |
| | | | | | | | | | ใช้วงแหวน- | ใช้วงแหวน- |
| | | | | | | | | | ทองแดงรอง | ทองแดงรอง |
| 1 | 4.1848 (19029) | 6.0892 (25685) | 6.0172 (24434) | 5.5903 (17342) | 6.1567 (17997) | 6.8618 (16970) | 6.7720 (14280) | 5.3918 (19996) | 3.0676 (3428) | |
| 2 | 4.7306 (43398) | 6.4084 (60212) | 6.3338 (52698) | 7.0507 (50051) | 6.4768 (40211) | 7.1234 (39502) | 6.9753 (34830) | 7.0529 (58211) | 4.2285 (21818) | |
| 3 | 4.3241 (55589) | 5.7733 (75762) | 5.8426 (70349) | 6.0975 (65778) | 6.0464 (55919) | 6.5848 (53463) | 6.4662 (48010) | 6.0634 (73263) | 5.9997 (60506) | |
| 4 | 3.7662 (62515) | 5.1160 (86543) | 5.0062 (75397) | 5.4742 (75654) | 5.2603 (61804) | 5.3714 (56907) | 5.7583 (54916) | 5.2989 (81906) | 5.1540 (70789) | |
| 5 | 2.7224 (56408) | 4.5021 (89404) | 4.4223 (78056) | 4.9823 (77321) | 4.8149 (64072) | 4.8601 (59160) | 5.0332 (55573) | 4.8871 (88031) | 4.2478 (65641) | |
| 6 | 2.6691 (55922) | 4.0360 (84113) | 3.7214 (69679) | 4.4171 (72693) | 4.2178 (60106) | 4.4450 (59988) | 4.3827 (54103) | 4.1471 (82193) | 3.7777 (64250) | |
| | RATIO NET AREA OF SULFUR/BLANK | | | | | | | | | |

หมายเหตุ: ในวงเล็บเป็นค่าจำนวนนับสุทธิ ต่อ 300 วินาที ของ S K X-Rays

ตารางที่ 4.2.2 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี-หัววัดรังสี โดยใช้กระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ขนาด pore size 0.8 μ

| ระยะตัวอย่าง- ต้นกำเนิดรังสี (มม.) | ระยะต้นกำเนิดรังสี-หัววัด (มม.) | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1.5 | 3 | |
| | | | | | | | | | ใช้วงแหวน- | ใช้วงแหวน- |
| | | | | | | | | | ทองแดงรอง | ทองแดงรอง |
| 1 | 0.55413 (44560) | 0.61476 (33424) | 0.66157 (30229) | 0.73712 (27007) | 0.59666 (20442) | 0.72617 (31380) | 0.74424 (19914) | 0.60431 (30883) | 0.52144 (9436) | |
| 2 | 0.69342 (130488) | 0.72948 (112371) | 0.71821 (98878) | 0.73481 (87058) | 0.70345 (65261) | 0.70435 (84730) | 0.72042 (58083) | 0.63991 (90377) | 0.46952 (9690) | |
| 3 | 0.71512 (211807) | 0.71182 (179238) | 0.69560 (159083) | 0.72433 (147741) | 0.69560 (111808) | 0.74270 (124673) | 0.69559 (101944) | 0.67523 (154264) | 0.49719 (28800) | |
| 4 | 0.66592 (278918) | 0.65749 (219866) | 0.67911 (201412) | 0.67839 (184855) | 0.68314 (150644) | 0.67477 (149778) | 0.68293 (127489) | 0.63557 (198617) | 0.64789 (91290) | |
| 5 | 0.57466 (260520) | 0.63689 (240978) | 0.64112 (221336) | 0.67640 (197637) | 0.66416 (173362) | 0.64479 (163365) | 0.66208 (148573) | 0.60231 (223448) | 0.62379 (147378) | |
| 6 | 0.60392 (249452) | 0.60427 (228091) | 0.59901 (212590) | 0.62935 (196561) | 0.64018 (178120) | 0.62266 (159600) | 0.63076 (147440) | 0.49483 (230538) | 0.60902 (173250) | |
| | RATIO NET AREA OF SULFUR/BLANK | | | | | | | | | |

หมายเหตุ ในวงเล็บเป็นค่าจำนวนนับ ต่อ 600 วินาที ของ S K X-Rays



ระยะตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี (มม.)

รูปที่ 4.2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของรังสีเอกซ์ เรืองของซีล-เพอร์กับระยะระหว่างตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี-หัววัดรังสี ซึ่งระยะต้นกำเนิดรังสี-หัววัดเป็น 3 มม. (โดยใช้วงแหวนทองแดงรอง) โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42



ระยะตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี (มม.)

รูปที่ 4.2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับสุทธิของรังสีเอกซ์ เรืองของซีล-เพอร์กับระยะระหว่างตัวอย่าง-ต้นกำเนิดรังสี-หัววัดรังสี ซึ่งระยะต้นกำเนิดรังสี-หัววัดอยู่ติดกัน โดยใช้กระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA ขนาด pore size 0.8 u

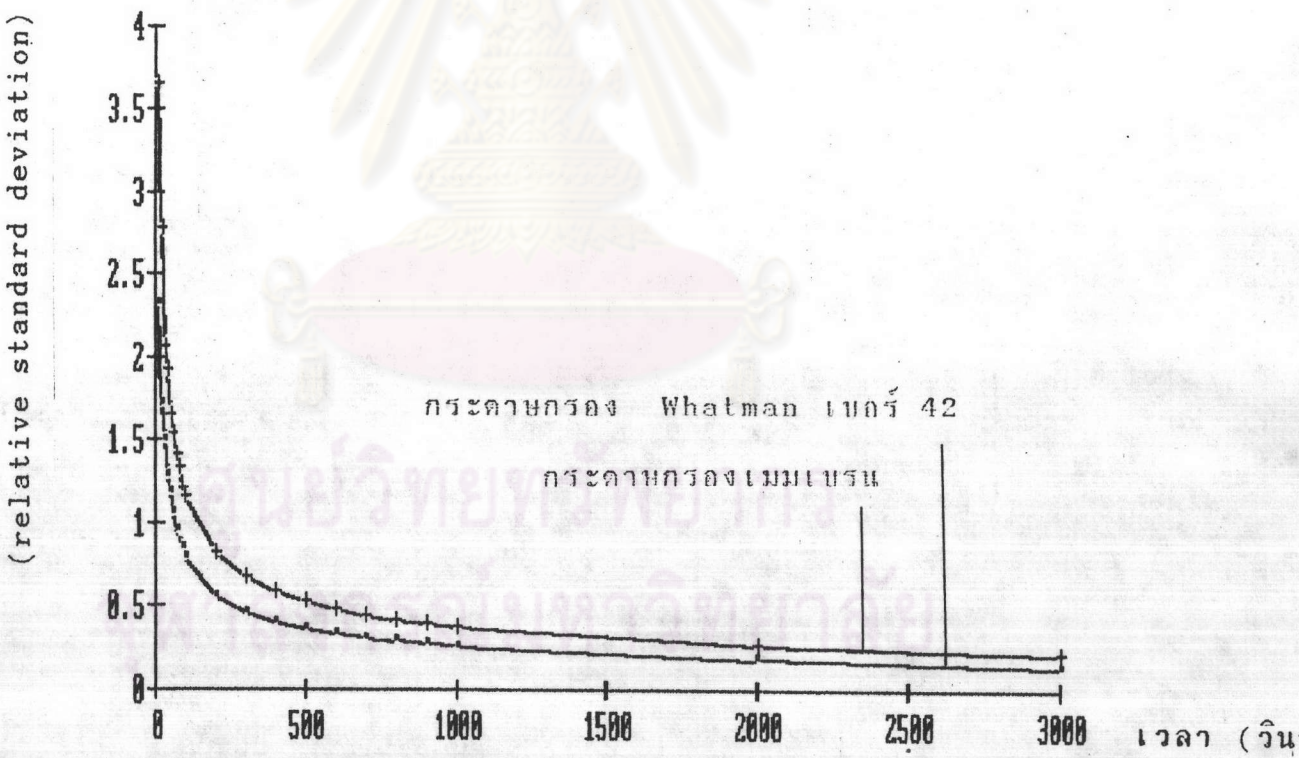
4.3 หาเวลาในการวัดที่เหมาะสม

เวลาที่เหมาะสมในการวัด เลือกใช้ relative standard deviation น้อยกว่า 1% ในที่นี้จะเลือกใช้เวลา 1000 วินาที สำหรับกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ($\epsilon \% = 0.3654$) และเลือกใช้เวลา 600 วินาที สำหรับกระดาษกรองเมมเบรน ($\epsilon \% = 0.3230$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3.1 และรูปที่ 4.3.1

ตารางที่ 4.3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการนับรังสีกับค่า ϵ % โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore

| เวลา (วินาที) | จำนวนนับสุทธิของรังสีเอกซ์เรือง ของซิลเฟอร์โดยใช้กระดาษกรอง | | ค่า ϵ % | |
|---------------|--|---------------------|------------------|---------------------|
| | Whatman | เมมเบรนของ | Whatman | เมมเบรนของ |
| | เบอร์ 42 | Millipore 0.8 μ | เบอร์ 42 | Millipore 0.8 μ |
| 10 | 751 | 1859 | 3.6491 | 2.3193 |
| 20 | 1303 | 3386 | 2.7703 | 1.7185 |
| 30 | 2369 | 4498 | 2.0546 | 1.4910 |
| 40 | 2718 | 6090 | 1.9181 | 1.2814 |
| 50 | 3667 | 7219 | 1.6514 | 1.1770 |
| 60 | 4243 | 9010 | 1.5352 | 1.0535 |
| 70 | 5087 | 11065 | 1.4021 | 0.9507 |
| 80 | 5644 | 13272 | 1.3311 | 0.8680 |
| 90 | 6962 | 14130 | 1.1985 | 0.8413 |
| 100 | 7554 | 16100 | 1.1506 | 0.7881 |
| 200 | 15004 | 32635 | 0.8164 | 0.5536 |
| 300 | 22351 | 48423 | 0.6688 | 0.4544 |
| 400 | 29642 | 63904 | 0.5808 | 0.3956 |
| 500 | 37006 | 79970 | 0.5198 | 0.3531 |
| 600 | 44794 | 95827 | 0.4725 | 0.3230 |

| เวลา (วินาที) | จำนวนนับสุทธิของรังสีเอกซ์เรือง ของซีลเฟอร์โดยใช้กระดาษกรอง | | ค่า ϵ % | |
|---------------|--|---------------------|------------------|---------------------|
| | Whatman | เมมเบรนของ | Whatman | เมมเบรนของ |
| | เบอร์ 42 | Millipore 0.8 μ | เบอร์ 42 | Millipore 0.8 μ |
| 700 | 52068 | 110216 | 0.4382 | 0.3012 |
| 800 | 60210 | 122983 | 0.4075 | 0.2852 |
| 900 | 67402 | 141188 | 0.3852 | 0.2661 |
| 1000 | 74887 | 156853 | 0.3654 | 0.2525 |
| 2000 | 150047 | 310802 | 0.2582 | 0.1794 |
| 3000 | 223723 | 550230 | 0.2114 | 0.1348 |



รูปที่ 4.3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการนับรังสีกับค่า ϵ โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และกระดาษกรองเมมเบรน ของ Millipore ชนิด AA ขนาด pore size 0.8 μ

4.4 หาขีดจำกัดในการวิเคราะห์ซีลเฟอร์

ได้ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรองที่หยดสารละลายมาตรฐานซีลเฟอร์ปริมาณต่าง ๆ กัน เพื่อหาขีดจำกัดในการวิเคราะห์ซีลเฟอร์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6 และรูปที่ 4.4.1, 4.4.2(1), 4.4.2(2), 4.4.2(3), 4.4.3(1), 4.4.3(2), 4.4.4(1), 4.4.4(2), 4.4.4(3), 4.4.5(1), 4.4.5(2), 4.4.5(3), 4.4.6(1), 4.4.6(2), 4.4.6(3), 4.4.6(4)

ตารางที่ 4.4.1 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ WDX

| ปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/100 วินาที) |
|-------------------------------|---|
| 0 | 38 |
| 5 | 139 |
| 10 | 370 |
| 20 | 743 |
| 30 | 1035 |
| 40 | 1493 |
| 50 | 1586 |
| 60 | 1973 |

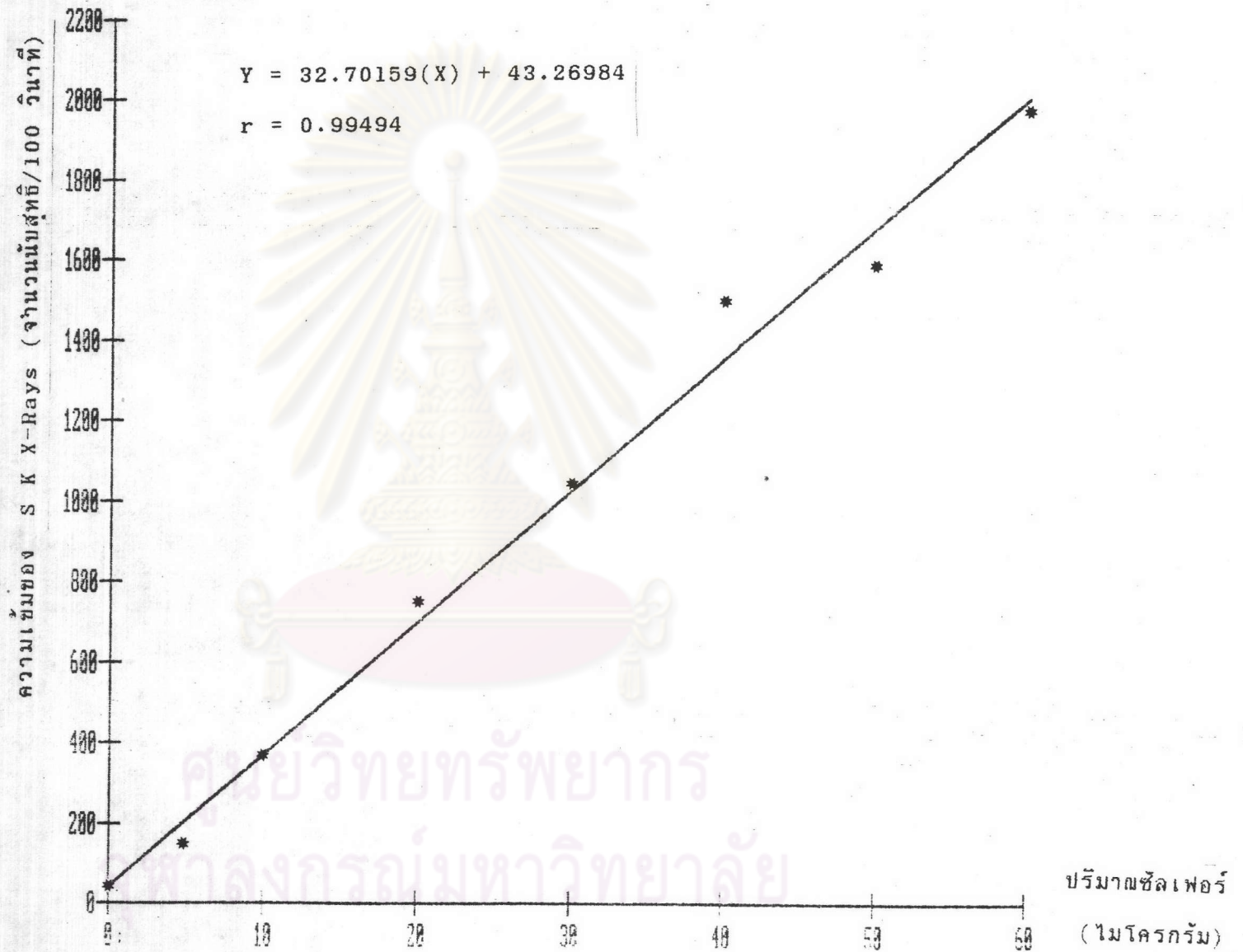
จำนวนนับ/100 วินาทีของ Blank = 1154

ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซีลเฟอร์ 0-60 ไมโครกรัม)

$$Y = 32.70159(x) + 43.26984$$

$$r = 0.99494$$

ใช้สมการที่ 3.1 LLD = 0.40230 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณเซลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX

ตารางที่ 4.4.2 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR 200)

| ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สู่ทึ (จำนวนนับ/300 วินาที) | ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สู่ทึ (จำนวนนับ/300 วินาที) |
|-------------------------------|--|-------------------------------|--|
| 0 | 0 | 300 | 3576 |
| 10 | 116 | 400 | 4505 |
| 20 | 290 | 500 | 5805 |
| 30 | 418 | 600 | 6153 |
| 40 | 522 | 700 | 8092 |
| 50 | 557 | 800 | 8475 |
| 60 | 824 | 900 | 10310 |
| 70 | 836 | 1000 | 10449 |
| 80 | 998 | 1500 | 15674 |
| 90 | 1022 | 1750 | 19249 |
| 100 | 1347 | 2000 | 25542 |
| 200 | 2900 | | |

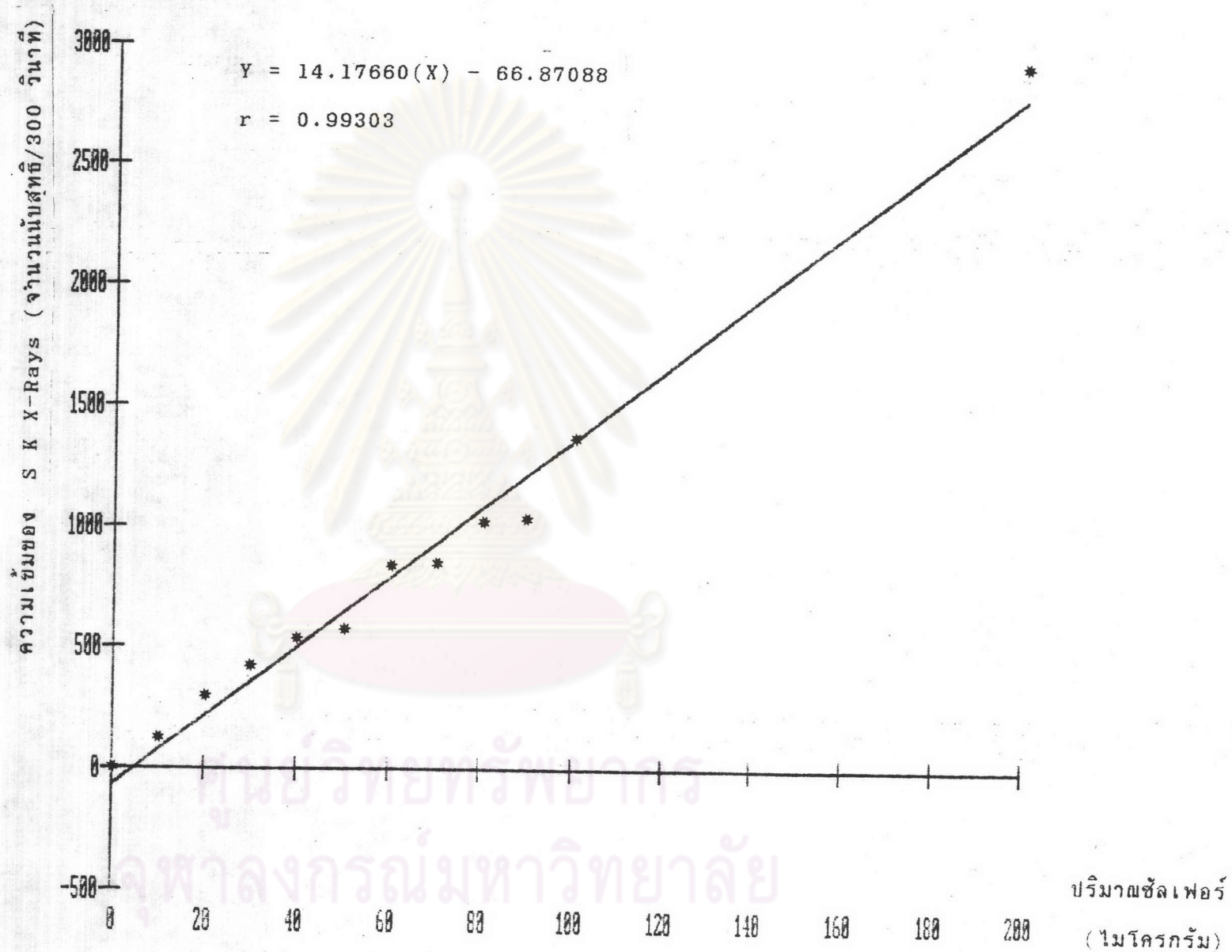
จำนวนนับ/300 วินาทีของ Blank = 1376

ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซิลเฟอร์ 0-2000 ไมโครกรัม)

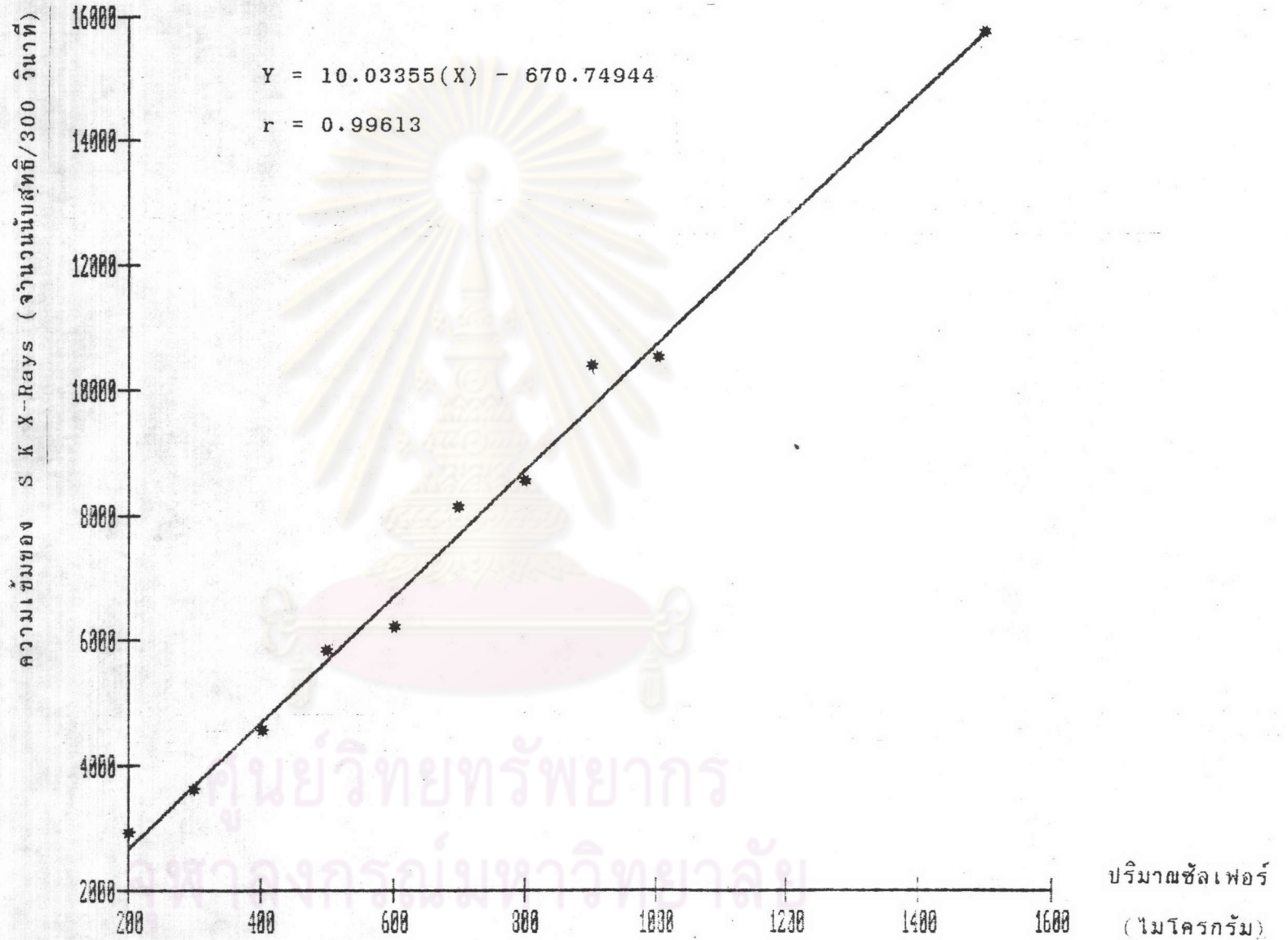
$$Y = 11.47978 (x) + 1336.27888$$

$$r = 0.99402$$

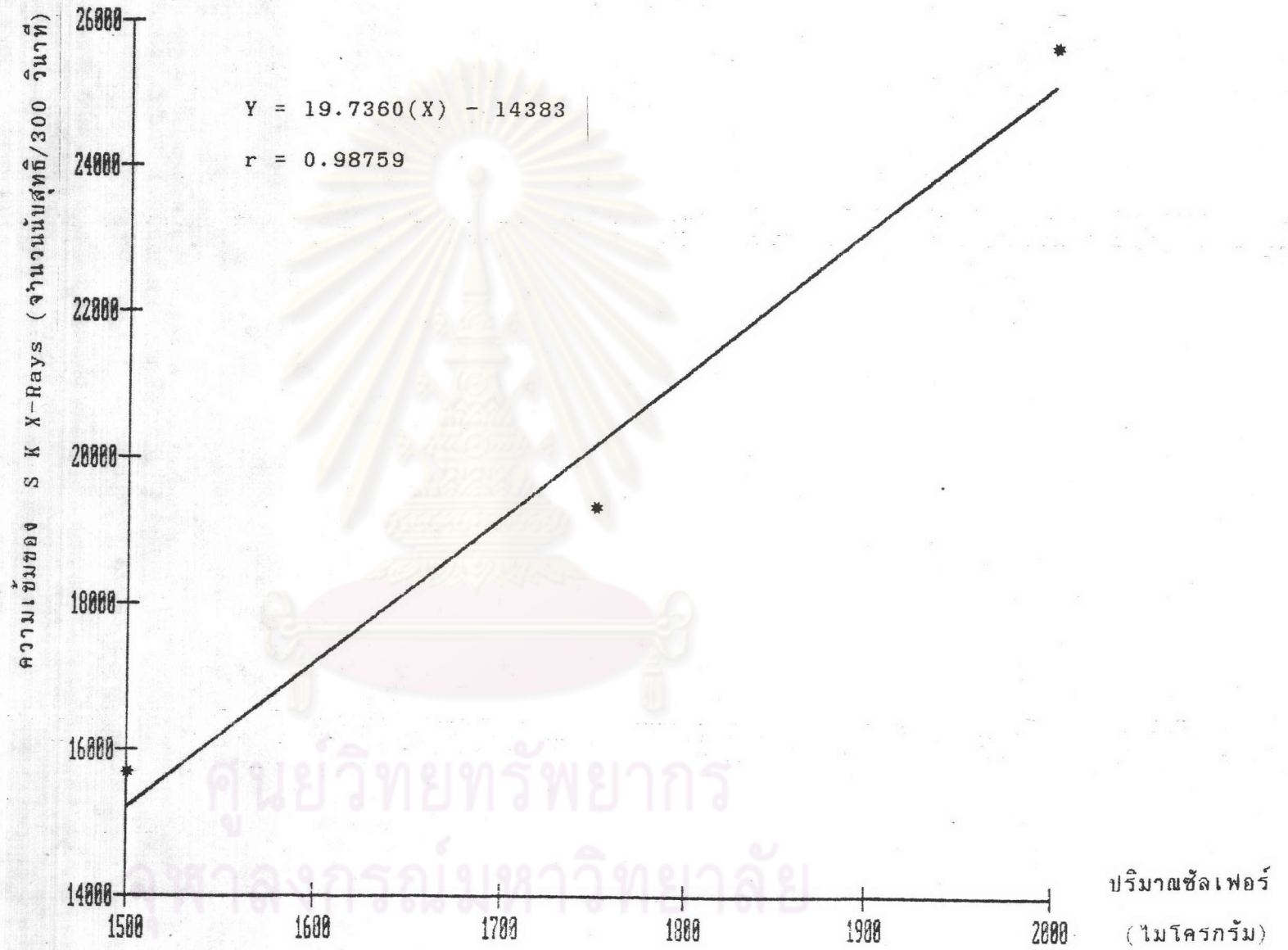
ใช้สมการที่ 3.1 LLD = 6.36861 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.2 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณชัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR 200) ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 200 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.2 (2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณชัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) ในช่วงความเข้มข้น 200 ถึง 1500 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.2 (3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ S K X-Rays กับปริมาณซีลเฟอร์(ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) ในช่วงความเข้มข้น 1500 ถึง 2000 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.4.3 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอนันัล

| ปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับ/1000 วินาที) |
|-------------------------------|--|
| 0 | 40983 |
| 50 | 42238 |
| 100 | 43978 |
| 200 | 51304 |
| 300 | 56980 |
| 400 | 63007 |
| 500 | 66544 |
| 600 | 74911 |
| 700 | 81520 |
| 800 | 85223 |
| 900 | 90921 |
| 1000 | 102270 |
| 1250 | 112145 |
| 1500 | 123691 |
| 1750 | 140638 |
| 2000 | 152246 |

ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซีลเฟอร์ 0-1000 ไมโครกรัม)

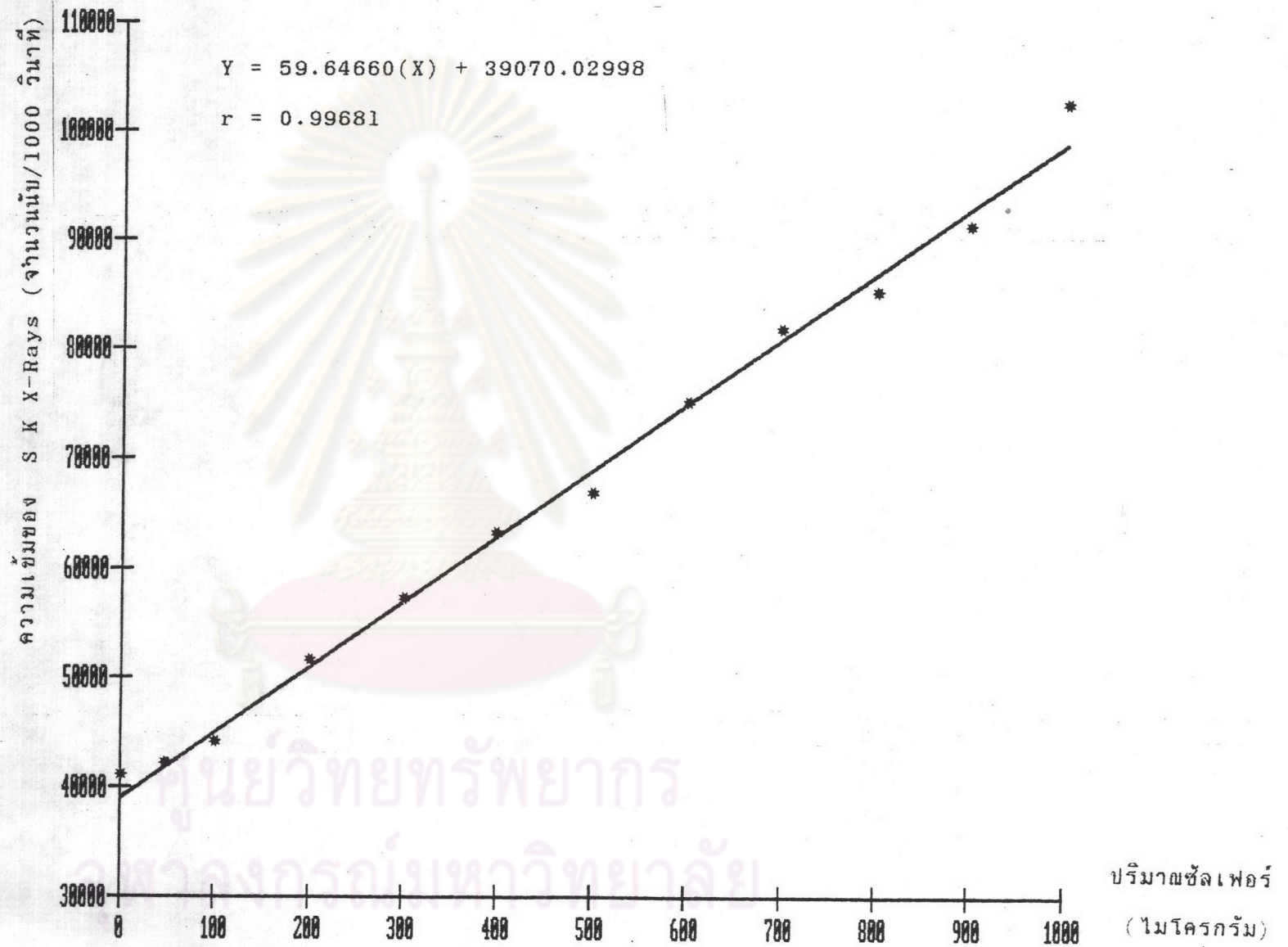
$$Y = 59.64660(x) + 39070.02998$$

$$r = 0.99681$$

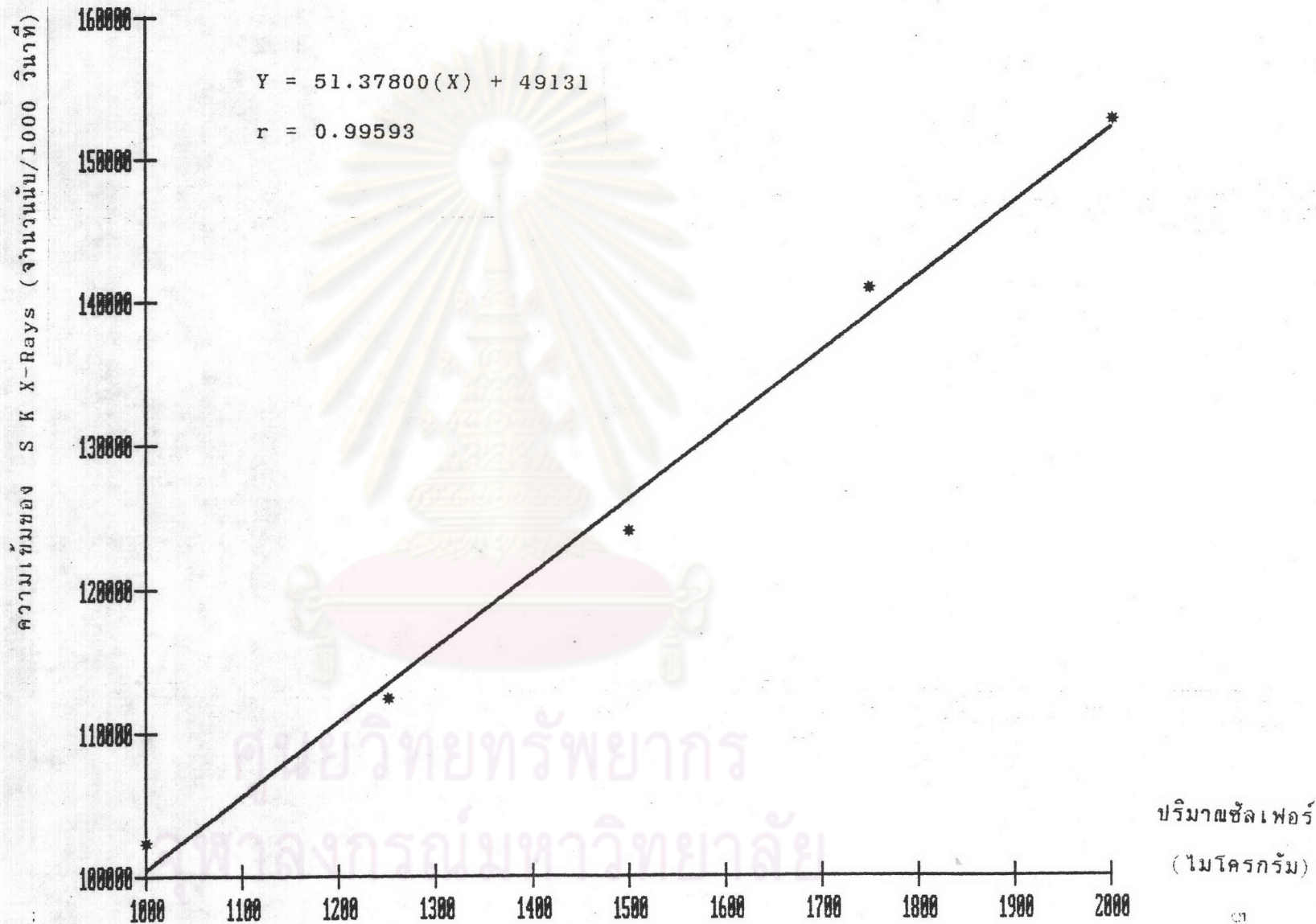
ใช้สมการที่ 3.1

LLD

$$= 6.62776 \text{ ไมโครกรัม}$$



รูปที่ 4.4.3 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 1000 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.3 (2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้น 1000 ถึง 2000 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.4.4 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX

| ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/80 วินาที) | ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/80 วินาที) |
|-------------------------------|---|-------------------------------|---|
| 0 | 81 | 200 | 6368 |
| 2 | 353 | 250 | 8946 |
| 6 | 524 | 300 | 10270 |
| 8 | 597 | 350 | 11864 |
| 20 | 1129 | 400 | 11905 |
| 30 | 1162 | 450 | 21553 |
| 40 | 1713 | 500 | 27566 |
| 50 | 1857 | 600 | 40324 |
| 60 | 2373 | 700 | 54113 |
| 70 | 2593 | 900 | 78479 |
| 80 | 2996 | 1000 | 98273 |
| 90 | 3674 | 1200 | 149531 |
| 120 | 4203 | 1400 | 205371 |
| 160 | 4688 | 1800 | 236089 |
| 180 | 5159 | 2000 | 342241 |

