

วิธีการทดลอง

1. ขั้นเตรียมความปลอดภัยและข้อควรระวังก่อนทำการทดลองกับสารกัมมันตรังสีเปิดผนึก

1.1 ควรเตรียมการป้องกันส่วนต่างๆของร่างกายเพื่อมิให้ถูกสารเคมี สารกัมมันตรังสีหรืออันตรายอื่นๆที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการทดลอง โดยสวมใส่เสื้อกราวด์ ถุงมือยาง รองเท้าพื้นยางหุ้มแข้ง แว่นตาป้องกัน และที่กันอันตรายจากสารเคมีกระเด็น

1.2 ไม่นำอาหารและน้ำดื่มเข้ามาในห้องทดลอง

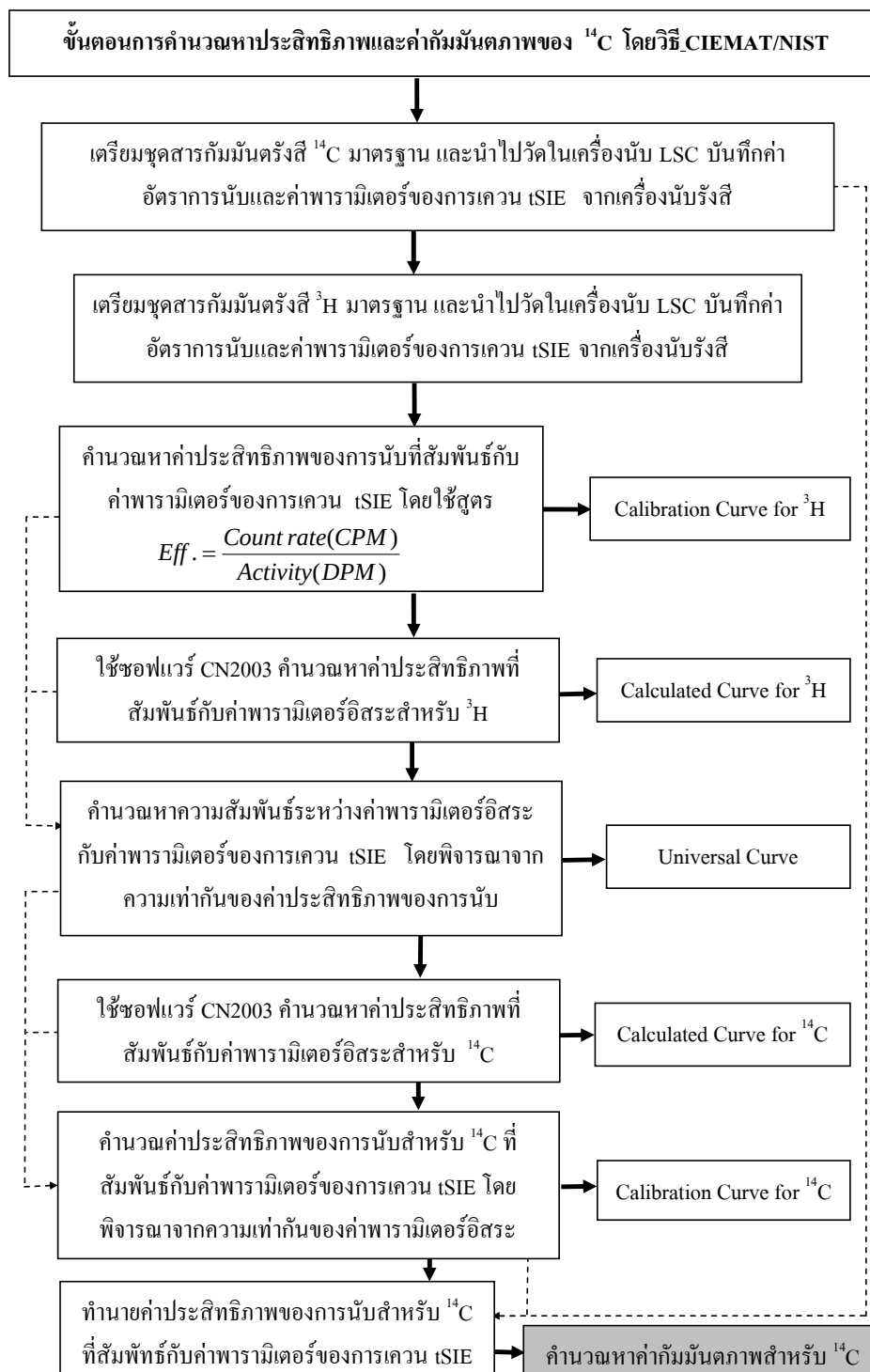
1.3 ระวังอย่าให้สารกัมมันตรังสีเปื้อนปากหลอดแอมพูล เนื่องจากต้องนำไปซีลปากหลอดด้วยความร้อน

1.4 ถ้าสารกัมมันตรังสีเปื้อนหรือหก ให้ตัดสินใจว่าจะรีบทำความสะอาดทันทีหรือปิดห้องปฏิบัติการชั่วคราว

1.5 การชั่งน้ำหนักภาชนะและสารกัมมันตรังสีที่มีน้ำหนักน้อยๆ อย่าใช้มือเปล่าจับภาชนะ เพราะน้ำหนักจะผิดพลาด ทำให้ผลการชั่งคลาดเคลื่อนได้ ให้ใช้คีมหุ้มพลาสติกและรักษาความสะอาดรวมถึงการคิด buoyancy correction ด้วยเสมอ

1.6 ควรทำงานกับสารกัมมันตรังสีโดยใช้เวลาน้อยที่สุดและวางแผนการทดลองและทดสอบแผนก่อนดำเนินการ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยที่สุด

2. ขั้นทำความเข้าใจแผนภาพของการคำนวณหาประสิทธิภาพและค่ากัมมันตภาพของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C โดยวิธี CIEMAT/NIST ก่อนปฏิบัติจริง



ภาพที่ 37 แผนภาพแสดงขั้นตอนการคำนวณหาประสิทธิภาพโดยวิธี CIEMAT/NIST เพื่อคำนวณหาค่ากัมมันตภาพสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

หัวข้อนิยาม

- ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE (Transformed Spectral Index of the External Standard) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี คือ ค่าพารามิเตอร์ที่บ่งบอกค่าของการเควนเชิงเคมีหรือบ่งบอกระดับการเกิดการเควนเชิงเคมีของคอกเทล
- Calibration Curve หรือเรียกว่ากราฟสำหรับสอบเทียบ ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับกับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี
- Calculated Curve หรือกราฟที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์อิสระกับค่าประสิทธิภาพของการนับจากซอฟต์แวร์ CN2003
- Universal Curve หรือกราฟสากล ซึ่งเป็นกราฟของพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

3. ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์

3.1 ขั้นตอนการวัดชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสีของ Packard Instrument Company เพื่อหาอัตราการนับและค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี

3.1.1 ศึกษากระบวนการวัดรังสีบีตาและการใช้งานของเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL พร้อมทั้งทำความเข้าใจโปรแกรมที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องนับรังสีชนิดนี้

3.1.2 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL โดยการทำให้ IPA ของเครื่องนับรังสี

3.1.3 นำชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C จำนวน 6 ไวแอลเรียงกัน (AX-FX) ระบุค่ากัมมันตภาพเท่ากับ 136,900 DPM ทุกไวแอล แต่มีค่าการเควนเชิงเคมีที่แตกต่างกัน ไปวัดค่าอัตราการนับในหน่วย CPM ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C และค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จาก

เครื่องนับรังสี โดยใช้เครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL แล้วบันทึกผล ซึ่งระบุรายละเอียดและขั้นตอนการใช้เครื่องนับรังสี LSC ชนิดนี้เพื่อให้เห็นผลออกมาเป็นค่าอัตราการนับและค่าพารามิเตอร์ของการแขวน tSIE จากเครื่องนับรังสี ในภาคผนวก ก 1

3.1.4 นำชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จำนวน 10 ไวแอล (AX-JX) ของ Packard Instrument Company เช่นเดียวกัน ระบุค่ากัมมันตภาพเท่ากับ 266,900 DPM ทุกไวแอล แต่มีค่าการแขวนเชิงเคมีที่แตกต่างกัน ไปวัดค่าอัตราการนับในหน่วย CPM ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H และค่าพารามิเตอร์ของการแขวน tSIE จากเครื่องนับรังสี โดยใช้เครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL แล้วบันทึกผล ซึ่งระบุรายละเอียดและขั้นตอนการใช้เครื่องนับรังสี LSC ชนิดนี้เพื่อหาอัตราการนับและค่าพารามิเตอร์ของการแขวน tSIE จากเครื่องนับรังสี ในภาคผนวก ก 2

3.2 ขั้นตอนการหา Calibration Curve, Calculated Curve และ Universal Curve สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H

3.2.1 พิจารณาค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่จากสมการที่ (38) ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H เมื่อเวลาผ่านไป 10 ปี 3 เดือน 4 วัน นับจากวันที่ผลิตชุดสารกัมมันตรังสี (3 มิถุนายน 2539) จนถึงวันที่นำมาใช้ทำการทดลอง (7 กันยายน 2549) และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากข้อที่ 3.1.4 นำมาคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสี ^3H ได้โดยใช้สมการที่ (40) ซึ่งค่าประสิทธิภาพที่คำนวณได้จะสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการแขวน tSIE จากเครื่องนับรังสี แล้วบันทึกข้อมูลเก็บไว้

คำนวณค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่ได้จากสมการ

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (38)$$

เมื่อ A คือ ค่ากัมมันตภาพที่เหลืออยู่หลังจากเวลาผ่านไป t ในหน่วย DPM

A_0 คือ ค่ากัมมันตภาพเริ่มต้น ในหน่วย DPM

λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัว (decay constant) ในหน่วยต่อวินาที

t คือ เวลาที่ผ่านไป ในหน่วยวินาที

e คือ ค่าฐานของ natural logarithm

โดยที่

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} \quad (39)$$

เมื่อ λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัว (decay constant) ในหน่วยต่อวินาที
 $T_{\frac{1}{2}}$ คือ ค่าครึ่งชีวิต (half life) ในหน่วยวินาที

และคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับได้จากสมการ

$$\text{Counting Efficiency} = \frac{\text{Counting Rate}}{\text{Activity}} \quad (40)$$

เมื่อ *Counting Efficiency* คือ ประสิทธิภาพของการนับ
Counting Rate คือ ค่าอัตราการนับ ในหน่วย CPM
Activity คือ ค่าอัตราการสลายตัว ในหน่วย DPM

3.2.2 นำข้อมูลที่บันทึกไว้ในข้อที่ 3.2.1 ซึ่งเป็นข้อมูลระหว่างค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับ ^3H จากการคำนวณกับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีมาเขียนกราฟสำหรับสอบเทียบ(calibration curve) ของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ด้วย Microsoft Excel เพื่อหาสมการที่แสดงความสัมพันธ์ ซึ่งกำหนดให้แกน x คือค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี และแกน y คือค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากการคำนวณ

3.2.3 ติดตั้งซอฟต์แวร์ CN2003 ในวินโดว XP สำหรับนำมาใช้งาน จากนั้นใส่ข้อมูลหรือรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี ^3H ในซอฟต์แวร์CN2003 สั่งให้ประมวลผลออกมาเป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้เก็บไว้ซึ่งแสดงขั้นตอนการใช้ซอฟต์แวร์สำหรับหาค่าประสิทธิภาพที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระอย่างละเอียดในภาคผนวก ข

3.2.4 นำความสัมพันธ์ที่ได้จากข้อที่ 3.2.3 มาเขียนกราฟที่ได้จากการคำนวณ (calculated curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H เพื่อหาสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้โดยกำหนดให้แกน x คือค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 และแกน y คือค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003

3.2.5 สลับแกนของกราฟที่ได้จากข้อที่ 3.2.4 ใหม่ และแสดงสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้ โดยกำหนดให้แกน x เป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากซอฟต์แวร์ CN2003 และแกน y เป็นค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

3.2.6 นำค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^3H จากการคำนวณซึ่งสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีที่ได้จากข้อ 3.2.1 มาแทนค่าในสมการที่ได้จากข้อที่ 3.2.5 จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีกับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้เก็บไว้

3.2.7 นำความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีกับค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 มาเขียนกราฟสากล (universal curve) และแสดงสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้ โดยกำหนดให้แกน x เป็นค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี และแกน y เป็นค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003

3.2.8 สลับแกนของกราฟสากลใหม่ โดยกำหนดให้แกน x เป็นค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 ในขณะที่แกน y เป็นค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสี และแสดงสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้

3.3 ขั้นตอนการหา Calculated Curve และ Calibration Curve สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C

3.3.1 ใสข้อมูลหรือรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ในซอฟต์แวร์ CN2003 และสั่งให้ประมวลผลออกมาเป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ที่สัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์อิสระแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้เก็บไว้

3.3.2 นำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 3.3.1 มาเขียนกราฟใน Microsoft Excel โดยกำหนดให้แกน x เป็นค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 และแกน y เป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C จากซอฟต์แวร์ CN2003 แล้วแสดงสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้

3.3.3 นำข้อมูลของค่าพารามิเตอร์อิสระจากซอฟต์แวร์ CN2003 มาแทนค่าในสมการที่ได้จากข้อ 3.2.8 ทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากการคำนวณที่สอดคล้องกับประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C จากซอฟต์แวร์ CN2003 แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้

3.3.4 นำข้อมูลที่ได้จากข้อที่ 3.3.3 มาเขียนกราฟสำหรับสอบเทียบ (calibration curve) สำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ซึ่งกำหนดให้แกน x เป็นค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากการคำนวณ และแกน y เป็นค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับสารกัมมันตรังสี ^{14}C จากซอฟต์แวร์ CN2003 และแสดงสมการที่สอดคล้องกับกราฟที่ได้ ซึ่งสมการที่ได้นั้นเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการทำนายค่าประสิทธิภาพของการนับของสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่ไม่ทราบค่ากัมมันตภาพ

4. ขั้นตอนทดสอบเพื่อพิสูจน์ผล

ขั้นตอนการดำเนินการทดสอบเพื่อพิสูจน์ผลประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกเป็นการเปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ของ Packard Instrument Company ด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C และขั้นตอนที่สองเป็นการเปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่ได้จากการคำนวณหาประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น

4.1 เปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ของ Packard Instrument Company ด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ซึ่งมีขั้นตอนการทำดังนี้

4.1.1 นำค่าพารามิเตอร์ของการเควน tSIE จากเครื่องนับรังสีในข้อ 3.1.3 ไปแทนค่าในสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 3.3.4 ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C จากการคำนวณ

4.1.2 นำค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C จากการคำนวณที่ได้จากข้อ 4.1.1 และค่าอัตราการนับ (CPM) จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL ในข้อที่ 3.1.3 มาคำนวณหาค่ากัมมันตภาพสำหรับชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C โดยใช้สมการที่ (40)

4.1.3 เปรียบเทียบและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (percentage error; % error) ระหว่างค่า กัมมันตภาพที่ได้จากข้อ 4.1.2 กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารมาตรฐานกัมมันตรังสี ^{14}C ได้จากสมการที่ (41)

$$\text{Percentage Error} = \left(\frac{\text{Experiment Activity} - \text{Actual Activity}}{\text{Actual Activity}} \right) \times 100\% \quad (41)$$

เมื่อ *Percentage Error* คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

Experiment Activity คือ ค่ากัมมันตภาพที่คำนวณได้ ในหน่วย DPM จากค่าประสิทธิภาพของการนับด้วยวิธี CIEMAT/NIST และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL โดยใช้สมการที่ (40)

Actual Activity คือ ค่ากัมมันตภาพจริงของสารกัมมันตรังสี ในหน่วย DPM

4.2 เปรียบเทียบและพิสูจน์ผลของค่ากัมมันตภาพที่ได้จากการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นจากสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และค่าอัตราการนับ (CPM) ที่ได้จากเครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

4.2.1 วางแผนการเตรียมชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C อย่างรัดกุมที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดการผิดพลาดขณะทำการเตรียมสาร รวมถึงศึกษาคุณสมบัติของไนโตรมีเทน (CH_3NO_2) ในภาคผนวก ค ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดการควENCH และทำการทดลองสำหรับหากราฟของการควENCH (quench curve) ของไนโตรมีเทนดังกล่าว เพื่อหามวล (g) ของไนโตรมีเทนที่มีผลต่อการเกิดการควENCH ทำให้ทราบปริมาณไนโตรมีเทนที่เหมาะสมต่อการหยดลงไปในแต่ละไวแอล

4.2.2 เตรียมชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ตามแผนการทดลองที่วางไว้ในข้อ 4.2.1 ซึ่งกล่าวถึงขั้นตอนของการเตรียมชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C อย่างละเอียด ในภาคผนวก จ

4.2.3 นำชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นไปวัดค่าอัตราการนับในหน่วย CPM และค่าพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE จากเครื่องนับรังสี โดยใช้เครื่องนับรังสี LSC รุ่น Packard Tri-Carb® Model 2770TR/SL แล้วบันทึกผล

4.2.4 นำค่าพารามิเตอร์ของการเคาน์ tSIE จากเครื่องนับรังสีที่สัมพันธ์กับค่าอัตราการนับ (CPM) ไปแทนค่าในสมการแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากข้อ 3.3.4 ทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพของการนับสำหรับชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้น และนำค่าอัตราการนับในหน่วย CPM ที่ได้จากข้อ 4.2.2 คำนวณหาค่ากัมมันตภาพโดยใช้สมการที่ (40)

4.2.5 เปรียบเทียบและคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนระหว่างค่ากัมมันตภาพที่ได้จากข้อที่ 4.2.4 กับค่ากัมมันตภาพจริงของชุดสารกัมมันตรังสี ^{14}C ที่เตรียมขึ้นโดยใช้สมการที่ (41)

8. สถานที่

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานด้านกัมมันตรังสีและวัสดุอ้างอิงรังสี, กลุ่มงานมาตรฐานการวัดรังสีและกัมมันตรังสี สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

9. ระยะเวลาทำการทดลอง

ระยะเวลาทำการวิจัย ตั้งแต่มีนาคม 2548 – กันยายน 2549