บทที่ 3

สารเคมี เครื่องมือ และ วิธีการทดลอง

3.1 สารเคมีและวัสดุ

3.1.1 เมทานอล (methanol) 99.0 % จุดเดือด (boiling range) 64-66 $^{\circ}C$ ผลิตจาก Wako Pure Chemical industries, LTD. ประเทศญี่ปุ่น

3.1.2 น้ำกลั่น 2 ครั้ง (doubly distilled water)

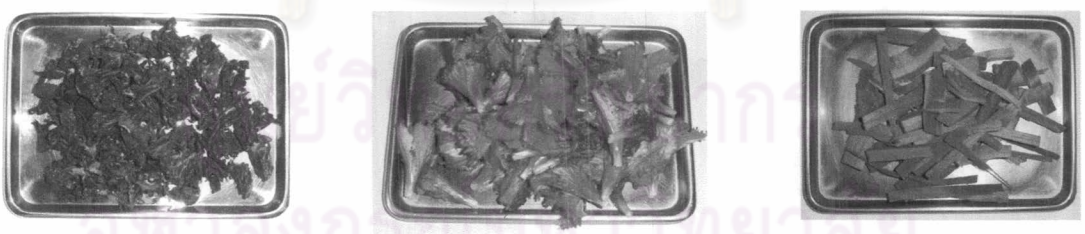
3.1.3 เครื่องวัดปริมาณรังสีมาตรฐานโปรแตทเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$)

3.1.4 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) : ชนิด Analytical Grade เป็นผลิตภัณฑ์ของ Riedel-de Haen AG-D-3016 ความหนืด 4% PVA ในน้ำ ที่ 20 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 4-6 mPas ผลิตในประเทศเยอรมัน

3.1.5 ดอกชบาแดง (*Hibiscus rose-sinenisis*) มีชื่อสามัญคือ Chinese rose มีแหล่งกำเนิดจากประเทศอินเดียและฮาวาย

3.1.6 ดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง (*Hibiscus sabdariffa L.*) มีชื่อสามัญคือ Jamaica sorrel, red sorrel, roselle มีแหล่งกำเนิดจากประเทศซูดาน

3.1.7 ไม้ฝางแห้ง (*Caesalalpinia sappan linn.*) มีชื่อสามัญคือ Sappan tree, Sappan wood และชื่อวงศ์ Leguminosae



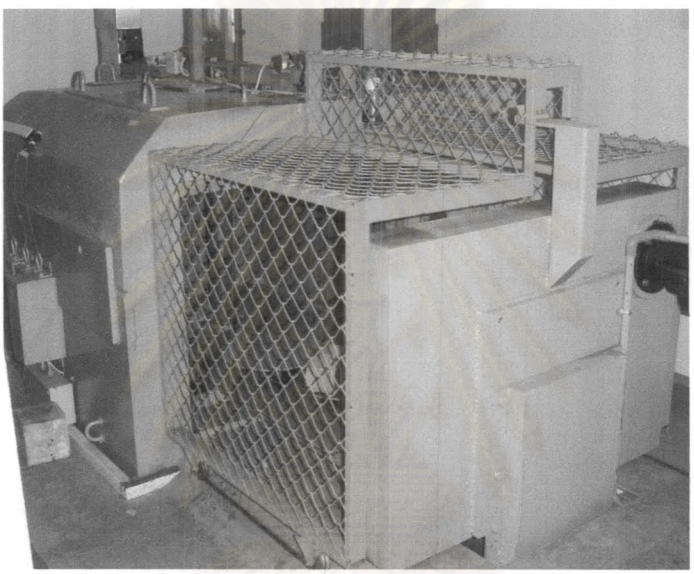
ดอกกระเจี๊ยบ **ดอกชบา** **ไม้ฝาง**

รูปที่ 3.1 แสดงภาพตัวอย่างดอกกระเจี๊ยบ ดอกชบา และไม้ฝาง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เครื่องฉายรังสีแกมมา BSV-06

ให้รังสีแกมมาจาก Co-60 ความแรง (Source Activity) 370 TBq (10 kCi) เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1997 เป็นผลิตภัณฑ์บรรจุในกระบอกเหล็กไร้สนิมความสูง 10 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร ของบริษัท Institute of isotope Co. Ltd. ประเทศฮังการี



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องฉายรังสีแกมมา BSV-06

3.2.2 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

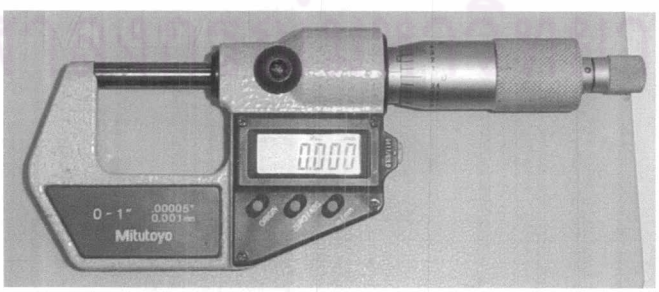
- รุ่น Model Ultro spec 3000 ผลิตโดย Pharmacia Biotech (Biochrom) Ltd. Science Park Cambridge CB4 4FJ, England
- สามารถวัดในช่วงความยาวคลื่นแสง 190-1100 nm
- Monochromator 1200 lines/mm. Concave holographic grating
- Spectral band width 3 nm ,Wavelength accuracy $\pm$1 nm
- Wavelength reproducibility $\pm$0.5 nm
- แหล่งกำเนิดแสงคือ tungsten halogen และ แสง UV คือ deuterium

- ตัวรับแสง (Detector) คือ silicon photodiode
- สามารถวัดค่าดูดกลืนแสงในช่วง –3000 ถึง +3000, 0.01 ถึง 99999
- ความถูกต้องของการวัดแสง (Photometric accuracy) $\pm$ 0.5%
- ความสามารถวัดแสงซ้ำ (Photometric reproducibility) $\pm$0.5 %
- ความเสถียรภาพ (stability) $\pm$0.002 A/hour ที่ 0 A หลังจากอุ่นเครื่องแล้ว
- Stray light < 0.0025 % T ที่ 220 nm ใช้ NaI และ < 0.025 % T ที่ 340 nm ใช้ $NaNO_2$
- ขนาดเครื่อง (Dimensions) 500 x 360 x 190 mm
- น้ำหนักตัวเครื่อง 13 กิโลกรัม
- กำลังไฟฟ้าเลี้ยง 100-240 AC $\pm$10%, 50/60 Hz, 150 VA

รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.2.3 <u>เครื่องวัดความหนา (Digital micrometer)</u>

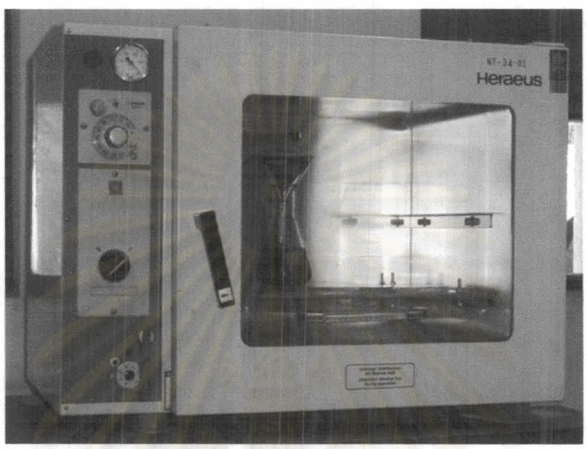
เครื่องวัดความหนา ยี่ห้อ Mitutoyo ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น สามารถอ่านค่าความหนาได้สองหน่วย ค่าน้อยสุดที่ 0.00005 นิ้ว และ 0.001 มิลลิเมตร ด้วยการแสดงผลในระบบดิจิตอล



รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องวัดความหนาระดับไมโครเมตรระบบดิจิตอล (Digital micrometer)

3.2.4 ตู้อบ(Oven)

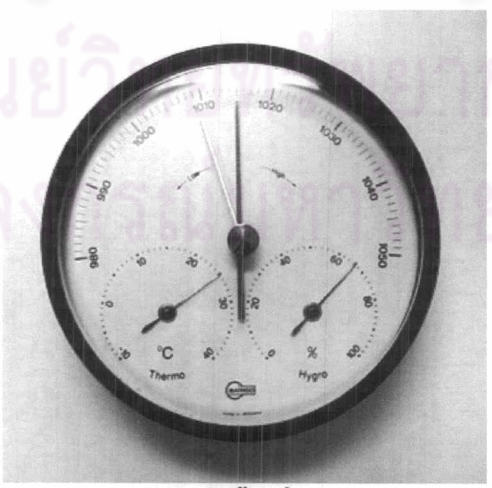
ตู้อบยี่ห้อ Heraeus (220 V. 1~ 50/60 Hz 1, 6 A 1, 35 kW) สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุด 250 องศาเซลเซียส สำหรับการเตรียมฟิล์มใช้เวลาอบให้แห้งประมาณ 3 วัน ที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับชนิดของฟิล์ม)



รูปที่ 3.6 แสดงตู้อบไฟฟ้า (Oven)

3.2.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้น

ยี่ห้อ Barigo ผลิตจากประเทศเยอรมัน สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 0-100 % และอุณหภูมิ –10 ถึง +40 องศาเซลเซียส



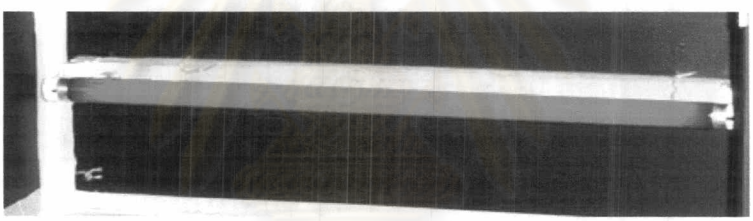
รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, ค่า RH 66 %

3.2.6 ตู้เย็น

ยี่ห้ออีเล็กโทรลักซ์ (electrolux)ใช้ทดลองเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิ ต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (ช่องแช่เข็ง) อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (ในตู้เย็น) และอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (ด้านหลังตู้เย็น)

3.2.7 หลอดไฟแสงสีม่วง (UV-light lamp)

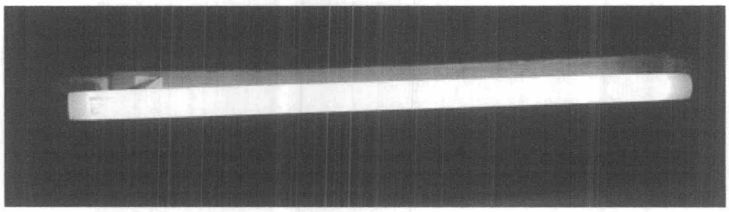
PhillipS TLD 18W/08, 59 V., lamp current 0.36 A., 18W, UV-A radiation output 3.5 W, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 mm. ยาว 604 mm. ผลิตในประเทศฮอล์แลนด์ ใช้ Starter FG-1E ระยะจากหลอดไฟนีออนอยู่ห่างจากตัวอย่างฟิล์ม 22 เซนติเมตร (ระยะแนวดิ่งจากพื้น) วัดความเข้มแสง (ใช้เครื่องวัดแสง (Lux meter)) ที่ตำแหน่งเดียวกับตัวอย่างแผ่นฟิล์มที่วางรับแสงสีม่วง (UV-light) มีค่าเท่ากับ 25 lm/m^2 (Lux) (เนื่องจากเครื่องวัดแสงมีประสิทธิภาพวัดค่าความเข้มแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงสีม่วงได้น้อย)



รูปที่ 3.7 แสดงหลอดไฟนีออนแสงสีม่วงชนิด A (UV-A light lamp)

3.2.8 หลอดไฟแสงสีขาว (Day-light lamp)

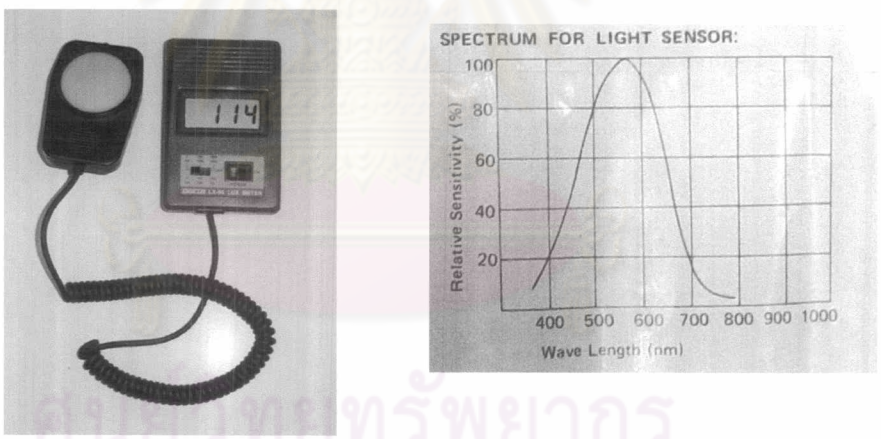
Phillips TLD 18W/865 59 V., lamp current 0.36 A., 18W, cool day-light output 1300 lumen , ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 26 mm. ยาว 604 mm. ผลิตในประเทศไทย ระยะจากหลอดไฟนีออนอยู่ห่างจากตัวอย่างฟิล์ม 22 เซนติเมตร (ระยะแนวดิ่งจากพื้น) วัดความเข้มแสง (ใช้เครื่องวัดแสง (Lux meter)) ที่ตำแหน่งเดียวกับตัวอย่างแผ่นฟิล์มที่วางรับแสงสีขาว (Day-light) มีค่าเท่า 1002 lm/m^2 (Lux)



รูปที่ 3.8 แสดงหลอดไฟนีออนแสงสีขาว (Day-light lamp)

3.2.9 เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter)

แสดงผลด้วย LCD (liquid crystal display) ช่วงความเข้มที่วัด 0-50,000 Lux สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 80 % ขนาดตัวเครื่อง 108 x 73 x 23 mm^3 น้ำหนัก 160 กรัม ใช้แบตเตอรี่ 006P กระแสตรง 9 โวลต์ –2 mA

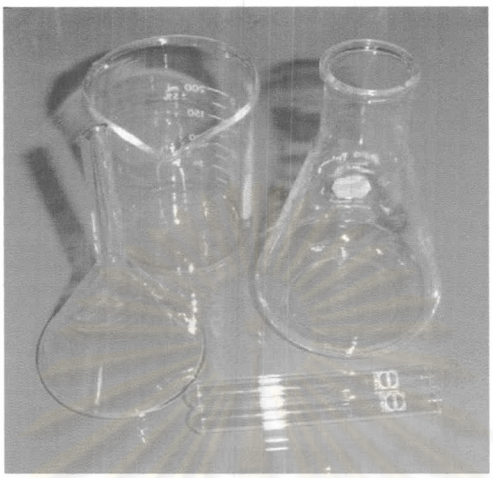


รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter) และสเปกตรัมแสดง Relative Sensitivity

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.10 <u>อุปกรณ์เครื่องแก้ว</u>

บิ๊กเกอร์, กรวยแก้ว, ถาดแก้ว, หลอดทดลอง (เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร) ฯ



รูปที่ 3.10 แสดงอุปกรณ์เครื่องแก้ว

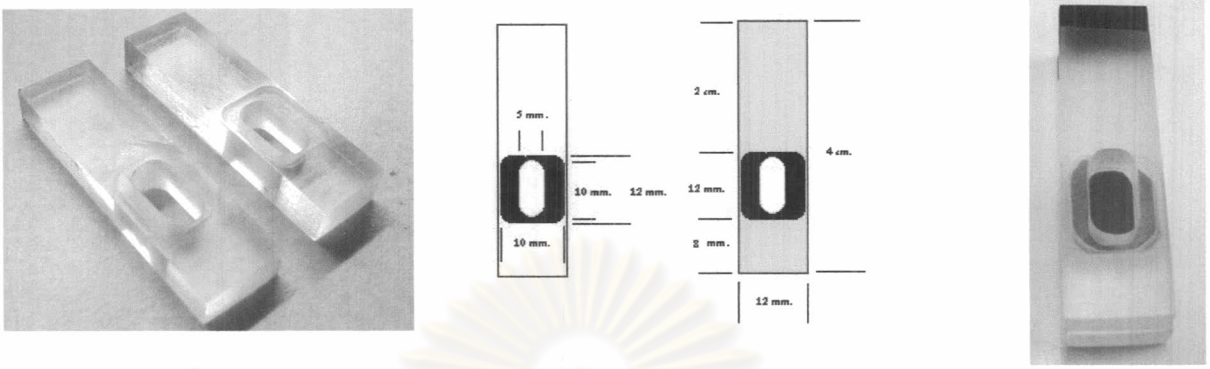
3.2.11 <u>อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดอื่น ๆ</u>

เช่น กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร ผลิตจาก Whatman Limited 540 Hardened Ashless ประเทศอังกฤษ, เครื่องชั่งน้ำหนักสารระดับมิลลิกรัม, เครื่องวัดระดับน้ำ, เครื่องทำความร้อน (heater) ในช่วง 200-500 องศาเซลเซียส, เครื่องปั่น, คิวเวทท์ (cuvette), ถ้วยบด, กรรไกร, มีดตัดฟิล์ม, ถุงพลาสติกปิดปากได้, กระปุกพลาสติดสีดำสำหรับใส่ฟิล์มเพื่อป้องกันแสง ฯลฯ

3.2.12 <u>อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสำหรับงานทดลอง</u>

3.2.12.1 <u>ตัวประกบฟิล์มขณะวัดค่าดูดกลืนแสง (Measured film holder)</u>

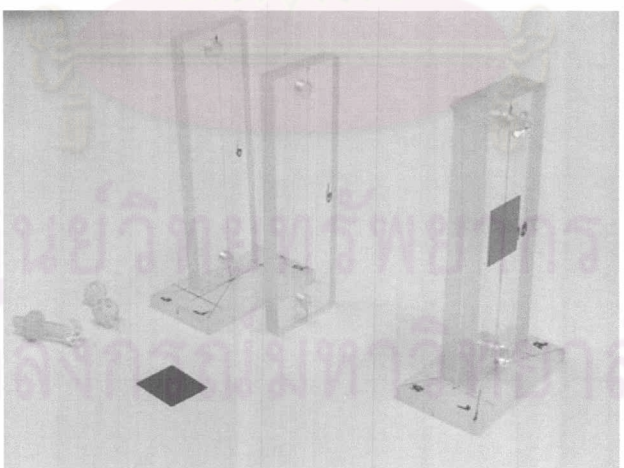
เป็นแผ่นพลาสติกมีขนาดใกล้เคียงกับ Cuvette แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีร่องไว้วางฟิล์ม (หนา 6 มิลลิเมตร) กับส่วนที่ประกบให้ฟิล์มแน่นอยู่กับที่ (หนา 5 มิลลิเมตร) แผ่นพลาสติกทั้ง 2 เมื่อประกบกันแล้ว กว้าง 11 มิลลิเมตร ยาว 11 มิลลิเมตร สูง 4 เซนติเมตร ส่วนที่วางแผ่นฟิล์มมีช่องสำหรับให้แสงผ่านขนาดกว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร ลึก 11 มิลลิเมตร โดยแผ่นฟิล์มถูกประกบอยู่ห่างจากขอบทั้งสองข้าง 5 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของตัวประกบแผ่นฟิล์มขณะวัดค่าดูดกลืนแสง

3.2.10.2 ตัวประกบฟิล์มขณะฉายรังสี (Irradiated film holder)

เป็นพลาสติกทำจาก Polymethylmethacrylate (PMMA) ขนาดแท่งพลาสติกกว้าง 2 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร และความหนา 4 มิลลิเมตร (ความหนาของ PMMA 3 ถึง 5 เซนติเมตร เป็นความหนาที่ทำให้เกิดสมดุลอิเล็กตรอน (electronic equilibrium) เมื่อถูกฉายด้วยรังสีแกมมา (Co-60) จากมาตรฐาน An American National Standard, E 1275, 1993 : 735-739) แผ่นพลาสติกที่นำมาใช้ประกบทั้งด้านหน้า และด้านหลังของแผ่นฟิล์ม



รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะของตัวประกบแผ่นฟิล์มขณะฉายรังสี

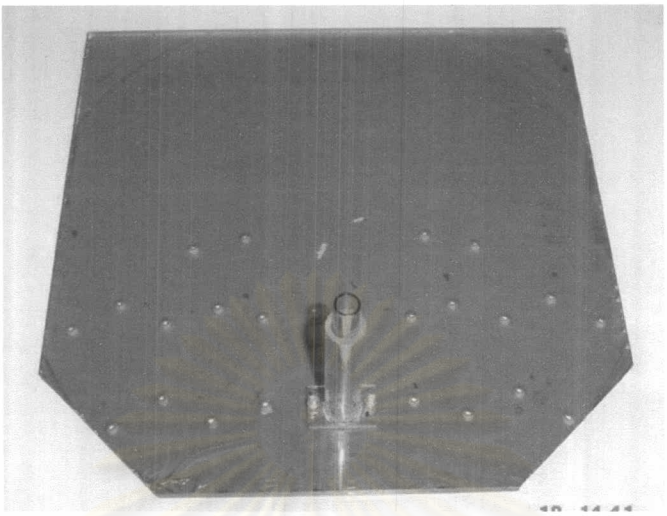
3.2.10.3 <u>ตัวจับหลอดทดลองขณะฉายรังสี (Irradiated tube holder)</u>

เป็นตัวจับหลอดทดลองทำขึ้นเพื่อวางหลอดทดลองที่บรรจุเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน ทำจากพลาสติกชนิด polymethylmethacrylate (PMMA) รูปทรงกระบอก สูง 8 เซนติเมตร มีรูกลวงภายในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 12 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 18 มิลลิเมตรและมีความหนาจากขอบนอก 3 มิลลิเมตร (เพื่อทำให้เกิดความสมดุลอิเล็กตรอน) สามารถสวมหลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน 10 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก 12 มิลลิเมตร สูง 10 เซนติเมตร ขอบหลอดทดลองสูงกว่าตัวจับหลอด 2 เซนติเมตร

รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะของตัวจับถือหลอดทดลองขณะฉายรังสี

3.2.10.4 <u>แผ่นรองตัวอย่างเพื่อกำหนดตำแหน่งอ้างอิงขณะฉายรังสี</u>

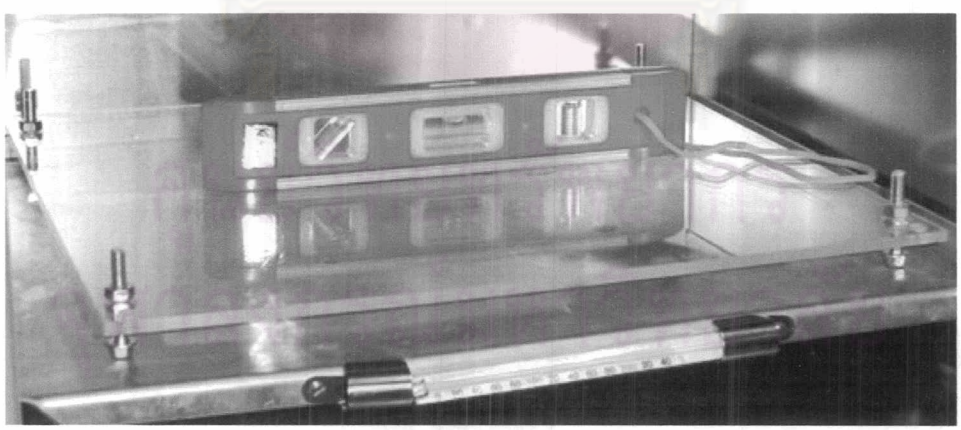
แผ่นรองตัวอย่างช่วยกำหนดตำแหน่งสำหรับการปรับเทียบปริมาณรังสีระหว่างตัวจับหลอดทดลอง (บรรจุเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน) และตัวประกบแผ่นฟิล์ม (บรรจุเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้น) ขณะฉายรังสีให้อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะของแผ่นรองตัวอย่างกำหนดตำแหน่งอ้างอิงสำหรับฉายรังสี

3.2.10.5 <u>แผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระดับน้ำ</u>

เป็นแผ่นพลาสติกที่เจาะรูมุมทั้ง 4 แล้วใส่ขาน็อตปรับความสูงต่ำเพื่อช่วยปรับระดับน้ำให้แผ่นกระจกหล่อฟิล์มมีระดับน้ำเดียวกันสำหรับการเตรียมฟิล์ม ให้ได้ฟิล์มที่มีความสม่ำเสมอหรือมีความหนาของแผ่นฟิล์มใกล้เคียงกันมากที่สุด

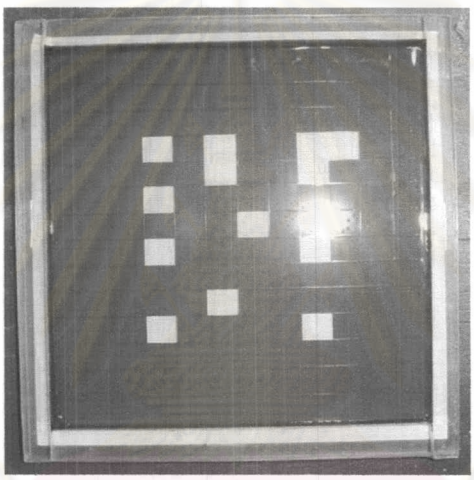


รูปที่ 3.15 แสดงแผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระดับน้ำ

3.2.10.6 <u>แผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม</u>

เป็นแผ่นกระจกเรียบสี่เหลี่ยมด้านเท่ามีขอบยกสูง 5 มิลลิเมตรจากพื้นกระจก (เพื่อกั้นสารละลายไหลจากการหล่อฟิล์ม) มีขนาดด้านใน 18 × 18 ตารางเซนติเมตร (ใช้ผลิตแผ่นฟิล์มเพื่อทดสอบการตอบสนองของแผ่นฟิล์ม การทดสอบสเปกตรัม และความเสถียรภาพ) จากการเตรียมฟิล์มพบว่าการใช้แผ่นกระจกที่มีขนาดใหญ่กว่าจะสามารถผลิตแผ่นฟิล์มที่ความสม่ำเสมอดีกว่าแผ่นกระจกขนาดเล็ก

แผ่นกระจกที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มควรมีความเรียบสม่ำเสมอทั้งแผ่น ไม่มีรอยขีด รอยแตก และมีขนาดเท่ากัน (ความเข้มข้นของสารละลาย และขนาดของแผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความหนา)

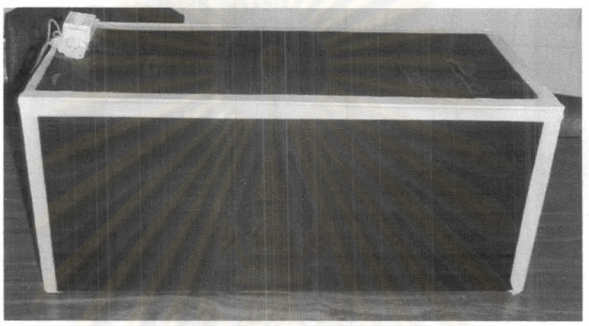


รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างแผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม PVA- ฝาง

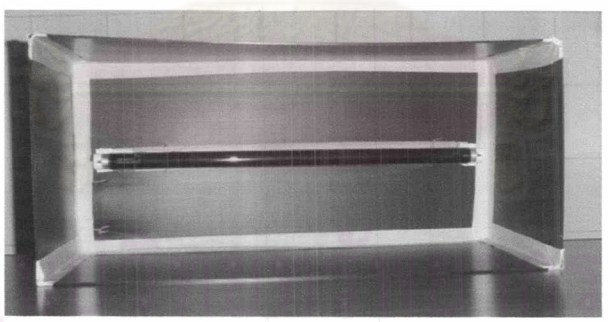
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.10.7 <u>กล่องบรรจุหลอดไฟสำหรับหลอดนีออนแสงสีขาว (daylight lamp) และหลอดนีออนแสงสีม่วง (UV-light lamp)</u>

กล่องบรรจุหลอดไฟทำด้วยพลาสติกลูกฟูกสีดำมีขนาดกว้าง 31 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร สูง 31 เซนติเมตร ภายในกล่องติดตั้งขาหลอดไฟนีออนขนาด 18 วัตต์ ฝากล่องด้านหนึ่งเปิด ขณะทำการทดลองต้องคว่ำกล่องคอบตัวอย่างแผ่นฟิล์ม



(คว่ำ)



(หงาย)

รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะกล่องบรรจุไฟหลอดนีออนแสงสีขาว (daylight lamp) และหลอดนีออนแสงสีม่วง (UV-light lamp)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การสกัดสีย้อม

3.3.1.1 การสกัดสีย้อมจากดอกชบา

นำดอกชบาแดงมาแยกเอาเฉพาะกลีบดอก บดให้ละเอียด อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ให้แห้ง ชั่งชบาอบแห้งหนัก 100 กรัม นำมาแช่ในเมทานอล 200 มิลลิลิตร ประมาณ 2 วัน จะได้สารละลายสีม่วงแดง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 540 Hardened ashless เพื่อแยกตะกอนออก แล้วเทสารละลายสีม่วงแดงลงในถาดแก้วทิ้งไว้ในตู้มืดที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 วัน จนแห้งได้เป็นสารสกัดเหลวเหนียวหนืดสีม่วงแดง

3.3.1.2 การสกัดสีย้อมจากดอกกระเจี๊ยบ

นำดอกกระเจี๊ยบแดงแห้งมาบดหรือปั่นให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักมา 100 กรัม แช่ด้วยเมทานอล 200 มิลลิลิตร ประมาณ 2 วัน จนได้สารละลายสีแดง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 540 Hardened ashless เพื่อแยกตะกอนออก หลังจากนั้นเทสารละลายลงในถาดแก้วทิ้งไว้ในตู้มืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 วัน จนแห้งได้เป็นสารสกัดเหลวเหนียวหนืดสีแดง

3.3.1.3 การสกัดสีย้อมจากไม้ฝาง

นำชิ้นไม้ฝางมาผ่าเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งไม้ฝางหนัก 100 กรัม แช่ด้วยเมทานอล 200 มิลลิลิตร ประมาณ 2 วัน จนได้สารละลายสีส้มแดง นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No. 540 Hardened ashless เพื่อแยกตะกอนออก หลังจากนั้นเทสารละลายลงในถาดแก้วทิ้งไว้ในตู้มืดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 วัน จนแห้งได้เป็นสารสกัดเกล็ดแข็งสีส้มแดงดำ

3.3.2 การเตรียมฟิล์ม

การเตรียมแผ่นฟิล์มให้มีความหนาสม่ำเสมอต้องปรับพื้นระนาบของแผ่นกระจกให้เสมอกัน ด้วยเครื่องวัดระดับน้ำ และเพื่อให้ฟิล์มมีความหนาใกล้เคียงกันในการเตรียมฟิล์มแต่ละครั้งต้องเตรียมฟิล์มด้วยแผ่นกระจกขนาดเดียวกัน และสัดส่วนโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ กับสีย้อมที่เท่ากัน โดยมีวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มทั้ง 3 ชนิดดังนี้คือ

3.3.2.1 <u>การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สารสกัดจากดอกชบา</u>

ชั่งสารสกัดจากดอกชบาหนัก 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ใส่สารสกัดจากดอกชบาให้มากที่สุด และสามารถเตรียมแผ่นฟิล์มได้) ขณะเดียวกันนำโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 7.2 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกันในบิ๊กเกอร์ นำไปต้มบนแผ่นความร้อนให้อุณหภูมิของสารละลายมีค่าประมาณ 90 – 100 องศาเซลเซียส คนจนละลายเข้ากันหมด ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายมากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 540 Hardened ashless) หลังจากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ประมาณ 150 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นกระจกขนาด 18 × 18 cm^2 ซึ่งวางไว้ในตู้อบและปรับระดับน้ำแล้ว ที่อุณหภูมิของตู้อบ 60 องศาเซลเซียส อบจนแห้งประมาณ 2-3 วัน จึงลอกแผ่นฟิล์มได้

3.3.2.2 <u>การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบ</u>

ชั่งสารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบหนัก 3.6 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร(ใส่สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบให้มากที่สุด และสามารถเตรียมแผ่นฟิล์มได้) ขณะเดียวกัน นำโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 7.2 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกันในบิ๊กเกอร์ นำไปต้มบนแผ่นความร้อนที่อุณหภูมิของสารละลายมีค่าประมาณ 90-100 องศาเซลเซียส คนจนสารละลายเข้ากันหมด ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายที่ได้กรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 540 Hardened ashless) หลังจากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ประมาณ 150 มิลลิลิตร เทสารละลายลงบนแผ่นกระจกขนาด 18 × 18 cm^2 ซึ่งวางไว้ในตู้อบและปรับระดับน้ำแล้ว ที่อุณหภูมิ ของตู้อบ 60 องศาเซลเซียส อบจนแห้งประมาณ 2-3 วัน จึงลอกแผ่นฟิล์มได้

3.3.2.3 <u>การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สารสกัดจากไม้ฝาง</u>

ชั่งสารสกัดจากไม้ฝาง 0.5 กรัม ละลายในเมทานอล 50 มิลลิลิตร (ใส่สารสกัดไม้ฝางให้มากที่สุดและสามารถเตรียมแผ่นฟิล์มได้) และชั่งโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 6 กรัม ละลายในน้ำ 200 มิลลิลิตร เทสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกันในบิ๊กเกอร์ นำไปต้มบนแผ่นความร้อนให้อุณหภูมิของสารละลายมีค่าประมาณ 90-100 องศาเซลเซียส คนจนสารละลายเข้ากันหมด ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatman No. 540 Hardened ashless) หลังจากนั้นนำสารละลายที่กรองได้ประมาณ 150 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นกระจกขนาด 18 × 18 cm^2 ซึ่งวางไว้ในตู้อบและปรับระดับน้ำแล้ว ที่อุณหภูมิของตู้อบ 55 องศาเซลเซียส อบจนแห้งประมาณ 2-3 วัน จึงลอกแผ่นฟิล์มได้

3.3.3 การตัดลอกฟิล์ม

ตัดแผ่นฟิล์มให้ได้ขนาด 10×12 ตารางมิลลิเมตร เป็นขนาดที่สามารถใส่ในตัวจับฟิล์ม (Film holder)ได้พอดี ตัวจับฟิล์มมีมุมโค้งจึงต้องตัดมุมแผ่นฟิล์มทั้งสี่มุมโดยตัดมุมหนึ่งให้แตกต่างจากด้านอื่น เพื่อเป็นมุมอ้างอิงสำหรับวัดค่าดูดกลืนแสงในตำแหน่งเดิมทุกครั้ง (สำหรับการวัดในงานวิจัยนี้กำหนดให้มุมขวาบนเป็นมุมอ้างอิงจะสังเกตุได้จากรอยตัดมีขนาดใหญ่กว่ามุมอื่น) เพื่อไม่ให้คุณสมบัติของแผ่นฟิล์มเปลี่ยนไปควรระมัดระวังอย่าให้มือหรือเครื่องใช้อื่น ๆ สัมผัสฟิล์ม โดยใช้พลาสติกปิดทับก่อนตัด และตัวหนีบฟิล์มจับเมื่อต้องการเคลื่อนย้ายฟิล์ม

3.3.4 การวัดค่าการดูดกลืนแสงแผ่นฟิล์ม (Absorbance measurement)

ฟิล์มที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสงต้องตัดให้ได้ขนาด 1 ×1.2 ตารางเซนติเมตรและตัดมุมทั้ง 4 ของแผ่นฟิล์มเล็กน้อยเพื่อให้สามารถใส่ในตัวจับแผ่นฟิล์มที่มีมุมเป็นส่วนโค้ง และเพื่อวางแผ่นฟิล์มในตัวจับในตำแหน่งเดิมทุกครั้งที่ทำการวัด จึงต้องตัดมุมด้านหนึ่งเพื่อให้แตกต่างจากมุมอื่นเพื่อให้เป็นมุมอ้างอิง และกำหนดให้วางมุมอ้างอิงของแผ่นฟิล์มอยู่ด้านขวาบนของตัวจับทุกครั้งที่ทำการวัด

ก่อนใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) วัดค่าดูดกลืนแสง ต้องทำการเปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที เพื่อเป็นการปรับเทียบเครื่องวัดก่อนใช้งาน

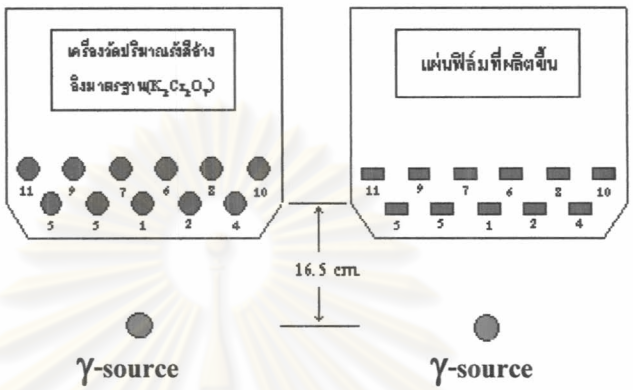
การวัดค่าการดูดกลืนแสงต้องหาค่าความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นฟิล์ม และก่อนวัดค่าดูดกลืนแสงต้องตั้งค่าเริ่มต้นที่ศูนย์ด้วยความยาวคลื่นแสงที่ใช้วัดทุกครั้ง เพื่อที่จะสามารถวัดดูดกลืนแสงก่อนและหลังฉายรังสีได้อย่างถูกต้อง

3.3.5 การปรับเทียบปริมาณรังสี (Dose calibration)

การปรับเทียบปริมาณรังสีแกมมาของเครื่อง Co-60 (BSV-06) ได้ใช้เครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐานชนิดสารละลายโปรแตทเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) (ภาคผนวก ก.) สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 10–50 kGy โดยค่าการดูดกลืนแสงการตอบสนองต่อปริมาณรังสีที่ความยาวคลื่นแสง 440 นาโนเมตร

กำหนดตำแหน่งอ้างอิง 11 ตำแหน่ง บนแผ่นรองตัวอย่างขณะฉายรังสี (แผ่นรองตัวอย่างต้องวางอยู่ในเครื่องฉาย Co-60 (BSV-06) ที่ตำแหน่งเดิมทุกครั้งเมื่อมีการฉายรังสี) ตำแหน่งอ้างอิงของแผ่นรองตัวอย่างแต่ละตำแหน่งสามารถถอดประกอบเครื่องมือเปลี่ยนระหว่างตัวจับหลอดทดลอง (สำหรับเครื่องวัด

ปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน) และตัวประกบฟิล์มขณะฉายรังสี (สำหรับแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้น) ให้อยู่ตำแหน่งเดียวกัน เพื่อการปรับเทียบปริมาณรังสี จากทดลองพบว่าตำแหน่งที่ 1 อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดรังสีมากที่สุด และสามารถวัดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี 16 .5 เซนติเมตร



รูปที่ 3.18 แสดงตำแหน่งการปรับเทียบปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน ($K_2Cr_2O_7$)กับแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้นติดตั้งบนแผ่นรองเดียวกันที่ตำแหน่ง 1-11

สมการปรับเทียบปริมาณรังสีของเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน($K_2Cr_2O_7$) ในช่วง 10-50 kGy วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 440 นาโนเมตร (An American National Standard, E 1401 - 91 :1-6.) คือ

$$D(kGy) = 58.4795\,\Delta A - 0.5263 \qquad \text{..... 1}$$

D(kGy) คือ ปริมาณรังสีดูดกลืน(Absorbed dose)

ΔA คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของสารละลาย (A_0-A_{ir}) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 440 นาโนเมตร

A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายก่อนฉายรังสี

A_{ir} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายหลังฉายรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หลังจากฉายรังสีแกมมาเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน($K_2Cr_2O_7$) เป็นเวลา 20 ชั่งโมง สามารถวัดค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (A_0-A_{ir}) ของสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ทั้ง 11 ตำแหน่ง และสามารถคำนวณหาอัตราการได้รับปริมาณรังสี (dose rate) จากสมการที่ 1 ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการปรับเทียบปริมาณรังสีที่จุดอ้างอิง 11 ตำแหน่ง บนแผ่นรองตัวอย่างขณะฉายรังสี ด้วยเครื่องวัดรังสีมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ (เครื่องฉายรังสีแกมมา BSV-06 ให้รังสีแกมมาจาก Co-60 เมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม 2545)

ตำแหน่งที่	A_0	A_{ir} (เฉลี่ย)	A_0-A_{ir}	Dose rate (kGy/hr)
1	1.18966	0.8513	0.33836	**0.963041**
2	1.18966	0.8823	0.30736	**0.872398**
3	1.18966	0.8863	0.3033	**0.86053**
4	1.18966	0.9096	0.028	**0.792398**
5	1.18966	0.923	0.2666	**0.753298**
6	1.18966	0.967	0.2226	**0.624562**
7	1.18966	0.9606	0.229	**0.643275**
8	1.18966	1.002	0.1876	**0.522223**
9	1.18966	1.002	0.1876	**0.522223**
10	1.18966	1.021	0.1686	**0.466667**
11	1.18966	1.022	0.1676	**0.4637432**

จากการปรับเทียบปริมาณรังสีที่จุดอ้างอิงทั้ง 11 ตำแหน่ง บนแผ่นรองตัวอย่าง พบว่าตำแหน่งที่ 1 มีอัตราได้รับปริมาณรังสี (Dose rate) มากที่สุด เท่ากับ 0.963041 kGy /hr (27 ก.ค. 2545) จึงเลือกตำแหน่งที่ 1 ให้เป็นตำแหน่งสำหรับทดลองการฉายรังสีเป็นส่วนมาก เพราะใช้เวลาฉายรังสีน้อยที่สุด

อัตราการได้รับปริมาณรังสี (Dose rate) ทุกตำแหน่ง จะลดลงตามเวลาเนื่องจากการสลายตัวของ Co-60 ที่มีครึ่งชีวิต 5.217 ปี สามารถคำนวณอัตราการได้รับรังสีที่ลดลงตามเวลา ดังสมการ คือ

$$D_t^{\bullet}(kGy\ /\ hr.) \quad = \quad D_0^{\bullet} e^{-\left(\frac{0.693}{5.217}\right)\left(\frac{d}{365}\right)} (kGy\ /\ hr.)$$

..... 2

$D_0^{\bullet}$ คือ อัตราการได้รับปริมาณรังสีที่ทำการปรับเทียบ

$D_t^{\bullet}$ คือ อัตราการได้รับปริมาณรังสีเมื่อเวลาผ่านไป (วัน)

d คือ จำนวนวันหลังจากการปรับเทียบปริมาณรังสี

และสามารถคำนวณเวลาสำหรับการฉายรังสีได้ดังนี้

$$T(hr.) \quad = \quad \frac{D(kGy)}{D_t^{\bullet}(kGy\ /\ hr.)}$$

..... 3

T คือ เวลาที่ใช้ฉายรังสี (Time)

D คือ ปริมาณรังสีที่ต้องการฉายตัวอย่าง (Absorbed dose)

$D_t^{\bullet}$ คือ อัตราการได้รับปริมาณรังสี (Dose rate)

3.3.6 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฟิล์ม

3.3.6.1 ความสม่ำเสมอของฟิล์ม(Uniformity)

หลังจากเตรียมแผ่นฟิล์มทุกครั้งต้องทดสอบความสม่ำเสมอ โดยสุ่มเลือกตัดแผ่นฟิล์ม 10 แผ่น บริเวณส่วนกลางของแผ่นกระจก (ขนาด 18 × 18 cm^2) ห่างจากขอบ 1.5 นิ้ว (แผ่นฟิล์มถูกตัดให้มีขนาด 1 × 1.2 cm^2 และตัดขอบให้พอดีตัวจับแผ่นฟิล์ม (film holder)) นำแผ่นฟิล์มมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (A) และความหนา (t) มาคำนวณหาค่า Average, SD. และ %CV จากนั้นการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความหนาของแผ่นฟิล์ม คำนวณหา A/t และค่า Average, SD. และ %CV ของฟิล์มทั้ง 10 แผ่น เพื่อทดสอบคุณสมบัติที่เหมาะสมในการนำฟิล์มไปใช้งานต่อไป (%CV มีค่ายอมรับไม่เกิน 2 % จาก An American National Standard, E 1275, 1993 :735-739)

3.3.6.2 การวิเคราะห์สเปกตรัม(Spectrum)

เป็นการวิเคราะห์ลักษณะสเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสง (A) และค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400 - 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0-50 kGy จากนั้นเลือกใช้ค่าความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม มาวัดค่าดูดกลืนแสง (A) เพื่อทดลองหากราฟการตอบสนองต่อปริมาณรังสีและเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป

3.3.7 การตอบสนองต่อปริมาณรังสี(Dose response)

3.3.7.1 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีของสีย้อมธรรมชาติ

สีย้อมที่เลือกใช้มี 5 ชนิด คือ สีย้อมจากขมิ้นอ้อย ดอกอัญชัน ดอกชบาแดง ดอกกระเจี๊ยบแดง และไม้ฝาง มาเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ฉายรังสีแกมมาปริมาณ 100 kGy พบว่าสีย้อมที่สกัดจากดอกกระเจี๊ยบแดง ดอกชบาแดง และไม้ฝางมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีได้ดี ส่วนขมิ้นอ้อยและดอกอัญชัน มีการตอบสนองน้อยมาก สำหรับงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้สีย้อมที่สกัดจากพืช 3 ชนิดคือ ดอกชบาแดง ดอกกระเจี๊ยบแดง และไม้ฝาง

3.3.7.2 การตอบสนองของฟิล์มในช่วงปริมาณรังสี 0 ถึง 100 kGy

ค่าดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนาเฉลี่ย ($\Delta A/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา, PVA-กระเจี๊ยบ และ PVA-ไม้ฝาง ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 0 – 100 kGy

เตรียมฟิล์ม PVA–ชบา, ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ และ ฟิล์ม PVA-ฝาง ชนิดละ 15 แผ่น แบ่งเป็น 5 ชุด ชุดละ 3 แผ่น ของแต่ละชนิด นำฟิล์มวัดค่าดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (A_o)

ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ และ ฟิล์มPVA-ฝาง ฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสี (dose rate) เท่ากับ 0.798050648 kGy/hr. (ตำแหน่ง 2 และ 3 วันที่ 29 มี.ค. 46) กรณีของฟิล์ม PVA-ชบา ฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสี (dose rate) เท่ากับ 0.851574654 kGy/hr (ตำแหน่งที่ 1 วันที่ 1 ก.ค. 46) วิธีการฉายรังสีแผ่นฟิล์มทั้งสามชนิดมีลักษณะคล้ายกัน โดยกำหนดให้ฉายรังสีเป็น 4 ช่วง คือ 25, 50, 75 และ 100 kGy ยกเว้นฟิล์มชุดที่1 (ไม่โดนฉายรังสีและเก็บฟิล์มในที่มืด อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส) หลังจากทำการฉายรังสีกับฟิล์มชุดที่ 2-5 แล้วนำฟิล์มทั้ง 5 ชุด วัดค่าการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี (A_{ir}) และความหนา (t) ของแผ่นฟิล์ม

- ชุดที่ 1 .....0 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 2 .....25 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 3 .....50 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 4 .....75 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 5 .....100 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น

นำข้อมูลมาคำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของฟิล์มแต่ละชุด จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta A/t$ กับ Absorbed dose (kGy)

3.3.7.3 การตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสี(Response curve)

แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) และ เปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching)หรือ เปอร์เซนต์การเพิ่มสี (%increasing) ของแผ่นฟิล์มที่การตอบสนองต่อปริมาณรังสีต่าง ๆ ในช่วงกราฟที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง (linear response curve)

ในงานวิจัยนี้ทดลองหากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0-50 kGy ของฟิล์มทั้งสามชนิด

3.3.7.3.1 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0-50 kGy ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ

เตรียมแผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ขนาด 1 ×1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชุดละ 3 แผ่น (รวมเป็น 15 แผ่น) จากนั้นนำฟิล์มวัดค่าดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (A_0)

ฉายรังสีฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ชุดที่ 2-5 ด้วยปริมาณรังสี คือ 12.5, 25, 37.5 และ 50 kGy ตามลำดับ ยกเว้นฟิล์มชุดที่ 1 เก็บไว้ที่มืด อุณหภูมิห้องโดยวางฟิล์มไว้ที่ตำแหน่งที่ 1 ด้วยอัตราปริมาณรังสี (dose rate) เท่ากับ 0.856236088 kGy/hr. (ตำแหน่งที่ 1 วันที่ 16 มิ.ย. 46) จากนั้นนำฟิล์มทั้ง 5 ชุดวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี (A_{ir}) และวัดความหนา (t) ของแผ่นฟิล์ม

- ชุดที่ 1 .....0 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 2 .....12.5 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 3 .....25 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 4 .....37.5 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 5 .....50 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น

นำข้อมูลมาคำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta A/t$ และ absorbed dose (kGy)

3.3.7.3.2 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0-50 kGy ของฟิล์ม PVA-ชบา

เตรียมแผ่นฟิล์มขนาด 1 ×1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชุดละ 3 แผ่น (รวมเป็น 15 แผ่น) จากนั้นนำฟิล์มวัดค่าดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (A_0)

ฉายรังสีแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา ชุดที่ 2-5 ด้วยปริมาณรังสี คือ 10, 25, 35 และ 50 kGy ตามลำดับ ยกเว้นฟิล์มชุดที่ 1 เก็บไว้ที่มืด อุณหภูมิห้อง โดยวางฟิล์มไว้ที่ตำแหน่งที่ 1 ด้วยอัตราปริมาณรังสี (dose rate) เท่ากับ 0.843861924 kGy/hr. (ตำแหน่งที่ 1 วันที่ 25 ก.ค. 46) จากนั้นนำฟิล์มทั้ง 5 ชุดวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี (A_{ir}) และวัดความหนา (t) ของแผ่นฟิล์ม

- ชุดที่ 1 .....0 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 2 .....10 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 3 .....25 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 4 .....35 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 5 .....50 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น

นำข้อมูลที่ได้คำนวณหาค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของฟิล์ม PVA-ชบา จากนั้นนำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\Delta A/t$ และ Absobed dose (kGy)

3.3.7.3.3 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วง 0-50 kGy ของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง

เตรียมแผ่นฟิล์ม PVA–ฝาง ขนาด 1 ×1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 5 ชุดละ 3 แผ่น (รวมเป็น 15 แผ่น) นำฟิล์มวัดค่าดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (A_0)

ฉายรังสีฟิล์ม PVA-ฝาง ชุดที่ 2-5 ด้วยปริมาณรังสี คือ 12.5, 25, 37.5 และ 50 kGy ตามลำดับ ยกเว้นฟิล์มชุดที่ 1เก็บฟิล์มไว้ที่มืด อุณหภูมิห้อง โดยวางไว้ที่ตำแหน่งที่ 1 ด้วยอัตราการได้รับปริมาณรังสี (dose rate) เท่ากับ 0.837742066 kGy/hr. (ตำแหน่งที่ 1 วันที่ 15 ส.ค. 46) จากนั้นฟิล์มวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี (A_{ir}) และวัดความหนา (t) ของแผ่นฟิล์ม (จากผลการทดลองพบว่าความหนาของฟิล์ม PVA-ฝาง มีค่า %CV สูง)

- ชุดที่ 1 .....0 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 2 .....12.5 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 3 .....25 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 4 .....37.5 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น
- ชุดที่ 5 .....50 kGy .....จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น

นำข้อมูลคำนวณหาค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีที่เปลี่ยนไป (%Bleaching $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times 100)$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า %Bleaching และ absorbed dose (kGy)

3.3.8 การทดสอบเสถียรภาพ

เป็นการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของแผ่นฟิล์มเนื่องจาก การเก็บไว้ในสภาวะต่าง ๆ เป็นระยะเวลาหนึ่ง ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่มืด (Dark) และอุณหภูมิ –10, 10, 25 และ 35 องศาเซลเซียส และการเก็บฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แสงสีขาว (Day-light) และแสงอุลตราไวโอเรด (UV-light) ที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 % โดยการเตรียมฟิล์มจำนวน 3 แผ่นที่สภาวะเดียวกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย การทดลองความเสถียรภาพทั้งก่อนและหลังฉายใช้แผ่นฟิล์มชนิดละ 36 แผ่น ดังนั้นต้องเตรียมแผ่นฟิล์มในการทดลองเสถียรภาพเป็นจำนวน 108 แผ่น

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มก่อนฉายรังสี วัดค่าดูดกลืนแสงหลังจากลอกแผ่นฟิล์มไม่เกิน 1วัน และการสอบเสถียรภาพของฟิล์มหลังฉายรังสี 30 kGy (ใช้เวลาฉายรังสีประมาณ 2 วัน) และวัดค่าดูดกลืนแสงหลังจากฉายรังสีแล้วไม่เกิน 1 วัน

นำข้อมูลมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป %Absorbance change $(((A_t- A_0)/A_0)\times 100)$ กับ ช่วงเวลา (day) ที่ทำการวัดค่าดูดแสงหลังจากวันแรก ที่สภาวะต่างๆ ของฟิล์มแต่ละชนิดทั้งก่อนฉายและหลังฉายรังสีแกมมา

สามารถแบ่งวิธีการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มสามชนิดได้ดังนี้คือ

3.3.8.1 การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ (Temp.) –10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บฟิล์มไว้ในกระปุกสีดำไม่มีแสงเข้า (Dark) วางไว้ในช่องแช่แข็ง (-10 °C, RH 66%) ของตู้เย็น ในช่วงเวลาการเก็บแตกต่างกัน

3.3.8.1.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.1.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 98 วัน

3.3.8.1.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.1.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 72 วัน

3.3.8.1.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.1.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 84 วัน

3.3.8.1.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 79 วัน

3.3.8.1.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 59วัน

3.3.8.2 การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ (Temp.) 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บฟิล์มไว้ในกระปุกสีดำไม่มีแสงเข้า (Dark) วางไว้ในตู้เย็น (10 °C, RH 66%) ในช่วงเวลาการเก็บแตกต่างกัน

3.3.8.2.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.2.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 98วัน

3.3.8.2.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.2.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 72 วัน

3.3.8.2.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.2.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 84 วัน

3.3.8.2.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 79 วัน

3.3.8.2.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 59 วัน

3.3.8.3 ทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ (Temp.) 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บฟิล์มไว้ในห่อพลาสติกสีดำป้องกันแสง (Dark) วางไว้ด้านหลังของตู้เย็น (35°C, RH 66%) ที่ช่วงเวลาเก็บต่างกัน

3.3.8.3.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.3.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 98 วัน

3.3.8.3.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.3.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 72 วัน

3.3.8.3.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.3.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 84 วัน

3.3.8.3.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 79 วัน

3.3.8.3.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวนฟิล์ม 3 แผ่น) เก็บ 59 วัน

3.3.8.4 การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ (Temp.) 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บฟิล์มไว้ในกระปุกสีดำไม่มีแสงเข้า (Dark) ไว้ในตู้มืดมีอุณหภูมิห้อง (25°C, RH 66%) ในช่วงเวลาการเก็บแตกต่างกัน

3.3.8.4.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.4.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 75 วัน

3.3.8.4.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.4.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 72 วัน

3.3.8.4.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.4.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 18 วัน

3.3.8.4.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 87 วัน

3.3.8.4.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 59 วัน

3.3.8.5 การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่แสงสว่าง (Day- light) อุณหภูมิ (temp.) 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บฟิล์มไว้ในกล่องแสงจากหลอดนีออนที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 1002 lm/m^2 (Lux) และวางแผ่นฟิล์มอยู่ห่างจากหลอดนีออน 22 ซนติเมตร ในช่วงเวลาการเก็บแตกต่างกัน

3.3.8.5.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.5.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 75 วัน

3.3.8.5.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.5.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 75 วัน

3.3.8.5.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.5.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 18 วัน

3.3.8.5.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 87 วัน

3.3.8.5.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 18 วัน

3.3.8.6 การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์มที่เก็บไว้ที่มีแสงอุลตราไวโอเรด (UV-light) อุณหภูมิ (temp.) 25 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 66 %

เก็บแผ่นฟิล์มไว้ในกล่องแสงอุลตราไวโอเรด (UV-light) ที่มีความเข้มของแสงสีขาว เท่ากับ 25 lm/m^2 (Lux) และวางแผ่นฟิล์มอยู่ห่างจากหลอดนีออน 22 เซนติเมตร ที่ช่วงเวลาการเก็บแตกต่างกัน

3.3.8.6.1 ทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

3.3.8.6.1.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 75 วัน

3.3.8.6.1.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 83 วัน

3.3.8.6.1.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 75 วัน

3.3.8.6.2 ทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสี 30 kGy

3.3.8.6.2.1 ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 18 วัน

3.3.8.6.2.2 ฟิล์ม PVA-ชบา (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 87 วัน

3.3.8.6.2.3 ฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง (จำนวน 3 แผ่น) เก็บ 18 วัน