บทที่ 2

ความบริสุทธิ์ทางรังสีและเคมีรังสี

2.1 ความบริสุทธิ์ทางรังสี

^{113}Sn ที่เป็นนิวไคลด์พ่อแม่ของ ^{113m}In ได้มาจากการยิง (bombard) โลหะดีบุกที่ปรุงแต่งให้มีความเข้มข้นของ ^{112}Sn สูง ด้วยอนุภาคนิวตรอน ในโลหะดีบุกนั้นนอกจากมีไอโซโทป ^{112}Sn แล้วยังมีไอโซโทปอื่น ๆ ของดีบุกที่จะเกิดปฏิกริยา (n, γ) ได้อีกด้วย ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สิ่งเจือปนที่เป็นรังสีที่เกิดจากไอโซโทปต่าง ๆ ของ Sn

ปฏิกริยานิวเคลียร์	ปริมาณที่เกิดในธรรมชาติ (%)	ความสามารถการจับนิวตรอน (บาร์น)	ชีวิตครึ่ง	พลังงานรังสีบีต้าและแกมม่าของเรดิโอไอโซโทปที่เกิด (MeV)
$^{112}Sn(n,\gamma)^{113}Sn$	0.95	0.9	118 วัน	0.255 (1.8 %)
$^{112}Sn(n,\gamma)^{113m}Sn$	0.95	0.4	20 นาที	0.079 (0.6 %)
$^{116}Sn(n,\gamma)^{117m}Sn$	14.24	0.006	14 วัน	0.158 (87 %)
$^{118}Sn(n,\gamma)^{119m}Sn$	24.01	0.01	250 วัน	0.024 (16 %)
$^{120}Sn(n,\gamma)^{121m}Sn$	32.97	0.001	25 ปี	β^- 0.42 max 0.037
$^{120}Sn(n,\gamma)^{121}Sn$	32.97	0.14	27 ชม.	β^- 0.383 max
$^{122}Sn(n,\gamma)^{123m}Sn$	4.71	0.2	39.5 นาที	β^- 1.26 max 0.160 (84 %)
$^{122}Sn(n,\gamma)^{123}Sn$	4.71	0.001	125 วัน	β^- 1.42 max 1.08 (weak)
$^{124}Sn(n,\gamma)^{125m}Sn$	5.98	0.1	9.5 นาที	β^- 2.04 max 0.325 (97 %)
$^{124}Sn(n,\gamma)^{125}Sn$	5.98	0.004	9.4 วัน	β^- 2.34 max 0.342 (0.3 %), 0.468 (0.4 %) 0.811 (1.5 %), 0.904 (1.4 %) 1.008 (4 %), 1.17 (0.14%) 1.41 (0.14%), 1.97 (0.6 %) และ 2.23 (0.05 %)

นอกจากนี้อาจจะมีเรดิโอไอโซโทปชนิดอื่น ๆ ที่เกิดเนื่องมาจากสิ่งเจือปนของดีบุกอีกด้วย เมื่อแยกเอา ^{113m}In ออกจาก ^{113}Sn ด้วยกรรมวิธีทางเคมีแล้ว ย่อมมีปริมาณเรดิโอไอโซโทปเหล่านี้ปะปนมาในสารละลายดังกล่าว ทำให้ความบริสุทธิ์ทางรังสีของสารที่เตรียมได้ลดน้อยลง ขีดจำกัดของปริมาณสิ่งเจือปนทางรังสีทั้งหมดนี้ เมื่อคิดเทียบกับปริมาณรังสีของสารที่เตรียมได้ ควรจะมีอยู่น้อยกว่า 0.1 % (20)

2.2 ความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี

ความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีหมายถึงว่าต้องไม่มีเรดิโอไอโซโทปในรูปแบบทางเคมี (chemical form) อื่นนอกเหนือจากรูปแบบทางเคมีที่ต้องการ โดยคิดปริมาณรังสีของเรดิโอไอโซโทปนั้น ในรูปแบบที่ต้องการเป็นร้อยละ เมื่อเทียบกับปริมาณรังสีทั้งหมด ทั่ว ๆ ไปแล้วความบริสุทธิ์ทางด้านนี้ควรจะมากกว่า 95 % (20)

สำหรับสารละลายของ ^{113m}In ที่ได้จากการชะออกมาด้วยสารละลาย 0.05M HCl จะมี indium (III) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับคลอไรด์ในรูปต่าง ๆ กันดังนี้ (21)

$In(H_2O)_6^{+3}$ = 5.85 %

$In(H_2O)_5Cl^{+2}$ = 80.5 %

$In(H_2O)_4Cl_2^{+}$ = 11.65 %

$In(H_2O)_3Cl_3$ = 2.00 %

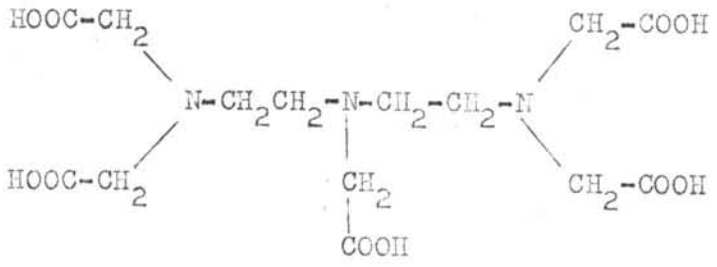
เมื่อนำสารละลาย indium chloride มาเตรียมเป็นสารประกอบเลเบลล์อย่างเช่น ^{113m}In colloid และ ^{113m}In-DTPA สารประกอบที่เตรียมขึ้นใหม่นี้จะต้องมี ^{113m}In ในรูปของคอลลอยด์และของสารประกอบเชิงซ้อนให้มากที่สุด แต่มีอยู่ในรูปเดิม คือรูปของ indium chloride น้อยที่สุด การตรวจสอบดูว่า ^{113m}In อยู่ในรูปแบบทางเคมี

ชนิดใดทำได้หลายวิธี โดยอาศัยกรรมวิธีทางเคมี อาจจะแบ่งแยกวิธีการออกเป็น 2 วิธี ได้ดังนี้

2.2.1 **วิธีไดอะลิซีส** เพื่อหาความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีของ ^{113m}In colloid

สารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) หมายถึงสารละลายที่อนุภาคของตัวถูกทำละลาย(solute) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10^{-7} - 10^{-4} ซม. และฟุ้งกระจายอยู่ในตัวทำละลาย คอลลอยด์บางชนิดมีขนาดโตมากจนสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนดูเหมือนกับเป็นสารละลายแท้ (true solution) ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ช่วย จึงจะมองเห็นอนุภาคคอลลอยด์ มีคุณสมบัติของคอลลอยด์ประการหนึ่งคือ อนุภาคของคอลลอยด์สามารถทะลุผ่านกระดาษกรองธรรมดาได้ แต่ไม่สามารถทะลุผ่านเยื่อกั้นที่มีรูพรุนเล็ก ๆ (semi-permeable membrane) ออกมาได้ คุณสมบัติข้อนี้นำมาใช้เป็นวิธีตรวจสอบ และทำให้สารละลายคอลลอยด์ให้บริสุทธิ์ เรียกวิธีไดอะลิซีส มีหลักการคือ บรรจุสารละลายคอลลอยด์ในถุงที่เป็นเยื่อกั้น จุ่มถุงนี้ในตัวทำละลายบริสุทธิ์ปริมาณมาก และมีการไหลถ่ายเทตลอดเวลา สารละลายที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ หรือมีขนาดของโมเลกุลเล็ก จะผ่านผนังเยื่อกั้นออกมาได้ เหลือแต่สารละลายคอลลอยด์ที่ไม่สามารถผ่านออกมาได้ อัตราการไดอะลิซีสช้ามาก แต่จะเพิ่มขึ้นถ้าเพิ่มพื้นที่ผิวของผนังเยื่อกั้น และอัตราการกวน (stir) ตัวทำละลายบริสุทธิ์ภายนอกนั้นอีกด้วย

2.2.2 วิธีอิเลกโตรโฟเรซีสกระดาษ เพื่อหาความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสี ของ In-DTPA



Diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA)

สารประกอบอินทรีย์ชนิดนี้เป็น penta-anion ligand ชนิดหนึ่งที่รวมกับอิออนของโลหะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ Perrin กล่าวว่า indium (III) จะเกิดเป็น octahedral complex ได้โดยจะเกาะกับ ligand ประเภทนี้(22) การแยก indium chloride ออกจาก In-DTPA เพื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีนั้นใช้วิธีอิเลกโตรโฟเรซีสกระดาษ ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในการวิเคราะห์และแยกสารต่าง ๆ ในสารละลายออกจากกัน หลักการคือสารที่มีประจุไฟฟ้าต่างกัน ย่อมมีการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าต่างกัน โดยหยดสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ลงไปเป็นจุด หรือแถบเล็ก ๆ บนตัวกลาง (medium) ที่เป็นกระดาษประเภทเดียวกับกระดาษกรอง ทำตัวกลางนี้ให้ชุ่มด้วยสารละลายนำไฟฟ้า และให้ปลายกระดาษแช่ในสารละลายนำไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ปรับความต่างศักดิ์ และใช้ระยะเวลาที่กระแสไฟไหลผ่านให้พอเหมาะ ที่จะทำให้เกิดการแยกของสารต่าง ๆ ออกจากกันตามประจุและลักษณะของมัน หลังจากนั้นนำกระดาษไปย่างให้แห้ง ตรวจหาตำแหน่งที่ของสาร โดยวิธีย้อมสี ถ้ามีปริมาณสารนั้นอยู่มากเพียงพอ หรือตรวจหาตำแหน่งของเรดิโอไอโซโทป โดยตัดเป็นชิ้น ๆ นำเข้า

เครื่องนับรังสี อาจจะใช้วิธีที่เรียกว่า radiochromatogramme ซึ่งเป็นวิธีวัดรังสีทุก ๆ จุดบนแผ่นกระดาษ ผลที่ได้จะแม่นยำยิ่งขึ้น คำนวณหาความบริสุทธิ์ทางเคมีรังสีได้จาก

$$\frac{\text{ปริมาณรังสีของบริเวณสารประกอบเชิงซ้อน}}{\text{ปริมาณรังสีทั้งหมดบนกระดาษ}} \times 100$$