บทที่ 6

การวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน

6.1 การสร้าง Standard nomograph

การสร้าง nomograph มาตรฐานทำโดยนำสารมาตรฐานเทียมที่ทำขึ้นในข้อ 4.4.5 ทั้งหมดมาวัดหาความเข้มรังสี โดยใช้แผ่นกรองดีบุกและแผ่นกรองอินเดียมเป็นตัวกรอง detector ติดต่อกันตามลำดับ และใช้แผ่น plastic 1 แผ่น กัน source ด้วย ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 แล้วนำค่าที่วัดได้นำไปเขียนกราฟเป็น 2 ตอนดังนี้

6.1.1 เขียนกราฟระหว่าง Sn-filter count rate กับ different (Sn - In) count rate (ดังกราฟที่ 9) จะได้กราฟเส้นตรงของแต่ละเปอร์เซนต์ไอโอดีนในส่วนผสม ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซนต์ของ interfering element (สิ่งกะสี) ที่ปนอยู่ในสารตัวอย่าง

6.1.2 จากกราฟที่ 9 ซึ่งมีตัวแปรค่าอยู่ 3 ตัว คือ เปอร์เซนต์ไอโอดีน Sn-filter count rate และ different count rate จะเขียนกราฟใหม่ให้เป็นกราฟระหว่าง เปอร์เซนต์ไอโอดีน กับ different count rate โดยให้ Sn-filter count rate คงที่ไปแต่ละค่า เราทำเช่นนี้ได้โดยการอ่านค่าจากกราฟที่ 9 ได้ค่าออกมาดังแสดงในตารางที่ 10 แล้วนำไปเขียนกราฟที่ 10

กราฟที่ 10 นี้ เป็น nomograph มาตรฐาน เพื่อการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในสารตัวอย่าง unknown sample ต่อไป

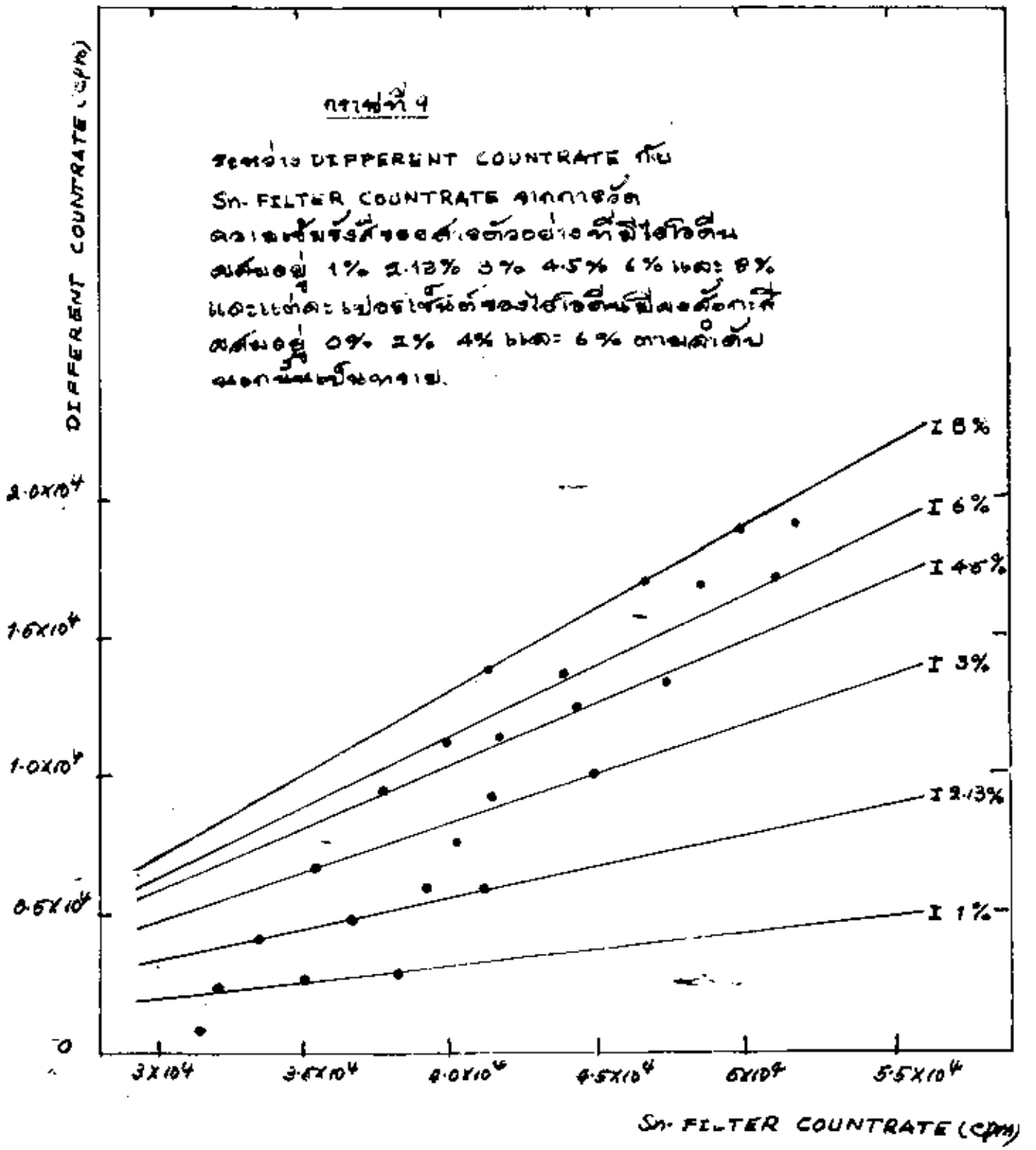
ตารางที่ 9 แสดงจำนวนนับของสารตัวอย่างมาตรฐานเทียบ

ก. จำนวนนับเมื่อใช้แผ่นกรองดีบุก (Sn-filter count rate)

เปอร์เซนต์สังกะสี	เปอร์เซนต์ไอโอดีน และจำนวนนับเป็น cpm					
	1	2.13	3	4.5	6	8
0	39978	42326	45977	48957	52185	53082
2	35956	40207	42189	46240	49292	51847
4	32249	37754	38679	42372	45570	47874
6	32578	34228	36171	38797	40889	41125

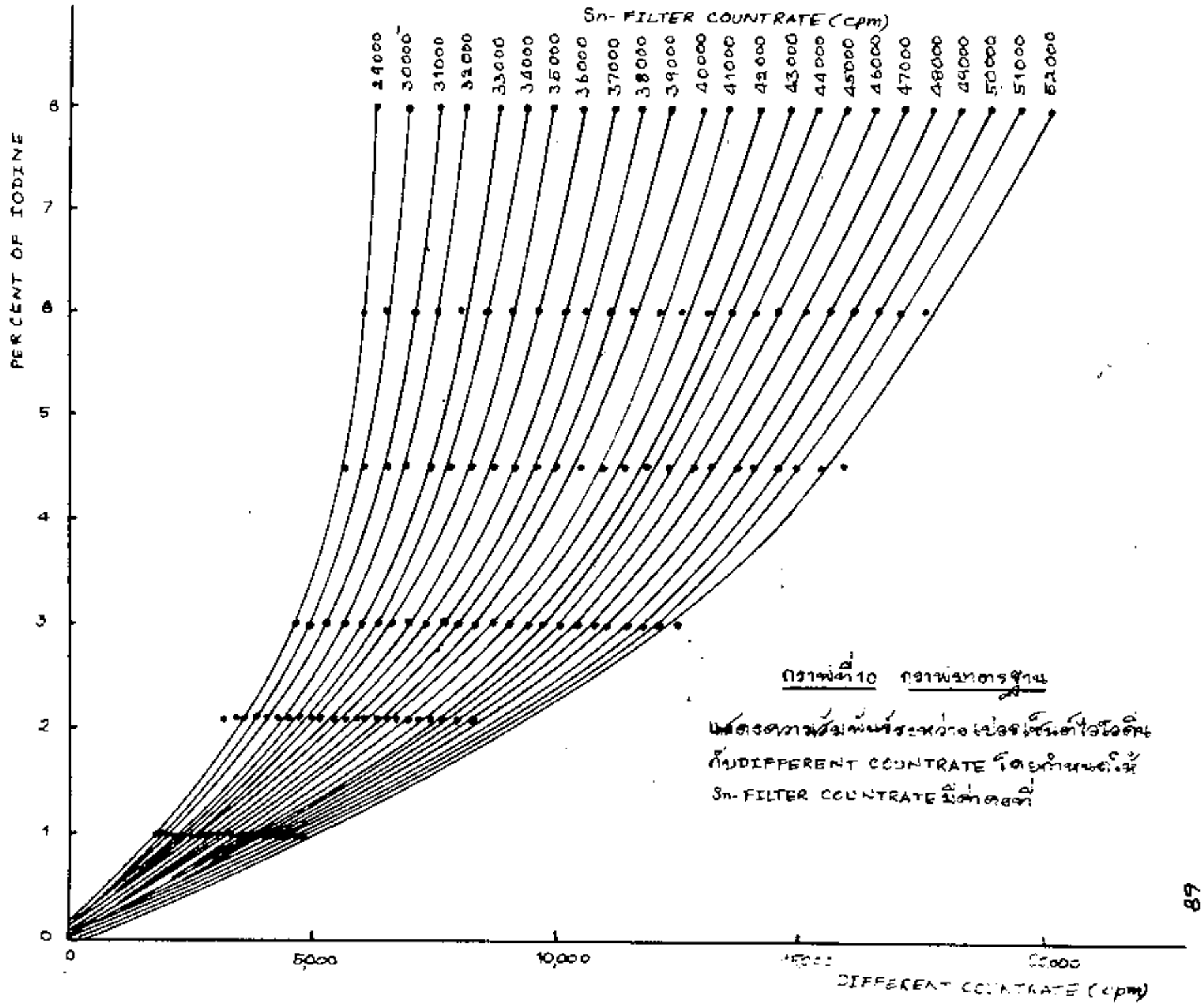
ข. จำนวนนับของ different count rate ของสารตัวอย่าง

เปอร์เซนต์สังกะสี	เปอร์เซนต์ไอโอดีน และจำนวนนับเป็น cpm					
	1	2.13	3	4.5	6	8
0	3037	6987	10938	14116	18023	19511
2	2175	6520	8278	13609	17295	20087
4	1744	5333	6794	11616	15462	17778
6	1235	4456	6890	10136	12139	13434


กราฟที่ 4
ความสัมพันธ์ระหว่าง DIFFERENT COUNTRATE กับ
Sn-FILTER COUNTRATE ของการวัด
ความเข้มรังสีของตัวอย่างที่มีไอโอดีน
ผสมอยู่ 1% 2.13% 3% 4.5% 6% และ 8%
และความสัมพันธ์ของไอโอดีนที่ผสมอยู่กับสี
ผสมอยู่ 0% 2% 4% และ 6% ตามลำดับ
ของการผสมในการทดลอง
DIFFERENT COUNTRATE (cpm)
I 8%
I 6%
I 4.5%
I 3%
I 2.13%
I 1%
2.0X10⁴
1.6X10⁴
1.0X10⁴
0.5X10⁴
0
3X10⁴
3.5X10⁴
4.0X10⁴
4.5X10⁴
6X10⁴
5.5X10⁴
Sn-FILTER COUNTRATE (cpm)

ตารางที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Different count rate กับเปอร์เซนต์ไอโอดีน โดยให้ Sn-count rate คงที่

Sn-count rate cpm	Different count (cpm) กับเปอร์เซนต์ไอโอดีน					
	1	2.13	3	4.5	6	8
29000	1800	3100	4600	5600	6050	
30000	1900	3350	4900	6000	6550	7000
31000	2000	3550	5250	6500	7100	7600
32000	2100	3800	5600	6900	7550	8200
33000	2300	4000	5950	7400	8050	8800
34000	2400	4200	6300	7800	8600	9400
35000	2550	4450	6650	8250	9100	10000
36000	2600	4700	6950	8700	9600	10600
37000	2800	4900	7300	9150	10100	11200
38000	2900	5100	7650	9600	10600	11750
39000	3000	5350	8000	10000	11100	12350
40000	3200	5550	8350	10500	11550	13000
41000	3300	5800	8700	10950	12100	13550
42000	3400	6000	9000	11400	12600	14200
43000	3500	6250	9400	11850	13100	14800
44000	3600	6450	9750	12300	13600	15400
45000	3800	6700	10100	12750	14100	16000
46000	3900	6950	10400	13200	14600	16600
47000	4000	7150	10750	13650	15100	17200
48000	4100	7350	11100	14050	15600	17800
49000	4200	7600	11450	14500	16100	18400
50000	4300	7800	11800	14950	16600	19000
51000	4500	8000	12100	15400	17100	19600
52000	4600	8250	12500	15850	17600	20200



กราฟที่ 10 กราฟมาตรฐาน

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไอโอดีน
กับDIFFERENT COUNTRATE โดยกำหนดค่า
Sn-FILTER COUNTRATE มีค่าคงที่

6.1.3 ได้ทำการทดลองใหม่โดยไม่ใช้แผ่นพลาสติก (หนาประมาณ 2 มม.) ปิดกั้นปากหีบตะกั่วใส่ source (ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อตัดรังสีเบต้า 61 kev ; ออกจาก source) การที่ไม่ใช้แผ่นพลาสติกนี้โดย ถือว่าขวดพลาสติกที่บรรจุสารตัวอย่างมีความหนาพอที่จะดูดกลืนรังสีเบต้านี้ได้ ในขณะเดียวกันที่ระยะจาก source ถึงสารตัวอย่าง และถึง detector ก็มีระยะห่างพอสมควร นอกจากนั้นหน้าต่างของ detector ยังมีแผ่นกรองปิดอยู่อีกด้วย ผลการวัดได้แสดงในตารางที่ 11 กราฟที่ 10 ตารางที่ 12 และได้ nomograph มาตรฐานในกราฟที่ 11 ตามลำดับ

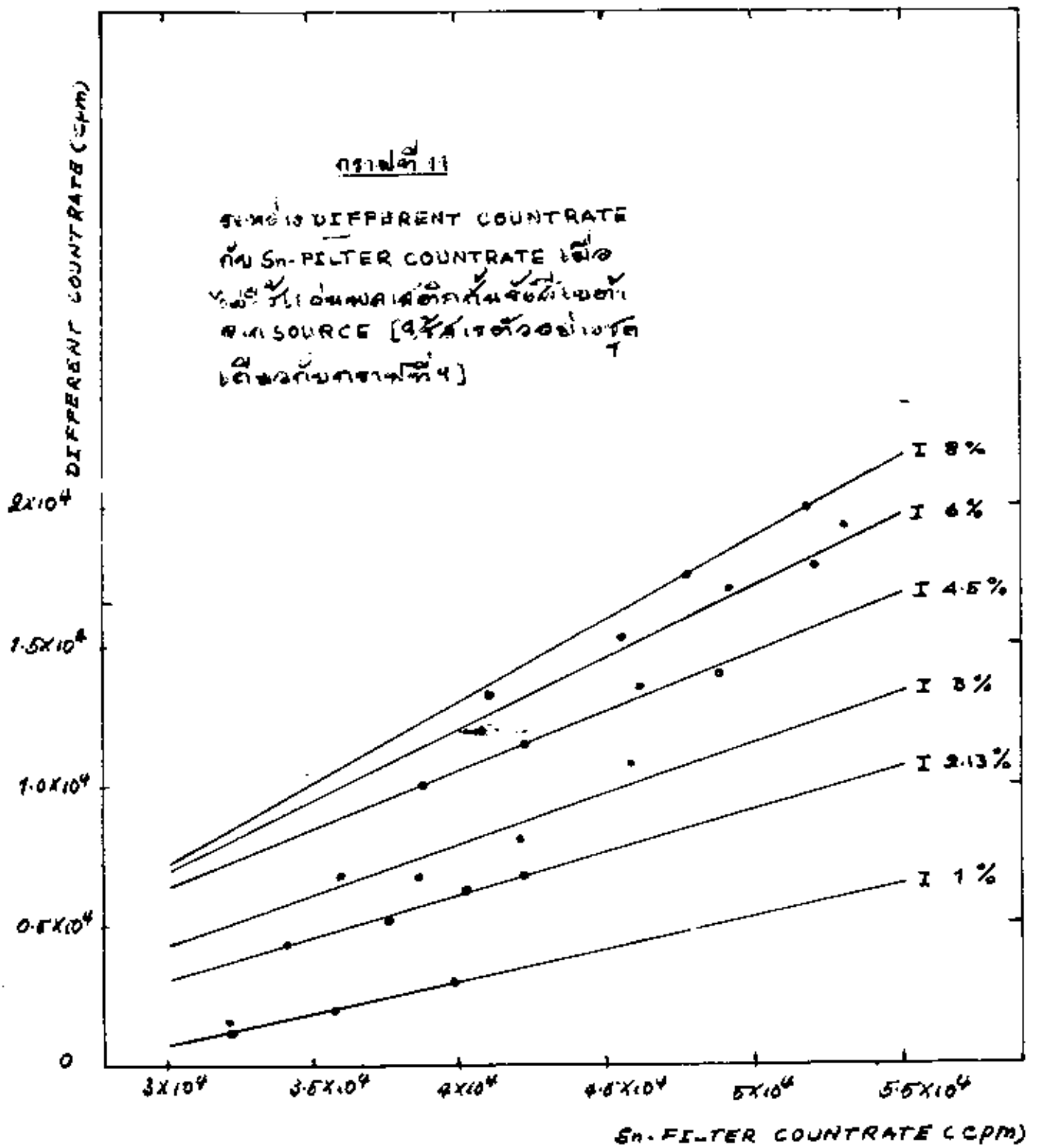
ตารางที่ 11 การวิเคราะห์เมื่อไม่ใช้แผ่นพลาสติกกั้นรังสีเบต้า

ก. จำนวนนับเมื่อใช้แผ่นกรองดีบุก (Sn-filter, cpm)

เปอร์เซนต์สังกะสี	เปอร์เซนต์ไอโอดีน และ จำนวนนับเป็น cpm					
	1	2.13	3	4.5	6	8
0	39241	41292	45003	47419	51106	51765
2	35082	39202	41576	44595	48750	49913
4	32050	36648	37638	41808	44046	46744
6	31585	35429	35573	37813	40287	41479

ข. จำนวนนับของ Different count rate ของสารตัวอย่าง

เปอร์เซนต์สังกะสี	เปอร์เซนต์ไอโอดีน และ จำนวนนับเป็น cpm					
	1	2.13	3	4.5	6	8
0	2721	5907	10082	13301	17257	19146
2	2664	5902	9313	12530	17014	19044
4	2392	4847	6587	11411	13773	17176
6	881	4155	6840	9561	11247	13983

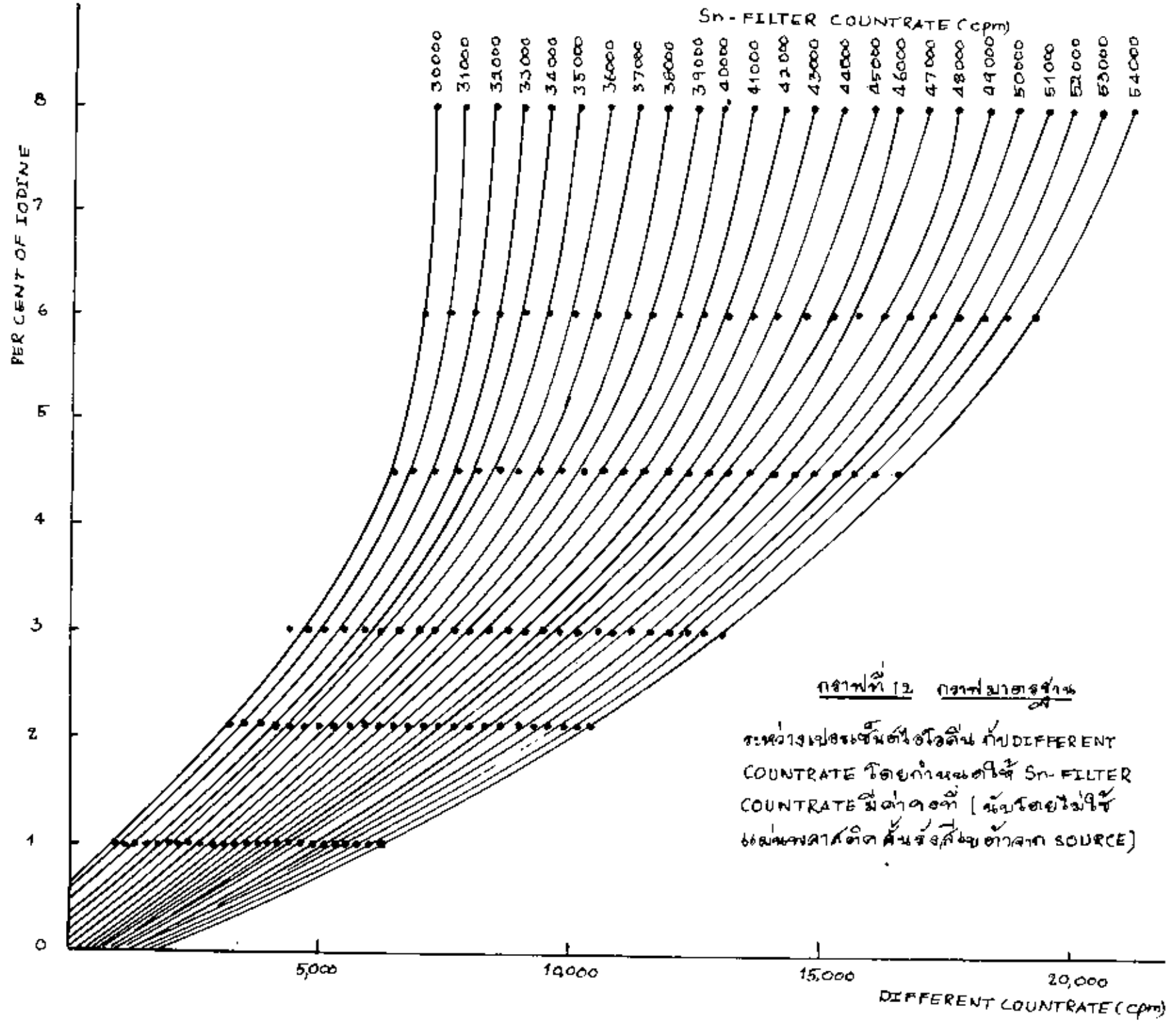


กราฟที่ 11

ความสัมพันธ์ระหว่าง DIFFERENT COUNTRATE กับ Sn-FILTER COUNTRATE เมื่อความหนาของแผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ดูดกลืนรังสีบีตาจาก SOURCE [ดูรายละเอียดของแผ่นอลูมิเนียมได้จากตารางที่ 4]

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Different count rate กับเปอร์เซนต์ไอโอดีน เมื่อให้ Sn-filter count rate คงที่

Sn-cout rate(cpm)	Different count rate (cpm) เปอร์เซนต์ไอโอดีน					
	1	2.13	3	4.5	6	8
30000	800	3100	4300	6400	7000	7200
31000	1000	3400	4700	6800	7500	7800
32000	1200	3750	5000	7200	8000	8400
33000	1400	4000	5400	7700	8500	9000
34000	1650	4300	5800	8100	9000	9500
35000	1900	4600	6100	8500	9500	10100
36000	2100	4900	6500	8900	10000	10700
37000	2300	5200	6900	9300	10500	11300
38000	2500	5500	7200	9800	11100	11900
39000	2800	5800	7600	10200	11600	12500
40000	3000	6100	7900	10600	12100	13000
41000	3200	6400	8300	11000	12600	13600
42000	3450	6700	8700	11400	13100	14200
43000	3700	7000	9000	11900	13600	14800
44000	3900	7300	9400	12300	14100	15400
45000	4100	7600	9700	12700	14700	16000
46000	4400	7900	10100	13100	15200	16500
47000	4600	8200	10500	13500	15700	17100
48000	4800	8550	10800	14000	16200	17700
49000	5050	8900	11200	14400	16700	18300
50000	5150	9200	11600	14800	17200	18900
51000	5500	9500	11900	15200	17700	19500
52000	5705	9800	12300	15600	18200	20000
53000	5900	10100	12600	16000	18700	20600
54000	6200	10400	13000	16500	19200	21200



กราฟที่ 12 กราฟมาตรฐาน

ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไอโอดีน กับ DIFFERENT COUNTRATE โดยกำหนดค่าใช้ Sn-FILTER COUNTRATE มีค่าต่างๆกัน (ส่วนโดยไม่ใช้แผ่นพลาสติกสีน้ำเงินกั้นรังสีบางส่วนจาก SOURCE)

6.2 การวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน จาก unknown samples

นำสารตัวอย่างที่ไม่ทราบค่าเปอร์เซนต์ไอโอดีนดังที่ได้เตรียมไว้ในข้อ 4.4.6 ทั้งชุด ก. ชุด ข. และชุด ค. มาวัดหาความเข้มรังสี โดยใช้แผ่นกรองดิบุก และอินเดียม ตามลำดับ

การวัดรังสีทำเป็น 2 ตอน เหมือนตอนสร้าง nomograph มาตรฐาน คือ วัดโดยใช้แผ่นพลาสติกกันรังสีเบต้าจาก source และโดยไม่ใช้แผ่นพลาสติกกัน (โดยพิจารณาว่าไม่จำเป็น) ได้ผลออกมาดังนี้ตกในตารางที่ 13 และตารางที่ 14 ดังนี้

ตารางที่ 13 จำนวนนับความเข้มรังสีของ unknown sample เมื่อใช้แผ่นพลาสติกกั้นรังสีเบต้าจาก source

ประเภทของ unknown sample	เปอร์เซ็นต์ไอโอดีน	% interfering element	Sn-filter count rate (cpm)	different count rate (cpm)
(1) ไอโอดีนผสมอยู่ในผงสังกะสีและผงถ่าน	4.5	8.75	34390	9615
	4.5	22	27537	6975
	4.5	46	20358	3531
(2) ไอโอดีนผสมอยู่ในผงเหล็กและทราย	4.5	2	45421	14857
	4.5	4	41993	11168
	4.5	6	40566	11320
(3) ไอโอดีนผสมอยู่ในเม็ดทองแดงและทราย	4.5	2	44909	12614
	4.5	4	42287	11425
	4.5	6	39523	9542

ตารางที่ 14 จำนวนนับความเข้มรังสีของ unknown sample เมื่อไม่ใช้แผ่นพลาสติกกันรังสีเบต้า จาก source

ประเภทของ unknown sample	เปอร์เซ็นต์ไอโอดีน	% inter-fering element	Sn-filter count : (cpm)	Differ-ent count (cpm)
(1) ไอโอดีนผสมอยู่ในทองแดงและทราย	4.5	2	45533	13030
	4.5	4	42886	11983
	4.5	6	40998	10626
(2) ไอโอดีนผสมอยู่ในเหล็กและทราย	4.5	2	40612	13100
	4.5	4	42430	11610
	4.5	6	40657	11548

6.3 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ ใน unknown sample

เมื่อนำจำนวนนับความเข้มรังสีที่ได้จากตารางที่ 11 และตารางที่ 12 ไปใช้กับกราฟมาตรฐานที่ 10 และกราฟมาตรฐานที่ 12 เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ไอโอดีน (ซึ่งผสมลงไป 4.5 %) ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 15 และ 16 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซนต์ไอโอดีน โดยใช้กราฟมาตรฐาน ที่ 10

ประเภทของ unknown sample	% inter-fering element	% ไอโอดีนที่แท้จริง	% ไอโอดีนที่อ่านได้	% ผิดพลาด
(1) ไอโอดีนผสมอยู่ในผงถ่าน และผงสังกะสี	8.75	4.5	8	3.5
	22	4.5	อ่านไม่ได้	-
	46	4.5	อ่านไม่ได้	-
(2) ไอโอดีนผสมอยู่ในทราย และผงเหล็ก	2	4.5	6.5	2.0
	4	4.5	4.45	0.05
	6	4.5	5.15	0.65
(3) ไอโอดีนผสมอยู่ในทรายและผงสังกะสี	2	4.5	4.75	0.25
	4	4.5	4.50	0.00
	6	4.5	4.0	0.5

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ไอโอดีน จากกราฟมาตรฐานที่ 12

ประเภทของ unknown sample	เปอร์เซนต์ interfering element	% ไอโอดีนที่แท้จริง	% ไอโอดีนที่อ่านได้	ค่าผิดพลาด
(1) ไอโอดีนผสมอยู่ในทราย และผงเหล็ก	2	4.5	4.50	0.00
	4	4.5	4.50	0.00
	6	4.5	5.0	0.5
(2) ไอโอดีนผสมอยู่ในทราย และเม็ดทองแดง	2	4.5	4.55	0.05
	4	4.5	4.45	0.05
	6	4.5	4.35	0.15

6.4 สรุปผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ทั้งสองชุด คือ ชุดที่มีแผ่นพลาสติกกั้นรังสีเบต้าจาก source (ดังตารางที่ 13) และชุดที่ไม่ใช้พลาสติกกั้นรังสีเบต้าจาก source (ดังตารางที่ 14 นั้น อาจนำมาสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

6.4.1 สิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรกก็คือ ลักษณะส่วนผสมของสารตัวอย่างมาตรฐาน ที่ใช้ทำกราฟมาตรฐาน และ unknown sample ที่นำมาวิเคราะห์หาเปอร์เซนต์ไอโอดีน ในการเตรียมสารตัวอย่างทั้ง 2 ประเภทนี้ ได้ใช้ธาตุที่กำหนดให้เป็น interfering element ต่างกันดังนี้

ก. สารตัวอย่างมาตรฐาน ที่ใช้ทราย (Si; Z = 14) และใช้ผงสังกะสี (Z = 30) เป็น interfering elements

ข. unknown sample ใช้ ทราย (Si, Z = 14) ผงถ่าน (Z = 6) ผงเหล็ก (Z = 26) ผงสังกะสี (Z = 30) และผงทองแดง (Z = 29) เป็น interfering element.

ซึ่งจะเห็นลักษณะที่สำคัญของการวิเคราะห์ครั้งนี้ประการหนึ่งว่า ส่วนผสมของสารตัวอย่างมาตรฐาน กับของ unknown sample นั้นไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็นจุดประสงค์ที่สำคัญที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไอโอดีนซึ่งอยู่ในส่วนผสมที่ไม่เหมือนกัน

6.4.2 สิ่งที่ควรพิจารณาในอันดับต่อไปก็คือ การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้สารตัวอย่างเทียมที่สร้างขึ้น ทั้งที่ใช้เป็นสารตัวอย่างมาตรฐาน และใช้เป็น unknown sample โดยมิได้ใช้สารตัวอย่างจากธรรมชาติเลย นอกจากนั้น การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ไม่ได้ใช้วิธีเคมีเป็นมาตรฐาน หากแต่ใช้ไอโอดีนที่ทราบปริมาณแล้วป่นลงไปในส่วนผสมอื่น ๆ เป็น unknown sample.

6.4.3 การวิเคราะห์ครั้งนี้ไม่สามารถทำได้โดยตรงจาก different count rate ทั้งนี้เพราะเปอร์เซนต์ของ interfering element ในส่วนผสมไม่เท่ากัน ซึ่งนอกจากจะมีเปอร์เซนต์ไม่เท่ากันแล้ว ยังเป็นธาตุคนละชนิดอีกด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสร้างกราฟมาตรฐานขึ้นดังกราฟที่ 10 และกราฟที่ 12. ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง 3 ตัว คือ Sn-filter count rate และ different count rate ที่วัดได้ กับเปอร์เซนต์ไอโอดีนในสารตัวอย่าง ซึ่งเป็นตัวแปรที่ต้องการหาค่า การใช้ตัวแปรค่าทั้ง 3 นี้ย่อมได้ผลดีกว่าการใช้ตัวแปรต่างเพียง 2 ตัว คือ different count rate และเปอร์เซนต์ไอโอดีนเท่านั้น

6.4.4 ในการทำสารตัวอย่างมาตรฐานนั้น ใช้สังกะสีเป็น interfering element และผสมลงไปเป็นเปอร์เซนต์ 0% 2% 4% และ 5% ในแต่ละเปอร์เซนต์ของไอโอดีนในส่วนผสมตามลำดับ. ดังนั้นในแต่ละเปอร์เซนต์ของไอโอดีน จึงมีสารตัวอย่างเพียง 4 อันเท่านั้น และการมีจำนวนสารตัวอย่างน้อยนี้เองเป็นข้อบกพร่องที่สำคัญประการหนึ่งที่เมื่อนำไปเขียนกราฟระหว่าง Sn-filter count rate กับ Different count rate ของแต่ละเปอร์เซนต์ของไอโอดีน ทำให้มีจุดที่จะลากเส้นกราฟเพียง 4 จุดเท่านั้น (ดังกราฟที่ 9 และกราฟที่ 11) การที่มีจุดน้อยทำให้โอกาสที่จะลากเส้นผิดมีมาก และความผิดพลาดตอนนี้ทำให้การอ่านค่าเพื่อนำไปเขียนกราฟมาตรฐาน (ดังกราฟที่ 10 และกราฟที่ 12) ผิดพลาดไปด้วย และความผิดพลาดนี้มีผลโดยตรงต่อผลการวิเคราะห์.

6.4.5 ในการวิเคราะห์ unknown sample ที่ใช้ไอโอดีนผสมอยู่ในยางถ่าน และใช้ยางสังกะสีเป็น interfering element นั้นไม่ได้ผล เพราะในส่วนผสมมีเปอร์เซนต์สังกะสีมากเกินไป คือ 8.75% 22% และ 46% ทำให้ได้ count rate ของ Sn-filter และ Sn-In filter ต่ำเกินไปจนไม่อาจนำไปใช้ได้กับค่าในกราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้นได้ การที่มีเปอร์เซนต์

ของสังกะสีมากเกินไปนั้นเป็นเพราะ ผงถ่านมีน้ำหนักเบามาก เพื่อที่จะเตรียมสาร unknown sample ให้ได้น้ำหนักรวม 20 กรัม จึงต้องเติมผงถ่านจนเต็มขวดหรือเกือบเต็มขวด (หนาประมาณ 6 ซม.) ก็ยังได้น้ำหนักรวมไม่ถึง 20 กรัม ดังนั้น จึงต้องเติมผงสังกะสีลงไปมากเพื่อให้ได้น้ำหนักรวม 20 กรัม.

6.4.6 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 ชุด คือชุดที่ใช้แผ่นพลาสติกกันรังสีเบต้า และชุดที่ไม่ใช้ ปรากฏว่า ผลของชุดที่ไม่ใช้แผ่นพลาสติกกันได้ผลดีกว่า เปอร์เซนต์ไอโอดีนที่อ่านได้มีลักษณะสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม ผลที่ปรากฏออกมาเช่นนี้ก็ไม่มีข้อยืนยันว่าเป็นผลมาจากแผ่นพลาสติกแต่อย่างใด.

6.4.7 การวิเคราะห์โดยวิธีนี้มีข้อดีและมีจุดลักษณะที่สำคัญ 3 ประการ คือ

ก. กราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ได้เสมอ ถึงแม้ว่าธาตุที่เป็นส่วนผสมใน unknown sample จะไม่เหมือนกันก็ตาม

ข. ใช้วิเคราะห์ได้ผลดี โดยไม่ต้องคำนึงถึงเปอร์เซนต์ของ interfering element ที่มีอยู่ในส่วนผสม

การที่สามารถลดหรือกำจัดอิทธิพลของ interfering element ออกไปได้ นับเป็นความก้าวหน้าอย่างสำคัญในเทคนิคของการวิเคราะห์โดยการเรืองรังสีเอกซ ควบคู่กับ Differential filters

ค. นอกจากจะเป็นวิธีที่ถูกประหยัด และไม่เป็นอันตราย (nondestructive) แล้ว ยังสามารถทำการวิเคราะห์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็วด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์ทางเคมี เพราะวิธีเคมีธรรมดานั้นถึงแม้จะวิเคราะห์ได้ละเอียดมากแต่ก็ทำได้ช้า และไม่เหมาะในงานสำรวจ

ดังนั้นสำหรับงานบางประเภทที่ต้องการผลการวิเคราะห์อย่างรวดเร็ว และไม่ต้องการผลที่ละเอียดมากนัก เช่นงานสำรวจในสนามแล้วจะเห็นว่า วิธีการเรื่องรังสีเอกซ์มีความเหมาะสมกว่าเป็นอันมาก.