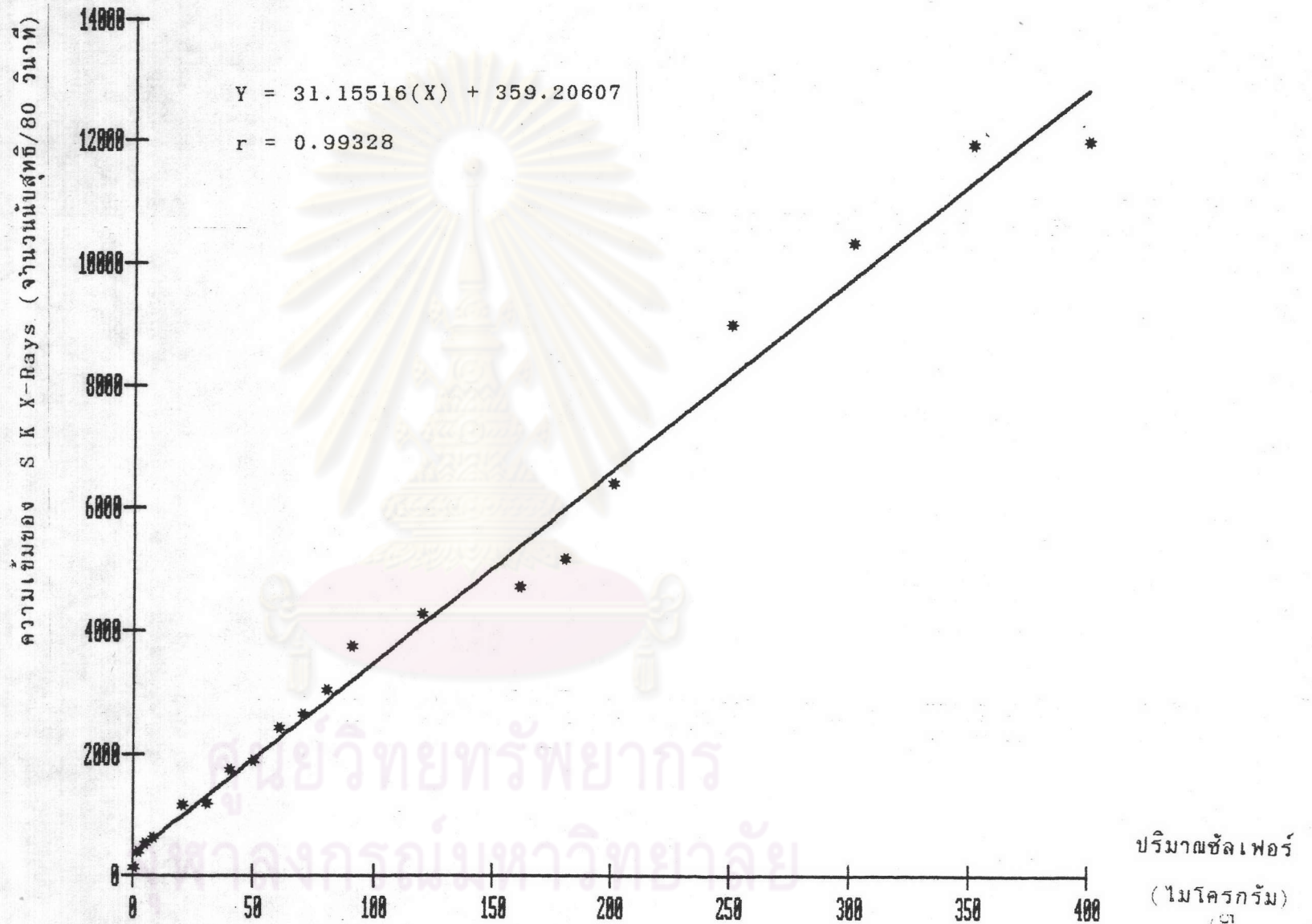
จำนวนนับ/80 วินาที ของ Blank = 566

ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซิลเฟอร์ 0.400 ไมโครกรัม)

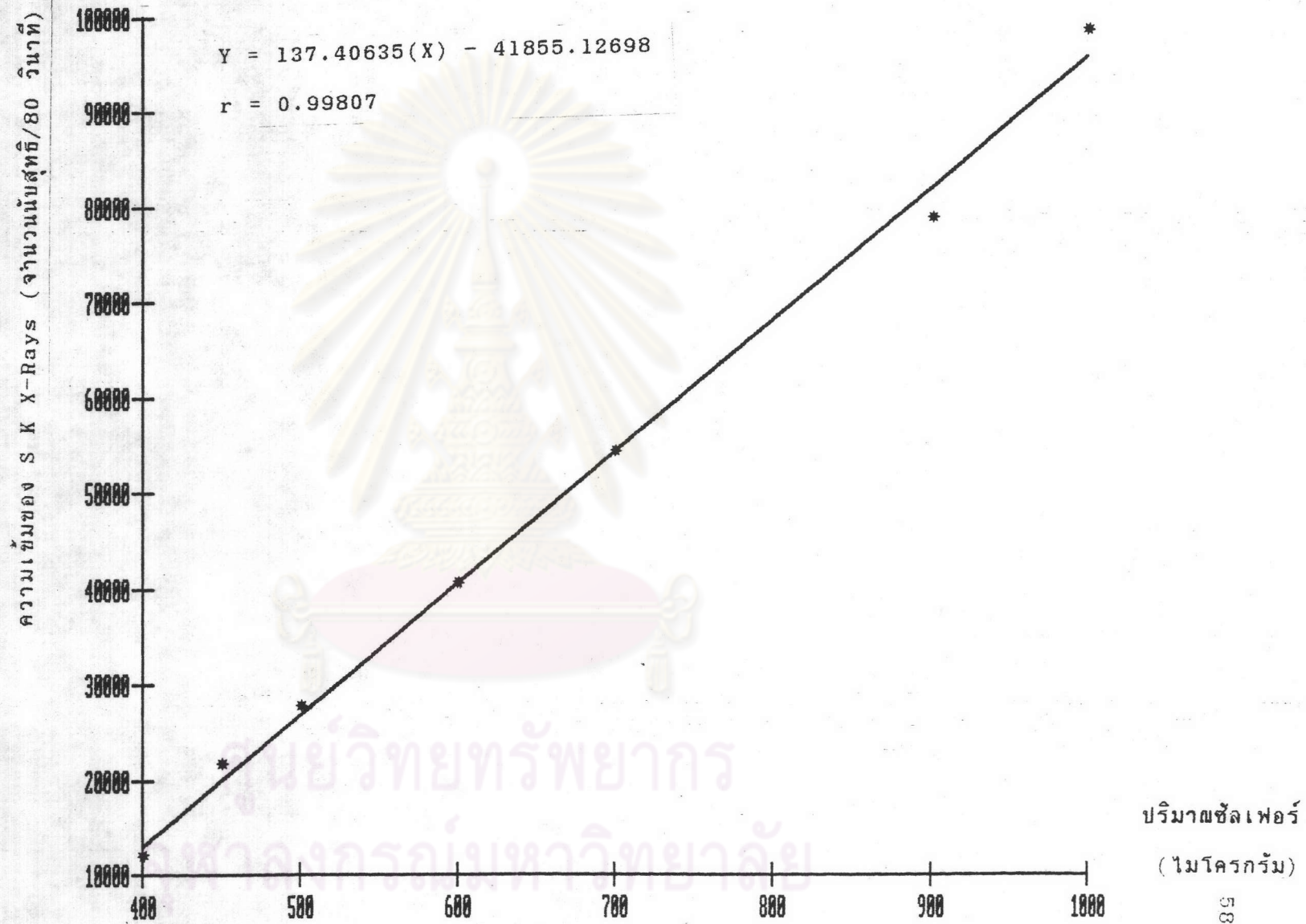
$$Y = 31.15516(x) + 359.20607$$

$$r = 0.99328$$

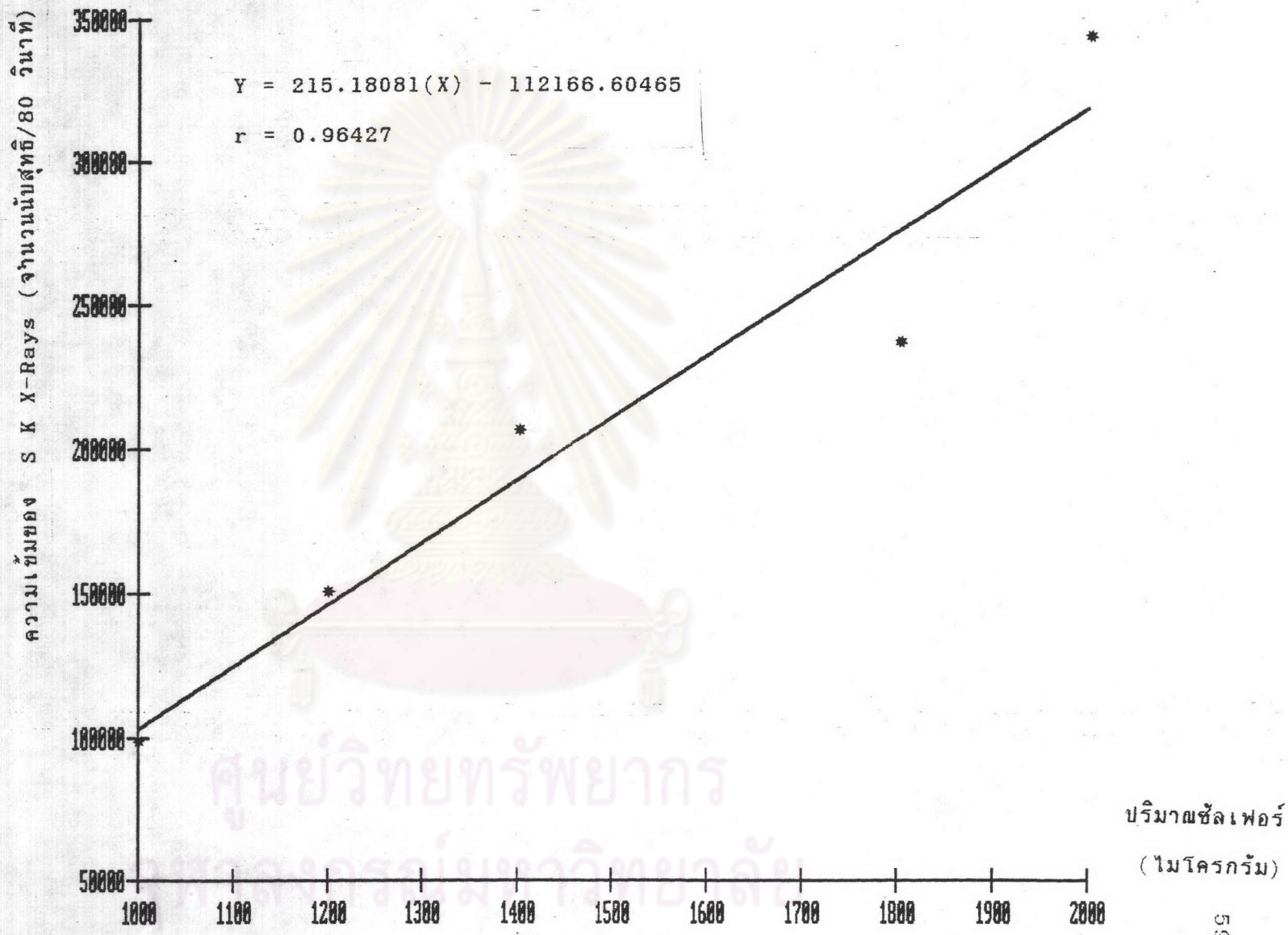
ใช้สมการที่ 3.1 LLD = 1.21667 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.4 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ในช่วงความเข้มชั้น 0 ถึง 400 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.4 (2) การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ในช่วงความเข้มข้น 400 ถึง 1000 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.4 (3) การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณฟิล์ม (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ WDX ในช่วงความเข้มชั้น 1000 ถึง 2000 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.4.5 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR 200)

| ปริมาณซีลเฟอ์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/300 วินาที) | ปริมาณซีลเฟอ์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays สุทธิ (จำนวนนับ/300 วินาที) |
|------------------------------|--|------------------------------|--|
| 0 | 0 | 140 | 6442 |
| 2 | 99 | 160 | 7357 |
| 4 | 174 | 200 | 9715 |
| 6 | 313 | 250 | 13357 |
| 8 | 402 | 300 | 15027 |
| 10 | 452 | 400 | 17563 |
| 20 | 911 | 500 | 22540 |
| 30 | 1298 | 600 | 30650 |
| 40 | 2017 | 700 | 34671 |
| 50 | 2364 | 900 | 45305 |
| 60 | 3271 | 1000 | 52473 |
| 70 | 3528 | 1200 | 66110 |
| 80 | 3911 | 1600 | 78444 |
| 90 | 5069 | 1800 | 85336 |
| 120 | 6194 | 2000 | 113967 |

จำนวนนับ/ 300 วินาทีของ Blank = 1927

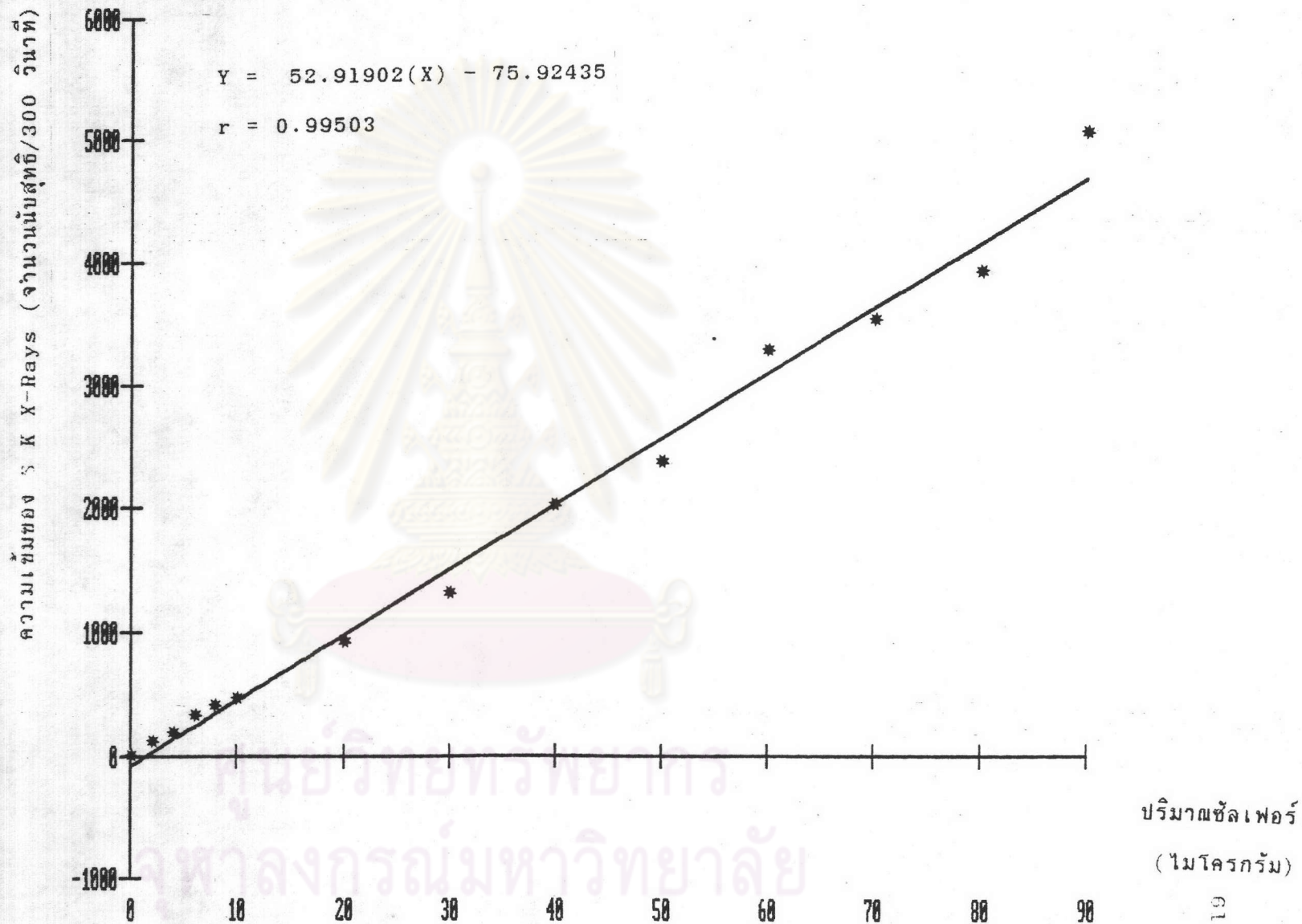
ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซีลเฟอ์ 0.2000 ไมโครกรัม)

$$Y = 52.09269(x) + 1464.84207$$

$$r = 0.99497$$

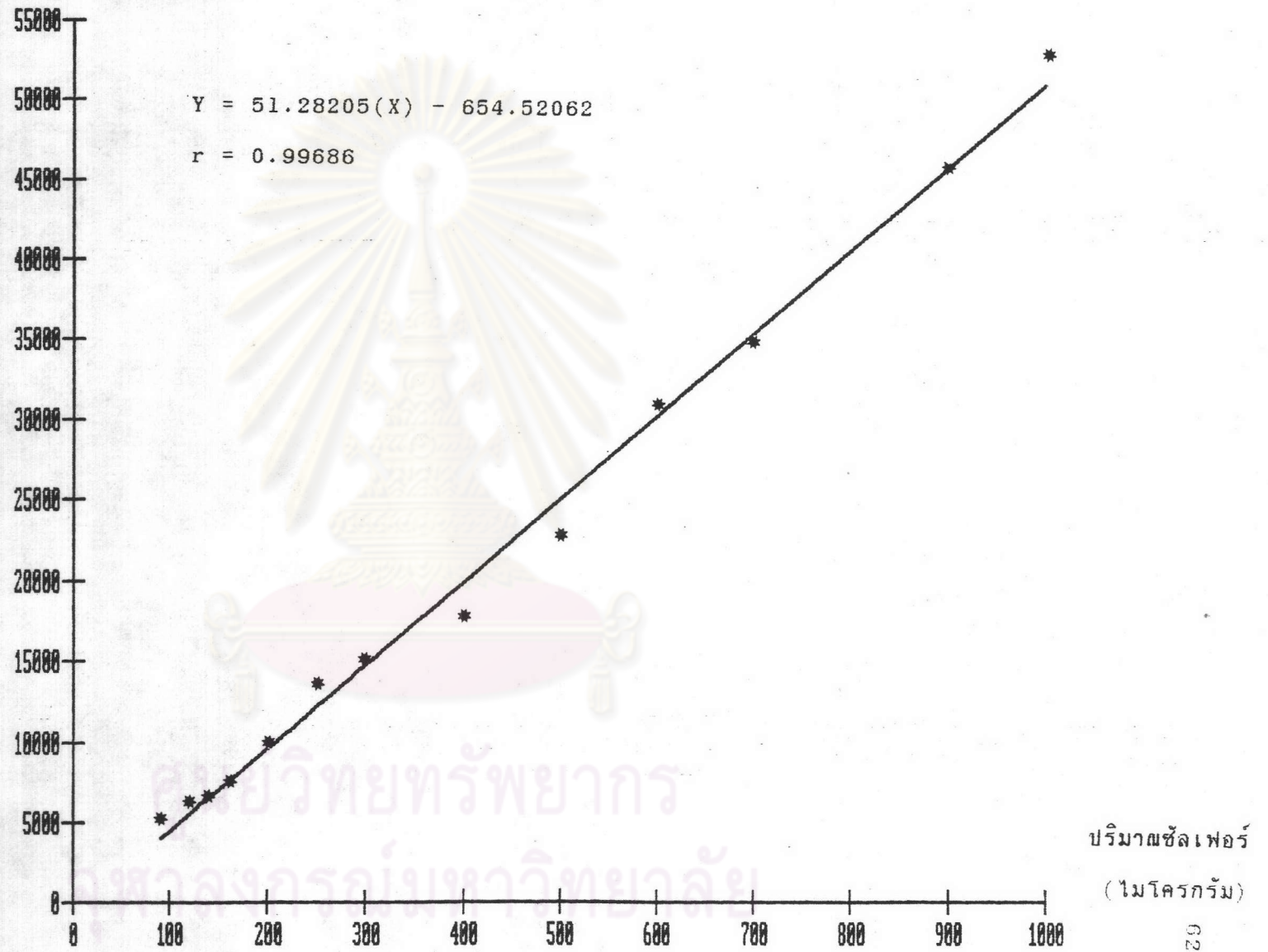
ใช้สมการที่ 3.1

$$LLD = 1.46943 \text{ ไมโครกรัม}$$



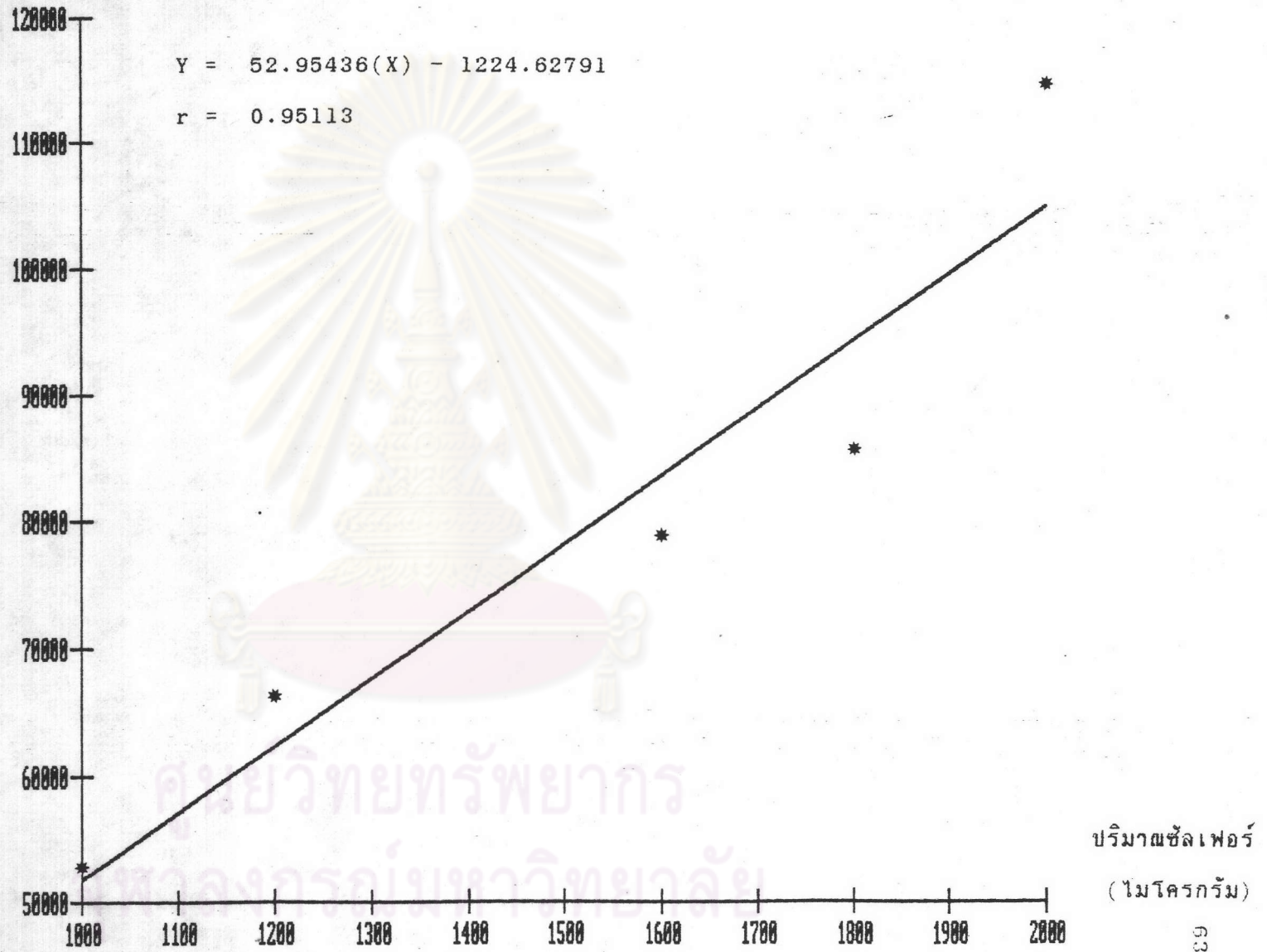
รูปที่ 4.4.5 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณสังกะสี (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 90 ไมโครกรัม

ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับสุทซ์/300 วินาที)



รูปที่ 4.4.5 (2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) ในช่วงความเข้มข้น 90 ถึง 1000 ไมโครกรัม

ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับสถิติ/300 วินาที)



รูปที่ 4.4.5 (3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) ในช่วงความเข้มข้น 1000 ถึง 2000 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.4.6 ผลการวัดความเข้มของ S K X-Rays จากกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ชนิด AA ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันัล

| ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับ/600 วินาที) |
|-------------------------------|---|
| 0 | 39146 |
| 50 | 41599 |
| 100 | 44096 |
| 200 | 52630 |
| 300 | 60440 |
| 400 | 66276 |
| 500 | 76028 |
| 600 | 86441 |
| 700 | 91174 |
| 800 | 105579 |
| 900 | 113777 |
| 1000 | 127753 |
| 1250 | 135345 |
| 1500 | 147168 |
| 1750 | 158656 |
| 2000 | 188019 |

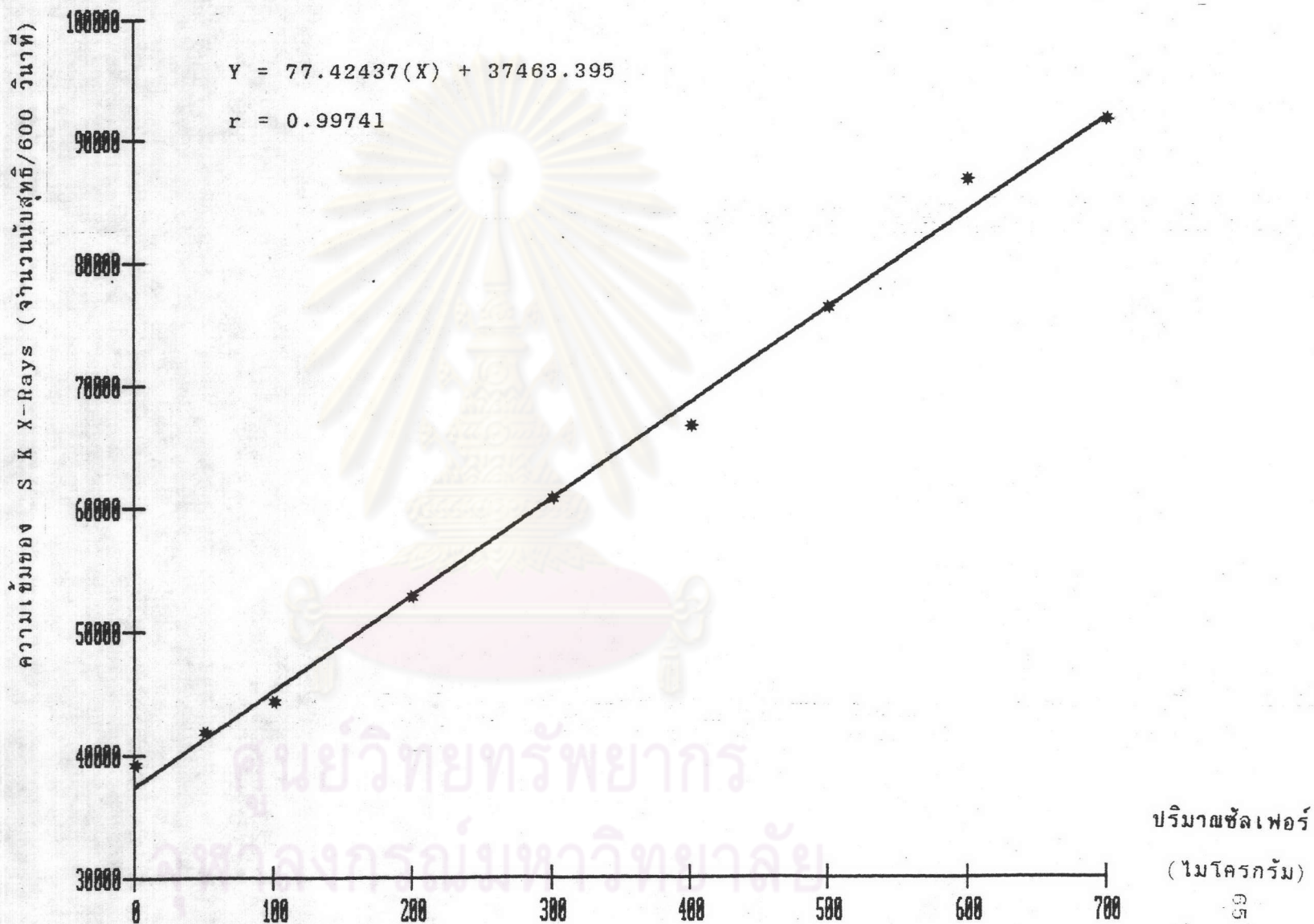
ใช้ LEAST-SQUARE METHOD (ซิลเฟอร์ 0-700 ไมโครกรัม)

$$Y = 77.42437(x) + 37463.395$$

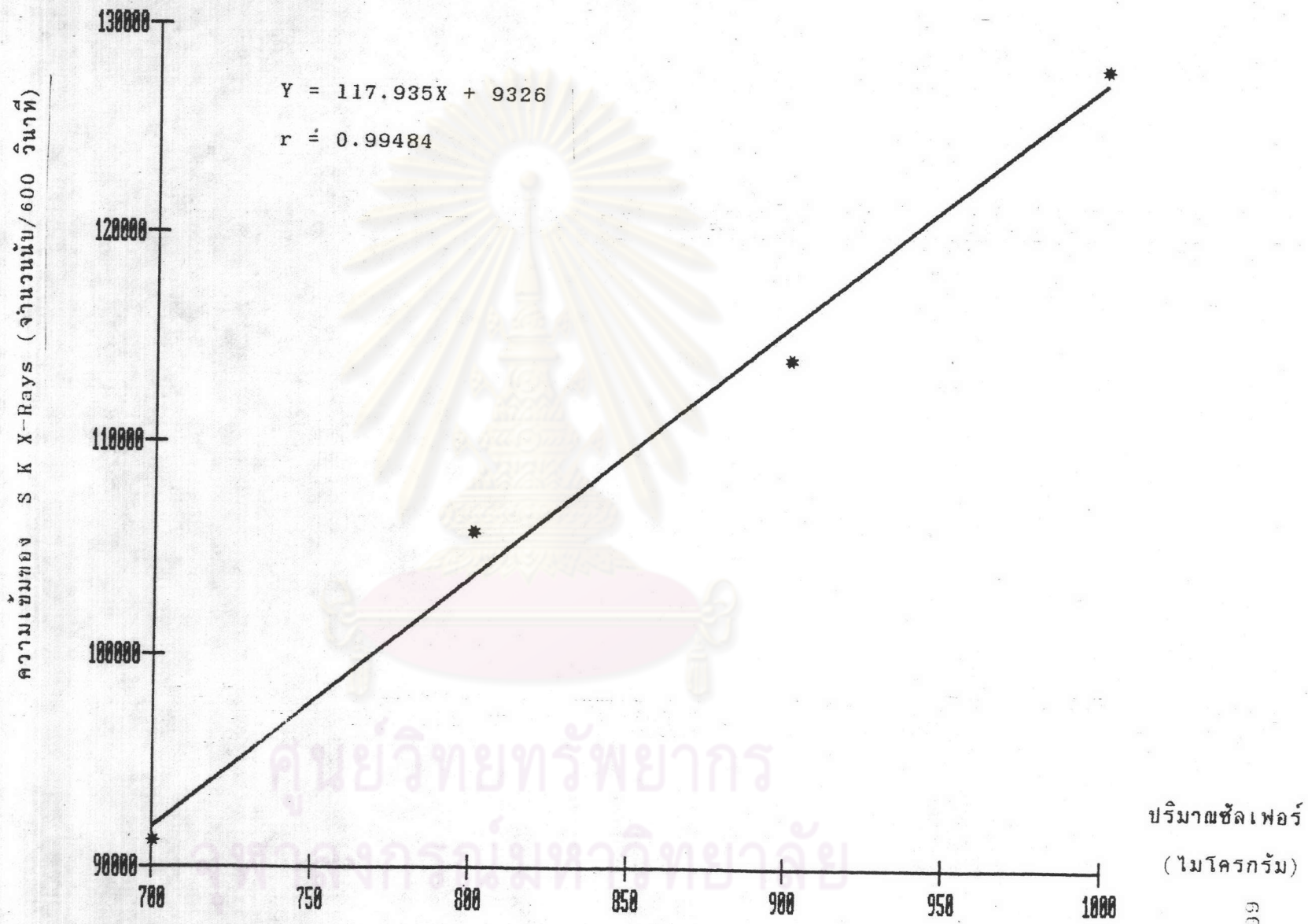
$$r = 0.99741$$

ใช้สมการที่ 3.1

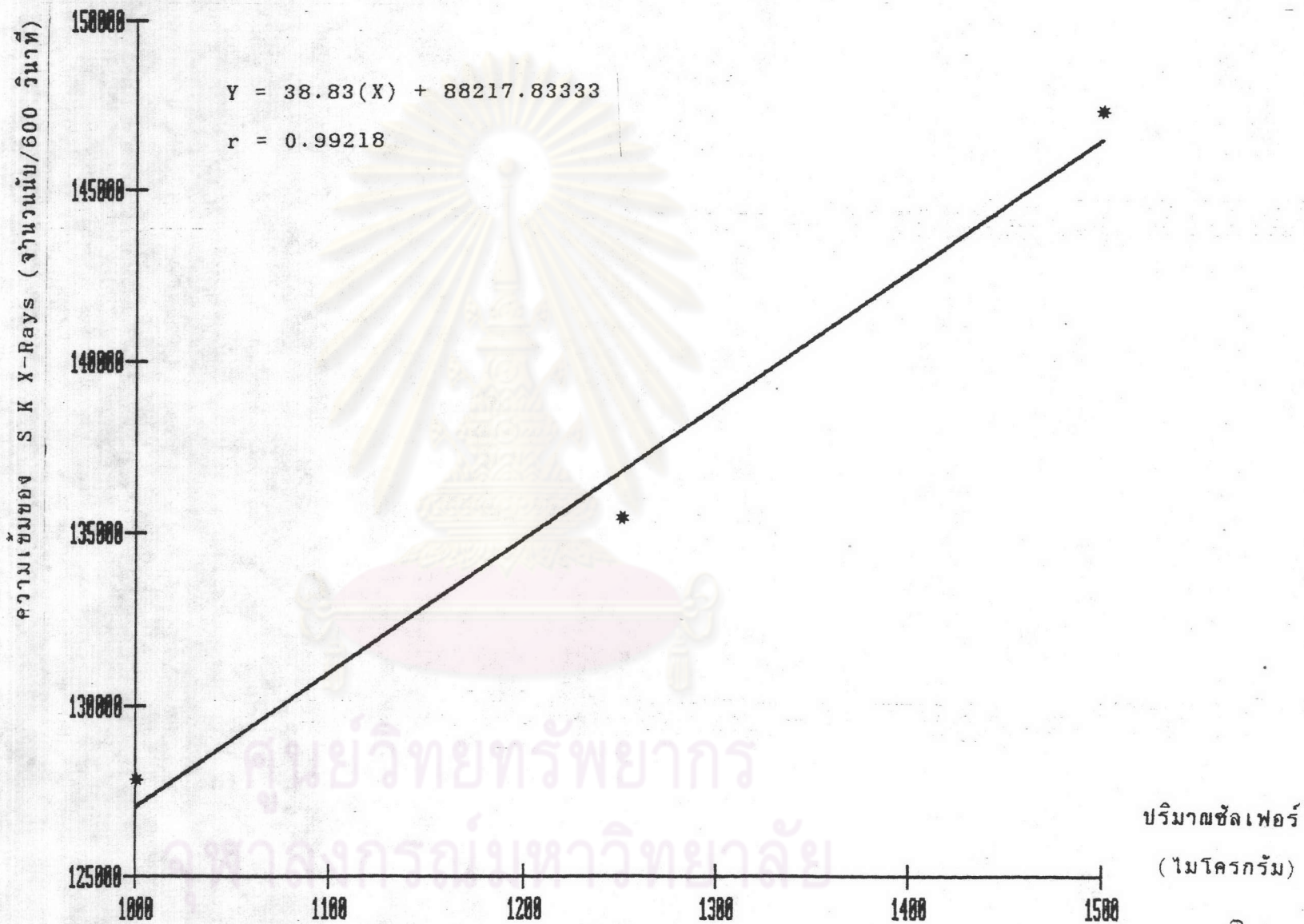
$$LLD = 4.99984 \text{ ไมโครกรัม}$$



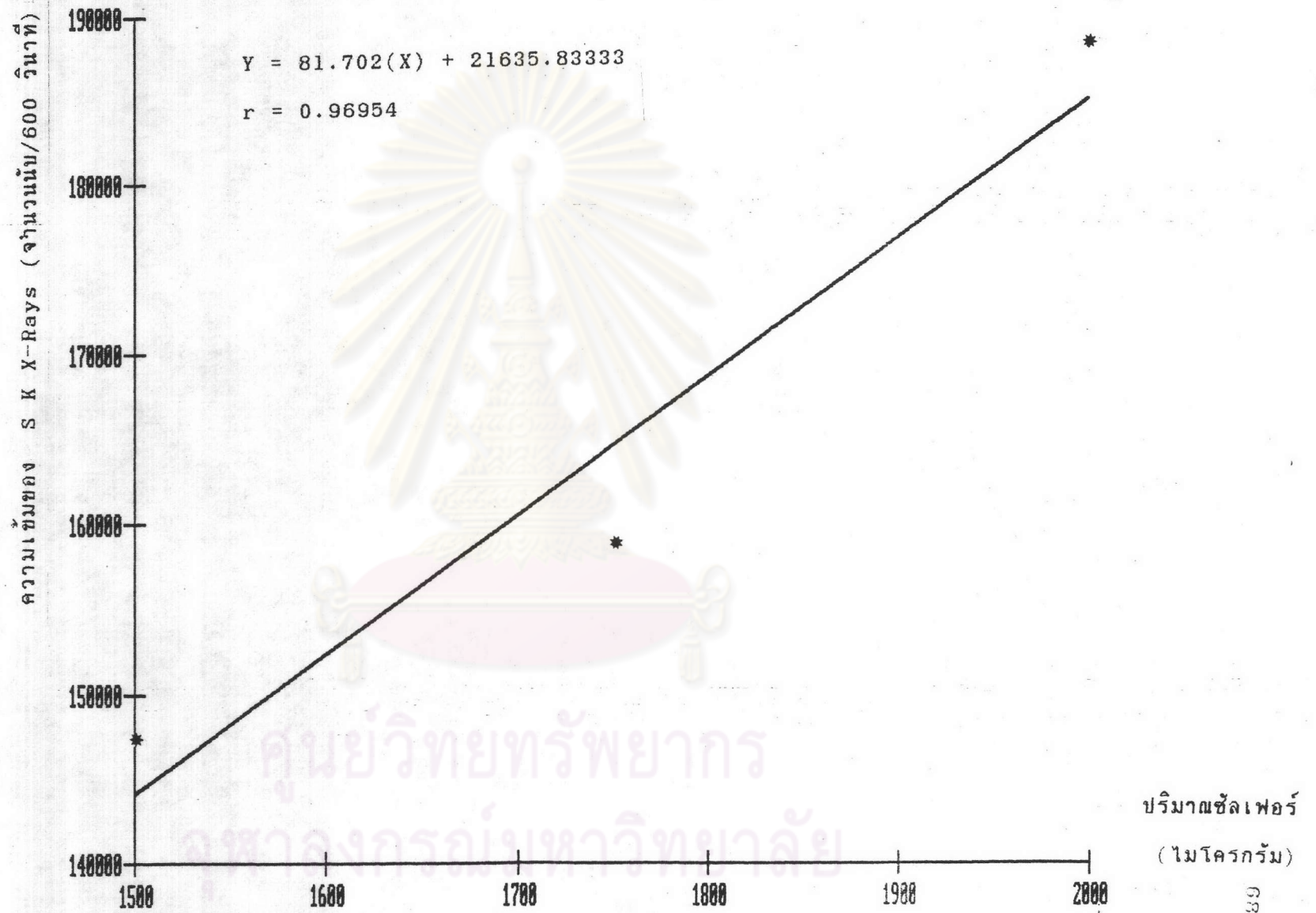
รูปที่ 4.4.6 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้น 0 ถึง 700 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.6 (2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพทอนัล ในช่วงความเข้มข้น 700 ถึง 1000 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.6 (3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณฟิล์ม (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันนัล ในช่วงความเข้มชั้น 1000 ถึง 1500 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.4.6 (4) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของ S K X-Rays กับปริมาณชาร์เฟอร์ (ไมโครกรัม) บนกระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้น 1500 ถึง 2000 ไมโครกรัม

4.5 เปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์และค่าจำนวนนับรังสีต่อเวลาของแต่ละระบบวัด

4.5.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของปริมาณซัลเฟอร์ที่วัดได้ โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์กับหัววัดพรอพอชันนัล วิธีทางเคมี (พาราโรซานิลีน) และค่ามาตรฐานซัลเฟอร์ใช้สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) เตรียมความเข้มข้นต่าง ๆ กันเป็นค่ามาตรฐานหยดบนกระดาษกรองเมมเบรน เพื่อนำมาวัดโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์กับหัววัดพรอพอชันนัล และหยดใน absorbing reagent เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี (พาราโรซานิลีน) ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.5.1 และรูปที่ 4.5.1 ถึง 4.5.3

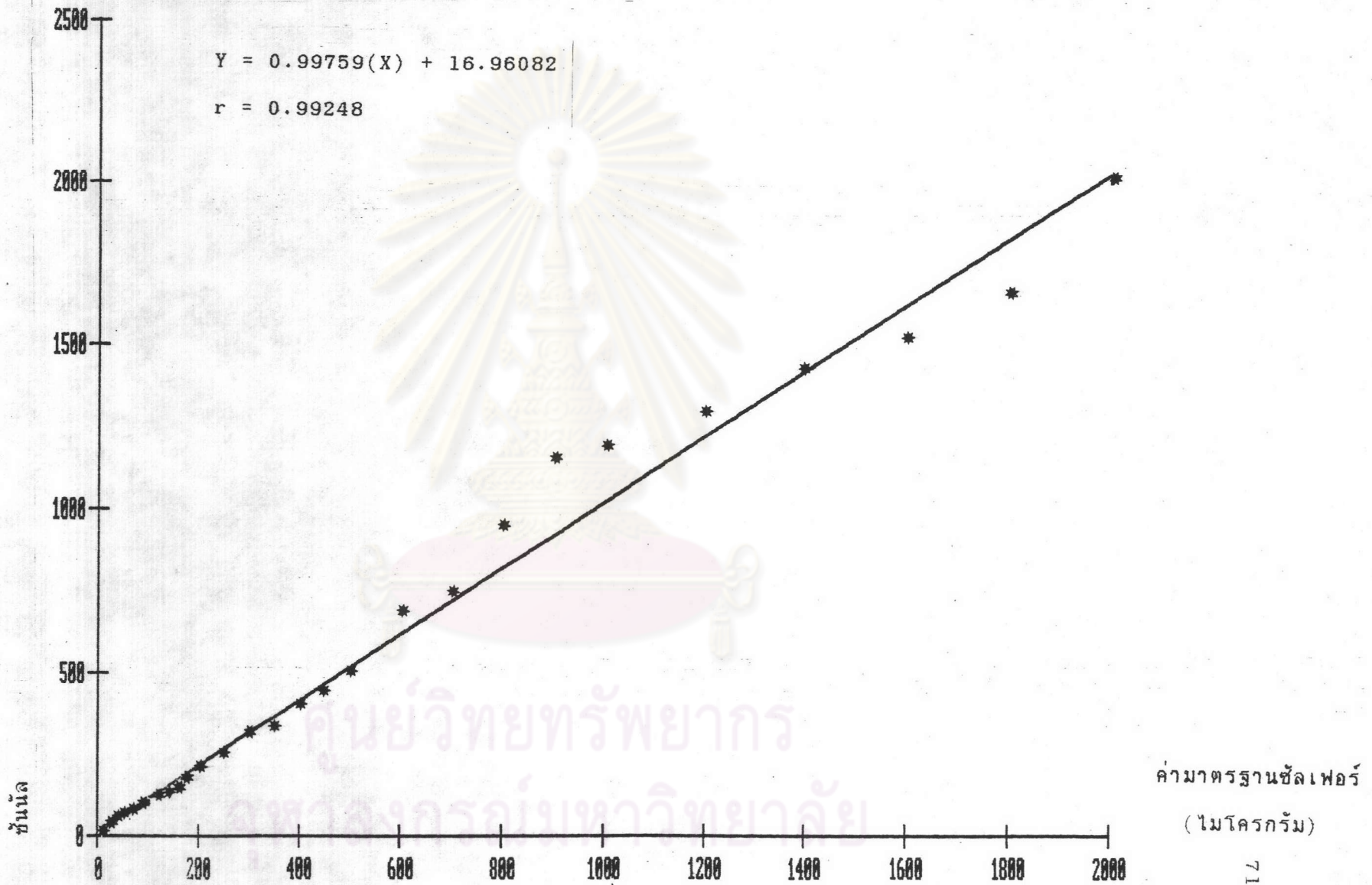
ตารางที่ 4.5.1 แสดงค่าปริมาณซัลเฟอร์ที่วัดได้โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์กับหัววัดพรอพอชันนัล วิธีทางเคมี (พาราโรซานิลีน) และค่ามาตรฐานซัลเฟอร์

| ตัวอย่างที่ | ปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | | |
|-------------|-----------------------------|------------|------------------------|
| | วิธีทางเคมี (พาราโรซานิลีน) | ค่ามาตรฐาน | วิธีการเรืองรังสีเอกซ์ |
| 1 | 33.6 | 10 | 4.43 |
| 2 | 33.6 | 20 | 30.18 |
| 3 | 33.6 | 30 | 33.41 |
| 4 | 33.6 | 40 | 51.37 |
| 5 | 33.6 | 50 | 63.89 |
| 6 | 33.6 | 60 | 65.42 |
| 7 | 36.4 | 70 | 78.45 |
| 8 | 22.4 | 80 | 81.84 |
| 9 | 22.4 | 90 | 92.04 |
| 10 | 22.4 | 100 | 98.71 |
| 11 | 28.0 | 120 | 120.26 |
| 12 | 39.2 | 140 | 128.25 |
| 13 | 148.4 | 160 | 145.40 |
| 14 | 137.2 | 180 | 173.50 |
| 15 | 165.2 | 200 | 206.55 |

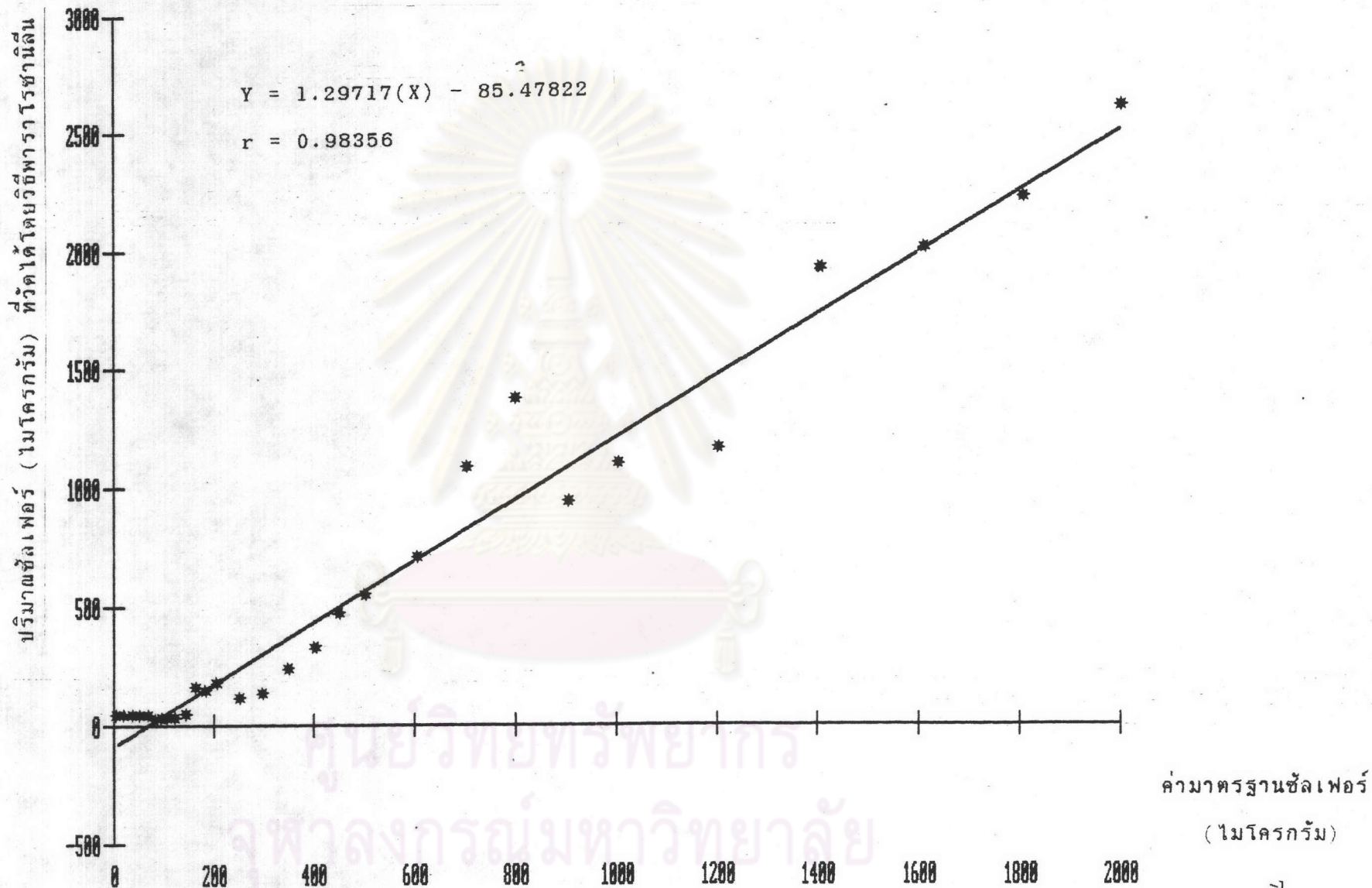
| ตัวอย่างที่ | ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | | |
|-------------|----------------------------|------------|------------------------|
| | วิธีทางเคมี (พาราโรซานีน) | ค่ามาตรฐาน | วิธีการเรืองรังสีเอกซ์ |
| 16 | 100.8 | 250 | 244.80 |
| 17 | 123.2 | 300 | 310.01 |
| 18 | 224.0 | 350 | 333.10 |
| 19 | 313.6 | 400 | 395.82 |
| 20 | 459.2 | 450 | 437.09 |
| 21 | 536.0 | 500 | 493.83 |
| 22 | 700.0 | 600 | 672.19 |
| 23 | 1064.0 | 700 | 736.23 |
| 24 | 1372.0 | 800 | 936.94 |
| 25 | 924.0 | 900 | 1139.33 |
| 26 | 1092.0 | 1000 | 1174.30 |
| 27 | 1148.0 | 1200 | 1283.67 |
| 28 | 1904.0 | 1400 | 1420.26 |
| 29 | 1988.0 | 1600 | 1507.75 |
| 30 | 2212.0 | 1800 | 1645.61 |
| 31 | 2602.0 | 2000 | 1983.60 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ที่วัดได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอ-

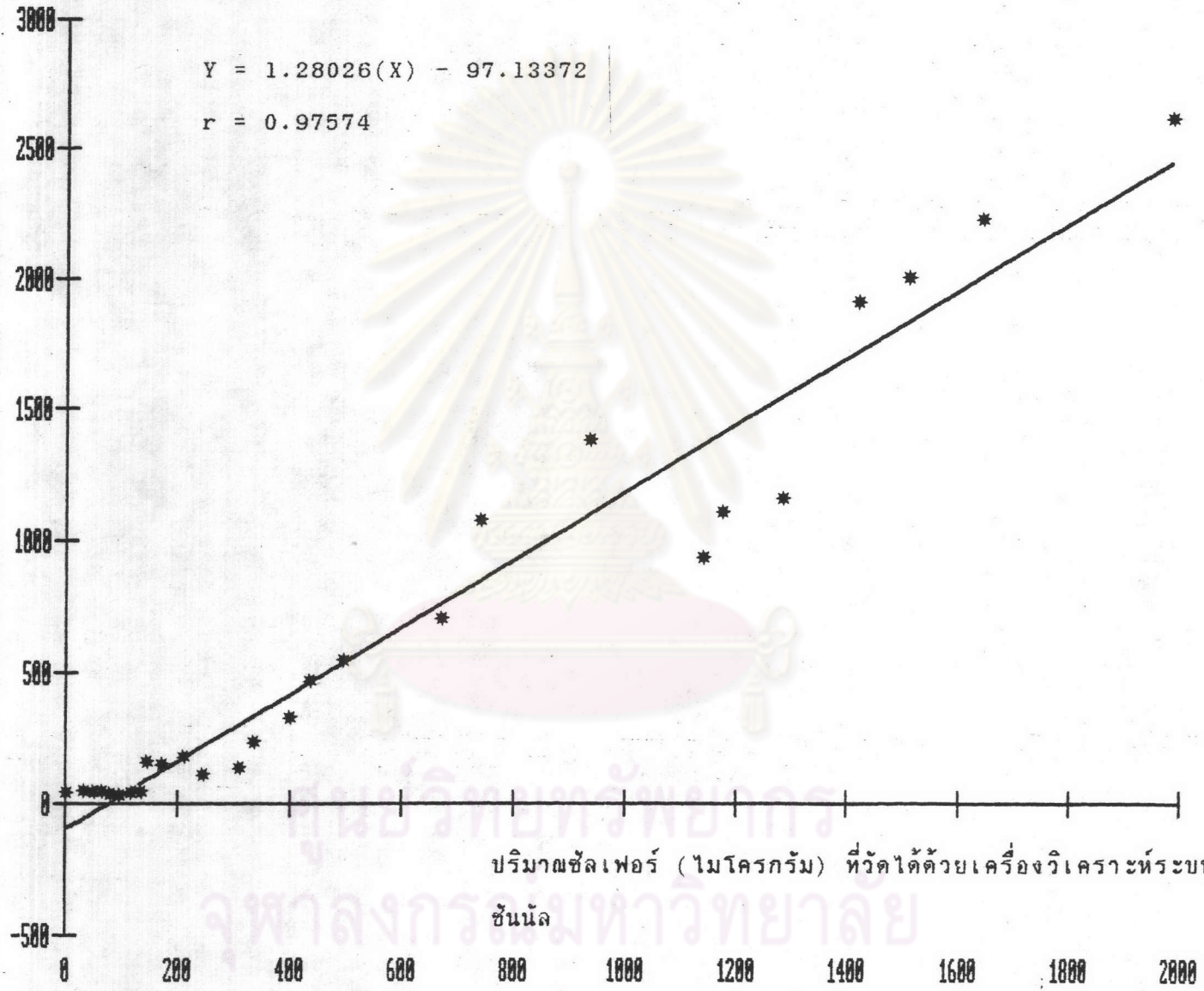


รูปที่ 4.5.1 (1) กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่า ปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ที่วัดได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม)



รูปที่ 4.5.1 (2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ที่วัดได้โดยวิธีพาราโรซานีน กับค่ามาตรฐานซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม)

ปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ที่วัดได้โดยวิธีพาราโรซานีน



รูปที่ 4.5.1 (3) กราฟแสดงความสัมพันธ์ค่าปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ที่วัดได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล กับวิธีพาราโรซานีน

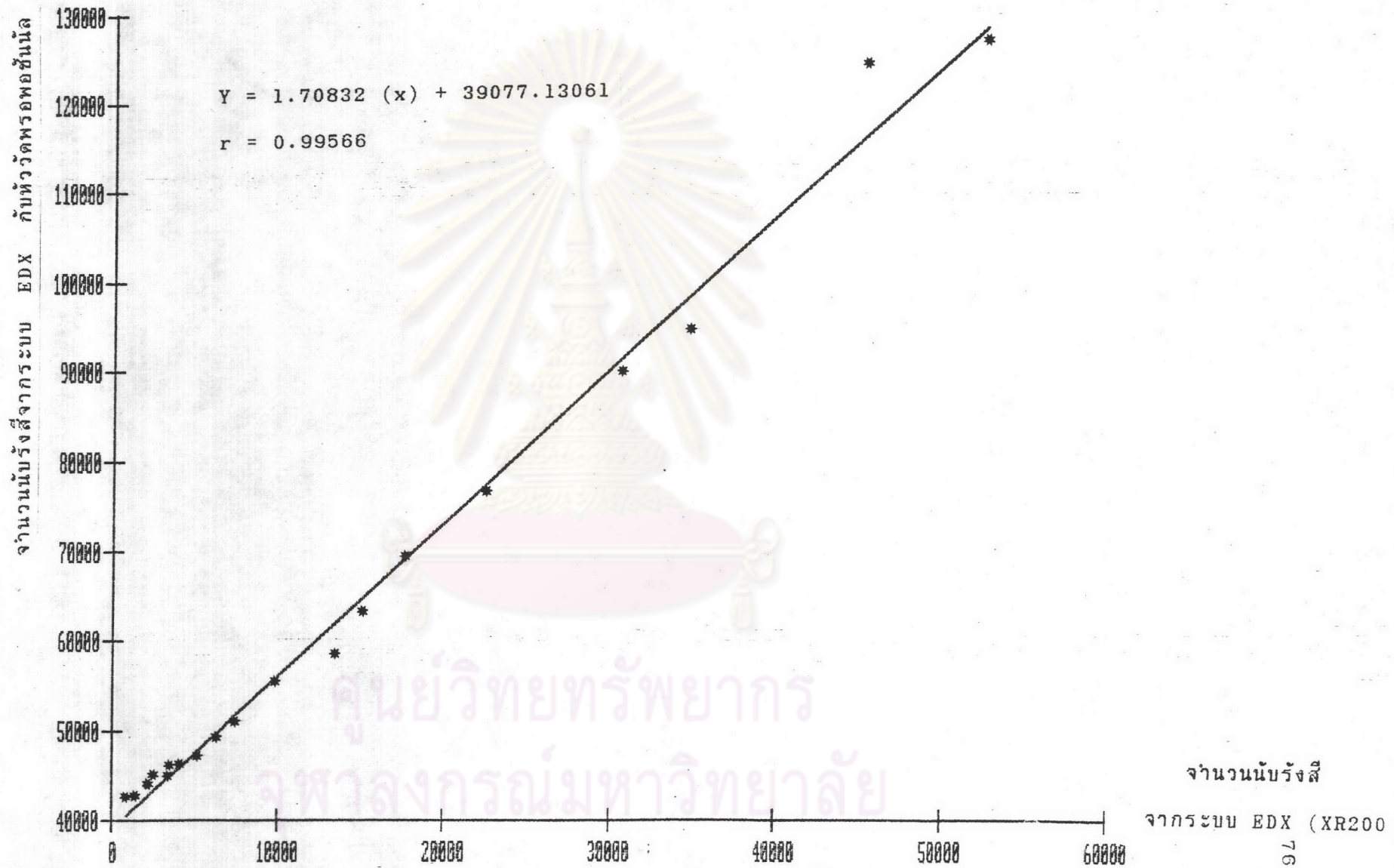
4.5.2 เปรียบเทียบค่าจำนวนนับรังสีต่อเวลา โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ เตรียมความเข้มข้นต่าง ๆ กัน หยดบนกระดาษกรองเมมเบรน แล้วนำมาวัดโดยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ทั้งสามระบบคือ WDX, EDX(XR 200) EDX กับหัววัดพรอพพอนัล ดังแสดงในตารางที่ 4.5.2 และรูปที่ 4.5.2(1) ถึง 4.5.2(8)

ตารางที่ 4.5.2 แสดงค่าปริมาณซัลเฟอร์ที่วัดได้โดยระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอนัล, EDX (XR 200) และระบบ WDX

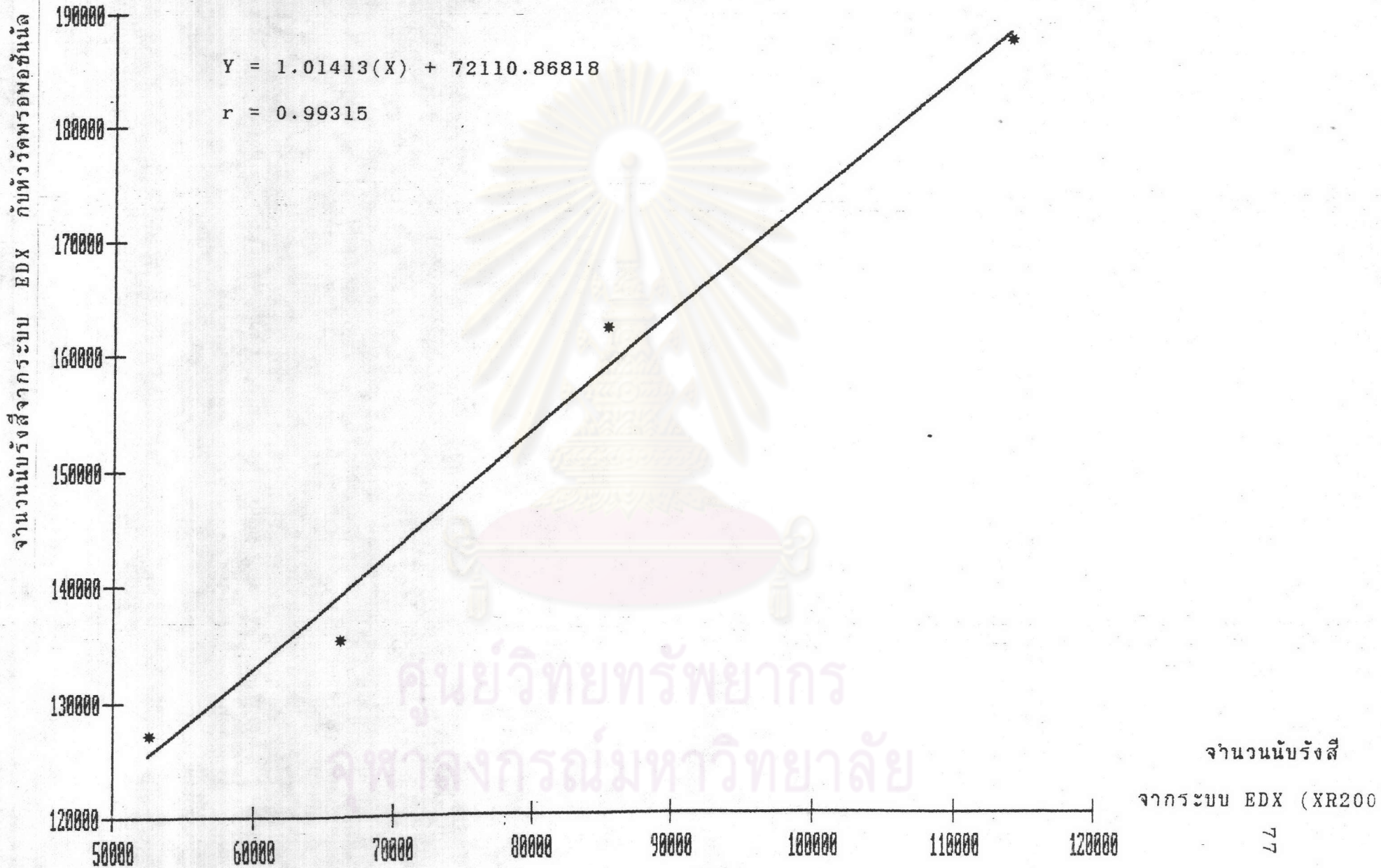
| ตัวอย่างที่ | จำนวนนับรังสี/ 600 วินาที โดยระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอนัล | จำนวนนับรังสีสุทธิ/ 300 วินาที โดยระบบ EDX(XR 200) | จำนวนนับรังสี สุทธิ/80 วินาที โดยระบบ WDX |
|-------------|---|--|---|
| 1 | 42344 | 911 | 1129 |
| 2 | 42583 | 1298 | 1162 |
| 3 | 43912 | 2017 | 1713 |
| 4 | 44838 | 2364 | 1857 |
| 5 | 44951 | 3271 | 2373 |
| 6 | 45915 | 3528 | 2593 |
| 7 | 46166 | 3911 | 2996 |
| 8 | 46921 | 5069 | 3674 |
| 9 | 49009 | 6194 | 4203 |
| 10 | 50869 | 7357 | 4688 |
| 11 | 55393 | 9715 | 6368 |
| 12 | 58223 | 13357 | 8947 |
| 13 | 63048 | 15027 | 10270 |
| 14 | 69397 | 17563 | 11905 |
| 15 | 76648 | 22540 | 27566 |
| 16 | 89845 | 30650 | 40324 |
| 17 | 94583 | 34671 | 54113 |

| ตัวอย่างที่ | จำนวนนับรังสี/ 600 วินาที โดยระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอน์ | จำนวนนับรังสีสุทธิ/ 300 วินาที โดยระบบ EDX(XR 200) | จำนวนนับรังสี สุทธิ/80 วินาที โดยระบบ WDX |
|-------------|--|--|---|
| 18 | 124407 | 45305 | 78479 |
| 19 | 126995 | 52473 | 98273 |
| 20 | 135087 | 66110 | 149531 |
| 21 | 161866 | 85336 | 236089 |
| 22 | 186873 | 113967 | 342241 |

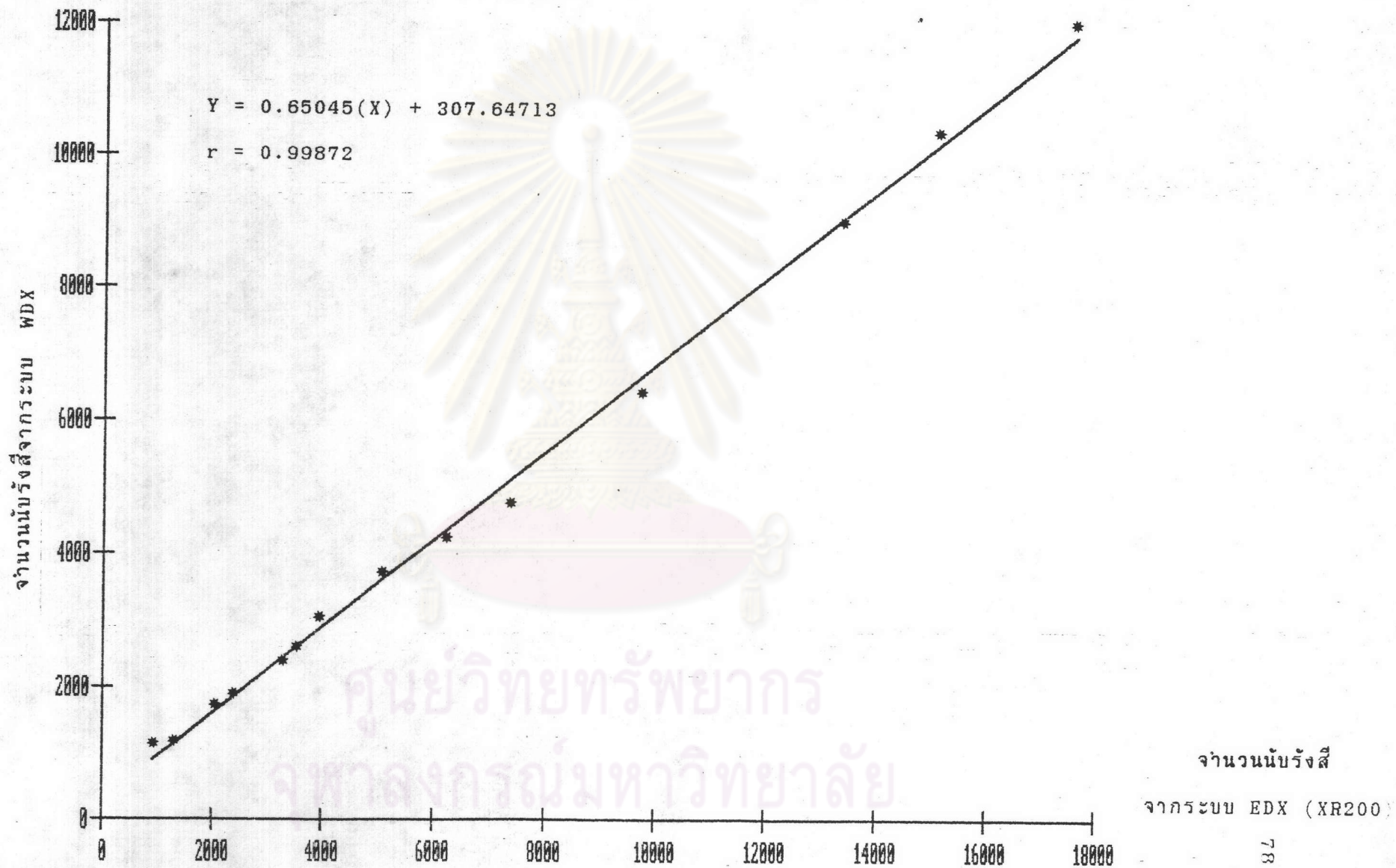
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



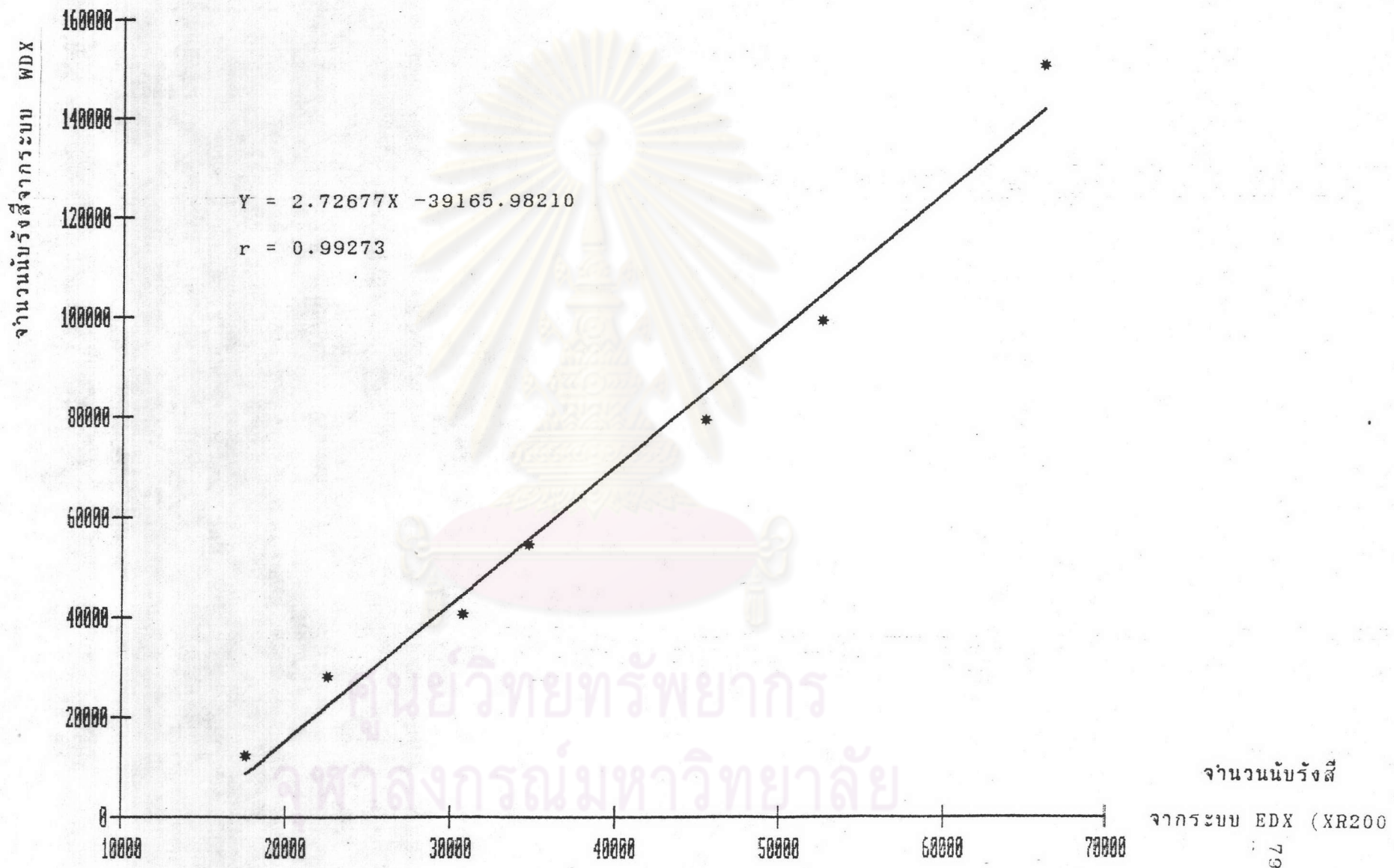
รูปที่ 4.5.2 (1) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX (XR200) และระบบ EDX กับห้วงวัดพรหอนันต์ ในช่วงความเข้มข้นของซิลเฟอร์ 0 ถึง 1000 ไมโครกรัม



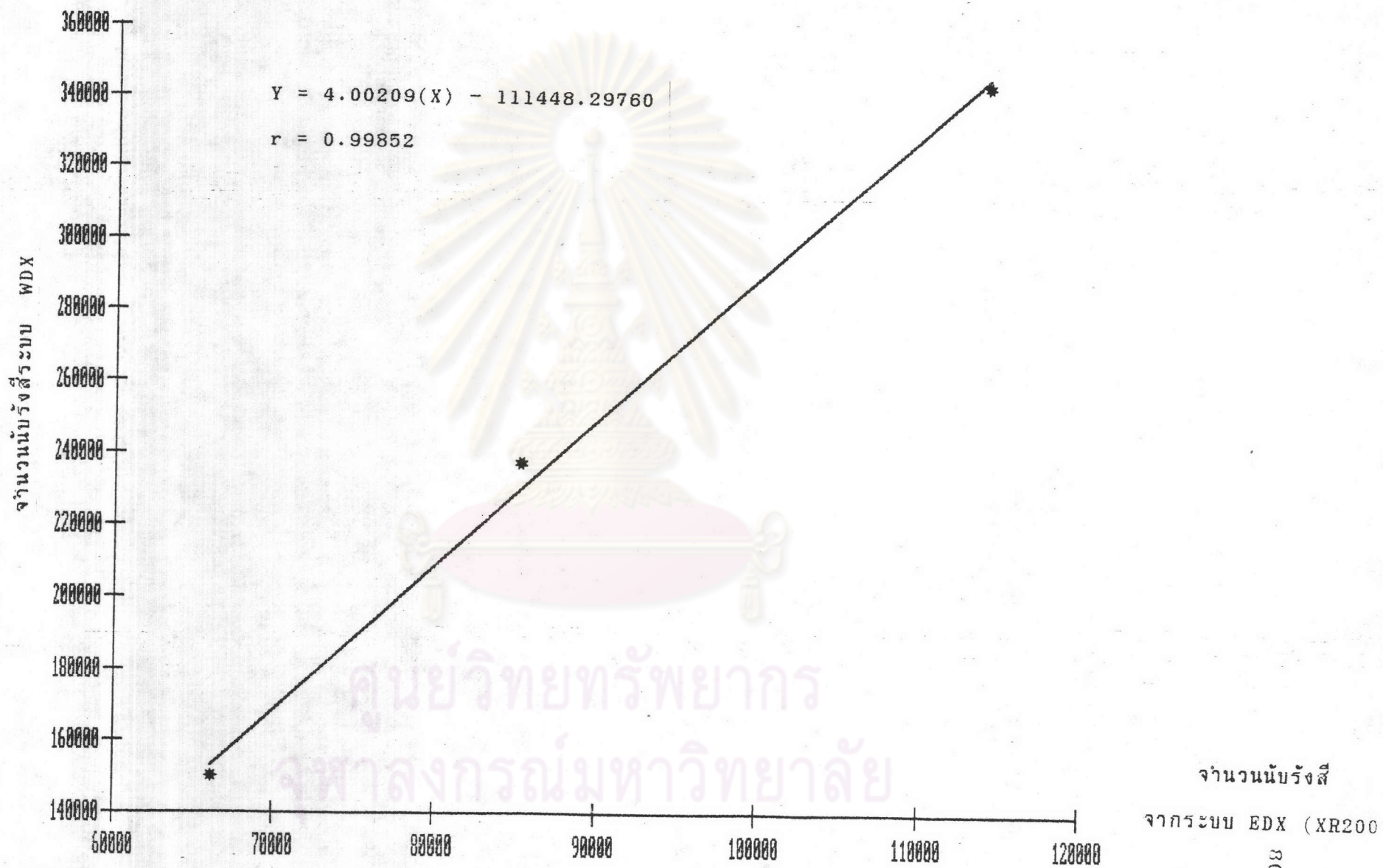
รูปที่ 4.5.2 (2) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX (XR200) และระบบ EDX กับหัววัดพรอดซ์ันด์ ในช่วงความเข้มข้นของซัลเฟอร์ 1000 ถึง 2000 ไมโครกรัม



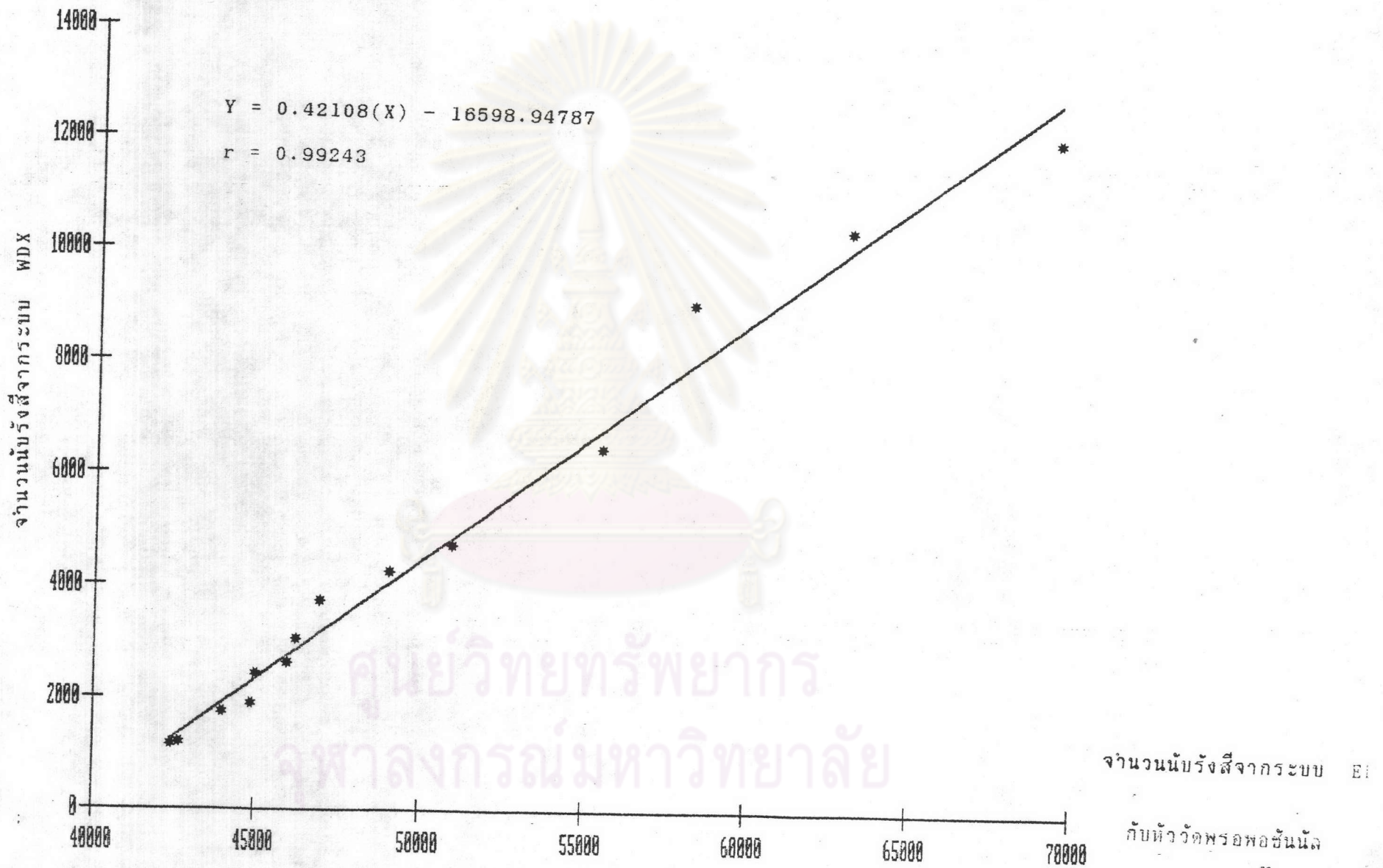
รูปที่ 4.5.2 (3) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX (XR200) และระบบ WDX ในช่วงความเข้มข้นของซิลเฟอร์ 0 ถึง 400 ไมโครกรัม



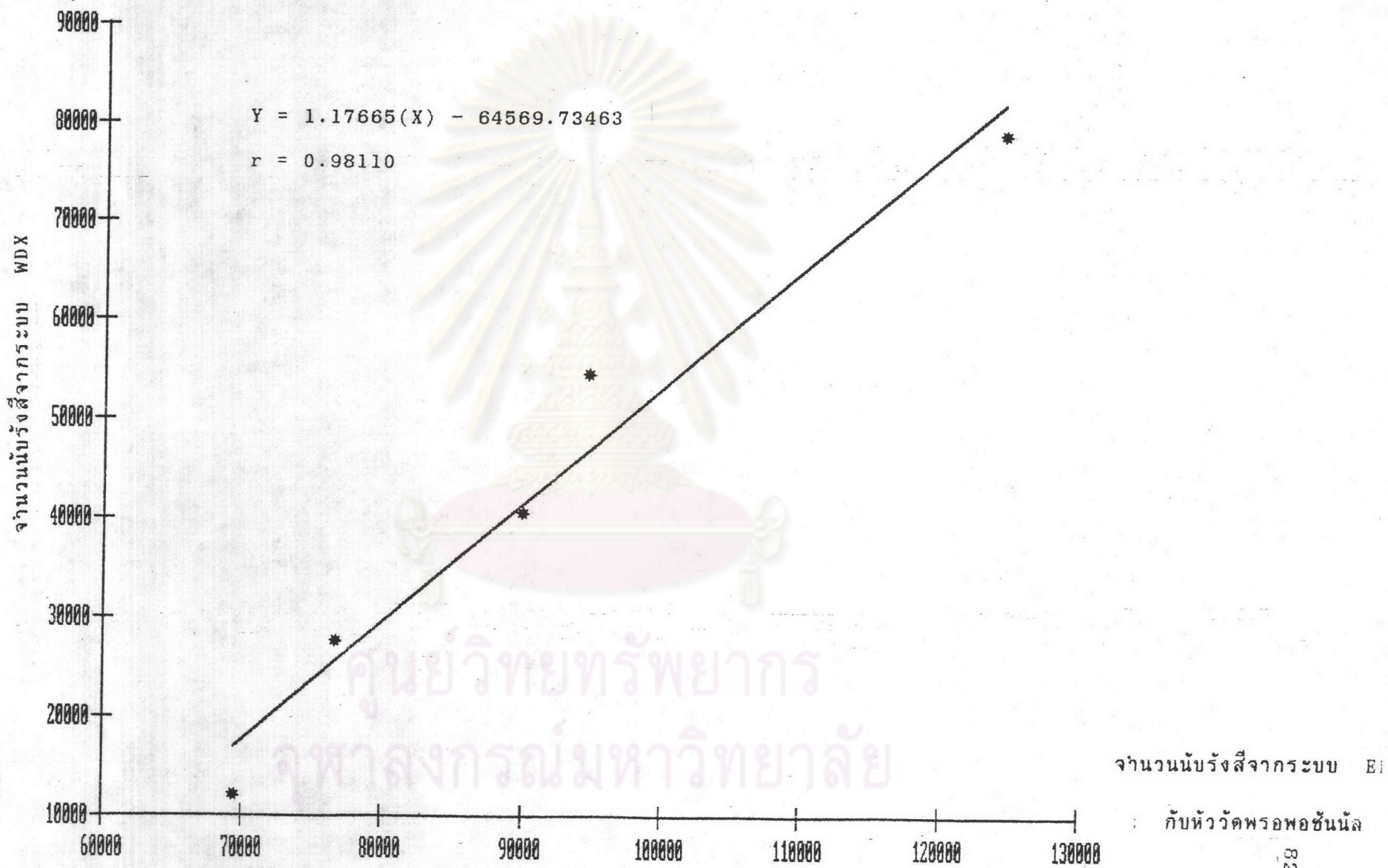
รูปที่ 4.5.2 (4) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX (XR200) และระบบ WDX ในช่วงความเข้มชั้นของซิลเฟอร์ 400 ถึง 1200 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.5.2 (5) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX (XR200) และระบบ WDX ในช่วงความเข้มชั้นของซิลเฟลอร์ 1200 ถึง 2000 ไมโครกรัม

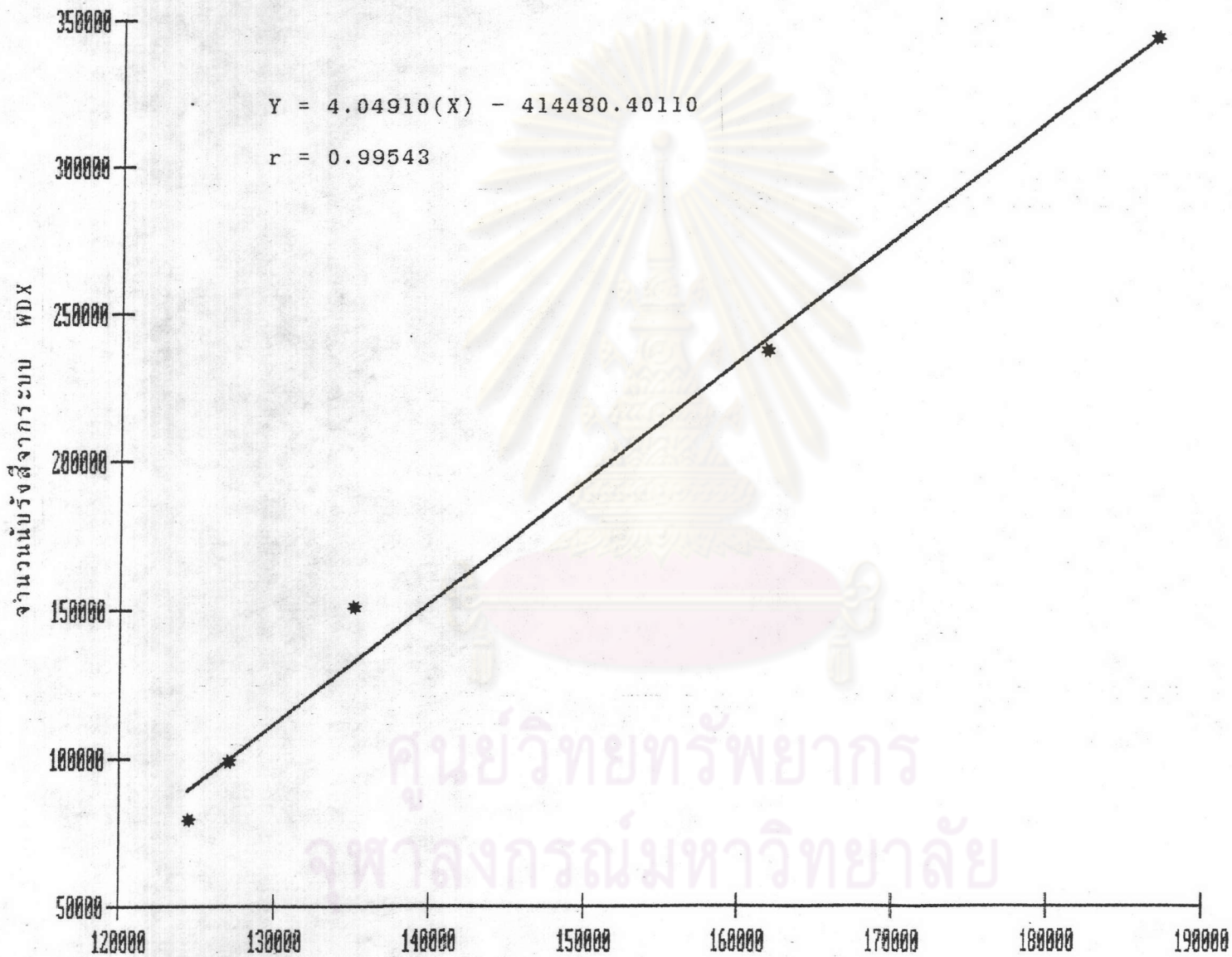


รูปที่ 4.5.2 (6) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX กับหัววัดพรอพพอนันต์ และระบบ WDX ในช่วงความเข้มข้นของซีลเฟอร์ 0 ถึง 600 ไมโครกรัม



รูปที่ 4.5.2 (7) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล และระบบ WDX

ในช่วงความเข้มข้นของซัลเฟอร์ 600 ถึง 100 ไมโครกรัม



จำนวนนับรังสีจากระบบ EDX
กับหัววัดพรอพอชันนัล

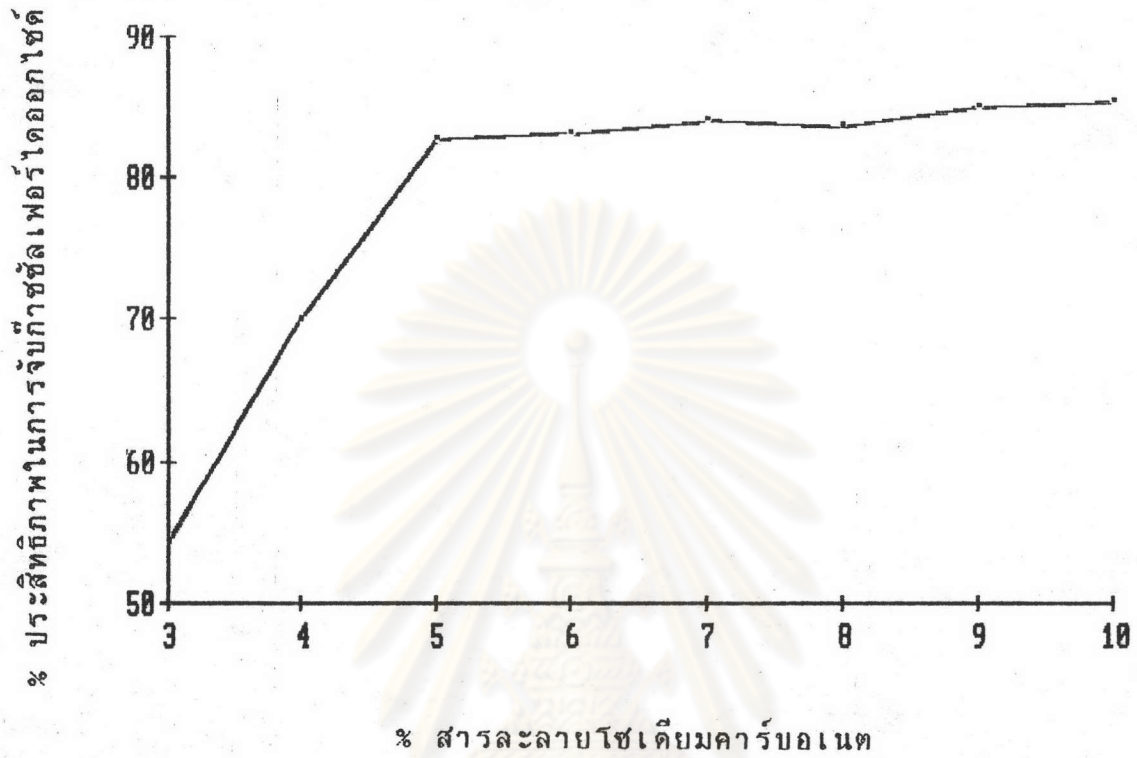
รูปที่ 4.5.2 (8) แสดงกราฟเปรียบเทียบจำนวนนับรังสีจากระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล และระบบ WDX ในช่วงความเข้มข้น 1000 ถึง 2000 ไมโครกรัม

4.6 ศึกษาประสิทธิภาพในการจับซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงตามตัวแปรต่าง ๆ

4.6.1 ศึกษาประสิทธิภาพในการจับซิลเฟอร์ไดออกไซด์กับเปอร์เซ็นต์ของสารละลายที่ซึบ โดยใช้กระดาษกรองเมมเบรนของ Millipore ขนาด pore size 0.8μ ซึบสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ กัน โดยใช้อัตราการดูดอากาศ 1.2 ลิตรต่อนาทีเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะได้โซเดียมคาร์บอเนต 5% โดยน้ำหนักเหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.6.1 และรูปที่ 4.6.1

ตารางที่ 4.6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการจับซิลเฟอร์ไดออกไซด์กับเปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ซึบ

| เปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต | ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับ/600 วินาที) | เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการจับซิลเฟอร์ไดออกไซด์ |
|--|--|---|
| 3 | 110266 | 54.25 |
| 4 | 135888 | 69.90 |
| 5 | 156657 | 82.65 |
| 6 | 157425 | 83.10 |
| 7 | 158912 | 84.00 |
| 8 | 158176 | 83.55 |
| 9 | 160464 | 84.95 |
| 10 | 161068 | 85.35 |



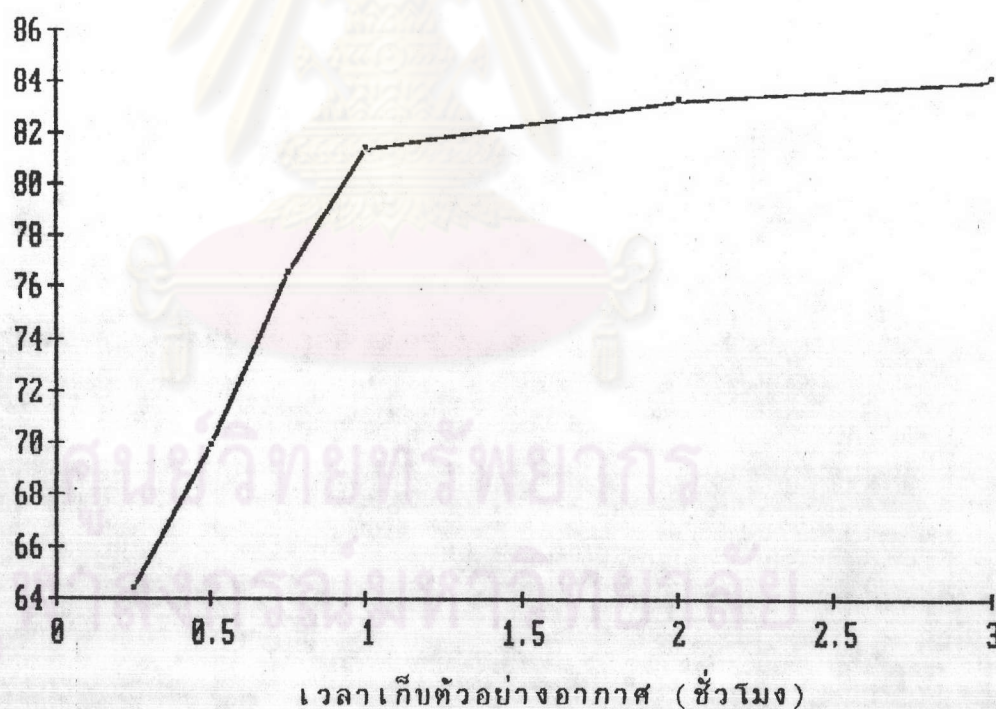
รูปที่ 4.6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ กับเปอร์เซ็นต์ของสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่ซึบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการจับเซลล์เฟอร์ไดออกไซด์กับเวลาที่เก็บอากาศ (ชั่วโมง)

| เวลาที่เก็บอากาศ (ชั่วโมง) | ความเข้มของ S K X-Rays (จำนวนนับ/600 วินาที) | เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการจับเซลล์เฟอร์ไดออกไซด์ |
|-------------------------------|---|---|
| 0.25 | 126754 | 64.33 |
| 0.50 | 135806 | 69.85 |
| 0.75 | 146656 | 76.50 |
| 1 | 154549 | 81.35 |
| 2 | 157719 | 83.30 |
| 3 | 150108 | 84.15 |

% ประสิทธิภาพสูงสุดในการจับก๊าซเฟอร์ไดออกไซด์



รูปที่ 4.6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพสูงสุดในการจับก๊าซเซลล์เฟอร์ไดออกไซด์ที่ความเข้มข้น 2000 ไมโครกรัม กับเวลาเก็บตัวอย่างอากาศ (ชั่วโมง)

4.6.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลา กับประสิทธิภาพในการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดที่ความเข้มข้น 2000 ไมโครกรัม ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นที่ออกจากปล่องโรงบ่ม จะได้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ดังตารางที่ 4.6.2 และรูปที่ 4.6.2 แสดงว่าการเก็บตัวอย่างจากปล่องในระยะเวลา น้อยกว่า 1 ชั่วโมง กระจกกรองไม่อิ่มตัว (saturate) ซึ่งยังสามารถเก็บก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้อีก ถ้าเก็บตัวอย่างจากบรรยากาศกระจกกรองก็ไม่อิ่มตัวถึงแม้จะเก็บตัวอย่างเป็นเวลานาน เพราะความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศต่ำ

4.7 ผลการเก็บตัวอย่างอากาศภาคสนามจากโรงบ่มไบยาสูบในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเก็บตัวอย่างอากาศจากปล่องเตาบ่มไบยาสูบและจากบรรยากาศภายในโรงงาน โดยใช้กระจกกรอง Whatman เบอร์ 42 ซุปสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต และกลีเซอรอลอย่างละ 5% โดยน้ำหนัก ผลการวัดตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 4.7.1, 4.7.2 และรูปที่ 4.7.1, 4.7.2 ตารางที่ 4.7.3 และ 4.7.4 แสดงค่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้ในบรรยากาศโรงบ่มไบยาสูบ ก. โดยวิธีทางเคมี (พาราโรซานิลีน) และเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันนัล ซึ่งให้ผลเปรียบเทียบกันได้โดยค่าเฉลี่ยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์แทนการใช้วิธีทางเคมี (พาราโรซานิลีน) แต่อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของความคงตัว (stability) ของกระจกกรองในการเก็บตัวอย่างอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7.1 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ที่วัดได้โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับ
 หัววัดพรอพอซันัลกับระบบ EDX (XR 200) ในช่วงความเข้มข้นของ
 ซัลเฟอร์ประมาณ 600-2500 ไมโครกรัม

| ตัวอย่าง | ปริมาณซัลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | |
|----------|----------------------------|------------------------------|
| | ระบบ EDX (XR 200) | ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันัล |
| 1 | 786 | 794.43 (987.57) |
| 2 | 1206 | 1340.57 (115.68) |
| 3 | 1413 | 1229.29 (1588.72) |
| 4 | 807 | 1121.83 (835.72) |
| 5 | 1503 | 1522.53 (1368.08) |
| 6 | 1473 | 1563.50 (1972.60) |
| 7 | 1196 | 1245.17 (1139.33) |
| 8 | 916 | 1122.16 (1678.06) |
| 9 | 1946 | 2178.52 (2342.27) |
| 10 | 1665 | 1770.61 (1414.88) |
| 11 | 798 | 1048.44 (658.06) |
| 12 | 1244 | 1285.87 (1375.97) |
| 13 | 956 | 1087.97 (769.64) |
| 14 | 1294 | 1120.57 (1598.47) |
| 15 | 1308 | 1318.99 (1380.63) |
| 16 | 1494 | 1255.54 (1549.73) |
| 17 | 1120 | 1198.49 (1024.84) |
| 18 | 1608 | 1594.69 (1347.89) |
| 19 | 961 | 1181.14 (1126.08) |
| 20 | 1201 | 1237.86 (999.49) |

หมายเหตุ : ค่าในวงเล็บเป็นการวิเคราะห์ในบรรยากาศของไนโตรเจนโดยจัดระยะห่าง
 ระหว่างหัววัด-ต้นกำเนิดรังสี - ตัวอย่างเหมือนกันกับค่าแรก

แล้วทดสอบระบบวัด EDX(XR200) และระบบวัด EDX กับหัววัดพรอพอซันนัล โดยใช้ค่าที (t-test) จากสมการ

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

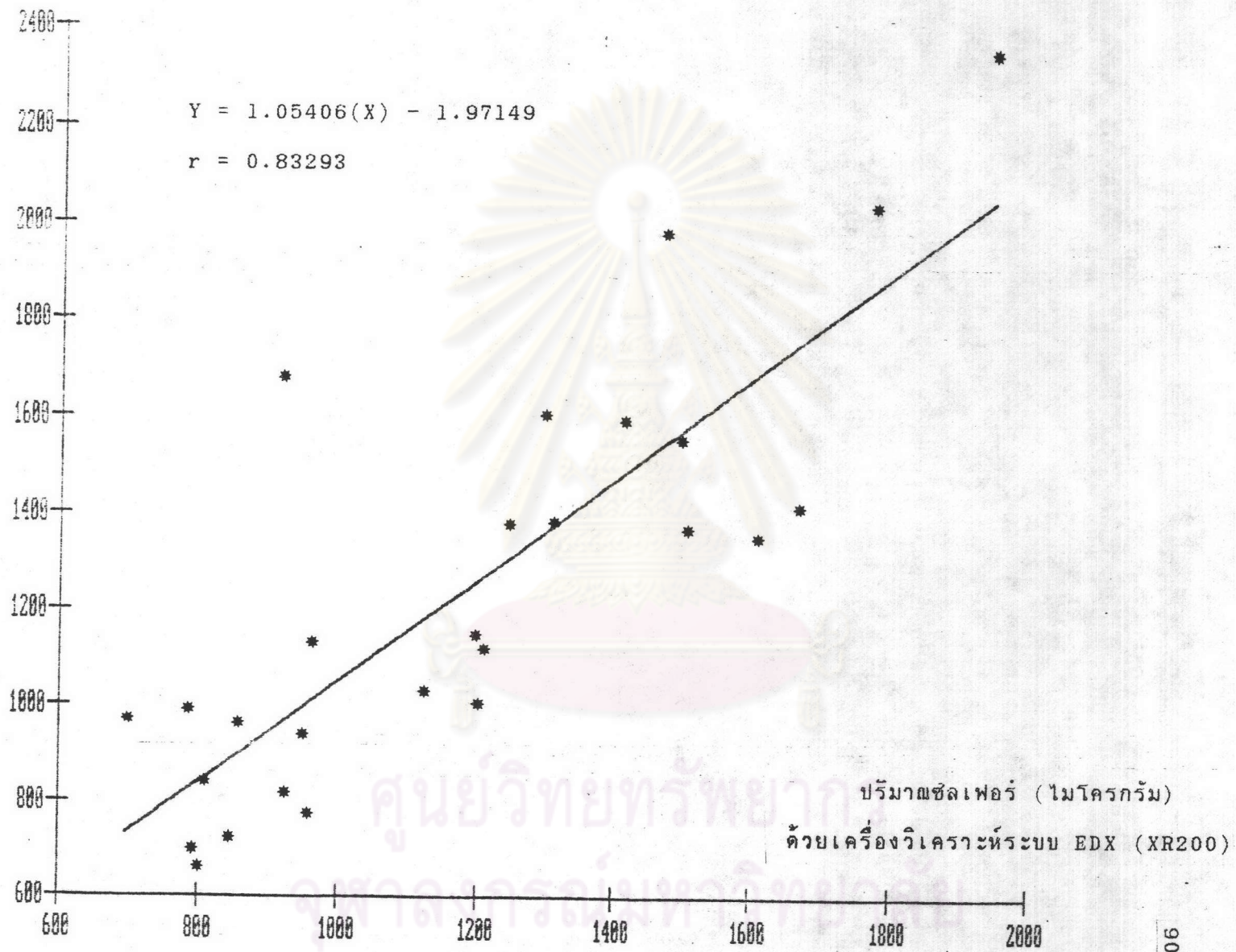
$$df = n-1$$

เมื่อ d แทนความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้แต่ละคู่
 n แทนจำนวนคู่

จากตารางที่ 4.7.1 ใช้ค่าทดสอบที่ $= 0.05$, $df = 20$ จะได้ว่าค่า t ของกรณีไม่ใช้ในโทรเจนมีค่า 2.021 และเมื่อใช้ในโทรเจนมีค่า 1.146 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤต 2.093 แสดงว่า ระบบวัดทั้งสองระบบวัดได้ค่าทัดเทียมกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล



รูปที่ 4.7.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) และระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้นประมาณ 600 ถึง 2000 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.7.2 แสดงปริมาณซิลเฟอร์ที่วัดได้โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับ หัววัดพรอพอซันัลกับระบบ EDX (XR 200) ในช่วงความเข้มข้นของ ซิลเฟอร์ประมาณ 0 ถึง 500 ไมโครกรัม

| ตัวอย่าง | ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | |
|----------|----------------------------|------------------------------|
| | ระบบ EDX (XR 200) | ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันัล |
| 1 | 46 | 4.15 (85.11) |
| 2 | 7 | 0.00 (0.00) |
| 3 | 53 | 35.08 (175.34) |
| 4 | 30 | 0.00 (176.97) |
| 5 | 57 | 0.00 (57.84) |
| 6 | 32 | 0.00 (60.09) |
| 7 | 20 | 0.00 (114.31) |
| 8 | 100 | 20.62 (239.52) |
| 9 | 63 | 0.00 (253.91) |
| 10 | 93 | 12.72 (476.43) |
| 11 | 59 | 15.76 (334.87) |
| 12 | 58 | 8.47 (254.75) |
| 13 | 29 | 0.00 (178.60) |
| 14 | 14 | 0.00 (36.00) |
| 15 | 54 | 0.00 (55.95) |
| 16 | 10 | 0.00 (242.44) |
| 17 | 13 | 0.00 (48.66) |
| 18 | 44 | 0.00 (0.00) |
| 19 | 51 | 0.00 (61.32) |
| 20 | 47 | 0.00 (64.02) |

หมายเหตุ : ค่าในวงเล็บเป็นการวิเคราะห์ในบรรยากาศของไนโตรเจนโดยจัดระยะห่างระหว่างหัววัด-ต้นกำเนิดรังสี - ตัวอย่างเหมือนกันกับค่าแรก

ตารางที่ 4.7.2 (ต่อ)

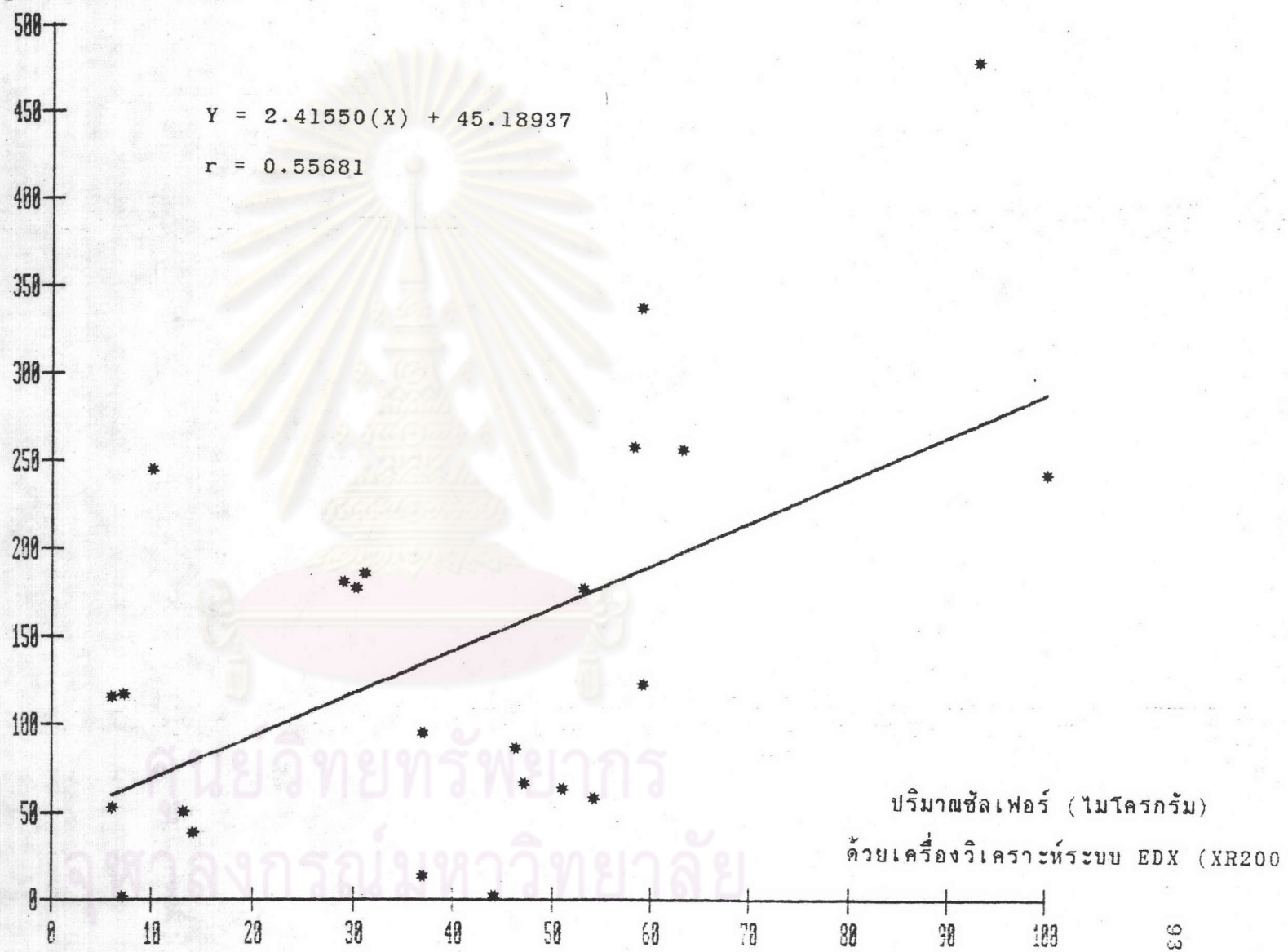
| ตัวอย่าง | ปริมาณซิลเฟอร์ (ไมโครกรัม) | |
|----------|----------------------------|-------------------------------|
| | ระบบ EDX (XR 200) | ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล |
| 21 | 37 | 0.00 (12.39) |
| 22 | 59 | 0.00 (121.05) |
| 23 | 31 | 0.00 (183.87) |
| 24 | 7 | 0.00 (115.87) |
| 25 | 37 | 14.84 (93.01) |
| 26 | 6 | 0.00 (52.32) |

หมายเหตุ : ค่าในวงเล็บเป็นการวิเคราะห์ในบรรยากาศของไนโตรเจนโดยจัดระยะห่างระหว่างหัววัด-ต้นกำเนิดรังสี - ตัวอย่างเหมือนกันกับค่าแรก

แล้วทดสอบระบบวัด EDX(XR200) และระบบวัด EDX กับหัววัดพรอพอชันนัล โดยใช้ค่าที่ (t-test) ที่ $= 0.05$, $df = 25$ จะได้ว่าค่า t ของกรณีไม่ใช้ในโตรเจน มีค่า 8.56 และเมื่อใช้ในโตรเจนมีค่า 4.665 ซึ่งมากกว่าค่าวิกฤต 2.060 แสดงว่าค่าที่ได้ทั้งสองระบบวัดได้ค่าไม่แตกต่างกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX กับตัววัดพรอพอชันนัล
จำนวนนับรังสี



รูปที่ 4.7.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณซีลเฟอร์ (ไมโครกรัม) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ระบบ EDX (XR200) และระบบ EDX กับตัววัดพรอพอชันนัล ในช่วงความเข้มข้นประมาณ 0 ถึง 500 ไมโครกรัม

ตารางที่ 4.7.3 แสดงปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่วัดได้จากบรรยากาศโรงพยาบาล
ก. โดยวิธีทางเคมี (พาราโรซานีน)

| ตัวอย่าง | เวลาเก็บตัวอย่าง (ชั่วโมง) | ปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.) |
|----------|-------------------------------|--|
| 1 | 21.12 | 221.57 |
| 2 | 20.23 | 218.18 |
| 3 | 3.00 | 21.91 |
| 4 | 23.33 | 43.24 |
| 5 | 24.00 | 23.33 |
| 6 | 3.00 | 21.91 |
| 7 | 22.00 | 103.19 |
| 8 | 22.25 | 109.06 |
| 9 | 23.32 | 68.56 |
| 10 | 24.00 | 85.56 |
| 11 | 24.00 | 23.33 |
| 12 | 24.00 | 36.79 |
| 13 | 24.00 | 23.33 |
| 14 | 24.00 | 15.77 |
| | ค่าสูงสุด | 221.57 |
| | ค่าต่ำสุด | 15.77 |
| | ค่าเฉลี่ย | 72.55 |

ตารางที่ 4.7.4 แสดงปริมาณซีลเฟอไรต์ไดออกไซด์ที่วัดได้ จากบรรยากาศโรงต้มใบยาสูบ
ก. โดยวิธีการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX กับหัววัดพรอพอซันนัล

| ตัวอย่าง | เวลาเก็บตัวอย่าง (ชั่วโมง) | ปริมาณซีลเฟอไรต์ไดออกไซด์ (ไมโครกรัม/ลบ.ม.) |
|----------|-------------------------------|--|
| 1 | 12.20 | 16.00 |
| 2 | 26.10 | 179.10 |
| 3 | 20.20 | 91.80 |
| 4 | 3.00 | 81.40 |
| 5 | 3.00 | 62.80 |
| 6 | 23.91 | 55.90 |
| 7 | 3.00 | 61.40 |
| | ค่าสูงสุด | 179.10 |
| | ค่าต่ำสุด | 16.00 |
| | ค่าเฉลี่ย | 78.34 |

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย