บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์

วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1 เครื่องคอมพิวเตอร์

2 แบบจำลองผลส้ม (Model) ซึ่งทำขึ้นจากโอเอซิซให้มีลักษณะ และขนาดใกล้เคียงกับผลส้มธรรมชาติ โดยแบบจำลองจะถูกแบ่งออกเป็น 8 ส่วน ด้วยการตัดเป็นชิ้นตามยาวในลักษณะเดียวกับกลีบเนื้อของผลส้ม และแบ่งปริมาณความฟ่ามออกเป็น 6 ระดับ คือ 0, 25, 50, 75, 87.5 และ 100 % สำหรับตำแหน่งต่างๆ ของแบบจำลองที่มีความฟ่าม 0, 25, 50, 75 และ 100 % แบ่งออกเป็น 4 ตำแหน่ง ห่างกัน 90 องศา และ 8 ตำแหน่ง ห่างกัน 45 องศา ในกรณีของแบบจำลองที่มีความฟ่าม 87.5 % และเนื้อปกติของแบบจำลองสามารถกำหนดได้ด้วยการนำแบบจำลองในส่วนที่ต้องการให้เป็นเนื้อปกติแช่น้ำ 15 ถึง 30 นาที ก่อนนำไปทดลอง

3 ตัวอย่างผลไม้โดยคัดเลือกผลส้ม และมังคุดแบบสุ่มให้มีขนาดของผลเท่าๆ กันจำนวน 43 และ 40 ผล ตามลำดับ

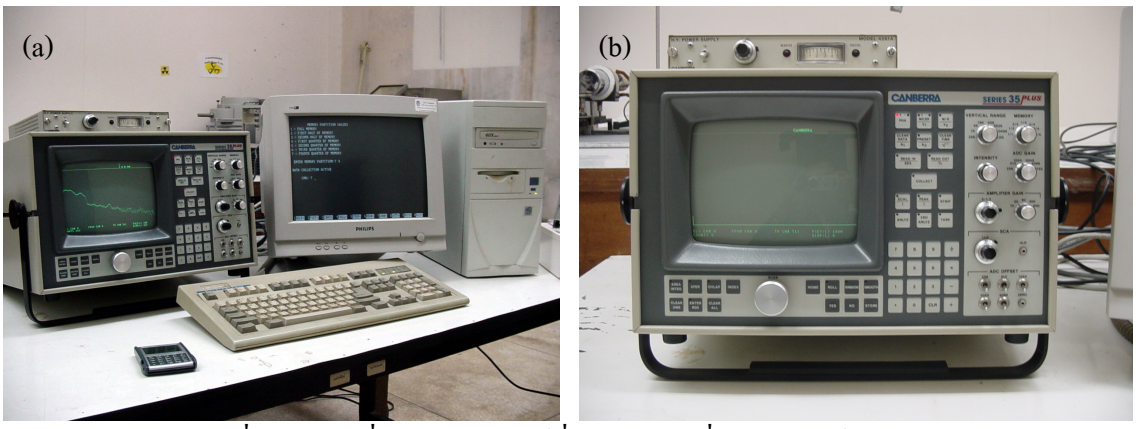
4 แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาซีเซียม – 137 (Cs – 137) แบบแท่งความแรงรังสี 15 mCi (Amersham) และแบบเม็ดกระดุมความแรงรังสี 5 μ Ci (Oxford) และแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาโคบอลท์ – 60 (Co – 60) แบบเม็ดกระดุมความแรงรังสี 1 μ Ci (Oxford)

5 ปากคีบรูปตัวซี (C – camp) และคีมคีบสาร (Forceps)

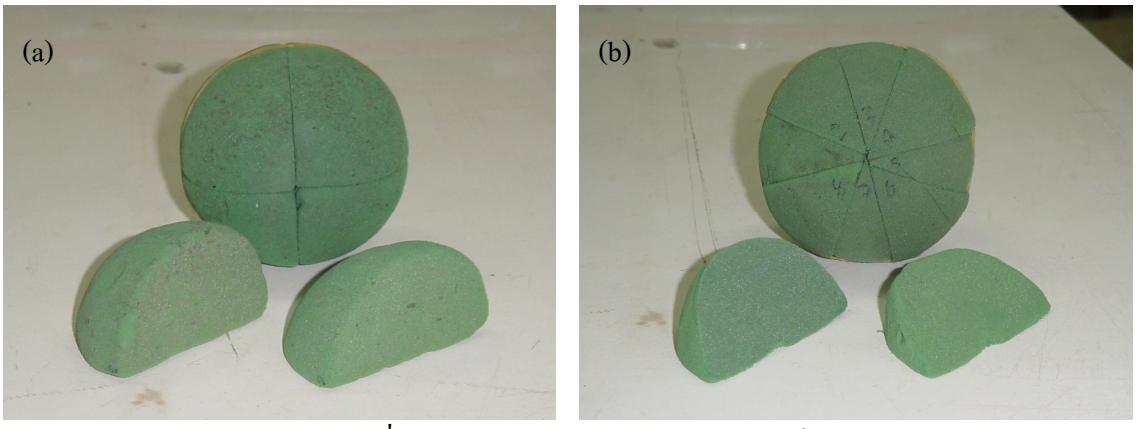
6 ชุดกำบังรังสี (Shielding) และชุดท่อบีบรังสี (Collimator)

7 ชุดแท่นวางตัวอย่าง และตัวกำหนดตำแหน่งของหัววัดในการวัดรังสีแกมมาที่มุมกระเจิงต่างๆ

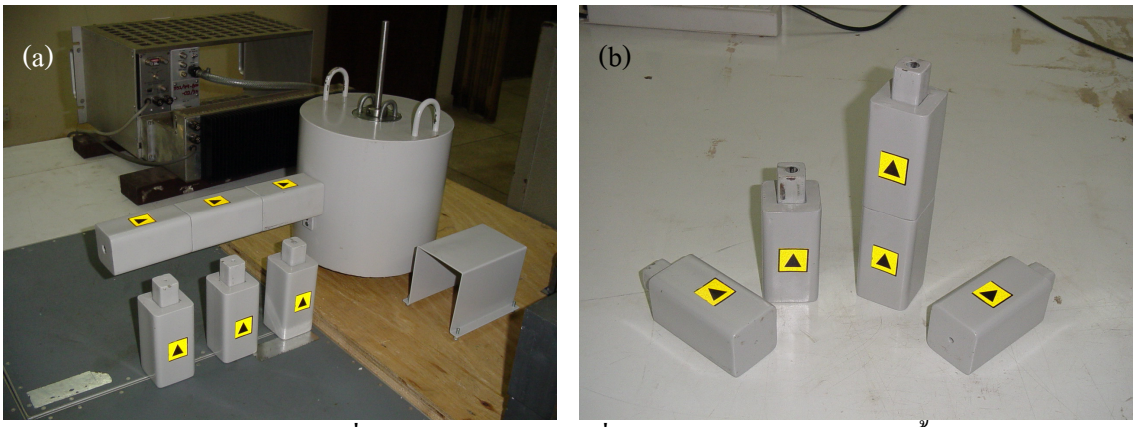
8 ชุดระบบวัดรังสีแกมมา ซึ่งประกอบไปด้วย หัววัดชนิดเปล่งแสงวับ NaI(Tl) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.5 cm Canberra Model 802 – 4, แหล่งจ่ายความต่างศักย์สูง (HVPS) Ortec Model 556 และเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง (MCA) Canberra Model Series 35 Plus



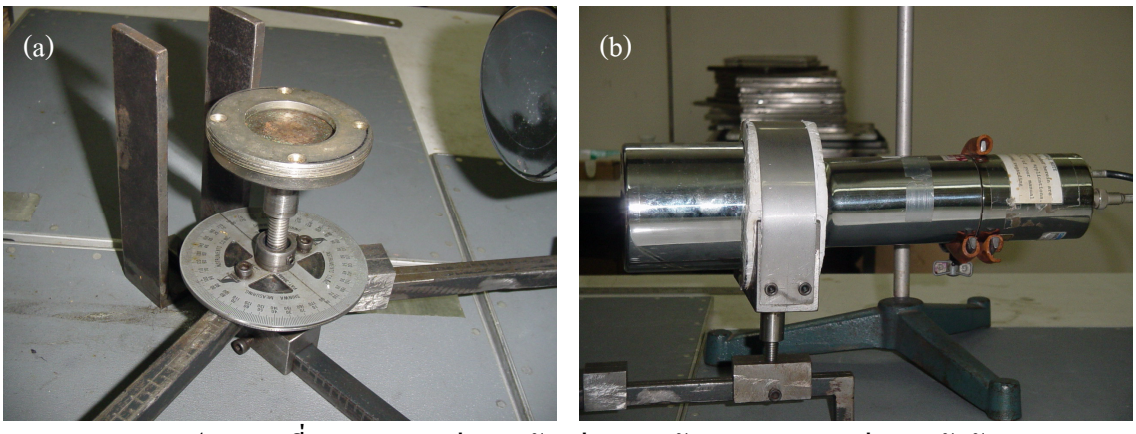
ภาพประกอบที่ 3.1 (a) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง
(b) เครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง Canberra Model Series 35 Plus



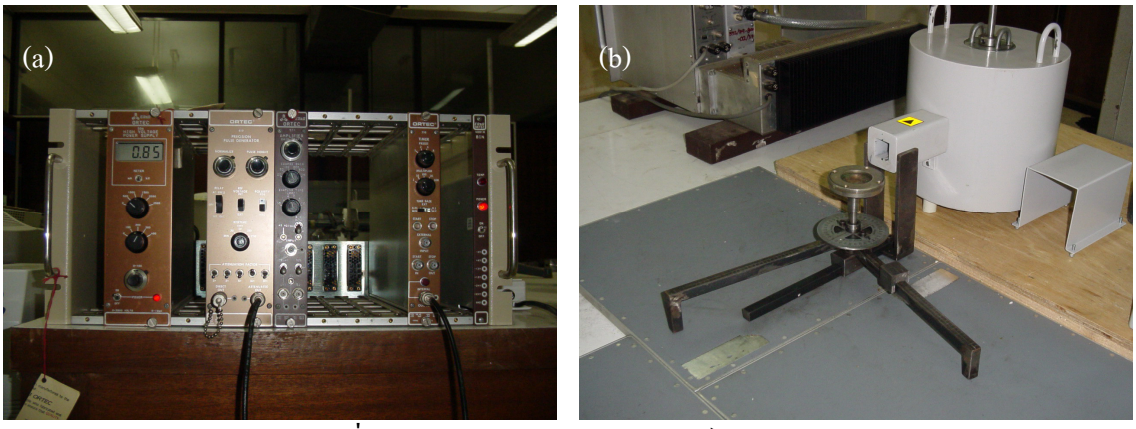
ภาพประกอบที่ 3.2 (a) แบบจำลองผลส้มแบบแบ่งเป็น 4 ส่วน
(b) แบบจำลองผลส้มแบบแบ่งเป็น 8 ส่วน



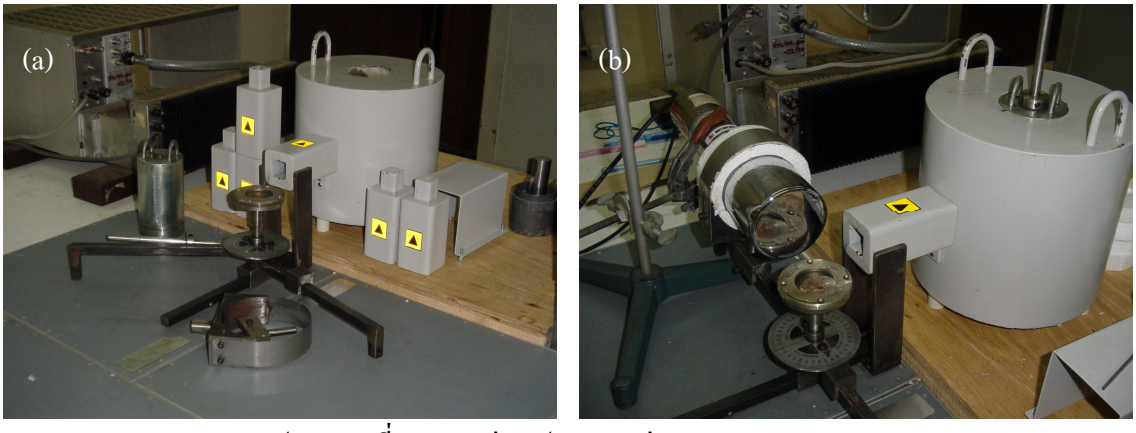
ภาพประกอบที่ 3.3 (a) ชุดกำบังรังสีซึ่งต่ออยู่กับชุดท่อบีบรังสี 3 ชิ้น
(b) ชุดท่อบีบรังสี



ภาพประกอบที่ 3.4 (a) ชุดแท่นวางตัวอย่าง และตัวกำหนดตำแหน่งของหัววัด
(b) หัววัดชนิดเปล่งแสงวับ NaI(Tl) Canberra Model 802 – 4



ภาพประกอบที่ 3.5 (a) แหล่งจ่ายความต่างศักย์สูง Ortec Model 556
(b) ชุดกำบังรังสีที่ประกอบกับชุดท่อบีบรังสี 1 ชิ้น
ขณะประกอบกับชุดแท่นวางตัวอย่าง



ภาพประกอบที่ 3.6 (a) ส่วนประกอบต่างๆ ของชุดการทดลอง
(b) การจัดอุปกรณ์ในการวัดมุมกระเจิง 90 องศา

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การศึกษา และคำนวณหาความหนาของชุดกำบังรังสี

เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการทดลองคือ ซีเซียม – 137 ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 cm ยาว 2 cm โดยความยาวของสารรังสีภายในมีค่าเท่ากับ 1.35 cm และมีค่าความแรงรังสีเท่ากับ 15 mCi (ค.ศ. 1980) แต่ในปัจจุบัน (ค.ศ. 2002) ความแรงรังสีมีค่าลดลงเหลือเพียง 9.25 mCi สำหรับรังสีสมมูล (Dose equivalent) ที่ผิวของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามีค่าเท่ากับ 78.46 rem/hr แต่ระดับปริมาณรังสีสูงสุดที่มนุษย์รับได้ในระยะเวลา 1 ปี คือ 20 mSv หรือเท่ากับ $2.28\text{x}10^{-4}$ rem/hr ดังนั้นจึงจำเป็นต้องออกแบบชุดกำบังรังสีเพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการทดลอง โดยความหนาของชุดกำบังรังสีสามารถคำนวณได้ดังนี้

อาศัยสมการ

$$\phi_{\text{b}} = \frac{\text{S}}{4\pi\text{R}} \sum \text{A}_{\text{n}} \left\{ \text{F}\left[\theta_1, \left(1+\alpha_{\text{n}}\right)\mu\text{R}\right] + \text{F}\left[\theta_2, \left(1+\alpha_{\text{n}}\right)\mu\text{R}\right] \right\} \tag{3.1}$$

และ

$$\phi_{\text{b}} = \frac{\dot{\text{X}}}{0.0659\left[\text{E}\left(\mu_{\text{a}}/\rho\right)^{\text{air}}\right]} \tag{3.2}$$

โดยที่ ϕ_{b} คือ Buildup flux มีหน่วยเป็น γ – rays/cm$^2\cdot$s

S คือ ความแรงรังสีต่อความยาวของแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น γ – rays/cm$\cdot$s

R คือ ความหนาของชุดกำบังรังสี มีหน่วยเป็น cm

A_{n} และ α_{n} เป็นฟังก์ชันที่ขึ้นกับพลังงานในหน่วย MeV

$\text{F}\left[\theta_n, \left(1+\alpha_{\text{n}}\right)\mu\text{R}\right]$ คือ Sievert integral function

$\dot{\text{X}}$ คือ อัตราของรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง (Exposure rate) มีหน่วยเป็น mR/hr

E คือ พลังงานของรังสีแกมมา มีหน่วยเป็น MeV

μ_{a} คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืน มีหน่วยเป็น cm^{-1}

ρ คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็น g/cm^3

จากสมการ (3.2) สามารถหาค่าของ $(\mu_a/\rho)^{air}$ ได้ดังนี้

เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้คือ ซีเซียม – 137 ซึ่งให้รังสีแกมมาพลังงาน 0.66 MeV และวัสดุที่เลือกใช้ในการทำชุดกำบังรังสีคือ ตะกั่ว ดังนั้นจากตารางที่ ง.4 ในภาคผนวก ง จะได้ว่า

ที่พลังงาน 0.6 MeV ; (μ_a/ρ) = 0.0738 cm^2/g

และที่พลังงาน 0.7 MeV ; (μ_a/ρ) = 0.0505 cm^2/g

ดังนั้นที่พลังงาน 0.66 MeV ; (μ_a/ρ) = 0.06681 cm^2/g

นั่นคือ (μ_a/ρ) ที่พลังงาน 0.66 MeV มีค่าเท่ากับ 0.06681 cm^2/g

แต่เนื่องจากระดับปริมาณรังสีสูงสุดที่รับได้ในระยะเวลา 1 ปี คือ 20 mSv ซึ่งสามารถแปลงไปเป็นหน่วย rem/hr ได้ดังนี้

$$20\ \text{mSv/year} = 2\text{rem/year} = 2.2831\text{x}10^{-4}\ \text{rem/hr}$$

และเนื่องจาก 1 rem เท่ากับ 0.96 R จะได้ว่า

$$2.2831\text{x}10^{-4}\ \text{rem/hr} = 2.1918\text{x}10^{-4}\ \text{R/hr} = 0.2192\ \text{mR/hr}$$

ดังนั้น

$$\phi_b = \frac{\dot{X}}{0.0659\left[E(\mu_a/\rho)^{air}\right]}$$

$$= \frac{0.2192}{0.0659\left[0.66(0.06681)\right]}$$

$$\phi_b = 75.4344\ \ \gamma - \text{rays/cm}^2 \cdot \text{s} \qquad (3.3)$$

สามารถกระจายสมการ (3.1) ได้ใหม่ดังนี้

$$\phi_b = \frac{S}{4\pi R}\Big\langle A_1\left\{F\left[\theta_1,(1+\alpha_1)\mu R\right] + F\left[\theta_2,(1+\alpha_1)\mu R\right]\right\}$$

$$+A_2\left\{F\left[\theta_1,(1+\alpha_2)\mu R\right] + F\left[\theta_2,(1+\alpha_2)\mu R\right]\right\}\Big\rangle \qquad (3.4)$$

กำหนดให้ θ_1 เท่ากับ θ_2 ซึ่งเท่ากับ θ สมการ (3.4) จึงสามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$\phi_b = \frac{S}{4\pi R}\left\{2A_1 F\left[\theta,(1+\alpha_1)\mu R\right] + 2A_2 F\left[\theta,(1+\alpha_2)\mu R\right]\right\} \qquad (3.5)$$

อาศัยตารางที่ ง.3 ในภาคผนวก ง ทำให้สามารถหาค่า A_1, A_2 (A_2 เท่ากับ $1 - A_1$), α_1 และ α_2 ได้ดังนี้

ที่พลังงาน 0.5 MeV ; $A_1 = 1.677$, $\alpha_1 = -0.03084$ และ $\alpha_2 = 0.30941$
และที่พลังงาน 1.0 MeV ; $A_1 = 2.984$, $\alpha_1 = -0.03503$ และ $\alpha_2 = 0.13486$
ดังนั้นที่พลังงาน 0.66 MeV ; $A_1 = 2.095$, $\alpha_1 = -0.03218$ และ $\alpha_2 = 0.25355$
สามารถหาค่า A_2 ได้ดังนี้ $A_2 = 1 - A_1 = -1.095$

นั่นคือ A_1, A_2, α_1 และ α_2 ที่พลังงาน 0.66 MeV มีค่าเท่ากับ 2.095, - 1.095, - 0.03218 และ 0.25355 ตามลำดับ

แทนค่า A_1, A_2, α_1 และ α_2 ลงไปในสมการที่ 3.5 ได้ดังนี้

$$\phi_b = \frac{S}{4\pi R}\left\{2(2.095)F\left[\theta,(1-0.03218)\mu R\right] + 2(-1.095)F\left[\theta,(1+0.25355)\mu R\right]\right\}$$

ซึ่งสามารถจัดรูปได้ใหม่ดังนี้

$$\phi_b = \frac{S}{4\pi R}\left\{(4.19)F\left[\theta,0.96782\mu R\right] + (-2.19)F\left[\theta,1.25355\mu R\right]\right\} \qquad (3.6)$$

จากตารางที่ ง.5 ในภาคผนวก ง สามารถหาค่า μ ได้ดังนี้

ที่พลังงาน 0.6 MeV ; $(\mu/\rho) = 0.114$ cm^2/g
และที่พลังงาน 0.8 MeV ; $(\mu/\rho) = 0.0836$ cm^2/g
ดังนั้นที่พลังงาน 0.66 MeV ; $(\mu/\rho) = 0.1049$ cm^2/g
เนื่องจากความหนาแน่นของตะกั่ว (ρ) มีค่าเป็น 11.34 g/cm^3
ดังนั้น $\mu = (0.1049)\rho = 0.1049 \times 11.34 = 1.1896$ cm^{-1}

นั่นคือ μ ที่พลังงาน 0.66 MeV มีค่าเท่ากับ 1.1896 cm^{-1}

เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาซีเซียม – 137 (ค.ศ. 2002) มีค่าความแรงรังสีเท่ากับ 9.25 mCi หรือ 0.342×10^{9} dps และความยาวของสารรังสีภายในแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามีค่าเท่ากับ 13.5 mm หรือ 1.35 cm จึงสามารถคำนวณหาค่า S ได้ดังนี้

$$S = \frac{0.342 \times 10^{9}}{1.35} = 0.2533 \times 10^{9}\ \gamma - \text{rays/cm} \cdot \text{s} \tag{3.7}$$

สามารถแทนค่า S จากสมการ (3.7) ลงในสมการ (3.6) ได้ดังนี้

$$\phi_b = \frac{0.2533 \times 10^{9}}{4\pi R}\left\{(4.19)F\left[\theta,(0.96782)\mu R\right] - (2.19)F\left[\theta,(1.25355)\mu R\right]\right\} \tag{3.8}$$

จากนั้นแทนค่า ϕ_b ในสมการ (3.8) จากสมการ (3.3) ได้ดังนี้

$$75.4344 = \frac{0.2533 \times 10^{9}}{4\pi R}\left\{(4.19)F\left[\theta,(0.96782)\mu R\right] - (2.19)F\left[\theta,(1.25355)\mu R\right]\right\}$$

หรือสามารถเขียนได้ใหม่เป็น

$$75.4344 = \frac{\left(0.2533 \times 10^{9}\right)\mu}{4\pi\mu R}\left\{(4.19)F\left[\theta,(0.96782)\mu R\right] - (2.19)F\left[\theta,(1.25355)\mu R\right]\right\}$$

และเนื่องจาก μ เท่ากับ 1.1896 cm^{-1} ดังนั้นจะได้ว่า

$$75.4344 = \frac{(0.2533 \times 10^{9})(1.1896)}{4\pi\mu R}\left\{(4.19)F\left[\theta,(0.96782)\mu R\right] - (2.19)F\left[\theta,(1.25355)\mu R\right]\right\}$$

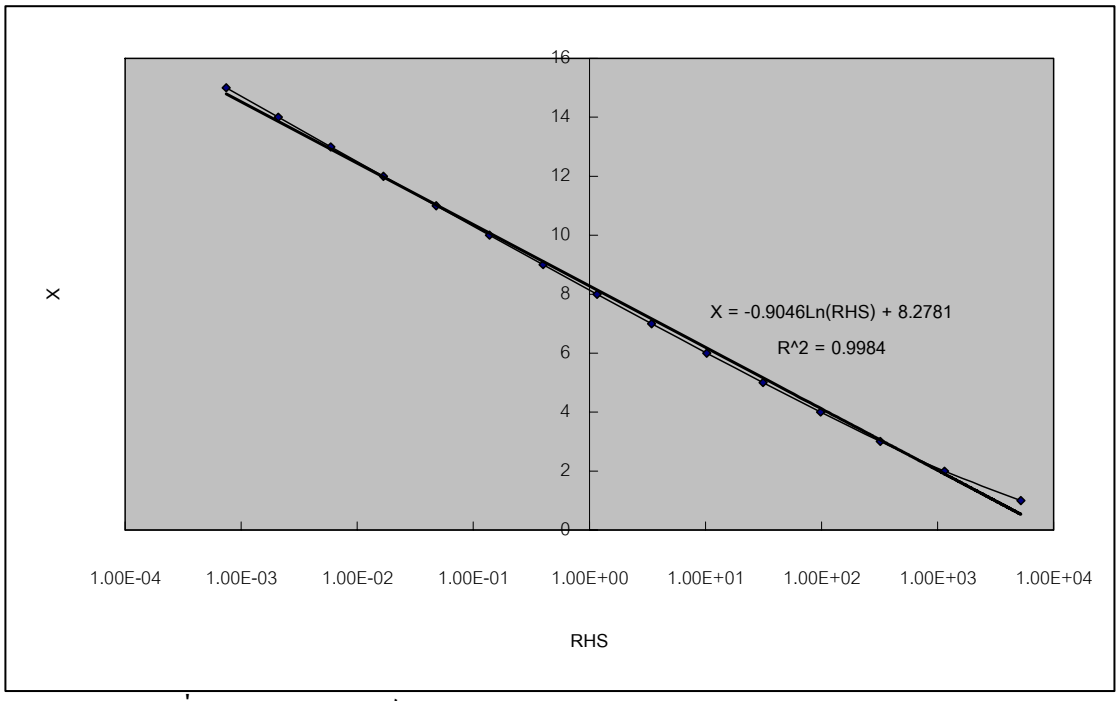
$$1 = \frac{0.3179 \times 10^{6}}{\mu R}\left\{(4.19)F\left[\theta,(0.96782)\mu R\right] - (2.19)F\left[\theta,(1.25355)\mu R\right]\right\} \tag{3.9}$$

กำหนดให้ μR เท่ากับ X สมการ (3.9) จึงสามารถเขียนได้ใหม่ดังนี้

$$1=\frac{0.3179\times10^{6}}{\mathrm{X}}\left\{(4.19)\mathrm{F}\left[\theta,(0.96782)\,\mathrm{X}\right]-(2.19)\mathrm{F}\left[\theta,(1.25355)\,\mathrm{X}\right]\right\} \qquad (3.10)$$

แต่เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการทดลองมีความยาวค่อนข้างน้อย จึงอาศัยข้อมูลจากภาพประกอบที่ ง.1 ใน ภาคผนวก ง ที่มุม 1 องศา ในการหาค่า $\mathrm{F}\left[\theta_{n},(1+\alpha_{\mathrm{n}})\,\mu\mathrm{R}\right]$ ซึ่งเมื่อแทนค่าดังกล่าวลงไปในสมการ (3.10) และนำข้อมูลที่แทนค่าไปเขียนกราฟดังภาพประกอบที่ 3.7 จะทำให้ได้ความสัมพันธ์ออกมาดังนี้

$$\mathrm{X}=-0.9046\ln(\mathrm{RHS})+8.2781 \qquad (3.11)$$



ภาพประกอบที่ 3.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง RHS และ R ของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาซีเซียม – 137 ซึ่งมีค่าความแรงรังสีเท่ากับ 9.25 mCi

เมื่อ RHS (Right hand side of the equation) คือ วิธีการแก้สมการโดยการทำให้ตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการทราบค่าอยู่ในด้านขวามือของสมการ สำหรับด้านซ้ายมือของสมการจะทำให้มีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นนำตัวเลขต่างๆ แทนในตัวแปรทางด้านขวามือของสมการ และเขียนกราฟหาตำแหน่งที่มีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งจะทำให้สามารถหาค่าของตัวแปรที่ต้องการทราบค่าได้

จากสมการ (3.11) สามารถคำนวณหาค่า R ที่ RHS เท่ากับ 1 ได้ดังนี้คือ ที่ RHS เท่ากับ 1 ค่าของ ln(RHS) จะเท่ากับ 0 ดังนั้น X จึงมีค่าเท่ากับ 8.2781 และเนื่องจาก X เท่ากับ μR ทำให้สามารถหาค่า R ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} X &= \mu R \\ 8.2781 &= (1.1896)R \\ R &= 6.9587\,\text{cm} \end{aligned} \tag{3.12}$$

นั่นคือ ความหนาของตะกั่วที่ใช้ทำชุดกำบังรังสีจะต้องมีค่าประมาณ 7 cm

3.2.2 การปรับเทียบช่องพลังงานของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง

เพื่อทำให้ทราบถึงพลังงาน และตำแหน่งของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากเป้าเข้าสู่หัววัดซึ่งแสดงผลด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องจำเป็นต้องมีการปรับเทียบหมายเลขช่องกับพลังงานของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องโดยมีวิธีการดังนี้

1 ตั้งค่าแหล่งจ่ายกำลังความต่างศักย์สูงให้จ่ายศักย์ไฟฟ้า 800 V

2 ตั้งค่าต่างๆ ของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องดังนี้

- Polarity ตั้งค่าเป็น +
- ตั้งค่าให้ควบคุมได้แบบ Remote
- Shaping ตั้งค่าเป็น 1
- Coarse gain ตั้งค่าเป็น 1
- Fine gain ตั้งค่าเป็น 4.5
- Vertical range ตั้งค่าเป็น Log
- Memory ตั้งค่าเป็น 1/4
- ADC gain ตั้งค่าเป็น 1024
- Amplifier gain ตั้งค่าเป็น 0.3 และ 30
- SCA ตั้งค่า LLD เป็น 0

3 ตั้งเวลาในการตรวจนับรังสีเป็น 300 s

4 นำแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาซีเซียม – 137 และโคบอลท์ – 60 แบบเม็ดกระดุมมาทำการตรวจนับ โดยให้หน้าตัดของแหล่งกำเนิดรังสีขนานกับหัววัด

5 บันทึกข้อมูลที่ได้จากเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่อง

6 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 5 มาพิจารณาหาความสัมพันธ์ของหมายเลขช่องกับพีคพลังงานหลักที่ปรากฏ

7 เขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ของหมายเลขช่องกับพลังงาน

3.2.3 การหาค่ารังสีภูมิหลัง

รังสีแกมมาเป็นรังสีที่พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ดังนั้นในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับรังสีแกมมาถ้าต้องการทราบถึงค่าจำนวนนับที่แท้จริง (ค่าจำนวนนับสุทธิ) จากแหล่งกำเนิดรังสีนั้นๆ จะต้องทำการวัดค่ารังสีภูมิหลัง และนำไปหักลบจากค่ารังสีแกมมาที่วัดได้จากการทดลอง โดยขั้นตอนในการวัดรังสีภูมิหลังมีดังนี้

1 กำหนดค่าต่างๆ ตามข้อ 1, 2 และ 3 ของหัวข้อ 3.2.2

2 เก็บข้อมูลรังสีภูมิหลังด้วยการทำซ้ำ 20 ครั้ง โดยไม่ต้องบรรจุแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาลงไปในชุดกำบังรังสี

3 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 2 ไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้ในการหาจำนวนนับที่แท้จริงของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากเป้า

3.2.4 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการจัดวางระบบวัดรังสีแกมมา

ตัวแปรสำคัญของระบบวัดรังสีแกมมาที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ด้วยกัน 3 ตัว คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดท่อบีบรังสี, ระยะห่างระหว่างปลายของชุดท่อบีบรังสีกับเป้า และเป้ากับหัววัด และมุมที่ใช้จัดวางหัววัดในการวัดรังสีแกมมา ซึ่งขั้นตอนในการหาเงื่อนไขดังกล่าวมีดังนี้

3.2.4.1 การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชุดท่อบีบรังสีที่เหมาะสม

1 กำหนดค่าต่างๆ ตามข้อ 1, 2 และ 3 ของหัวข้อ 3.2.2

2 ต่อชุดท่อบีบรังสีจำนวน 2 ชิ้น เข้ากับชุดกำบังรังสี โดยเลือกใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดในชิ้นที่ 2 เท่ากับ 1 mm

3 ใช้โลหะทรงกระบอกเป็นเป้าโดยจัดวางที่ระยะ 5 cm จากปลายของชุดท่อบีบรังสี

4 จัดวางหัววัดให้อยู่ห่างจากเป้า 5 cm โดยกำหนดให้หัววัดทำมุม 90 องศา กับเส้นทางเดินรังสีแกมมา

5 ฉายรังสีจากชุดกำบังรังสีไปยังเป้า

6 เก็บข้อมูลของรังสีที่กระเจิงจากเป้าด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องโดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำ 10 ครั้ง

7 ทำซ้ำข้อ 5 และ 6 โดยเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดเป็น 3, 5 และ 10 mm

8 นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมในการจัดระบบวัด

3.2.4.2 การหาระยะห่างระหว่างปลายของชุดท่อบีบรังสีกับเป้า และเป้ากับหัววัด และมุมที่ใช้จัดวางหัววัดในการวัดรังสีแกมมาที่เหมาะสม

1 กำหนดค่าต่างๆ ตามข้อ 1, 2 และ 3 ของหัวข้อ 3.2.2

2 ต่อชุดท่อบีบรังสีจำนวน 1 ชิ้น เข้ากับชุดกำบังรังสี โดยเลือกใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิดเท่ากับ 10 mm

3 ใช้ส้มเป็นเป้าโดยจัดวางที่ระยะ 5 cm จากปลายของชุดท่อบีบรังสี

4 จัดวางหัววัดให้อยู่ห่างจากเป้า 5 cm โดยกำหนดให้หัววัดทำมุม 0 องศา กับเส้นทางเดินรังสีแกมมา (จัดวางหัววัดให้อยู่ในตำแหน่งที่ตรงกันกับปลายของชุดท่อบีบรังสี)

5 ฉายรังสีจากชุดกำบังรังสีไปยังเป้า

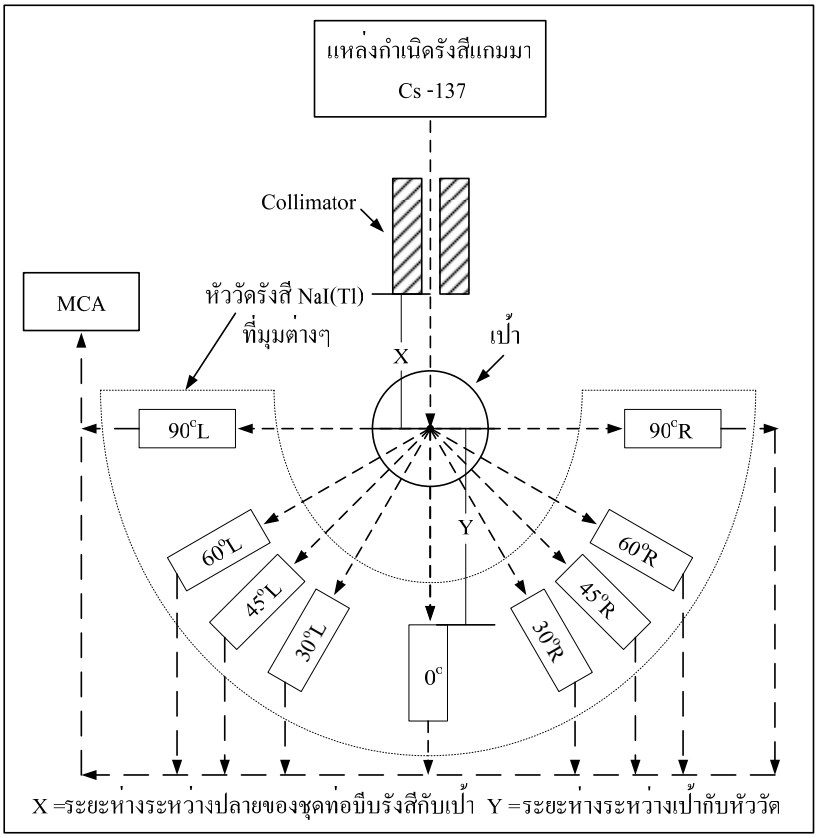
6 เก็บข้อมูลของรังสีที่กระเจิงจากเป้าด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องโดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำ 5 ครั้ง

7 ทำซ้ำข้อ 5 และ 6 โดยเปลี่ยนตำแหน่งของหัววัดให้ทำมุม 30, 45, 60 และ 90 องศา ทั้งด้านซ้าย และขวาของเส้นทางเดินรังสี

8 เปลี่ยนระยะห่างระหว่างเป้ากับหัววัดจาก 5 cm เป็น 10 cm จากนั้นทำซ้ำ ข้อ 5 ถึง 7

9 ทำซ้ำ ข้อ 4 ถึง 8 โดยเปลี่ยนระยะห่างระหว่างชุดท่อบีบรังสีกับเป้าเป็น 10 cm

10 นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบเพื่อหาความเหมาะสมในการจัดระบบวัด



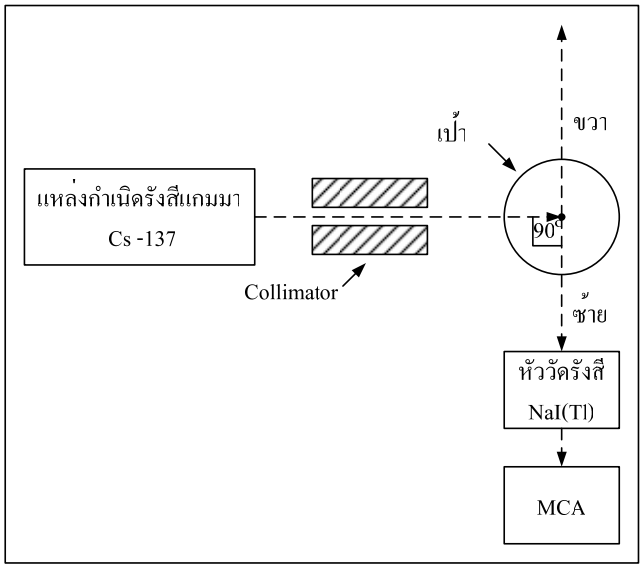
ภาพประกอบที่ 3.8 ลักษณะการจัดวางระบบวัดรังสีแกมมาในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม

3.2.5 การหาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคการกระเจิงแบบคอมป์ตันของรังสีแกมมาในการตรวจสอบคุณภาพผลไม้

เนื่องจากเทคนิคการกระเจิงแบบคอมพ์ตันของรังสีแกมมามีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของวัตถุที่ใช้เป็นเป้าจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เทคนิคดังกล่าวตรวจสอบคุณภาพผลไม้ โดยจะอาศัยแบบจำลองที่ทำขึ้นจากโอเอซิซเพื่อหาความเป็นไปได้ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1 กำหนดค่าต่างๆ ตามข้อ 1, 2 และ 3 ของหัวข้อ 3.2.2

2 จัดวางระบบวัดรังสีแกมมาโดยอาศัยผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 3.2.4 ซึ่งลักษณะการจัดวางสามารถแสดงได้ดังภาพประกอบที่ 3.9



ภาพประกอบที่ 3.9 ลักษณะการจัดวางระบบวัดรังสีแกมมาในการทดลอง

3 จัดวางแบบจำลองโดยหันด้านบนเข้าหาท่อบีบรังสี

4 ใช้แบบจำลองที่มีปริมาณความฟ่าม 100 % เป็นเป้า

5 ฉายรังสีจากชุดกำบังรังสีไปยังเป้า

6 เก็บข้อมูลของรังสีที่กระเจิงจากเป้าด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องโดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำ 5 ครั้ง ทั้งด้านซ้าย และขวาของเป้า

7 เปลี่ยนปริมาณความฟ่ามเป็น 87.5 % จากนั้นทำซ้ำข้อ 5 และ 6

8 เปลี่ยนตำแหน่งของแบบจำลอง จากนั้นทำซ้ำข้อ 5 และ 6 โดยความฟ่ามปริมาณ 87.5 % จะทำการเก็บข้อมูล 8 ตำแหน่ง

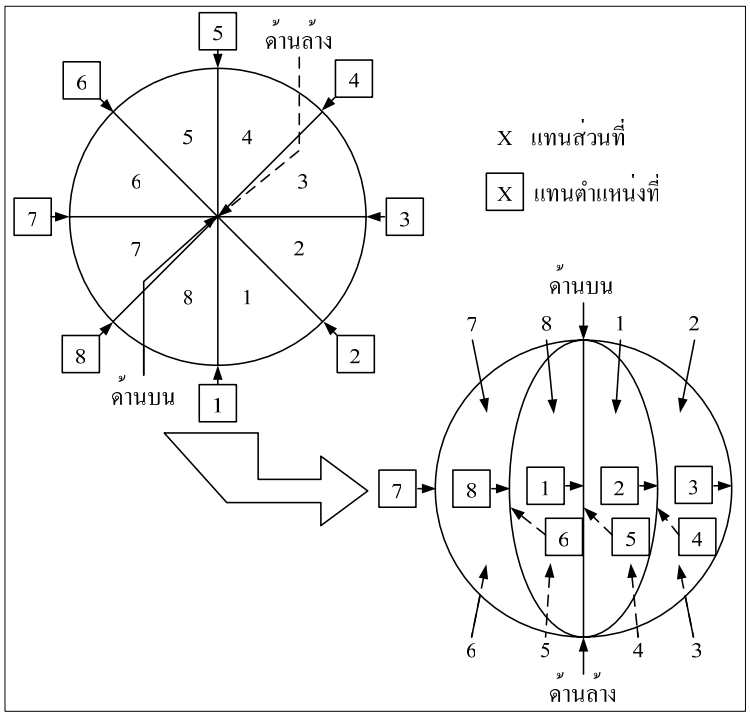
9 เปลี่ยนปริมาณความฟ่ามเป็น 75, 50, 25 และ 0 % จากนั้นทำซ้ำข้อ 5, 6 และ 8 โดยระดับความฟ่าม 75, 50 และ 25 % จะทำการเก็บข้อมูล 4 ตำแหน่ง และปริมาณความฟ่าม 0 %จะทำการเก็บข้อมูลเพียงตำแหน่งเดียวเช่นเดียวกับกรณีปริมาณความฟ่าม 100 %

10 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปหาค่าจำนวนนับสุทธิของรังสีแกมมา โดยการหักลบด้วยค่าเฉลี่ยของรังสีภูมิหลังที่ได้จากหัวข้อ 3.2.3

11 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนนับสุทธิของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากแบบจำลองในแต่ละชุดข้อมูลที่ตำแหน่งต่างๆ

12 นำจำนวนนับสุทธิเฉลี่ยที่ได้ในด้านซ้าย และขวาของตำแหน่งเดียวกันของแบบจำลองมาหักลบกัน เพื่อทราบถึงผลต่างของจำนวนนับสุทธิเฉลี่ยของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากแบบจำลองทั้ง 2 ด้าน

13 จัดกลุ่มข้อมูลที่มีความฟ่ามระดับเดียวกันเป็นกลุ่มเดียวกัน และเปรียบเทียบกลุ่มข้อมูลข้างต้นโดยอาศัยการทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันแบบที เพื่อทราบถึงความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลดังกล่าว



ภาพประกอบที่ 3.10 ตัวอย่างในการแบ่งส่วน และตำแหน่งของแบบจำลองที่มีปริมาณความฟ่าม 87.5 %

3.2.6 การศึกษา และหาความแตกต่างของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันของผลไม้

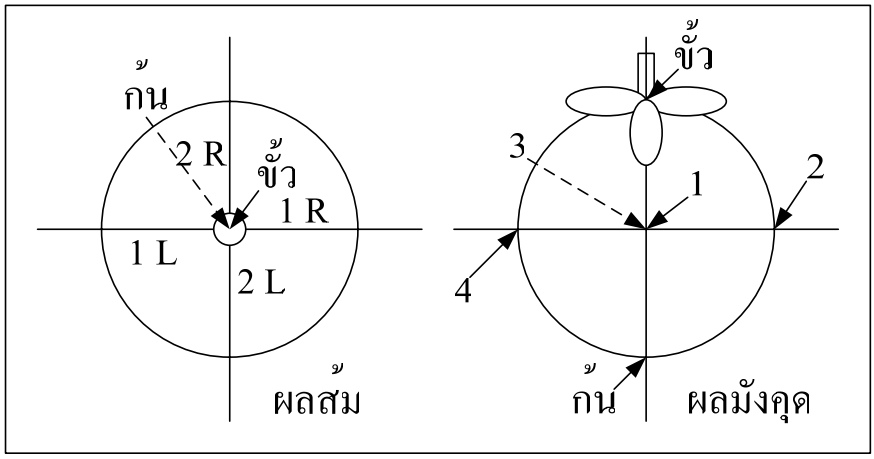
วิธีการทดลองเพื่อหาความแตกต่างของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากเนื้อเยื่อที่แตกต่างกันของผลไม้มีขั้นตอนดังนี้

1 กำหนดค่าต่างๆ ตามข้อ 1, 2 และ 3 ของหัวข้อ 3.2.2

2 จัดวางระบบวัดรังสีแกมมาโดยอาศัยผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 3.2.4

3 จัดวางตัวอย่างตามชนิดของผลไม้ได้ดังนี้

- ส้ม แบ่งตำแหน่งตามยาวจากขั้วถึงก้นของผล โดยแบ่งออกเป็นด้านขั้ว และก้น ด้านละ 2 ตำแหน่ง ห่างกัน 90 องศา รวมเป็น 4 ตำแหน่ง และจัดวางผลส้มให้ขั้วหรือก้นหันเข้าหาท่อบีบรังสี
- มังคุด แบ่งตำแหน่งตามยาวจากขั้วถึงก้นของผล โดยแบ่งออกเป็น 4 ตำแหน่ง ห่างกัน 90 องศา และทำการจัดวางผลมังคุดด้วยการหันขั้วขึ้นด้านบน



ภาพประกอบที่ 3.11 ตัวอย่างในการแบ่งส่วน และตำแหน่งของผลส้ม และมังคุด

4 ฉายรังสีจากชุดกำบังรังสีไปยังเป้า

5 เก็บข้อมูลของรังสีที่กระเจิงจากเป้าด้วยเครื่องวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องโดยทำการเก็บข้อมูลซ้ำ 5 ครั้ง ทั้งด้านซ้าย และขวาของเป้า

6 เปลี่ยนตำแหน่งของตัวอย่าง จากนั้นทำซ้ำข้อ 4 และ 5 จนครบทั้ง 4 ตำแหน่ง

7 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปหาค่าจำนวนนับสุทธิของรังสีแกมมา โดยการหักลบด้วยค่าเฉลี่ยของรังสีภูมิหลังที่ได้จากหัวข้อ 3.2.3

8 หาค่าเฉลี่ยของจำนวนนับสุทธิของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากตัวอย่างในแต่ละชุดข้อมูลที่ตำแหน่งต่างๆ

9 นำจำนวนนับสุทธิเฉลี่ยที่ได้ในด้านซ้าย และขวาของตำแหน่งเดียวกันของตัวอย่างมาหักลบกัน เพื่อทราบถึงผลต่างของจำนวนนับสุทธิเฉลี่ยของรังสีแกมมาที่กระเจิงจากตัวอย่างทั้ง 2 ด้าน

10 จับคู่ผลต่างของจำนวนนับสุทธิเฉลี่ยของรังสีแกมมาที่ได้จากข้อ 8 กับลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้ซึ่งทราบได้จากการผ่าพิสูจน์ โดยลักษณะเนื้อเยื่อของผลไม้ทั้ง 2 ชนิด สามารถแบ่งได้ดังนี้

- ส้ม แบ่งเนื้อเยื่อออกเป็น 2 ประเภท คือ เนื้อปกติ และเนื้อฟ่าม
- มังคุด แบ่งเนื้อเยื่อออกเป็น 4 ประเภท คือ เนื้อปกติ เมล็ดใหญ่ เนื้อแก้วยางไหล และเนื้อเน่า

11 จัดกลุ่มข้อมูลของผลไม้แต่ละชนิดที่มีลักษณะเนื้อเยื่อแบบเดียวกันเป็นกลุ่มเดียวกัน และเปรียบเทียบกลุ่มข้อมูลข้างต้นโดยอาศัยการทดสอบหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยสองค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันแบบที เพื่อทราบถึงความแตกต่างของกลุ่มข้อมูลดังกล่าว