บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการทดลองฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา

4.1.1 การสกัดสีย้อมจากดอกชบา

การสกัดสีย้อมจากดอกชบาแห้ง 100 กรัม ด้วยเมทานอล 99% พบว่าสามารถสกัดสีได้เป็นสารสกัดสีม่วงแดงข้นหนืดหนัก 24.739 กรัม หรือ 24.739 %

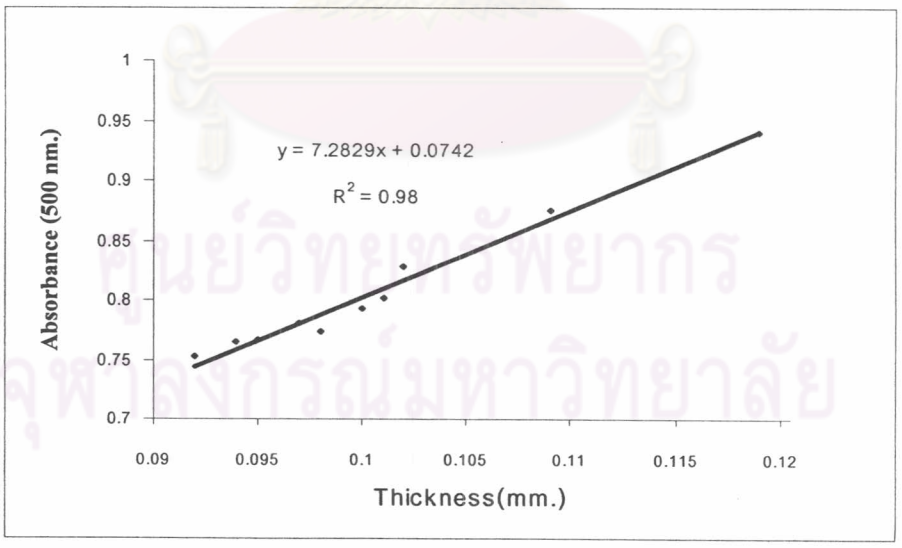
4.1.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา

เตรียมสารละลายที่มีส่วนผสมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 7.2 กรัม สารสกัดจากดอกชบา 2 กรัม และน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นกระจกมีขอบขนาด 18×18 ตารางเซนติเมตร อบจนแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 วัน ได้แผ่นฟิล์มขนาด 18×18 ตารางเซนติเมตร แล้วสุ่มตัดแผ่นฟิล์มออกเป็นขนาด 1×1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น มาทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย(t) เท่ากับ 0.1007±0.008 มิลลิเมตร มีค่า %CV เท่ากับ 7.973 ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ย (A) เท่ากับ 0.808 ±0.059 มีค่า %CV เท่ากับ 7.313 และค่าดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนาเฉลี่ย (A/t) เท่ากับ 8.024±0.102 มิลลิเมตร$^{-1}$ มีค่า %CV เท่ากับ 1.271 ดังตารางที่ 4.1 จากนั้นนำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงและความหนาของแผ่นฟิล์มมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.1 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงแปรผันตรงกับความหนาของแผ่นฟิล์ม กล่าวคือเมื่อแผ่นฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังสมการ $y = 7.2829x+0.0742$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.98 (แผ่นฟิล์มที่ใช้ทดลองมีความหนาระหว่าง 0.092 – 0.119 มิลลิเมตร)

จากความหนาและค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) สูง (7.973, 7.313 ตามลำดับ) เนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์มไม่สม่ำเสมอ เพื่อลดความแปรปรวนของค่าดูดกลืนแสง จึงนำความหนาของแผ่นฟิล์มไปหารค่าดูดกลืนแสงได้ค่า A/t ดังตารางที่ 4.1 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนาของแผ่นฟิล์ม (A/t) จำนวน 10 แผ่น มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้อยลง และเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) น้อยกว่า 2 % (มาตรฐานของ An American National Standard (Designation : E 1261- 94) กำหนดให้ ค่า %CV ไม่เกิน 2 %)

ตารางที่ 4.1 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์ม PVA – ชบา

ลำดับแผ่นฟิล์ม	Absorbance (500 nm.)	Thickness (mm.)	A/t (mm^{-1})
1	0.828	0.102	8.118
2	0.765	0.094	8.138
3	0.793	0.100	7.930
4	0.752	0.092	8.174
5	0.774	0.098	7.898
6	0.876	0.109	8.037
7	0.94	0.119	7.899
8	0.802	0.101	7.940
9	0.766	0.095	8.063
10	0.780	0.097	8.041
Average	0.808	0.101	8.024
SD.	0.059	0.008	0.102
%CV	7.313	7.973	1.271

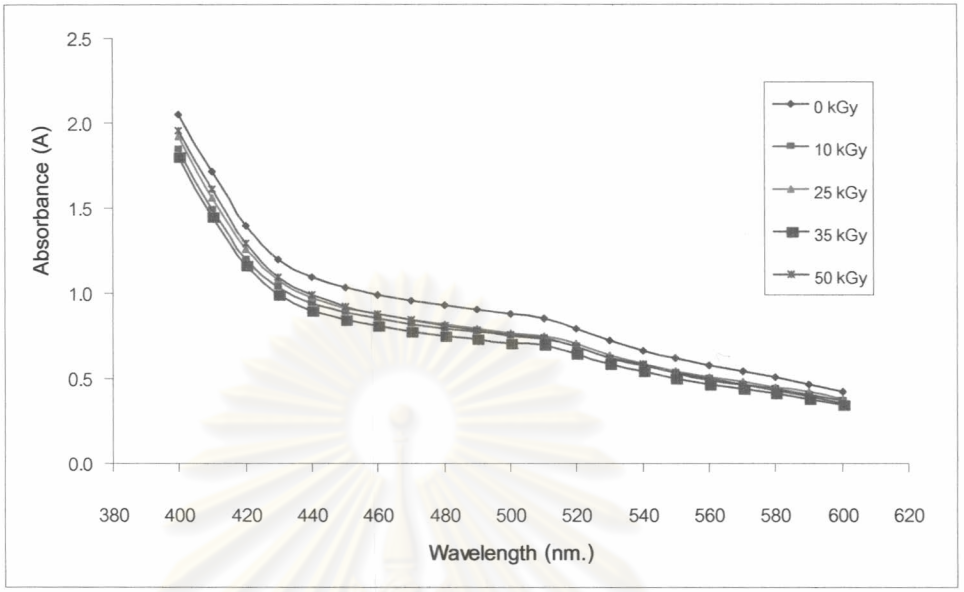


รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-ชบา

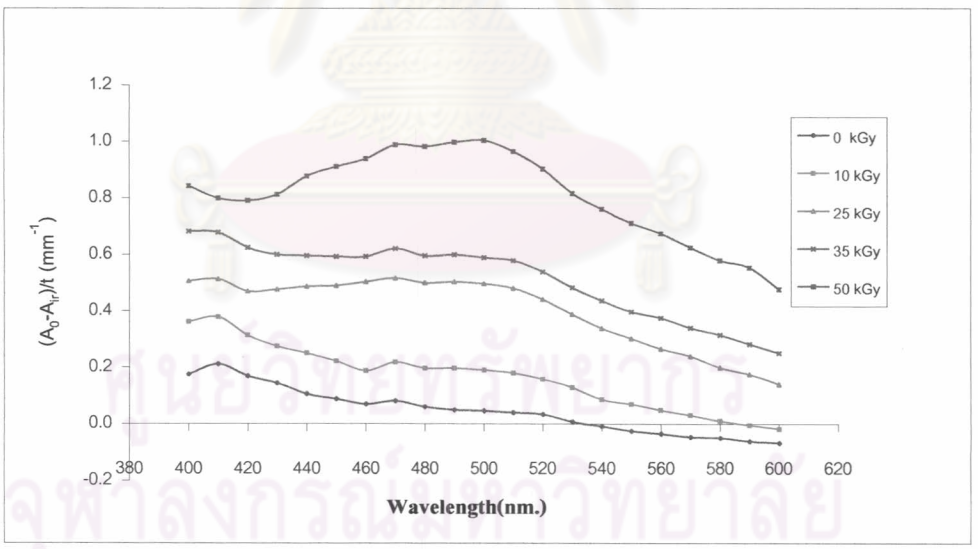
4.1.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์ม PVA-ชบา ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี

การวิเคราะห์สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-ชบา ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 600 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.2 พบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (0 kGy) มีค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 400-430 นาโนเมตร จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 430-510 นาโนเมตร หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วอีกเมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 510-600 นาโนเมตร จากสเปกตรัมดังกล่าวไม่เห็นจุดยอดที่ชัดเจน ส่วนการวิเคราะห์สเปกตรัมหลังฉายรังสีที่ 10, 25, 35 และ 50 kGy พบว่ามีลักษณะสเปกตรัมคล้ายคลึงกับสเปกตรัมก่อนฉายรังสี และมีค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าสเปกตรัมก่อนฉายรังสีทุกค่าความยาวคลื่นแสง เนื่องจากรังสีแกมมาทำอันตรกิริยากับสารสกัดจากชบาที่ผสมในฟิล์ม PVA-ชบา ทำให้เกิดการฟอกสี (bleaching) ของฟิล์ม และยังพบว่าสเปกตรัมหลังฉายรังสี ดังรูปที่ 4.2 มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่แตกต่างกันนัก ซึ่งมีผลมาจากความหนาของแผ่นฟิล์มที่ไม่สม่ำเสมอกัน ดังนั้นเพื่อลดความแปรปรวนเนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์ม ดังได้กล่าวไว้ในผลการทดลองที่ 4.1.2 จึงนำความหนาของแผ่นฟิล์ม (t) ไปหารค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (A_0-A_{ir}) ที่ค่าความยาวคลื่นแสงต่าง ๆ จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta A/t$ กับ ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400-600 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.3 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ คือ 10, 25, 35 และ 50 kGy ตามลำดับ ทุกค่าความยาวคลื่นแสงในช่วงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร และยังพบว่าสเปกตรัมที่ได้ในรูป 4.3 เห็นจุดยอด (peak) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีชัดเจนกว่ารูปที่ 4.2 จากผลการวิเคราะห์สเปกตรัมดังกล่าว จึงเลือกค่าความยาวคลื่นแสงที่ 500 นาโนเมตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดลองการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของค่าการดูดกลืนแสง ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ50 kGy (ภาคผนวก ข)

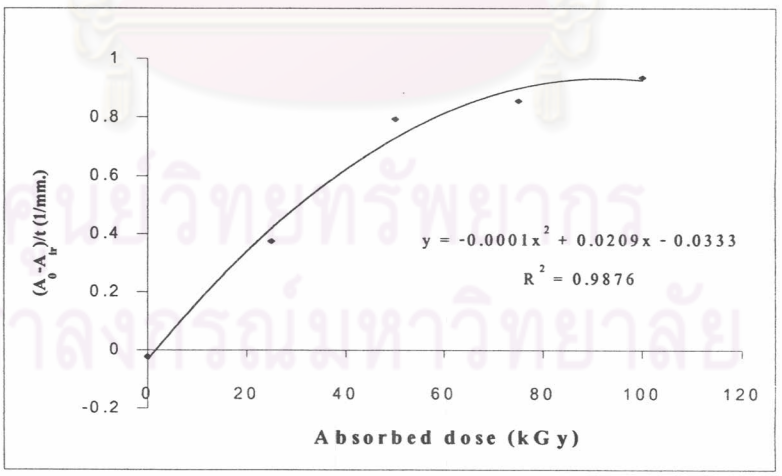


รูปที่ 4.3 แสดงสเปกตรัมของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อความหนา ($(A_0-A_{ir})/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร และตอบสนองต่อปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ 50 kGy (ภาคผนวก ข)

4.1.4 การตอบสนองของฟิล์ม PVA- ชบา ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy

ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา ที่ความยาวคลื่นแสง 500 นาโนเมตร ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy ดังรูปที่ 4.4 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสี โดยมีกราฟเป็นเส้นตรงในช่วงปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy (Linear response curve) และเมื่อปริมาณรังสีสูงกว่า 50 kGy ขึ้นไป เส้นกราฟมีความชันลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งค่า $\Delta A/t$ ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงปริมาณรังสีตั้งแต่ 90-100 kGy

แผ่นฟิล์ม PVA-ชบา สามารถประยุกต์ใช้ในงานประจำ (Routine) ได้ในช่วงปริมาณรังสี ไม่เกิน 50 kGy ซึ่งมีผลคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ M.Al-Sheikhly [19] และคณะ ได้ผลิตฟิล์ม PVA-Blue tetrazolium (BT^{2+}) พบว่ามีค่า $\Delta A/t$ ที่ความยาวคลื่นแสง 552 นาโนเมตร เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ได้กราฟเป็นเส้นตรงตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy และการตอบสนองมีแนวโน้มอิ่มตัวเมื่อได้รับปริมาณรังสีสูงกว่า 50 kGy ขึ้นไป และจากงานวิจัยของ Woon Hyuk Chung [1] ได้ผลิตฟิล์ม PVA- Methyl blue พบว่าค่า optical density ที่ความยาวคลื่นแสง 662 นาโนเมตร ลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาและอนุภาคอิเล็กตรอนที่เพิ่มขึ้น ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่ปริมาณรังสีไม่เกิน 40 kGy เนื่องจากฟิล์ม PVA-ชบา สามารถสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่ปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy จึงนำแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา มาฉายรังสีที่ปริมาณไม่เกิน 50 kGy เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง $\Delta A/t$ และปริมาณรังสี (Absorbed dose)



รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($(A_0-A_{ir})/t$) ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 100 kGy (ภาคผนวก ค)

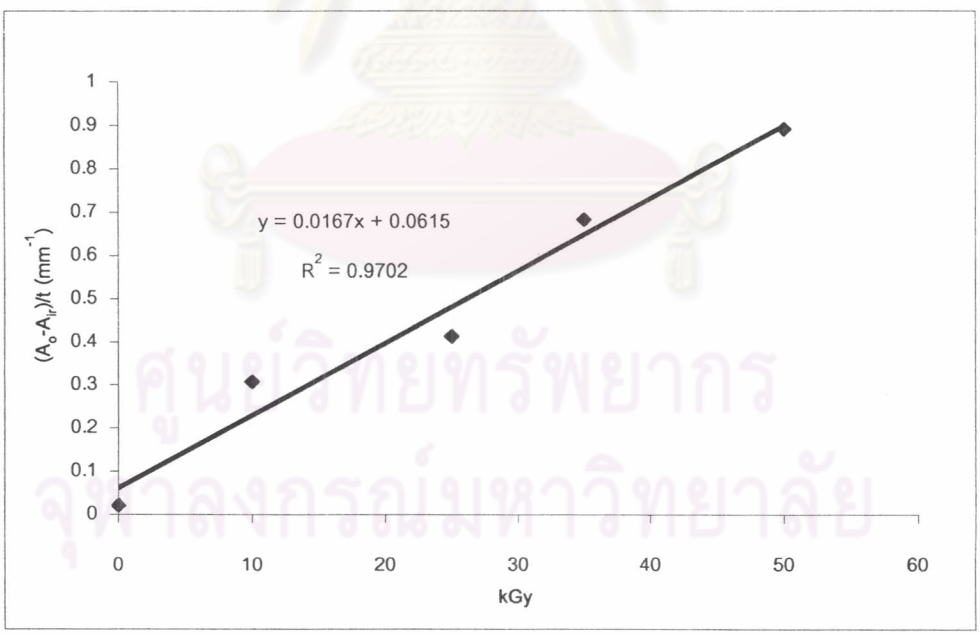
4.1.5 การตอบสนองของฟิล์ม PVA-ชบา ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy

นำฟิล์ม PVA-ชบา 10 แผ่นแบ่งเป็น 5 ชุด ชุดละ 2 แผ่น แต่ละชุด นำมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ กัน คือ 0, 10, 25, 35, 50 kGy (ยกเว้นชุดแรกไม่ถูกฉายรังสีและเก็บฟิล์มไว้ที่มืด) นำฟิล์มมาวัดความหนาและ ค่าการดูดกลืนแสงทั้งก่อน (Pre-irradiation) และหลังฉาย (Post-irradiation) รังสีที่ความยาวคลื่นแสง 500 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซนต์การฟอกสี (% bleaching $((A_0-A_{ir})/ A_0)\times100)$) และค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จากนั้นนำค่า $\Delta A/t$ กับ ปริมาณรังสี (Absorbed dose) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังรูป 4.5 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ได้เป็นเส้นตรง (Linear response curve) ดังสมการ $y = 0.167x + 0.0615$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9702

เปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของฟิล์ม PVA-ชบา ดังตารางที่ 4.2 พบว่ามีค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นในช่วงไม่เกิน 50 kGy คือ เปอร์เซนต์การฟอกสีเฉลี่ยเท่ากับ 3.809 เมื่อแผ่นฟิล์มได้รับปริมาณรังสี 10 kGy และมีเปอร์เซนต์การฟอกสีเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.088, 8.193, 11.277 เมื่อได้รับปริมาณรังสี 25, 35, 50 kGy ตามลำดับ เนื่องจากอันตรกิริยา (Pair production, Compton scattering, Photoelectric absorption) ระหว่างรังสีแกมมากับฟิล์ม PVA-ชบา ทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ถ่ายเทพลังงานให้กับแผ่นฟิล์ม สำหรับสีย้อมอินทรีย์มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างโมเลกุลที่ไวต่อปริมาณรังสี กล่าวคือเมื่อสีย้อมอินทรีย์ได้รับปริมาณรังสีมีผลให้ลักษณะโครงสร้างโมเลกุล และคุณสมบัติการให้สีเปลี่ยนไป โดยการฟอกสี (bleaching) หรือ การเพิ่มสี (increasing) จากการตอบสนองต่อปริมาณรังสีด้วยการฟอกสี (bleaching) ของฟิล์ม PVA-ชบา คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ M.Al-Sheikhly และคณะ[19] ได้ผลิตฟิล์ม PVA-Blue tetrazolium (BT^{2+}) พบว่ามีการตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงต่อปริมาณรังสีแกมมาด้วยการฟอกสี (bleaching) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 552 นาโนเมตร และงานวิจัยของ Hasan m. Khan และ Guizar Ahmad[20] ได้ผลิตฟิล์ม 3 mm Blue PMMA พบว่า มีการตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงต่อปริมาณรังสีแกมมาเนื่องจากเกิดการฟอกสี (bleaching) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 596 และ 612 นาโนเมตร และมีการตอบสนองของค่าดูดกลืนแสงต่อปริมาณรังสีแกมมาด้วยการเพิ่มสี (increasing) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 402 และ 450 นาโนเมตร ดังนั้นจากงานวิจัยที่ได้กล่าวข้างต้นจึงพบว่า การตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงต่อปริมาณรังสีด้วยการฟอกสี (bleaching) หรือการเพิ่มสี (increasing) ขึ้นอยู่กับค่าความยาวคลื่นแสงที่เลือกใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง

ตารางที่ 4.2 แสดงการตอบสนองของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($(A_0-A_{ir})/t$) ของฟิล์ม PVA-ชบา ต่อปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ 50 kGy ที่ค่าความยาวคลื่น 500 nm.

kGy	ลำดับ	Pre-irradiation Absorbance	Post-irradiation Absorbance	A_0-A_{ir}	Thickness (mm.)	% bleaching $((A_0-A_{ir})/A_0)\times100)$	$(A_0-A_{ir})/t$ (mm^{-1})	Average (mm^{-1})
0	1	0.900	0.894	0.006	0.116	0.667	0.052	0.021 ± 0.0427
	2	0.903	0.904	-0.001	0.114	-0.111	-0.008	
10	1	0.774	0.744	0.03	0.095	3.876	0.315	0.307 ± 0.0118
	2	0.775	0.746	0.029	0.097	3.742	0.299	
25	1	0.796	0.752	0.044	0.099	5.528	0.444	0.413 ± 0.0439
	2	0.839	0.800	0.039	0.102	4.648	0.382	
35	1	0.776	0.712	0.064	0.093	8.247	0.688	0.683 ± 0.0076
	2	0.774	0.711	0.063	0.093	8.139	0.677	
50	1	0.878	0.780	0.098	0.111	11.162	0.882	0.891 ± 0.0121
	2	0.869	0.770	0.099	0.110	11.392	0.900	



รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA-ชบา ($(A_0-A_{ir})/t$) ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 50 kGy

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับสารสกัดจากดอกชบาที่ผสมอยู่ในฟิล์ม PVA ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาโครงสร้างโมเลกุล แต่จากการได้ศึกษาพบว่าโดยทั่วไปสีย้อมอินทรีย์ธรรมชาติที่มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสี หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างที่มีความไวต่อปริมาณรังสี (Radiation Sensitivity) กล่าวคือสีย้อมอินทรีย์ประกอบด้วย aromatic compound เช่น benzene ring เป็นโครงสร้างหลัก และมีกลุ่มของ Chromophore เช่น -C=C-, -C=N-, -C=O-, -N=N-, $-NO_2$, Quinoid rings และมีกลุ่ม Auxochrome เช่น $-NH_3$, -COOH, $-HSO_3$ และ–OH ต่อเชื่อมกับ aromatic compound ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2

4.1.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA- ดอกชบา

4.1.6.1 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ดอกชบา ก่อนฉายรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 83 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่มืด (dark) ที่อุณหภูมิ 35, 10 และ -10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กรณีฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (เส้นสีแดง) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นสูงประมาณ 6% ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพยังไม่ดี โดยมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนระหว่าง 6 - 14% สำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 2 % ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพดี โดยมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยประมาณ 1-2% และสำหรับฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 2% ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดีนักในช่วงสัปดาห์ที่ 3-7 ต่อมาฟิล์มมีเสถียรภาพดีขึ้นหลังจากสัปดาห์ที่ 7 ดังรูปที่ 4.6

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสี เป็นระยะเวลา 83 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) และในที่มืด (dark) ตามลำดับ พบว่าฟิล์มเกิดการซีดจางของสี (fade) เล็กน้อย หรือมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ –1 ถึง -2% ในช่วง 2 สัปดาห์แรก ทั้ง 3 สภาวะ หลังจากนั้นฟิล์มทั้ง 3 ชุดมีเสถียรภาพไม่ดีนัก มีสีซีดจางลง (fade) ตามเวลาของการเก็บฟิล์ม โดยฟิล์มเก็บไว้ที่แสงสีขาว (day-light) (เส้นสีเขียว) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงมากที่สุดประมาณ –9% ในสัปดาห์ที่ 12 สำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่แสงเหนือม่วง (UV-light) (เส้นสีม่วง) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ –6% ในสัปดาห์ที่ 12 และฟิล์มเก็บไว้ที่มืด (dark) (เส้นสีดำ) พบว่าเกิดการซีดจางของสีน้อยที่สุด มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนระหว่าง –2 ถึง -4% ตลอดเวลาการเก็บฟิล์ม 83 วัน ดังรูปที่ 4.6

จากผลการทดลองเสถียรภาพก่อนฉายรังสีของฟิล์ม PVA-ชบา พบว่าสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บฟิล์มที่ไว้ที่มืด อุณหภูมิ –10, 10, 25, 35 องศาเซลเซียส และเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะแสงสีขาว Day-light และ แสงเหนือม่วง (UV-light) ตามลำดับ มีผลต่อการเพิ่มสี (increasing)และการซีดจางสี (fading) ของฟิล์ม โดยเฉพาะการเก็บฟิล์มที่มีอุณหภูมิสูง 35 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดี มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว สำหรับฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืดอุณหภูมิ-10, 10, 25 องศาเซลเซียส, ที่แสงสีขาว, แสงเหนือม่วง ตามลำดับ พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่เกิน 2% ในช่วง 10 วันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดีนัก ยกเว้นการเก็บฟิล์มไว้ที่มืดอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่ามีเสถียรภาพค่อนข้างดี ตลอดระยะเวลาการเก็บ 83 วัน ดังนั้นฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนใช้งานควรเก็บทันทีหลังจากเตรียมไว้ที่มืด อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จะได้ฟิล์มที่มีเสถียรภาพดี เก็บได้นาน (จากผลการทดลอง 83 วัน) และเก็บฟิล์มหลังจากเตรียมไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) และในที่มืด (dark) ภายใน 10 วันหลังจากลอก จึงได้ฟิล์มที่มีเสถียรภาพดี อย่างไรก็ตามการนำฟิล์มไปใช้งานในทุกกรณีควรหลีกเลี่ยงสภาวะแสง day-light, UV-light และอุณหภูมิสูง

จากงานวิจัยของ M.Al-Sheikhly และคณะ[19] ได้ทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-Blue tetrazolium (BT^{2+}) ก่อนฉายรังสี พบว่าฟิล์มมีค่าดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนา (A/t) เพิ่มขึ้นมากเมื่ออยู่ในสภาวะแสง UV-light และ day-light จึงควรหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีแสง และ ควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิห้อง จึงได้ฟิล์มที่มีเสถียรภาพดี และพบว่าอุณหภูมิระหว่างการฉายรังสีแกมมาควรอยู่ในช่วง –20 ถึง +30 องศาเซลเซียส

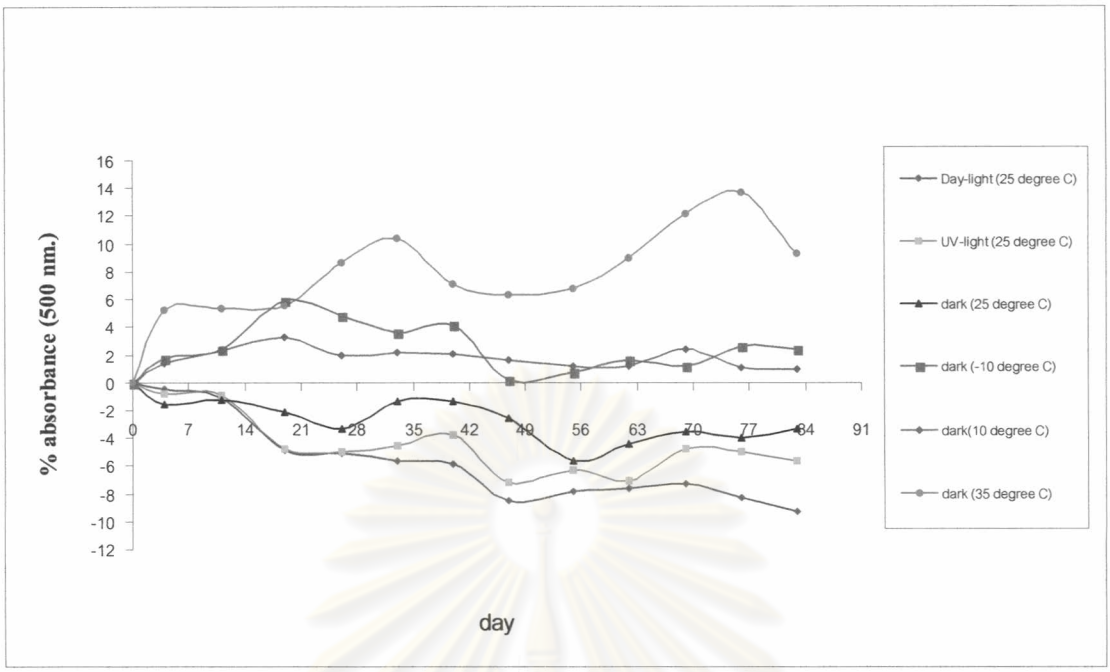
4.1.6.2 **<u>เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ดอกชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy</u>**

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 79 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มในที่มืด (dark) ที่อุณหภูมิ 35, 10 และ –10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส(เส้นสีแดง) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นสูงประมาณ 12 % ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดี มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนระหว่าง 12 ถึง 20% สำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพดี เปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงคงที่ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนระหว่าง 2 ถึง 4 % ในช่วง 10 สัปดาห์หลัง และสำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วง 2 สัปดาห์แรก จากนั้นเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนระหว่าง 2 ถึง 6 % ในช่วง 9 สัปดาห์หลัง ดังรูปที่ 4.7

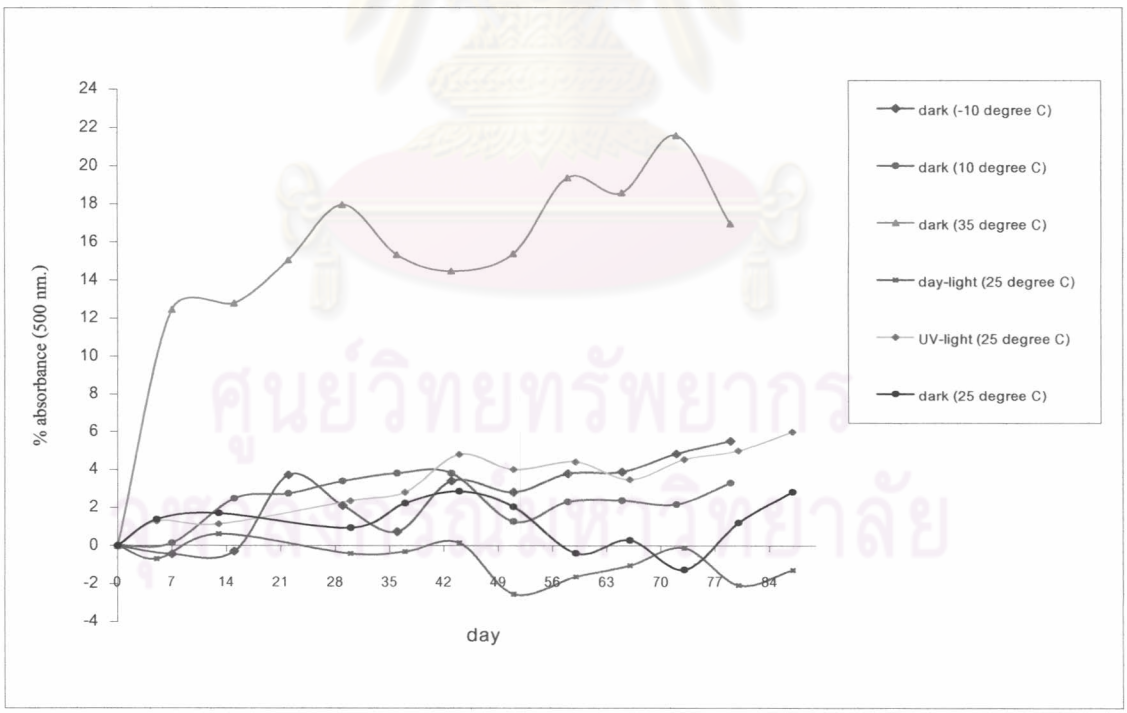
การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บที่สภาวะต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 87 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) และที่มืด (dark) ตามลำดับ โดยฟิล์มเก็บไว้ที่มีแสงสีขาว (day-light) (เส้นสีเขียว) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพค่อนข้างดี มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่เกิน 1% ในช่วง 6 สัปดาห์แรก จากนั้นมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0 ถึง -3 % ในช่วง 6 สัปดาห์หลัง และสำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่มีแสงเหนือม่วง (UV-light) (เส้นสีม่วง) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดี โดยมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามเวลาจนถึงประมาณ 6% ในสัปดาห์ที่ 12 และสำหรับฟิล์มเก็บไว้ที่มืด (dark) (เส้นสีดำ) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดีนัก โดยมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 2% ในช่วง 4 สัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนสูงระหว่าง -1 ถึง 4 % ในช่วงสัปดาห์ที่ 4 ถึง 12 ดังรูปที่ 4.7

จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA- ชบา หลังฉายรังสีแกมมาที่ 30 kGy ในสภาวะต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.7 พบว่า สภาวะแวดล้อมต่าง ๆ ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มเปลี่ยนไปโดยการเพิ่มสี (increasing) และการซีดจางสี (fading) โดยเฉพาะฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส พบว่ามีเสถียรภาพไม่ดี โดยฟิล์มเพิ่มสีขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรก สำหรับฟิล์มที่เก็บไว้สภาวะอื่น ๆ มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงใกล้เคียงกันไม่เกิน 2 % ในช่วง 2 สัปดาห์แรก จากนั้นเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงมีความแปรปรวนเพิ่มขึ้นตามเวลาของการเก็บฟิล์ม ดังนั้นควรวัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA- ชบา จากฟิล์มที่เก็บหลังฉายรังสีทันทีไว้ที่มืด อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ภายใน 1 สัปดาห์ หรือจากฟิล์มเก็บหลังฉายรังสีทันทีไว้ที่มืด อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ภายใน 2 สัปดาห์ จึงจะได้ฟิล์มที่มีเสถียรภาพหลังฉายรังสีดีที่สุด อย่างไรก็ตามควรวัดค่าการดูดกลืนแสงให้เร็วที่สุดภายหลังจากฉายรังสีแล้ว และหลีกเลี่ยงผลจากสภาวะแสงสีม่วง (UV-light) และอุณหภูมิสูง ดังผลการทดลองรูปที่ 4.7

จากงานวิจัยของ M.Al-Sheikhly และคณะ[19] ได้ทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-Blue tetrazolium (BT^{2+}) หลังฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสี 1, 5 และ10 kGy ซึ่งเก็บไว้ที่มืด และที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1000 ชั่วโมง พบว่าฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงต่อความหนา (A/t) มีเสถียรภาพดีหลังจากฉายรังสี 1 kGy ตลอด 1000 ชั่วโมง แต่เมื่อเพิ่มปริมาณรังสี 5 และ 10 kGy ตามลำดับ ทำให้ค่า (A/t) เพิ่มขึ้นประมาณ 20 % หลังจากฉายรังสีแกมมา 10 kGy เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง แล้วค่า (A/t) เริ่มคงที่อีกครั้ง แสดงว่าฟิล์ม PVA-Blue tetrazolium (BT^{2+}) เมื่อได้รับปริมาณรังสีแกมมาสูงขึ้นจะทำให้ระยะเวลาเสถียรภาพของฟิล์มหลังฉายรังสีน้อยลง



รูปที่ 4.6 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป($(A_t-A_0)/A_0 \times 100$) ของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 83 วัน (ภาคผนวก ง)



รูปที่ 4.7 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป ($(A_t-A_0)/A_0 \times 100$) ของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ (ภาคผนวก จ)

4.2 การทดลองฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ดอกกระเจี๊ยบ

4.2.1 การสกัดสีย้อมจากดอกกระเจี๊ยบ

การสกัดสีย้อมจากดอกกระเจี๊ยบแห้งน้ำหนัก 100 กรัม ด้วยเมทานอล 99% พบว่าสามารถสกัดได้สารสกัดสีแดงข้นหนืดหนัก 17.111 กรัม หรือ 17.11 %

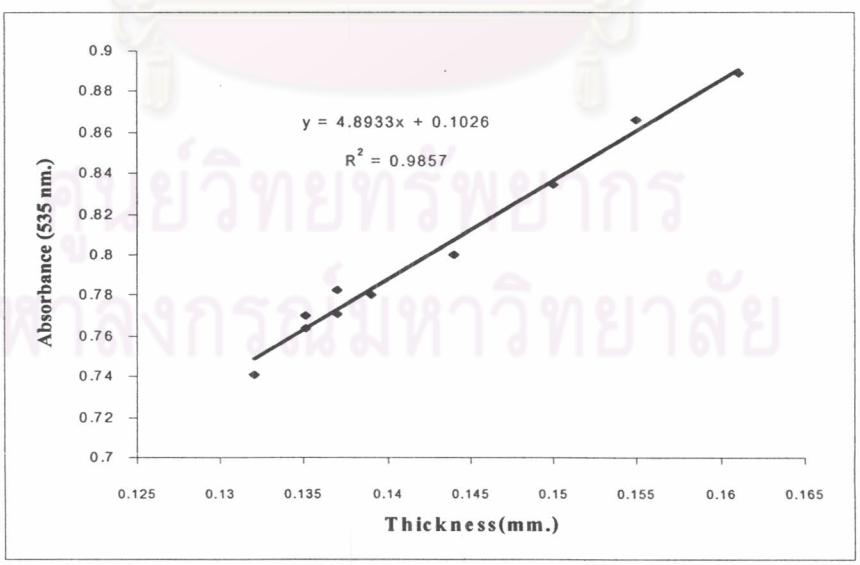
4.2.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ

เตรียมสารละลายที่มีส่วนผสมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 7.2 กรัม สารสกัดจากดอกกระเจี๊ยบ 3.6 กรัม กรัม และน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิลิตร เทลงบนแผ่นกระจกมีขอบขนาด 18 × 18 ตารางเซนติเมตร อบจนแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 วันได้ฟิล์มขนาด 18 × 18 ตารางเซนติเมตร แล้วสุ่มตัดแผ่นฟิล์มขนาด 1 ×1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น ทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นฟิล์ม พบว่าได้ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย (t) เท่ากับ 0.1425 ± 0.0097 มิลลิเมตร มีค่า %CV เท่ากับ 6.830 และค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ย (A) เท่ากับ 0.799 ± 0.048 มีค่า %CV เท่ากับ 5.996 และค่าดูดกลืนแสงต่อความหนาเฉลี่ย (A/t) เท่ากับ 5.616± 0.063 โดยมีค่า %CV เท่ากับ 1.117 ดังตารางที่ 4.3 จากนั้นนำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสง และความหนาของแผ่นฟิล์มมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.8 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงแปรผันตรงกับความหนาของแผ่นฟิล์ม กล่าวคือ เมื่อแผ่นฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังสมการ $y = 4.8933x+0.1026$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9857 (แผ่นฟิล์มที่ใช้ทดลองมีความหนาระหว่าง 0.132 -0.161 มิลลิเมตร)

จากความหนา และค่าการดูดแสงของฟิล์มมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) สูง (6.830, 5.997 ตามลำดับ) เนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์มไม่สม่ำเสมอ เพื่อลดความแปรปรวนของค่าดูดกลืนแสง จึงนำความหนาของแผ่นไปหารค่าดูดกลืนแสงได้ค่า A/t ดังตารางที่ 4.4 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนาของแผ่นฟิล์ม (A/t) จำนวน 10 แผ่น มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้อยลง และเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) น้อยกว่า 2 ซึ่งมีผลการทดลองคล้ายคลึงกับฟิล์ม PVA- ชบา ดังผลการทดลองที่ 4.1.2 (มาตรฐานของ An American National Standard (Designation : E 1261- 94) กำหนดให้ ค่า %CV ไม่เกิน 2 %)

ตารางที่ 4.3 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์ม PVA – กระเจี๊ยบ

ลำดับแผ่นฟิล์ม	Absorbance (535 nm.)	Thickness (mm.)	A/t (mm^{-1})
1	0.764	0.135	5.659
2	0.77	0.135	5.704
3	0.741	0.132	5.614
4	0.771	0.137	5.628
5	0.8	0.144	5.556
6	0.889	0.161	5.522
7	0.866	0.155	5.587
8	0.835	0.150	5.567
9	0.78	0.139	5.612
10	0.783	0.137	5.715
Average	0.799	0.142	5.616
SD.	0.0479	0.0097	0.0627
%CV	5.997	6.830	1.117

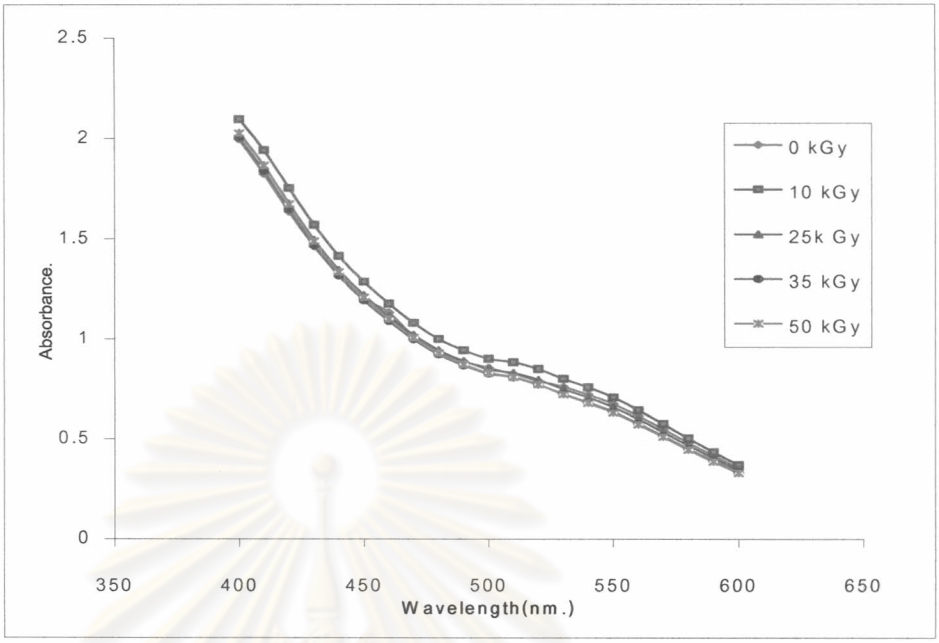


รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ

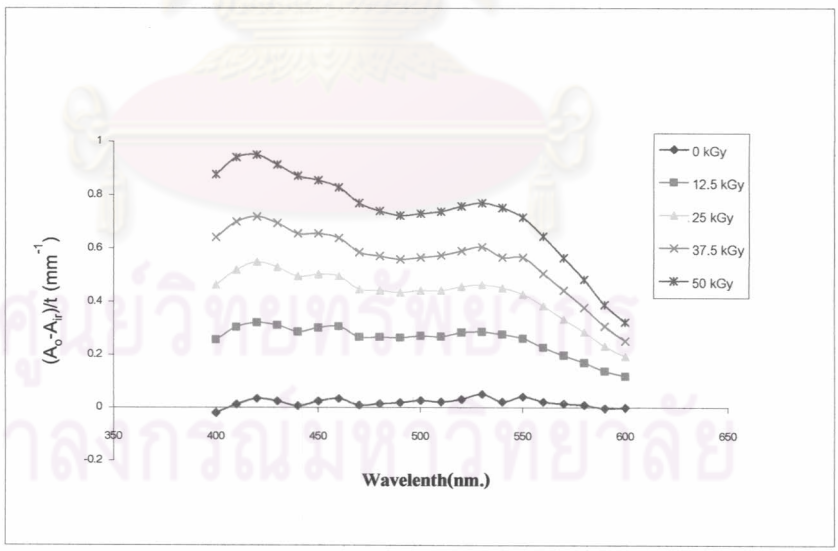
4.2.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี

การวิเคราะห์สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 600 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.9 พบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (0 kGy) และหลังฉายรังสี (12.5, 25, 37.5, 50 kGy) มีลักษณะของสเปกตรัมคล้ายกัน โดยมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 400-480 นาโนเมตร จากนั้นมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 490-510 นาโนเมตร หลังจากนั้นมีค่าดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วอีก เมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นในช่วง 510-600 นาโนเมตร จากสเปกตรัมดังกล่าวไม่เห็นจุดยอดที่ชัดเจนนัก และยังพบว่าสเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มทั้งก่อนและหลังฉายรังสีไม่แตกต่างกัน เนื่องจากความหนาของแผ่นฟิล์มที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นเพื่อลดความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสง (ดังได้กล่าวไว้ในผลการทดลองที่ 4.2.2) จึงนำความหนา (t) ของแผ่นฟิล์มไปหารค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (A_0-A_{ir}) และนำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ของค่า $\Delta A/t$ ที่ค่าความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy ดังรูปที่ 4.10 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ อย่างชัดเจนทุกค่าความยาวคลื่นแสงในช่วงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร และยังพบว่ามีจุดยอด (peak) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 535 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.10 มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีชัดเจนมากกว่ารูปที่ 4.9 จึงเลือกค่าความยาวคลื่นแสงที่ 535 นาโนเมตร นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



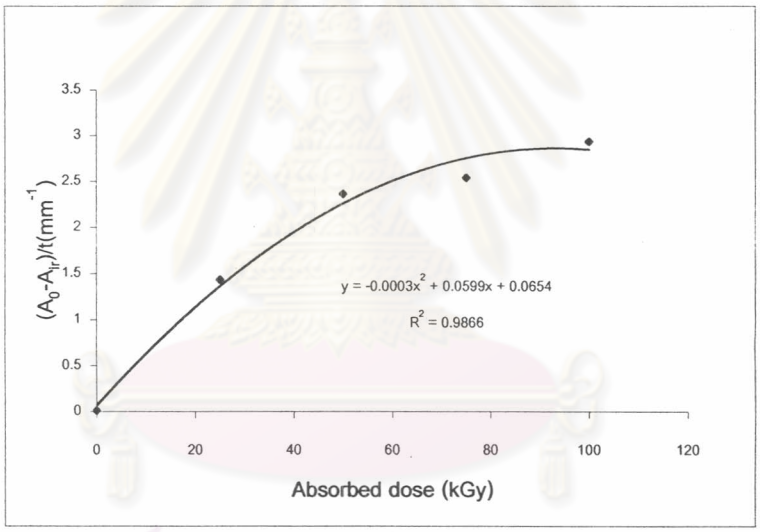
รูปที่ 4.9 แสดงสเปกตรัมของค่าดูดกลืนแสง (A) ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 ถึง 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี 0, 12.5, 25, 37.5 และ 50 kGy



รูปที่ 4.10 แสดงค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($(A_0-A_{ir})/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ 50 kGy

4.2.4 การตอบสนองของฟิล์ม PVA- กระเจี๊ยบ ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy

การตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของแผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ความยาวคลื่นแสง 535 นาโนเมตร ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy ดังรูปที่ 4.11 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับ โดยมีกราฟเป็นเส้นตรงในช่วงปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy (Linear response curve) และเมื่อปริมาณรังสีสูงกว่า 50 kGy ขึ้นไป เส้นกราฟมีความชันลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งค่า $\Delta A/t$ คงที่ในช่วงปริมาณรังสีตั้งแต่ 90-100 kGy ดังนั้นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ จึงสามารถประยุกต์ใช้ในงานประจำ (Routine) ได้ในช่วงปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy ซึ่งมีผลคล้ายคลึงกับฟิล์ม PVA-ชบา ดังผลการทดลองที่ 4.1.4 โดยพบว่ามีค่า $\Delta A/t$ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีเป็นเส้นตรงในช่วงไม่เกิน 50 kGy จากนั้นนำแผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ มาฉายรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 50 kGy เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า $\Delta A/t$ กับ ปริมาณรังสี (Absorbed dose) ต่อไป



รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 535 nm.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.5 การตอบสนองของฟิล์ม PVA- กระเจี๊ยบ ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy

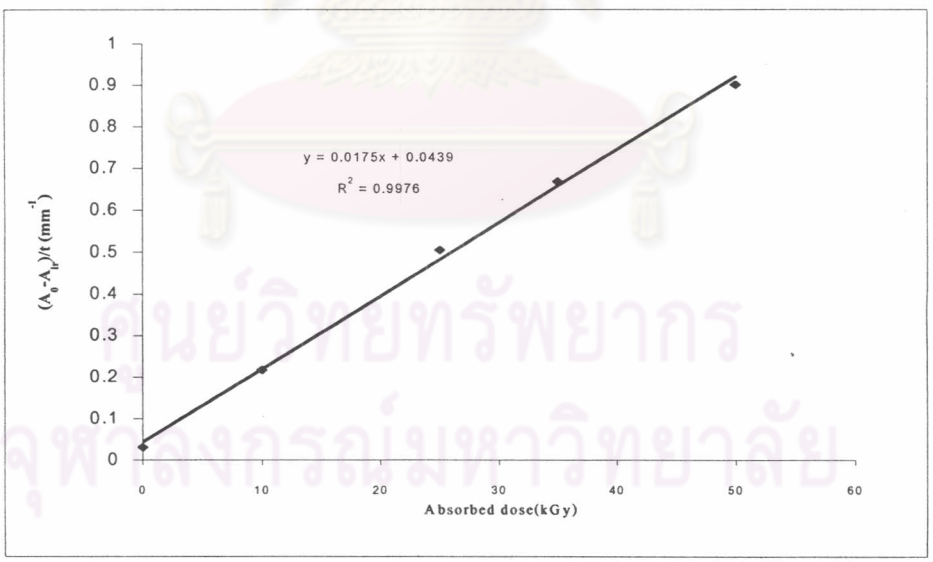
นำฟิล์ม PVA-ชบา 15 แผ่นแบ่งเป็น 5 ชุด ชุดละ 3 แผ่น แต่ละชุดนำมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ กัน คือ 0, 10, 25, 35, 50 kGy (ยกเว้นชุดแรกไม่ถูกฉายรังสีและเก็บฟิล์มไว้ที่มืด) นำฟิล์มมาวัดความหนาและ ค่าการดูดกลืนแสงทั้งก่อนฉายรังสี (Pre-irradiation) และหลังฉายรังสี (Post-irradiation) ที่ความยาวคลื่นแสง 535 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซนต์การฟอกสี (% bleaching $((A_0-A_{ir})/A_0)\times100)$) และค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 จากนั้นนำค่า $\Delta A/t$ กับปริมาณรังสี (Absorbed dose) มาสร้างกราฟแสดงสัมพันธ์ ดังรูป 4.12 พบว่าค่า $\Delta A/t$ เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ได้กราฟเป็นเส้นตรง (Linear response curve) ดังสมการ $y = 0.0175x + 0.0439$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9975

เปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching)ของฟิล์ม PVA-ชบา ดังตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy กล่าวคือ ฟิล์มมีเปอร์เซนต์การฟอกสีเฉลี่ยเท่ากับ 3.9063 เมื่อแผ่นฟิล์มได้รับปริมาณรังสี 10 kGy และมีเปอร์เซนต์การฟอกสีเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 9.104, 12.240 และ16.802 เมื่อแผ่นฟิล์มได้รับปริมาณรังสี 25, 35, 50 kGy ตามลำดับ เนื่องจากอันตรกิริยา (Pair production, Compton scattering, Photoelectric absorption) ระหว่างรังสีแกมมากับฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ถ่ายเทพลังงานให้กับแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดการฟอกสี (bleaching) ของสีย้อมสกัดจากดอกกระเจี๊ยบผสมอยู่ในฟิล์ม PVA มีคล้ายคลึงกับฟิล์ม PVA-ชบา ดังผลการทดลองที่ 4.1.5

สำหรับสารสกัดสีจากดอกกระเจี๊ยบที่ผสมอยู่ในฟิล์ม PVA ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาโครงสร้างโมเลกุล แต่จากการได้ศึกษาพบว่าโดยทั่วไปสีย้อมอินทรีย์ธรรมชาติที่มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสี หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างที่มีความไวต่อปริมาณรังสี (Radiation Sensitivity) กล่าวคือสีย้อมอินทรีย์ประกอบด้วย aromatic compound เช่น benzene ring เป็นโครงสร้างหลักและมีกลุ่มของ Chromophore และมีกลุ่ม Auxochrome ต่อเชื่อมกับ aromatic compound และยังสามารถแบ่งกลุ่มสีย้อมธรรมชาติตามลักษณะโครงสร้าง เช่น Polyene pigments, Pyan หรือ pylylium pigments, Pyrone pigments, Pyrole pigments ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2

ตารางที่ 4.4 แสดงการตอบสนองของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ($\Delta A/t$) กับปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ 50 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 535 nm.

kGy	ลำดับ	Pre-irradiation Absorbance (A_0)	Post-irradiation Absorbance(A_{ir})	A_0-A_{ir}	Thickness	%Bleaching(((A_0-A_{ir})/ A_0)×100)	(A_0-A_{ir})/t ($mm.^{-1}$)	Average ($mm.^{-1}$)
0	1	0.749	0.741	0.008	0.129	1.068	0.062	0.030 ± 0.026
	2	0.753	0.751	0.002	0.132	0.265	0.015	
	3	0.751	0.749	0.002	0.130	0.266	0.015	
10	1	0.789	0.761	0.028	0.142	3.549	0.197	0.217 ± 0.02
	2	0.82	0.788	0.032	0.147	3.902	0.217	
	3	0.867	0.83	0.037	0.156	4.267	0.237	
25	1	0.793	0.720	0.073	0.143	9.205	0.510	0.505 ± 0.0099
	2	0.793	0.720	0.073	0.143	9.205	0.510	
	3	0.820	0.747	0.073	0.148	8.902	0.493	
35	1	0.785	0.689	0.096	0.143	12.229	0.671	0.668 ±0.0035
	2	0.79	0.693	0.097	0.145	12.278	0.669	
	3	0.827	0.726	0.101	0.152	12.213	0.664	
50	1	0.842	0.691	0.151	0.158	17.933	0.956	0.902 ± 0.057
	2	0.815	0.687	0.128	0.152	15.705	0.842	
	3	0.817	0.68	0.137	0.151	16.769	0.907	



รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 535 nm.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA- ดอกกระเจี๊ยบ

4.2.6.1 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ดอกกระเจี๊ยบ ก่อนฉายรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 98 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่มืด (dark) อุณหภูมิ 35, 10, และ –10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (เส้นสีแดง) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนมีค่าประมาณ 8 % ในสัปดาห์ที่ 14 กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง –2 ถึง 2 % ตลอดเวลาของการเก็บฟิล์ม และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงทันที 2 % ในช่วง 3 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์ที่ 2 - 4 ต่อมาฟิล์มมีเสถียรภาพค่อนข้างดีตลอดการเก็บฟิล์ม ดังรูปที่ 4.13

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ก่อนฉายรังสี เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 75 วัน ได้แก่การเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) และที่มืด (dark) ตามลำดับ กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light) (เส้นสีเขียว) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 1 % ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งค่าลดลงประมาณ –4 %ในช่วงสัปดาห์ที่ 10 กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มีแสงเหนือม่วง (UV-light) (เส้นสีม่วง) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงแปรปรวนอยู่ระหว่าง -1 ถึง -1.5 % ในช่วง 3 สัปดาห์แรก จากนั้นเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 % ในช่วงสัปดาห์ที่ 5- 10 และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (dark) (เส้นสีดำ) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณ -4 % ในสัปดาห์ที่ 4 จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง -1 ถึง -2 % ในสัปดาห์ที่ 6-10 ดังรูปที่ 4.13

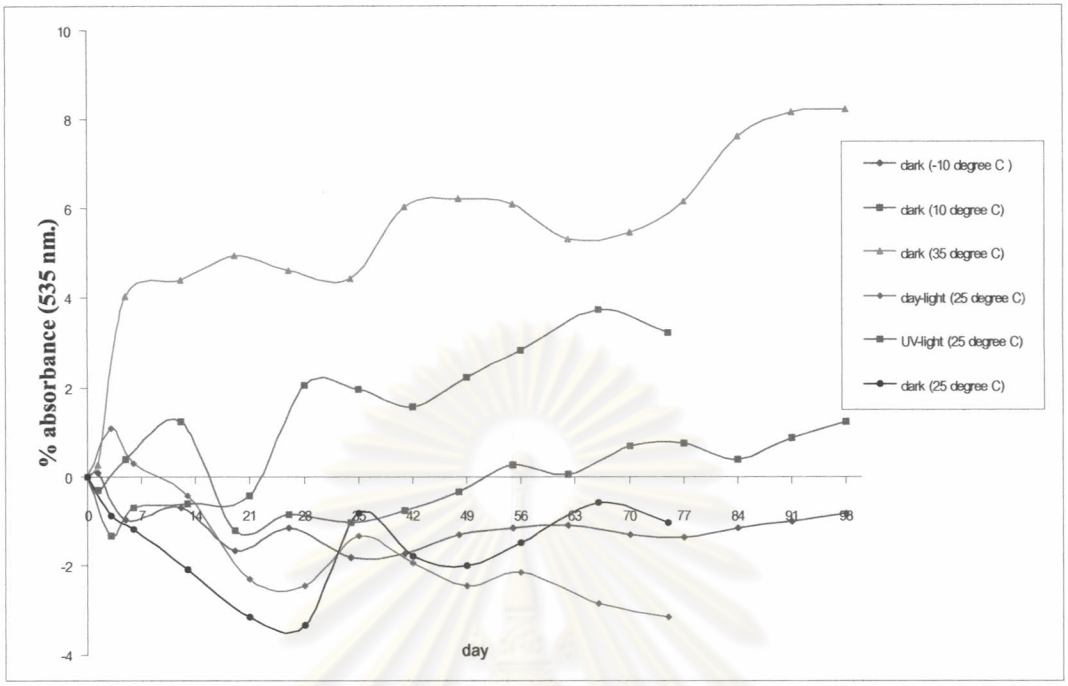
จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ก่อนฉายรังสี ในสภาวะต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.13 พบว่าเสถียรภาพของฟิล์มในสภาวะต่าง ๆ ไม่ดีนัก โดยเฉพาะการเก็บฟิล์มไว้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง (35 องศาเซลเซียส)และ แสง (day-light, UV-light) ทำให้เปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงมาก สำหรับกรณีเก็บฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ไว้ที่มืด อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดแสงกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยประมาณ –1% ในสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพค่อนข้างดีในช่วง 14 สัปดาห์หลัง ดังนั้นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ควรนำไปใช้งานในระหว่างการเก็บฟิล์มไว้ที่มืดที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากลอกฟิล์ม ก่อนฉายรังสี จึงได้ฟิล์มที่มีเสถียรภาพดีที่สุด ดังรูปที่ 4.13

4.2.6.2 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ดอกกระเจี๊ยบ หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy

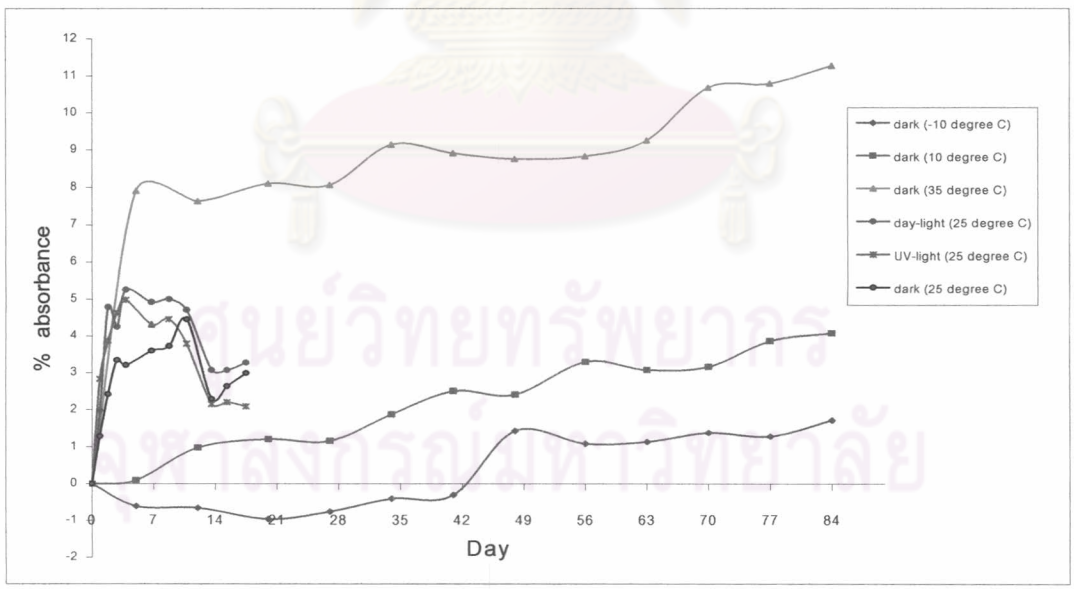
การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ หลังฉายรังสี 30 kGy เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 84 วัน ได้แก่การเก็บฟิล์มไว้ที่มืด(dark) อุณหภูมิ –10, 10 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กล่าวคือ กรณีฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (เส้นสีแดง) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 8 % ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึง 11 % ในสัปดาห์ที่ 12 สำหรับกรณีฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพดีในช่วง 5 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์ค่าดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามเวลาของการเก็บฟิล์ม โดยฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นถึง 4 % ในสัปดาห์ที่ 12 และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงเล็กน้อยประมาณ -1 % ในสัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเสถียรภาพค่อนข้างดีในสัปดาห์ที่ 2 – 4 ต่อมาฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 1 ถึง 2% ในช่วง 5 สัปดาห์หลัง ดังรูปที่ 4.14

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ หลังฉายรังสี 30 kGy เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 18 วันได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) และที่มืด (dark) ตามลำดับ ทั้งสามสภาวะมีผลการทดลองคล้ายกันกล่าวคือ ฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากเก็บฟิล์มไว้สัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มทั้ง 3 สภาวะมีเสถียรภาพไม่ดีนัก ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และ 3 กล่าวคือ กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ในแสงสีขาว (day-light), พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง 3-5 % กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มีแสงเหนือม่วง (UV-light) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2-5 % และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (dark) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2-4.5 % ดังรูปที่ 4.14

จากการทดสอบความเสถียรภาพหลังฉายรังสีของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ พบว่าการเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ และแสงสีขาว, แสง UV ทำให้เสถียรภาพของฟิล์มไม่ดีนัก ดังนั้นภายหลังฉายรังสีฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ จึงควรวัดค่าดูดกลืนแสงจากแผ่นฟิล์มที่เก็บทันทีไว้ที่มืด อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ภายใน 5 วัน จะได้ฟิล์ม PVA- กระเจี๊ยบ หลังฉายรังสีที่มีเสถียรภาพดีที่สุด อย่างไรก็ตามเพื่อหลีกเลี่ยงสภาวะแวดล้อมต่าง ๆ จึงควรวัดค่าดูดกลืนแสงทันที หลังฉายรังสี ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป ($(A_t-A_0)/A_0 \times 100$) ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่นแสง 535 นาโนเมตร



รูปที่ 4.14 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป ($(A_t-A_0)/A_0)\times 100$) ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบหลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่นแสง 535 นาโนเมตร

4.3 การทดลองแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ไม้ฝาง

4.3.1 การสกัดสีย้อมจากไม้ฝาง

การสกัดสีย้อมจากจากไม้ฝางผ่าเป็นชิ้นเล็ก ๆ น้ำหนัก 100 กรัม ด้วยเมทานอล 99% พบว่าสามารถสกัดได้สารสีเป็นเกล็ดแข็งสีแดงดำหนัก 3.928 กรัม หรือ 3.928 %

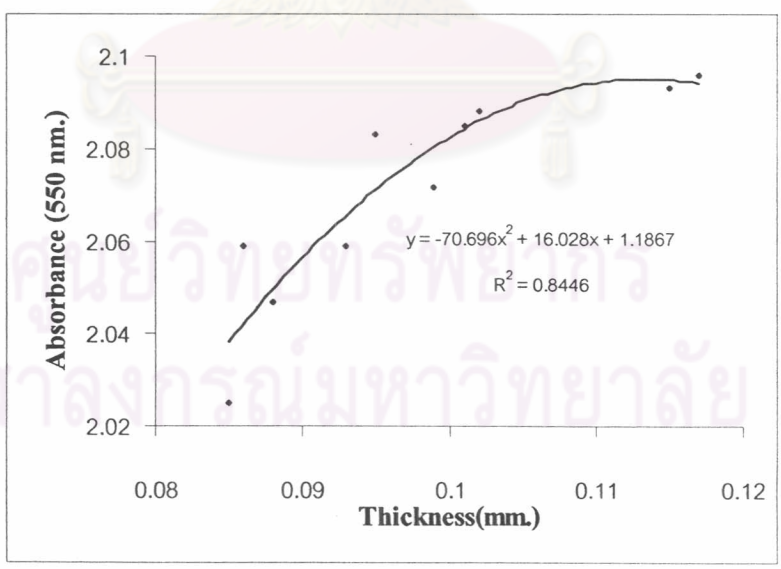
4.3.2 การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ไม้ฝาง

เตรียมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 6 กรัม น้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร สารสกัดจากไม้ฝาง 0.5 กรัม และเมทานอลปริมาตร 50 มิลลิลิตร (ช่วยทำละลายสารสกัดจากไม้ฝางก่อนละลายกับน้ำ) แล้วเทสารละลายลงบนแผ่นกระจกขนาด 18 × 18 ตารางเซนติเมตร อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนแห้ง ประมาณ 3 วัน ได้แผ่นฟิล์มขนาด 18 ×18 ตารางเซนติเมตร สุ่มตัดแผ่นฟิล์มขนาด 1 × 1.2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 แผ่น จากนั้นเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 45 วัน (เก็บฟิล์มให้มีเสถียรภาพดีก่อนนำไปทดลอง) หลังจากนั้นนำฟิล์มมาทดสอบความสม่ำเสมอ พบว่าแผ่นฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย(t) เท่ากับ 0.098±0.0112 มิลลิเมตร มีค่า %CV เท่ากับ 11.386 และมีค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (A) เท่ากับ 2.071± 0.0229 มีค่า %CV เท่ากับ 1.106 และค่าดูดกลืนแสงต่อความหนาเฉลี่ย (A/t) เท่ากับ 21.325 ±2.124 มิลลิเมตร$^{-1}$ มีค่า%CV เท่ากับ 9.961 จากนั้นนำค่าการดูดกลืนแสง และความหนาของแผ่นฟิล์ม จากตารางที่ 4.7 มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.15 พบว่าได้กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงแปรผันกับความหนา ดังสมการโพลีโนเมียล (polynomial) $y = -70696x^2+16.028x+1.1867$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) = 0.8446 กล่าวคือมีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามความหนาในช่วง 0.085-0.1 มิลลิเมตร จากนั้นค่าดูดการดูดกลืนแสงไม่เปลี่ยนแปลงตามความหนาในช่วง 0.1-0.117 มิลลิเมตร (แผ่นฟิล์มที่ใช้ทดลองมีความหนาระหว่าง 0.085-0.117 มิลลิเมตร)

จากค่าความหนาของแผ่นฟิล์มที่มีเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) ค่อนข้างสูงเท่ากับ 11.3862 เมื่อนำความหนาไปหารค่าดูดกลืนแสง ทำให้ค่า A/t มีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนสูง เท่ากับ 9.96146 ดังตารางที่ 4.7 กล่าวคือ ค่า A/t ที่คำนวณได้ของฟิล์ม PVA-ฝาง มีเปอร์เซนต์ความแปรปรวนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเปอร์เซนต์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสง (A) ที่มีค่าไม่เกิน 2 % (มาตรฐาน An American National Standard (Designation : E 1261- 94) กำหนดค่า %CV ไม่เกิน 2 %) จึงเป็นเหตุผลที่เลือกใช้ค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของฟิล์ม PVA-ฝาง เพื่อมาทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสีต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์ม PVA–ฝาง

ลำดับแผ่นฟิล์ม	Absorbance (550 nm.)	Thickness (mm)	A/t (mm^{-1})
1	2.059	0.093	22.139
2	2.025	0.085	23.823
3	2.047	0.088	23.261
4	2.059	0.086	23.942
5	2.083	0.095	21.926
6	2.085	0.101	20.643
7	2.096	0.117	17.914
8	2.093	0.115	18.200
9	2.072	0.099	20.929
10	2.088	0.102	20.470
Average	2.071	0.098	21.32
SD.	0.023	0.0112	2.124
%CV	1.106	11.386	9.961



รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง

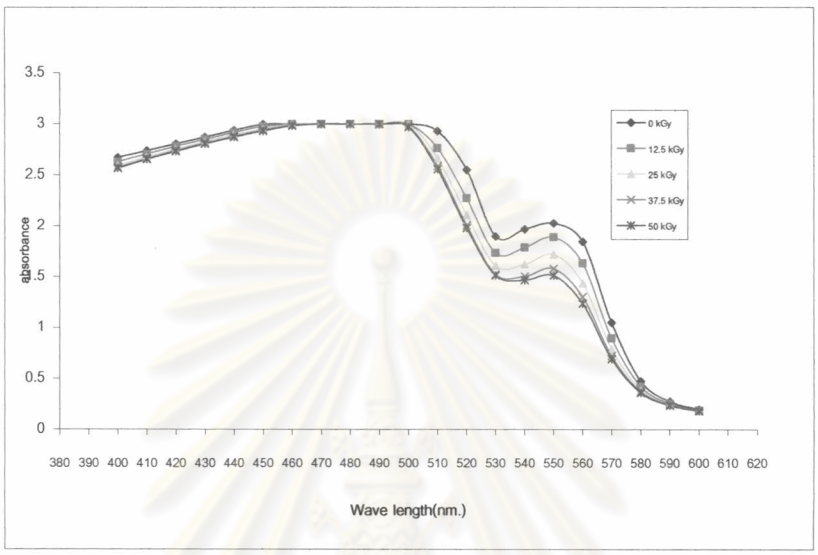
4.3.3 การวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์ม PVA-ฝาง ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี

การวิเคราะห์สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-ฝาง ที่ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 600 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.16 พบว่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี (0 kGy) และหลังฉายรังสี (12.5, 25, 37.5, 50 kGy) มีลักษณะของสเปกตรัมคล้ายกัน กล่าวคือมีค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 400-460 นาโนเมตร จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 460-500 นาโนเมตร (เนื่องจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์วัดค่าดูดกลืนแสงได้ไม่เกิน 3 OD.) หลังจากนั้นค่าดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 500-530 นาโนเมตร ต่อมาค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย จนกระทั่งได้พบจุดยอด (peak) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วอีก เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 550–600 นาโนเมตร และยังพบว่าสเปกตรัมของฟิล์ม PVA-ฝาง ทั้งก่อนฉาย และหลังฉายรังสีแกมมามีค่าการดูดกลืนแสง (A) ลดลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับอย่างชัดเจนในช่วงค่าความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 500 – 580 นาโนเมตร

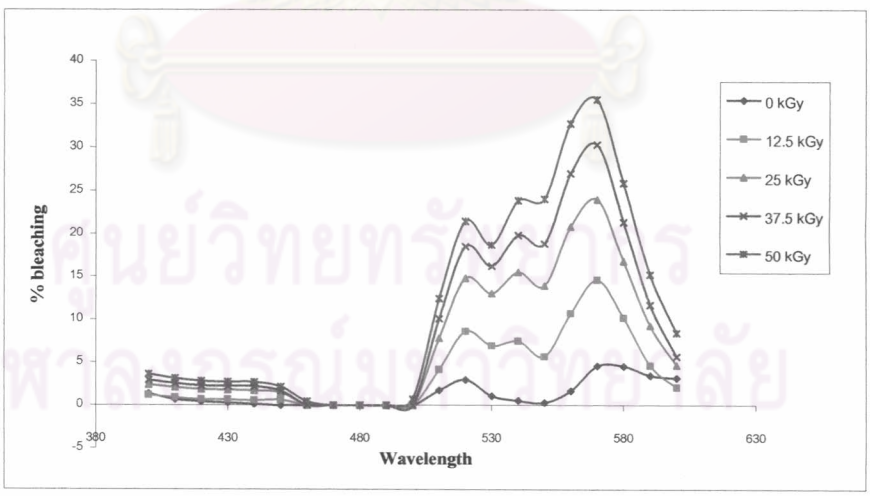
เนื่องจากการเตรียมฟิล์ม PVA-ฝาง ดังตารางที่ 4.7 พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์ความแปรปรวน (%CV) ของค่าดูดกลืนแสง (A) น้อยกว่าค่าความหนา (t) และค่าการดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนา (A/t) ดังนั้นจึงทำการทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาของแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง ด้วยการคำนวณค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีที่เปลี่ยนไป (%bleaching $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times 100)$) คล้ายกับงานวิจัยของ M.F.Barakat และคณะ[6] (Radiation Physics and Chemistry. 61 (2001) : 129-136) ได้ผลิตฟิล์ม PVC-Diazine green, PMMA-Methyl red, PMMA-Methyl orange, PS-Dithizone, PVC-Erioglaucine และ PS-pentahydroxy flavone มาทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมา ด้วยค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) และค่าเปอร์เซนต์การเพิ่มสี (% Increasing) ขึ้นอยู่กับชนิดของสีย้อมที่ผสมอยู่ในฟิล์ม

สำหรับการวิเคราะห์สเปกตรัมเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของฟิล์ม PVA- ฝาง ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy ดังรูปที่ 4.17 พบว่าเปอร์เซนต์การฟอกสีตอบสนองต่อปริมาณรังสีเล็กน้อย เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 400-470 นาโนเมตร จากนั้นค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีไม่มีการตอบสนอง เมื่อค่าความยาวคลื่นแสงเพิ่มขึ้นในช่วง 470-490 นาโนเมตร (เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า 3 OD.) หลังจากนั้นค่าเปอร์เซนต์การฟอกสีเพิ่มขึ้นสูงอย่างรวดเร็ว โดยมีการตอบสนองเพิ่มตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นคือ 12.5, 25, 37.5 และ 50 kGy ตามลำดับอย่างชัดเจน ในช่วงค่าความยาวคลื่นตั้งแต่ 500-600 นาโนเมตร และยังพบจุดยอด (peak) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 520, 540 และ 560 นาโนเมตร แต่เนื่องจากจุดยอด (peak) ที่พบในรูปที่ 4.17 ดังกล่าวเป็นค่าความยาวคลื่น

แสงที่ไม่ได้ทำการปรับเทียบค่าการดูดกลืนแสงกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จึงเลือกใช้ค่าความยาวคลื่นแสงที่ 550 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.16 นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดลองการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพฟิล์มต่อไป



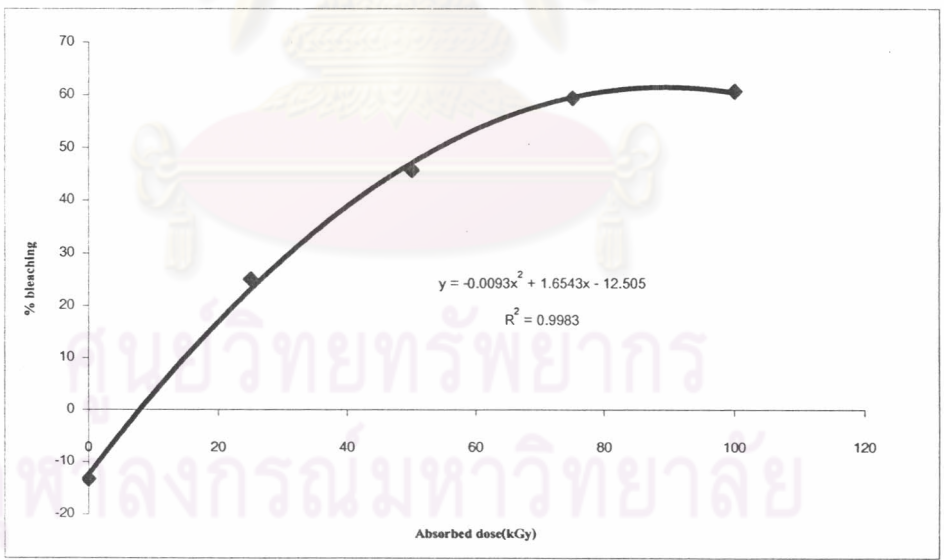
รูปที่ 4.16 แสดงสเปกตรัมของค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง ที่ความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 ถึง 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี ในช่วงไม่เกิน 50 kGy



รูปที่ 4.17 แสดงสเปกตรัมของค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี ($(A_0-A_{ir})/A_0)\times100$) ของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง ที่ความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy

4.3.4 การทดสอบการตอบสนองของฟิล์ม PVA-ฝาง ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy

เปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 100 kGy ดังรูปที่ 4.18 พบว่าค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของฟิล์ม PVA-ฝาง ที่ไม่ได้ฉายรังสี (0 kGy) (ฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืดอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน) มีค่าลดลง 13.25 % เนื่องจากการเก็บฟิล์มเพื่อรอฉายรังสีที่ปริมาณ 100 kGy เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เก็บฟิล์มไว้ภายหลังจากการลอกแผ่นฟิล์ม ดังจะได้ทราบจากผลการทดลองที่ 4.3.6.1 (เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสี) ต่อไป จากนั้นเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) ของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น เป็นเส้นตรงในช่วงปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy (Linear response curve) และเมื่อปริมาณรังสีสูงกว่า 50 kGy ขึ้นไป เส้นกราฟมีความชันลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น จนกระทั่งค่าเปอร์เซนต์การฟอก (%bleaching) ไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงปริมาณรังสีตั้งแต่ 80-100 kGy โดยมีผลการทดลองดังกล่าวมีลักษณะคล้ายกับผลการทดลองของฟิล์ม PVA-ชบา และฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ดังนั้นฟิล์ม PVA-ฝาง จึงสามารถประยุกต์ใช้ในงานประจำ (Routine) ได้ในช่วงปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy จากนั้นนำแผ่นฟิล์มมาฉายรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 50 kGy เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี (%bleaching) กับ ค่าปริมาณรังสี (Absorbed dose)



รูปที่ 4.18 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อความหนาเฉลี่ยของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy

4.3.5 การทดสอบการตอบสนองของฟิล์ม PVA-ฝาง ต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy

นำฟิล์ม PVA-ฝาง จำนวน 10 แผ่นแบ่งเป็น 5 ชุด ชุดละ 2 แผ่น แต่ละชุดนำมาฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน คือ 0, 10, 25, 35, 50 kGy (ยกเว้นชุดแรกไม่ถูกฉายรังสีและเก็บฟิล์มไว้ที่มืด) นำฟิล์มมาวัดค่าการดูดกลืนแสงทั้งก่อนฉายรังสี (Pre-irradiation) และหลังฉายรังสี (Post-irradiation) ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร คำนวณเปอร์เซนต์การฟอกสี (% bleaching $((A_0-A_{ir})/A_0)\times100$)) ดังแสดงในตารางที่ 4.8 จากนั้นนำค่า %bleaching กับ ปริมาณรังสี (Absorbed dose) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 4.19 พบว่าค่า %bleaching เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น เป็นเส้นตรง (Linear response curve) ดังสมการ $y = 0.485x + 4396$ โดยมีค่า Correlation Coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9919 เนื่องจากอันตรกิริยา (Pair production, Compton scattering, Photoelectric absorption) ระหว่างรังสีแกมมากับฟิล์ม PVA-ฝาง ทำให้เกิดอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary electron) ถ่ายเทพลังงานให้กับแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดการฟอกสี (bleaching) ของสารสกัดจากไม้ฝางผสมอยู่ในฟิล์ม PVA มีคล้ายคลึงกับฟิล์ม PVA-ชบา และ ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ

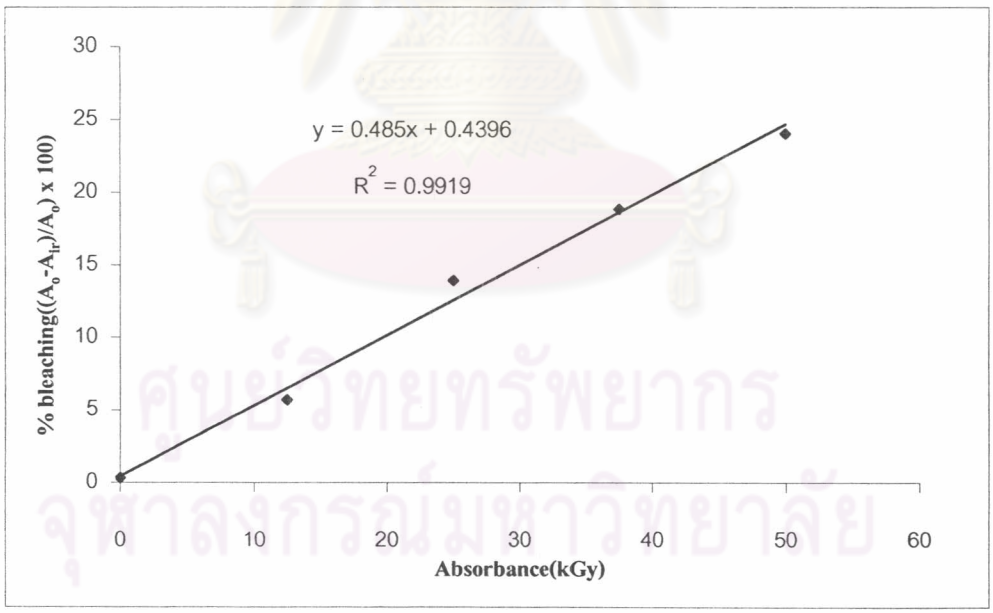
จากงานวิจัยของ M.F.Barakat และคณะ[6](Radiation Physics and Chemistry. 61 (2001) : 129-136) พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PMMA-Methyl red (493 nm.), PMMA-Methyl orange (410 nm.), PS-Dithizone (627 nm.), PVC-Erioglaucine (631 nm.) และ PS-pentahydroxy flavone (327 nm.) มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาโดยการฟอกสี (bleaching) และสำหรับค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVC-Diazine green (386, 610 nm.) มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาโดยการเพิ่มสี (Increasing)

สำหรับสารสกัดจากไม้ฝางผสมอยู่ในฟิล์ม PVA ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาโครงสร้างโมเลกุล แต่จากการได้ศึกษาพบว่าโดยทั่วไปสีย้อมอินทรีย์ธรรมชาติที่มีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างที่มีความไวต่อปริมาณรังสี (Radiation Sensitivity) ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงการตอบสนองของค่าเปอร์เซนต์การฟอกสี $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times100)$ ของแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร

kGy	ลำดับ	Pre-irradiation Absorbance(A_0)	Post-irradiation Absorbance(A_{ir})	Thickness (mm.)	A0-Air	Bleaching $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times100)$	Bleaching average
0	1	2.052	2.039	0.097	0.013	0.633	0.316 ± 0.4479
	2	2.037	2.037	0.097	0	0	
12.5	1	2.027	1.912	0.09	0.115	5.673	5.685 ± 0.0159
	2	2.019	1.904	0.091	0.115	5.696	
25	1	2.007	1.717	0.095	0.29	14.449	13.928 ± 0.7377
	2	2.014	1.744	0.093	0.27	13.406	
35.5	1	2.031	1.632	0.093	0.399	19.645	18.851 ± 1.1238
	2	2.027	1.661	0.095	0.366	18.056	
50	1	2.019	1.545	0.093	0.474	23.477	24.049 ± 0.8092
	2	2.047	1.543	0.095	0.504	24.621	



รูปที่ 4.19 แสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์การฟอกสี $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times100)$ ของฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA- ฝาง

4.3.6.1 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 72 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ 35, 10, และ –10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กล่าวคือ กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (เส้นสีแดง) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ประมาณ 21% ใน 2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วง 8 สัปดาห์หลัง กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนสูง โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง –4 ถึง 12 % ตลอดเวลาการเก็บฟิล์ม และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงเล็กน้อยประมาณ -2 % ในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนเพิ่มขึ้นประมาณ 6% ในช่วง 5 สัปดาห์หลัง ดังรูปที่ 4.20

การทดสอบเสถียรภาพฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) ตามลำดับ เป็นเวลา 75 วัน และที่มืด (dark) เป็นเวลา 72 วัน กล่าวคือ กรณีฟิล์มเก็บไว้ที่มีแสงสีขาว (day-light) (เส้นสีเขียว) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 5 %ในช่วง 3 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็วประมาณ –8 % ในสัปดาห์ที่ 2 และ 3 ต่อมาฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสง แปรปรวนสูงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง –1 ถึง -8% ในช่วง 9 สัปดาห์หลัง กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่แสงเหนือม่วง (UV-light) (เส้นสีม่วง) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นแปรปรวนอยู่ระหว่าง 1 ถึง 6 % ฟิล์ม ในช่วง 4 สัปดาห์แรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงลดลงอย่างช้า ๆ ในช่วง 7 สัปดาห์หลัง และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (dark) (เส้นสีดำ) พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพดีโดยมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนคงที่ในช่วง 3 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสัปดาห์ที่ 6 ฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงคงที่ในช่วง 4 สัปดาห์หลัง ดังรูปที่ 4.20

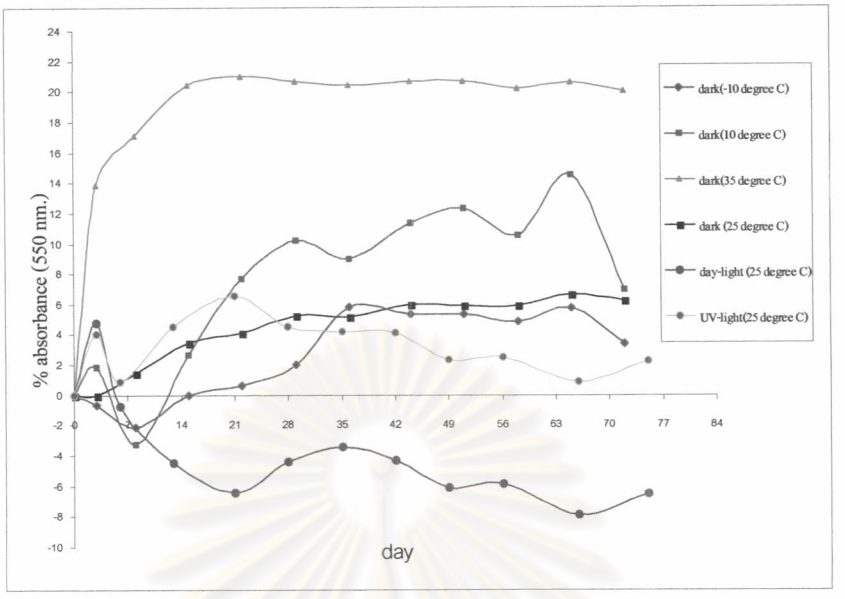
จากผลการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสี ที่สภาวะต่าง ๆ ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าฟิล์มมีเสถียรภาพไม่ดีนักในทุกสภาวะการเก็บฟิล์ม ยกเว้นการเลือกเก็บฟิล์ม PVA-ฝาง ไว้ที่มืด (dark) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ก่อนนำฟิล์มไปใช้งาน จะได้ฟิล์มที่มีความเสถียรภาพดีที่สุด ดังผลการทดสอบเสถียรภาพรูปที่ 4.20 อย่างไรก็ตามควรหลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงและแสง (day-light, UV-light) ทุกครั้งเมื่อนำฟิล์มไปใช้

4.3.6.2 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ฝางหลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy

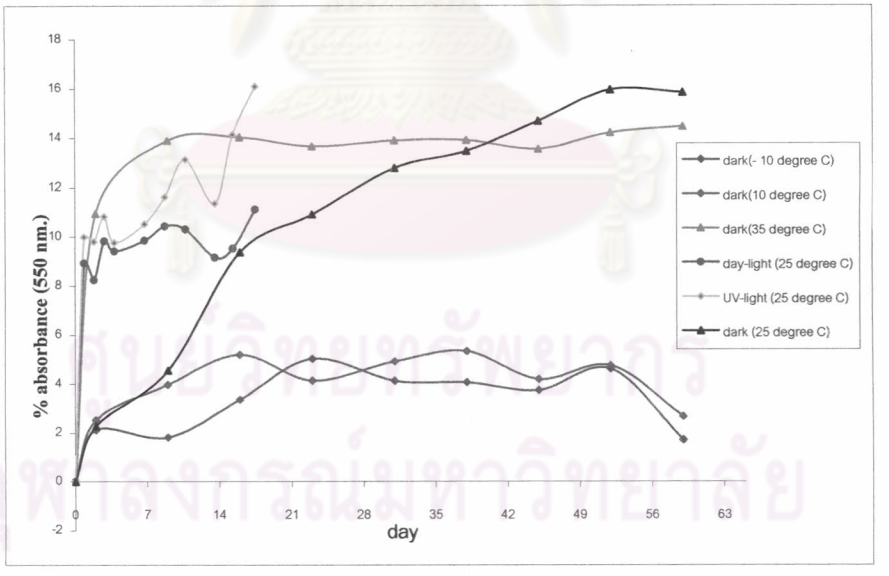
การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 59 วัน ได้แก่ ฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (Dark) อุณหภูมิ –10, 10 และ 35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ กล่าวคือ กรณีฟิล์มเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (เส้นสีแดง) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 14 % ในช่วง 1 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงคงที่ประมาณ 14%ในช่วง 7 สัปดาห์หลัง กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำตาล) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 2% ทันทีในช่วง 2 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง 4 ถึง 5 % ในช่วง 6 สัปดาห์หลัง และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส (เส้นสีน้ำเงิน) พบว่าเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 2 % ทันทีในช่วง 2 วันแรก จากนั้นมีค่าเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5% ในช่วง 6 สัปดาห์หลัง ดังรูปที่ 4.21

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ฝาง หลังฉายรังสี 30 kGy เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 18 วัน ได้แก่ การเก็บฟิล์มไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light), แสงเหนือม่วง (UV-light) ตามลำดับ และเก็บฟิล์มไว้ที่มืด(dark) เป็นเวลา 59 วัน กล่าวคือ กรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่สภาวะแสงสีขาว (day-light) (เส้นสีเขียว) พบว่ามีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นทันทีประมาณ 9 % ในช่วง 1 ถึง 2 วันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง 9 ถึง 11 % กรณีฟิล์มเก็บไว้ที่สภาวะแสงเหนือม่วง (UV-light) (เส้นสีม่วง) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นทันทีในช่วง 1 ถึง 2 วันแรก ประมาณ 10 % จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนระหว่าง 10 ถึง 16 % และกรณีฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด (dark) (เส้นสีดำ) พบว่าฟิล์มมีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และต่อเนื่องตลอดการเก็บฟิล์ม โดยมีค่าเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 16 % ภายหลังเก็บฟิล์มไว้ 8 สัปดาห์ ดังรูปที่ 4.21

จากการทดสอบเสถียรภาพฟิล์ม PVA-ฝาง หลังฉายรังสี ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ และแสงมีผลต่อความเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง อย่างมาก ดังนั้นการเก็บฟิล์มหลังฉายรังสีควรเลือกเก็บที่สภาวะที่มืดและอุณหภูมิต่ำที่ –10 หรือ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามควรวัดค่าดูดกลืนแสงทันทีหลังจากการฉายรังสี และควรหลีกเลี่ยงสภาวะมีแสง แสง UV และที่มีอุณหภูมิสูง



รูปที่ 4.20 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป ($(A_t-A_0)/A_0 \times 100$) ของฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร



รูปที่ 4.21 แสดงเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป ($(A_t-A_0)/A_0 \times 100$) ของฟิล์ม PVA-ฝาง หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร

4.4 เปรียบเทียบแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา แผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ และแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง

4.4.1 การสกัดสีย้อม

การสกัดสีย้อมจากพืชทั้งสามชนิดด้วยเมทานอล 99% พบว่าได้สารสกัดจากดอกชบามากที่สุด 24.74% จากดอกกระเจี๊ยบ 17.11% และไม้ฝางได้สารสกัดน้อยที่สุด 3.93% ดังตารางที่ 4.7 โดยสารสกัดจากดอกชบา และดอกกระเจี๊ยบมีคุณสมบัติคล้ายกัน คือมีสีแดง ข้นเหนียว ละลายได้ในน้ำและในเมทานอล ส่วนสารสกัดจากไม้ฝางมีลักษณะเป็นเกล็ดแห้งหรือก้อนแข็งสีแดงดำ ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในเมทานอล การสกัดสีด้วยวิธีดังกล่าวไม่ได้ทำการแยกสีย้อมให้บริสุทธิ์ จึงอาจมีโปรตีน, น้ำมัน และสารอื่น ๆ จากพืชปนอยู่กับสารสกัดสีที่ได้ โดยเฉพาะสารสกัดจากดอกชบา และดอกกระเจี๊ยบ อาจส่งผลให้เปอร์เซนต์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มสูง

4.4.2 การเตรียมแผ่นฟิล์ม

แผ่นฟิล์มทั้งสามชนิดสามารถเตรียมและขึ้นรูปได้ง่าย ด้วยสัดส่วนการเตรียมสารละลายที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายน้ำของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ กับสารสกัดจากดอกชบา ดอกกระเจี๊ยบ ส่วนสารสกัดจากไม้ฝางที่ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในเมทานอลได้ดี จึงทำให้การเตรียมแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง มีความความแตกต่างจากฟิล์ม PVA-ชบา และ PVA-กระเจี๊ยบ โดยการละลายสารสกัดจากไม้ฝางกับน้ำกลั่นก่อนทำการละลายรวมกับสารละลาย PVA กับ น้ำ หลังจากนั้นขั้นตอนการเตรียมฟิล์มทั้งสามชนิดมีความคล้ายคลึงกัน เมื่อนำฟิล์มมาทดสอบความสม่ำเสมอพบว่าค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยของฟิล์ม PVA-ชบา และ PVA-กระเจี๊ยบ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.807 (500 nm.) และ 0.799 (535 nm.) ตามลำดับ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงสูงมากกว่า 2 % (ตามมาตรฐาน An American National Standard (Designation : E 1261- 94) กำหนด %CV ไม่เกิน 2) คือ 7.313 และ 5.997 สำหรับฟิล์ม PVA-ฝาง มีค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูง คือ 2.071 (550 nm.) และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงต่ำกว่า 2 คือ 1.106 เมื่อสังเกตพบว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดสีของพืชทั้งสามชนิดมีค่าแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสง กล่าวคือเมื่อเปอร์เซ็นต์การสกัดสีเพิ่มขึ้นทำให้เปอร์เซนต์ค่าความแปรปรวนของค่าการดูดกลืนแสงสูงตาม เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การสกัดสีเพิ่มขึ้นทำให้ความบริสุทธิ์ของสารสกัดสีที่ได้น้อยลง สำหรับการทดสอบความหนาของแผ่นฟิล์มพบว่าฟิล์ม PVA -ชบา และ PVA-ฝาง มีความหนาเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.1007 mm. และ 0.0981 mm. ตามลำดับ ส่วนฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ มีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 0.1425 mm. แต่ฟิล์มทั้งสามชนิดมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของความหนาสูงมากกว่า 2 คือ 7.973, 6.830 และ 11.386 ตามลำดับ จากผลการทดสอบความหนาพบว่าฟิล์มหนามีเปอร์เซนต์ความ

แปรปรวนน้อยกว่าฟิล์มบาง และสำหรับการทดสอบค่าการดูดกลืนแสงต่อหนึ่งหน่วยความหนา (A/t) ของฟิล์มทั้งสามชนิดพบว่า ฟิล์ม PVA-ชบา และ PVA-กระเจี๊ยบ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่า A/t น้อยกว่า 2 % คือ 1.271, 1.117 ตามลำดับ เนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงแปรผันตรงกับค่าความหนาของแผ่นฟิล์ม ส่วน ฟิล์ม PVA-ฝาง มีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่า A/t สูง เนื่องจากฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนของค่าความหนาสูง ดังตารางที่ 4.7 ดังนั้นฟิล์ม PVA-ชบา และ PVA-กระเจี๊ยบ จึงเลือกใช้ค่า ΔA/t ส่วนฟิล์ม PVA-ไม้ฝาง เลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การฟอกสี (%bleaching) ในการวัดค่าการตอบสนองต่อปริมาณรังสี

4.4.3 การตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมา

การวัดค่าการตอบสนองต่อปริมาณรังสี สำหรับฟิล์ม PVA-ชบา และฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ โดยใช้ค่า ΔA/t (Specific net absorbance) และใช้เปอร์เซนต์การฟอกสี (%Bleaching(((A0-Air)/ A0)×100)) สำหรับการวัดค่าการตอบสนองต่อปริมาณรังสีของฟิล์ม PVA-ฝาง จากผลการทดลองพบว่าฟิล์มทั้งสามชนิดตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาโดยการฟอกสี (Bleaching) ได้กราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงที่ปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy ที่ค่าความยาวคลื่นแสงที่เลือกใช้ คือ 500, 535 และ 550 นาโนเมตร ตามลำดับ เมื่อเพิ่มปริมาณรังสีสูงกว่า 50 kGy ขึ้นไป ทำให้กราฟความสัมพันธ์ มีค่าความชันลดลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งค่าการตอบสนองเริ่มคงที่เมื่อปริมาณรังสีเข้าใกล้ 100 kGy จากผลการทดลองดังกล่าว จึงสามารถนำฟิล์มทั้งสามชนิดมาประยุกต์ใช้เป็นตัววัดปริมาณรังสีได้ดีในช่วงไม่เกิน 50 kGy

4.4.4 เสถียรภาพของฟิล์มก่อนและหลังฉายรังสี

ฟิล์ม PVA-ชบา

สำหรับฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสี ควรใช้งานทันทีหลังจากเตรียม หรือเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด มีอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส หรือสามารถเก็บแผ่นฟิล์มไว้ที่สภาวะแสง Day-light หรือ UV-light ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 10 วันแรก หลังจากเตรียม และควรหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ดังรูปที่ 4.6

สำหรับฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสี ควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันที หรือวัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มหลังฉายรังสีที่เก็บฟิล์มไว้ที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 1 สัปดาห์ หลังฉายรังสี หรือ ที่อุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 2 สัปดาห์ หลังฉายรังสี และหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แสงสีขาว (day-light) และแสงเหนือม่วง (UV-light) ดังรูปที่ 4.7

ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ

สำหรับฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ ก่อนฉายรังสี ควรใช้งานทันทีหลังจากเตรียม หรือเก็บฟิล์มไว้ที่มืด มีอุณหภูมิ –10 องศาเซลเซียส และหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แสงสีขาว (day-light) และแสงเหนือม่วง (UV-light) ดังรูปที่ 4.13

สำหรับฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ หลังฉายรังสี ควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันที หรือวัดค่าการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 5 วัน หลังฉายรังสี และหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แสง day-light และUV-light ดังรูปที่ 4.14

ฟิล์ม PVA-ฝาง

สำหรับฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสี ควรใช้งานภายหลังจากเก็บแผ่นฟิล์มไว้ในที่มืด และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 6 สัปดาห์ หลังจากเตรียม และหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แสง day-light และ UV-light ดังรูปที่ 4.20

สำหรับฟิล์ม PVA-ฝาง หลังฉายรังสี ควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันที หรือวัดค่าการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มที่เก็บไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ –10 หรือ 10 องศาเซลเซียส จะได้ฟิล์มที่มีเปอร์เซนต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงน้อยไม่เกิน 2 %.ในช่วง 2 วันแรกหลังฉายรังสี และหลีกเลี่ยงสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง แสง day-light และแสง UV-light ดังรูปที่ 4.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบแผ่นฟิล์ม PVA- ชบา, แผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ และแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง

	ดอกชบา	ดอกกระเจี๊ยบ	ไม้ฝาง
การสกัดสีจากพืช ด้วยเมทานอล 99%	ได้สารสกัดสีจากดอกชบา 24.74% สีแดงม่วง ข้นเหนียว ละลายในน้ำ	ได้สารสกัดสีจากดอก กระเจี๊ยบ 17.11% สีแดงดำ ข้นเหนียว ละลายในน้ำ	ได้สารสกัดสีจากไม้ฝาง 3.93% เป็นเกล็ดแข็ง สีส้มแดง ไม่ละลายน้ำ

	ฟิล์ม PVA-ชบา	ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ	ฟิล์ม PVA-ฝาง
<u>การเตรียมแผ่นฟิล์ม</u>			
<u>สัดส่วนการเตรียมแผ่นฟิล์ม</u>			
Polyvinyl alcohol(PVA)	7.2 กรัม	7.2 กรัม	6 กรัม
สารสกัดสี	2 กรัม	3.6 กรัม	0.5 กรัม
น้ำ	300 มิลลิลิตร	300 มิลลิลิตร	250 มิลลิลิตร
เมทานอล 99%	-	-	50 มิลลิลิตร
ขนาดกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม	18×18 cm^2	18×18 cm^2	18×18 cm^2
คุณสมบัติ	แผ่นฟิล์มสีม่วงแดง สามารถงอได้ ไม่กรอบแตก	แผ่นฟิล์มสีแดง สามารถงอได้ ไม่กรอบแตก	แผ่นฟิล์มสีส้ม สามารถงอได้ ไม่กรอบแตก
ขนาดแผ่นฟิล์มที่ใช้งาน	1×1.2 cm^2	1×1.2 cm^2	1×1.2 cm^2
<u>ความสม่ำเสมอของแผ่นฟิล์ม</u>			
ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย (A)	0.807 (500 nm.) SD. = 0.0591 %CV = 7.313	0.799 (535 nm.) SD. = 0.479 %CV = 5.997	2.071 (550 nm.) SD. = 0.02289 %CV = 1.106
ความหนาแผ่นฟิล์มเฉลี่ย (t)	0.1007 mm. SD. = 0.008 %CV = 7.973	0.1425 mm. SD. = 0.0097 %CV = 6.830	0.0981 mm. SD. = 0.01117 %CV = 11.386
A/t	8.024 mm.$^{-1}$ SD = 0.1019 %CV = 1.271	5.616 mm.$^{-1}$ SD = 0.0627 %CV = 1.117	21.325 mm.$^{-1}$ SD = 2.1242 %CV = 9.961

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

	ฟิล์ม PVA-ชบา	ฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ	ฟิล์ม PVA-ฝาง
Selected wavelength	500 nm.	535 nm.	550 nm.
Linear response curve	< 50 kGy	< 50 kGy	< 50 kGy
ค่าการตอบสนองต่อปริมาณรังสี	ΔA/t (bleaching)	ΔA/t (bleaching)	%Bleaching $(((A_0-A_{ir})/A_0)\times 100)$
<u>เสถียรภาพของฟิล์ม</u> <u>ก่อนฉายรังสีแกมมา</u> ดี	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 6 สัปดาห์ ก่อนฉายรังสี
ไม่ดี	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส และที่สภาวะแสงสีขาว หรือแสงเหนือม่วงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หรือ ที่มีแสงสีขาว, แสงเหนือม่วง	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หรือ ที่มีแสงสีขาว ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
<u>หลังฉายรังสีแกมมา</u> ดี	เก็บฟิล์มไว้ที่ที่มีแสง หรือที่มืด ที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 25 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ –10 หรือ 10 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ –10 หรือ 10 องศาเซลเซียส
ไม่ดี	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หรือที่มีแสงสีขาว หรือแสงเหนือม่วง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 25, 35 องศาเซลเซียส และ ที่มีแสงสีขาว หรือแสงเหนือม่วง	เก็บฟิล์มไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 25, 35 องศาเซลเซียส และที่มีแสงสีขาว หรือ แสงเหนือม่วง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย