

การพัฒนาฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์
ผสมสีย้อมธรรมชาติสกัดจากพืช

นายสัมฤทธิ์ เกิดแก้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4511-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A GAMMA-RAY FILM DOSIMETER BASED ON POLYVINYL ALCOHOL AND
NATURAL DYE EXTRACTED FROM PLANT



Mr. Samrit Kertklaw

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-4511-7

สัมฤทธิ์ เกิดแก้ว : การพัฒนาฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์
ผสมสีข้อมธรรมชาติสกัดจากพืช. (DEVELOPMENT OF A GAMMA-RAY FILM
DOSIMETER BASED ON POLYVINYL ALCOHOL AND NATURAL DYE
EXTRACTED FROM PLANT) อ.ที่ปรึกษา รศ. ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล
99 หน้า. ISBN 974-17-4511-7

ฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีข้อมธรรมชาติสกัดจาก ดอกชบา ดอกกระเจี๊ยบ และไม้ฝาง
นำฟิล์มทั้งสามชนิดมาอาบด้วยรังสีแกมมา แล้ววิเคราะห์ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโต-
มิเตอร์ ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500, 535 และ 550 นาโนเมตร ตามลำดับ พบว่าฟิล์มทั้งสามชนิดมี
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ($\Delta A/t$) กับปริมาณรังสี
(Absorbed dose) เป็นเส้นตรงในช่วงไม่เกิน 50 kGy จากนั้นค่า $\Delta A/t$ มีการตอบสนองค่อนข้างคงที่
เมื่อฟิล์มได้รับปริมาณรังสีสูงขึ้น ได้มีการทดลองเรื่องเสถียรภาพของฟิล์มก่อนและหลังฉายรังสีแกมมา
เนื่องจากแสง และอุณหภูมิต่าง ๆ ด้วย

ศูนย์วิทยพัชกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิติ..... *ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล*

4370553621 : MAJAR NUCLEAR TECHNOLOGY

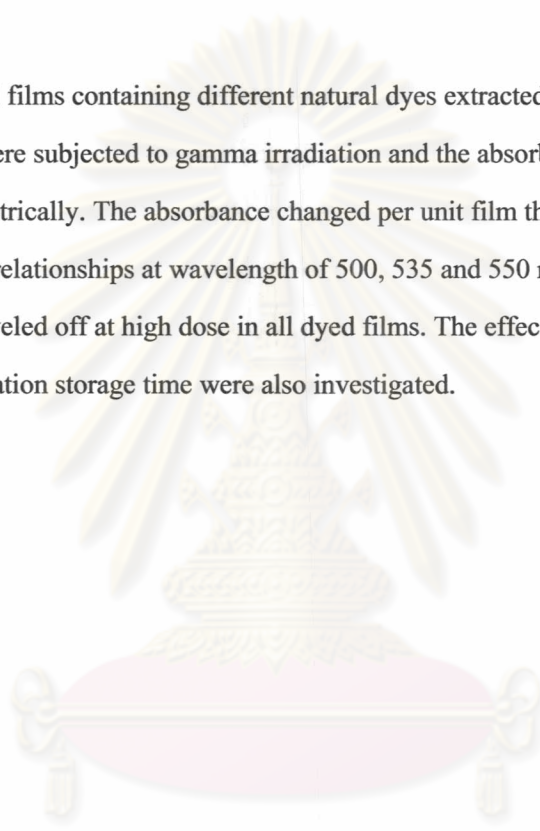
KEY WORD : POLYVINYL ALCOHOL-NATURAL DYES / HIGH RADIATION DOSE

SAMRIT KERTKLAW : DEVELOPMENT OF A GAMMA RAY FILM DOSIMETER
BASED ON POLYVINYL ALCOHOL AND NATURAL DYE EXTRACTED FROM PLANT

THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SIRIWATTANA BUNCHORNDHEVAKUL, 99 pp.

ISBN 974-17-4511-7

Polyvinyl alcohol films containing different natural dyes extracted from Chinese rose, Red sorrel and Suppan tree were subjected to gamma irradiation and the absorbance of these films were measured spectrophotometrically. The absorbance changed per unit film thickness versus irradiation dose showed good linear relationships at wavelength of 500, 535 and 550 nm. respectively in the dose range of 50 kGy and it leveled off at high dose in all dyed films. The effects of light and temperature during pre and post irradiation storage time were also investigated.



ศูนย์วิทยพัทยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Nuclear Technology
Field of study Nuclear Technology
Academic year 2003

Student's signature.....*Samrit Kertklaw*
Advisor's signature.....*Siriwattana Bunchorndhevakul*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือ และสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่กรุณาแนะนำ ปรีกษา และตรวจสอบรายงานการวิจัยจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณธเนศ อินทราลักษณ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการและ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้เครื่องฉายรังสีแกมมา BSV-06 (Co-60) และเตรียมเครื่องวัดรังสีอ้างอิง มาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณรังสี

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยชีวะวิทยาช่องปาก และภาควิชารังสีวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ ที่ เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ สำหรับการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำการ ใช้เครื่องมือในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณอารักษ์ วิทธีรานนท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องวัดปริมาณรังสี ชนิดแผ่นฟิล์ม

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ สนับสนุน งานวิจัยนี้

ทำน้ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้ความเมตตา กรุณาเป็นกำลังใจ ให้การศึกษาของผู้เขียนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 สถานที่ทำการวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2 ทฤษฎี.....	5
2.1 พิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สีย้อมธรรมชาติสกัดจากพืช.....	5
2.1.1 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol : PVA).....	5
2.1.2 สีย้อม (Dyes).....	9
2.1.1.1 สีย้อมอินทรีย์สังเคราะห์.....	9
2.2.1.2 สีย้อมอินทรีย์ธรรมชาติ.....	11
2.1.3 การตอบสนองของสีย้อมอินทรีย์เนื่องจากได้รับรังสี.....	18
2.2 การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สีย้อมธรรมชาติสกัดจากพืช.....	20
2.3 คุณสมบัติฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สีย้อมธรรมชาติสกัดจากพืช.....	20
2.3.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง.....	20
2.3.2 การตอบสนองต่อปริมาณรังสี.....	20
2.3.3 ผลต่อสิ่งแวดล้อม.....	21
2.3.4 ความเสถียรภาพของฟิล์ม.....	21

สารบัญ(ต่อ)

บทที่

หน้า

3	สารเคมี เครื่องมือ และ วิธีการทดลอง.....	22
3.1	สารเคมีและวัสดุ.....	22
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	23
3.3	วิธีการทดลอง.....	34
3.3.1	การสกัดสีข้อม.....	34
3.3.2	การเตรียมฟิล์ม.....	34
3.3.3	การตัดลอกฟิล์ม.....	36
3.3.4	การวัดค่าการดูดกลืนแสงแผ่นฟิล์ม.....	36
3.3.5	การเปรียบเทียบปริมาณรังสี.....	36
3.3.6	การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฟิล์ม.....	39
3.3.7	การตอบสนองต่อปริมาณรังสี.....	40
3.3.8	การทดสอบเสถียรภาพ.....	43
4	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
4.1	ฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา.....	47
4.1.1	การสกัดสีข้อมจากดอกชบา.....	47
4.1.2	การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา.....	47
4.1.3	การวิเคราะห์หาสเปกตรัมของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา.....	49
4.1.4	การตอบสนองของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบาต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy.....	51
4.1.5	การตอบสนองของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบาต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy.....	52
4.1.6	เสถียรภาพของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา.....	54
4.2	ฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ.....	58
4.2.1	การสกัดสีข้อมจากดอกกระเจี๊ยบ.....	58
4.2.2	การเตรียมแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ.....	58
4.2.3	การวิเคราะห์หาสเปกตรัมของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ.....	60

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

4.2.4	การตอบสนองของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy.....	62
4.2.5	การตอบสนองของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy.....	63
4.2.6	เสถียรภาพของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจี๊ยบ.....	65
4.3	ฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ไม้ฝาง.....	68
4.3.1	การสกัดสีข้อมจากไม้ฝาง.....	68
4.3.2	การเตรียมแผ่นฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ไม้ฝาง.....	68
4.3.3	การวิเคราะห์หาสเปกตรัมของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์- ฝาง.....	70
4.3.4	การตอบสนองของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ฝาง ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy.....	72
4.3.5	การตอบสนองของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์- ฝาง ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy.....	73
4.3.6	เสถียรภาพของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์- ฝาง.....	75
4.4	เปรียบเทียบแผ่นฟิล์ม PVA-ขบา, แผ่นฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ และแผ่นฟิล์ม PVA-ฝาง	78
5	สรุปผลการทดลอง.....	83
	รายการอ้างอิง.....	84
	ภาคผนวก	
	ก.	87
	ข.	91
	ค.	94
	ง.	95
	จ.	97
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติตัวกลางชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสี.....	6
2.2 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสายโพลีเมอร์แต่ละชนิด	7
3.1 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณรังสีแกมมาของเครื่องฉาย BSV-06 ด้วยเครื่องวัดรังสีมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$	38
4.1 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา.....	48
4.2 แสดงการตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy.....	53
4.3 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-กระเจียบ.....	59
4.4 แสดงการตอบสนองของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy	64
4.5 แสดงการทดสอบความสม่ำเสมอของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ฝาง.....	69
4.6 แสดงการตอบสนองของค่าเปอร์เซ็นต์การฟอกสี (%Bleaching) ของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ฝาง ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 50 kGy.....	74
4.7 แสดงการเปรียบเทียบแผ่นฟิล์ม PVA- ชบา, ฟิล์ม PVA-กระเจียบ และ ฟิล์ม PVA-ฝาง	81
ภาคผนวก	
ตัวอย่างตารางผลการทดลองของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา	
ข.1 แสดงการวัดค่าดูดกลืนแสงของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ก่อนฉายรังสี (A_0) ที่ค่าความยาวคลื่นแสง ในช่วง 400 - 600 นาโนเมตร.....	91
ข.2 แสดงการวัดค่าดูดกลืนแสงของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา หลังฉายรังสี (A_x) ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400 - 600 นาโนเมตร.....	92
ข.3 แสดงการตอบสนองของค่า $\Delta A/t$ ต่อปริมาณรังสีของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์- ชบา ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400 - 600 นาโนเมตร.....	93
ง. แสดงการตอบสนองของค่า $\Delta A/t$ ต่อปริมาณรังสีในช่วงไม่เกิน 100 kGy ของ ฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500 นาโนเมตร.....	94
ง.1 แสดงผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะแสงต่าง ๆ.....	95

สารบัญตาราง(ต่อ)

ภาคผนวก

หน้า

ง.2 แสดงผลการทดลองความเสถียรภาพฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่มีด และอุณหภูมิต่าง ๆ	96
จ.1 แสดงผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา หลังฉายรังสี 30 kGy ที่เก็บไว้ที่มีด อุณหภูมิต่าง ๆ.....	97
จ.2 แสดงผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-ชบา หลังฉายรังสี 30 kGy ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส สภาวะแสงต่าง ๆ.....	98



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการเตรียม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิส.....	5
2.2 แสดงลักษณะ โครงสร้างทั่วไปของ โพลีเมอร์.....	7
2.3 แสดงสเปกตรัมและกราฟการตอบสนองของฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ต่อปริมาณรังสีแกมมาไม่เกิน 200 kGy.....	8
2.4 แสดงการเกิด delocalised electrons ระหว่างพันธะคู่ในสายคาร์บอน.....	9
2.5 แสดงโครงสร้างของ ortho- and para- quinoid ring chromophores.....	9
2.6 แสดงโครงสร้างของ naphthalene ถูกเกาะติดด้วยกลุ่ม auxochrome และ chromophore.....	10
2.7 แสดงโครงสร้างสีช้อม indigoids.....	12
2.8 แสดงการเกิดปฏิกิริยา oxidation ของ indigoid dyes.....	13
2.9 แสดงการเกิด resonance hybride of structure ของ indigoid dyes.....	13
2.10 แสดงโครงสร้างของ dihydroxy anthraquinone.....	13
2.11 แสดงโครงสร้างของ γ -pyrone, benzo- γ -pyrone , flavone, flavonal.....	14
2.12 แสดงโครงสร้างของกลุ่ม pyrrole และ porphyrin.....	15
2.13 แสดงลักษณะ โครงสร้างของ fravylium chloride.....	16
2.14 แสดงลักษณะ โครงสร้างของ carotenoids.....	17
2.15 แสดงตัวอย่าง โครงสร้างสีช้อมอินทรีย์.....	19
3.1 แสดงภาพตัวอย่างดอกกระเจี๊ยบ ดอกขบา และ ไม้ฝาง.....	22
3.2 แสดงเครื่องฉายรังสีแกมมา BSV-06.....	23
3.3 แสดงเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....	24
3.4 แสดงเครื่องวัดความหนากระดาษไมโครเมตรระบบดิจิทัล(Digital micrometer).....	24
3.5 แสดงตู้อบไฟฟ้า (oven).....	25
3.6 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส, ค่า RH 66 %....	25
3.7 แสดงหลอดไฟนีออนแสงสีม่วงชนิด A (UV-A light lamp).....	26
3.8 แสดงหลอดไฟนีออนแสงสีขาว (Day-light lamp).....	27
3.9 แสดงเครื่องวัดความเข้มแสง (Lux meter) และสเปกตรัมแสดง Relative Sensitivity..	27
3.10 แสดงอุปกรณ์เครื่องแก้ว.....	28

