การวัดรังสีแอลฟาจากพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเล ด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน

นางสาวเนาวรัตน์ วัฒนไชย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2537
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ISBN 974-584-712-7

I17250328

ALPHA RADIATION MEASUREMENT FROM POLONIUM-210 IN SEA FOOD SAMPLES USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER

MISS NAWARAT WATTHANACHAI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Nuclear Technology
Graduate School
Chulalongkorn University
1994

ISBN 974-584-712-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวัดรังสีแอลฟาจากพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเล ด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน
โดย	นางสาวเนาวรัตน์ วัฒนไชย
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายมานิตย์ ช้อนสุข

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายมานิตย์ ช้อนสุข)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เนาวรัตน์ วัฒนไชย : การวัดรังสีแอลฟาจากพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเลด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน (ALPHA RADIATION MEASUREMENT FROM POLONIUM-210 IN SEA FOOD SAMPLES USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER)
อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายมานิตย์ ช้อนสุข, 58 หน้า.
ISBN 974-584-712-7

ศึกษาการเตรียม cocktail ที่เหมาะสมสำหรับการวัดรังสีแอลฟาด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน โดยใช้ extractive scintillator เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดรังสีแอลฟาจากพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเล ได้ cocktail ที่ประกอบด้วยตัวสกัด คือ Tri-n-octylphosphine oxide ที่ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ สารเรืองแสง คือ Butyl-PBD เข้มข้น 8 กรัมต่อลิตร และตัวทำละลายคือ Toluene โดยมีประสิทธิภาพในการสกัดและวัดรังสีแอลฟา 85.16 ± 4.59 เปอร์เซนต์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวัดรังสีแอลฟาจากพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเล พบว่าต้องสกัดตัวอย่างด้วย extractive scintillator ในเงื่อนไขของกรดไฮโดรโบรมิกเข้มข้น 0.1 โมลาร์ แล้วสกัดกลับด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.3 โมลาร์ เมื่อนำมาวัดรังสีแอลฟาด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน ปรากฏว่าได้ค่าใกล้เคียงกับการวัดรังสีแอลฟาโดยใช้เครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C216921 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY
KEY WORD: POLONIUM-210 / EXTRACTIVE SCINTILLATOR / ALPHA LIQUID SCINTILLATION COUNTER
NAWARAT WATTHANACHAI : ALPHA RADIATION MEASUREMENT FROM POLONIUM-210 IN SEA FOOD SAMPLES USING A LIQUID SCINTILLATION COUNTER. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHYAGRIT SIRIUPATHUM, THESIS CO-ADVISOR : MANIT SONSUK. 58 PP. ISBN 974-584-712-7

The object of this work is to develope the process for cocktail formulation and the measurement of α-radiation from Po-210 in sea food by liquid scintillation spectrometer using extractive scintillator. The optimum cocktail formula was composed of 0.2 M tri-n-octylphosphine oxide as extractant,using 8 g/l of butyl-PBD in toluene as scintillator. The chemical yield of the whole process was 85.16 $\pm$ 4.59%. When applying the developed process for the determination of Po-210 in sea food samples, it was observed that the addition of 0.1 M HBr during the extraction followed by stripping with 0.3 M H_2SO_4 enhanced the chemical yield of the process. The activity of the extracted solutions were found to be in accordance with those results from direct α-spectrophotometric method.

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2536 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ หัวหน้าภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ คุณมานิตย์ ช้อนสุข สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านทั้งสองได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของงานวิจัยมาด้วยดีตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณดุษฎี ทันดวิวัฒนานนท์ กองสุขภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับการวัดรังสีโดยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณสิรินาฏ เลาหะโรจนพันธ์ กองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของงานวิจัยมาด้วยดีตลอด

ขอขอบคุณ คุณสายหยุด การะเกตุ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความช่วยเหลือการพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฎ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
ขอบเขตของการวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

2 ทฤษฎี 4
ธาตุพอโลเนียม 4
1. ไอโซโทปของพอโลเนียม 4
2. โลหะพอโลเนียม 6
3. เลขออกซิเดชันของพอโลเนียม 7
4. เกลือของพอโลเนียม 8
1. ประเภทของเกลือที่สามารถละลายน้ำ 8
2. ประเภทของเกลือที่ไม่สามารถละลายน้ำ 8
5. การแยกพอโลเนียม 8
1. การแยกโดยสกัดด้วยตัวทำละลาย 8
2. การแยกโดยวิธีการแลกเปลี่ยนอิออน 8
3. การแยกโดยเทคนิคการระเหิด 9
4. การแยกโดยวิธีเกาะติดด้วยตัวเองและเกาะติดด้วยไฟฟ้า 9

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เครื่องนับรังสีแบบลิควิดซินทิลเลชัน 9
1. ปฏิกิริยาการถ่ายทอดพลังงาน 10
2. ตัวทำละลาย 12
3. สารเรืองแสง 14
4. เควนชิง 15
1. เคมีคัลเควนชิง 15
2. คัลเลอร์เควนชิง 15
3. ออปติคัลเควนชิง 15
5. การวัดรังสีแอลฟาด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน 16
6. การวิเคราะห์โดยใช้รูปร่างของพัลส์ 16
การสกัดด้วยตัวทำละลาย 18
1. การสกัดแบบแบทช์ 18
2. เทคนิคในการทำให้การสกัดได้ผลดี 19
3. ประสิทธิภาพของการแยกตัวถูกละลายจากสารผสม 19

3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย 21
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 21
1. สารรังสี 21
2. สารเรืองแสง 21
3. สารเคมีทั่วไป 21
อุปกรณ์และเครื่องมือ 21
การเตรียมสารละลาย 22
ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย 23
1. ศึกษาผลของปริมาณสารเรืองแสงปฐมภูมิ
ต่อประสิทธิภาพการนับรังสีโดยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน 23
1.1 กรณีของ Butyl-PBD 23
1.2 กรณีของ PPO 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2. ศึกษาผลของปริมาณสารเรืองแสงทุติยภูมิ
ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี 24
2.1 เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น Butyl-PBD 24
2.2 เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น POP 24
3. ศึกษาผลของปริมาณ TOPO ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี 25
4. ศึกษาอิทธิพลต่าง ๆ ของกรดและความเข้มข้นของกรด
ที่มีต่อการสกัดและการนับรังสีของพอโลเนียม 26
5. ศึกษาผลของกรดไฮโดรโบรมิกต่อการสกัดยูเรเนียม 26
6. ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก
ในการสกัดกลับ (Strip) ยูเรเนียม 27
7. ศึกษาประสิทธิภาพในการวัดรังสีแอลฟา
ด้วยเครื่องลิควิดซิลทิลเลชัน เมื่อใช้ extractive
scintillator 27
8. การหาปริมาณของพอโลเนียม-210 จากตัวอย่างอาหารทะเล 29
9. การเตรียมตัวอย่างอาหารทะเล 30
10. การย่อยตัวอย่างอาหารทะเล 30
11. การสกัดและนับรังสีแอลฟาของพอโลเนียม-210 จากตัวอย่าง
อาหารทะเล 30

4 ผลการวิจัย 32
ผลของปริมาณสารเรืองแสงปฐมภูมิต่อประสิทธิภาพการนับรังสี
โดยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน 32
ผลของปริมาณสารเรืองแสงทุติยภูมิ ต่อประสิทธิภาพ
การนับรังสี 34
ผลของปริมาณ TOPO ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี 38

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลของอิทธิพลต่าง ๆ ของกรดและความเข้มข้นของกรด
ที่มีต่อการสกัดและการนับรังสีของพอโลเนียม 40
ผลของกรดไฮโดรโบรมิกต่อการสกัดยูเรเนียม 42
ผลของความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกในการสกัดกลับยูเรเนียม 43
ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดและวัดรังสี
ด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน เมื่อใช้ extractive scintillator 45
ผลการหาปริมาณพอโลเนียม–210 จากตัวอย่างอาหารทะเล 46
การหาขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดรังสี 48

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 49
สรุปผลการวิจัย 49
ข้อเสนอแนะ 49

รายการอ้างอิง 51
ภาคผนวก 54
ประวัติผู้เขียน 58

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1	ไอโซโทปของพอโลเนียม	4
2	สมบัติทางกายภาพของโลหะพอโลเนียม	7
3	แสดงชนิดของตัวทำละลายและประสิทธิภาพในการวัด	13
4	ผลของ Butyl-PBD ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี	32
5	ผลของ PPO ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี	33
6	ผลของ naphthalene ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น Butyl-PBD	34
7	ผลของ POPOP ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น Butyl-PBD	35
8	ผลของ naphthalene ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น PPO	36
9	ผลของ POPOP ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น PPO	36
10	ผลของปริมาณ TOPO ต่อประสิทธิภาพการนับรังสี	38
11	แสดงอิทธิพลของกรดและความเข้มข้นของกรดที่มีต่อการสกัดพอโลเนียม	40
12	ผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรโบรมิกต่อการสกัดยูเรเนียม	42
13	ผลของความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกในการสกัดกลับยูเรเนียม	43
14	ประสิทธิภาพในการสกัดและวัดรังสีแอลฟาด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน เมื่อใช้ extractive scintillator	45
15	ปริมาณพอโลเนียม-210 จากตัวอย่างอาหารทะเลบริเวณอ่าวไทย ปี ค.ศ.1993 โดยการนับรังสีด้วยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน	46
16	แสดงปริมาณพอโลเนียม-210 ในตัวอย่างอาหารทะเลบริเวณอ่าวไทย ปี ค.ศ.1991 โดยการนับรังสีด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตมิเตอร์	47

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่		
1	การสลายตัวของอนุกรมยูเรเนียม–238 ในธรรมชาติ	1
2	แสดงกระบวนการเรืองแสง	11
3	แสดงแผนภาพของเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน	11
4	แสดงสูตรโครงสร้างของสารเรืองแสงปฐมภูมิบางตัว	14
5	แสดงสูตรโครงสร้างของสารเรืองแสงทุติยภูมิบางตัว	15
6	แสดง pulse shape ^{241} Am (α) และ ^{90} Sr/ ^{90} Y (β) ใน Optiphase Hisafe 2 จากเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน Wallac 1411	17
7	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารเรืองแสง Butyl–PBD และ PPO กับประสิทธิภาพการนับรังสี	33
8	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ naphthalene และประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น Butyl–PBD และ PPO	37
9	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ POPOP และประสิทธิภาพการนับรังสี เมื่อสารเรืองแสงปฐมภูมิเป็น Butyl–PBD และ PPO	37
10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของตัวสกัด TOPO และประสิทธิภาพการนับรังสี	39
11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสกัดพอโลเนียม และค่าการนับรังสี	41
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดไฮโดรโบรมิก ในการสกัดยูเรเนียม–232 และเปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียม	42
13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกและ เปอร์เซนต์การสกัดกลับของยูเรเนียม	44
14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า dpm และ cpm ของตัวอย่างปลาทูนา	55
15	แสดงสเปกตรัมของแอลฟาจากพอโลเนียม–210 โดยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน	56
16	แสดงสเปกตรัมของแอลฟาจากยูเรเนียม–232 โดยเครื่องลิควิดซินทิลเลชัน	57

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

$^{\circ}$ C	=	degree celcius
cpm	=	count per minute
dpm	=	disintegration per minute
g	=	gram
keV	=	Kiloelectron volt
M	=	Molar
MeV	=	milliequivalent
ml	=	milliliter
µl	=	microliter
%	=	percent
kg	=	kilogram
Bq	=	Becquerel
wt	=	weight