หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

ผลของการวิเคราะห์

5.1 ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสีตัวอย่างจากโรงงาน

จากการอาบรังสีของตัวอย่างสีที่ได้จากโรงงานผลิตสีทั้ง 2 แห่ง แห่งละ 7 ชนิด รวมทั้งหมดได้ตัวอย่างสี 14 ชนิดกับทั้งสีที่ใช้ฉาบผิวของรถยนต์ก่อนพ่นสีหรือที่เรียก "สีโป๊ว" ทั้งการอาบพวกที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน และที่มากกว่า 1 วัน ในระบบท่อลม (Pneumatic tube) และใน Lazy Susan ปรากฏว่าพบธาตุต่าง ๆ ในสีตัวอย่างรวม 22 ชนิด ซึ่งได้จากการวิเคราะห์รังสีแกมมาของไอโซโทปกัมมันตรังสีของธาตุ และการติดตามครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี ซึ่งบันทึกไว้โดยตารางที่ 5.1 กับทั้งได้จัดแบ่งธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในแต่ละสีตัวอย่างของแต่ละโรงงานไว้ในตารางที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ และธาตุที่มีอยู่ในสีที่ใช้ฉาบผิวของรถยนต์ก่อนพ่นสี (สีโป๊ว) ไว้ในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างสีจากโรงงานทั้งสองแห่ง

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (MeV.)
Aluminium	Al-27	Al-28	2.31 นาที	1.778
Barium	Ba-138	Ba-139	82.9 นาที	0.165, 1.420
Antimony	Sb-121	Sb-122	2.7 วัน	0.564, 0.692
Chromium	Cr-50	Cr-51	27.8 วัน	0.320
Cobalt	Co-59	Co-60	5.263ปี	1.173, 1.332
Copper	Cu-65	Cu-66	5.10 นาที	0.833, 1.039

ตารางที่ 5.1 การวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างสีจากโรงงานแห้งสองแห่ง (ต่อ)

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต		พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ (MeV.)
Manganese	Mn-55	Mn-56	2.57	ชั่วโมง	0.846, 1.811 2.112
Sodium	Na-23	Na-24	15	ชั่วโมง	1.368, 2.75
Titanium	Ti-50	Ti-51	5.79	นาที	0.320, 0.928 0.608
Zinc	Zn-70	Zn-71	2.4	นาที	0.390, 0.511 0.910
Magnesium	Mg-26	Mg-27	9.48	นาที	0.840, 1.014
Vanadium	V-51	V-52	3.75	นาที	1.434
Mercury	Hg-202	Hg-203	46.5	วัน	0.279
Scandium	Sc-45	Sc-46	83.9	วัน	0.889, 1.120
Bromine	Br-81	Br-82	35.4	ชั่วโมง	0.550, 1.044 0.619, 1.317 0.770, 1.474
Lanthanum	La-139	La-140	40.27	ชั่วโมง	0.328, 0.486 0.815, 1.595
Iron	Fe-58	Fe-59	44.6	วัน	1.099, 1.291
Arsenic	As-75	As-76	26.3	ชั่วโมง	0.559, 1.216
Potassium	K-41	K-42	12.5	ชั่วโมง	1.524
Cerium	Ce-138	Ce-139	54.0	วินาที	0.754
Fluorine	F-19	F-20	11.41	วินาที	1.633
Europium	Eu-151	Eu-152	12.7	ปี	0.344, 1.112 0.770, 1.407 0.964

ตารางที่ 5.2 ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างสีต่าง ๆ จากโรงงานแห่งที่ 1

ตัวอย่างสี	ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้
แดง	Al As Ba Br Co Cr Cu Fe Hg La Mg Mn Na Sb Sc Ti V Zn
เหลือง	Co Cr Cu K Mn Sb V Zn
น้ำเงิน	Al Co Hg K Mn Na Sb Ti Zn
ขาว	Al Br Ce Co Cr Eu F Hg La Mg Na Sb Sc Ti V
ดำ	Co Cu Fe Hg Sc Zn
น้ำตาล	Ba Co Cr Fe K Sb
บรอนซ์เงิน	Al Co Cr Fe Hg Mg Ti Zn

ตารางที่ 5.3 ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างสีต่าง ๆ จากโรงงานแห่งที่ 2

ตัวอย่างสี	ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้
แดง	Al Ce Co Cr Cu F Fe Hg Mg Na Sb Sc Ti V Zn
เหลือง	Co Cr Mn Sb Sc V Zn
น้ำเงิน	Al Co Cr Hg Na Sc Ti Zn
ขาว	Ce Co Cr Eu Hg La Sb Sc Ti V Zn
ดำ	Co Cr Hg Sc Zn
น้ำตาล	Ba Co Cr Fe Sb Sc Zn
บรอนซ์เงิน	Al Co Cr Hg Sc Zn

ตารางที่ 5.4 ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างสีที่ใช้ฉาบผิวของรถยนต์ก่อนพ่นสี (สีโป๊ว)

ตัวอย่างสี	ธาตุที่ทำการวิเคราะห์ได้
"สีโป๊ว"	Zn Cu

5.2 <u>ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของสีขาวตัวอย่างจากโรงงาน</u>

โดยใช้สีขาวตัวอย่างจากโรงงานแห่งที่ 2

5.2.1 ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV.
Titanium	Ti-50	Ti-51	5.79 นาที	0.320
Magnesium	Mg-26	Mg-27	9.48 นาที	0.840
Cerium	Ce-138	Ce-139	54.0 วินาที	0.754
Vanadium	V-51	V-52	3.75 นาที	1.434
Aluminium	Al-27	Al-28	2.31 นาที	1.778
Fluorine	F-19	F-20	11.41 วินาที	1.633
Sodium	Na-23	Na-24	15 ชั่วโมง	1.368

จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น ใช้ค่าของพลังงานเพียงหนึ่งหรือสองค่าของแต่ละธาตุ ทั้งนี้ เพราะต้องนำผลไปทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่อไป เพื่อจะได้ปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่ถูกต้องในการป้องกันการรบกวน

