

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

ผลการศึกษาการวิเคราะห์แยกทองเตรียมด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนลบ

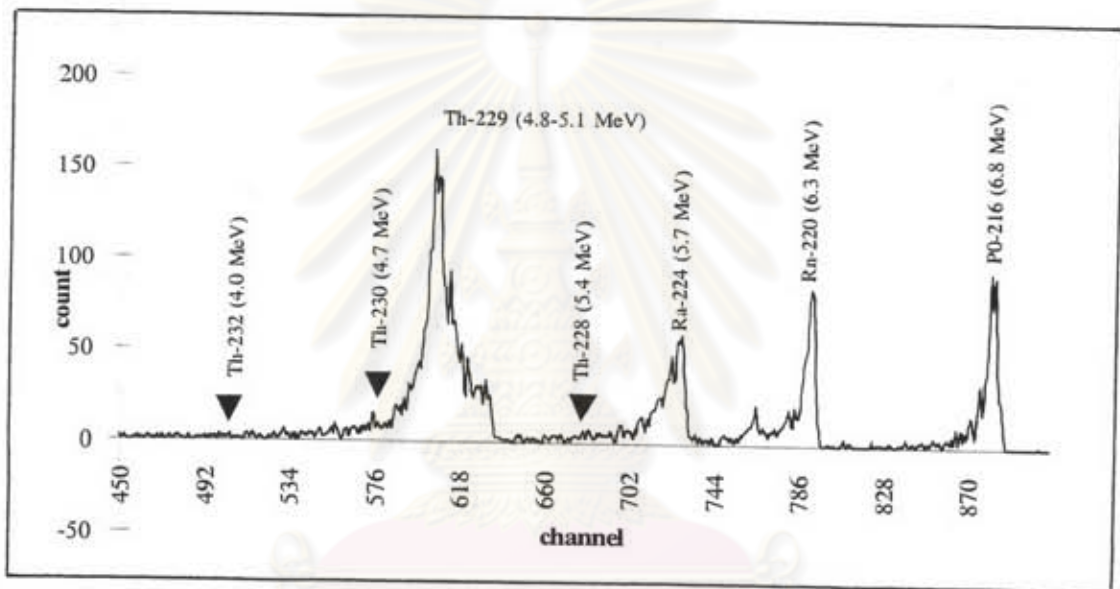
ผลการวิเคราะห์ปริมาณทองเตรียมด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนลบ แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 จากตารางจะเห็นว่า เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณทองเตรียม โดยการแลกเปลี่ยนไอออนลบ ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของตัวชะล้าง ปริมาณตะกอนที่ได้หลังกระบวนการวิเคราะห์ (Recovery yield , %RY) จากการชะล้างด้วยสารละลายกรดไนตริก 2 นอร์มอล มีค่าอยู่ระหว่าง 70 - 90 % การชะล้างด้วยสารละลายกรดไนตริกที่มีความเข้มข้น 3 นอร์มอล ผลการวิเคราะห์มีค่าประมาณ 60 % ส่วนการชะล้างด้วยน้ำและสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1 นอร์มอล จะมีค่า %RY น้อยไม่เหมาะที่จะเป็นตัวชะล้างในการวิเคราะห์ (ตัวอย่างการคำนวณ แสดงไว้ในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.1 แสดง % RY ของวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนที่ค่าความเข้มข้นของตัวชะล้างต่างๆ

ตัวอย่าง	ตัวชะล้าง	% RY
ตัวอย่างที่ 1	1 N HNO ₃	6.06
blank 1	1 N HNO ₃	6.71
ตัวอย่างที่ 2	2 N HNO ₃	87.23
blank 2	2 N HNO ₃	72.58
ตัวอย่างที่ 3	3 N HNO ₃	60.31
blank 3	3 N HNO ₃	61.12
ตัวอย่างที่ 4	H ₂ O	34.89
blank 4	H ₂ O	32.46

ผลการวิเคราะห์การแยกทอริยมด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดทอริยมด้วยวิธีนี้จะได้ %RY ก่อนข้างสูงคือประมาณ 67 -77 % เป็นวิธีการแยกทอริยมที่ได้ผลวิธีหนึ่ง แต่จากการนำตัวอย่างไปวัดด้วยเครื่องอัลฟาสเปกโตรมิเตอร์ปรากฏว่าค่าการนับแบบกราวด์มีค่าสูง ฉะนั้นตัวอย่างที่มีความเข้มข้นน้อยมากๆ อาจจะถูกรบกวนด้วยค่าแบบกราวด์ดังกล่าวจนไม่สามารถมองเห็นพีคที่เกิดขึ้นได้ ตัวอย่างสเปกตรัมดังแสดงในรูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมแสดงค่าแบบกราวด์ที่สูงของตัวอย่างจากการแยกทอริยมด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย

ตารางที่ 4.2 แสดง %RY ของการสกัดแยกทอริยมด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย

SAMPLE	% RY
ตัวอย่างที่ 1	67.21
ตัวอย่างที่ 2	75.54
blank	77.00

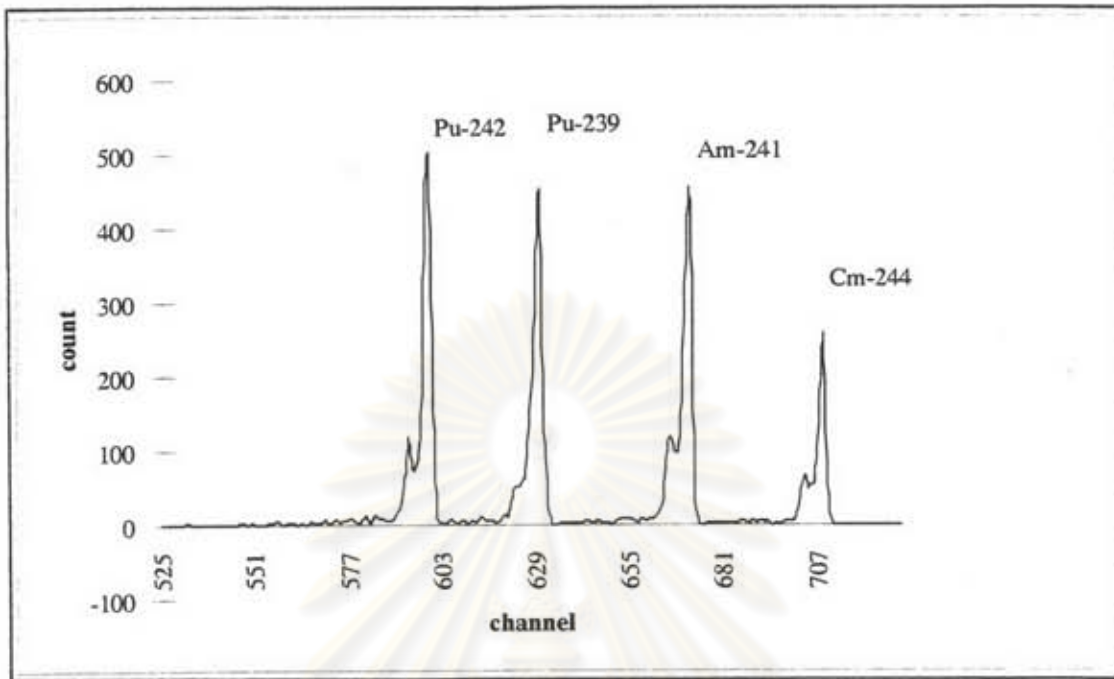
ผลการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะเริ่มจากการทำกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของพีคกับพลังงาน โดยวัดสารรังสีมาตรฐานที่ผสมกันอยู่ 4 ชนิด ได้แก่ Pu-242 Pu-239 Am-241 และ Cm-244 ดังมีคุณสมบัติตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของสารรังสีมาตรฐาน

นิวไคลด์	พลังงาน(α)(MeV)	เปอร์เซ็นต์การสลายตัว(%)	ครึ่งชีวิต (ปี)
Pu-242	4.903	74	3.76×10^5
	4.861	26	
Pu-239	5.155	76	6.57×10^3
	5.120	24	
Am-241	5.487	86	432
	5.442	14	
Cm-244	5.808	77	18.1
	5.763	23	

นำสารรังสีมาตรฐานที่ผสมกันอยู่นี้ ไปวัดด้วยเครื่องอัลฟาสเปกโตรมิเตอร์ ซึ่งมีทั้งหมด 4 หัววัด คือ หัววัด A B C และ D เพื่อเปรียบเทียบพลังงาน ความแรงรังสีของสารรังสีผสมมาตรฐานในหัววัดทั้ง 4 มีค่าดังนี้ 885 ± 8 dpm 900 ± 8 dpm 1050 ± 8 dpm และ 1020 ± 8 dpm ตามลำดับ เมื่อนำไปวัดด้วยเครื่องอัลฟาสเปกโตรมิเตอร์ จะได้สเปกตรัมดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2



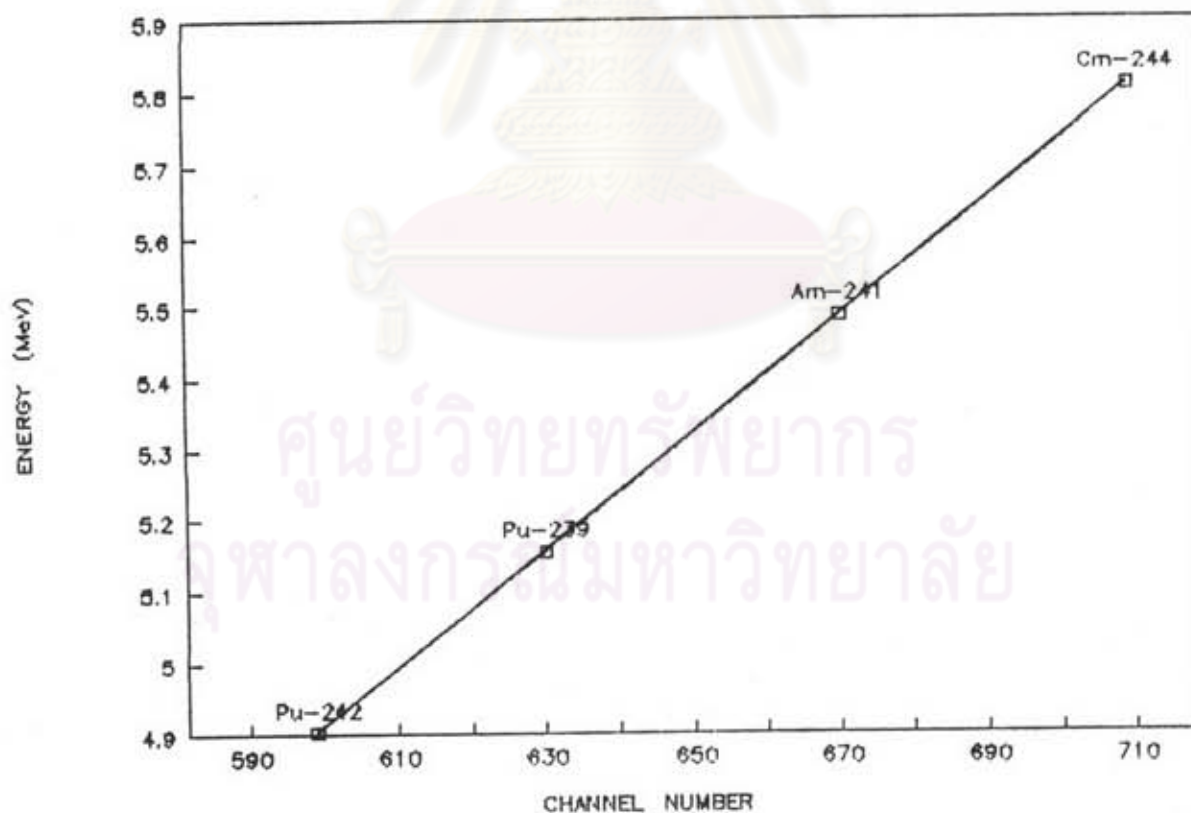
รูปที่ 4.2 สเปกตรัมของสารรังสีมาตรฐาน

จากสเปกตรัมที่ได้ทั้ง 4 หัววัด สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของพีคและค่าพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และจากตารางที่ 4.4 สามารถนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของพีคและค่าพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งกราฟที่ได้นี้ทำการ fit curve แล้วด้วยวิธี least square จะได้ค่าจุดตัดบนแกน Y (y-intercept) และค่าความชัน ของกราฟเส้นตรง ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของพีคและพลังงานได้ จากกราฟที่ได้นี้สามารถเปรียบเทียบพลังงานในช่วง 4 - 9 MeV

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของพีคและค่าพลังงานของหัววัด

พลังงาน (MeV)	ตำแหน่งของพีค			
	หัววัด A	หัววัด B	หัววัด C	หัววัด D
4.903	599	611	614	607
5.155	630	642	646	638
5.487	670	683	688	679
5.808	709	723	728	719



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานกับตำแหน่งของพีคของหัววัดที่ 1

ตารางที่ 4.5 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทั่วไป

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
S011	0.0182±0.0152	0.0429 ±0.0203	0.0242 ±0.0169
S012	0.0067±0.0131	0.0441±0.0193	0.0105 ±0.0132
S013	0.0084±0.0503	0.0551±0.0218	0.0113±0.0149
S021	0.0189±0.0151	0.0213±0.0202	0.0462±0.0193
S022	0.0668±0.1821	0.5184±0.1953	0.3357±0.2159
S023	0.0119±0.0143	0.0228±0.0192	ND
S031	0.0317±0.0190	0.1124±0.0291	0.0317±0.0191
S032	0.0768±0.1277	0.3032±0.1872	0.1824±0.1803
S033	0.0290±0.0296	0.0548±0.0437	ND
S041	0.0372±0.0197	0.0263±0.0234	0.0192±0.0194
S042	ND	0.0103±0.0201	0.0074±0.0150
S043	0.0759±0.0480	0.0332±0.0432	0.0429±0.0651
S051	0.0239±0.0204	0.0966±0.0292	0.0915±0.0284
S052	ND	0.1831±0.1989	ND
S053	0.0129±0.0150	0.0802±0.0273	0.0652±0.0213
S061	0.0127±0.0209	0.0882±0.0380	ND
S062	0.0108±0.0191	0.0619±0.0279	0.0178±0.0177
S063	0.0097±0.0151	0.0572±0.0219	0.0127±0.0149

หมายเหตุ ND : Not Detectable

SXXI คือสัญลักษณ์ของตัวอย่าง S แทนด้วยตัวอย่างที่ได้จากคนทั่วไป
XX แทนด้วยตัวอย่างที่ และ I แทนด้วยครั้งที่ เช่น S011 คือตัวอย่างที่ได้จากคนทั่วไปคนที่ 1 ทำการทดลองครั้งที่ 1 เป็นต้น

ตารางที่ 4.5 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทั่วไป(ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
S071	0.0444±0.0494	0.0873±0.0628	0.0972±0.0789
S072	0.0008±0.0217	0.0949±0.0361	0.0088±0.0238
S073	0.0164±0.0461	0.1464±0.0732	0.1355±0.0615
S081	0.0381±0.0304	0.0897±0.0464	0.0479±0.0518
S082	0.0139±0.0178	0.0725±0.0303	0.0433±0.0212
S083	ND	0.3531±0.1301	0.0761±0.0885
S091	0.0063±0.0146	0.0657±0.0237	0.0085±0.0145
S092	0.0062±0.0202	0.0400±0.0264	0.0029±0.0180
S093	0.0082±0.0162	0.0347±0.0219	0.0042±0.0166
S101	0.0307±0.0244	0.1247±0.0428	0.0452±0.0324
S102	ND	ND	0.0112±0.0148
S103	ND	0.0324±0.0236	0.0136±0.0159
S111	ND	0.0243±0.7364	ND
S112	ND	0.0237±0.0201	0.0123±0.0180
S113	ND	ND	ND
S121	0.0023±0.0199	0.0327±0.0309	0.0086±0.0163
S122	0.0137±0.0281	0.0274±0.0408	0.0089±0.0242
S123	0.0067±0.0222	0.0349±0.0301	0.0097±0.0211
S0131	0.0119±0.0185	0.0589±0.0309	0.0018±0.0186
S132	0.0232±0.0229	0.0822±0.0367	0.0549±0.0310
S133	0.0146±0.0174	0.0723±0.0269	0.0239±0.0173

ตารางที่ 4.5 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทั่วไป(ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
S141	0.0127±0.0179	0.0825±0.0289	0.0114±0.0161
S142	0.0059±0.0165	0.0917±0.0291	0.0105±0.0171
S143	0.0033±0.0141	0.0529±0.0261	0.0082±0.0132
S151	0.0064±0.0155	0.0907±0.0271	0.0159±0.0165
S152	0.0102±0.0169	0.0739±0.0280	0.0097±0.0153
S153	0.0071±0.0169	0.0708±0.0277	0.0114±0.0176
S161	0.0078±0.0178	0.1264±0.0357	0.0108±0.0165
S162	0.0096±0.0194	0.1451±0.0372	0.0063±0.0171
S163	0.0133±0.0185	0.0873±0.0324	0.0059±0.0168
S171	0.0193±0.0211	0.1191±0.0366	0.0111±0.0209
S172	0.0018±0.0151	0.0919±0.0291	0.0062±0.0142
S173	0.0097±0.0177	0.1179±0.0314	0.0086±0.0159
S181	0.0781±0.0614	0.3283±0.1067	0.2248±0.0971
S182	0.0397±0.0303	ND	0.0247±0.0236
S183	0.0320±0.0215	0.1150±0.0336	0.0334±0.0189
S191	0.0153±0.0243	0.0493±0.0381	0.0191±0.0277
S192	ND	0.0210±0.0219	ND
S193	ND	0.0347±0.0212	0.0113±0.0152
S201	0.0188±0.0197	0.0586±0.0301	0.00521±0.0237
S202	0.0006±0.0152	0.0130±0.0230	ND
S203	0.0031±0.0149	0.0379±0.0247	0.0085±0.0164

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แร่โมนาไซด์

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M011	0.0127±0.0305	0.0816±0.0508	ND
M012	0.0089±0.0199	0.1069±0.0372	0.0334±0.0255
M013	0.0099±0.0246	0.3375±0.0644	0.0193±0.0245
M021	ND	0.0700±0.0315	ND
M022	0.0447±0.0368	0.3882±0.0829	0.0568±0.0409
M023	0.0337±0.0269	0.2355±0.0549	0.0530±0.0286
M031	0.1013±0.1077	0.3023±0.1409	ND
M032	0.0922±0.0409	0.1417±0.0499	0.0291±0.0309
M033	0.0997±0.0366	0.2280±0.0535	0.0258±0.0252
M041	0.0156±0.0141	0.0349±0.0196	0.0662±0.0279
M042	0.0406±0.0380	0.4183±0.0915	0.0291±0.0408
M043	ND	0.0571±0.0253	0.0318±0.0179
M051	0.0309±0.0203	0.1615±0.0378	0.0237±0.0186
M052	ND	0.0725±0.0330	0.0384±0.0283
M053	0.0871±0.0891	0.3686±0.1489	ND
M061	0.0727±0.1116	0.3848±0.1829	0.1097±0.1082
M062	0.0102±0.0576	0.2330±0.0909	0.15353±0.0962
M063	0.0440±0.0390	0.2679±0.0726	0.0556±0.0493
M071	0.0741±0.0867	0.4155±0.1679	0.1185±0.1072
M072	0.1564±0.0885	0.1811±0.1128	0.1920±0.1003
M073	0.1086±0.0438	0.2032±0.0609	0.1424±0.0518

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แร่โมนาไซต์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม(dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M081	0.0014±0.0200	0.0449±0.0325	0.0435±0.0251
M082	ND	0.0812±0.0239	0.0091±0.0130
M083	ND	0.0410±0.0225	0.0017±0.0139
M091	0.0249±0.0351	0.1847±0.0736	0.0643±0.0554
M092	0.1134±0.0762	0.2951±0.1207	0.0774±0.0805
M093	0.0627±0.0325	0.2719±0.0549	0.0599±0.0335
M101	0.0667±0.0501	0.2616±0.0801	ND
M102	ND	0.1295±0.0687	0.0405±0.0652
M103	0.0308±0.0267	0.0974±0.0406	0.0442±0.0321
M111	0.0965±0.1046	0.2470±0.1663	0.3824±0.1959
M112	ND	0.1369±0.1255	0.1648±0.1099
M113	0.0493±0.0189	0.1463±0.0293	0.1594±0.0275
M121	ND	0.0282±0.0285	0.0139±0.0225
M122	0.0210±0.021	0.0914±0.0373	0.0572±0.0267
M123	0.1608±0.1219	0.3229±0.1907	0.0680±0.1322
M131	ND	0.2035±0.0581	ND
M132	ND	0.0691±0.0666	0.0591±0.0538
M133	0.2901±0.2783	0.4703±0.3372	ND
M141	ND	0.2237±0.0852	0.0782±0.0538
M142	0.0024±0.0192	0.1334±0.0407	0.0352±0.0224
M143	0.0042±0.0159	0.1493±0.03397	0.0495±0.0204

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แรมโมนาไซต์(ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M151	0.1263±0.0852	0.3938±0.1229	0.1448±0.1078
M152	0.0054±0.0158	0.0830±0.0308	0.0412±0.0231
M153	0.0002±0.0168	0.0841±0.0310	0.0191±0.0244
M161	0.0019±0.0250	0.2421±0.0655	0.0693±0.0438
M162	0.0129±0.0339	0.0489±0.0608	0.0171±0.0539
M163	0.0053±0.0147	0.1308±0.0317	0.0331±0.0189
M171	ND	0.2689±0.0856	0.0868±0.0559
M172	0.0007±0.0136	0.1224±0.0278	0.0604±0.0197
M173	0.0009±0.0164	0.1591±0.0354	0.0653±0.0238
M181	0.0124±0.0331	0.3506±0.0906	0.2019±0.0809
M182	ND	0.1093±0.0482	0.0288±0.0349
M183	0.0053±0.0217	0.2221±0.0531	0.1053±0.0361
M191	0.0140±0.0216	0.0765±0.0382	0.0681±0.0339
M192	0.0109±0.0227	0.1108±0.0464	0.0146±0.0268
M193	ND	0.1130±0.0370	0.0233±0.0230
M201	ND	0.1012±0.0393	0.0201±0.0287
M202	0.0056±0.0202	0.1164±0.0457	ND
M203	ND	0.1289±0.0344	0.0258±0.0181
M211	ND	0.2499±0.0561	0.1190±0.0392
M212	0.0135±0.0342	0.3318±0.0919	0.1548±0.0739
M213	0.0024±0.0183	0.1389±0.0482	0.0154±0.0294

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แรมโมนาไซต์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M221	0.0469±0.0242	0.3673±0.0576	ND
M222	0.0029±0.0139	0.0523±0.0240	0.0138±0.0181
M223	0.0047±0.0260	0.0664±0.0575	0.0211±0.0467
M231	0.0081±0.0217	0.0054±0.0328	0.0528±0.0405
M232	0.0153±0.0223	0.1837±0.0546	ND
M233	0.0003±0.0220	0.1969±0.0705	ND
M241	ND	0.0512±0.0257	0.0196±0.0196
M242	0.1087±0.0581	0.4142±0.1103	ND
M243	ND	0.0879±0.0345	0.0857±0.0359
M251	0.1009±0.0940	0.1579±0.0940	0.0392±0.1005
M252	0.0178±0.0210	0.1144±0.0399	ND
M253	ND	ND	ND
M261	0.0632±0.0382	0.1277±0.0546	0.0489±0.0453
M262	0.0544±0.0344	0.2902±0.0763	ND
M263	0.0501±0.0361	0.2282±0.0718	0.0083±0.0350
M271	ND	ND	ND
M272	ND	0.0159±0.0181	0.0043±0.0126
M273	0.0002±0.0149	0.0195±0.0957	ND
M281	0.0903±0.0500	0.3484±0.0957	ND
M282	0.0269±0.0286	0.0119±0.0365	ND
M283	ND	0.0206±0.0185	0.0048±0.0149

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แร่โมนาไซต์(ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M291	0.0037±0.0401	0.4171±0.1200	0.1081±0.0763
M292	0.0360±0.0417	0.1078±0.0696	0.0049±0.0463
M293	0.0159±0.0161	0.0319±0.1089	0.0203±0.0031
M301	0.0185±0.0213	0.1113±0.0408	0.0098±0.0227
M302	ND	0.0823±0.0318	0.0408±0.0243
M303	0.0016±0.0156	0.0661±0.0297	ND

หมายเหตุ M แทนตัวอย่างที่ได้จากบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แร่โมนาไซต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนทั่วไปจากตารางที่ 4.5

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
S01	0.0115±0.0098	0.0469±0.0118	0.0143±0.0086
S02	0.0154±0.0104	0.0246±0.0139	0.0485±0.0193
S03	0.0316±0.0159	0.0982±0.0240	0.0329±0.0193
S04	0.0428±0.0182	0.0189±0.0143	0.0128±0.0117
S05	0.0168±0.0121	0.0888±0.0198	0.0746±0.0170
S06	0.0107±0.0103	0.0639±0.0157	0.0148±0.0114
S07	0.0092±0.0182	0.1013±0.0288	0.0309±0.0214
S08	0.0201±0.0154	0.0878±0.0249	0.0455±0.0191
S09	0.0069±0.0096	0.0466±0.0137	0.0056±0.0093
S10	0.0307±0.0244	0.0539±0.0207	0.0156±0.0103
S11	ND	0.0237±0.0201	0.0156±0.0103
S12	0.0063±0.0131	0.0325±0.0191	0.0089±0.0114
S13	0.0157±0.0111	0.0702±0.0178	0.0196±0.0117
S14	0.0066±0.0092	0.0741±0.0161	0.0097±0.0088
S15	0.0078±0.0095	0.0786±0.0159	0.0123±0.0095
S16	0.0355±0.0107	0.1167±0.0202	0.0078±0.0097
S17	0.0084±0.0101	0.1077±0.0184	0.0081±0.0095
S18	0.0379±0.0168	0.1342±0.0320	0.0344±0.0146
S19	0.0153±0.0243	0.0310±0.0141	0.0131±0.0133
S20	0.0057±0.0094	0.0327±0.0147	0.0074±0.0135
range	0.0057 - 0.0428	0.0189 - 0.1342	0.0056 - 0.0746

หมายเหตุ SXX หรือ MXX

XX หมายถึง ตัวอย่างที่ เช่น M01 เป็นตัวอย่างที่ 1 ของบุคคลที่ทำงาน
เกี่ยวข้องกับกระบวนการแปรสภาพแร่โมนาไซด์

ตารางที่ 4.8 ปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัด
แร่โมนาไซต์จากตารางที่ 4.6

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M01	0.0099±0.0138	0.1409±0.0272	0.0260±0.0177
M02	0.0375±0.0217	0.1380±0.0259	0.0543±0.0235
M03	0.0966±0.0265	0.1895±0.0354	0.0271±0.0195
M04	0.0187±0.0132	0.0537±0.0153	0.0403±0.0142
M05	0.0337±0.0198	0.1179±0.0245	0.0281±0.0155
M06	0.0364±0.0310	0.2658±0.0542	0.0807±0.0406
M07	0.1105±0.0357	0.2183±0.0510	0.1475±0.0423
M08	0.0014±0.0200	0.0569±0.0146	0.0104±0.0089
M09	0.0513±0.0228	0.2470±0.0414	0.0629±0.0270
M10	0.0388±0.0236	0.1306±0.0320	0.0435±0.0288
M11	0.0508±0.0186	0.1487±0.0281	0.1638±0.0264
M12	0.0249±0.0203	0.0552±0.0225	0.0325±0.0171
M13	0.2901±0.2783	0.1508±0.0434	0.0591±0.0538
M14	0.0035±0.0123	0.1497±0.0249	0.0456±0.0145
M15	0.0051±0.0114	0.0930±0.0215	0.0334±0.0166
M16	0.0055±0.0119	0.1333±0.0258	0.0368±0.0165
M17	0.0008±0.0105	0.1445±0.0212	0.0640±0.0146
M18	0.0074±0.0181	0.1858±0.0332	0.0777±0.0239
M19	0.0125±0.0157	0.0992±0.0231	0.0298±0.0155
M20	0.0056±0.0202	0.1168±0.0225	0.0242±0.0153
M21	0.0049±0.0161	0.2060±0.0339	0.0619±0.0224
M22	0.0123±0.0109	0.0947±0.0207	0.0147±0.0168
M23	0.0078±0.0127	0.0726±0.0261	0.0528±0.0405
M24	0.1087±0.0581	0.0761±0.0203	0.0348±0.0172
M25	0.0217±0.0205	0.1211±0.0368	0.0392±0.01005

ตารางที่ 4.8 ปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซต์ (ต่อ)

ตัวอย่าง	ปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
M26	0.0556±0.0209	0.1953±0.0378	0.0235±0.0277
M27	0.0002±0.0149	0.0173±0.0143	0.0043±0.0126
M28	0.0425±0.0249	0.0283±0.0163	0.0048±0.0149
M29	0.0167±0.0140	0.1497±0.0527	0.0204±0.0031
M30	0.0075±0.0126	0.0819±0.0192	0.0242±0.0166
range	0.0002 - 0.2901	0.0173 - 0.2658	0.0043 - 0.1638

จากปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนทั้งสองกลุ่ม นำมาหาค่าเฉลี่ยปริมาณทอเรียมในปัสสาวะโดยแบ่งตามกลุ่มอายุ และหาค่าเฉลี่ยปริมาณทอเรียมทั้งหมดของแต่ละไอโซโทปในปัสสาวะของคนทั้งสองกลุ่ม แสดงไว้ในตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 ปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนทั่วไปแบ่งตามช่วงอายุ

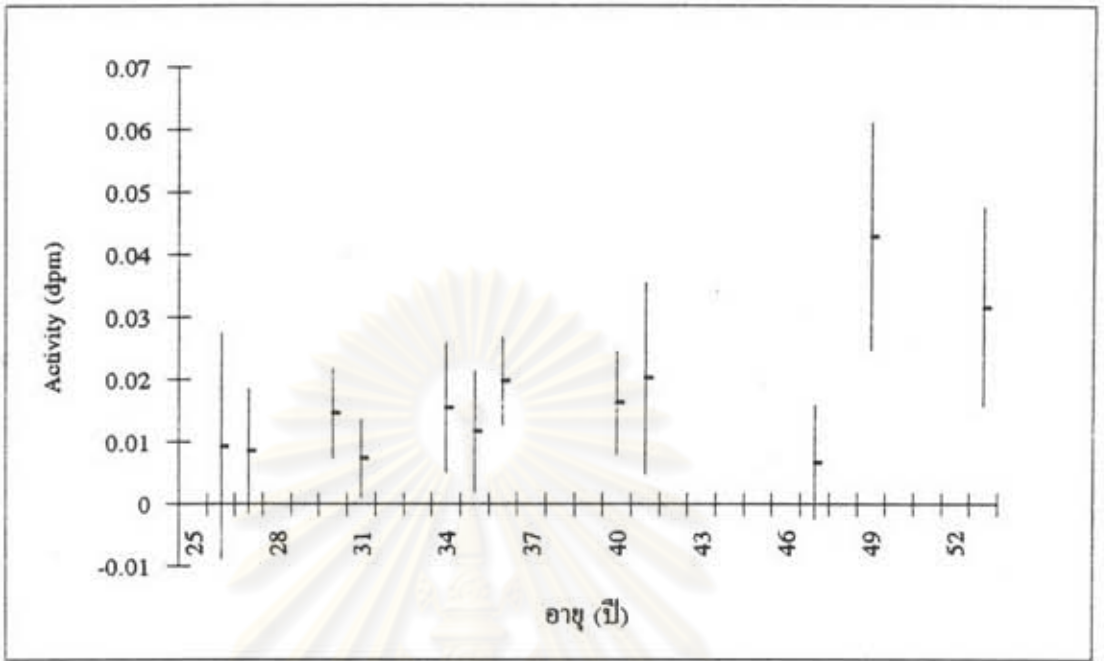
ช่วงอายุ (ปี)	ค่าเฉลี่ยปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
25 - 30	0.0113±0.0046	0.0535±0.0062	0.0144±0.0039
31 - 35	0.0169±0.0052	0.0689±0.0077	0.0131±0.0048
36 - 53	0.0149±0.0045	0.0514±0.0063	0.0204±0.0048
เฉลี่ย	0.0142±0.0027	0.0565±0.0038	0.0158±0.0026

ตารางที่ 4.10 ปริมาณทอเรียมเฉลี่ยในปัสสาวะของคนในศูนย์วิจัยและพัฒนาธาตุหายากแบ่งตามช่วงอายุ

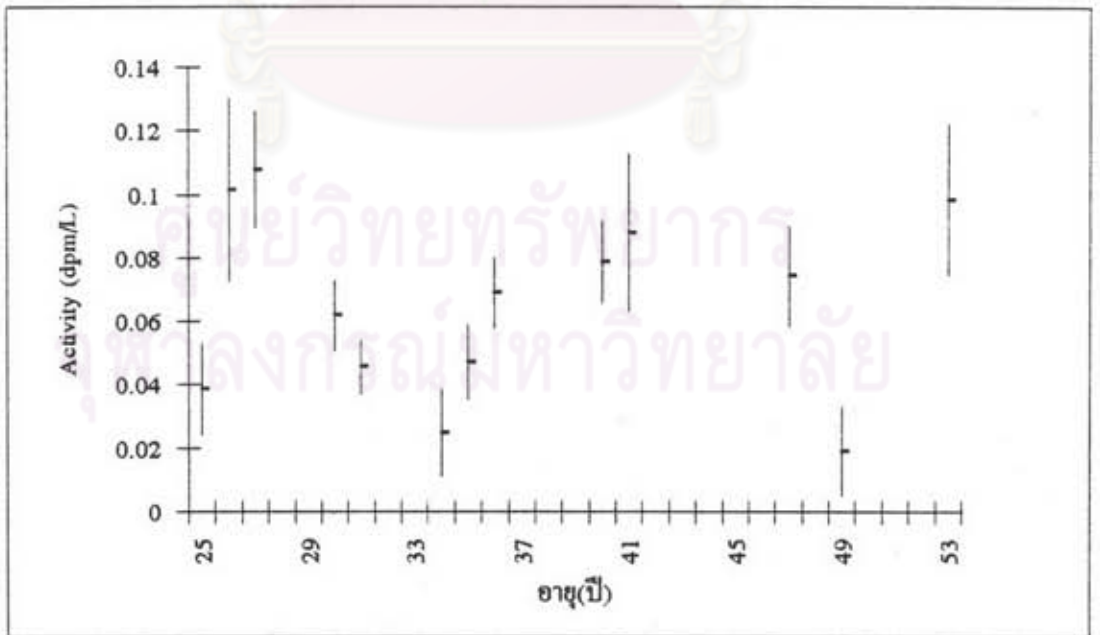
ช่วงอายุ (ปี)	ค่าเฉลี่ยปริมาณทอเรียม (dpm/L)		
	Th-232	Th-230	Th-228
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 25	0.0152±0.0063	0.1113±0.0097	0.0222±0.0029
26 - 30	0.0133±0.0039	0.0894±0.0057	0.0385±0.0042
31 - 35	0.0199±0.0083	0.0934±0.0106	0.0205±0.0069
36 - 40	0.03980±0.0146	0.0919±0.0193	0.0300±0.0146
เฉลี่ย	0.0157±0.0029	0.1184±0.0029	0.0268±0.0022

เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทอเรียมแต่ละไอโซโทปเรียงตามอายุตั้งแต่น้อยไปหามากของคนทั้งสองกลุ่ม จะสามารถพบการกระจายข้อมูลของปริมาณทอเรียมได้ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 - 4.12 และเมื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทอเรียมและช่วงอายุของคนทั้งสองกลุ่มดังแสดงในรูปที่ 4.13 - 4.16 จะแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของปริมาณ Th-232 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออายุมากขึ้น ทั้งนี้ต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณทอเรียมที่มีความแตกต่างของอายุมากกว่านี้ เพื่อจะได้เห็นความแตกต่างมากขึ้นด้วย ส่วนกราฟของปริมาณ Th-230 และ Th-228 นั้นไม่สามารถบ่งบอกแนวโน้มของปริมาณทอเรียมตามธรรมชาติได้ เนื่องจากปริมาณ Th-230 เป็นไอโซโทปลูกในอนุกรมของ U-238 และเมื่อสร้างกราฟเพื่อเปรียบเทียบปริมาณทอเรียมเฉลี่ยของแต่ละไอโซโทปในปัสสาวะของคนทั้งสองกลุ่มจะได้กราฟดังรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าปริมาณทอเรียมในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับการสกัดแร่โมนาไซด์มีปริมาณที่สูงกว่าปริมาณทอเรียมในคนทั่วไปเล็กน้อย

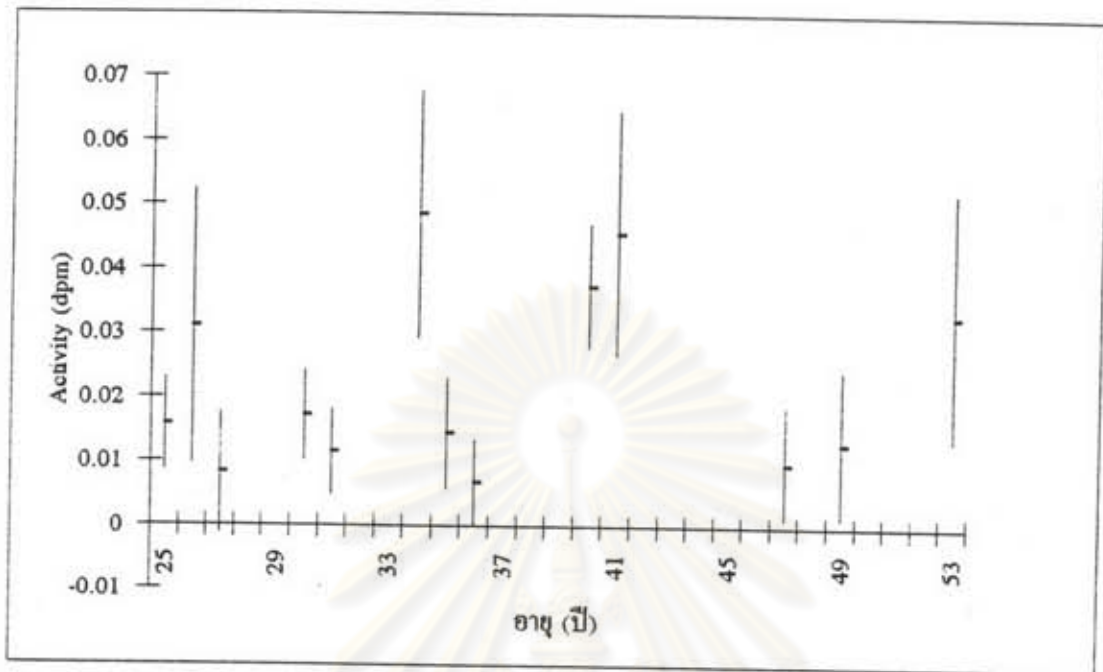
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



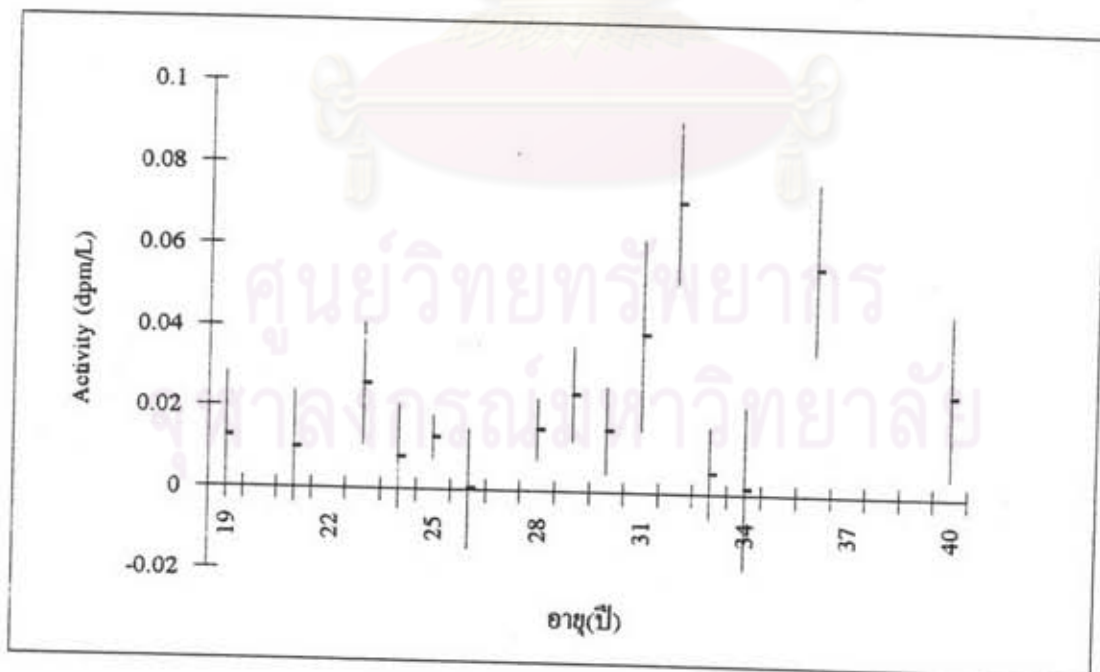
รูปที่ 4.7 ปริมาณ Th-232 ในปัสสาวะของคนทั่วไปเมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



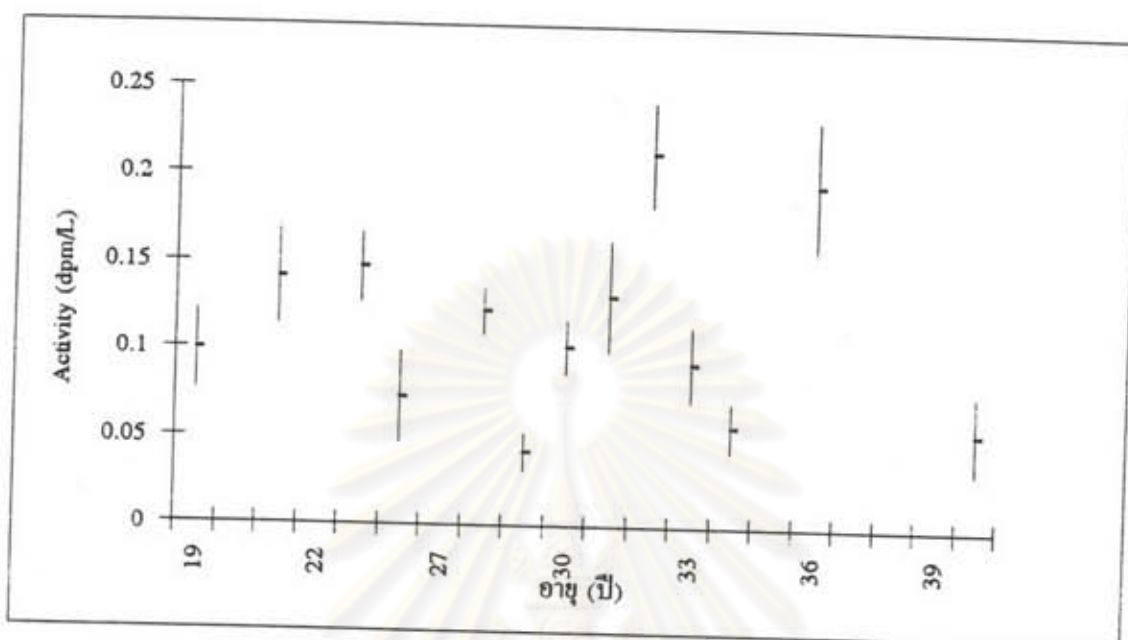
รูปที่ 4.8 ปริมาณ Th-230 ในปัสสาวะของคนทั่วไปเมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



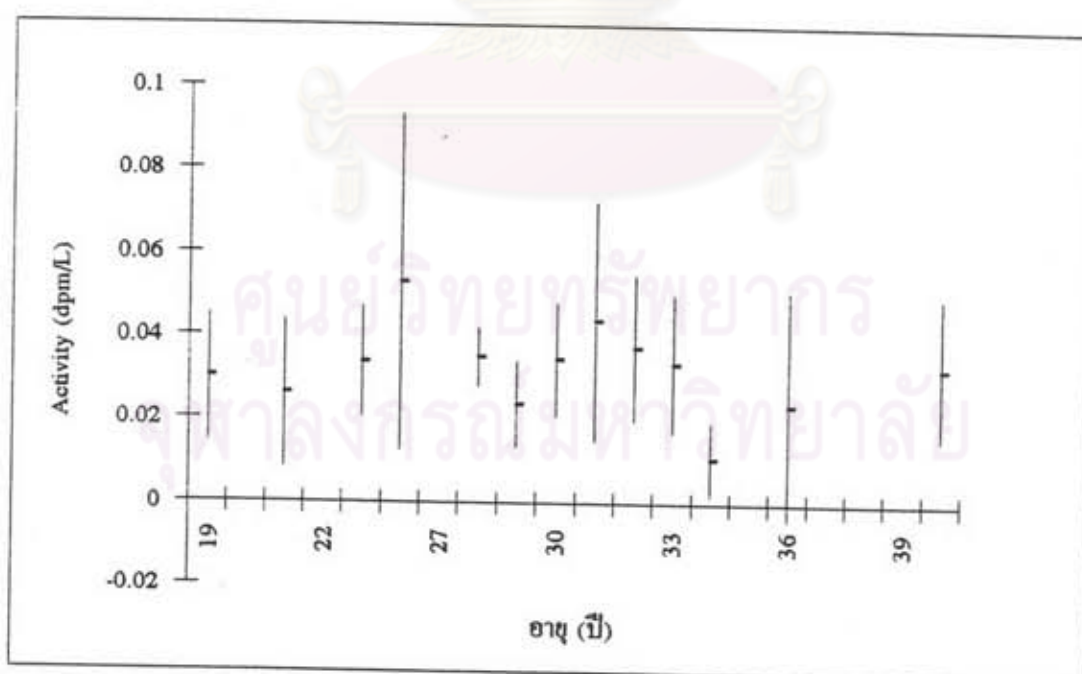
รูปที่ 4.9 ปริมาณ Th-228 ในปัสสาวะของคนทั่วไปเมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



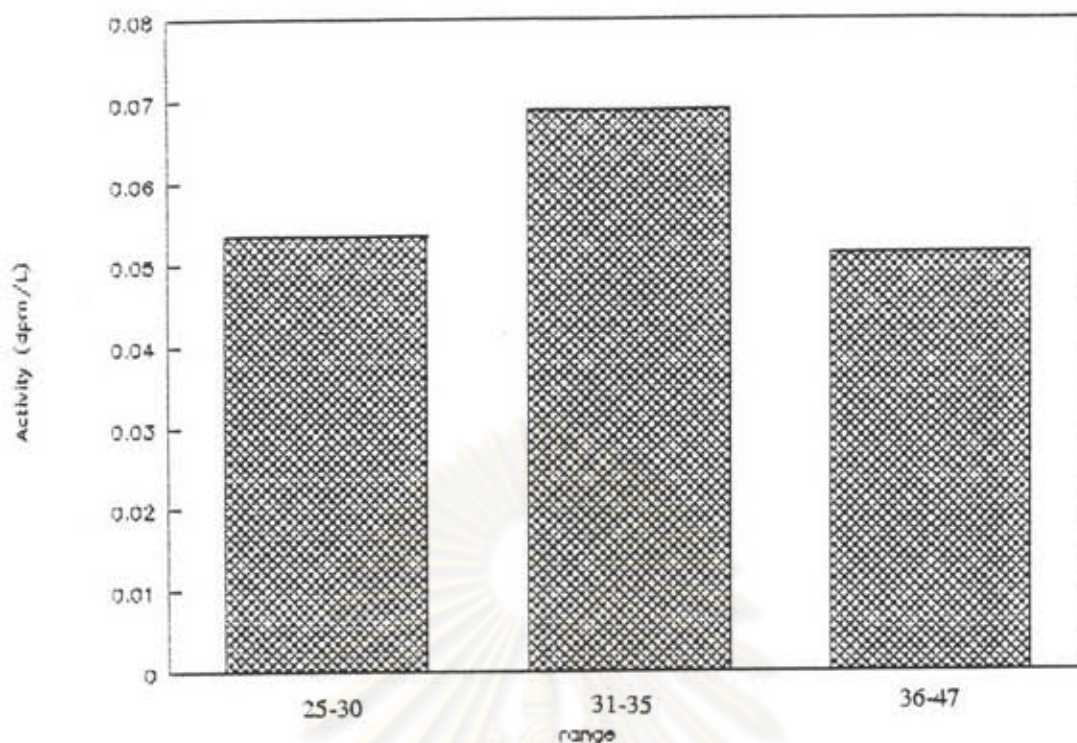
รูปที่ 4.10 ปริมาณ Th-232 ในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่ โมนาไซด์เมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



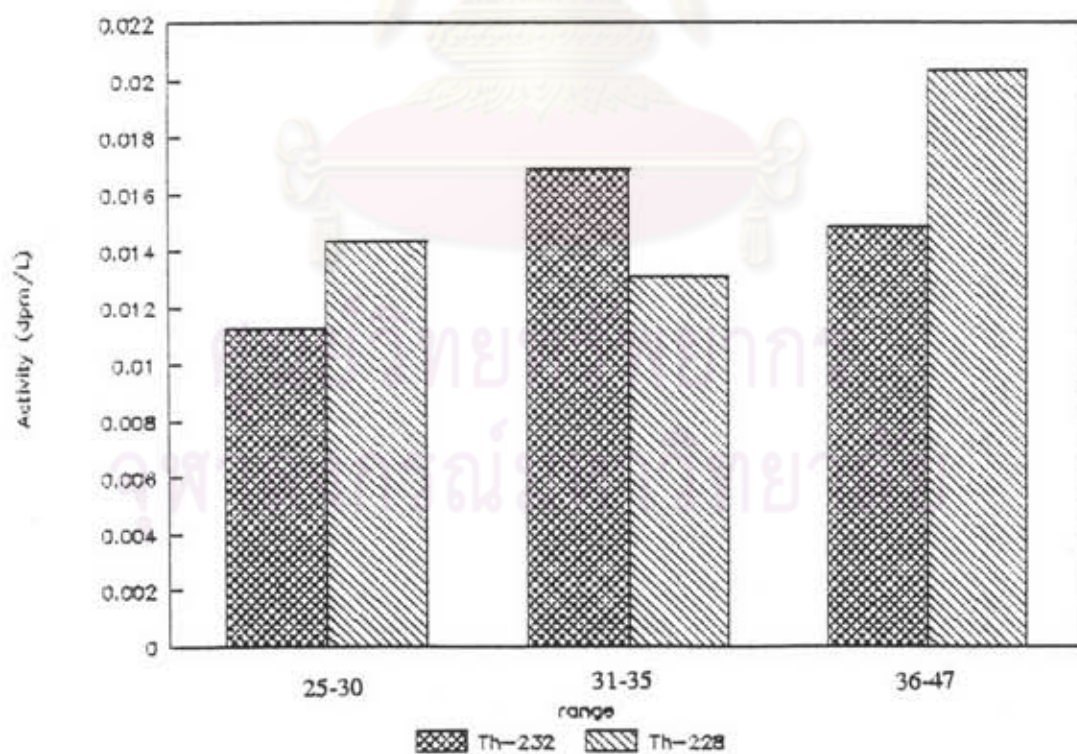
รูปที่ 4.11 ปริมาณ Th-230 ในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่ โมนาไซด์เมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



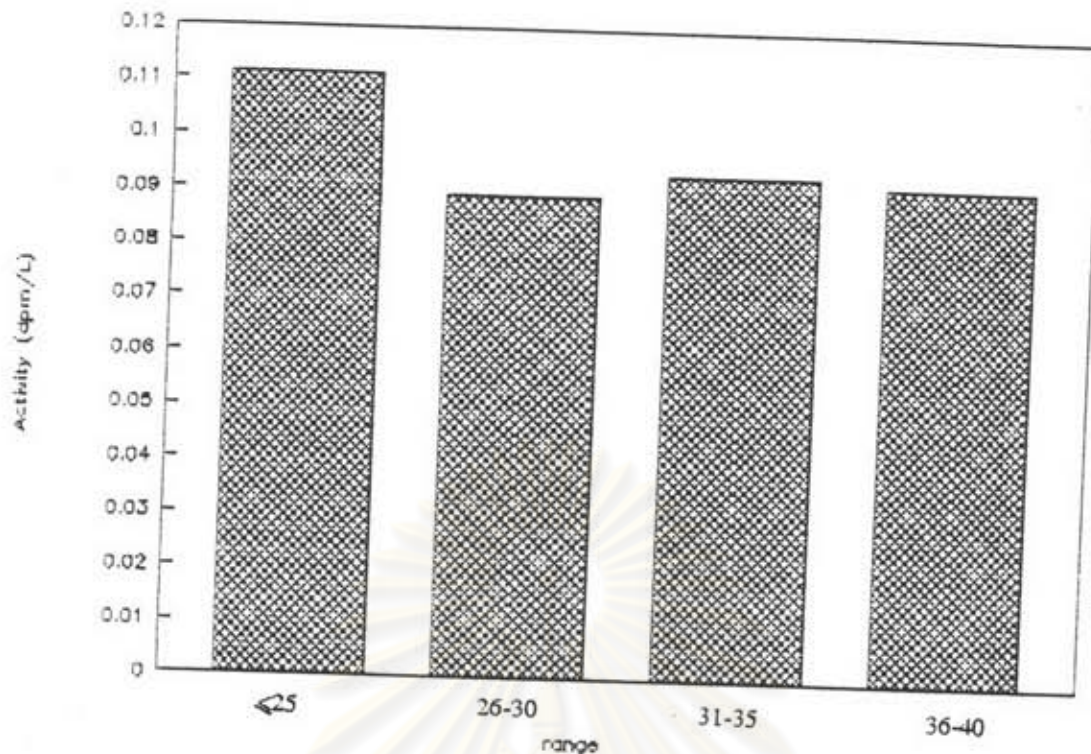
รูปที่ 4.12 ปริมาณ Th-228 ในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่ โมนาไซด์เมื่อเรียงจากอายุน้อยไปมาก



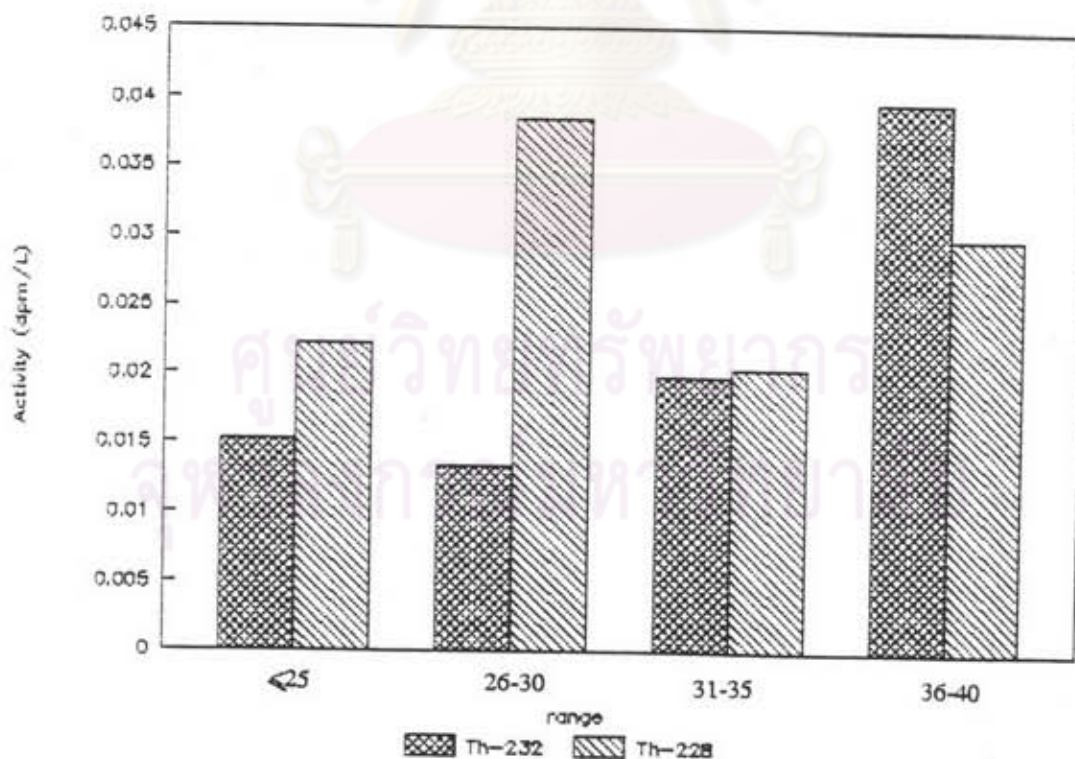
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Th-230 ในปัสสาวะของคนทั่วไปตามช่วงอายุต่างๆ



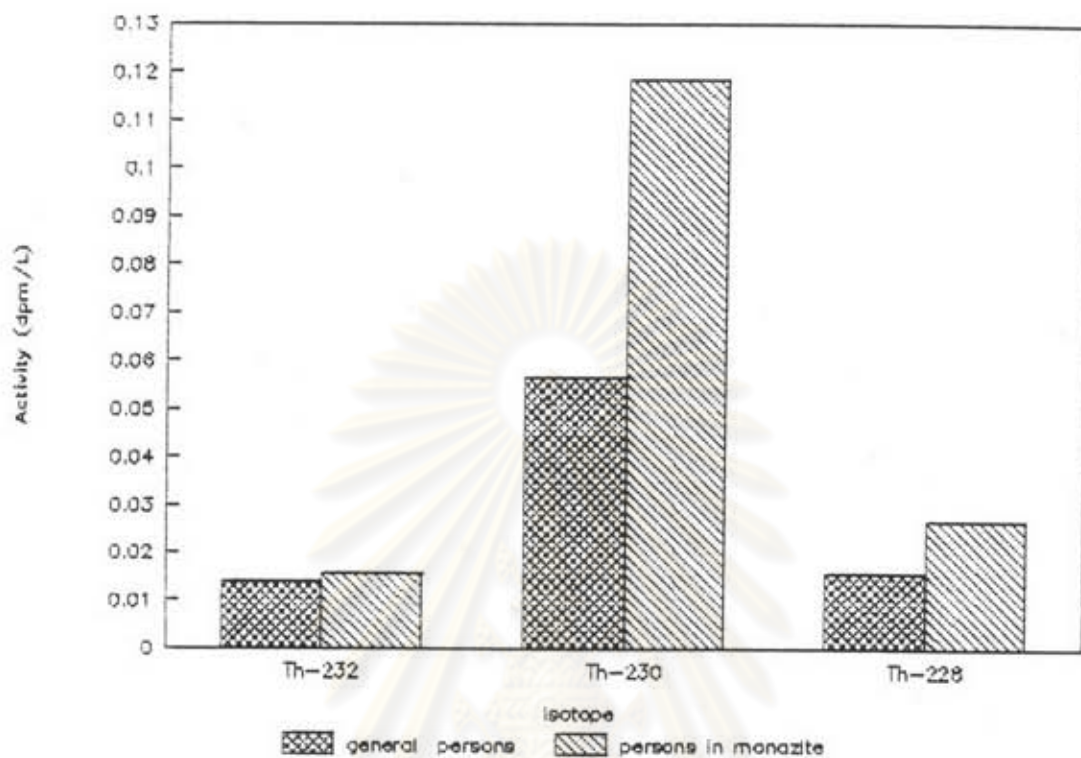
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Th-232 และ Th-228 ของคนทั่วไปตามช่วงอายุต่างๆ



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณ Th-230 ในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซด์ตามช่วงอายุต่างๆ



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างปริมาณ Th-232 และ Th-228 ในปัสสาวะของคนทำงานเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดแร่โมนาไซด์ตามช่วงอายุต่างๆ



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณทอเรียมของแต่ละไอโซโทปในปัสสาวะของคนทั่วไปและคนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการสกัดแร่โมนาไซต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย