หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือ สารเคมี และการดำเนินการวิจัย

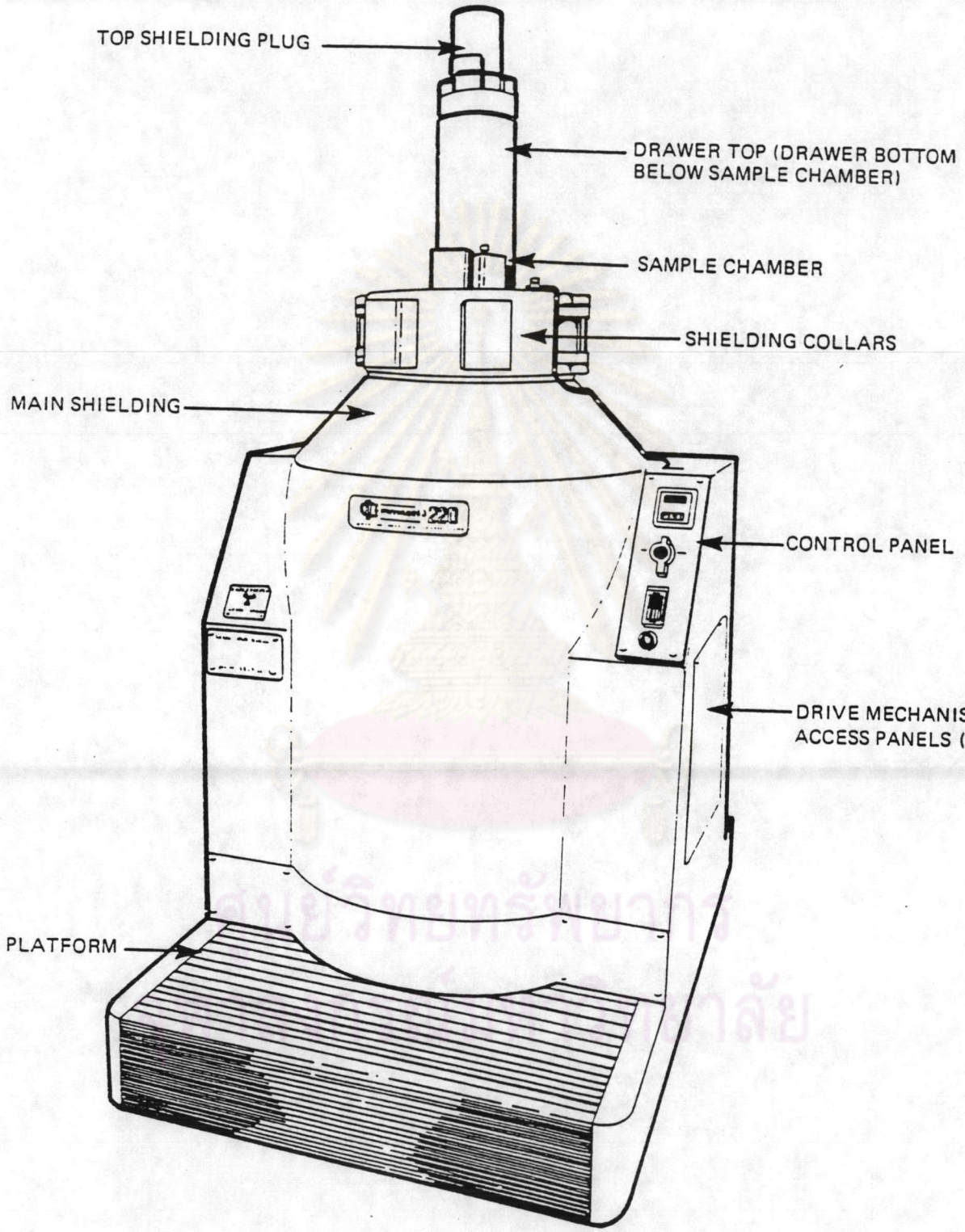
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง (Equipments and Apparatus)

3.1.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แกมมาเซล 220 (Gamma cell-220)

ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ แบบที่ใช้ในงานวิจัยที่มีชื่อว่า แกมมาเซล-220(Gammacell-220) เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท NORDION International Inc. ประเทศแคนาดา ดังแสดงในรูป 3.1

เครื่องฉายรังสีแกมมาเซลที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้โคบอลต์-60(Co-60) เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาซึ่งให้พลังงาน 1.17 และ 1.33 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์(MeV) และมีความแรงรังสีในขณะใช้งานประมาณ 18 กิโลคูรี (kCi) โดยสารกัมมันตรังสี Co-60 บรรจุอยู่ในท่อสเตนเลสสูง 21.11 เซนติเมตร จำนวน 8 ท่อ ติดตั้งอยู่โดยรอบเครื่องฉายรังสี ห้องฉายรังสี (Chamber)มีขนาดเส้นผ่าศูนย์ กลาง 15.49 เซนติเมตร และสูง 20.47 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ท่อบรรจุสารกัมมันตรังสีติดตั้งอยู่ภายในกำบังตะกั่วหนา เพื่อป้องกันการแผ่รังสีกับผู้ใช้เครื่อง ห้องฉายรังสีสามารถเคลื่อนขึ้น-ลงไปสู่ตำแหน่งที่จะได้รับการฉายรังสี โดยระบบการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ที่สามารถตั้งเวลาแบบอัตโนมัติได้ทั้งเป็นนาทีและวินาที โดสมิเตอร์จะถูกวางที่ตำแหน่งปรับเทียบ (calibration position) กลางห้องฉายรังสี โดยสามารถหาปริมาณรังสีที่ตำแหน่งปรับเทียบ (absorbed-dose in water) เป็น เกรย์ต่อวินาที จาก Fricke Dosimeter ซึ่งเป็นเครื่องวัดรังสีอ้างอิง (reference dosimeter)

การควบคุมอุณหภูมิขณะฉายรังสีสามารถทำได้โดยการใช้น้ำที่ควบคุมอุณหภูมิใน Bath ให้ไหลผ่านท่อซึ่งติดตั้งไว้ภายในเครื่องฉายรังสี และควบคุมอุณหภูมิโดย Thermocouple ในการวิจัยครั้งนี้จะควบคุมอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่ 30°C



รูปที่ 3.1 แสดงแกมมาเซล-220

3.1.2 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต วิสิเบิล และอินฟราเรด ใช้โมโนโครมาเตอร์เป็นเครื่องแยกแสงออกเป็นช่วงคลื่นแคบ ๆ ที่ต่อเนื่องกันไปได้อย่างอัตโนมัติ และใช้เครื่องมือวัดความเข้มแสงที่มีความไวต่อแสง เช่นโฟโตทิวบ์หรือโฟโตมัลติพลายเออร์ทิวบ์ ส่วนประกอบของเครื่องมือมีดังนี้

ก. แหล่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (source of emission radiation)

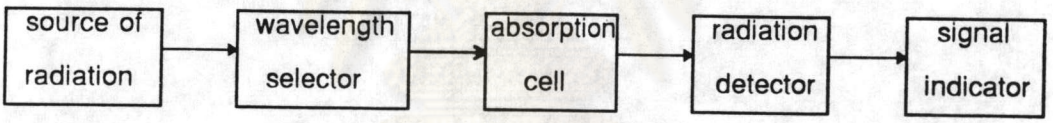
ข. เครื่องมือที่ใช้ในการแยกคลื่นแสงออกเป็นแถบหรือเป็นช่วงคลื่นแคบ ๆ (wave-length selector) เช่น ฟิลเตอร์ หรือโมโนโครมาเตอร์

ค. ภาชนะโปร่งแสงสำหรับใส่สารที่จะวิเคราะห์ (absorption cell)

ง. เครื่องวัดความเข้มของคลื่นแสง(radiation detector)

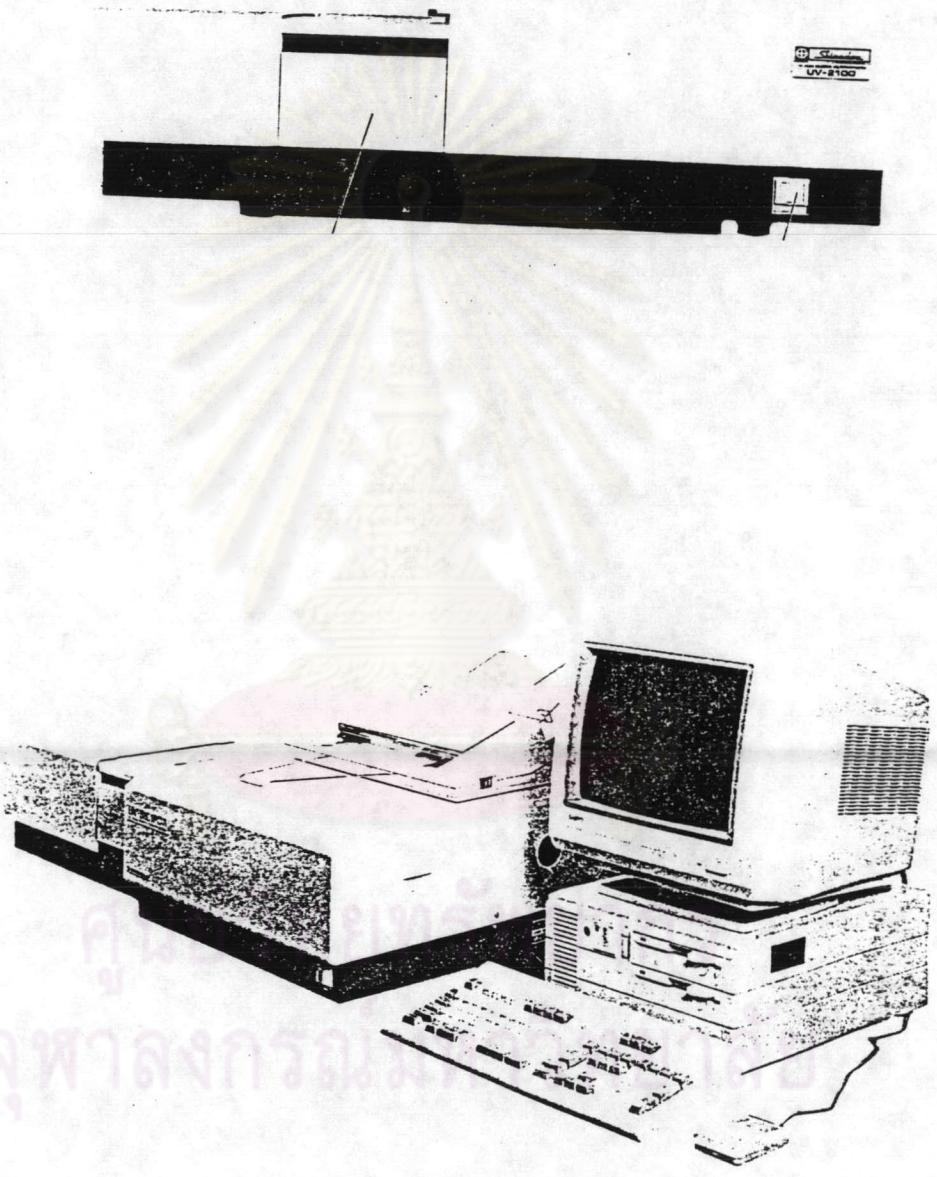
จ. เครื่องอ่านหรือแปรสัญญาณ (signal indicator or readout device)

ส่วนประกอบพื้นฐานเหล่านี้ สามารถแสดงด้วยแผนภาพ (block diagram) สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในช่วงอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิล ดังนี้



สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบ UV-3101 PC (UV-VIS NIR Scanning Spectro) SHIMADZU CORPORATION ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 การทำงานของเครื่องเป็นแบบลำแสงคู่ (Double-Beam Operation) โดยที่ลำแสงหนึ่งผ่านเข้าไปในเซลที่บรรจุสารอ้างอิง (Blank Solution) อีกลำแสงหนึ่งผ่านเข้าไปในเซลที่บรรจุสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2 แสดงรูป Spectrophotometer

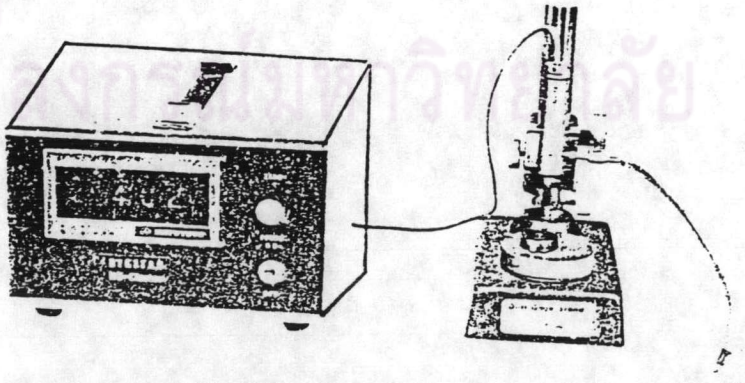
ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องมือที่ใช้ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิล แสดงอยู่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของเครื่องมือที่ใช้ในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิล

เทคนิคทางสเปกโตรสโครปี	แหล่งของคลื่นแสง	วัสดุที่ใช้ทำเซลล์	การแยกความยาวคลื่นแสง	เครื่องวัดความเข้มแสง
อัลตราไวโอเลต	หลอดไฮโดรเจน, หลอดดิวทีเรียม, หลอดซีนอน หรือหลอดเมอคิวรีอาร์ค	ควอร์ตซ์ (quartz)	diffraction grating หรือ quartz prism	โฟโตทิวบ์ หรือโฟโตมัลติพลายเออร์ทิวบ์
วิสิเบิล	หลอดทังสเตน	แก้ว	diffraction grating หรือ glass prism (อาจใช้ฟิลเตอร์ ในกรณี colorimeter)	โฟโตทิวบ์ หรือโฟโตมัลติพลายเออร์

3.1.3 ไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความหนาฟิล์ม (Micrometer)

ไมโครเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นของผลิตภัณฑ์ชอง Mitutoyo ตามรูปที่3.3 ซึ่งค่าที่อ่านเป็นดิจิตอล ในระบบ Metric ซึ่งจะให้ความถูกต้อง (accuracy) และมีค่า resolution เท่ากับ 0.001 มิลลิเมตร การแสดงค่าผลการวัดสามารถดูจากเครื่อง Mu-Checker



รูปที่ 3.3 แสดงรูประบบการวัดของ Mitutoyo Micrometer

3.1.4 เครื่องชั่งสาร

3.1.5 อุปกรณ์เครื่องแก้ว :

แผ่นแก้วขึ้นรูป ขนาด 21x29 ตารางเซนติเมตร

แผ่นแก้วปรับระดับด้วยขาตั้ง

3.1.6 เครื่อง megnetic stirrer พร้อมแท่งแม่เหล็ก (magnetic bar)

3.1.7 เครื่องควบคุมอุณหภูมิขณะฉายรังสี : การควบคุมอุณหภูมิเครื่องฉายรังสีจะใช้ระบบการผ่านน้ำเข้าท่อที่ติดตั้งรอบบริเวณฉายรังสีและควบคุมอุณหภูมิด้วย Thermocouple

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง (Chemicals and Reagents)

3.2.1 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) : ชนิด Analytical Grade เป็นผลิตภัณฑ์ของ Riedel-de Haen AG-D-3016 ขนาด 1 ความหนืด 4% PVA ในน้ำ ที่ 20°c มีค่าเท่ากับ 4-6 mPas ผลิตในประเทศเยอรมันนี

3.2. 2 เมทีลีนบลู (MeB) : ชนิด Analytical Grade เป็นผลิตภัณฑ์ของ Merck มีค่าดัชนีสี (Colour Index) เท่ากับ 52015 ผลิตในประเทศเยอรมันนี

3. 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู

การวิจัยขั้นนี้เป็นการเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู เพื่อนำมาใช้วัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ก. หาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์กับเมทีลีนบลู เพื่อใช้ในการเตรียมแผ่นฟิล์ม โดยการละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 12 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 °C เติมเมทีลีนบลู 20, 25 และ 30 มิลลิกรัม ตามลำดับ และคนด้วย magnetic bar เป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง ผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน เทสารละลายที่ได้แต่ละสัดส่วนจำนวน 170 มิลลิลิตร ลงบนแผ่นแก้วขึ้นรูป ขนาด 21x29 ตารางเซนติเมตร (ซึ่งได้รับการทำความสะอาดด้วยการเช็ดด้วยเอทธิลแอลกอฮอล์เรียบร้อยแล้ว) จากนั้นนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อรอให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน

ข. นำแผ่นฟิล์มทั้งสามสัดส่วนที่ได้จากข้อ ก. มาตัดให้มี ขนาด 1X1 ตารางเซนติเมตร นำไปหาค่าแอบซอบชันสเปกตรัมในช่วงวิสิเบิลตั้งแต่ความยาวคลื่น 400-800

นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer เพื่อหาความยาวคลื่นแสงที่ฟิล์มดูดกลืนได้ดีที่สุด

ค. นำฟิล์มทั้งสามสัดส่วนที่ตัดให้มีขนาด 1X1 ตารางเซนติเมตร มาอ่านค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสงที่ฟิล์มดูดกลืนได้ดีที่สุดจากข้อ ก. ค่าที่อ่านได้เป็น Ao และวัดความหนาของฟิล์ม (t) แต่ละแผ่น ที่ผลิตขึ้นด้วยไมโครมิเตอร์ ในหน่วยมิลลิเมตร (mm.) เปรียบเทียบค่า Ao และความหนาฟิล์มของฟิล์มแต่ละสัดส่วน

ง. เตรียมฟิล์มภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะ โดยเลือกสัดส่วนของฟิล์มที่มีส่วนผสมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 12 กรัม กับเมทีลีนบลู 25 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 ^{o}C และทำการเตรียมฟิล์มด้วยวิธีการกับข้อ 3.3.1 ก.-3.3.1 ค.

จ. แบ่งฟิล์มออกเป็น ชุด ๆ ละ 5 แผ่น เก็บไว้ในซองกระดาษดำและมีซองพลาสติกสีดำปิดสนิทหุ้มอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก นำห่อฟิล์มที่เตรียมไว้ไปเก็บไว้ในตู้ควบคุมความชื้น เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

3.3.2 อัตราปริมาณรังสีหรือโดสเรท (dose rate) ของเครื่องแกมมาเซล-220 ณ ตำแหน่งที่ต้องการฉายรังสีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู

การวิจัยในขั้นตอนนี้ ใช้ Fricke Standard dosimeter เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา โคบอลต์-60 หาอัตราปริมาณรังสีหรือโดสเรท (dose rate) ของเครื่องแกมมมาเซล-220 เพื่อนำมาใช้คำนวณเวลาในการฉายรังสีบนแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลูที่เตรียมขึ้น ให้ได้รับปริมาณรังสีที่ต้องการ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ก. เตรียมสารละลาย Fricke Standard dosimeter ดังส่วนผสมในภาคผนวก ค. สารละลาย Fricke ที่เตรียมได้มีค่า G-value เท่ากับ 15.6 moles/100 eV นำสารละลาย Fricke ปริมาณ 5 มิลลิลิตร บรรจุลงใน ampoule

ข. นำเอาสารละลาย Fricke ที่เตรียมได้จากข้อ ก. มาฉายรังสี ณ ตำแหน่งที่ต้องการฉายรังสีให้กับฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน

ค. นำเอาสารละลาย Fricke ที่ผ่านการฉายรังสีแล้ว ในข้อ ข. ไปวัดค่าดูดกลืนแสง (Ai) ซึ่งจะมีค่าต่างกันตามปริมาณรังสี โดยใช้สารละลาย Fricke ที่ยังไม่ฉายรังสีเป็น Blank ค่าความเข้มแสงที่ดูดกลืน (ΔA) เป็นค่าผลต่างระหว่างค่า Ai และ Blank แล้วนำค่าที่ได้นี้แทนค่าในสูตรเพื่อคำนวณหาปริมาณรังสีได้ จากสมการที่ 3.1

$$\text{Absorbed Dose (Gy)} = \frac{\Delta A * 275}{1+0.007(t-25)} \qquad (3.1)$$

เมื่อ ΔA = ค่า Absorbance (A) ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับรังสี

t = อุณหภูมิขณะอ่านค่า A ของ Fricke dosimeter

นำค่าที่ได้ไปคำนวณ standard dose rate ณ ตำแหน่งที่ฉายรังสี

ง. จาก standard dose rate ณ ตำแหน่งฉายรังสี สามารถคำนวณเวลาในการฉายรังสีฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู ให้ได้รับปริมาณรังสีตามต้องการ (D) จากสมการ

$$T = D/D^{o} \qquad (3.2)$$

เมื่อ T = เวลาในการฉายรังสีเพื่อให้ได้ปริมาณรังสีตามที่ต้องการ

D = ปริมาณรังสีที่ต้องการ , D^{o}= standard dose rate

3.3.3 การทดสอบคุณสมบัติการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู

การวิจัยในขั้นตอนนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลูเมื่อได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน โดยดูจากค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงของฟิล์ม มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. การฉายรังสีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู

นำฟิล์มที่แบ่งเป็นชุดๆ ที่เตรียมจากข้อ 3.3.1 มาประกบด้วยแผ่น Polystyrene ซึ่งมีความหนา 3 มิลลิเมตร เพื่อเป็น Build up ให้เกิด Electronic Equilibrium จากนั้นนำไปฉายรังสีแกมมาจากเครื่องแกมมาเซล-220 ซึ่งติดตั้งเครื่องควบคุมอุณหภูมิขณะฉายรังสีให้บริเวณที่ฉายรังสีมีอุณหภูมิ 30 ^{o}C โดยให้ตำแหน่งของฟิล์มที่จะฉายรังสีอยู่ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งที่วางสารละลาย Fricke ในข้อ 3.3.2 ตั้งเวลาในการฉายรังสีตามสมการ 3.2 โดยให้ฟิล์มแต่ละชุดได้รับปริมาณรังสี 3, 7, 10, 15, 20, 25 และ 30 kGy ตามลำดับ

ข. การเปลี่ยนแปลงวิสิเบิลสเปกตรัมของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์

ภายหลังการฉายรังสีในข้อ 3.3.3 ก. นำฟิล์มที่ได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ ข้างต้นไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสเปกตรัมในช่วงวิสิเบิลที่ความยาวคลื่นแสงที่สีของฟิล์มถูกดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดด้วยเครื่อง UV-VIS Spectropotometer โดยใช้ Spectrum Mode จะได้การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีต่างๆ กันในรูปของการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัม

ค. การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู

ทำนองเดียวกับข้อ 3.3.3 ข. คือนำฟิล์มแต่ละชุดที่ได้รับปริมาณรังสีต่าง ๆ มาอ่านค่าการดูดกลืนแสงหลังจากได้รับรังสี (Ai) โดยใช้ Quatitative Mode หาค่าการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง (ΔA) ของฟิล์มแต่ละแผ่นในแต่ละชุด โดยให้

$$\Delta A = Ao - Ai \quad (3.3)$$

เมื่อ ΔA คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง

Ao คือ ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มพลาสติกเริ่มต้น

Ai คือ ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มพลาสติกหลังจากได้รับรังสี

ง. การสร้างกราฟปรับเทียบ

เป็นการสร้างกราฟปรับเทียบซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีที่ฉายให้แก่ฟิล์มในหน่วย กิโลเกรย์ (kGy) กับค่าเฉลี่ย $\Delta A/t$ ของฟิล์มแต่ละชุด เมื่อ t คือความหนาฟิล์มในหน่วยมิลลิเมตร เพื่อดูการตอบสนองต่อปริมาณรังสีและหาค่า Correlation Coefficient (r)

3.3.4 ศึกษาหาผลของการทำซ้ำ

การวิจัยในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการทำซ้ำของฟิล์มที่ผลิตได้จากข้อ 3.3.1 ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. นำฟิล์มที่วัดค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น (Ao) จำนวน 10 แผ่น มาฉายรังสีด้วยเครื่องแกมมาเซล-220 ที่ปริมาณรังสี 10 กิโลเกรย์ ดังวิธีการในข้อ 3.3.3

ข. นำฟิล์มในข้อ 3.3.4 ก. มาอ่านค่าการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสง (ΔA) ที่ความยาวคลื่นแสงที่สีของฟิล์มถูกดูดกลืนได้ดีที่สุด ตามวิธีการข้อ 3.3.3 ค.

ค. หาค่า $\Delta A/t$, ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน ($\bar{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) คำนวณหาค่า % Coefficient variation (% CV) โดยที่

$$\% CV = (SD/\bar{X})*100 \quad (3.4)$$

3.3.5 ศึกษาหาเสถียรภาพก่อนและหลังการฉายรังสี

การวิจัยในขั้นตอนนี้ เพื่อหาเสถียรภาพทั้งก่อนและหลังฉายรังสีของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลูที่ศึกษาแล้วในข้อ 3.3.1 การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ตอน

3.3.5.1 เสถียรภาพก่อนฉายรังสี

ก. นำฟิล์มที่วัดค่าการดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (A) มาแบ่งเป็น 7 ชุด ๆ ละ 5 แผ่น เก็บไว้ในซองกระดาษดำที่มีซองพลาสติกดำที่ได้รับการผนึกสนิท เก็บไว้เป็นเวลา 1, 2, 6, 10, 15, 22 และ 30 วัน

ข. เมื่อถึงระยะเวลาการเก็บฟิล์มตามข้อ 3.3.5.1 ก. นำฟิล์มไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (A') หาเปอร์เซนต์เปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปเมื่อเก็บที่เวลาต่าง ๆ เทียบกับค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น หาค่า

$$\%\text{ความแตกต่างค่าการดูดกลืนแสง} = [(A-A')/A]*100 \qquad (3.5)$$

3.3.5. 2 เสถียรภาพหลังการฉายรังสี

ก. นำฟิล์มที่วัดค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น (Ao) มาแบ่งเป็น 7 ชุด ๆ ละ 5 แผ่น ไปฉายรังสีพร้อมกันที่ปริมาณรังสี 10 กิโลเกรย์ จากนั้นนำไปเก็บไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง , 1, 5, 9, 15, 22 และ 30 วัน

ข. เมื่อถึงระยะเวลาการเก็บฟิล์มตามข้อ 3.3.5.2 ก. นำฟิล์มไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (Ai) พร้อมกับวัดความหนาฟิล์ม (t) หาค่าการเปลี่ยนแปลง $\Delta A/t$ ของฟิล์มแต่ละชุดที่เก็บไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ค. คำนวณหาค่า % ความแตกต่างของค่า $\Delta A/t$ ที่ได้จากข้อ ข. เทียบกับค่า $\Delta A/t$ ที่อ่านภายใน 1 ชั่วโมง

3.3.6 การศึกษาการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลูในการผลิตแต่ละครั้ง

การวิจัยในขั้นตอนนี้ เพื่อเป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงในการผลิตฟิล์ม จำนวน 3 ครั้งโดยในแต่ละครั้งจะใช้ส่วนผสม
คงเดิมว่า มีคุณสมบัติต่าง ๆ ตลอดจนการตอบสนองต่อปริมาณรังสีทำนองเดียวกันหรือไม่ ซึ่งมีวิธีการดำเนินการดังต่อไปนี้

ก. เตรียมฟิล์มตามข้อ 3.3.1 ง. อีก 2 ครั้ง

ข. ทดสอบคุณสมบัติฟิล์มที่ผลิตขึ้นใหม่ ตามข้อ 3.3.2-3.3.5