ของ peak ที่อยู่ใกล้เคียงกัน

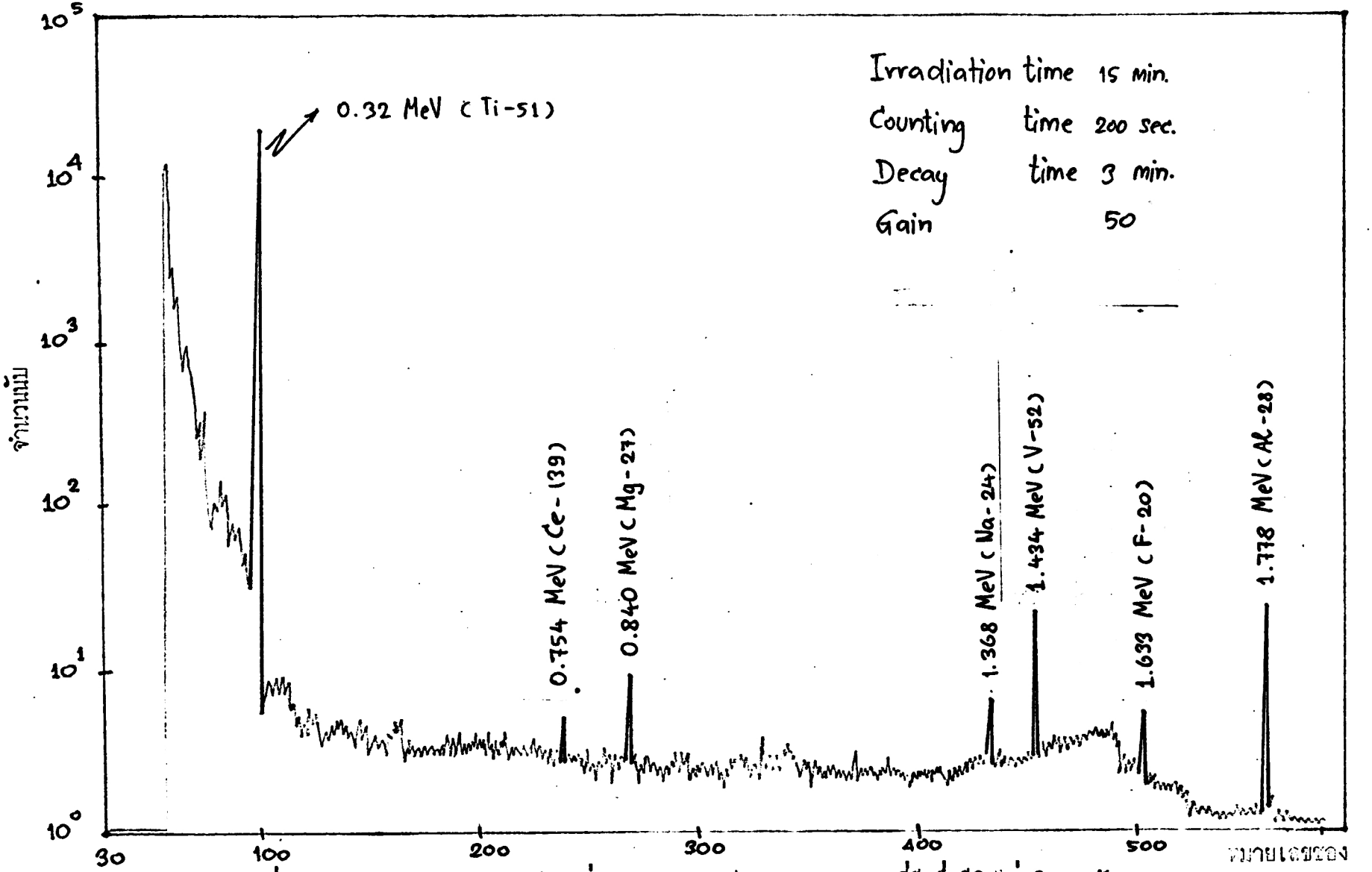
5.2.2 ผลของการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง

จากการที่วัดรังสีเปรียบเทียบกันระหว่างสารมาตรฐานที่เตรียมไว้แล้ว ให้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันกับธาตุในสีขาวตัวอย่าง ทำการวัดรังสีและคำนวณหา count rate ที่แท้จริง โดยตัวเครื่องนับรังสีสามารถทำได้ ก็จะนำผลที่ได้ไปคำนวณหา ความเข้มข้นของธาตุในสีขาวตัวอย่างได้ แล้วร่างรูปออกมาดังแสดงรูปที่ 5.1, 5.2 และบันทึกความเข้มข้นของธาตุในสีขาวตัวอย่างเป็นตารางไว้ ดังตารางที่ 5.6

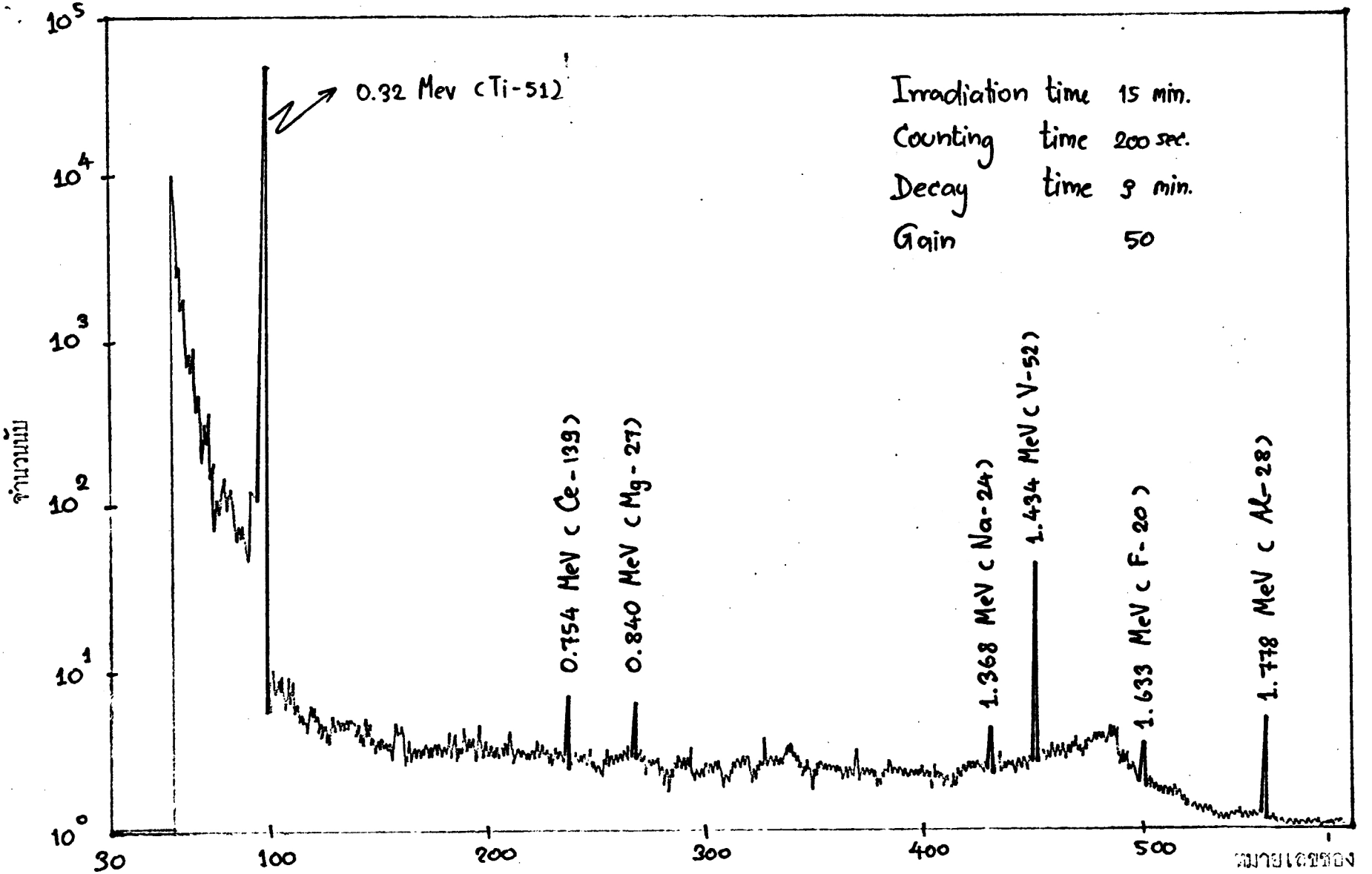
ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่มีในสีขาวตัวอย่าง

ธาตุที่วิเคราะห์	ปริมาณความเข้มข้น
Ti	5.555 ± 0.097* %
Mg	166.7 ± 2.4 ppm.
Ce	713.0 ± 10.3 ppm.
V	0.044 ± 0.006 %
Al	12.1 ± 0.2 ppm.
F	99.2 ± 0.3 ppm.
Na	38.0 ± 0.2 ppm.

*เป็นความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการวัดสี



รูปที่ 5.1 แสดงยอดพลังงานรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของสารมาตรฐานที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน



รูปที่ 5.2 แสดงยอดพลังงานรังสีแกมม่าของนิวไคลด์รังสีของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในเลือดตัวอย่าง

5.2.3 ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วันในสีขาวตัวอย่าง

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV.
Mercury	Hg-202	Hg-203	46.5 วัน	0.279
Chromium	Cr-50	Cr-51	27.8 วัน	0.320
Antimony	Sb-121	Sb-122	2.7 วัน	0.564
Scandium	Sc-45	Sc-46	83.9 วัน	1.120
Cobalt	Co-59	Co-60	5.263 ปี	1.330
Bromine	Br-81	Br-82	35.4 ชั่วโมง	0.619
Lanthanum	La-139	La-140	40.27 ชั่วโมง	0.487
Europium	Eu-151	Eu-152	12.7 ปี	0.344, 1.407

จะเห็นได้ว่าค่าพลังงานของรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น ใช้ค่าของพลังงานเพียงหนึ่งหรือสองค่าของแต่ละธาตุ ด้วยเหตุผลเดียวกันกับข้อ 5.2.1

5.2.4 ผลของการวิเคราะห์เชิงปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง

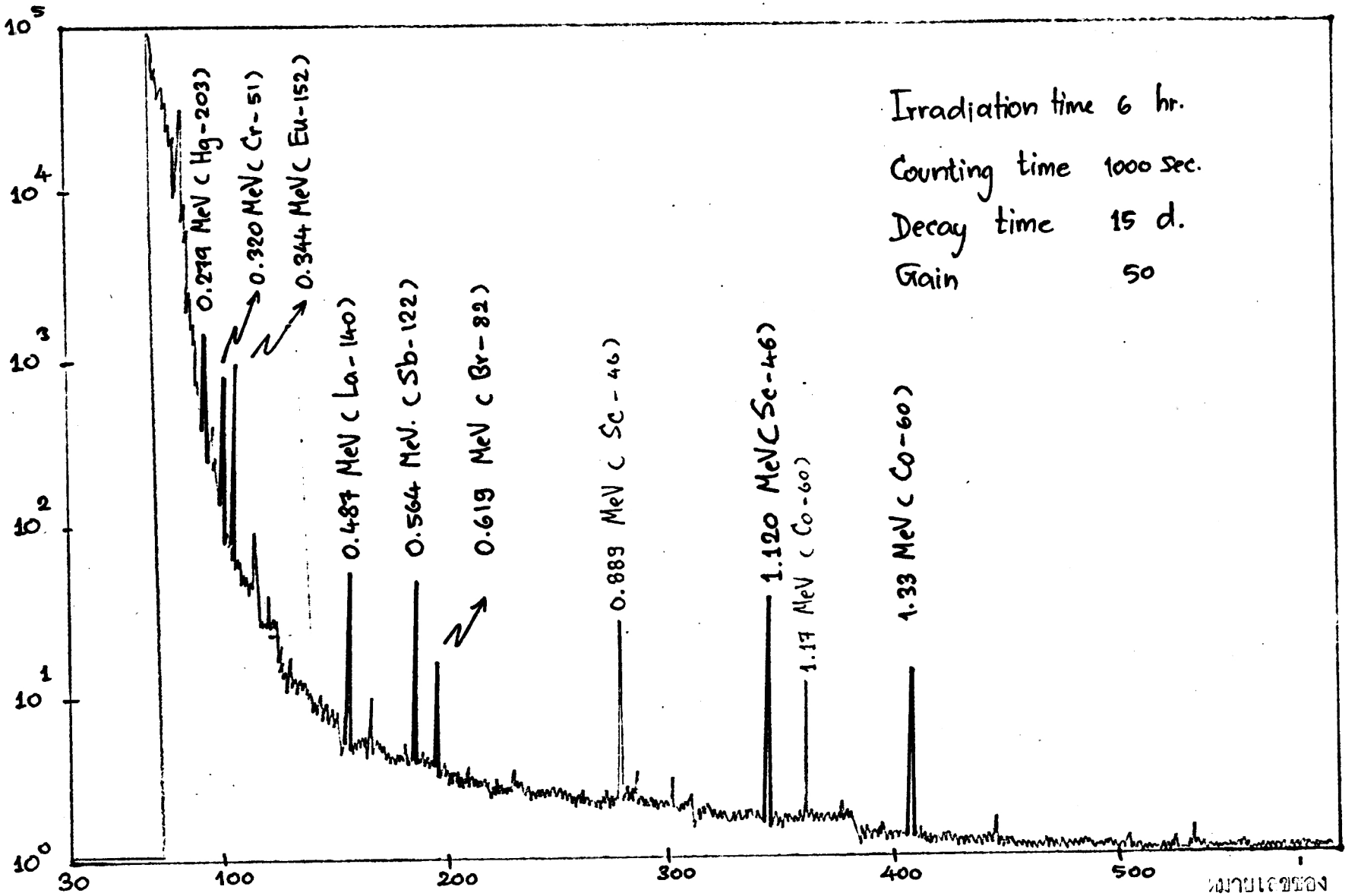
ปฏิบัติเช่นเดียวกันกับข้อ 5.2.2 หลังจากนั้นก็ร่างรูปออกมา ดังแสดงในรูปที่ 5.3, 5.4 และบันทึกความเข้มข้นของธาตุที่มีในสีขาวตัวอย่างเป็นตารางไว้ ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 แสดงปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ที่มีในสีขาวตัวอย่าง

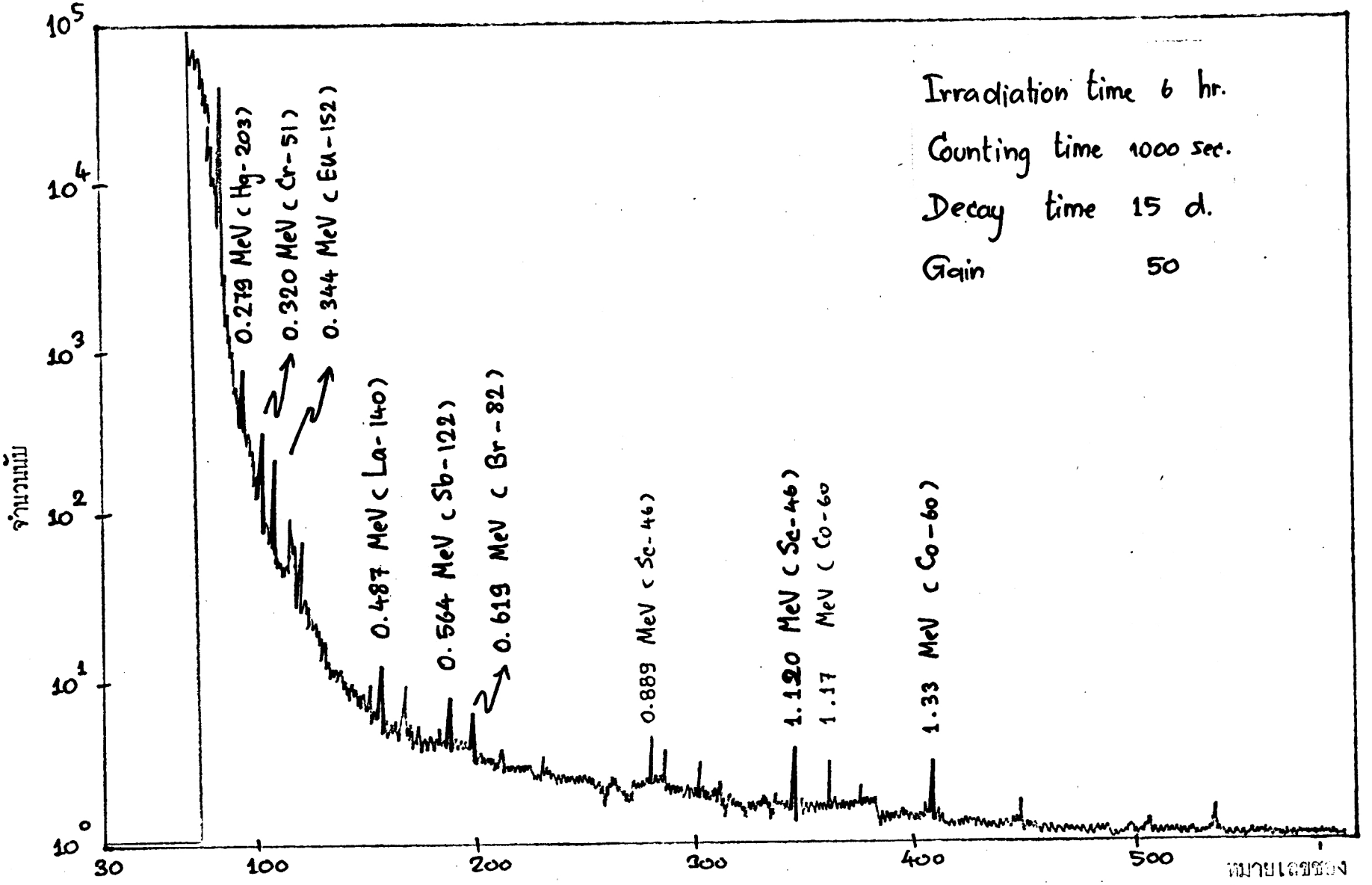
ธาตุที่วิเคราะห์	ปริมาณความเข้มข้น
Hg	31.9 ± 0.6 ppm.
Cr	11.2 ± 0.3 ppm.
Sb	11.4 ± 0.2 ppm.
Sc	1.495 ± 0.016 %
Co	20.2 ± 0.2 ppm.
Br	24.2 ± 0.2 ppm.
La	18.4 ± 0.5 ppm.
Eu	16.8 ± 0.4 ppm.

5.3 <u>ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของสีของกลางทั้งสองรายการที่เป็นคดี</u>

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของสีของกลางทั้ง 2 รายการที่เป็นคดีนั้น ปรากฏว่าพบธาตุต่าง ๆ ที่เหมือนกันในสีของกลางที่เป็นคดีแต่ละรายการ ดังตารางที่ 5.9



รูปที่ 5.3 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของสารมาตรฐานที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน



รูปที่ 5.4 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของธาตุที่พบที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ในสีขาวตัวอย่าง

ตารางที่ 5.9 แสดงการวิเคราะห์ธาตุที่พบในสีของกลางที่เป็นคดีแต่ละรายการซึ่งเหมือนกัน

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV.
Titanium	Ti-50	Ti-51	5.79 นาที	0.320, 0.928, 0.608
Zinc	Zn-70	Zn-71	2.4 นาที	0.390, 0.511, 0.910
Magnesium	Mg-26	Mg-27	9.48 นาที	0.840, 1.014
Vanadium	V -51	V -52	3.75 นาที	1.434
Aluminium	Al-27	Al-28	2.31 นาที	1.778
Fluorine	F -19	F -20	11.41 วินาที	1.633
Cerium	Ce-138	Ce-139	54.0 วินาที	0.754
Sodium	Na-23	Na-24	15 ชั่วโมง	1.368, 2.75
Copper	Cu-65	Cu-66	5.10 นาที	0.833, 1.039
Mercury	Hg-202	Hg-203	46.5 วัน	0.279
Chromium	Cr-50	Cr-51	27.8 วัน	0.320
Antimony	Sb-121	Sb-122	2.7 วัน	0.564, 0.692
Scandium	Sc-45	Sc-46	83.9 วัน	0.889, 1.120
Cobalt	Co-59	Co-60	5.263 ปี	1.173, 1.332
Bromine	Br-81	Br-82	35.4 ชั่วโมง	0.550, 1.044, 0.619 1.317, 0.770, 1.474
Lanthanum	La-139	La-140	40.27 ชั่วโมง	0.328, 0.486, 0.815 1.595
Iron	Fe-58	Fe-59	44.6 วัน	1.099, 1.291
Arsenic	As-75	As-76	26.3 ชั่วโมง	0.559, 1.216

5.3.1 ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการ

ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการนี้ ก็ปรากฏว่าได้ผลเหมือนกันคือพบธาตุชนิดเดียวกันอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีในแต่ละรายการ ดังแสดงในตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการซึ่งเหมือนกัน

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV.
Titanium	Ti-50	Ti-51	5.79 นาที	0.320
Zinc	Zn-70	Zn-71	2.4 นาที	0.390
Magnesium	Mg-26	Mg-27	9.48 นาที	0.840
Vanadium	V -51	V -52	3.75 นาที	1.434
Aluminium	Al-27	Al-28	2.31 นาที	1.778
Fluorine	F -19	F - 20	11.41 วินาที	1.633
Cerium	Ce-138	Ce-139	54.0 วินาที	0.754
Sodium	Na-23	Na-24	15 ชั่วโมง	1.368
Copper	Cu-65	Cu-66	5.10 นาที	1.039

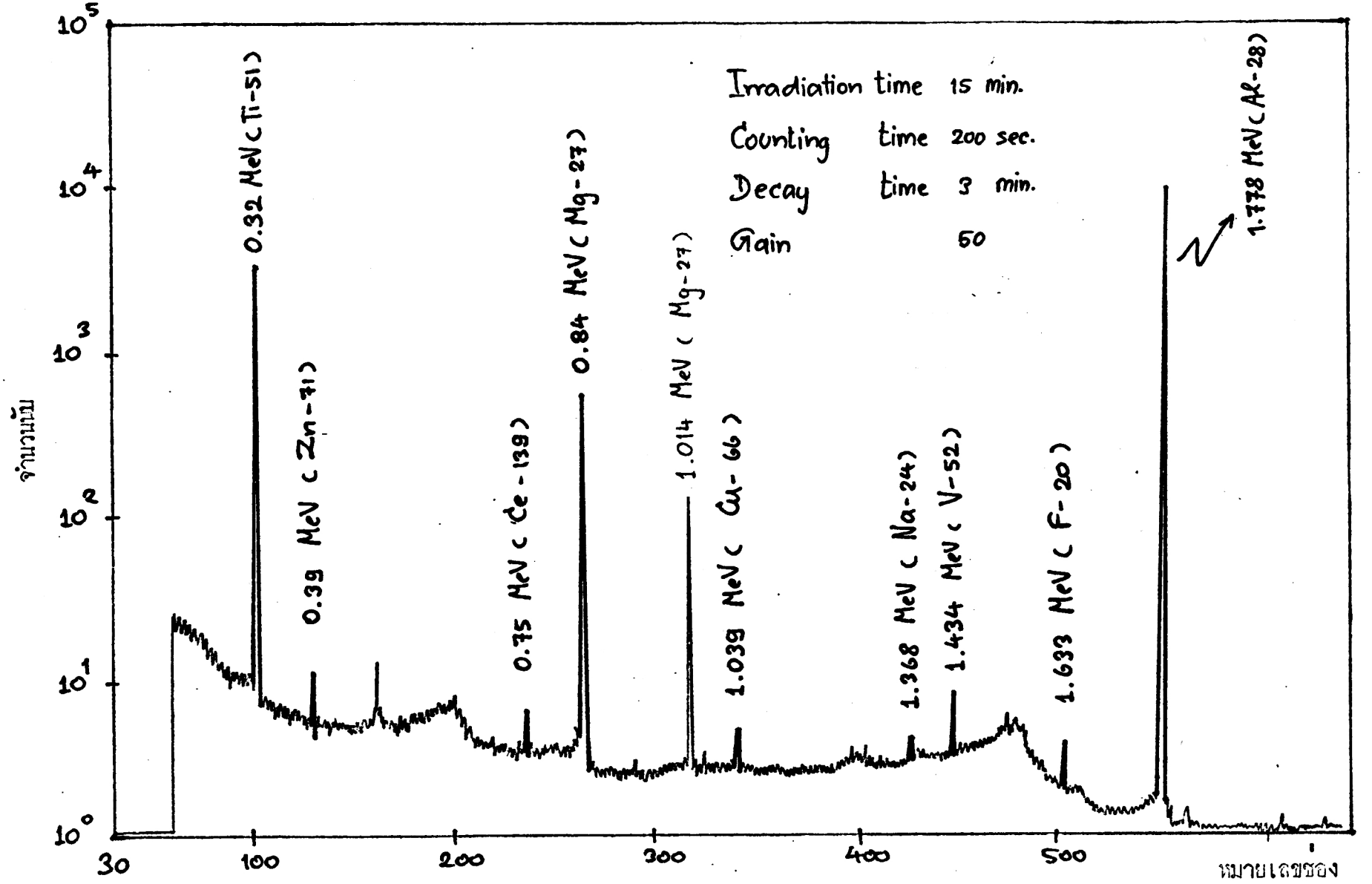
จะเห็นได้ว่าค่าของพลังงานของรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น ใช้ค่าของพลังงานเพียงหนึ่งหรือสองค่าของแต่ละธาตุ ทั้งนี้ เพราะต้องนำผลไปทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณต่อไป เพื่อจะได้ปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่ถูกต้องแน่นอนในการหลีกเลี่ยงการรบกวนของ peak อื่น ๆ ที่อยู่ใกล้กัน เพราะต้องการความแน่นอนในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบ

จากการวัดรังสีเปรียบเทียบกันระหว่างสารมาตรฐานที่เตรียมไว้แล้ว กับตัวอย่างสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการ โดยให้มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันกับธาตุต่าง ๆ ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการนี้ ทำการวัดรังสีและคำนวณหา count rate ที่แผ่ออกมาโดยตัวเครื่องนับรังสีสามารถทำได้ ก็จะนำผลที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของธาตุในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบได้ แล้วร่างรูปออกมาดังแสดงรูปที่ 5.5, 5.6 และ บันทึก ความเข้มข้นของธาตุในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการเปรียบเทียบกันเป็นตารางไว้ ดังตารางที่ 5.11

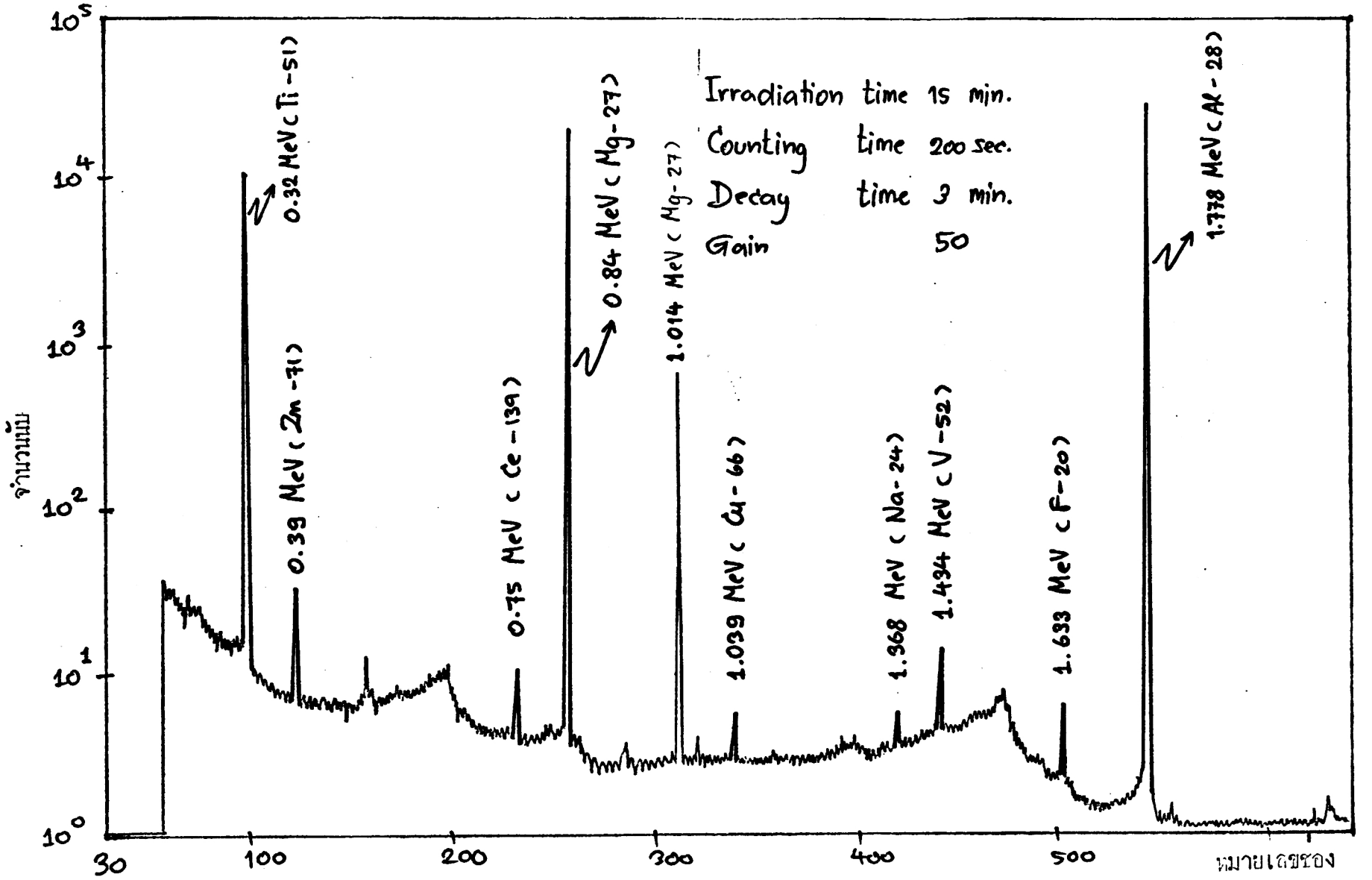
ตารางที่ 5.11 แสดงปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการเปรียบเทียบกัน

ธาตุที่วิเคราะห์	ปริมาณความเข้มข้นในสีของกลางที่เป็นคดีรายการที่ 1	ปริมาณความเข้มข้นในสีของกลางที่เป็นคดีรายการที่ 2
Ti	1.521 ± 0.022 %	1.391 ± 0.018 %
Zn	325.1 ± 1.9 ppm.	351.2 ± 2.0 ppm.
Mg	0.816 ± 0.061 %	0.819 ± 0.066 %
V	14.7 ± 0.7 ppm.	16.1 ± 0.6 ppm.
Al	0.202 ± 0.005 %	0.186 ± 0.005 %
F	473.6 ± 8.8 ppm.	515.8 ± 8.8 ppm.
Ce	0.217 ± 0.027 %	0.195 ± 0.024 %
Na	39.4 ± 0.2 ppm.	42.6 ± 0.2 ppm.
Cu	215.5 ± 2.5 ppm.	198.2 ± 2.1 ppm.

5.3.2 ผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการ



รูปที่ 5.5 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่พบในสีของกราฟที่เป็นคลื่นรายการที่ 1



รูปที่ 5.6 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของธาตุที่มีครึ่งชีวิต ไม่เกิน 1 วัน ที่พบในสารองกลางที่เป็นศิลา

รายการที่ 2

ได้ผลเหมือนกันกับข้อ 5.3.1 คือพบธาตุชนิดเดียวกัน อยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีในแต่ละรายการ ดังแสดงในตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 การวิเคราะห์ธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วันในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการซึ่งเหมือนกัน

ธาตุ	ไอโซโทปเสถียร	ไอโซโทปกัมมันตรังสี	ครึ่งชีวิต	พลังงานรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์ MeV.
Mercury	Hg-202	Hg-203	46.5 วัน	0.279
Chromium	Cr-50	Cr-51	27.8 วัน	0.320
Antimony	Sb-121	Sb-122	2.7 วัน	0.564
Scandium	Sc-45	Sc-46	83.9 วัน	1.120
Cobalt	Co-59	Co-60	5.263 ปี	1.330
Bromine	Br-81	Br-82	35.4 ชั่วโมง	0.619
Lanthanum	La-139	La-140	40.27 ชั่วโมง	0.487
Arsenic	As-75	As-76	26.3 ชั่วโมง	0.559

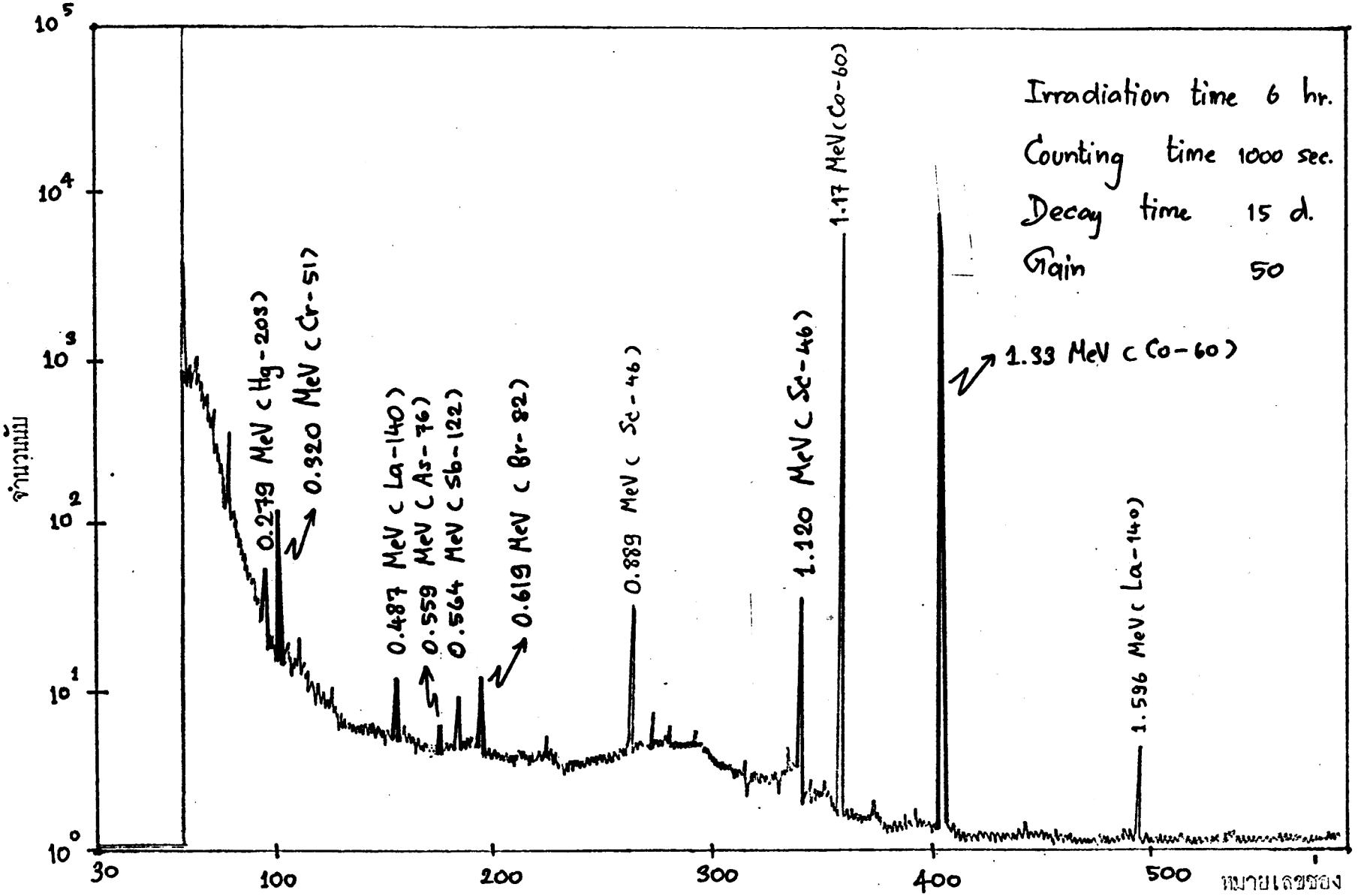
จะเห็นได้ว่าค่าของพลังงานของรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้น ใช้ค่าของพลังงานเพียงค่าเดียวของแต่ละธาตุ ด้วยเหตุผลเดียวกันกับข้อ 5.3.1 และปฏิบัติเช่นเดียวกันกับข้อ 5.3.1 หลังจากนั้นก็ร่างรูปออกมา ดังแสดงในรูปที่ 5.7, 5.8 และบันทึกความเข้มข้นของธาตุในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการ เพื่อแสดงการเปรียบเทียบกันเก็บตารางไว้ ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 แสดงปริมาณความเข้มข้นของแต่ละธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการเปรียบเทียบกัน

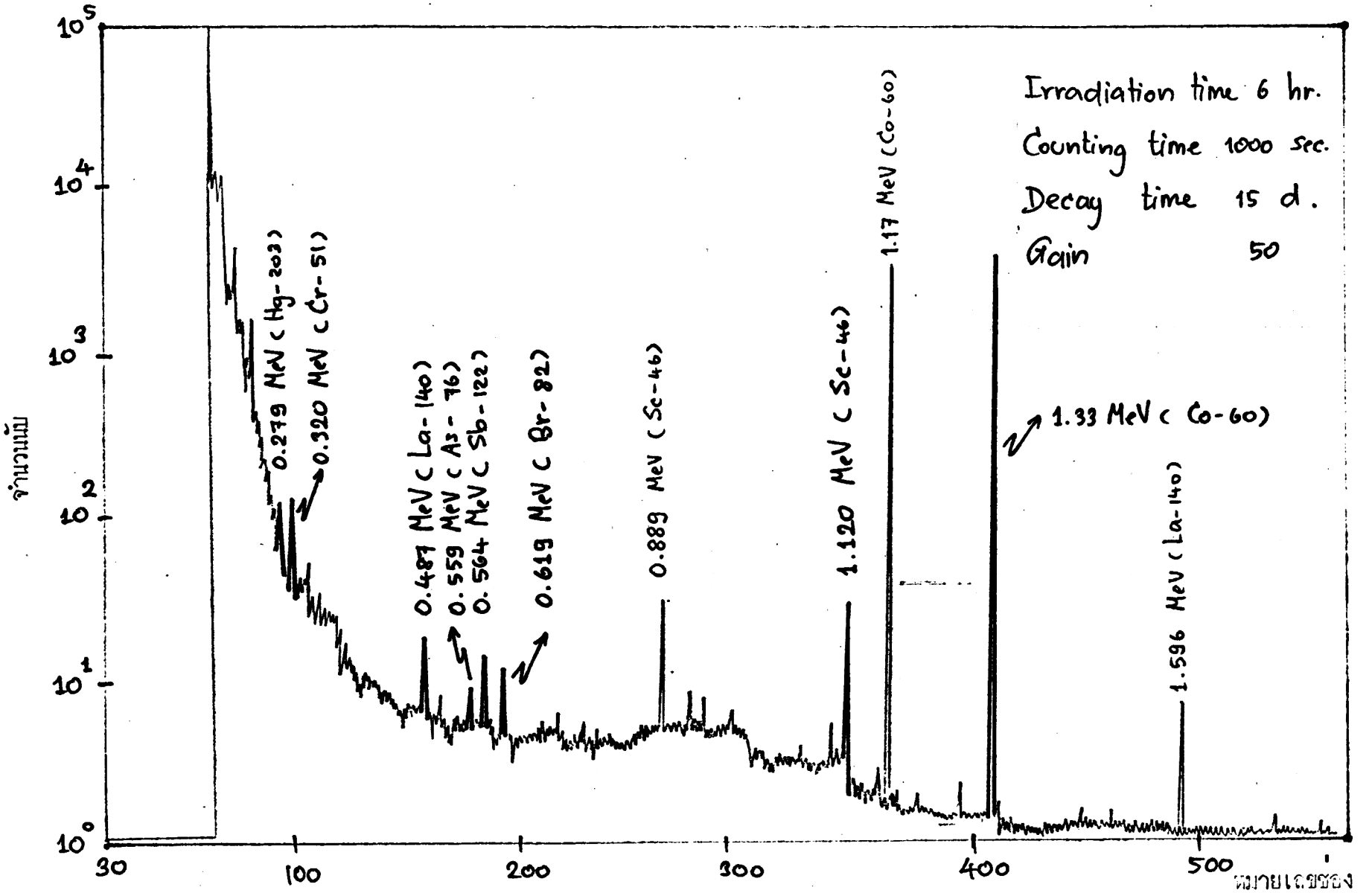
ธาตุที่วิเคราะห์	ปริมาณความเข้มข้นในสีของกลางที่เป็นคดีรายการที่ 1	ปริมาณความเข้มข้นในสีของกลางที่เป็นคดีรายการที่ 2
Hg	31.2 ± 0.4 ppm.	27.0 ± 0.4 ppm.
Cr	42.8 ± 0.3 ppm.	38.7 ± 0.3 ppm.
Sb	16.2 ± 0.2 ppm.	19.8 ± 0.2 ppm.
Sc	3.2 ± 0.01 ppm.	3.1 ± 0.01 ppm.
Co	200.3 ± 5.9 ppm.	171.4 ± 5.4 ppm.
Br	9.8 ± 0.06 ppm.	12.1 ± 0.07 ppm.
La	80.0 ± 1.0 ppm.	99.7 ± 1.2 ppm.
As	43.9 ± 0.6 ppm.	40.9 ± 0.6 ppm.

5.4 การอภิปรายผลของการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาธาตุที่มีอยู่ในสีที่ใช้สำหรับพ่นรถยนต์ตัวอย่างจากโรงงานทั้ง 2 แห่ง และในสีที่ใช้สำหรับทาบผิวของรถยนต์หรือที่เรียกว่า สีโป๊ว นั้น รวมเป็นตัวอย่างสี 15 ตัวอย่าง โดยวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ หรือแบบ Instrumental analysis นั้น สามารถวิเคราะห์หาธาตุทั้งหมดได้ 22 ธาตุ คือ Al, Ba, Sb, Cr, Co, Cu Mn, Na, Ti, Zn, Mg, V, Hg, Sc, Br, La, Fe, As, K, Ce, F และ Eu จากธาตุต่าง ๆ ที่วิเคราะห์หาได้นี้ จะเห็นว่ามีธาตุบางธาตุที่น่าสนใจถึงสาเหตุใดที่มีอยู่ในสี เช่น Cobalt, Vanadium และ Lanthanum ซึ่งปรากฏว่าพวกธาตุเหล่านี้ โดยเฉพาะพวก rare earth นอกจากบางตัวเป็นตัว pigments ของสีแล้ว ยังพบในส่วนที่เป็น Binding ของสีคือ เป็นตัวที่ก่อให้เกิดปฏิกริยาของพวกสารประกอบอินทรีย์ในส่วนที่เป็น Binding ของสี เช่น ทำหน้าที่เร่งให้เกิดปฏิกริยาการรวมตัว เพื่อให้สีที่ใช้พ่นหรือทา



รูปที่ 5.7 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของธาตุที่มีครึ่งชีวิต มากกว่า 1 วัน ที่พบในสีของกลางที่เป็นคดี รายการที่ 1



รูปที่ 5.8 แสดงยอดพลังงานของรังสีแกมม่าของกัมมันตรังสีของธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วัน ที่พบในสีของกลางที่เป็นกลาง รายการที่ 2

แล้วแห้งเร็ว เรียกว่า เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกริยาก็ได้ (Catalyst) หรือเป็นตัวที่เชื่อม เพื่อให้มีการเกาะกันหรือการแตกตัวของแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ใน Binding ของสี เช่น อาจจะเป็นตัวที่ทำให้ผิวของสีเกิดความเรียบหรือเป็นมันหรือมีความแข็งหรืออ่อนนุ่ม ซึ่งก็คือเป็นตัวที่สำคัญตัวหนึ่งในการแสดงคุณภาพของสี

จากการวิเคราะห์สีตัวอย่างทั้งหมด 15 ตัวอย่าง ซึ่งได้จากโรงงานผลิตสีรถยนต์ 2 แห่ง โดยใช้สีที่เหมือนกันแห่งละ 7 สี ได้แก่ แม่สีทั้งสาม คือ สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน กับ สีขาว สีดำ สีน้ำตาล และสีบรอนซ์เงิน โดยสีที่นำมาวิเคราะห์นี้เป็นสีพวก Acrylic ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมกันแพร่หลายในปัจจุบัน โดยจัดแบ่งสีทั้ง 2 กลุ่ม ที่เหมือนกัน ทำการวิเคราะห์หาธาตุ ดังผลปรากฏในตารางที่ 5.2 และ 5.3 แล้วนั้น ปรากฏว่าในแต่ละสีที่เหมือนกัน และในแต่ละสีของโรงงานแห่งที่ 2 ดังปรากฏในตาราง 5.3 ข้างต้น สิ่งตัวอย่างสีเหล่านี้เป็นตัวอย่างสีที่เรียกว่าเป็นสีชนิดลูไซท์ (Lucite) ในทุก ๆ สีจะพบกลุ่มของธาตุดังนี้คือ Cr, Zn, Sc และ Co

สำหรับตัวอย่างสีที่ใช้ฉาบผิวของรถยนต์ก่อนพ่นสีนั้น หรือสีโป๊ว จากการวิเคราะห์หาธาตุ พบธาตุเพียง 2 ชนิดคือ Zn และ Cu ดังปรากฏในตารางที่ 5.4

จากผลของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณของสีขาวตัวอย่างจากโรงงาน พบว่ามีธาตุต่าง ๆ อยู่ในสีขาวตัวอย่างนี้ ด้วยปริมาณความเข้มข้นที่แตกต่างกันแต่ละธาตุ โดยเปรียบเทียบจากสารมาตรฐาน ซึ่งพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงของ ppm. และเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังปรากฏในตารางที่ 5.6 และ 5.8 สำหรับในการวิเคราะห์เชิงปริมาณนั้น ได้เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ได้เตรียมขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณโดยอาศัย Photopeak area นั้น ทำการคำนวณโดยเครื่องมือที่ใช้วัดรังสีนั้นเองทีเดียว โดยอาศัย พลังงานของรังสีแกมมาของกัมมันตรังสีของธาตุที่มีค่าที่เหมาะสมที่สุด และถูกรบกวนจากพลังงานของรังสีแกมมาของกัมมันตรังสีอื่นน้อยที่สุด

สำหรับการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสีของกลางทั้งสองรายการที่เป็นคดี เพื่อใช้ในการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบนั้น โดยที่สีของกลางทั้งสองรายการมีปริมาณน้อยดังปรากฏในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นขนาดโดยเปรียบเทียบกับคลิปหนีบกระดาษชนิดมาตรฐาน ซึ่งในกรณีที่มีของกลางในคดีอาชญากรรมต่าง ๆ ทางเจ้าพนักงานที่มีหน้าที่ในการสอบสวนสืบสวนหาหลักฐานหรือพยานต่าง ๆ ซึ่งบางทีต้องมีการบันทึกภาพของพยานหลักฐาน โดยเฉพาะวัตถุพยานไว้ ซึ่งการที่จะทราบขนาดของวัตถุพยานนั้นในภายหลังอย่างง่ายที่สุด เมื่อพบเห็นภาพถ่ายนั้น ซึ่งจะไปทำการขยายหรือย่อขนาดใดก็ตาม จึงต้องมีการเปรียบเทียบกับวัตถุหรือสิ่งของบางอย่าง ซึ่งเป็นที่รู้จักแพร่หลายโดยทั่วกัน ทางพนักงานสอบสวนจึงมักจะนิยมใช้ คลิปหนีบกระดาษชนิดมาตรฐาน(ขนาดเบอร์ 1) เป็นตัวเปรียบเทียบ เมื่อทำการตรวจวิเคราะห์เปรียบเทียบสีของกลางที่เป็นคดี คือ เศษสีที่ตกอยู่ในบริเวณเกิดเหตุและจากรถยนต์คันที่ต้องสงสัย ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณแล้ว ผลปรากฏว่า พบธาตุต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีนั้นเหมือนกันทั้งสองรายการ และจากการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ ก็ยังพบว่ามีปริมาณความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกันด้วย แต่ผลของการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ที่มีอยู่ในสีของกลางที่เป็นคดีทั้งสองรายการนี้ได้ผลดีกว่า กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุที่มีอยู่ในแต่ละสีของกลางที่เป็นคดีของทั้งสองรายการนี้มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ตรงกันกับที่ได้จากรายงานการประชุมของ International Conference on Modern Trends in Activation Analysis ปี ค.ศ. 1965 ในหัวข้อที่ 1.5 ซึ่งได้กล่าวว่าศาลในรัฐแคลิฟอเนียร์ สหรัฐอเมริกา ได้เชื่อถือการวิเคราะห์จากข้อมูลที่ได้นี้ ประกอบกับทั้งในการปฏิบัตินั้น การตรวจพิสูจน์วิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตไม่เกิน 1 วัน ในสีของกลางที่เป็นคดีนั้น สามารถกระทำได้โดยไม่เสียเวลาในการวิเคราะห์มาก เพราะผลที่ได้นั้นยิ่งได้ผลเร็วเท่าไร ก็จะเป็นประโยชน์ในทางการสืบสวนสอบสวนในคดีเกี่ยวกับเรื่องสีรถยนต์นี้มากเท่านั้น แต่อย่างไรก็ดี การตรวจพิสูจน์วิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณของธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 1 วันในสีของกลางที่เป็นคดีนั้น แม้จะต้องเสียเวลาในการทำการวิเคราะห์มากกว่า แต่ผลที่ได้ออกมาก็สามารถ

ที่จะใช้เป็นพยานหลักฐานยืนยันได้ กล่าวคือ อัตราส่วนของธาตุที่พบในสีของกลางนี้เป็นคดีทั้งสองรายการใกล้เคียงกัน

จะเห็นได้ว่าการศึกษาในเรื่องการตรวจพิสูจน์หลักฐานของสีรถยนต์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยนิวตรอนนั้น จะเป็นตัวอย่างแนวทางที่จะให้ผู้สนใจหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ร่วมกันดำเนินการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม เพื่อให้เกิดความเชื่อถือของผู้ที่จะวินิจฉัยพยานหลักฐานต่าง ๆ เพื่อประกอบการพิจารณาในรูปคดีอาชญากรรมในเรื่องเกี่ยวกับสีรถยนต์ ที่เกิดขึ้นและให้ความยุติธรรมต่อคู่กรณีทุก ๆ ฝ่ายที่เป็นคดีความเกี่ยวกับเรื่องสีรถยนต์ต่อไป