บทที่ 3

การดำเนินการวิเคราะห์

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้เครื่องมือ และสารต่าง ๆ ดังนี้ คือ

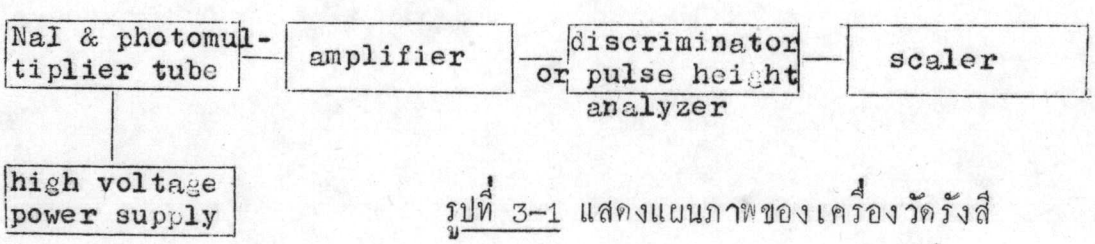
ก. เครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปคโตรมิเตอร์

ข. สารตัวอย่าง

ค. สารมาตรฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

3.1.1 เครื่องมือวัดรังสีแบบแกมมาสเปคโตรมิเตอร์

เครื่องมือวัดรังสีแบบนี้ ประกอบด้วยหัวเครื่องนับซึ่งเป็นผลึกของโซเดียมไอโอไดด์(NaI-crystal) เรียกว่า scintillator ต่ออยู่กับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์(photomultiplier tube) โดยมีไฟฟ้าศักย์สูงช่วย (high voltage power supply) ทั้งหมดต่อไปยังเครื่องขยาย(amplifier), เครื่องเลือกความสูงของสัญญาณ (pulse height analyzer) หรือ discriminator และเครื่องนับ (scaler) ดังแผนภาพ



รูปที่ 3-1 แสดงแผนภาพของเครื่องวัดรังสีแบบแกมมาสเปคโตรมิเตอร์

การทำงานของเครื่องมือชนิดนี้คือ เมื่อรังสีแกมมาหรือโฟตอนเข้าทำปฏิกริยากับอะตอมของโซเดียมไอโอไดด์แล้ว จะเกิดปฏิกริยาขึ้น 3 ชนิด คือ

1. แบบโฟโตอิเลคตริก (photoelectric effect)

2. แบบคอมป์ตัน (Compton effect)

3. แบบอิเลคตรอนคู่ (pair production)

ในปฏิกริยาแต่ละแบบ พลังงานของรังสีแกมมาจะถ่ายทอดไปให้กับอิเลคตรอนในอะตอมของโซเดียมไอโอไดด์ซึ่งเป็นตัวรุ่งแสง (phosphor) อิเลคตรอนที่รับพลังงานไป จะสูญเสียพลังงานนั้นในผลึก โดยเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง แสงที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสีแกมมาก่อนกระทบผลึก

หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงที่เกิดขึ้น เป็นสัญญาณไฟฟ้า (voltage pulse) และขยายสัญญาณให้โตขึ้นโดยเครื่องขยาย แล้วถูกส่งเข้า discriminator หรือเครื่องเลือกความสูงของสัญญาณ จากนี้จะถูกส่งเข้าเครื่องนับ

3.1.2 <u>การเตรียมสารตัวอย่าง</u>

ถั่วดำ ถั่วเขียว และถั่วลิสงที่ใช้ในการวิเคราะห์ เป็นถั่วจากจังหวัดต่าง ๆ หลายจังหวัด นำตัวอย่างถั่วเหล่านี้เอาเฉพาะส่วนที่ใช้รับประทาน (เมล็ด) เข้าเตาเผา (muffle) เพื่อให้เป็นเถ้าที่อุณหภูมิ 400 องศาเซ็นติเกรด ภาชนะที่ใช้ใส่ถั่วในการเข้าเตาเผาคือ ถ้วยกระเบื้องสีขาวลวน (ไม่เคลือบสี) บรรจุเถ้าตัวอย่างอาหารเต็มขวดโปลีเอทธีลีน (polyethelene) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซ็นติเมตร ยาว 3 เซ็นติเมตร น้ำหนักเถ้าตัวอย่างจะหนักประมาณ 1 – 2.5 กรัม ดังตารางที่ 3-1,3-2,3-3. ผนึกฝาขวดให้สนิทด้วยความร้อน เพื่อป้องกันการรั่วไหลของเถ้าตัวอย่างในระหว่างการอาบรังสีและการวิเคราะห์

ตารางที่ 3-1 แสดงแหล่งปลูก น้ำหนักของถั่วดำที่อาบรังสี
(น้ำหนักสดที่ใช้เผา 40 กรัม)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น.เถา (กรัม)	น.น.เถาบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น.สด (กรัม)
1.	No.18	อ.ปะทิว จ.ชุมพร	4.420	1.7653	15.97
2.	No.37	บ้านท่าใหม่ ต.ท่าใหม่ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี	3.950	1.8670	18.91
3.	No.57	บ้านเหล่าดู่ ต.วังผาง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน	3.950	1.7915	18.15
4.	No.13	อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี	4.820	1.7068	14.16
5.	No.50	บ้านท่ายาง ต.ท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี	4.420	1.7148	15.52
6.	No.41	บ้านรังกาใหญ่ ต.รังกาใหญ่ อ.พิมาย จ.นครราชสีมา	3.930	1.8780	19.11
7.	No.5	ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี	4.290	1.6793	15.66
8.	No.28	ต.ในเมือง อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์	4.900	1.4727	12.02
9.	No.53	ต.เทพกษัตรี อ.ถลาง จ.ภูเก็ต	4.950	1.3125	10.61
10.	No.12	บ้านน้ำเขียว ต.น้ำเขียว อ.แหลมงอบ จ.ตราด	4.250	1.8777	17.65
11.	No.38	อ.สารภี จ.เชียงใหม่	3.520	1.9235	21.86
12.	No.40	ต.คลองไผ่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	7.300	1.9673	7.22
13.	No.60	บ้านโคกพระ ต.หนองพลวง อ.จักราช จ.นครราชสีมา	3.300	1.9673	23.85

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น. เถ้า (กรัม)	น.น. เถ้าบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น. สด (กรัม)
14.	No.26	ศูนย์เกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อ.ท่าพระ จ.ขอนแก่น	4.190	1.7424	16.63
15.	No.51	ต.ตาขัน อ.บ้านค่าย จ.ระยอง	5.040	1.6697	13.23
16.	No.25	บ้านโคกหม้อ ต.ท่าระหัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	4.460	1.505	13.55

ตารางที่ 3–2 แสดงแหล่งปลูก น้ำหนักของถั่วเขียวที่อาบรังสี
(น้ำหนักสดที่ใช้เผา 40 กรัม)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น.เถา (กรัม)	น.น.เถาบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น.สด (กรัม)
1.	No.55	อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	5.780	1.5805	10.94
2.	No.9	อ.จันตคาม จ.ปราจีนบุรี	6.265	1.6564	10.57
3.	No.7	บ้านท่าใหม่ ต.ท่าใหม่ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี	4.160	1.5760	15.21
4.	No.54	บ้านน้ำเชี่ยว ต.น้ำเชี่ยว อ.แหลมงอบ จ.ตราด	5.980	1.5875	10.62
5.	No.48	ต.ตาสิทธิ์ กิ่ง อ.ปลวกแดง จ.ระยอง	5.600	1.6645	11.89
6.	No.33	ต.หนองกระทุ่ม อ.จอมบึง จ.ราชบุรี	4.390	1.4678	13.37
7.	No.56	ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี	3.970	1.8799	16.42
8.	No.65	บ้านท่ายาง ต.ท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี	3.350	1.9549	23.34
9.	No.58	บ้านไผ่ ต.จระเข้หิน อ.ครบุรี จ.นครราชสีมา	3.530	1.9183	21.74
10.	No.32	บ้านโคกพระ ต.หนองพลวง อ.จักราช จ.นครราชสีมา	4.190	1.6809	16.02
11.	No.64	ต.ในเมือง อ.เมือง จ.บุรีรัมย์	2.400	1.7826	29.71
12.	No.27	อ.สวรรคโลก จ.สุโขทัย	4.240	1.5168	14.33
13.	No.3	อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย	4.330	1.5448	14.27

001578

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น.เถา (กรัม)	น.น.เถาบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น.สด (กรัม)
14.	No.17	บ้านเวียง ต.วังผาง อ.ป่าซาง จ.ลำพูน	5.950	1.3409	9.01
15.	No.4	ต.ฝายหลวง อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์	5.150	1.7389	13.51
16.	No.29	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์	2.900	1.2205	16.67
17.	No.62	บานนกคำเปลา ต.ทาช้าง อ.วารินทร์ชำราบ จ.อุบลฯ	3.290	1.5368	18.68
18.	No.19	ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต	3.470	1.5612	18.00
19.	No.46	บานโคกหมอ ต.ท่าระหัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	3.495	1.8355	21.01

ตารางที่ 3-3 แสดงแหล่งปลูก น้ำหนักของถั่วลิสงที่อาบรังสี
(น้ำหนักสดที่ใช้เผา 40 กรัม)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น.เถา (กรัม)	น.น.เถาบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น.สด (กรัม)
1.	No.24	บ้านมาบตอง ต.หนองละลอก อ.บ้านค่าย จ.ระยอง	4.200	2.1238	20.23
2.	No.34	ต.เชียงยืน อ.เชียงยืน จ.มหาสารคาม	5.700	2.1395	15.36
3.	No.23	อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา	2.250	1.8535	33.19
4.	No.49	บ้านน้ำเชี่ยว ต.น้ำเชี่ยว อ.แหลมงอบ จ.ตราด	2.850	1.9412	27.24
5.	No.14	ต.คลองไผ่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา	3.850	2.1473	22.31
6.	No.22	อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์	3.800	2.2194	23.36
7.	No.59	บ้านบางโลน ต.เมืองแก อ.สตึก จ.บุรีรัมย์	6.900	2.2317	12.94
8.	No.44	อ.สารภี จ.เชียงใหม่	2.550	2.1120	33.13
9.	No.20	ต.ศรีประจันต์ อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี	3.520	2.1169	24.06
10.	No.35	นิคมสร้างตนเองพิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา	5.400	1.9175	14.41
11.	No.61	ศูนย์เกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อ.ท่าพระ จ.ขอนแก่น	5.600	1.6533	11.81
12.	No.63	ต.แม่พุด อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์	3.150	2.2465	28.53
13.	No.11	บ้านโคกพระ ต.หนองพลวง อ.จักราช จ.นครราชสีมา	5.350	1.6997	12.71

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

ที่	หมายเลขขวด	แหล่งปลูก	น.น.เถา (กรัม)	น.น.เถาบรรจุ(ก.)	คิดเป็นน.น.สด (กรัม)
14.	No.47	ต.เทพกษัตรี อ.ถลาง จ.ภูเก็ต	4.600	2.1440	18.64
15.	No.6	อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	4.300	2.0864	19.41
16.	No.8	บานท่าใหม่ ต.ท่าใหม่ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี	2.950	2.1860	29.64
17.	No.2	อ.เชียงคำ จ.เชียงราย	2.850	1.9643	24.07
18.	No.36	บานเหล่าพงเสือ ต.วังผาง อ.ปาซาง จ.ลำพูน	3.760	2.1802	23.24
19.	No.52	บานท่ายาง ต.ท่ายาง อ.ท่ายาง จ.เพชรบุรี	4.550	2.2792	20.04
20.	No.10	บานคำนกเปลา ต.ท่าช้าง อ.วารินทร์ชำราบ จ.อุบลฯ	4.190	1.7895	17.03
21.	No.30	อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี	4.230	1.9775	18.70
22.	No.43	ต.ทะเลชุบศร อ.เมือง จ.ลพบุรี	3.310	2.1200	25.62
23.	No.31	บานโคกหมอ ต.ท่าระหัด อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี	3.135	1.9103	24.41
24.	No.15	อ.ปะทิว จ.ชุมพร	4.950	2.0395	16.48
25.	No.45	ต.ทุ่งหลวง อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี	4.100	1.8881	18.42

3.1.3 สารมาตรฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์โคบอลต์ในถั่วต่าง ๆ นี้ สารมาตรฐานที่ใช้ประกอบการวิเคราะห์คือ โคบอลต์ ซึ่งเป็นสารบริสุทธิ์ 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท **Koch - Light Laboratories Ltd.** บรรจุโคบอลต์บริสุทธิ์ในขวดโปลีเอทธีลีนขนาดเดียวกับที่บรรจุเถ้าตัวอย่าง 18 ขวด ๆ ละ 5 มิลลิกรัม ผนึกฝาขวดให้สนิทเช่นเดียวกับขวดของเถ้าตัวอย่าง

3.2 การดำเนินการวิเคราะห์โคบอลต์

3.2.1 การอาบรังสีแก่สารตัวอย่าง

นำขวดที่บรรจุเถ้าตัวอย่างอาหาร และสารมาตรฐานไปห่อด้วยแผ่นอลูมิเนียม เพื่อว่าถ้ามีขวดหนึ่งขวดใดเกิดรั่วไหลในขณะอาบรังสีแล้ว จะไม่ไปเปื้อนขวดอื่น ๆ นำขวดที่ห่อด้วยแผ่นอลูมิเนียมแล้วมามัดรวมกันมัดละ 3 ขวด ได้สารมาตรฐาน 6 มัด และสารตัวอย่าง 20 มัด นำมามัดรวมกันเป็น 2 มัดยาวโดยมีลวดอลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร ยาว 70 เซ็นติเมตร เป็นแกน เพื่อความสะดวกในการเข้าอาบรังสี ให้สารมาตรฐานอยู่หัว ท้าย และกึ่งกลางมัดยาว ใส่มัดตัวอย่างอาหารและสารมาตรฐานที่เตรียมเรียบร้อยแล้วเข้าไปในท่ออาบรังสี (through tube) ซึ่งมีค่านิวตรอนฟลักซ์ประมาณ 5×10^{11} n $cm^{-2} sec^{-1}$ ให้กึ่งกลางมัดยาวอยู่ใกล้ core ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่สุด อาบนิวตรอนเป็นเวลา 42 วัน

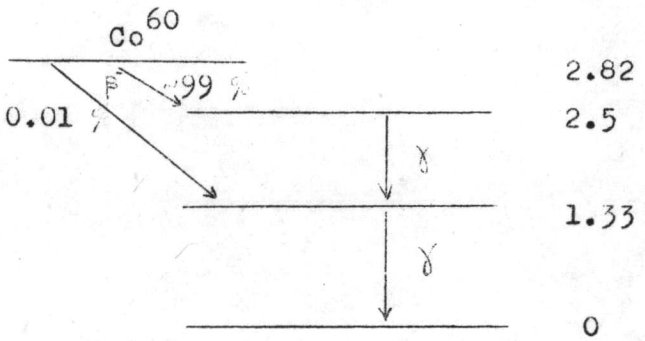
3.2.2 การหาปริมาณโคบอลต์ในตัวอย่างอาหาร

จากผลการวิเคราะห์หาปริมาณโคบอลต์ในตัวอย่างอาหารประเภทต่าง ๆ ซึ่งมีปรากฏในเอกสารของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ[1]

---

[1] นงนุช รัตวานิช และผู้อื่น, "การวิเคราะห์สังกะสีและโคบอลต์ในอาหาร", THAI AEC-63, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 1972, หน้า 50.

พบว่ามีธาตุ โคบอลต์ในถั่วปริมาณค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารประเภทอื่น เมื่อ Co^{59} ทำปฏิกริยานิวเคลียร์กับนิวตรอนช้า แล้วกลายเป็น Co^{60} ซึ่งให้เวลาครึ่งชีวิต 5.3 ปี และจะสลายตัวให้อนุภาคเบตามีพลังงาน 0.31 Mev. กับรังสีแกมมาด้วยพลังงาน 1.17 Mev. และ 1.33 Mev. total disintegration energy เท่ากับ 2.82 Mev. decay scheme ของโคบอลต์-60 แสดงไว้ดังรูปที่ 3-2



รูปที่ 3-2 แสดง decay scheme ของโคบอลต์-60

เมื่อโคบอลต์อาบนิวตรอนกลายเป็นโคบอลต์-60 จะแผ่รังสีแกมมาครั้งละ 2 ตัวพร้อมกัน อาศัยคุณสมบัตินี้ อาจจะประกอบระบบอิเลคทรอนิคส์ หรือเครื่องวัดรังสีที่สามารถเลือกวัดรังสีจากโคบอลต์-60 โดยไม่ถูกรบกวนจากรังสีอื่น ๆ ได้

ในการวัดรังสีจากตัวอย่างอาหารที่อาบนิวตรอนแล้ว ปรากฏว่าธาตุที่มีเวลาครึ่งชีวิตยาว มักจะแผ่รังสีแกมมาที่มีพลังงานประมาณ 1 Mev. รวมทั้งโคบอลต์ด้วย[2] และเนื่องจากโคบอลต์มีปริมาณน้อยกว่า รังสีของโคบอลต์-60 จึงถูกรังสีจากธาตุสังกะสี เหล็ก สแกนเดียม หรือธาตุอื่นบังจนสังเกตไม่ได้

เนื่องจากโคบอลต์มีลักษณะพิเศษคือ แผ่รังสีพร้อมกัน 2 ตัว เมื่อใช้หัววัดรังสีแบบมีหลุม หัววัดจะได้รับรังสีแกมมาที่มีพลังงานค่อนข้างสูง (ประมาณ 2 เท่าเพราะรวม 2 ตัวพร้อมกัน) จึงปรากฏในสเปคตรัมที่มีรังสีของโคบอลต์เด่นอยู่โดดเดี่ยวใน

---

[2] วิชัย หิโยดม และผู้อื่น, "การวิเคราะห์โคบอลต์ในอาหาร" THAI AEC-40, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 1970, หน้า 72.

ย่าน 2.5 Mev. ปราศจากการรบกวน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า sum effect

ถ้าไม่วัดรังสีในหลุมจะเกิดปรากฏการณ์เช่นนี้ได้ยาก เพราะรังสีแกมมา 2 ตัว จะวิ่งไปสู่หัววัดเพียงตัวเดียวและวิ่งไปทางอื่นอีกตัวหนึ่ง การวัดในหลุมมีผลคือ รังสีแกมมาจะวิ่งไปทางใดก็วิ่งเข้าหัววัด ฉะนั้นจึงสามารถดักวัดรังสีของโคบอลต์-60 ได้ที่บริเวณ 2.5 Mev. ในสเปคตรัม โดยไม่มีการรบกวนจากสังกะสี เหล็ก หรือ สแกนเดียม

3.3 <u>การวัดรังสี</u>

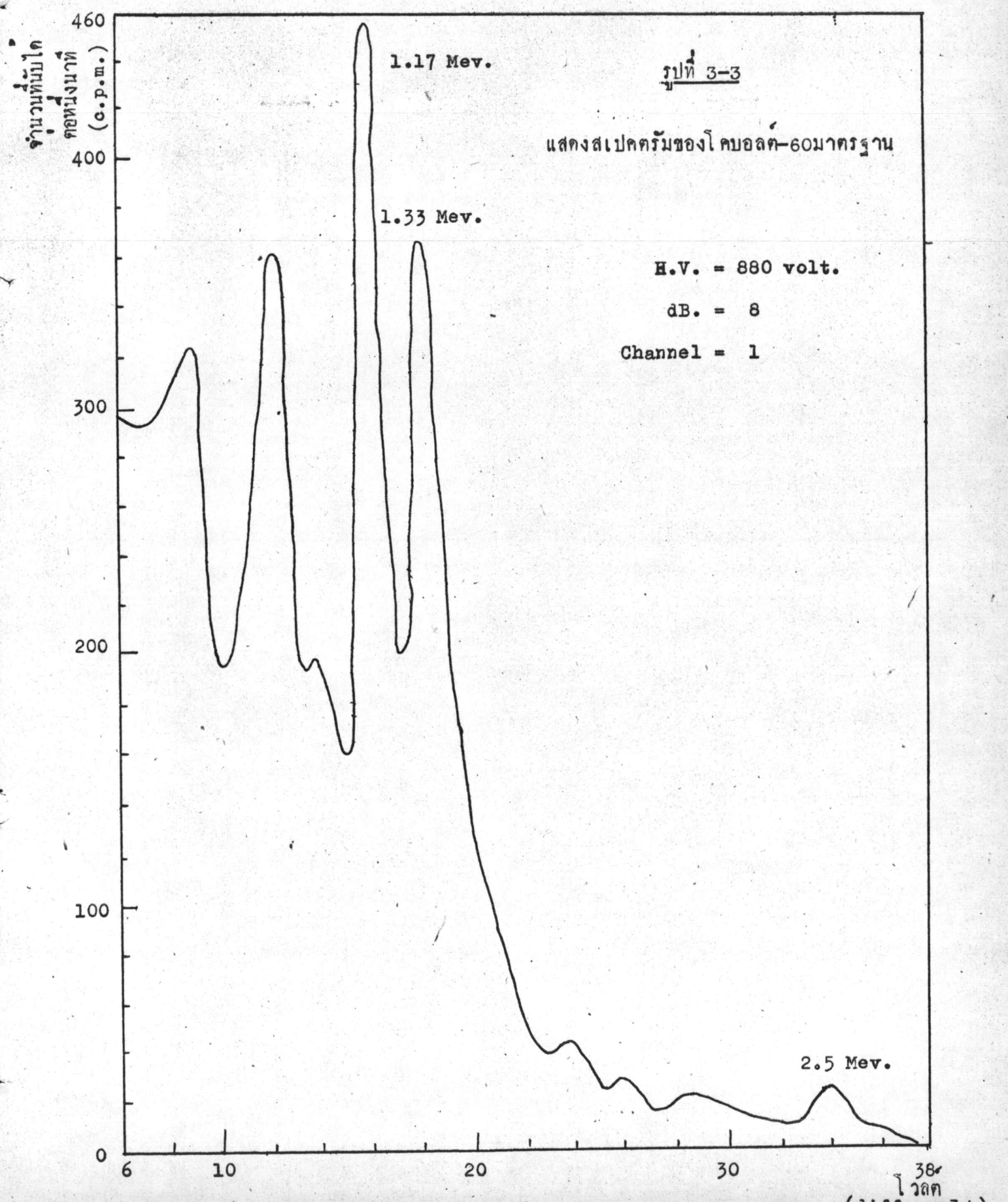
การวัดรังสีในตัวอย่างอาหาร วัดด้วยอุปกรณ์วัดรังสีแบบระบบหัววัดรังสีแบบมีหลุม ซึ่งประกอบด้วยหัววัดรังสีขนาด 2 x 2 นิ้ว เจาะเป็นหลุมเพื่อความสะดวกในการวัดของเหลวในหลอดทดลอง หัววัดรังสีนี้ต่อกับแกมมาสเปคโตรมิเตอร์ธรรมดา

ภายหลังอาบนิวตรอนสารตัวอย่างและสารมาตรฐานแล้ว ปล่อยทิ้งไว้อย่างน้อย 3 สัปดาห์ จึงนำไปวัดรังสี เพื่อตัดการรบกวนซึ่งเกิดจากธาตุที่มีเวลาครึ่งชีวิตสั้น ๆ

เริ่มต้นวัดสารมาตรฐานเพื่อดู contour ทั้งนี้เพราะ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในท่ออาบรังสีมีค่านิวตรอนฟลักซ์ไม่เท่ากัน และจากเอกสารของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ[3] ทดลองใส่สารมาตรฐานในท่ออาบรังสี โดยให้กึ่งกลางมัดอยู่ใกล้ core ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่สุดแล้ว จะได contour ดังรูปที่ 3-4. สำหรับการวิจัยครั้งนี้กึ่งกลางมัดตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ใส่ในท่ออาบรังสีล่างอยู่ในตำแหน่งใกล้ core ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่สุดพอดี แต่กึ่งกลางมัดสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ใส่ในท่ออาบรังสีบนไม่อยู่ในตำแหน่งใกล้ core ของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ได contour ดังรูปที่ 3-5.

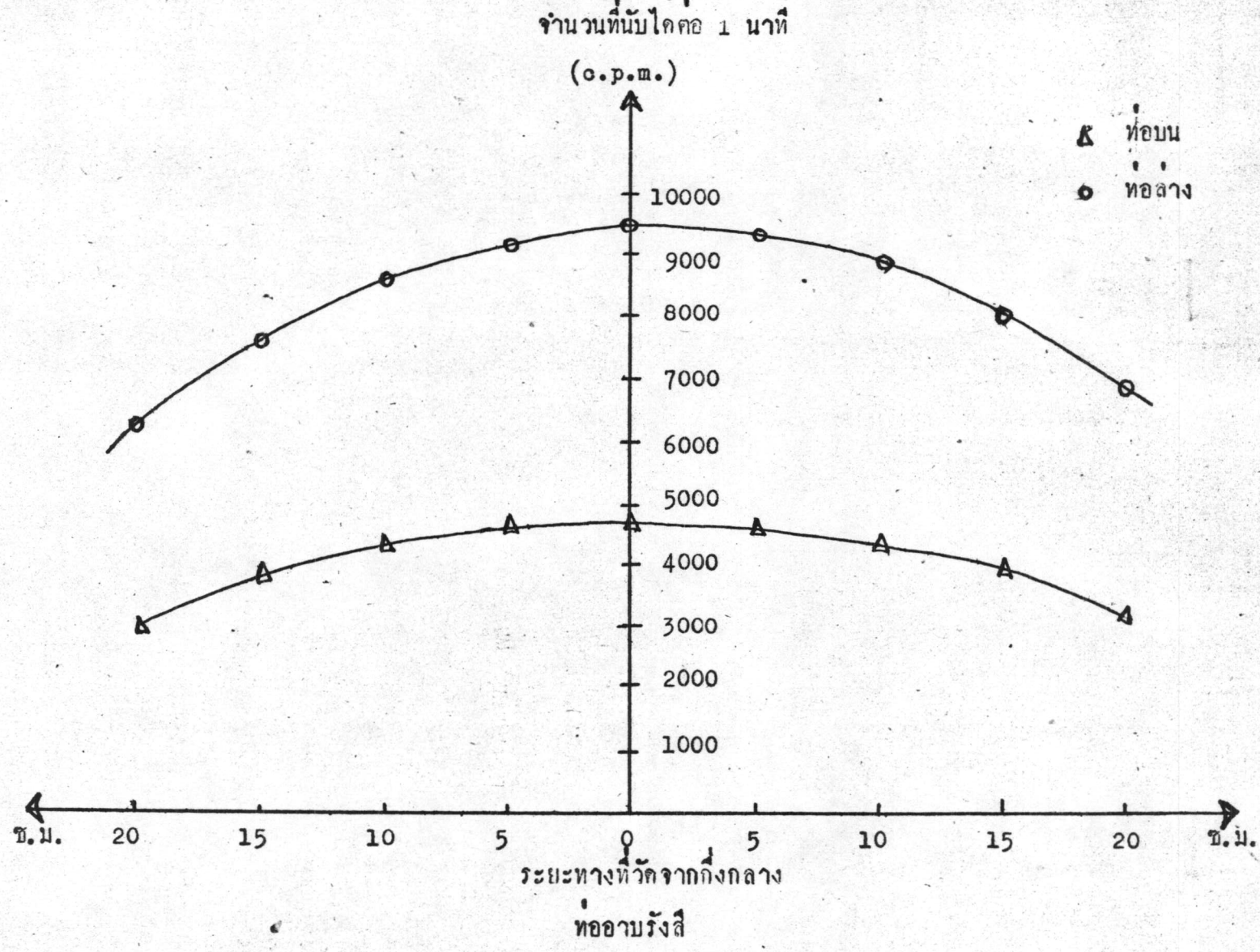
---

[3]นงนุช รัตวานิช และผู้อื่น, "การวิเคราะห์สังกะสีและโคบอลต์ในอาหาร", <u>THAI AEC-63</u>, สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, 1972, หน้า 45.

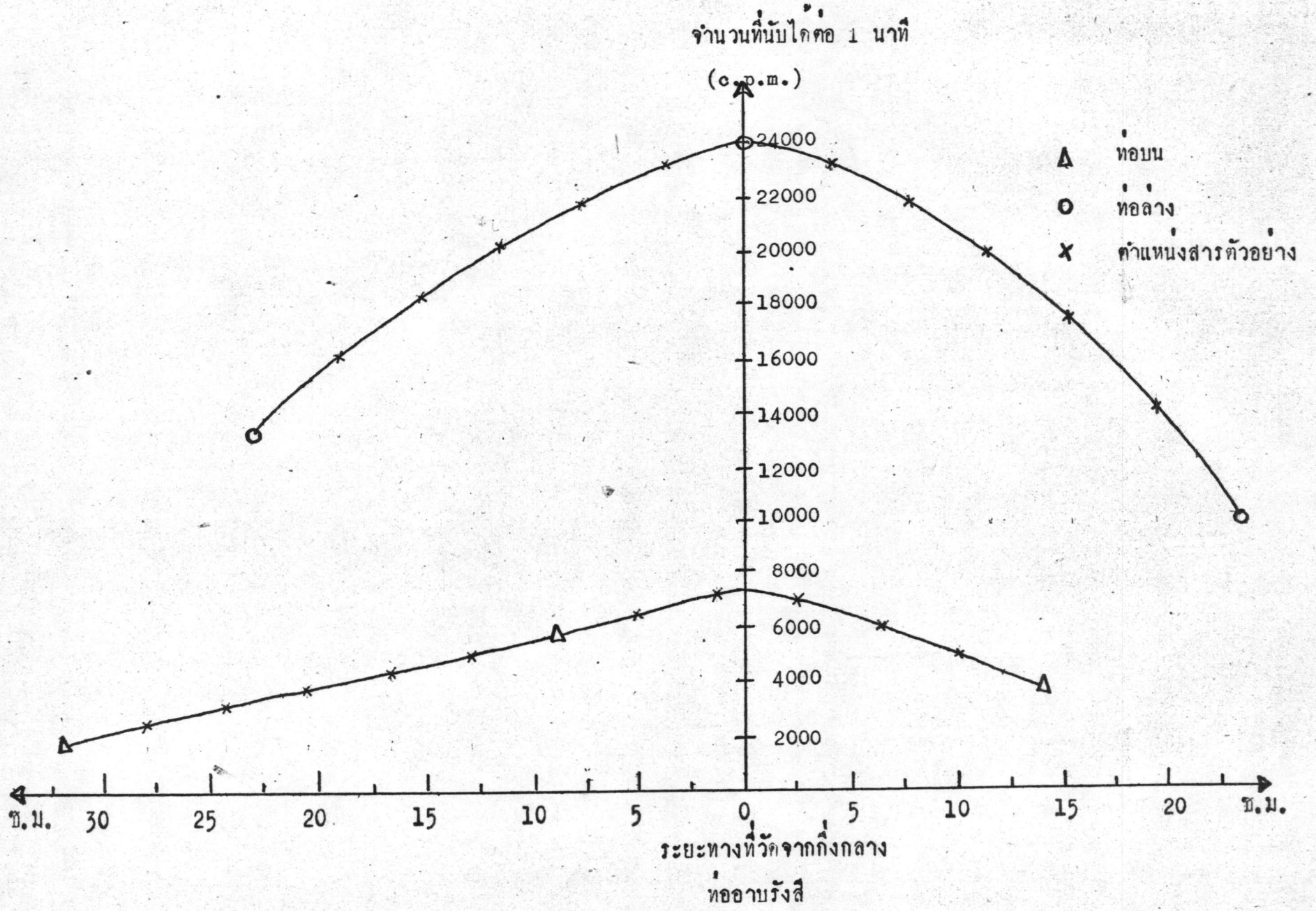


รูปที่ 3-3

แสดงสเปคตรัมของโคบอลต์-60มาตรฐาน



รูปที่ 3-4 แสดงปริมาณนิวตรอนตำแหน่งต่าง ๆในท่ออาบรังสี
เมื่อทดลองใส่สารมาตรฐานเข้าไปในท่ออาบรังสี



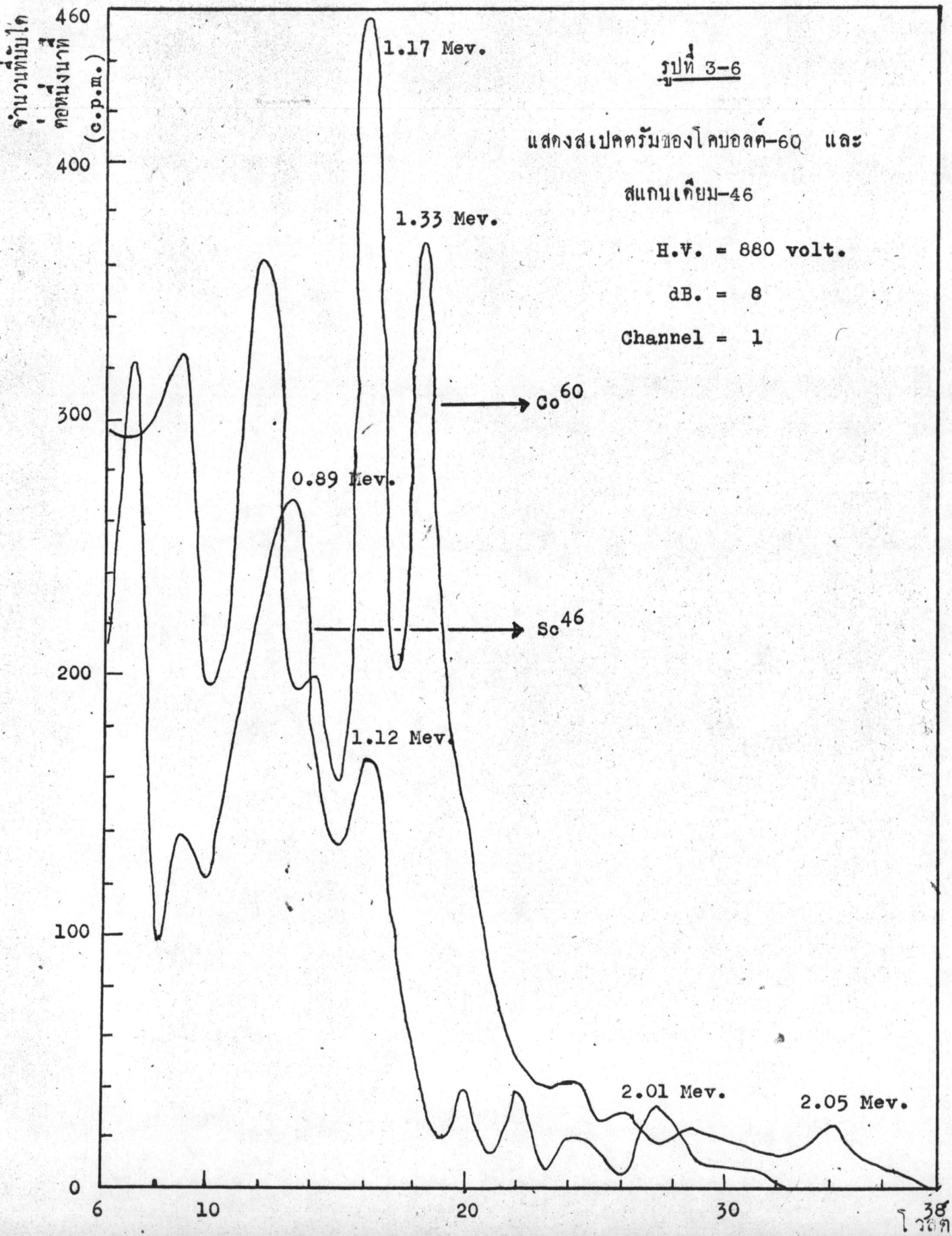
รูปที่ 3-5 แสดงปริมาณนิวตรอนตำแหน่งต่าง ๆ ในท่ออาบรังสี
ในการวิจัยครั้งนี้

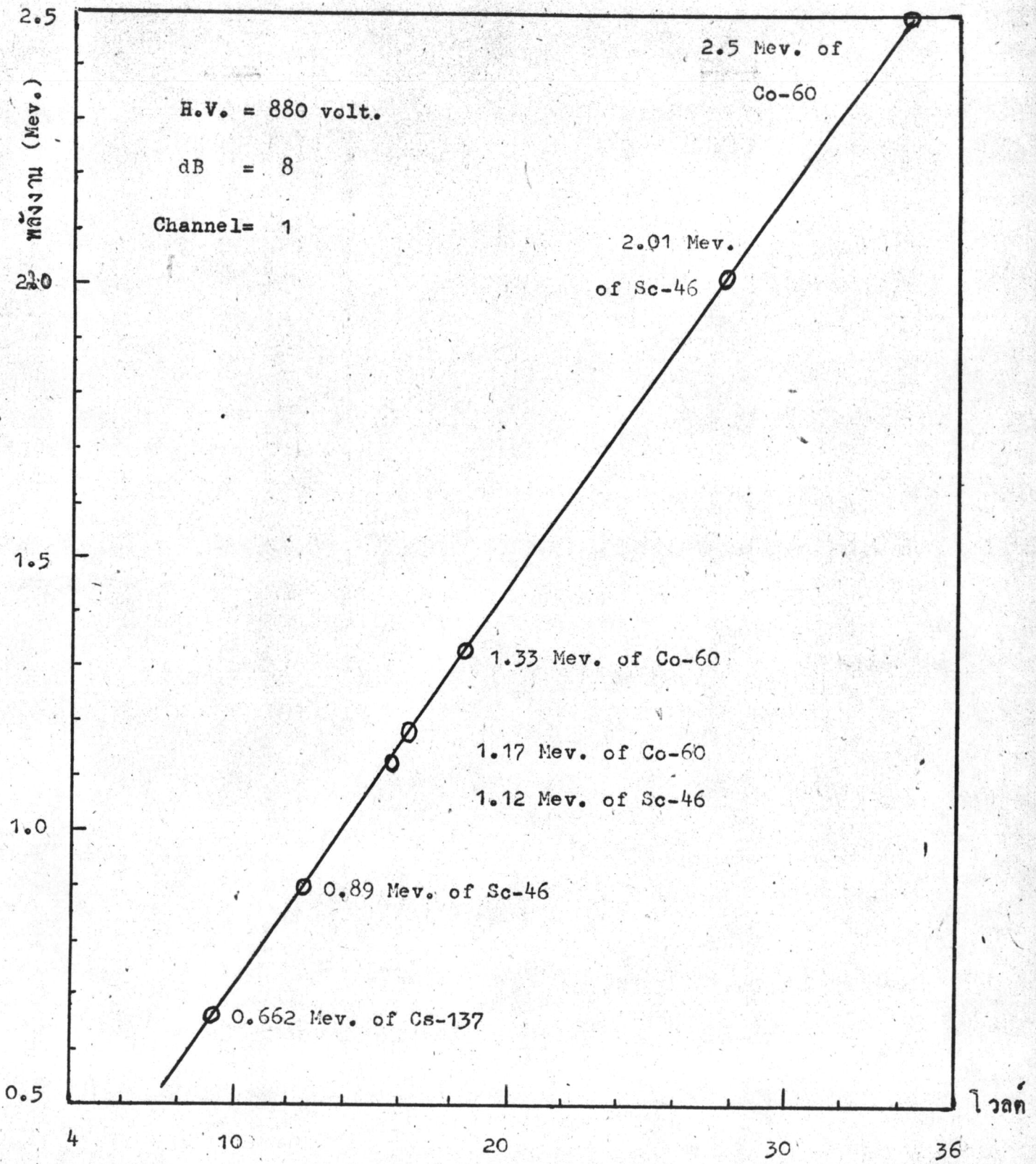
3.4 การเตรียมสารมาตรฐานเพื่อการวิเคราะห์

เนื่องจากมีปริมาณโคบอลต์ในถั่วน้อยมาก คือในปริมาณของหนึ่งส่วนในล้านส่วน (part per million) และปริมาณโคบอลต์มาตรฐานที่อาบนิวตรอนคือ 5 มิลลิกรัมนั้น เมื่อนำไปวัดรังสีจะได้จำนวนนับสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างจึงต้องนำสารมาตรฐานนั้นมาละลายให้เจือจาง โดยใช้กรดไนตริก(HNO_3)เข้มข้นเป็นตัวทำละลาย (solvent)

นำสารมาตรฐานที่อาบนิวตรอนแล้ว 5 มิลลิกรัม ละลายในกรดไนตริกได้ 5 ซี.ซี. ตวงเอา 1 ซี.ซี. เติมน้ำให้เป็น 10 ซี.ซี. ตวงสารละลาย 1 ซี.ซี. ใส่ขวดโปลีเอทธีลีน ซึ่งจะมีปริมาณโคบอลต์ 100 ไมโครกรัม (μgm) ผนึกฝาขวดให้สนิทด้วยความร้อนเพื่อป้องกันการรั่วไหล แล้วนำไปวัดเปรียบเทียบกับสารตัวอย่างในที่นี้เลือกสารมาตรฐานที่อยู่ตรงกึ่งกลางท่ออาบรังสีล่าง

เพื่อขจัดปัญหาเรื่องการรบกวนจากรังสีของเหล็ก สังกะสี และสแกนเดียม จึงต้องตั้ง discriminator ที่โวลต์สูง ๆ


จำนวนที่นับได้ต่อหนึ่งนาที (c.p.m.)
460
400
300
200
100
0
6
10
20
30
38
โวลท์
1.17 Mev.
1.33 Mev.
0.89 Mev.
1.12 Mev.
2.01 Mev.
2.05 Mev.
Co60
Sc46
รูปที่ 3-6
แสดงสเปคตรัมของโคบอลต์-60 และ
สแกนเดียม-46
H.V. = 880 volt.
dB. = 8
Channel = 1



รูปที่ 3-7 แสดงกราฟมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ (calibration curve)

ตารางที่ 3–4 แสดงจำนวนนับใน 10 นาที
ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่าง

4 เม.ย. 17.

สารมาตรฐาน–สารตัวอย่าง	จำนวนนับใน10 นาทีที่ 33 โวลต์	จำนวนนับสุทธิ
No.2	2399	1621
No.3	1121	343
No.4	1528	750
B	778	---
S	47781	47003
No.5	1184	406
No.6	1306	582
No.7	1054	276
No.8	1464	700
No.9	1321	557
No.10	1128	364
B	764	---
S	48328	47564
No.11	4588	3824
No.12	1699	935
No.13	1501	737
No.14	1667	925
No.15	2020	1278
No.17	1618	976
B	742	---
S	47992	47250

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

สารมาตรฐาน-สารตัวอย่าง	จำนวนนับใน10 นาทีที่ 33 โวลต์	จำนวนนับสุทธิ
B	742	---
S	47992	47250
No.18	2164	1422
No.19	1036	294
No.20	2564	1822
No.22	2023	1304
No.23	19655	18936
No.24	1157	438
B	719	---
S	49263	48544
No.25	1039	320
No.26	1387	668
No.27	1517	798
No.28	1157	423
No.29	1950	1216
No.30	936	202
B	734	---
S	47997	47263
No.31	1485	751
No.32	1448	714
No.33	1006	272

5 เม.ย.17

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

สารมาตรฐาน-สารตัวอย่าง	จำนวนนับใน10 นาทีที่ 33 โวลต์	จำนวนนับสุทธิ
No.34	1075	350
No.35	832	107
No.36	894	169
B	725	---
S	45940	45215
No.37	1847	1122
No.38	855	130
No.40	853	128
No.41	998	300
No.43	837	139
No.44	1040	342
B	698	---
S	44705	44007
No.45	883	185
No.46	1320	622
No.47	751	53
No.48	882	148
No.49	1003	269
No.50	1187	453
B	734	---
S	47539	46805

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

สารมาตรฐาน-สารตัวอย่าง	จำนวนนับใน10 นาทีที่ 33 โวลต์	จำนวนนับสุทธิ
B	734	---
S	47539	46805
No.51	1365	631
No.52	1087	353
No.53	855	121
No.54	924	192
No.55	1792	1060
No.56	997	265
B	732	---
S	47847	47115
No.57	854	122
No.58	920	188
No.59	1699	967
No.60	1233	506
No.61	925	198
No.62	1018	291
B	727	---
S	42126	41399
No.63	1115	388
No.64	1469	742
No.65	967	240

9 เม.ย.17