

รายการอ้างอิง

1. David Bodansky, Maurice A. Robkin and David R. Stadler. 1989. Indoor Radon and Its Hazards, Seattle and London : University of Washington Press
2. Barnett, J.M. and Mcklveen, J.W. 1992. The measurement of ^{222}Rn in drinking water by low-level liquid scintillation counting. J. radioanal. Nucl. Chem., letter, 161 : 357-364.
3. Leena Sanrinen and Juttani Suksi. 1993. Determination of Uranium Series Radionuclide Pa-231 Using Liquid Scintillation Counting, Liquid Scintillation Spectrometry 1992: 209-215
4. L Annunziata M.F. 1987 Radionuclid Tracers, London : Academic Press
5. Jack McDowell, W and Betly McDowell. 1994. Liquid scintillation alpha spectrometry. London and Tokyo : CRC Press.
6. Glenn F. Knoll. 1989. Radiation Detection and Measurement, New York: John Wiley & Sons.
7. Beem, H., Bakir, Y.Y.Y. and Bou-Rabee. 1994. An improved method for low-level ^{222}Rn determination in environmental water by liquid scintillation counter with pulse shape analysis, J. Radioanal. Nucl. Chem. Letters, 186(2) : 119–127
8. Franz Schonhofer. 1989. Determination of Radon-222 and Radium-226 in mineral water and drinking water a survey in Austria, Analyst. 114: 1345 – 1347.
9. Gomez Escobar, V., Vera Tome, F., Lozana, J.C. and Martin Sanchez, A. 1996. Determination of ^{222}Rn and ^{226}Ra in aqueous sample using a low-level liquid scintillation counter, Appl. Radiat. Isot., 40 : 861-867
10. James, D. and John, E. 1993. Determination of ^{222}Rn in drinking water using an alpha/beta liquid scintillation counter, liquid scintillation spectrometry 1992. : 373-381.
11. Donald L. Hoorocks. 1975. Preperation of Sample for Liquid Scintillation Counting. Fullerton California : Beckman instruments, inc.
12. Faires. R.A. and Boswell. G.G.J. 1981. Radioisotope Laboratory Techniques. London-Boston : Butterworths&co(publishers) Ltd.
13. Kitto, M.E. 1994. Characteristics of liquid scintillation analysis of radon in water, J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles, 193: 253–258.
14. Kitto, M.E. and Kuhland, M.K. 1995. Radon measurment in groundwater, J. Radioanal. Nucl. Chem. Articles. 193: 253–258.

15. Laina Salonen. 1993. Measurement of low levels of ^{222}Rn in water with different commercial liquid scintillation counters and pulse-shape analysis, liquid scintillation spectrometry 1992. : 361-372.
16. Lauri Kaihola. 1990. Ultra low background liquid scintillation spectrometry of alpha particle in environmental radioactivity monitoring. Estonian Academy of sciences.
17. Pall Theodorsson. 1996. Anew method for automatic measurement of low-level radon in water , Appl. Radiat. Isot. 47 : 855 – 859.
18. Robert, M. 1950. Biological Studies with Polonium Radium and Plutonium. New York: McGrew Hill Book Company.
19. Schonhofer, F. 1992. Measurement of ^{226}Ra in water and ^{222}Rn in water and air by liquid scintillation counting, Radiation Protection Dosimetry, 45: 123 – 125.
20. Wang C.H. and David L Willis.1965. Radiotracer Methodology Biological Science. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
21. พรรณี พักคง เรดิโอไอโซโทปในทางชีววิทยาและการเกษตร ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

ภาคผนวก

ก. การคำนวณหาความเข้มข้นของเรดอน-222 ในตัวอย่างน้ำโดยการสกัดเรดอน-222 ด้วยโทลูอีน

ในการหาปริมาณเรดอน-222 ในน้ำจำนวน 0.5 ลิตรโดยการสกัดเรดอน-222 ด้วยโทลูอีนจำนวน 20 มิลลิลิตร และนำโทลูอีนจำนวน 10 มิลลิลิตรผสมร่วมกับคอกเทลจำนวน 10 มิลลิลิตร ในขวดไวอัลแล้วนำไปวัดด้วยเครื่องวัดลิวทอนทิลเลชันโดยใช้ PSA เท่ากับ 140 ซึ่งสามารถคำนวณการละลายของเรดอนในตัวกลางทั้งหมดได้ดังนี้

$$E_r = \frac{K_t V_t + K_w V_w + V_a}{K_t V_t}$$

เมื่อ	E_r	=	ประสิทธิภาพการละลายของเรดอนในตัวกลางทั้งหมด
	K_t	=	ค่าสัมประสิทธิ์การละลายของเรดอนในโทลูอีน ที่ 18°C มีค่าเท่ากับ 13.2 (Coefficient of Solubility at atmospheric pressure in toluene)
	K_w	=	ค่าสัมประสิทธิ์การละลายของเรดอนในน้ำที่ 20°C มีค่าเท่ากับ 0.25 (Coefficient of Solubility at atmospheric pressure in water)
	V_t	=	ปริมาตรของโทลูอีนที่ใช้ในการสกัด (20±0.2 มิลลิลิตร)
	V_w	=	ปริมาณของน้ำ(500±3.75 มิลลิลิตร)
	V_a	=	ปริมาตรของอากาศในกรวยแยก(180±3.75 มิลลิลิตร)

ดังนั้น $E_r = 2.155 \pm 0.024$

และสามารถคำนวณหาปริมาณเรดอน-222 ได้ดังนี้

$$A = \frac{2A_t \times E_r}{V_w E_t \times \exp(-7.589 \times 10^{-3} t)}$$

เมื่อ

A	=	ความเข้มข้นของเรดอนในหน่วย (Bq/liter)
A_t	=	ค่านับรังสีจากเครื่องลิวทอนทิลเลชัน (76.86±0.566 CPM)

E_r	=	ประสิทธิภาพการละลายของเรดอน-222 ในตัวกลางทั้งหมด (2.155 ± 0.024)
E_t	=	ประสิทธิภาพการวัดของเครื่องลิวทอนทิลเลขัน(2.402 ± 0.207)
V_w	=	ปริมาตรของน้ำ (0.5 ลิตร)
t	=	เวลาที่เริ่มวัดตัวอย่าง(240 นาที)
ดังนั้น	A	= 4.964 ± 0.105 เบคเคอร์เรลต่อลิตร

ข การหาประสิทธิภาพการวัดของเครื่องลิวทอนทิลเลขันชนิดวิเคราะห์ขนาดของพัลส์^{5,21}

เนื่องจากคววนชิงเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้ประสิทธิภาพการวัดของลิวทอนทิลเลขันลดลง และการเกิดคววนชิงนั้นก็มีความหลายประการ ถ้าพิจารณาถึงการวัดด้วยเครื่องลิวทอนทิลเลขันนั้นจะพบว่าประสิทธิภาพของการวัดตัวอย่างแต่ละตัวอย่างนั้นจะแตกต่างกันออกไปตามสาเหตุของการเกิดคววนชิง ดังนั้นการหาประสิทธิภาพของการวัดในแต่ละตัวอย่างจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ในกรณีที่วัดด้วยเครื่องลิวทอนทิลเลขันวิธีการหาประสิทธิภาพการวัดในลิวทอนทิลเลขันมีหลายวิธีการ มีดังต่อไปนี้

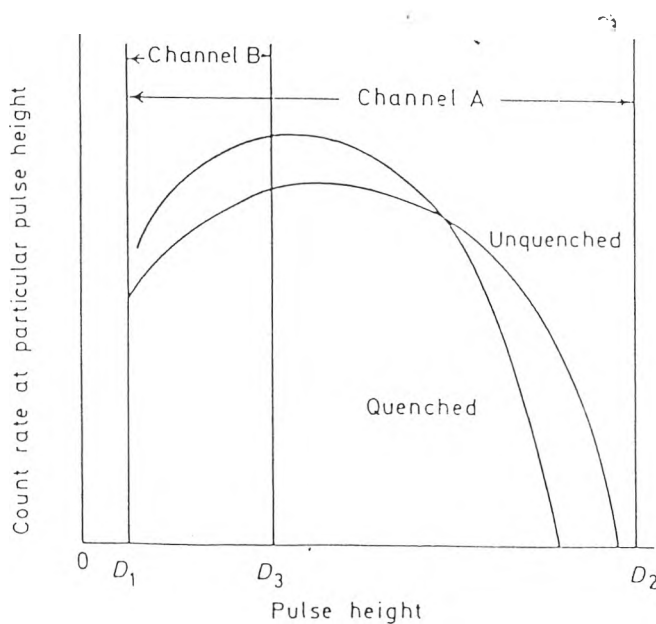
1. วิธี Internal Standard วิธีนี้ทำได้โดยการวัดปริมาณรังสีในแต่ละตัวอย่างเสียก่อน หลังจากนั้นนำแต่ละตัวอย่างมาเติมสารละลายรังสีมาตรฐานที่ทราบค่าความแรงรังสีแน่นอน และควรเป็นสารรังสีชนิดเดียวกับตัวอย่าง แล้วนำไปวัดปริมาณรังสีอีกครั้งหนึ่ง จากค่าปริมาณรังสีที่วัดได้ทั้งสองครั้งนี้สามารถนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของการวัดได้ดังนี้ คือ

$$\text{ประสิทธิภาพการวัด} = \frac{(\text{อัตรานับรังสีของสารตัวอย่างกับสารรังสีมาตรฐาน}) - (\text{อัตรานับรังสีตัวอย่าง})}{\text{อัตราการสลายตัวของสารรังสีมาตรฐาน}}$$

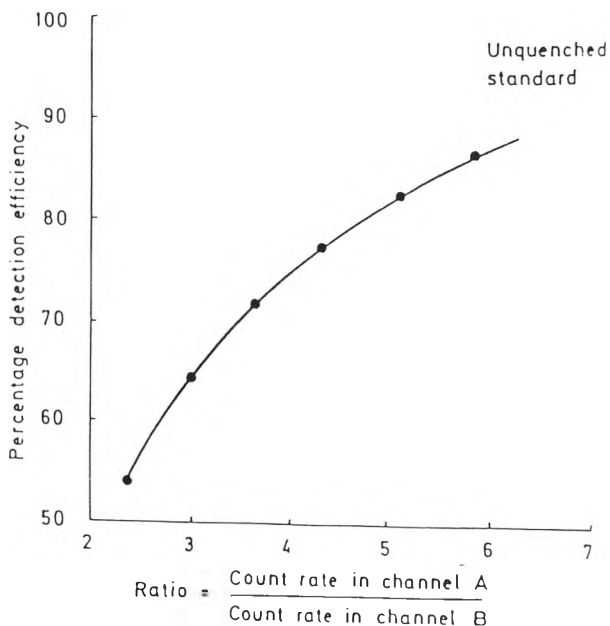
สารรังสีมาตรฐานที่เติมลงไปจะต้องไม่มีส่วนที่ทำให้ประสิทธิภาพการวัดลดลงวิธีการนี้มีข้อเสีย คือ ใช้เวลานานเนื่องจากต้องทำการวัด 2 ครั้งเกิดข้อผิดพลาดได้เพราะการเติมสารรังสีมาตรฐานนั้นเติมในปริมาณน้อยทำให้เที่ยงตรงได้ยาก เป็นการสิ้นเปลืองสารกัมมันตรังสีและทำลายตัวอย่าง

2. วิธี Sample Channel Ratio (SCR)

วิธีการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพของการวัดโดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อตัวอย่างเกิดคววนซิงเพิ่มมากขึ้น สเปกตรัมที่วัดได้จะเลื่อนไปทางซ้ายมือเนื่องจากขนาดของสัญญาณจะเล็กลงถ้าเครื่องวัดมีชุด วงจรวิเคราะห์สัญญาณ 2 ชุดขึ้นไปก็สามารถวัดแยกระดับพลังงานแต่ละชุดได้ โดยชุดหนึ่งจะวัดสัญญาณครอบคลุมส่วนของสเปกตรัมทั้งหมด เรียกว่า ช่อง A และอีกชุดหนึ่งจะวัดสัญญาณในช่วงพลังงาน 1 ใน 3 ของสเปกตรัม เรียกว่า ช่อง B ดังรูปที่ ข1 การวัดปริมาณรังสีจะต้องใช้ชุดสารมาตรฐานที่มีความแรงรังสีเท่ากันหมดทั้งชุด แต่ปริมาณรังสีที่เป็นคววนซิงจะแตกต่างจากน้อยไปมากในแต่ละขวด เมื่อวัดปริมาณรังสีในช่อง A และ B นำมาหาอัตราส่วนของอัตรานับช่อง A และ B เป็นค่าอัตราส่วน B ต่อ A ในแต่ละขวดของชุดสารรังสีมาตรฐานจะได้ค่าอัตราส่วน B ต่อ A เพิ่มจากมากไปน้อยเช่นเดียวกัน เมื่อนำค่าอัตราส่วน B ต่อ A กับค่าประสิทธิภาพการวัดของแต่ละขวดไปเขียนกราฟ ดังรูปที่ ข2 จะได้กราฟมาตรฐานใช้สำหรับปรับเทียบแก้ไขคววนซิง (quench correction curve) เมื่อนำสารตัวอย่างไปวัดปริมาณรังสี เครื่องวัดจะทำการวัดปริมาณรังสีในแต่ละช่องที่ได้วัดไว้และบันทึกจำนวนนับ จากนั้นนำค่าอัตรานับในแต่ละช่องมาหาอัตราส่วน B/A และนำค่าอัตราส่วนไปอ่านหาประสิทธิภาพการวัดจากกราฟปรับเทียบแก้ไขคววนซิง ผลลัพธ์ได้ค่าอัตรานับที่ถูกต้องในแต่ละตัวอย่าง



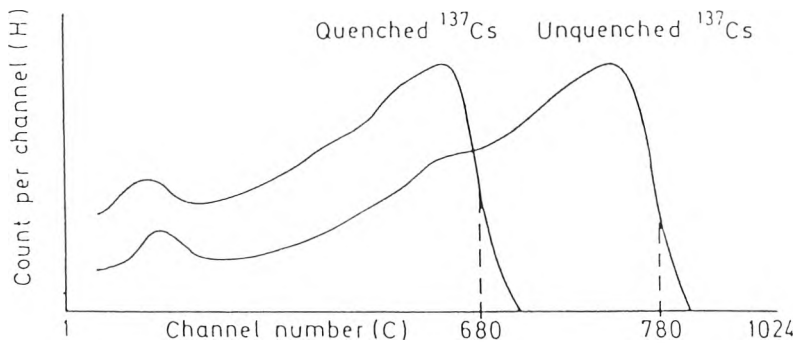
รูปที่ ข1 ผลของคววนในการวิเคราะห์ขนาดของสัญญาณ (pulse height spectrum)



รูปที่ ข2 แสดงการเปรียบเทียบแก้ไขแควน โดยวิธี standard channel ratio

3. วิธี External Standard Channel Ratio (ESCR)

เครื่องวัดลิวทอนทิลเลขชัน จะมีแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา เช่น Cs-137, Ba-226 รังสีแกมมานี้จะเกิดอัตรากิริยาคอมป์ตันกับขวดบรรจุสารคอกเทลทำให้เกิดคอมป์ตันอิเล็กตรอนที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับรังสีบีตาและเกิดอัตรากิริยากับคอกเทลได้สเปกตรัมของคอมป์ตันอิเล็กตรอนที่มีรูปร่างคล้ายกับรังสีเบตา ดังรูปที่ ข3 และกรณีที่อยู่ในคอกเทลมีการเติมสารที่ทำให้เกิดแควนซึ่ง สเปกตรัมของคอมป์ตันอิเล็กตรอนดังกล่าวก็จะเลื่อนมาทางซ้ายมือเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ ข3 แสดงการเกิดสเปกตรัมของวิธีการ external standard channels ratio

โดยการจัดค่าคิศจริมิเนเตอร์ในชุดวงจรวิเคราะห์สัญญาณแต่ละช่องให้เหมาะสม และจัดเตรียมชุดสารรังสีมาตรฐานที่มีความแรงรังสีเท่ากัน แต่ปริมาณสารที่ก่อให้เกิดควนซิงต่างกันจากน้อยไปหามาก แล้วนำไปวัดในเครื่องลิวิดซินทิลเลชัน เครื่องจะทำการวัดปริมาณรังสีในแต่ละขวดของชุดรังสีมาตรฐาน บันทึกจำนวนนับในแต่ละช่องไว้ ต่อมาเครื่องจะทำการวัดปริมาณรังสีในสารรังสีมาตรฐานพร้อมทั้งรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาในแต่ละช่องเช่นเดียวกัน จากนั้นเครื่องจะนำค่าที่บันทึกไว้มาคิดคำนวณหาอัตราส่วนของการนับแต่ละครั้งในสารรังสีชุดมาตรฐาน อัตราส่วนจะลดลงเมื่อเกิดควนซิงเพิ่มขึ้น จากค่าอัตราส่วนที่คำนวณได้และค่าประสิทธิภาพของการวัดในแต่ละขวดของชุดรังสีมาตรฐาน นำมาเขียนกราฟสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการวัดสารตัวอย่างได้ ดังแสดงในรูปที่ 22 จะได้กราฟเปรียบเทียบแก้ไขควนซิงที่เกิดขึ้นในชุดสารตัวอย่างมาตรฐาน ดังนั้นเมื่อวัดปริมาณรังสีจากสารตัวอย่างตามขั้นตอนเดียวกับชุดสารรังสีมาตรฐานก็จะคำนวณได้อัตราส่วน และนำค่าอัตราส่วนนี้ไปอ่านค่าประสิทธิภาพการวัด แล้วนำไปแก้ไขอัตรานับให้ถูกต้องได้ การคำนวณอัตราส่วนของการวัดแบบนี้หาได้จาก

$$ESCR = \frac{TB - SB}{TA - SA}$$

เมื่อ TA, TB = อัตรานับของสารรังสีมาตรฐานกับอัตรานับของรังสีแกมมาในช่อง A และ B

SA, SB= อัตรานับของสารรังสีมาตรฐานในช่อง A และ B

ESCR = อัตราส่วนการวัดแบบสารมาตรฐานอยู่ภายนอก

ค. ลักษณะเฉพาะของคอกเทล

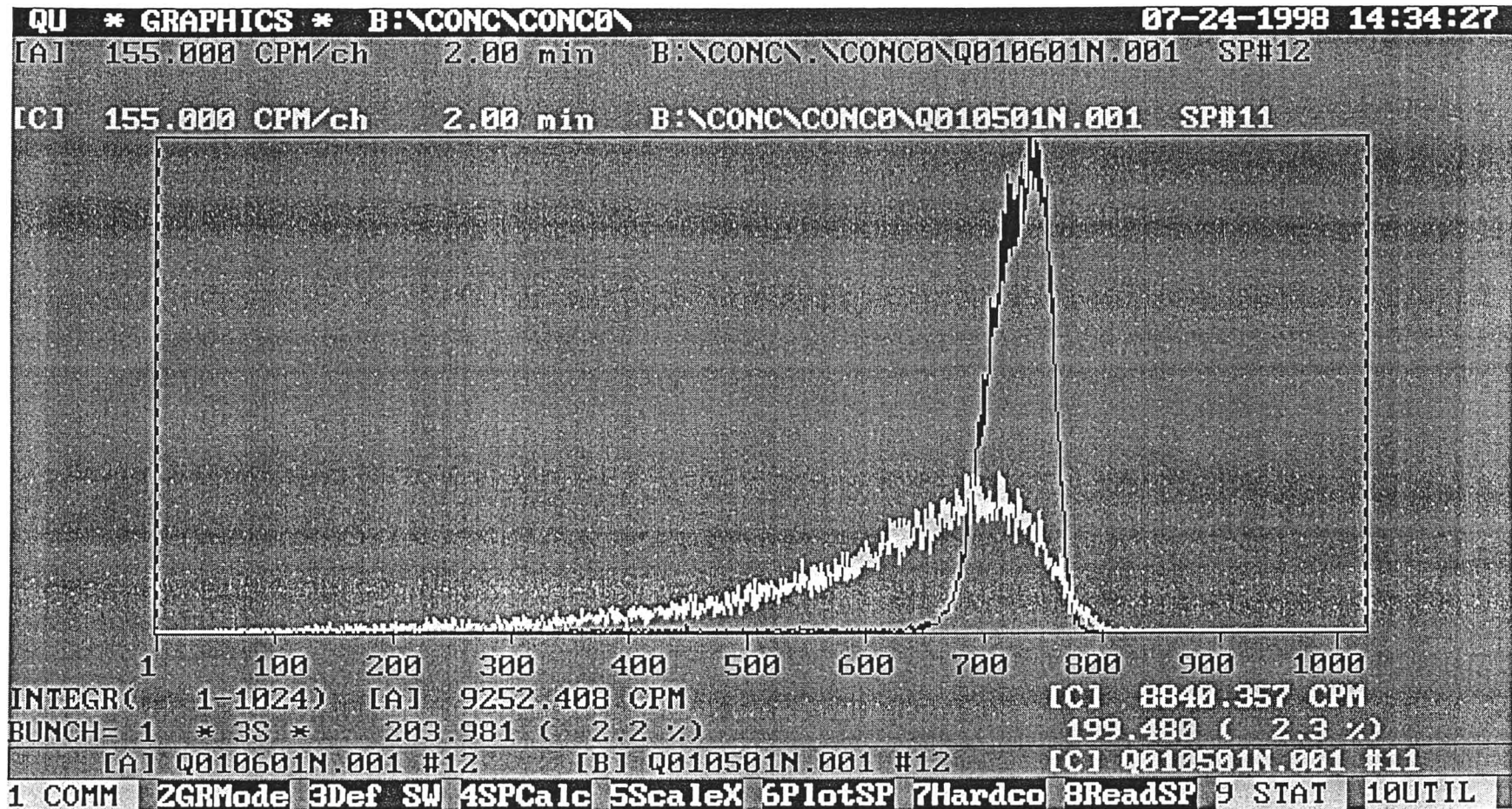
ชื่อผลิตภัณฑ์	Optiphase 'Hisafe 3'	Optiscint 'Hisafe'
Pack size	2 X 5 litres	2 x 5 litres
Code	81000437	81000434
ชนิด	Aqueous sample type	Non-Aqueous sample type
Specification	สำหรับตัวอย่างที่มีน้ำ สามารถละลายได้ดี เป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดพิษและอันตรายต่อผู้ใช้	เป็นสารที่มีองค์ประกอบของ naphthalene สำหรับสารตัวอย่างที่ไม่มีน้ำ เช่น สารทำละลายอินทรีย์

ง. ลักษณะเฉพาะของเครื่องลึควิดซินทิลเลชัน

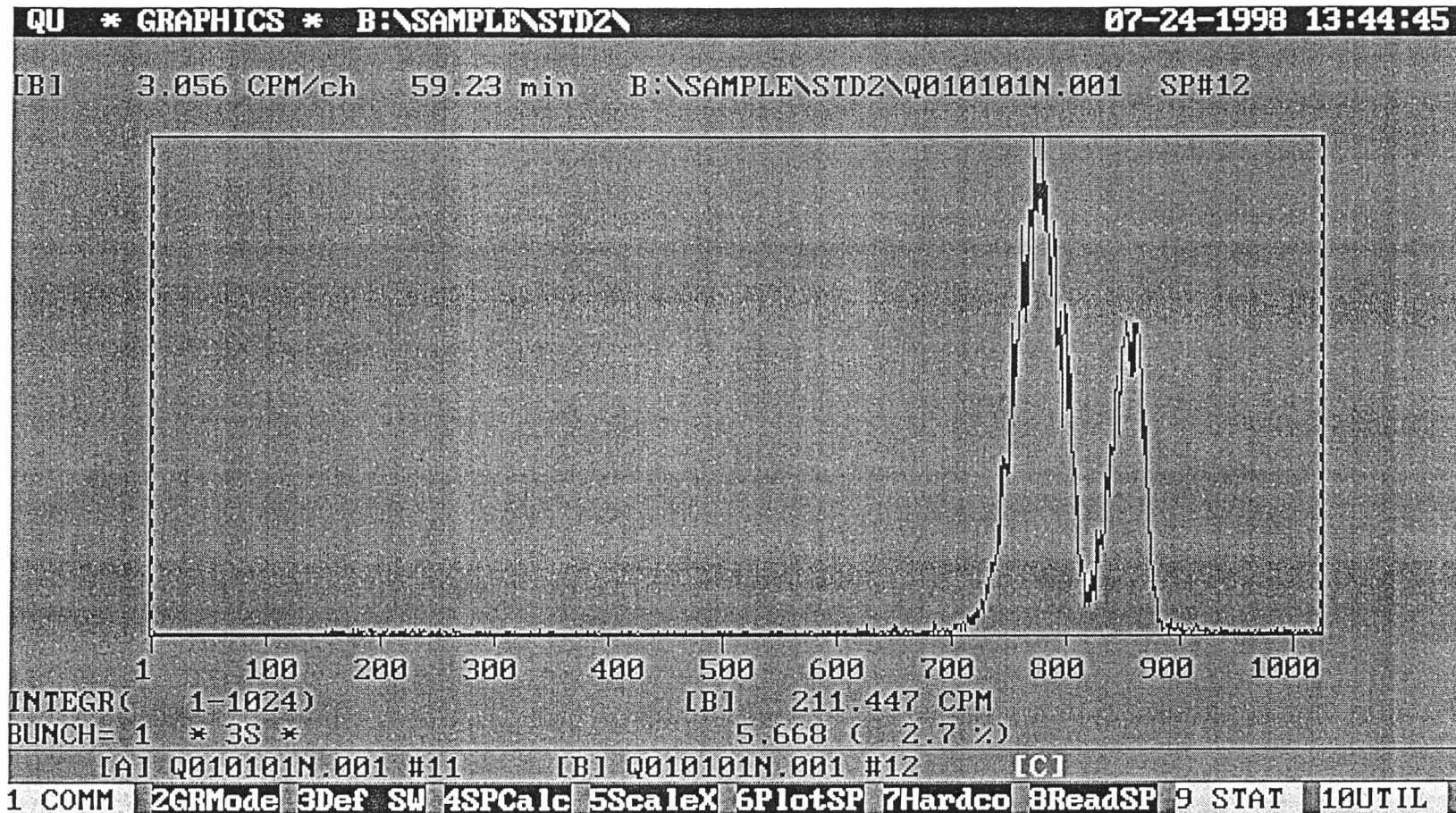
ชื่อเครื่อง	Wallac Quantulus
รุ่น	1220-002 floor standing, low level liquid scintillation counter, 20 ml vial 60 sample, detector and guard detector, computer control
Option	Pulse Shape Analysis
Serial no	2200066

Photomultiplier Tube Information

Position	Size	Type	Serial no.
L	2 inch	9829QB10	8084
R	2 inch	9829QB10	8087
GL	2 inch	9956XXA	20053
GR	2 inch	9956XXA	20052



รูปที่ ค1 แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลฟาจาก อเมริเซียม-241 และรังสีเบตาจากคลอรัิน-36 จากเครื่องวัดลิวทอนทิลเลขุ่น Wallac Quantulus 1220



รูปที่ ค2 แสดงสเปกตรัมของรังสีอัลฟาจากเรดอน-222 จากเครื่องวัดลิวทอนทิลเลชัน Wallac Quantulus 1220

ประวัติผู้เขียน

นายฤทธิ มีสัจย์ เกิดเมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2512 ที่อำเภอเขาย้อย จังหวัดเพชรบุรี เข้าศึกษาในคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน ได้รับปริญญา ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์-เคมี ในปี พ.ศ. 2536 ได้รับประกาศนียบัตรบัณฑิต ในสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2537 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในสาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันรับราชการในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ระดับ 4 ที่ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