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

3.11 แสดงลักษณะของตัวประกบแผ่นฟิล์มขณะวัดค่าคูคกลินแสง.....	29
3.12 แสดงลักษณะของตัวประกบแผ่นฟิล์มขณะฉายรังสี.....	29
3.13 แสดงลักษณะของตัวจับถือหลอดทดลองขณะฉายรังสี.....	30
3.14 แสดงลักษณะของแผ่นรองตัวอย่างกำหนดตำแหน่งอ้างอิงสำหรับฉายรังสี.....	31
3.15 แสดงแผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระดับน้ำ.....	31
3.16 แสดงตัวอย่างแผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม PVA- ฟาง.....	32
3.17 แสดงลักษณะกล่องบรรจุไฟหลอดนีออนแสงสีขาว (daylight lamp) และหลอดนีออนแสงเหนือม่วง (UV-light lamp).....	33
3.18 แสดงตำแหน่งการปรับเทียบปริมาณรังสีด้วยเครื่องวัดปริมาณรังสีอ้างอิงมาตรฐาน ($K_2Cr_2O_7$) กับแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้นติดตั้งบนแผ่นรองเดียวกันที่ตำแหน่ง 1 ถึง 11	37
4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคูคกลินแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-ชบา.....	48
4.2 แสดงสเปกตรัมของค่าคูคกลินแสงเฉลี่ย ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy.....	50
4.3 แสดงสเปกตรัมของค่าคูคกลินแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของแผ่นฟิล์ม PVA-ชบา ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร และตอบสนองต่อปริมาณรังสี ไม่เกิน 50 kGy	50
4.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าคูคกลินแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 0-100 kGy.....	51
4.5 แสดงความสัมพันธ์ของค่าคูคกลินแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy.....	53
4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์การคูคกลินแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0 \times 100)$ ของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 83 วัน.....	57
4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การคูคกลินแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0 \times 100)$ ของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ.....	57
4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าคูคกลินแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-กระเจียบ...	59
4.9 แสดงสเปกตรัมของค่าคูคกลินแสงเฉลี่ย (A) ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ที่วัดใน ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 ถึง 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี ไม่เกิน 50 kGy.....	61

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.10 แสดงค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา $((A_0 - A_{\infty})/t)$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ วัดในช่วงความยาวคลื่นแสง 400-600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี 0, 10, 25, 35 และ 50 kGy.....	61
4.11 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา $(\Delta A/t)$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 100 kGy.....	62
4.12 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา $(\Delta A/t)$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy.....	64
4.13 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ.....	67
4.14 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ หลังฉายรังสี 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ.....	67
4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงกับความหนาของฟิล์ม PVA-ฝาง.....	69
4.16 แสดงสเปกตรัมของค่าดูดกลืนแสง (Absorbance) ของฟิล์ม PVA-ฝาง ที่วัดในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 ถึง 600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี ไม่เกิน 50 kGy.....	71
4.17 แสดงสเปกตรัมของค่าเปอร์เซ็นต์การฟอกสี $((A_0 - A_{\infty})/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-ฝาง ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400-600 นาโนเมตร ตอบสนองต่อปริมาณรังสี ไม่เกิน 50 kGy.....	71
4.18 แสดงความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 100 kGy.....	72
4.19 แสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การฟอกสี $((A_0 - A_{\infty})/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-กระเจียบ ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสีไม่เกิน 50 kGy.....	74
4.20 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-ฝาง ก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ	77
4.21 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป $((A_t - A_0)/A_0) \times 100$ ของฟิล์ม PVA-ฝาง หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่าง ๆ.....	77

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่

หน้า

ภาคผนวก

ก.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีในช่วง 1 -10 kGy (high dose) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นแสง 350 nm.....	88
ก.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีในช่วง 10-50 kGy (high dose) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นแสง 440 nm.....	88



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย