

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1. เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ SIEMEN รุ่น SOMATOM
2. เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE รุ่น PROSPEEDSX
3. เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป Toshiba KXO – 15R 150 kVp 320 mA
4. Scanning Electron Microscope (SEM)
5. เครื่องปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต
6. เครื่องวัดรังสี Victoreen Nero Max Model 8000
7. เครื่องวัดรังสี CAPINTEC Exposure meter Model 192
8. Һุ่นจำลองอะคริลิกขนาด 16 เซนติเมตร
9. Һุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อส่วนศีรษะ
10. ตลับฟิล์มยี่ห้อ OKAMOTO Model Green PL-B ขนาด 8×10 นิ้ว
11. แผ่นฟิล์มยี่ห้อ KONICA ขนาด 8×10 นิ้ว
12. Dose Area Product (DAP) Dose Guard Model 100
13. เครื่องวัดความดำภาพรังสี Model X-Rite 301
14. เครื่องชั่งสาร (Laboratory analytical balance)
15. อุปกรณ์บดสาร (Mortar and pestle)
16. แผ่นแก้วใส ขนาด 11× 11 ตารางเซนติเมตร
17. เครื่องกวนสารละลายด้วยแม่เหล็กและแท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic stirrer and Magnetic bar)
18. แก้วปากก (Beaker)
19. หลอดฉีดสารละลาย (Syringe)
20. เทปกาว (Tapes)
21. โปรแกรม MATLAB 7.0

สารเคมี

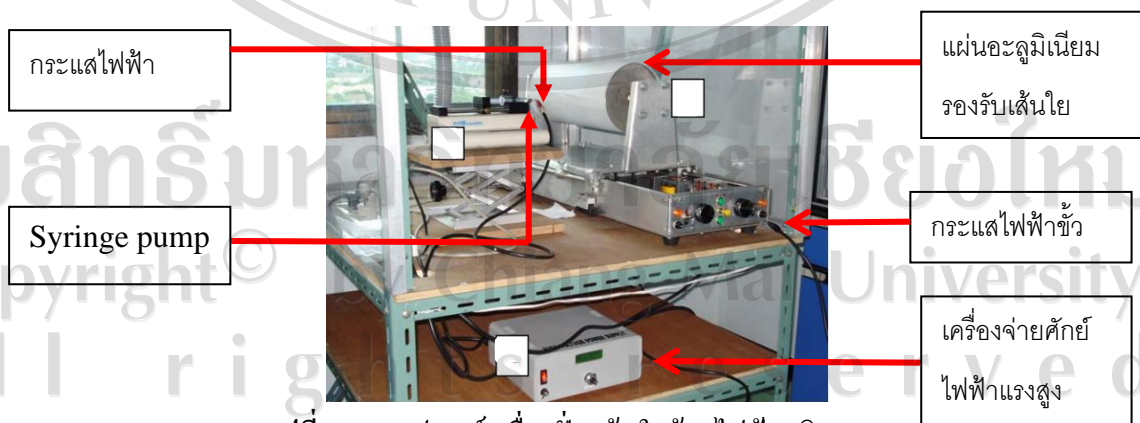
1. N , N'- Dimethylacetamide (DMAc)
2. Polyvinylidene fluoride (PVDF) Molecular weight 144,000 g/mol
3. Acetone
4. Polyvinyl alcohol (PVA) Molecular weight 100,000 g/mol
5. BV Anionic surfactant
6. Barite (BaSO₄)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การผลิตเส้นใยนาโนโดยเตรียมสารละลาย Polyvinylidene fluoride (PVDF) [21]

เตรียมสารละลาย PVDF เข้มข้นร้อยละ 19 โดยน้ำหนัก ในตัวทำละลายผสม DMAc/Acetone อัตราส่วน 40/60 โดยชั่ง PVDF 0.95 กรัม เติมตัวทำละลาย DMAc 1.62 กรัม และตัวทำละลาย Acetone 2.43 กรัม นำมาผสมกันทั้งหมด แล้วกวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็กที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนสารละลาย PVDF ละลายเป็นเนื้อเดียวกันจึงนำออกมาวางพักไว้อย่างน้อยครึ่งชั่วโมง

3.2.2 การเตรียมเส้นใย PVDF โดยเทคนิคการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต [21]



รูปที่ 17 ชุดอุปกรณ์เครื่องปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต[19]

ต่อชุดอุปกรณ์การปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตดังรูปที่ 17 เพื่อฉีดเส้นใย PVDF ด้วยเข็มขนาด 22G ให้ศักย์ไฟฟ้าขั้วบวกแก่สารละลาย PVDF โดยต่อขั้วบวกที่ปลายเข็ม และให้ศักย์ไฟฟ้าลบแก่แผ่นอะลูมิเนียมรองรับเส้นใย โดยต่อขั้วลบที่ฉากอะลูมิเนียมรองรับเส้นใย

ใช้หลอดฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร ดูดสารละลาย PVDF เข้มข้นร้อยละ 19 โดยน้ำหนัก ที่เตรียมไว้จนได้สารละลายปริมาตร 3 มิลลิลิตร เช็ดทำความสะอาดสารละลายที่ติดที่ปลายหลอดฉีดยาออกเพื่อป้องกันการอุดตันขณะปั่นเส้นใยแล้วต่อปลายหลอดฉีดยาด้วยเข็มโลหะปลายมนขนาด 22G จากนั้นต่อหลอดฉีดยาเข้ากับอุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารละลาย ตั้งค่าข้อมูลในเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย ได้แก่ ปริมาตรสารละลายในหลอดฉีดยา และปรับอัตราการไหลของสารละลายเป็น 1.0 มิลลิลิตร/ชั่วโมง กำหนดระยะห่างระหว่างปลายเข็มถึงฉากรับ 10 เซนติเมตร ศักย์ไฟฟ้า 10 kV ต่อขั้วบวกที่ปลายเข็มโลหะและต่อขั้วลบที่ฉากรับโลหะ เปิดเครื่องควบคุมอัตราการไหลของสารละลายและเครื่องให้ศักย์ไฟฟ้า ตั้งความเร็วการหมุนของฉากรับที่ 100 รอบต่อนาที ฉีดเส้นใยลงบนฉากรับเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.2.3 การเคลือบเส้นใยนาโน PVDF ด้วยสารแขวนลอย $BaSO_4$ ในสารละลาย PVA เข้มข้น ร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก

นำแผ่นเส้นใย PVDF ที่เตรียมจากข้อ 3.2.2 มาตัดเป็นแผ่นขนาด 11×11 ตารางเซนติเมตร นำแผ่นกระจกใสมาเช็ดทำความสะอาดด้วย Acetone วางแผ่นเส้นใย PVDF บนแผ่นแก้ว ติดเทปกาวด้านละ 4 ชั้น [21] บริเวณขอบของแผ่นเส้นใยเพื่อกำหนดความหนาของชั้นเคลือบเพราะเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นเทปกาวไม่ทำให้ชั้นผิวเคลือบมีความหนาเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการเคลือบแผ่นเส้นใยจึงติดเทปกาวหน้าด้านละ 4 ชั้น ชั่ง PVA 0.3 กรัม ใส่ลงในน้ำกลั่น 9.7 กรัม กวนด้วยแท่งกวนแม่เหล็กพร้อมให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจะได้เป็นสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง จากนั้นชั่งสาร $BaSO_4$ 7 กรัม เติมนลงในสารละลาย PVA เข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก เติมน BV surfactant 2 หยด กวนเป็นเวลา 30 นาที เพื่อลดค่าแรงตึงผิวของสารแขวนลอย $BaSO_4$ ดังนั้นสารแขวนลอย $BaSO_4$ จึงกระจายตัวทั่วพื้นผิวแผ่นเส้นใย เติมนสารแขวนลอย $BaSO_4$ ที่เตรียมไว้ลงบนแผ่นเส้นใยนาโน PVDF แล้วใช้แท่งแก้วเกลี่ยในทิศทางเดียวกันให้สารแขวนลอยกระจายตัวสม่ำเสมอบนผิวแผ่นเส้นใยนาโน นำไปตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควัน 24 ชั่วโมงเพื่อระเหยตัวทำละลาย

3.2.4 การทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตด้วยวิธีการวัดค่า

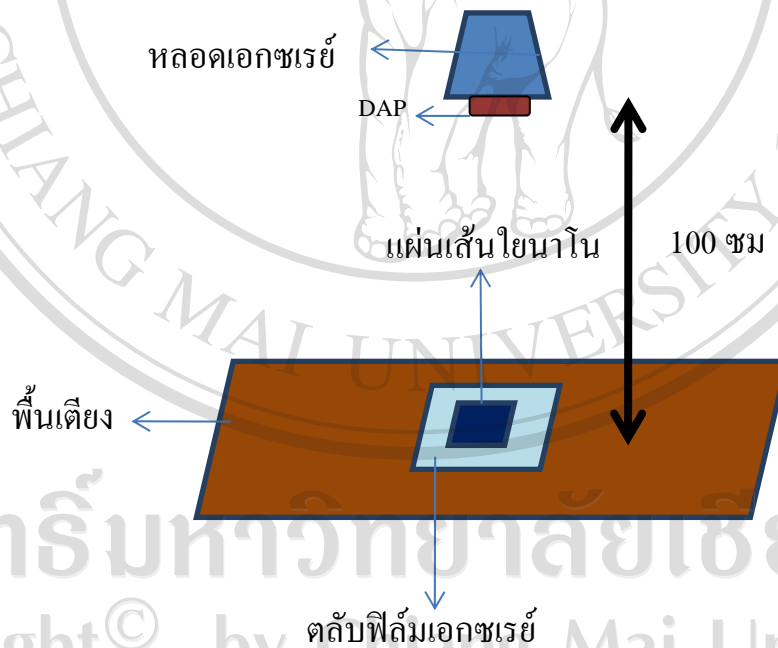
ความดำของภาพรังสี

ตัดแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตตัดให้มีขนาด 10×10 ตารางเซนติเมตร ถ่ายภาพรังสีด้วยเทคนิค 40 kV 150 mA 0.012 sec เพื่อให้ได้ภาพรังสีที่มีค่า optical density ประมาณ $1 \pm \text{Base plus fog}$ วางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตห่างจากหลอดเอกซเรย์ 100 เซนติเมตร ดังรูปที่ 18 จากนั้นนำภาพถ่ายรังสีที่ได้วัดความดำด้วยเครื่องวัดความดำ โดยวัดความดำทั้งหมด 100 จุดดังรูปที่ 19 แล้วนำค่าความดำที่ได้มาหาค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) จากสมการที่ 18

$$\text{ร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV)} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100 \quad (18)$$

SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\bar{X} = ค่าเฉลี่ย



รูปที่ 18 การวางอุปกรณ์ในการถ่ายภาพรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตเพื่อทดสอบความสม่ำเสมอของแบเรียมซัลเฟตที่เคลือบ

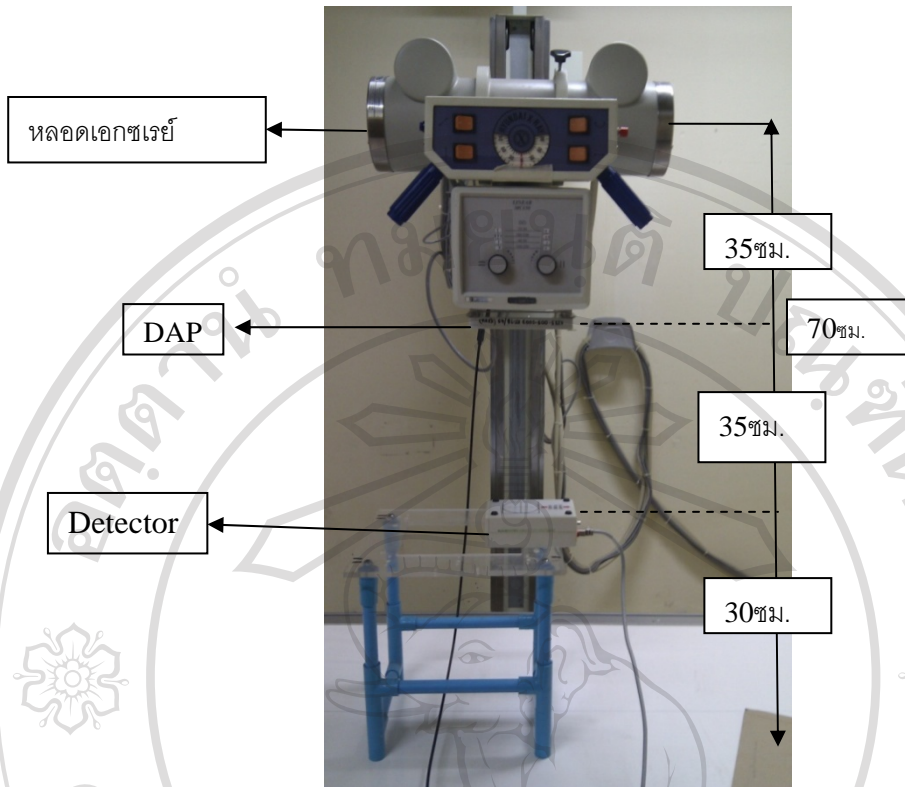
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

รูปที่ 19 ตำแหน่งการวัดความดำนภาพรังสี

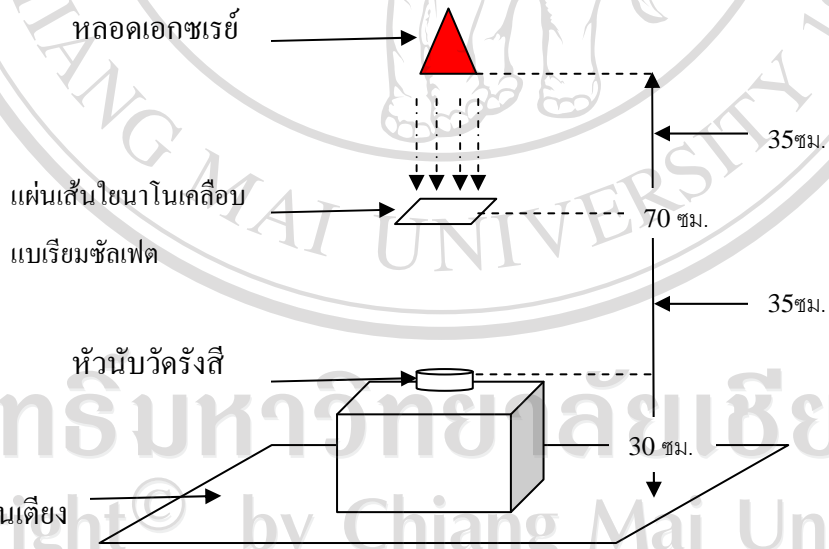
3.2.5 การวัดปริมาณรังสีปฐภูมิที่ผ่านเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต

ตั้งระยะจากแหล่งกำเนิดเอกซเรย์ถึงตัวนับวัดรังสี 70 เซนติเมตร วางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตกึ่งกลางระหว่างระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงตัวนับวัดรังสีดังรูปที่ 20 ติดตั้ง DAP หน้าคอลลิเมเตอร์เพื่อควบคุมปริมาณรังสี เปิดพื้นที่รังสีเท่ากับพื้นที่รับรังสีของตัวนับวัดรังสี เพื่อให้ลำรังสีมีขนาดเล็กเกิดรังสีกระเจิงน้อย และวางตัวนับวัดรังสีห่างจากพื้นเตียงเอกซเรย์ 30 ซม. เพราะเป็นระยะที่รังสีกระเจิงจากพื้นเตียงมีผลกระทบต่อ การวัดปริมาณรังสีน้อยที่สุด จากนั้นตั้งเทคนิคเครื่องเอกซเรย์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 kVp กระแสหลอด 20mAs บันทึกค่าปริมาณรังสีก่อนและหลังผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต ตั้งแต่ 1 แผ่นจนถึง 18 แผ่นซ้อนทับกันอ่านค่าปริมาณรังสีจากเครื่องวัดรังสี Victoreen Nero Max Model 8000 แล้วคำนวณหาร้อยละการลดทอนรังสี

$$\text{ร้อยละการลดทอนของรังสี} = \frac{\text{ปริมาณรังสีคูคกลืน} \times 100}{\text{ปริมาณรังสีขณะไม่มีอุปกรณ์กำบังรังสี}}$$



ก



ข

รูปที่ 20 การวัดปริมาณรังสีปฐมภูมิที่ผ่านเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต

ก การวางอุปกรณ์ในการวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์

ข การวางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตกึ่งกลางระยะจากหลอดเอกซเรย์ถึงหัวนับวัดรังสี

3.2.6 การศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต

ตั้งระยะจากแหล่งกำเนิดเอกซเรย์ถึงตัวนับวัดรังสี 70 เซนติเมตร วางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตกึ่งกลางระหว่างระยะจากแหล่งกำเนิดรังสีถึงตัวนับวัดรังสีตั้งรูปที่ 20 ติดตั้ง DAP หน้าคอลลิเมเตอร์เพื่อควบคุมปริมาณรังสี เปิดพื้นที่รังสีเท่ากับพื้นที่รับรังสีของตัวนับวัดรังสี เพื่อให้ลำรังสีมีขนาดเล็กเกิดรังสีกระเจิงน้อย และวางตัวนับวัดรังสีห่างจากพื้นเตียงเอกซเรย์ 30 ซม. เพราะเป็นระยะที่รังสีกระเจิงจากพื้นเตียงมีผลกระทบต่อการวัดปริมาณรังสีน้อยที่สุด จากนั้นตั้งเทคนิคเครื่องเอกซเรย์ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 60, 70, 80, 90, 100, 110 และ 120 kVp กระแสหลอด 20 mAs บันทึกค่าปริมาณรังสีก่อนและหลังผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต ตั้งแต่ 1 แผ่นจนถึง 18 แผ่นซ้อนทับกันอ่านค่าปริมาณรังสีจากเครื่องวัดรังสี Victoreen Nero Max Model 8000 แล้วคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลจากสมการที่ 19

$$\text{Mass attenuation coefficient} = \mu/\rho \quad (19)$$

โดยที่ μ = สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น

ρ = ความหนาแน่น

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu x}$$

$$\text{หรือ } \mu = -\ln(I/I_0)/x$$

โดยที่ I_0 = ปริมาณรังสีก่อนผ่านวัตถุ

I = ปริมาณรังสีที่หลังผ่านวัตถุ

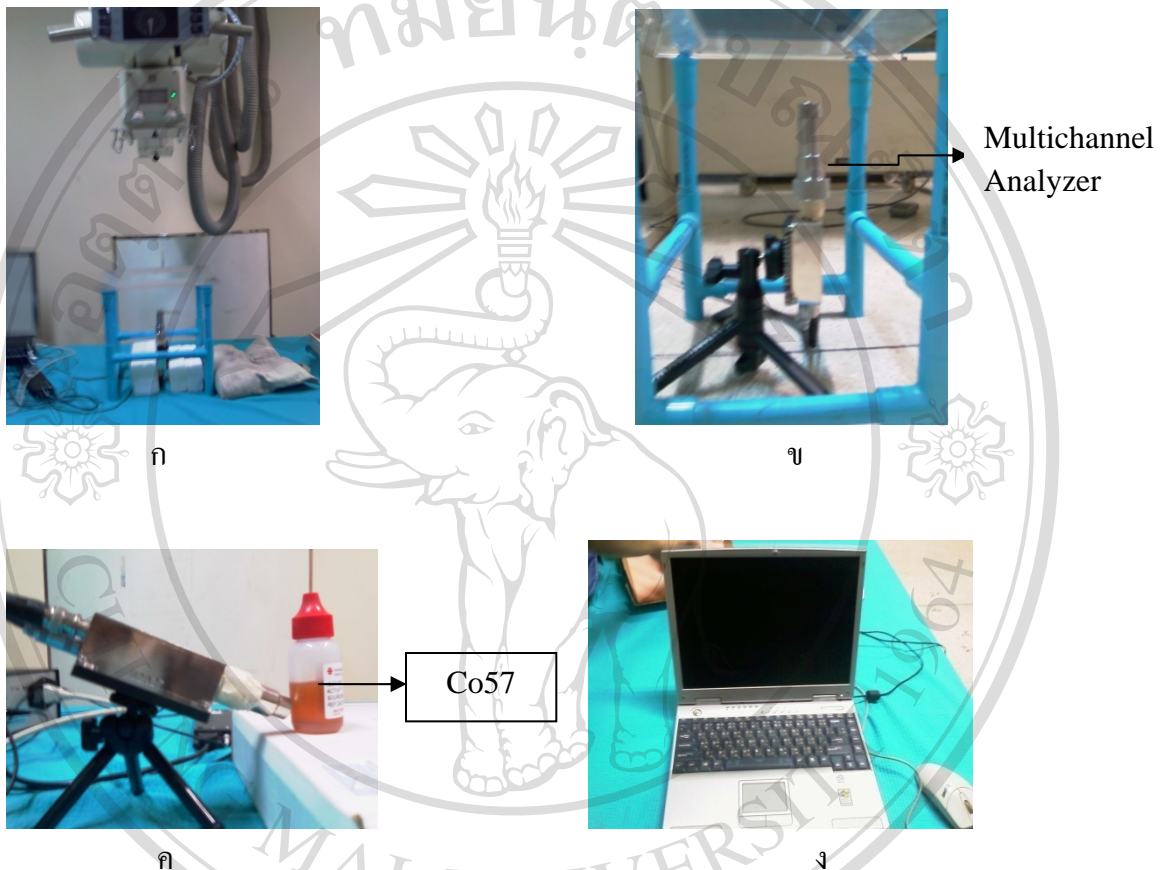
X = ความหนาของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต

3.2.7 การศึกษาสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ที่ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ค่าความต่าง

ศักย์ไฟฟ้า 120 kVp

การศึกษาสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์ที่ผ่านแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตเพื่อหาระดับพลังงานที่แท้จริงของค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่กำหนดแก่เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปเป็นค่าพลังงานเทียบกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เท่ากัน ติดตั้งอุปกรณ์วัดสเปกตรัมตั้งรูปที่ 21 ตั้งค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 120 kVp กำหนดระยะเวลาหลอดเอกซเรย์ให้มีระยะห่างจากตัวนับวัดรังสีมากที่สุดเพราะต้องการลักษณะลำรังสีเป็นเส้นตรงเพื่อให้รังสีผ่านรูที่ตัวนับวัดได้ ใช้โคบอลต์-57

เป็นสารกัมมันตรังสีสอบเทียบเพื่อตั้งค่ามาตรฐานดังรูปที่ 21(ค) วัดปริมาณรังสีก่อนและหลังกำบังด้วยแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่มีความหนา 1 ชั้น ซ้อนทับกันจนถึง 18 ชั้น และบันทึกค่าที่ได้จากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์



รูปที่ 21 การจัดตั้งอุปกรณ์การวัดสเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์

ก การวางหัวนับวัดรังสี

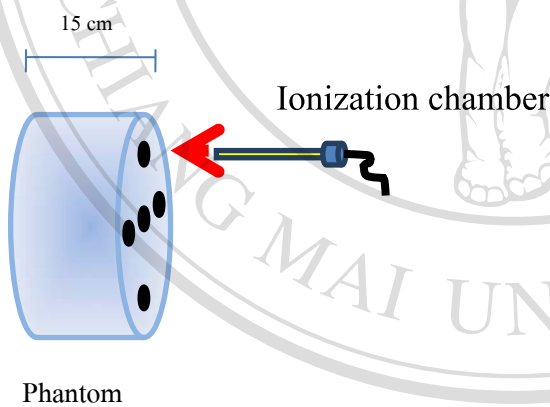
ข ลักษณะหัวนับวัดรังสีตั้งฉากกับลำรังสี

ค การนับวัดรังสีจากโคบอลต์ 57

ง คอมพิวเตอร์แสดงผลการนับวัดรังสี

3.2.8 การวัดปริมาณรังสีด้วยวิธี CT Dose index (CTDI) จากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ยี่ห้อ GE รุ่น PROSPEEDSX

นำ Pencil chamber สอดเข้าไปในหุ่นจำลองอะคริลิกดังรูปที่ 22(ก) วางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตบนหุ่นจำลองอะคริลิกทำการสแกนด้วยเทคนิค 120 kVp 250 mA 5 sec FOV 210 มิลลิเมตร ความหนาของสไลซ์เท่ากับ 3 มิลลิเมตร เพิ่มความหนาของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตจาก 1 ชั้นจนถึง 18 ชั้น วัดปริมาณรังสีที่ผิวของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกเพื่อเป็นตัวแทนของการวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตา ดังรูปที่ 22(ข) และวัดปริมาณรังสีที่แกนกลางเพื่อเป็นตัวแทนของการวัดปริมาณรังสีที่สมอง ดังรูปที่ 22(ค) บันทึกค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่อง Victoreen Nero Max Model 8000 ดังรูปที่ 23 จากนั้นสแกนหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะและหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกเพื่อการประเมินเบื้องต้นหาความหนาที่เหมาะสมของการกำบังรังสีของแผ่นเส้นใยนาโนแบเรียมซัลเฟตที่ภาพรังสียังสามารถวินิจฉัยต่อไปได้โดยการวางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตบนตาของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกและหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะที่ละชั้นจาก 1 ชั้น ถึง 6 ชั้น ดังรูปที่ 24



รูปที่ 22 การวัดปริมาณรังสีของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก
 ก ตำแหน่งการวางหัววัดรังสีหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก
 ข การวัดปริมาณรังสีบนพื้นผิวของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก
 ค การวัดปริมาณรังสีบนพื้นที่แกนกลางของหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก



ข

ค



รูปที่ 23 เครื่องแสดงปริมาณรังสี(Exposure)ในหน่วย Roentgen



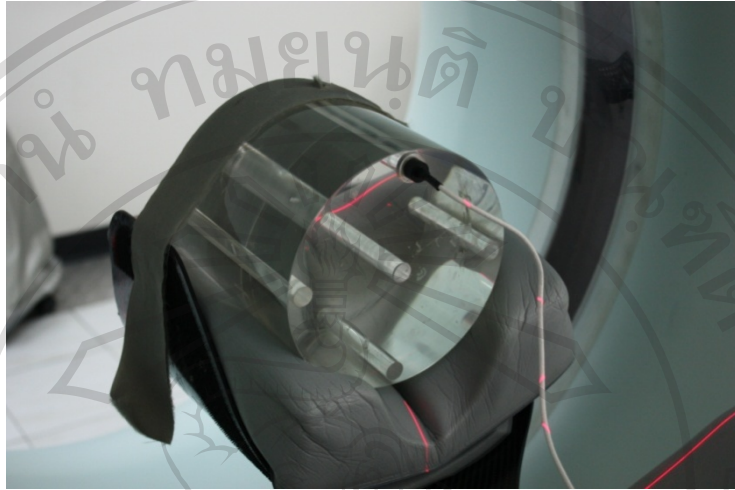
รูปที่ 24 หุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกและหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะวางในท่านอนหงายเพื่อสแกนหาความหนาที่เหมาะสมของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟต

3.2.9 การถ่ายภาพรังสีด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์รุ่น SIEMEN SOMATOM จาก

หุ่นจำลองศีรษะอะคริลิก และวัดรังสีด้วยวิธี CT Dose Index

นำ Ionization chamber สำหรับการวัดปริมาณรังสีจากเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สอดเข้าในหุ่นจำลองอะคริลิกดังรูปที่ 25 วางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตบนหุ่นจำลองอะคริลิก สแกนด้วยเทคนิค 120 kVp 250 mA 0.5 sec, FOV 202 มิลลิเมตรความหนาของสไลซ์เท่ากับ 5 มิลลิเมตรดังรูปที่ 26 เพิ่มความหนาของแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตจาก 1 ชั้น จนถึง 18 ชั้น วัดปริมาณรังสีที่ผิวของหุ่นจำลองอะคริลิกเพื่อเป็นตัวแทนของการวัดปริมาณรังสีที่เลนส์ตาและวัดปริมาณรังสีที่แกนกลางเพื่อเป็นตัวแทนของการวัดปริมาณรังสีที่สมอง จากนั้นบันทึกค่าปริมาณรังสีด้วยเครื่อง Victoreen Nero Max Model 8000 ทำการ

ถ่ายภาพตัดขวางของหุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะ ก่อนและหลังการใช้อุปกรณ์ลดทอนรังสี โดยที่
กำลังที่ละ 3 แผ่น จนครบ 6 ครั้ง จะได้ภาพถ่ายรังสีทั้งหมด 7 รูปเพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน



รูปที่ 25 การจัดวางหุ่นจำลองศีรษะอะคริลิกเพื่อการวัดค่าปริมาณรังสีด้วยวิธี CTDI



รูปที่ 26 หน้าจอของหน่วยประมวลผลเทคนิคที่ใช้ 120 kVp 250 mAs มีความหนา
ของสไลซ์ 5 มิลลิเมตร ระยะเวลาในการสแกน 0.5 วินาที

3.2.10 การเปรียบเทียบคุณภาพของภาพรังสีด้วยวิธี Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

ใช้หุ่นจำลองสมมูลเนื้อเยื่อศีรษะเป็นตัวแทนของการสแกนศีรษะด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 27 ตั้งเทคนิคที่เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ชนิดการตรวจสมอง จากนั้นวางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ซ้อนกัน 3 แผ่น โดยเลือกสุ่มจากแผ่นทั้งหมด 18 แผ่น จะมีจำนวนทั้งหมด 6 ชุด แล้วสแกนหุ่นจำลองศีรษะขณะที่ยังไม่ได้กำบังรังสี จากนั้นวางแผ่นเส้นใยนาโนเคลือบแบเรียมซัลเฟตที่ซ้อนกัน 3 แผ่น แล้วสแกน 1 ครั้ง จนครบ 6 ครั้ง บันทึกภาพที่ได้ แล้วนำภาพรังสีมาเปรียบเทียบก่อนและหลังกำบังรังสีด้วยโปรแกรม MATLAB Version 7.0



แผ่นเส้นใยนาโน
เคลือบแบเรียมซัลเฟต

รูปที่ 27 หุ่นจำลองศีรษะที่ใช้ในการสแกนเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สมองเพื่อหาค่า PSNR