การพัฒนาฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

นางสาวกาญจนา กิติดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A GAMMA-RAY THIN FILM DOSIMETER USING POLYVINYL ALCOHOL AND DYES FROM INDIAN PARK LEAF AND CRUDE LAC

Ms. Kanchana Kitidee

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology
Department of Nuclear Technology
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง
โดย	นางสาว กาญจนา กิติดี
สาขาวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.พิริยาธร สุวรรณมาลา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กาญจนา กิติดี : การพัฒนาฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง. (DEVELOPMENT OF A GAMMA-RAY THIN FILM DOSIMETER USING POLYVINYL ALCOHOL AND DYES FROM INDIAN PARK LEAF AND CRUDE LAC) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล, 99 หน้า.

เตรียมฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี และครั่ง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ได้ทำการศึกษาหาส่วนประกอบ และความหนาที่เหมาะสมของฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาและเพิ่มความไวต่อรังสีของฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยการเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นต่างๆ วัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มที่เตรียมขึ้นในสัดส่วนที่เหมาะสม ที่ค่าความยาวคลื่นแสงที่ฟิล์มมีการตอบสนองต่อรังสี พบว่าฟิล์มที่เตรียมขึ้นจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สามารถวัดปริมาณรังสีแกมมาได้ในช่วง 5-30 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร ส่วนฟิล์มที่เตรียมขึ้นจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากครั่งโดยไม่มีการเติม chloral hydrate สามารถวัดปริมาณรังสีแกมมาได้ในช่วง 10-40 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร และ 10-60 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร และที่มีการเติม chloral hydrate สามารถวัดปริมาณรังสีแกมมาได้ในช่วง 0-30 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร และพบว่าความหนาของฟิล์ม ความเข้มข้นของสีย้อม และความเข้มข้นของ chloral hydrate มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์ม ได้ทำการทดสอบผลของความชื้น แสง และอุณหภูมิต่อเสถียรภาพของฟิล์มก่อน และหลังฉายรังสีแกมมาด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี..... ลายมือชื่อนิสิต.....กาญจนา กิติดี.....
สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล.....
ปีการศึกษา....2552.....

5170214021 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEYWORDS : POLYVINYL ALCOHOL / GAMM-RAY THIN FILM DOSIMETER/ INDIAN PARK LEAF / CRUDE LAC

KANCHANA KITIDEE : DEVELOPMENT OF A GAMMA-RAY THIN FILM DOSIMETER USING POLYVINYL ALCOHOL AND DYES FROM INDIAN PARK LEAF AND CRUDE LAC. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. SIRIWATTANA BANCHORNDHEVAKUL, 99 pp.

Gamma dosimetric properties of thin film from polyvinyl alcohol (PVA) with dye from indian park leaf and polyvinyl alcohol with dye from crude LAC were studied. Effect of film conditions (composition, thickness, dyes color intensity, and choral hydrate concentration) on film responses (gamma dose and wavelength) were determined. Humidity and temperatures were also found to have some effects on film stability both before and after irradiation. The results showed that PVA film with indian park leaf dye was suitable for gamma dosimeter at 546 nm wavelength and 5-30 kGy range. The PVA film with crude LAC was suitable for gamma dosimeter at 365 nm wavelength and 10-40 kGy range, and at 497 nm wavelength and 10-60 kGy. The PVA film with crude LAC and chloral hydrate was suitable for gamma dosimeter at 365 nm wavelength and 0-30 kGy.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : .....Nuclear Technology..... Student's Signature .....

Field of Study : .....Nuclear Technology..... Advisor's Signature .....

Academic Year : ...2009.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจาก รองศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ที่กรุณาแนะนำ ให้คำปรึกษาและตรวจสอบรายงานการวิจัยจนจบสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณอารักษ์ วิทิตธีรานนท์ ที่กรุณาช่วยเหลือเกี่ยวกับการฉายรังสีและหาอัตราปริมาณรังสีด้วย Fricke Standard Dosimeter อีกทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กองการวัดกัมมันตภาพรังสี สำนักงานพลังงานปรมณูเพื่อสันติ ที่ช่วยเหลือในการทำวิจัยและให้ใช้สถานที่ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ทุกท่านที่ให้คำแนะนำ สนับสนุนงานวิจัยนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้ความเมตตากรุณาเป็นกำลังใจ ให้การศึกษาของผู้เขียนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูปภาพ..... ฒ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย..... 2

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 3

2. ทฤษฎี..... 5

2.1 ส่วนประกอบของฟิล์มบางวัดปริมาณรังสี..... 5

2.1.1 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol: PVA)..... 5

2.1.2 สีย้อมธรรมชาติ..... 8

2.1.2.1 สีย้อมที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 8

2.1.2.2 สีย้อมที่สกัดจากครั่ง..... 10

2.2 การตอบสนองของสีย้อมอินทรีย์เนื่องจากได้รับรังสี..... 12

2.3 การเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับวัดปริมาณรังสีแกมมา..... 14

2.4 คุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม..... 14

2.4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง (Absorption spectra)..... 14

2.4.2 การตอบสนองต่อปริมาณรังสี..... 15

2.4.3 ผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม (Environmental effect)..... 15

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.4.4 เสถียรภาพของฟิล์ม..... 15

3. วิธีดำเนินการวิจัย..... 16

3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย..... 16

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 16

3.3 วิธีการทดลอง..... 21

3.3.1 การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรี 21

3.3.1.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรี..... 21

3.3.1.2 การหาความหนาที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรี..... 22

3.3.1.3 การเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่าง PVA กับสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่งโดยการเติม chloral hydrate..... 22

3.3.2 การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง..... 23

3.3.2.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง..... 23

3.3.2.2 การหาความหนาที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่..... 24

3.3.2.3 การเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่าง PVA กับสีที่สกัดจากครั่งโดยการเติม chloral hydrate..... 24

3.3.3 การฉายรังสี..... 25

3.3.4 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฟิล์ม..... 25

3.3.4.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์ม..... 25

3.3.4.1.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 25

3.3.4.1.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง..... 26

3.3.4.2 การทดสอบการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสี 26

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.4.3 การทดสอบเสถียรภาพ..... 26
3.3.4.3.1 การทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี…….. 26
3.3.4.3.2 การทดสอบเสถียรภาพหลังรับรังสีแกมมา 30 kGy…….. 27
4. ผลการวิเคราะห์ผลการวิจัย..... 29
4.1ผลการทดลองฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 29
4.1.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี..... 29
4.1.2 หาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 30
4.1.3 การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 32
4.1.4 การเติม chloral hydrate ในการผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 35
4.1.5 การตอบสนองต่อรังสีแกมมาของฟิล์มที่เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี..... 37
4.1.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา..... 40
4.1.7 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy…….. 43
4.1.8 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนฉายรังสีแกมมา..... 46

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.9 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy..... 48
4.2 ผลการทดลองฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์-สีย้อมที่สกัดจากครั่ง……. 51
4.2.1 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์มผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากครั่งที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี…….. 51
4.2.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง…… 52
4.2.3 การหาความหนาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่..... 56
4.2.4 การเติม chloral hydrate ในการผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง…….. 59
4.2.5 การตอบสนองต่อรังสีแกมมาของฟิล์มที่เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง…… 63
4.2.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา..... 69
4.2.7 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา..... 70
4.2.8 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy..... 74
4.2.9 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy..... 75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2.10 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี..... 79

4.2.11 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy……..... 81

5. สรุปผลการวิจัย..... 84

รายการอ้างอิง……. 86

ภาคผนวก

ก…… 89

ข…… 93

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของตัวกลางชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสี……..	6
2.2	การเปลี่ยนแปลงของสายโพลีเมอร์แต่ละชนิด เนื่องจากได้รับการฉายรังสี แบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ Cross-linking polymer และ Degradation polymer ……..	7
2.3	ชนิดของแอนโทไซยานิดิน…….	10
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากใบผีเสื้อราตรีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7, 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ.....	31
4.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี การสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0343, 0.0390 และ 0.0401 มิลลิเมตร…….	33
4.3	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร และเติม chloral hydrate 5%, 10%, 30%, 50% และ 70% โดยน้ำหนักของ PVA……...	36
4.4	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 0-70 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร…….	38
4.5	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร……...	53
4.6	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร……	53
4.7	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm	57

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวคลื่น 497 nm	57
4.9	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 5 % โดยน้ำหนักของ PVA……	60
4.10	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 10 % โดยน้ำหนักของ PVA……	61
4.11	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA……	62
4.12	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm ที่ความยาวคลื่นแสง 365และ 497 นาโนเมตร ที่ปริมาณรังสี 0-70 kGy……..	65
4.13	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA ที่ปริมาณรังสี 0-70 kGy……..	67
ก.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ …….....	89
ก.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ …….....	90

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก.3	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	91
ก.4	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	92
ข.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	93
ข.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	94
ข.3	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	95
ข.4	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	96
ข.5	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	97
ข.6	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ	98

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเตรียมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิส.....	5
2.2	โครงสร้างทั่วไปของโพลีเมอร์……..	6
2.3	สเปกตรัมและกราฟการตอบสนองของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA film without dye) ต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 0-200 kGy……	8
2.4	ต้นผีเสื้อราตรี…….....	8
2.5	โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน และ แอนโทไซยานิน……..	9
2.6	แมลงครั่งและครั่ง……..	11
2.7	สูตรโครงสร้างของ Laccaic acid……..	11
2.8	ตัวอย่างโครงสร้างสีย้อมอินทรีย์……...	13
3.1	ภาพตัวอย่างต้นผีเสื้อราตรี และครั่ง……..	16
3.2	เครื่องฉายรังสีแกมมา……	17
3.3	เครื่อง UV VIS Spectrophotometer และอุปกรณ์จับฟิล์มสำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง.....	17
3.4	เครื่องวัดความหนาเชิงเลข…….	18
3.5	ตู้อบไฟฟ้า…….	18
3.6	เครื่องวัดระดับน้ำ……..	19
3.7	แผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระนาบขณะเตรียมแผ่นฟิล์ม.....	20
3.8	แผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม.....	20
3.9	ภาชนะบรรจุฟิล์มขณะฉายรังสี…….	21
4.1	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-สีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ช่วงความยาวคลื่นแสง 190-900 nm……	29
4.2	สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-สีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ความยาวคลื่นแสง 546 nm……	30
4.3	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7, 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร	31

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.4	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับของฟิล์มที่ผลิตจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.0343, 0.0390 และ 0.0401 มิลลิเมตร……..	34
4.5	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate ในปริมาณ 5%, 10%, 30%, 50% และ70% โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ…….	36
4.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 0-70 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร	38
4.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 5-30 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร	39
4.8	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน……	42
4.9	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 70 วัน……...	42
4.10	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน…….	45
4.11	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 70 วัน……...	45

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.12	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.040 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 7 วัน……..	47
4.13	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 56 วัน……	48
4.14	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตรหลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน……..	50
4.15	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตรหลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน.....	50
4.16	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ความยาวคลื่น 190-900 nm……...	51
4.17	สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ความยาวคลื่น 365 และ497 nm……	52
4.18	ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 และ 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร……	54
4.19	ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา กับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร……...	54

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.20	ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 365 nm……	58
4.21	ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 497 nm……	58
4.22	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร และ เติม chloral hydrate 5 % โดยน้ำหนักของ PVA……..	60
4.23	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 10 % โดยน้ำหนักของ PVA……..	61
4.24	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA…….	62
4.25	กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง และ เติม chloral hydrate ในปริมาณ 5%, 10% และ 30%โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร……..	63
4.26	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 nm ตามลำดับ……..	66

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.27	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 10-40 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm และ ที่ปริมาณรังสี 10-60 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ตามลำดับ……	66
4.28	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร……..	67
4.29	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 30%โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ที่ปริมาณรังสี 0-30 kGy……....	68
4.30	เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ปริมาณรังสี 0-30 kGy และไม่เติม chloral hydrate ที่ปริมาณรังสี 10-40 kGy ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร…….	68
4.31	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 7 วัน ……..	72
4.32	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 70 วัน…….	72
4.33	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสีเป็นระยะเวลา 7 วัน……...	73

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.34	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 70 วัน……	73
4.35	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน……..	77
4.36	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน……	77
4.37	37 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน……..	78
4.38	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน……	78
4.39	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี เป็นเวลา 3 วัน……	80
4.40	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี เป็นเวลา 56 วัน……	81
4.41	เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนัก ของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน……..	83

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.42 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 56 วัน..... 83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการใช้รังสีในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย เช่น การถนอมอาหาร การฆ่าเชื้อเครื่องมือทางการแพทย์ การผลิตผลิตภัณฑ์ยางหรือการปรับปรุงคุณสมบัติของโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสี เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะฉายรังสีปริมาณรังสีต่างๆ กันตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องควบคุมปริมาณรังสีที่ฉายเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติดีตามต้องการ การวัดปริมาณรังสีเป็นขั้นตอนหนึ่งของการฉายรังสี เพื่อตรวจสอบและควบคุมปริมาณรังสีที่ผลิตภัณฑ์ได้รับ เครื่องวัดปริมาณรังสีมีหลายชนิดควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมตามช่วงปริมาณรังสีในงานฉายรังสีแต่ละประเภท เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มนิยมใช้วัดปริมาณรังสีในงานประจำ (Routine) เนื่องจากใช้งานง่าย ราคาถูก เช่น FWT-60 ผลิตภัณฑ์จาก Far West Technology และ Polymethylmethacrylate (PMMA) เป็นต้น

เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มเป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีที่ประกอบด้วยส่วนผสมของโพลีเมอร์และสีย้อม อาศัยหลักการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสีโดยหลังจากได้รับรังสีแผ่นฟิล์มจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทำให้สีของแผ่นฟิล์มเปลี่ยนไป กล่าวคือมีสีเข้มขึ้นหรือจางลง ขึ้นอยู่กับชนิดของโพลีเมอร์และสีย้อมนั้นๆ การวิเคราะห์ผลส่วนใหญ่จะใช้การวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่เปลี่ยนไป ด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

จากการศึกษางานวิจัยทางด้านเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์ม **[1-7]** พบว่ามีการใช้โพลีเมอร์และสีย้อมแตกต่างกันไป การนำไปประยุกต์ใช้งานจึงแตกต่างกัน งานวิจัยนี้มีความประสงค์เพื่อศึกษาแผ่นฟิล์มสำหรับวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยทำจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์และสีย้อมที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง รวมทั้งศึกษาปัจจัยและตัวแปรที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อพัฒนาฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาและทดลองสกัดสีย้อมธรรมชาติจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

1.3.2 ศึกษาและทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์กับสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง สำหรับเตรียมแผ่นฟิล์ม

1.3.3 ทดสอบคุณสมบัติการตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมา (gamma dose response curve) ของแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้

.3.4 ศึกษาและทดลองการเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์กับสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่งโดยการเติม chloral hydrate

.3.5 ศึกษาและทดลองหาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อแผ่นฟิล์มวัดปริมาณรังสีที่ผลิตขึ้น ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น ที่ระยะเวลาต่างๆ ของการเก็บแผ่นฟิล์มทั้งก่อน และหลังการฉายรังสี

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ เครื่องวัดปริมาณรังสีแกมมาชนิดแผ่นฟิล์ม ใบผีเสื้อราตรี ครั่ง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้วิธีการเตรียมฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ศึกษาค้นคว้า และรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.6.2 ทำการสกัดสีย้อมธรรมชาติจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

1.6.3 ทดลองหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง เพื่อเตรียมแผ่นฟิล์ม

1.6.4 ทดลองหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม จากฟิล์มที่เตรียมจากสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมธรรมชาติจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

1.6.5 ทดลองหาการเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์กับสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่งโดยการเติม chloral hydrate

1.6.6 ฉายรังสีแผ่นฟิล์มที่ปริมาณรังสีต่างๆ และทดสอบคุณสมบัติการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปของแผ่นฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมธรรมชาติจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง ในสัดส่วนและความหนาที่เหมาะสม

1.6.7 ทดลองหาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อฟิล์มวัดปริมาณรังสีก่อน และหลังฉายรังสี ได้แก่ แสง อุณหภูมิ ความชื้น

1.6.8 สรุปผลงานวิจัย และเขียนวิทยานิพนธ์

1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.7.1 Hoang Hoa Mai และคณะ [1] ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลบิวทีรอลผสมกับสีย้อม leuco-malachite green เพิ่มความไวต่อรังสีด้วยการเติม chloral hydrate แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 0-4 kGy โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 629 นาโนเมตร ศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสี พบว่าความเข้มข้นของ chloral hydrate และ leuco-malachite green มีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสี นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มก่อนและหลังการฉายรังสี พบว่าแสงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์ม ดังนั้นควรเก็บฟิล์มไว้ในซองที่ป้องกันแสงและความชื้น

1.7.2 M. Kattan และคณะ [2] ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลคลอไรด์ กับสีย้อม malachite green โดยนำโพลีไวนิลคลอไรด์ฟิล์มแช่ใน malachite green ให้ malachite green ซึมเข้าไปในฟิล์ม แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 0-125 kGy โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 628 นาโนเมตร ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์ม พบว่าความหนาของแผ่นฟิล์ม ความเข้มข้นของ malachite green และแสง มีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์ม แต่อุณหภูมิ (0-60 องศาเซลเซียส) และ dose rate ไม่มีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์ม

1.7.3 M. Lavalle และคณะ [3] ผลิตฟิล์มวัดปริมาณรังสีจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ผสมกับสีย้อม methyl viologen (MV^+) แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 50 Gy ถึง 40 kGy โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่างกันจะสามารถวัดปริมาณรังสีในช่วงที่แตกต่างกัน คือ 399 นาโนเมตร วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 50 Gy ถึง 1 kGy, 610 นาโนเมตร วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 0.5 kGy ถึง 16 kGy, 746 นาโนเมตร วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 1 kGy ถึง 40 kGy ศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสี พบว่าความเข้มข้นของ methyl viologen (MV^+) มีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสี นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มก่อนและหลังการฉายรังสี พบว่าอุณหภูมิ 15-65 องศาเซลเซียส ความชื้นไม่เกิน 99% และแสงปกติมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มเพียงเล็กน้อย แต่ความชื้นสูงๆ และแสง UV มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มเป็นอย่างมาก ดังนั้นควรเก็บฟิล์มไว้ในซองที่ป้องกันแสงและความชื้น

1.7.4 Hoang Hoa Mai และคณะ [4] ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลคลอไรด์ ผสมกับสีย้อมสองชนิดคือ malachite green oxalate และ 6GX-setoglaucine แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 1-50 kGy โดยโพลีไวนิลคลอไรด์ผสมกับสีย้อม malachite green oxalate วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 629 นาโนเมตร และ โพลีไวนิลคลอไรด์ ผสมกับสีย้อม 6GX-setoglaucine

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 642 นาโนเมตร พัฒนาการตอบสนองของแผ่นฟิล์มด้วยการเติม chloral hydrate และ hydroquinone พบว่า chloral hydrate ทำให้ sensitivity ของฟิล์มเพิ่มขึ้น และ hydroquinone ทำให้การตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสีความเป็นเส้นตรงมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มก่อนและหลังการฉายรังสี พบว่าแสงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์ม ดังนั้นควรเก็บฟิล์มไว้ในซองที่ป้องกันแสง และความชื้น

1.7.5 สัมฤทธิ์ เกิดแก้ว [5] ทำการผลิตแผ่นฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมที่สกัดจากธรรมชาติ ได้แก่ ดอกชบา ดอกกระเจี๊ยบ และไม้ฝาง พบว่าฟิล์มทั้งสามชนิดสามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วงไม่เกิน 50 kGy ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500, 535, 550 นาโนเมตร ตามลำดับ และได้มีการทดลองเรื่องเสถียรภาพของฟิล์มก่อน และหลังฉายรังสีแกมมา เนื่องจากแสง และอุณหภูมิต่างๆ ด้วย

1.7.6 ธัญจิรา บุญพิชญา [6] ทำการผลิตแผ่นฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ กับสีย้อมเมทีลีนบลู แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 3-20 kGy โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 663 นาโนเมตร นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้น พบว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ได้รับรังสีเมื่อเก็บไว้ในระยะเวลา 1 เดือน ฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงไป โดยมีความเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 5% และฟิล์มที่ได้รับรังสีแล้วควรวัดค่าการดูดกลืนแสงภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากได้รับรังสี

1.7.7 M.F. Barakat และคณะ [7] ทำการทดลองโดยนำสีย้อมอินทรีย์ (organic dyes) 14 ชนิด มาเตรียมในสารละลายอินทรีย์ (organic solution) ที่มีความเข้มข้น และตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ที่เหมาะสม พบว่าสารละลายอินทรีย์เหล่านี้มีค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนไปเมื่อได้รับรังสี นอกจากนี้ยังได้มีการนำสีย้อมอินทรีย์ไปทำในรูปแผ่นฟิล์มที่ประกอบด้วยโพลีเมอร์ชนิดต่างๆ พบว่ามีสีย้อมอินทรีย์ และโพลีเมอร์เพียงบางชนิดเท่านั้นที่มีค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับรังสี โดยการทดลองทั้งในรูปสารละลาย และแผ่นฟิล์มสามารถวัดปริมาณรังสีได้ไม่เกิน 120 kGy

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎี

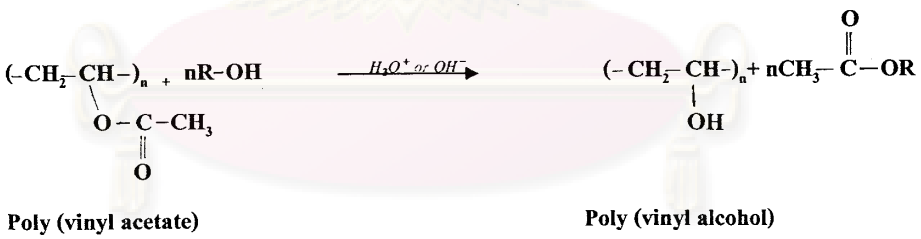
เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มเป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีที่ผลิตขึ้นจากโพลีเมอร์และสีย้อม โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสีของฟิล์มเมื่อได้รับรังสี วิเคราะห์ผลการเปลี่ยนสีของฟิล์มโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่เปลี่ยนไป ที่ความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม ส่วนใหญ่จะวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย UV-VIS Spectrophotometer

เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มที่มีส่วนประกอบที่แตกต่างกันจะมีการตอบสนองต่อรังสีที่แตกต่างกัน ทำให้การนำไปประยุกต์ใช้งานแตกต่างกันด้วย ดังนั้นการใช้เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดแผ่นฟิล์มจึงจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ เกี่ยวกับฟิล์มวัดปริมาณรังสีที่ใช้ ได้แก่ องค์ประกอบของแผ่นฟิล์ม วิธีการใช้งาน การตอบสนองของฟิล์มต่อรังสีและผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อแผ่นฟิล์ม (อุณหภูมิ ความชื้น และแสง) ซึ่งการศึกษานี้เป็นการพัฒนาฟิล์มบางวัดปริมาณรังสีแกมมาโดยใช้โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ร่วมกับสีย้อมธรรมชาติที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีและครั่ง

2.1 ส่วนประกอบของฟิล์มบางวัดปริมาณรังสี

2.1.1 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol: PVA)

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์เป็นโพลีเมอร์ชนิดหนึ่ง เตรียมจากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิสของโพลีไวนิลอะซิเตต ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การเตรียมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ลิซิส

โดยทั่วไปโพลีไวนิลแอลกอฮอล์เตรียมโดยผสมโพลีไวนิลอะซิเตตในแอลกอฮอล์แล้วเติมตัวเร่ง และให้ความร้อน โพลีไวนิลแอลกอฮอล์จะตกตะกอนออกจากสารละลาย

โพลีไวนิลแอลกอฮอล์สามารถละลายน้ำได้ โดยละลายอย่างช้าๆ ในน้ำเย็น การละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้น และสามารถละลายจนหมดที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

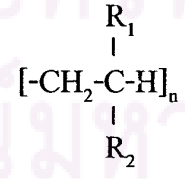
โพลีไวนิลแอลกอฮอล์มีค่าความหนาแน่นอิเล็กตรอน (electron density) ค่าเลขอะตอมยังผล (effective atomic number) ค่าส่วนประกอบของไฮโดรเจน (hydrogen-atom content) และ

ค่าพลังงานเฉลี่ยที่ทำให้อะตอมแตกตัว (average excitation potential) ใกล้เคียงกับตัวกลางหลายชนิดที่ใช้ในทางเคมีรังสี (radiochemistry) และชีวรังสี (radiobiology) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของตัวกลางชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสี

ตัวกลาง	ความหนาแน่นอิเล็กตรอนต่อกิโลกรัม$x10^{-26}$	ค่าเลขอะตอมยังผล		ส่วนประกอบโฮโดรเจนต่อกิโลกรัม $x10^{-25}$	ค่าพลังงานเฉลี่ยที่ทำให้อะตอมแตกตัว (อิเล็กตรอนโวลต์)
		Zi	Zp		
Polyvinyl alcohol	3.28	6.53	5.83	5.47	64.0
Polyethylene	3.43	5.46	4.78	8.59	51.4
Polymethylmethacrylate	3.26	6.46	5.83	2.8	65.4
Polystyrene	3.24	5.79	5.28	4.62	60.5
Medium of vegetable origin (grain)	3.20	6.94	6.24	5.71	65.0
Muscle tissue	3.36	7.42	6.00	6.07	66.0
Water	3.36	7.42	6.60	6.68	68.0

จากการศึกษาของ Spinks. J. W. T. และ Woods. R. J. **[8]** พบว่าโพลีเมอร์เมื่อได้รับรังสีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแบ่งได้เป็นสองกลุ่ม คือ การครอสลิงค์ (Cross-linking) และการเสื่อมสลาย (Degradation) ของสายโมเลกุลโพลีเมอร์ ดังตารางที่ 2.2 สำหรับโพลีไวนิลแอลกอฮอล์เมื่อได้รับรังสีจะเกิดครอสลิงค์ (Cross-linking) ของสายโมเลกุลของโพลีเมอร์



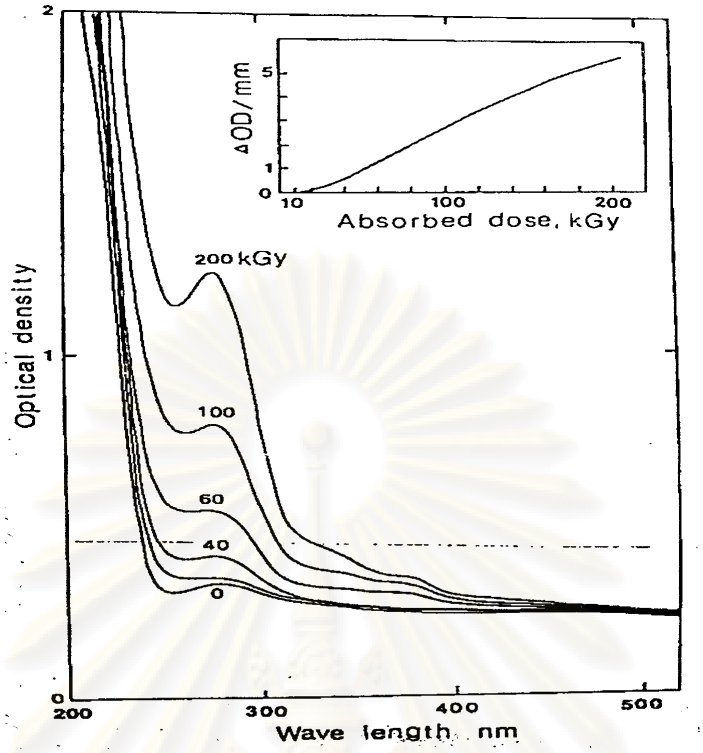
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทั่วไปของโพลีเมอร์

ตารางที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงของสายโพลีเมอร์แต่ละชนิด เนื่องจากได้รับการฉายรังสีแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ Cross-linking polymer และ Degradation polymer **[8]**

Polymer	R_1	R_2	Radiation Induced Change
Polyethylene	H	H	Cross-linking
Polypropylene	CH_3	H	Cross-linking
Poly(vinyl chloride)	Cl	H	Cross-linking
Poly(vinyl alcohol)	OH	H	Cross-linking
Polyacrylonitrile	CN	H	Cross-linking
Polyacrylates	CO_2R	H	Cross-linking
Polystyrene	C_6H_5	H	Cross-linking
Poly(vinyllidene choride)	Cl	Cl	Degradation
Polyisobutylene	CH_3	CH_3	Degradation
Polymethylstyrene	C_6H_5	CH_3	Degradation
Poly(methyl methacrylate)	CO_2CH_3	CH_3	Degradation
Polytetrafluoroethylene			Degradation
Natural rubber			Cross-linking
Cellulose and derivatives			Degradation

จากการศึกษาของ Woon Hyuk Chung **[9]** พบว่าฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ที่ปราศจากสีย้อม เมื่อได้รับรังสีแกมมาในช่วง 0-200 kGy มีค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ได้รับโดยมีจุดยอด (peak) ของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 276 นาโนเมตร แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา (ΔOD/mm) กับปริมาณรังสีที่ได้รับ ดังรูปที่ 2.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.3 สเปกตรัม และกราฟการตอบสนองของฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA film without dye) ต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 0-200 kGy **[9]**

2.1.2 สีย้อมธรรมชาติ

2.1.2.1 สีย้อมที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

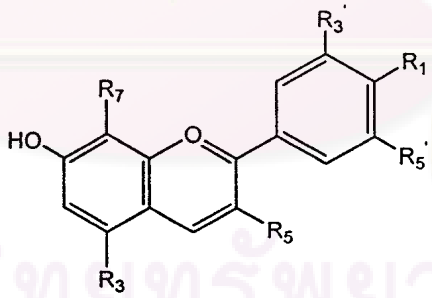
ผีเสื้อราตรี **[10]** มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oxalis regnelli* ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นผีเสื้อราตรีคือ เป็นพืชล้มลุกอายุหลายฤดู ส่วนดอกมีสีชมพูหรือสีม่วงอ่อน ใบมี 3 ใบย่อย เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก แผ่นใบไม่หนาหรือบางมาก ผิวใบด้านบนสีม่วงเข้มซึ่งประกอบด้วยแอนโทไซยานิน ดังรูปที่ 2.4 เนื่องจากผีเสื้อราตรีมีรูปร่างของใบ และดอกสวยงาม จึงนิยมปลูกเป็นไม้ประดับตกแต่งอาคาร นอกจากนี้ยังมีผู้นำมาใช้เป็นสมุนไพรรักษาอาการอักเสบอีกด้วย

รูปที่ 2.4 ต้นผีเสื้อราตรี

แอนโทไซยานิน (Anthocyanins)

แอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในพืชที่มีสีม่วงแดงไปจนถึงสีน้ำเงิน เช่น ใบของต้นผีเสื้อราตรี ดอกอัญชัญ กระเจี๊ยบแดง องุ่นแดงและสตรอเบอรี เป็นต้น โดยจะละลายอยู่ใน vacuole sap ของพืช (vacuole เป็นส่วนหนึ่งที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดใน cell พืชที่มีอายุมากโครงสร้างจะมีเยื่อหุ้ม และภายในมีของเหลวบรรจุอยู่)โดยแอนโทไซยานินทุกชนิดจะละลายในน้ำได้ แต่จะไม่ละลายใน non-hydroxy solvents เช่น อะซีโตน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น โครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานินจะประกอบด้วยส่วนที่เป็น aglycone เรียกว่า anthocyanidin จับอยู่กับส่วนที่เป็น glycosine ด้วย glycosidic linkage ซึ่งมักพบเป็น O-glycoside โดยน้ำตาลที่จับกับ แอนโทไซยานิดินที่พบมากเป็น monosaccharide คือ glucose, rhamnose, galactose, xylose และ arabinose ซึ่งส่วนใหญ่พบที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 บางครั้งอาจพบที่ตำแหน่งที่ 5 หรือ 7 นอกจากนี้ยังพบว่าแอนโทไซยานิดินสามารถจับอยู่กับน้ำตาลชนิด disaccharide หรือ trisaccharide ได้อีกด้วย โดยน้ำตาลเหล่านี้จะช่วยให้แอนโทไซยานิดินมีเสถียรภาพดีขึ้น

แอนโทไซยานิดินที่พบโดยทั่วไปมีหลายชนิด แต่ที่พบมากมี 6 ชนิด คือ pelargonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin และ malvidin ซึ่งมีหมู่ R แตกต่างกันดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานิดิน และ แอนโทไซยานิน **[10]**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3 ชนิดของแอนโทไซยานิดิน **[10]**

Anthocyanidins	R'_3	R'_5
Pelargonidin (Pg)	H	H
Cyanidin (Cy)	OH	H
Peonidin (Pn)	OCH_3	H
Delphindin (Dp)	OH	OH
Petunidin (Pt)	OCH_3	OH
Malvidin (Mv)	OCH_3	OCH_3

Anthocyanidin : R_3 = OH, R5 = OH

Anthocyanins : Pg, Cy, Pn, Dp, Pt, Mv with R_3 = O-sugar or O-acylated sugar

R_5 = OH or O-glucose

2.1.2.2 สีย้อมที่สกัดจากครั่ง

ครั่ง (crude LAC) เป็นวัตถุที่ขับถ่ายออกมาตามลำตัวของแมลงครั่ง โดยได้อาศัยอยู่ตามต้นไม้บางชนิด สำหรับประเทศไทยมีเลี้ยงกันทางภาคเหนือ ภาคอีสานและภาคกลางตอนเหนือ

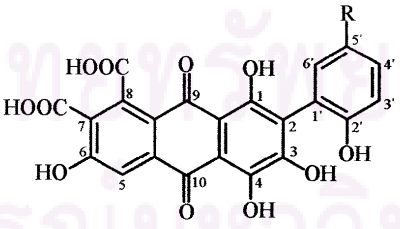
แมลงครั่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Laccifer Lacca Kerr* เป็นพวกเพลี้ย (Scale insect) ชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในวงศ์ Coccidae จับเกาะบนต้นไม้โดยอาศัยเกาะกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ เมื่อเป็นตัวอ่อน (Larval Stage) ลำตัวมีขนาดยาวประมาณ 0.5 มิลลิเมตร จะคลานไต่ไปตามกิ่งไม้เพื่อหาที่เกาะสำหรับดูดกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้บริเวณกิ่งที่อวบอ่อนและสด แมลงครั่งจะใช้ปากซึ่งเป็นงวง เรียกว่า Probsis ไชลงไปในเปลือกของกิ่งไม้ แล้วดูดน้ำเลี้ยงจากต้นไม้กินเป็นอาหารเลี้ยงชีวิต หลังจากนั้นจะค่อยๆ ระบายยางเหนียวสีแดงเข้มมาเป็นเกราะห่อหุ้มตัวเพื่อป้องกันอันตรายจากศัตรูต่างๆ เช่น แมลง นก และเพื่อป้องกันความร้อนและแสงแดด ยางนี้เมื่อถูกอากาศก็จะแข็งตัวซึ่งเรียกว่า “ครั่ง” (crude LAC) ดังรูปที่ 2.6 แมลงครั่งมีอายุยาวประมาณ 6 เดือน ครั่งที่เก็บได้ส่วนมากเป็นครั่งที่ได้จากแมลงครั่งตัวเมีย

รูปที่ 2.6 แมลงครั่งและครั่ง

สารที่ทำให้เกิดสีในครั่งนั้นประกอบด้วย 2 ชนิด คือ Laccaic acid และ erythrolaccin สำหรับ Laccaic acid นั้นพบว่าเป็นสารสีแดงซึ่งสามารถละลายในน้ำ ส่วน erythrolaccin เป็นสารสีเหลืองซึ่งไม่ละลายในน้ำ ทำให้บางครั้งครั่งมีสีน้ำตาลปนแดง **[11,12]**

Laccaic acid

Laccaic acid เป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่มีสูตรโครงสร้างหลักเป็นพวก Anthraquinone ซึ่งแยกย่อยเป็น 5 ชนิด คือ A, B, C, D และ E พบว่า Laccaic acid A และ B เท่านั้นที่เป็นส่วนประกอบหลักของ Laccaic acid นอกจากนั้นครั่งที่มาจากแหล่งที่แตกต่างกันก็จะมีชนิดและปริมาณของ Laccaic acid แตกต่างกันไป ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นของสีแดงที่ได้แตกต่างกันไป

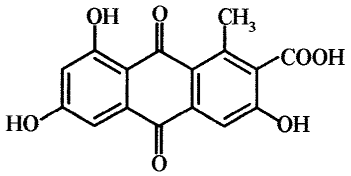


Laccaic acid A R = $CH_2CH_2NHCOCH_3$ Laccaic acid E R = $CH_2CH_2NH_2$

Laccaic acid B R = CH_2CH_2OH Laccaic acid F R = $CH_2CH_2OCOCH_3$

Laccaic acid C R = $CH_2CHCOOK$
NH_2

รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของ Laccaic acid **[12]**



Laccaic acid D

รูปที่ 2.7 สูตรโครงสร้างของ Laccaic acid **[12]**

2.2 การตอบสนองของสีย้อมอินทรีย์เนื่องจากได้รับรังสี

จากงานวิจัยต่างๆ ที่ศึกษาเกี่ยวกับสีย้อมอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้นพบว่าสีย้อมอินทรีย์บางชนิดมีการตอบสนองต่อรังสี ซึ่งในการนำสีย้อมไปประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณรังสีแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือ สีย้อมอินทรีย์ที่เตรียมในรูปสารละลายให้มีสภาพเป็นกรดและด่าง (aqueous solution) สีย้อมอินทรีย์ในสารละลายอินทรีย์ (organic solution) และสีย้อมอินทรีย์กับโพลีเมอร์ในรูปของแผ่นฟิล์ม (dyed polymeric film)

สีย้อมอินทรีย์ที่เตรียมในรูปสารละลายให้มีสภาพเป็นกรดและด่าง เมื่อได้รับรังสีแกมมาจะเกิดการฟอกสีขึ้น (Colour bleaching) เป็นผลให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายลดลง เช่น Triphenylmethene dye cyanides (McLaugin et al.,1965), Triphenylmethane Dye (Nasef B. El Assay et al., 1995), Methylene blue(Day and stein., 1957), Bromophenol blue (Abdel Rahim et al., 1991), Xylenol orange (Gupta and Hart., 1971), Triphenyl-tetrazolium chloride (Glenner., 1990) โดยกลไกในการเกิดปฏิกิริยาเป็นผลมาจาก Radiolysis ของน้ำ (Kriminskaya et al., 1991; Kovacs et al., 1994) และพบว่าการฟอกสีที่เกิดขึ้นเนื่องจาก H radical OH radical และ$HO_2^{\cdot}/O_2^-$ radical ทำอันตรกิริยากับสีย้อม (เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีอากาศละลายอยู่) และพบว่า H radical ทำให้เกิด reversible reductive decoloration ส่วน $HO_2^{\cdot}/O_2^-$ และ OH radical ทำให้เกิด reversible oxidative decoloration (Cropper., 1959; Gupta and Hart., 1 971; Suzuki et al., 1975; Abdelrehim et al., 1986, 1987; Anta and santos, 1958; Khabrov and Koalov, 1987 Khaborov et al., 1980; Kovacs et al., 1998)

สีย้อมอินทรีย์ในสารละลายอินทรีย์ M. F. Barakatและคณะ **[7]** ศึกษาโดยนำสีย้อมอินทรีย์มาละลายในสารละลายอินทรีย์ เช่น Daizine green (acetone), Methyl red (acetone), Methyl orange (acetone), Dithizone (ethanol), Phenol red (ethanol), Congo red (DMF ethanol),

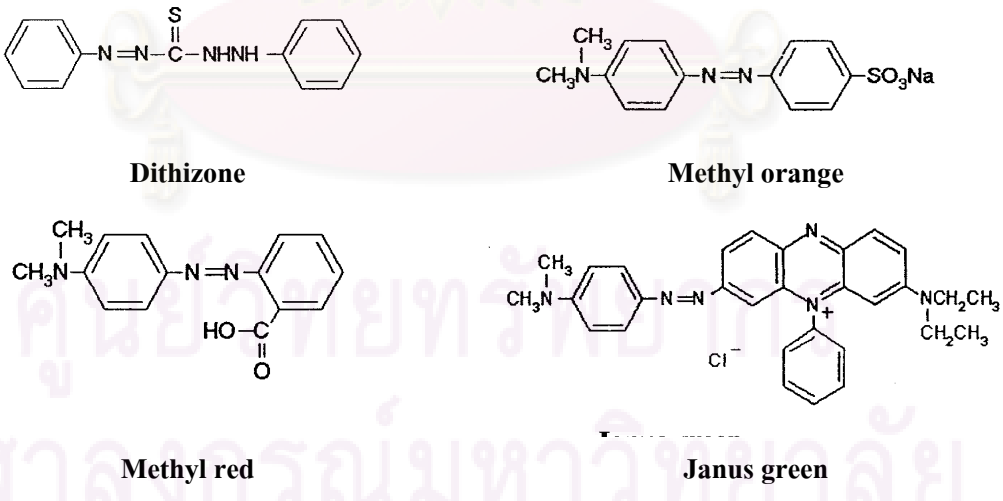
P-ethoxychrysoidine (DMF, ethanol) ฯลฯ แล้วนำสารละลายที่ได้ไปอาบด้วยรังสีแกมมาในช่วง 0-120 kGy ผลที่ได้พบว่าเกิดการฟอกสีขึ้น (Colour bleaching) โดยสามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์การฟอกสีเมื่อได้รับรังสีได้ดังนี้

$$\%\ colour\ bleaching \quad = \quad \frac{A_0 - A_X}{A_0} \times 100$$

A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีเท่ากับศูนย์ (ไม่ได้รับรังสี)

A_x คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีเท่ากับ x

จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การฟอกสีของสีย้อมอินทรีย์ในสารละลายสีย้อมอินทรีย์ที่ศึกษา มีการตอบสนองต่อรังสีแกมมาเป็นเส้นตรงและมีความไว (sensitivity) ในการฟอกสีแตกต่างกัน กลไกในการฟอกสียังไม่ทราบชัด แต่พบว่าโครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมอินทรีย์ที่แตกต่างกันจะมีผลต่อความไวต่อปริมาณรังสีแตกต่างกัน โครงสร้างโมเลกุลของสีย้อมอินทรีย์ที่ไวต่อปริมาณรังสี ได้แก่ สีย้อม Dithizone มีความไวต่อปริมาณรังสีมากกว่าสีย้อมชนิดอื่น เช่น Methyl red , Methyl orange, P-ethoxychrysoidineและ janus green เนื่องจากสีย้อม Dithizone มีสาย aliphatic bridge ค่อนข้างยาววางอยู่ตรงกลางระหว่าง benzene ring ประกอบด้วยหมู่ -NHNH- และ หมู่ =C=S ต่ออยู่ด้านข้าง (Wyant., 1964; Lal., 1994) ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างโครงสร้างสีย้อมอินทรีย์

สีย้อมที่เตรียมในรูปแผ่นฟิล์ม M. F. Barakat และคณะ**[7]** ศึกษาโดยนำสีย้อมอินทรีย์มาละลายผสมกับโพลีเมอร์ เช่น Daizine green/PVC, Methyl red/PMMA, Methyl orange/PMMA, Dithizone/PS, Pentatydroxy flavone/Ps แล้วนำฟิล์มที่ได้ไปรับรังสีแกมมาในช่วง 0-120 kGy พบว่าโพลีเมอร์/สีย้อมบางชนิดเท่านั้นที่มีการตอบสนองต่อรังสี โดยเกิดการฟอกสี (Colour bleaching) และเกิดการเพิ่มขึ้นของสี (Colour increase) ของแผ่นฟิล์ม เช่น Daizine green/PVC และ Methyl orange/PMMA เป็นต้น โดยสามารถคำนวณเปอร์เซ็นต์การฟอกสี (Colour bleaching) และการเพิ่มขึ้นของสี (Colour increase) ของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสีได้ดังนี้

$$\%\ colour\ \ bleaching \quad = \quad \frac{A_0 - A_X}{A_0} \times 100$$

$$\%\ colour\ \ increase \quad = \quad \frac{A_X - A_0}{A_0} \times 100$$

A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีเท่ากับศูนย์ (ไม่ได้รับรังสี)

A_x คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีเท่ากับ x

2.3 การเตรียมแผ่นฟิล์มสำหรับวัดปริมาณรังสีแกมมา

การเตรียมแผ่นฟิล์มจะเตรียมฟิล์มด้วยสัดส่วนของโพลีเมอร์และสีย้อมที่เหมาะสม จากนั้นเทสารละลายลงบนแผ่นกระจกที่มีการปรับระดับของแผ่นกระจกให้อยู่ระนาบเดียวกันเพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีความหนาสม่ำเสมอ เมื่อฟิล์มแห้งตัดฟิล์มที่เตรียมได้ตามขนาดที่ต้องการ หลังจากตัดฟิล์มแล้วควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดเพื่อป้องกันแสง หลีกเลี่ยงอุณหภูมิสูงและความชื้นสูง จากนั้นทดสอบความสม่ำเสมอของแผ่นฟิล์มโดยคำนวณค่า SD. และ %CV (ไม่เกิน 2%) **[13]** วัดค่าการดูดกลืนแสง (A), ความหนา (t), และหาค่า A/t ของฟิล์มที่เตรียมขึ้น และทดสอบคุณสมบัติอื่นๆ ของฟิล์มต่อไป

2.4 คุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม

2.4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสง (Absorption spectra) เป็นการทดสอบการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มที่ผลิตขึ้นโดยนำฟิล์มที่ยังไม่ได้ฉายรังสีและฉายรังสีที่ปริมาณรังสีต่างๆ กัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่นแสงต่างๆ เพื่อดูรูปร่างของสเปกตรัมและการตอบสนองต่อรังสีในช่วงคลื่นความยาวคลื่นต่างๆ สำหรับงานวิจัยนี้วิเคราะห์สเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 190-900 นาโนเมตร เพื่อหาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุดหรือเรียกว่าจุดยอด (Peak) สำหรับฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมธรรมชาติที่ผลิตมีลักษณะของสเปกตรัมต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและความบริสุทธิ์ของสีย้อมที่สกัดได้

การเลือกใช้ค่าความยาวคลื่นแสงในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์มจะเลือกค่าความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด และมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีที่เปลี่ยนไปด้วย

2.4.2 การตอบสนองต่อปริมาณรังสี (Dose Response Characteristics) เป็นการแสดงค่าการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสีต่างๆ ที่ฟิล์มได้รับ โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสีต่างๆ ที่ฟิล์มได้รับจะเป็นเส้นตรง ส่วนมากนิยมเขียนการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสีสามรูปแบบ คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา (specific net absorbance) เปอร์เซ็นต์การฟอกสี (colour bleaching) และเปอร์เซ็นต์การเพิ่มสี (colour increasing)

$$\text{Specific net absorbance} = \frac{\Delta A}{t}$$

$$\%\ \text{colour bleaching} = \frac{A_0 - A_{ir}}{A_0} \times 100$$

$$\%\ \text{colour increasing} = \frac{A_{ir} - A_0}{A_0} \times 100$$

เมื่อ ΔA คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป

A_{ir} คือ ค่าการดูดกลืนแสงเมื่อฟิล์มได้รับรังสี

A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงก่อนฟิล์มได้รับรังสี

t คือ ความหนาของฟิล์มวัดปริมาณรังสี (มิลลิเมตร)

2.4.3 ผลกระทบจากสภาวะแวดล้อม (Environmental effect) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อเก็บฟิล์มไว้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ความชื้น แสง และอุณหภูมิที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบสภาวะแวดล้อมเหล่านี้มีผลทำให้ฟิล์มเกิดการเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ เพื่อจะได้เก็บฟิล์มไว้ในสภาวะที่เหมาะสมที่สุด และหลีกเลี่ยงปัจจัยที่ทำให้เสถียรภาพแผ่นฟิล์มไม่ดี โดยส่วนใหญ่การเก็บฟิล์มมักจะเก็บไว้ที่ไม่มีแสงโดยใส่แผ่นฟิล์มไว้ในซองพลาสติกปิดสนิทป้องกันความชื้นและแสง

2.4.4 เสถียรภาพของฟิล์ม (Stability) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของฟิล์มก่อนฉายรังสีและหลังฉายรังสีที่เก็บไว้ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ กันในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ถ้าฟิล์มที่ผลิตขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงของสีก่อนได้รับรังสีมาก แสดงว่าฟิล์มดังกล่าวไม่เหมาะสมที่นำมาเป็นเครื่องวัดปริมาณรังสี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ใช่จากการได้รับรังสีทำให้ค่าการวัดปริมาณรังสีมีค่าไม่ถูกต้อง สำหรับการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มหลังฉายรังสีจะดูว่าสีที่เปลี่ยนไปของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสีจะคงที่เมื่อเวลาใดหลังจากได้รับรังสีแล้วซึ่งจะทำให้ทราบว่าควรจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มที่เวลาใดหลังจากฟิล์มได้รับรังสีแล้วเพื่อจะได้ให้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและวัสดุที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA): ชนิด Analytical Grade ผลิตภัณฑ์ของ SIGMA-ALDRICH Mw 85,000-124,000 ผลิตในประเทศอเมริกา

3.1.2 Chloral hydrate ($CCl_3CH(OH)_2$): ผลิตจาก Ajax Finechem Pty Ltd ในประเทศออสเตรเลีย

3.1.3 เครื่องวัดปริมาณรังสีมาตรฐาน Fricke

3.1.4 ต้นผีเสื้อราตรี มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Oxalis regnelli* ส่วนที่ใช้ในงานวิจัย คือส่วนใบสด

3.1.5 ครั่ง (Crud LAC) เป็นวัตถุที่ขับถ่ายออกมาตามลำตัวของแมลงครั่งที่อาศัยอยู่ตามต้นไม้ ครั่งที่ใช้ในงานวิจัยเป็นครั่งดิบ แหล่งที่มาคือ จังหวัดเชียงใหม่

รูปที่ 3.1 ภาพตัวอย่างต้นผีเสื้อราตรี และครั่ง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

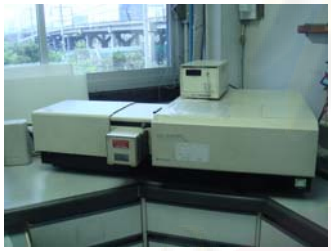
3.2.1 เครื่องฉายรังสีแกมมา

เครื่องฉายรังสีแกมมารุ่น Gamma cell 220excel เป็นผลิตภัณฑ์ของ บริษัท NORDION International Inc ประเทศแคนนาดา ดังรูปที่ 3.2 ต้นกำเนิดรังสีแกมมาคือ Co-60 โดย Co-60 จะบรรจุอยู่ในท่อสเตนเลสสูง 21.11 เซนติเมตร จำนวน 8 ท่อ ติดตั้งอยู่โดยรอบเครื่องฉายรังสี ห้องฉายรังสี (chamber) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15.49 เซนติเมตร สูง 20.47 เซนติเมตร ซึ่งห้องฉายรังสี (chamber) สามารถเคลื่อนขึ้น-ลงไปสู่ตำแหน่งที่จะได้รับการฉายรังสีโดยระบบการขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ สามารถตั้งเวลาในการฉายรังสีได้

รูปที่ 3.2 เครื่องฉายรังสีแกมมา แบบ Gamma cell

3.2.2 เครื่อง UV- VIS Spectrophotometer

เครื่อง UV -VIS Spectrophotometer ผลิตโดย SHIMADZU รุ่น UV-3101 PC สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นแสง 190-900 nm



รูปที่ 3.3 เครื่อง UV VIS Spectrophotometer และอุปกรณ์จับฟิล์มสำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง

3.2.3 เครื่องวัดความหนาเชิงเลข

เครื่องวัดความหนาเชิงเลข เป็นเครื่องวัดความหนายี่ห้อ MITUTOYO แสดงผลในระบบดิจิตอลโดยดูจากเครื่อง MU-Checker สามารถอ่านค่าความหนาซึ่งให้ความถูกต้อง และมีค่า resolution เท่ากับ 0.001 มิลลิเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความหนาเชิงเลข

3.2.4 เครื่องเป่าลมเย็น

เครื่องเป่าลมเย็น เป็นเครื่องที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิของ chamber บรรจุฟิล์มขณะฉายรังสี

3.2.5 ตู้อบ (Oven)

ตู้อบผลิตโดย Heraeus (220 V. 1~50/60 Hz 1, 6 A 1, 35 kW) สามารถปรับอุณหภูมิได้สูงสุด 250 องศาเซลเซียส สำหรับการเตรียมฟิล์มใช้เวลาอบให้แห้งประมาณ 3 วันที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 ºC

รูปที่ 3.5 ตู้อบไฟฟ้า

3.2.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้น

เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นผลิตโดย BARIGO สามารถวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 0-100% และอุณหภูมิ 0-50 ºC

3.2.7 ตู้เย็น

ตู้เย็นผลิตโดยซัมซุง (SUMSUNG) ใช้ในงานวิจัยเพื่อทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ คือ อุณหภูมิ 10 ºC

3.2.8 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งผลิตโดย Sartorius รุ่น RC 210 D

3.2.9 เครื่องบด

เครื่องบด ผลิตโดย KENWOOD รุ่น CG-100 ผลิตจากสาธารณรัฐประชาชนจีน กำลังไฟฟ้า 140 วัตต์

3.2.10 Hot plate stirrer

Hot plate stirrer ผลิตโดย Whatman รุ่น HPMS กำลังไฟฟ้า 630 วัตต์ 220V 50/60 Hz สามารถหมุนได้ความเร็วสูงสุด 1600 RPM และให้ความร้อนอุณหภูมิสูงสุด 400 ºC

3.2.11 อุปกรณ์วัดระดับความเป็นระนาบ (Spirit level)

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์วัดระดับความเป็นระนาบ (Spirit level)

3.2.12 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์
- กรวยแก้ว
- ขวดรูปชมพู่
- แท่งแก้วคนสาร

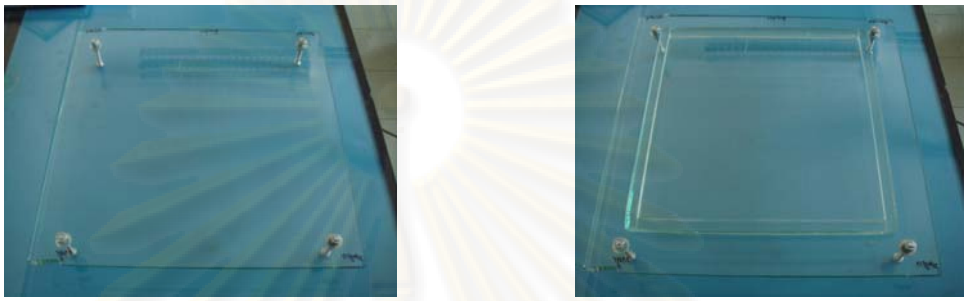
3.2.13 อุปกรณ์เบ็ดเตล็ดอื่นๆ

- กระดาษกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ผลิตจาก Whatman Limited
- ถุงพลาสติกที่มีซิปปิดปากถุงไม่ให้อากาศเข้าไปได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.14 อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสำหรับงานทดลอง

3.2.14.1 แผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระนาบขณะเตรียมแผ่นฟิล์ม เป็นแผ่นกระจก หนา 5 มิลลิเมตร เจาะรูที่มุมทั้ง 4 มุม แล้วใส่ขาน็อตปรับระดับความสูงได้ เพื่อช่วยปรับระนาบให้แผ่นกระจกที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มอยู่ในระนาบเดียวกันสำหรับการเตรียมฟิล์ม ให้ได้ฟิล์มที่มีความสม่ำเสมอ หรือมีความหนาของแผ่นฟิล์มใกล้เคียงกันมากที่สุด



รูปที่ 3.7 แผ่นรองกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์มเพื่อปรับระนาบขณะเตรียมแผ่นฟิล์ม

3.2.14.2 แผ่นกระจกขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม เป็นแผ่นกระจกเรียบ สี่เหลี่ยมด้านเท่ามีขอบยกสูง 6 mm จากพื้นกระจก และมีขนาดด้านใน 23 x 23 ตารางเซนติเมตร

รูปที่ 3.8 แผ่นกระจกมีขอบยกสูงสำหรับขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

3.2.14.3 ภาชนะบรรจุฟิล์มขณะฉายรังสี เป็นพลาสติกทำจาก Polymethylmethacrylate (PMMA) หนา 5 มิลลิเมตร (ความหนาของ PMMA 3-5 มิลลิเมตร เป็นความหนาที่ทำให้เกิดสมดุลอิเล็กตรอน (electronic equilibrium)) รูปทรงกระบอก ภาชนะบรรจุฟิล์มนี้ใช้ขณะฉายรังสีแกมมาเพื่อให้เกิดสมดุลอิเล็กตรอน

รูปที่ 3.9 ภาชนะบรรจุฟิล์มขณะฉายรังสี

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรี

3.3.1.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรี

ละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากใบผีเสื้อราตรีโดยใช้อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณใบผีเสื้อราตรี 10 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีม่วงแดง ผสมสารละลายสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 1 ซม. × 1 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น และนำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่อัตราส่วนอื่น โดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7 กรัมต่อมิลลิลิตร แต่เปลี่ยนสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำเป็น 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ปริมาณใบผีเสื้อราตรี 14, 20 และ 25 กรัม ต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร ตามลำดับ)

3.3.1.2 การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

เตรียมฟิล์มในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม กับสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากใบผีเสื้อราตรีโดยใช้อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณใบผีเสื้อราตรี 20 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีม่วงแดง ผสมสารละลายสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 1 ซม. × 1 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น และนำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่ความหนาอื่นโดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากสัดส่วนผสมของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม กับสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร แต่เปลี่ยนปริมาตรสารละลายที่เทลงบนกระจกที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจาก 120 มิลลิลิตร เป็น 140 และ 170 มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.3.1.3 การเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี โดยการเติม chloral hydrate

เตรียมฟิล์มในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม กับสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 140 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากใบผีเสื้อราตรีโดยใช้อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณใบผีเสื้อราตรี 20 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีม่วงแดง และละลาย chloral hydrate 5%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (0.216กรัม) ในน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมสารละลายสีจากใบผีเสื้อราตรีปริมาตร 50 มิลลิลิตร สารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ปริมาตร 140 มิลลิลิตร และสารละลายของ chloral hydrate 10 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลาย

ที่ได้ปริมาตร 170 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 23 ซม. × 23 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น และนำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่ความเข้มข้นของ chloral hydrate อื่นโดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากความเข้มข้นของ chloral hydrate 5%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของ chloral hydrate เป็น 10, 30, 50 และ 70% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.432, 1.296, 2.16 และ 3.024 กรัม ตามลำดับ

3.3.2 การเตรียมฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

3.3.2.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

ละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากครั่งโดยใช้อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณครั่ง 4.25 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีแดงเข้ม ผสมสารละลายสีที่สกัดจากครั่งปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 1 ซม. × 1 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น นำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่อัตราส่วนอื่น โดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากสีสกัดที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร แต่เปลี่ยนสีสกัดเป็นอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ (ปริมาณครั่ง 8.5, 17 และ 25.25 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร ตามลำดับ)

3.3.2.2 การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม PVAผสมสีที่สกัดจากครั่ง

เตรียมฟิล์มในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม กับสีสกัดจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 150 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากครั่งโดยใช้อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณครั่ง 4.25 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีแดงเข้ม ผสมสารละลายสีที่สกัดจากครั่งปริมาตร 50 มิลลิลิตร ลงไปในสารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 1 ซม. × 1 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น นำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่ความหนาอื่นโดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากสัดส่วนผสมของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัมกับสีสกัดจากครั่ง 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร แต่เปลี่ยนปริมาตรสารละลายที่เทลงบนกระจกที่ใช้ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มจาก 120 มิลลิลิตรเป็น 150 และ 200 มิลลิลิตร ตามลำดับ

3.3.2.3 การเพิ่มความไวต่อรังสีของแผ่นฟิล์มวัดรังสีที่เตรียมขึ้นระหว่าง PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่งโดยการเติม chloral hydrate

เตรียมฟิล์มในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม กับสีสกัดจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตรโดยละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ในน้ำ 140 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นเตรียมสารสกัดสีย้อมจากครั่งโดยใช้อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร (ปริมาณครั่ง 4.25 กรัมต่อน้ำ 70 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองได้สารละลายสีแดงเข้ม และละลาย chloral hydrate 10%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (0.432 กรัม) ในน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมสารละลายสีจากครั่งปริมาตร 50 มิลลิลิตร สารละลายโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ปริมาตร 140 มิลลิลิตร และสารละลายของ chloral hydrate 10 มิลลิลิตร เข้าด้วยกัน แล้วคนให้เข้ากันอีก 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 120 มิลลิลิตร เทลงบนกระจกมีขอบขนาด 23 ซม. × 23 ซม. ซึ่งกระจกวางไว้ในตู้อบที่ปรับได้ระนาบแล้วที่อุณหภูมิ 40 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อฟิล์มแห้งทำการลอกฟิล์มออกจากกระจก และตัดฟิล์มให้ได้ขนาด 1 ซม. × 1 ซม. เนื่องจากเป็นขนาดที่พอดีกับตัวจับฟิล์ม (film holder) ของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ที่ใช้ในการอ่านค่าการดูดกลืนแสง เก็บฟิล์มไว้ในซองกระดาษดำและซองพลาสติกที่ปิดสนิท เพื่อป้องกันแสงและความชื้น และนำฟิล์มไปทดสอบคุณสมบัติในขั้นตอนต่อไป

ทำการเตรียมฟิล์มที่ความเข้มข้นของ chloral hydrate อื่นโดยทำตามขั้นตอนการเตรียมฟิล์มเช่นเดียวกับการเตรียมฟิล์มจากความเข้มข้นของ chloral hydrate 10%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ แต่เปลี่ยนความเข้มข้นของ chloral hydrate เป็น 30, 50 และ 70 % ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.296, 2.16 และ 3.024 กรัม ตามลำดับ

3.3.3 การฉายรังสี

การฉายรังสีแต่ละชุดจะใช้แผ่นฟิล์ม 3 แผ่น แต่ละแผ่นทำเครื่องหมายโดยเขียนหมายเลขขนาดเล็กๆ ไว้ที่ด้านบนขวาของแผ่นฟิล์มด้วย permanent marker หัวเล็กๆ โดยห่อฟิล์มทั้ง 3 แผ่นด้วยกระดาษสีดำเพื่อป้องกันแสง และห่อด้วยฟอยล์ ปิดให้สนิทด้วยเทปกาวเพื่อป้องกันความชื้นอีกครั้ง ควรระมัดระวังอย่าให้มือสัมผัสกับฟิล์ม จากนั้นนำชุดแผ่นฟิล์มใส่ภาชนะที่ทำจากโพลีเมทิลเมทาคริเลตที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร รอบด้านเพื่อให้เกิดสมดุลของอิเล็กตรอนขณะฉายรังสี การฉายรังสีแผ่นฟิล์มโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมา Co-60 จาก Gammacell-220 มีอัตราการได้รับปริมาณรังสี (Dose rate) เท่ากับ 8.6 kGy/hr โดยการปรับเทียบกับเครื่องวัดรังสีอ้างอิงมาตรฐานชนิด Fricke **[14]** ควบคุมอุณหภูมิขณะฉายรังสีที่ 25-30 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องเป่าลมเย็น

3.3.4 การทดสอบคุณสมบัติแผ่นฟิล์ม

3.3.4.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแผ่นฟิล์ม

3.3.4.1.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี

นำฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี มา 6 แผ่น แผ่นที่ 1 ไม่ได้รับรังสี และนำแผ่นที่ 2-6 ไปรับรังสี 5, 10, 30, 50 และ 60 kGy ตามลำดับ จากนั้นนำฟิล์มแต่ละแผ่นไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer โดยใช้ Spectrum Mode จะได้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีต่างๆ กันในรูปของการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัม หาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดซึ่งทำให้เกิดจุดยอด (Peak) ของสเปกตรัม และมีค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับอย่างชัดเจน เพื่อนำมาใช้ในการหาค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป

3.3.4.1.2 การวิเคราะห์สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง

นำฟิล์ม PVA-สีสกัดจากครั่ง มา 9 แผ่น แผ่นที่ 1 ไม่ได้รับรังสี และนำแผ่นที่ 2-9 ไปรับรังสี 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 kGy ตามลำดับ จากนั้นนำฟิล์มแต่ละแผ่นไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer โดยใช้ Spectrum Mode จะได้การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีต่างๆ กันในรูปของการเปลี่ยนแปลงสเปกตรัม หาความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดซึ่งทำให้เกิดจุดยอด (Peak) ของสเปกตรัม และมีค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับอย่างชัดเจน เพื่อนำมาใช้ในการหาค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป

3.3.4.2 การทดสอบการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสี (Dose response)

ทดสอบการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสีโดยนำฟิล์มที่ต้องการจะทดสอบแบ่งเป็นชุด ชุดละ 3 แผ่น เพื่อใช้หาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุด นำฟิล์มแต่ละชุดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้น (A_0) แล้วนำฟิล์มแต่ละชุดไปฉายรังสีที่ปริมาณรังสีต่างๆ (ในงานวิจัยนี้ทดสอบปริมาณรังสีไม่เกิน 70 kGy) โดยจะมีหนึ่งชุดที่ไม่ได้รับรังสี จากนั้นนำฟิล์มแต่ละชุดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่าการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี (A_{ir}) และวัดความหนาของฟิล์ม (t)

นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา (net specific absorbance) และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา กับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ

$$\text{net specific absorbance} = \frac{(A_0 - A_{ir})}{t}$$

3.3.4.3 การทดสอบเสถียรภาพ

3.3.4.3.1 การทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสี

การทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มโดยนำฟิล์มที่ต้องการจะทดสอบเสถียรภาพมาอย่างละ 27 แผ่น แบ่งเป็น 9 ชุด ชุดละ 3 แผ่น เพื่อใช้หาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุด ได้แก่ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม , ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม, ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม และ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่

เหมาะสม นำฟิล์มแต่ละชุดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นก่อนทดสอบ (A_0) แล้วนำฟิล์มแต่ละชุดไปเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 20%
ชุดที่ 2 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 50%
ชุดที่ 3 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 80%
ชุดที่ 4 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C
ชุดที่ 5 เก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ อุณหภูมิ 30 °C
ชุดที่ 6 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 10 °C
ชุดที่ 7 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 23°C
ชุดที่ 8 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30°C
ชุดที่ 9 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 50 °C

วัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มแต่ละชุด ณ เวลาต่างๆ (A_t) นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (% Absorbance change) และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บฟิล์มที่สภาวะต่างๆ หลังจากวันแรกที่ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง

$$\% \text{ Absorbance change} = \frac{(A_t - A_0) \times 100}{A_0}$$

ระยะเวลาในการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม คือ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม โดยไม่มีการเติม chloral hydrate ทำการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม 70 วัน, ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและมีการเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม 56 วัน

3.3.4.3.2 การทดสอบเสถียรภาพหลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มหลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy โดยนำฟิล์มที่ต้องการจะทดสอบเสถียรภาพมาอย่างละ 27 แผ่น แบ่งเป็น 9 ชุด ชุดละ 3 แผ่น เพื่อใช้หาค่าเฉลี่ยในแต่ละชุด ได้แก่ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม , ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม, ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม และ

ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม นำฟิล์มแต่ละชุดไปฉายรังสีแกมมา 30 kGy จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงจะได้ค่าการดูดกลืนแสงเริ่มต้นก่อนทดสอบ (A_0) แล้วนำฟิล์มแต่ละชุดไปเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ ดังนี้

ชุดที่ 1 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 20%
ชุดที่ 2 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 50%
ชุดที่ 3 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C ที่ความชื้น 80%
ชุดที่ 4 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 30 °C
ชุดที่ 5 เก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ อุณหภูมิ 30 °C
ชุดที่ 6 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 10 °C
ชุดที่ 7 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 23°C
ชุดที่ 8 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30°C
ชุดที่ 9 เก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 50 °C

วัดค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์มแต่ละชุด ณ เวลาต่างๆ (A_t) นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงคำนวณหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (% Absorbance change) และสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป กับช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บฟิล์มที่สภาวะต่างๆหลังจากวันแรกที่ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง

$$\% \text{ Absorbance change} = \frac{(A_t - A_0) \times 100}{A_0}$$

ระยะเวลาในการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม คือ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม โดยไม่มีการเติม chloral hydrate ทำการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม 70 วัน, ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสมและมีการเติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม ทำการทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม 56 วัน

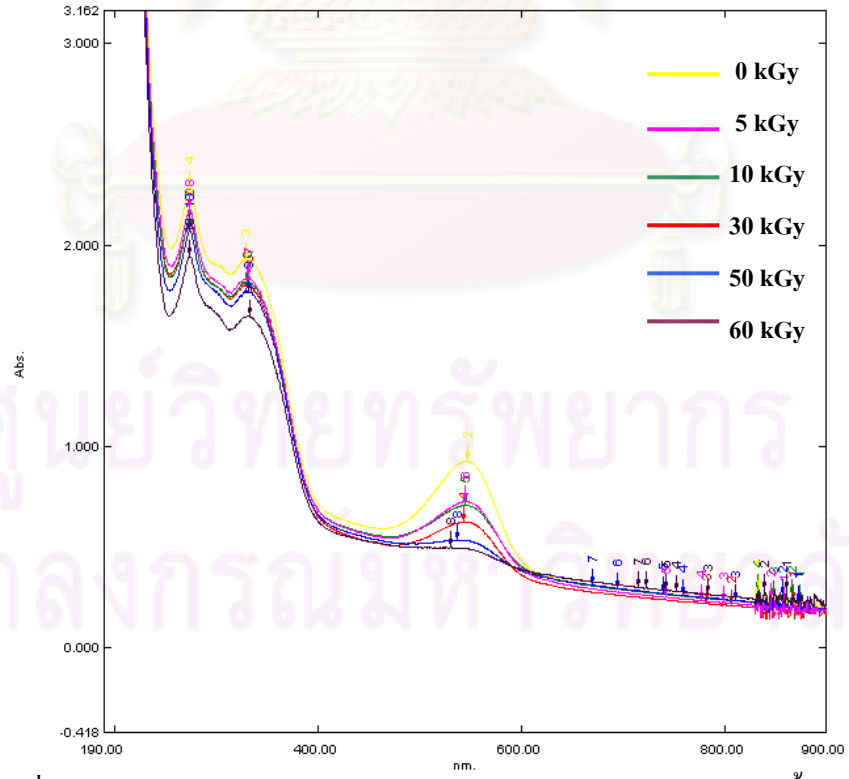
บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

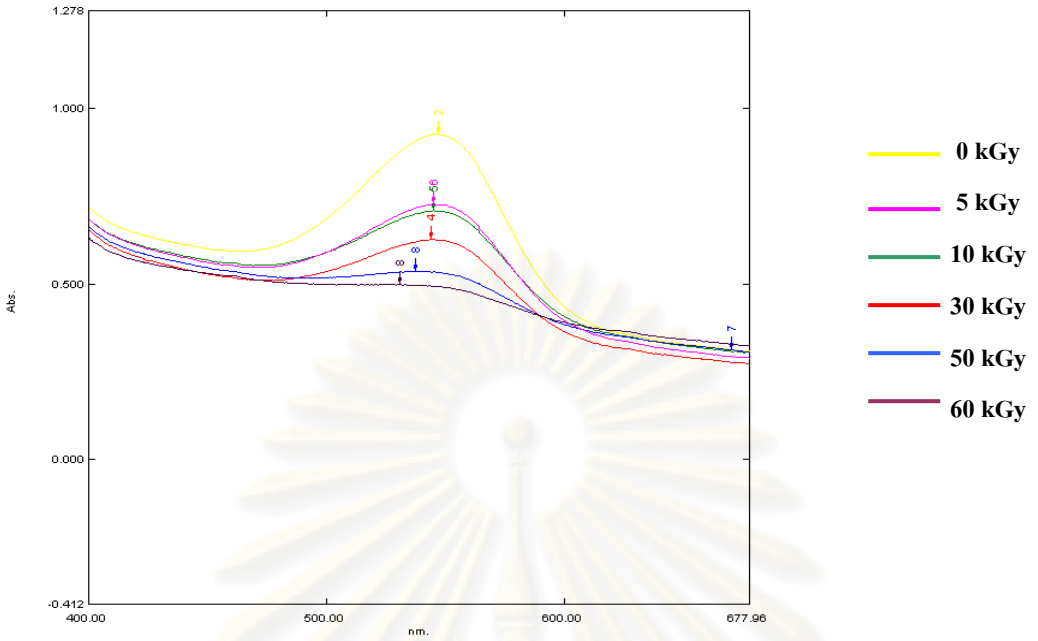
4.1.1 การวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี

การวิเคราะห์สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี โดยนำแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ไปรับรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ใน spectrum mode ช่วงความยาวคลื่นแสง 190-900 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.1 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับ เนื่องจากรังสีแกมมาทำอันตรกิริยากับสารสกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่ผสมในฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ทำให้เกิดการฟอกสีของฟิล์ม (bleaching) และความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดซึ่งทำให้เกิดจุดยอด (Peak) ของสเปกตรัม คือ 546 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.2 ที่ค่าความยาวคลื่นนี้ฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับอย่างชัดเจน แสดงว่าฟิล์มมีการตอบสนองต่อรังสีได้ดีที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 nm ดังนั้นจึงเป็นความยาวคลื่นที่นำมาใช้ในการหาค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสีและเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ช่วงความยาวคลื่นแสง 190-900 nm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ความยาวคลื่นแสง 546 nm

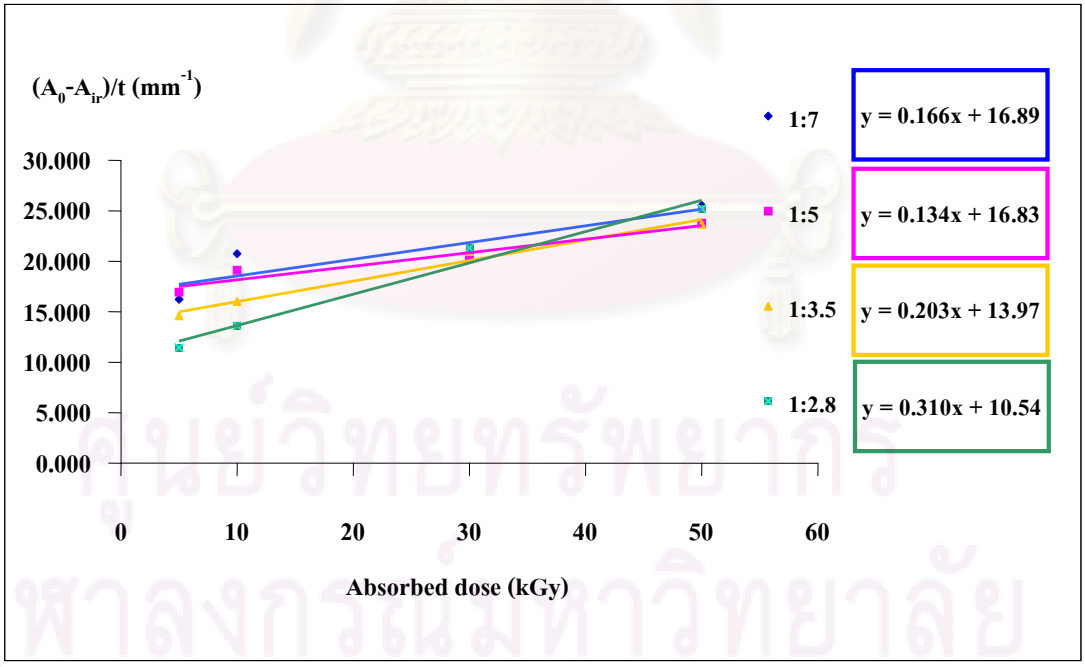
4.1.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี โดยเตรียมฟิล์มผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7, 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำฟิล์มไปรับรังสี 5 - 50 kGy แล้วนำมาหาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ($(A_0-A_{ir})/t$) (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่นแสง 546 nm ดังตารางที่ 4.1 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสี ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี จะพิจารณาจากความไวต่อรังสีของฟิล์มโดยพิจารณาจากค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสี เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hoang Hoa Mai.และคณะ **[1]** ที่ได้ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลบิวทีรอลผสมกับสีย้อม leuco-malachite green ศึกษาการตอบสนองของฟิล์มต่อรังสีโดยพิจารณาความไวต่อรังสีของฟิล์ม (sensitivity) จากค่าความชันของกราฟความความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (ΔA) ของฟิล์ม (response curve) พบว่าความเข้มข้นของสีย้อมมีผลต่อความไวต่อรังสีของฟิล์มคือ ฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นสูงจะมีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นต่ำกว่า

ตารางที่ 4.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากใบผีเสื้อราตรีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7, 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำต่างๆ (กรัมต่อมิลลิลิตร)			
	1:7	1:5	1:3.5	1:2.8
0	-0.391 ± 0.758	0.149 ± 0.223	-0.057 ± 0.077	-3.598 ± 0.634
5	16.233 ± 0.450	16.931 ± 0.830	14.603 ± 0.670	11.456 ± 0.275
10	20.762 ± 0.385	19.118 ± 0.061	16.014 ± 0.118	13.628 ± 0.312
30	20.786 ± 1.974	20.259 ± 2.941	20.958 ± 1.090	21.327 ± 0.137
50	25.544 ± 1.113	23.768 ± 0.634	23.668 ± 1.157	25.233 ± 0.696

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:7, 1:5, 1:3.5 และ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.3 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงที่ปริมาณรังสี 5-50 kGy ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำที่แตกต่างกัน มีความชันที่แตกต่างกัน ดังนั้นฟิล์มที่เตรียมได้จากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีที่แตกต่างกันจะมีความไวต่อรังสีที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ให้ค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์สูงสุดคือ 0.310 รองลงมาคือฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5, 1:7 และ 1:5 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งให้ค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์เท่ากับ 0.203, 0.166 และ 0.134 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hoang Hoa Mai. และคณะ**[1]** ที่ได้ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลบิวทีรอลผสมกับสีย้อม leuco-malachite green พบว่าความเข้มข้นของสีย้อมมีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสี คือ ฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นสูงจะมีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นต่ำกว่า

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากผีเสื้อราตรีจะพิจารณาจากความไวต่อรังสีของฟิล์ม ดังนั้นจากการทดลองฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1 : 2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร เหมาะสมที่สุดเพราะมีความไวต่อรังสีมากที่สุด แต่เนื่องจากในการเตรียมฟิล์มจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1 : 2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร ในขั้นตอนการลอกฟิล์มออกจากแผ่นกระจกทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี คือ เตรียมฟิล์มจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1 : 3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งให้ความไวต่อรังสีรองลงมาจากฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1 : 2.8 กรัมต่อมิลลิลิตร

4.1.3 การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

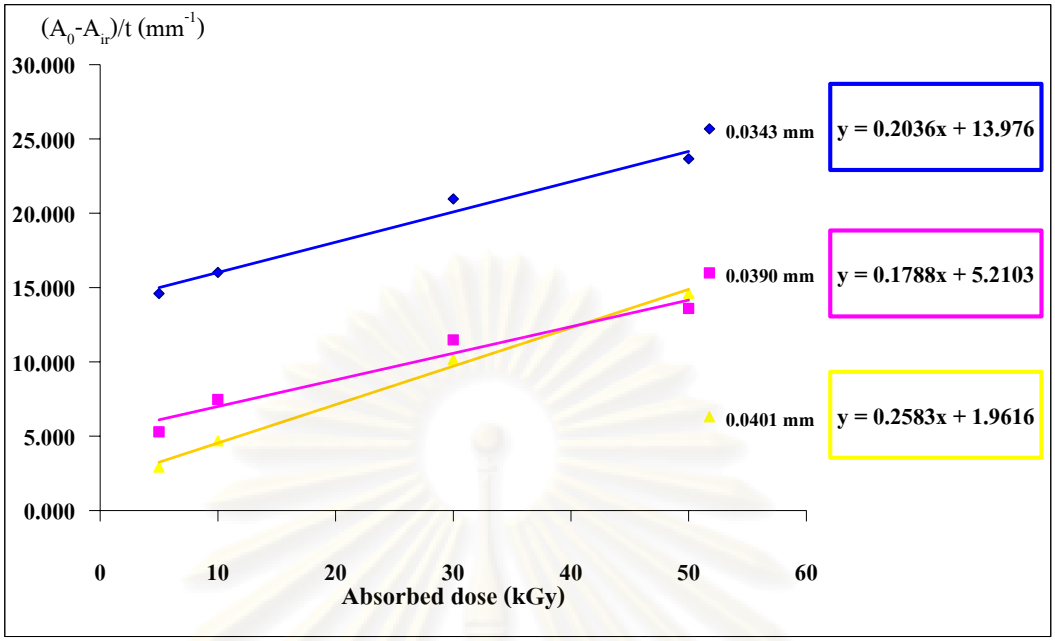
การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ทำโดยเตรียมฟิล์มในสัดส่วนที่เหมาะสมคือ PVA 4.32 กรัม ผสมสีสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร โดยปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มคือ 120, 140 และ 170 มิลลิลิตร ทำให้ได้ฟิล์มที่มีความหนาเฉลี่ย 0.0343, 0.0390 และ 0.0401 มิลลิเมตร ตามลำดับ แล้วนำฟิล์มที่เตรียมได้ไปรับรังสี 5 - 60 kGy หาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม $((A_0-A_{ir})/t)$ (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร ดังตารางที่ 4.2 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสี ดังรูปที่ 4.4 ซึ่งการหาความหนาที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี พิจารณาจากความไวต่อรังสีของฟิล์มจากค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี

จากรูปที่ 4.4 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงที่ปริมาณรังสี 5-50 kGy ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ความหนาแตกต่างกันมีความชันที่แตกต่างกัน ดังนั้นฟิล์มที่มีความหนาแตกต่างกันจะมีความไวต่อรังสีที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งฟิล์มที่เตรียมจากปริมาตรสารละลาย 170 มิลลิลิตร ได้ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร มีค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์สูงสุดคือ 0.2583 ลองลงมาคือ ฟิล์มที่เตรียมจากปริมาตรสารละลาย 120 มิลลิลิตร ได้ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0343 มิลลิเมตร และฟิล์มที่เตรียมจากปริมาตรสารละลาย 140 มิลลิลิตร ได้ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0390 ซึ่งมีค่าความชันของกราฟเท่ากับ 0.2036 และ 0.1788 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ M. Kattan และคณะ **[2]** ได้ศึกษาโดยการผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลคลอไรด์กับสีย้อม malachite green พบว่าความหนาของแผ่นฟิล์มมีผลต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสี คือ ฟิล์มที่มีความหนามากกว่าจะมีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่มีความหนาน้อย

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี การสกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0343, 0.0390 และ 0.0401 มิลลิเมตร

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ความหนาต่างๆ		
	0.0343 มิลลิลิตร	0.0390 มิลลิลิตร	0.0401 มิลลิลิตร
0	-0.057 ± 0.077	-0.193 ± 0.150	-0.454 ± 0.189
5	14.603± 0.670	5.288 ± 0.273	2.920 ± 0.231
10	16.014 ± 0.118	7.464 ± 0.170	4.690 ± 0.372
30	20.958 ± 1.090	11.479 ± 0.341	10.166 ± 0.536
50	23.668 ± 1.157	13.599 ± 0.168	14.606 ± 0.278

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.4 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับของฟิล์มที่ผลิตจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.0343, 0.0390 และ 0.0401 มิลลิเมตร

การหาความหนาที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี จะพิจารณาจากความไวต่อรังสีของฟิล์ม ดังนั้นความหนาที่เหมาะสมในการผลิตแผ่น PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี คือ 0.0401 มิลลิเมตร เนื่องจากมีความไวต่อรังสีสูงสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4 การเติม chloral hydrate ในการผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

การผลิตฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากผีเสื้อราตรี ที่มีการเติม chloral hydrate ทำโดยเตรียมฟิล์มในสัดส่วน และความหนาที่เหมาะสม คือ PVA 4.32 กรัม สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร โดยเติม chloral hydrate ในปริมาณต่างๆ คือ 5%, 10%, 30%, 50% และ 70% โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ แล้วนำฟิล์มที่เตรียมขึ้นไปรับรังสี 5 - 60 kGy หาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ($(A_0-A_{ir})/t$) (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร ดังตารางที่ 4.3 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.5

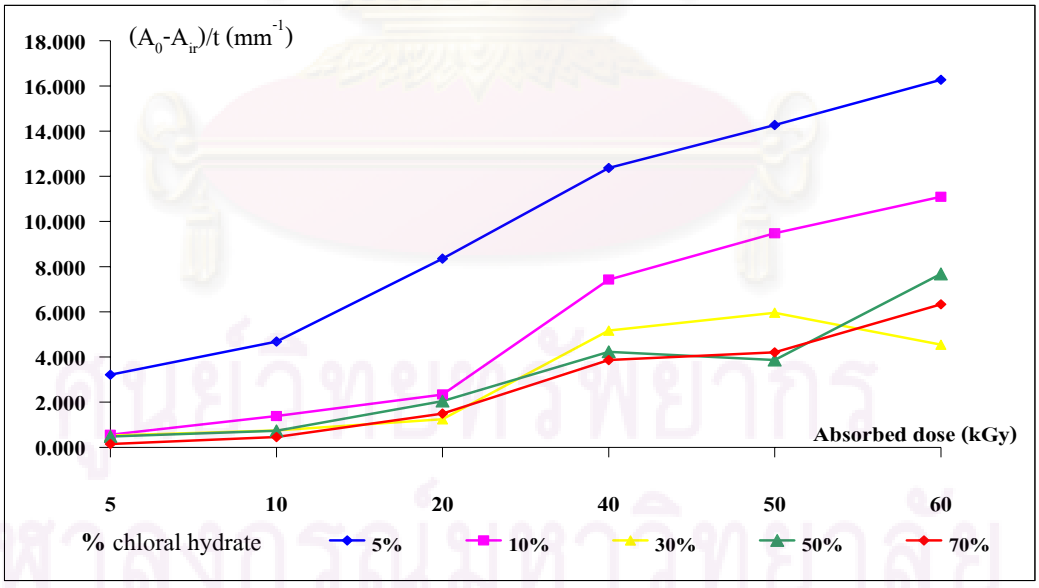
จากรูปที่ 4.5 พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มที่ผลิตโดยการเติม chloral hydrate ที่ปริมาณต่างๆ แนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่เติม chloral hydrate ทุกความเข้มข้นเป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ ช่วงปริมาณรังสี 5-40 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น และเมื่อปริมาณรังสีสูงกว่า 40 kGy ความชันของกราฟลดลง เมื่อเปรียบเทียบความชันของกราฟความสัมพันธ์ที่ช่วงปริมาณรังสีไม่เกิน 40 kGy พบว่าฟิล์มที่ให้ความชันของกราฟสูงที่สุด คือ ฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 5% รองลงมาคือ ฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 10% ส่วนฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 30%, 50%, 70% ให้ความชันของกราฟไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีความชันของกราฟน้อยกว่าฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 5% และ 10% ดังนั้นจากการทดลองฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 5% เหมาะสมที่สุดเพราะมีความไวต่อรังสีมากที่สุด ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ S. Ebraheem และคณะ **[15]** ได้ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมกับสีย้อม 2,6-dichlorophenol indophenol sodium salt กับ cresol red และเติม chloral hydrate พบว่าเมื่อความเข้มข้นของ chloral hydrate สูงขึ้น ฟิล์มจะมีความไวต่อรังสีมากขึ้น

สำหรับฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี และมีการเติม chloral hydrate ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสี แต่จากการศึกษาพบว่าสีย้อมอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันจะมีความไวต่อรังสีแตกต่างกัน ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งการเติม chloral hydrate ทำให้ส่วนประกอบทางเคมีของฟิล์มเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเมื่อฟิล์มได้รับรังสีจึงทำให้กลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสีเปลี่ยนแปลงไป การตอบสนองต่อรังสีจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร และเติม chloral hydrate 5%, 10%, 30%, 50% และ 70% โดยน้ำหนักของ PVA

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่เติม chloral hydrate ที่ความเข้มข้นต่างๆ (%โดยน้ำหนักของ PVA)				
	5%	10%	30%	50%	70%
0	0.119 ± 0.025	-2.676 ± 0.709	0.328 ± 0.173	0.383 ± 0.069	-0.034 ± 0.094
5	3.214 ± 0.025	0.557 ± 0.385	0.523 ± 0.320	0.479 ± 0.071	0.149 ± 0.028
10	4.685 ± 0.041	1.387 ± 0.512	0.752 ± 0.068	0.732 ± 0.042	0.457 ± 0.146
20	8.354 ± 0.131	2.339 ± 0.188	1.243 ± 0.103	2.046 ± 0.085	1.495 ± 0.149
40	12.369± 0.312	7.427 ± 0.613	5.168 ± 0.540	4.229 ± 0.308	3.863 ± 0.350
50	14.270± 0.256	9.476 ± 0.694	5.960 ± 0.199	3.867 ± 0.282	4.205 ± 0.393
60	16.275± 0.573	11.092± 0.566	4.546 ± 0.056	7.680 ± 0.056	6.333 ± 0.508

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.5 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate ในปริมาณ 5%, 10%, 30%, 50% และ70% โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ

4.1.5 การตอบสนองต่อรังสีแกมมาของฟิล์มที่เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี

นำฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมใบผีเสื้อราตรีในสัดส่วนที่เหมาะสม คือ PVA 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตรและฟิล์มที่เตรียมจาก PVA 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ไปรับรังสีที่ปริมาณรังสี 5 - 70 kGy คำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ($(A_0-A_{ir})/t$) (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 546 นาโนเมตร ดังตารางที่ 4.4 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์มทั้งสองชนิดเป็นไปในทางเดียวกัน คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในช่วงปริมาณรังสีไม่เกิน 30 kGy (linear response curve) เมื่อปริมาณรังสีสูงกว่า 30 kGy ขึ้นไปกราฟมีความชันลดลงจนกระทั่งค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงปริมาณรังสี 50 - 70 kGy

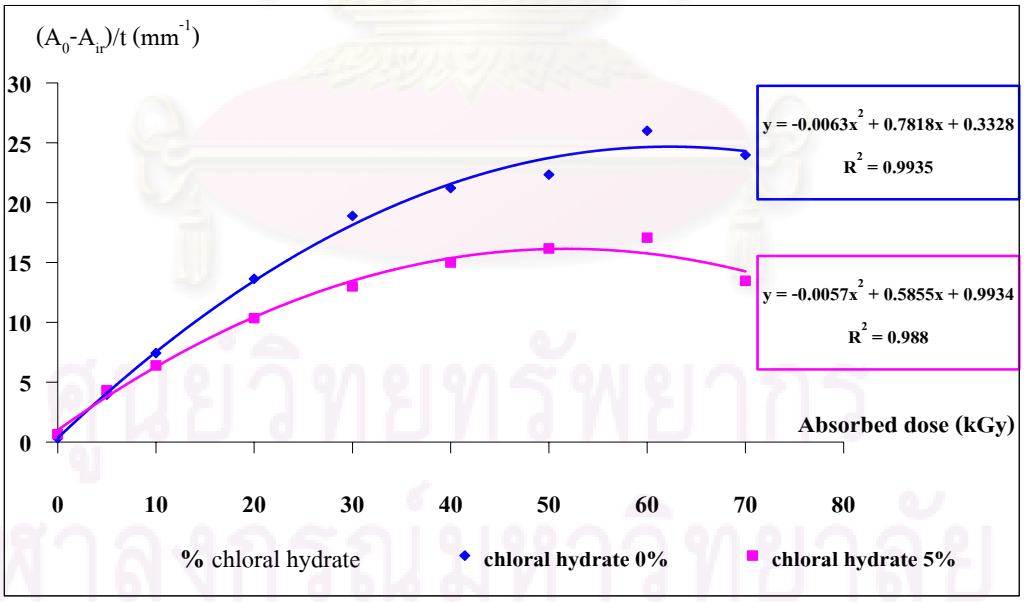
สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสีในช่วง 5 - 30 kGy ของฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สีสกัดจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ที่ไม่มีการเติม chloral hydrate และที่มีการเติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ดังรูปที่ 4.7 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงดังสมการ $y = 0.5965x + 1.2867$ โดยมีค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9969 และ $y = 0.3491x + 2.8494$ โดยมีค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9902 ตามลำดับ ดังนั้นฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ผลิตขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้วัดปริมาณรังสีแกมมาได้ในช่วง 5-30 kGy โดยใช้สมการข้างต้นเป็นกราฟปรับเทียบระหว่างปริมาณรังสี กับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

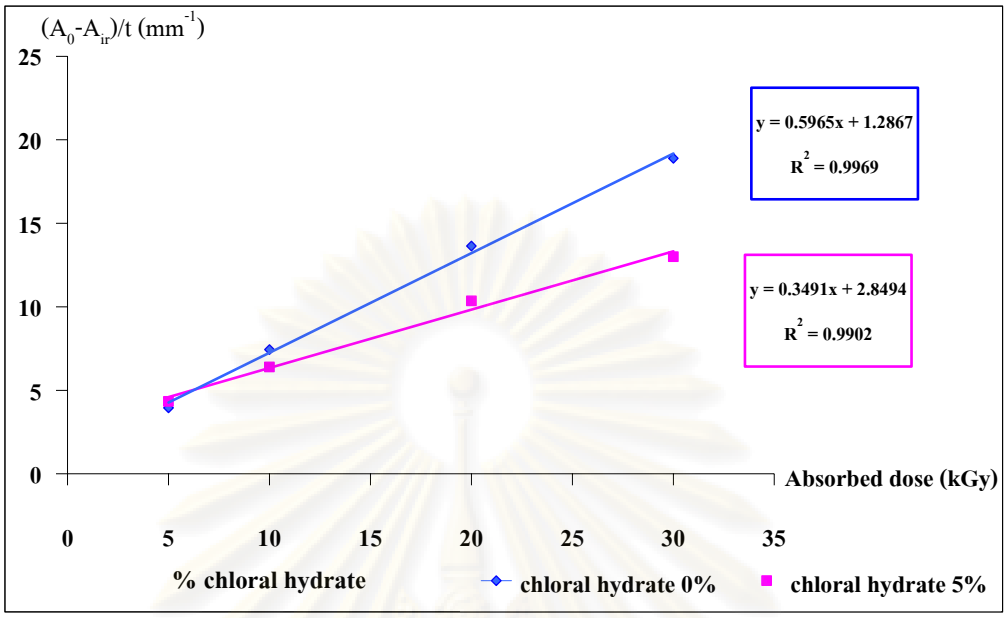
ตารางที่ 4.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 0-70 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี	
	Chloral hydrate 0%	Chloral hydrate 5%
0	0.321 ± 0.157	0.659 ± 0.115
5	3.950 ± 0.074	4.33 ± 0.142
10	7.437 ± 0.173	6.401 ± 0.129
20	13.641 ± 1.294	10.350 ± 0.066
30	18.889 ± 1.104	12.997 ± 1.619
40	21.224 ± 1.148	14.998 ± 0.241
50	22.339 ± 0.832	16.169 ± 0.230
60	26.000 ± 0.027	17.075 ± 0.049
70	23.985 ± 0.482	13.474 ± 0.451

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 0-70 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร



รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 5-30 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร

เมื่อเปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่ไม่มีการเติม chloral hydrate และที่มีการเติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA พบว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีโดยไม่มีการเติม chloral hydrate มีความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสีในช่วง 5 - 30 kGy มากกว่าฟิล์มฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีโดยมีการเติม chloral hydrate ดังนั้นฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี โดยไม่มีการเติม chloral hydrate มีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี โดยมีการเติม chloral hydrate

สำหรับฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษากลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสี ซึ่งการเติม chloral hydrate ทำให้ส่วนประกอบทางเคมีของฟิล์มเปลี่ยนแปลงไปจากฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่ไม่ได้เติม chloral hydrate ดังนั้นเมื่อฟิล์มได้รับรังสีจึงทำให้กลไกการเปลี่ยนแปลงของแผ่นฟิล์มเมื่อได้รับรังสีแตกต่างไปจากฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่ไม่ได้เติม chloral hydrate การตอบสนองต่อรังสีจึงเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน

4.1.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8-4.9

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในช่วง 7 วันแรก ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกเพิ่มขึ้น 7% จากนั้นค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนเพิ่มสูงสุดที่วันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 15 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ 20 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 3% ในวันแรก และหลังจากวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 21 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 48 % และหลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะคงที่จนถึงวันที่ 70 กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงมาก โดยวันแรกลดลง 16% จนถึงวันที่ 7 ลดลง 80% และหลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

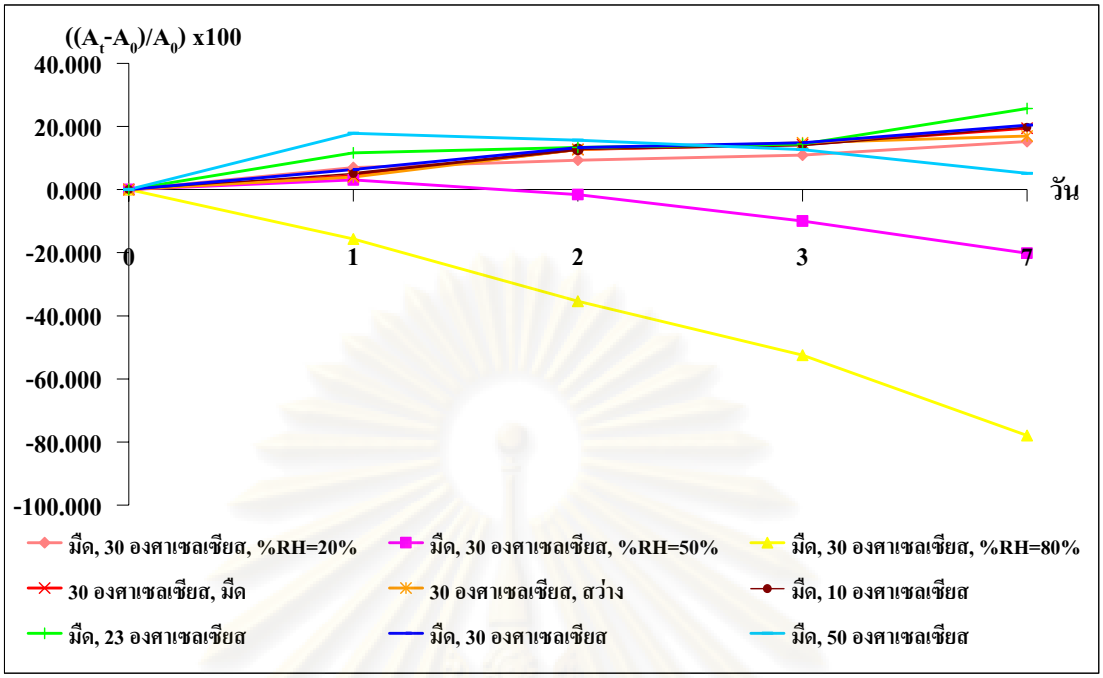
การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกเพิ่มขึ้น 4% และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่วันที่ 7 ประมาณ 20 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง 2 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกเพิ่มขึ้น 4% และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่วันที่ 7 ประมาณ 17 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 7 %

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกเพิ่มขึ้น 5% และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่วันที่ 7 โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงประมาณ 20 % หลังจากนั้นจนถึงวันที่ 70 ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง

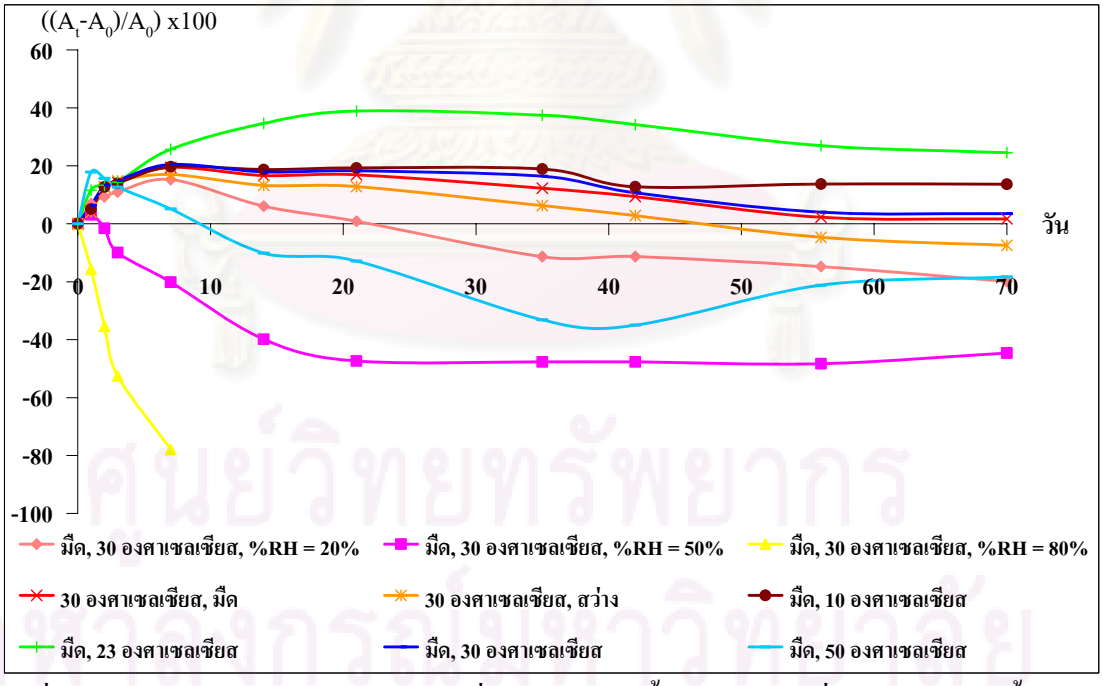
13-19% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 12% จากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนถึงวันที่ 21 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นมากถึง 40 % หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลง กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในช่วง 7 วันแรกมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกเพิ่มขึ้น 6% และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่วันที่ 7 โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงประมาณ 20 % หลังจากนั้นในช่วงวันที่ 7-35 ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 16-20% หลังจากวันที่ 35 ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงประมาณ 3 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสใน 1 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณ 18 % หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 42 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ 18 %

จากผลการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม PVA ผสมใบผีเสื้อราตรี ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้น มีผลต่อการเก็บฟิล์มอย่างมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นสูงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิสูง และแสง ตามลำดับ คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ สัมฤทธิ์ เกิดแก้ว **[5]** ที่ได้ผลิตฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากดอกชบา พบว่าฟิล์มก่อนได้รับรังสีมีเสถียรภาพไม่ดีควรใช้งานทันทีหลังจากเตรียมเสร็จ ดังนั้นการนำฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ไปใช้งานควรใช้งานทันทีหลังจากเตรียมเสร็จ และถ้าจำเป็นต้องเก็บฟิล์มควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิต่ำ และความชื้นต่ำๆ เนื่องจากฟิล์มมีเสถียรภาพดีที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.9 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 70 วัน

4.1.7 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมใบผีเสื้อราตรี หลังได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังจากได้รับรังสีหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.10-4.11

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในช่วงวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 8% หลังจากวันที่ 1 จนถึงวันที่ 7 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 7-12% หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงจนถึงวันที่ 70 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 31% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงในวันแรก 4% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ และลดลงมากที่สุดในวันที่ 14 คือมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 40 % หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 36-44% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ และลดลงมากถึง 40% ในวันที่ 3 และหลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

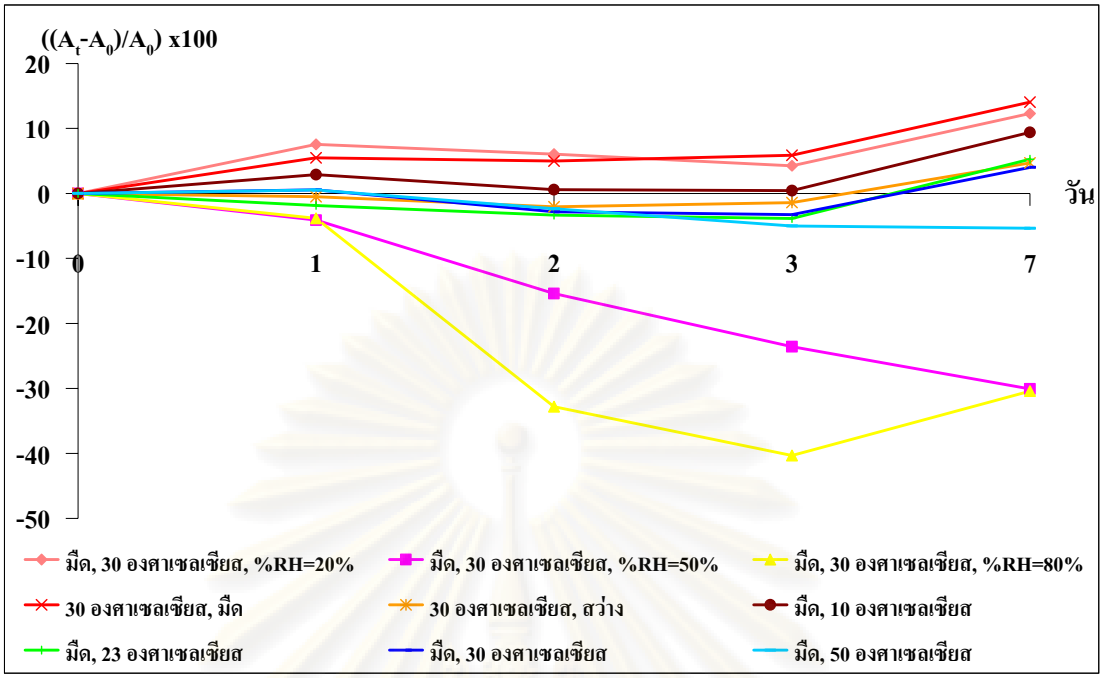
ผลการทดสอบผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสี พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5.5 % ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 14 % ในวันที่ 7 หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 7% กรณีเก็บฟิล์มในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสามวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ 1 % และเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 5 % ในวันที่ 7 หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงจากวันแรก 26 %

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสี พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 3% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง -1 ถึง 6 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด

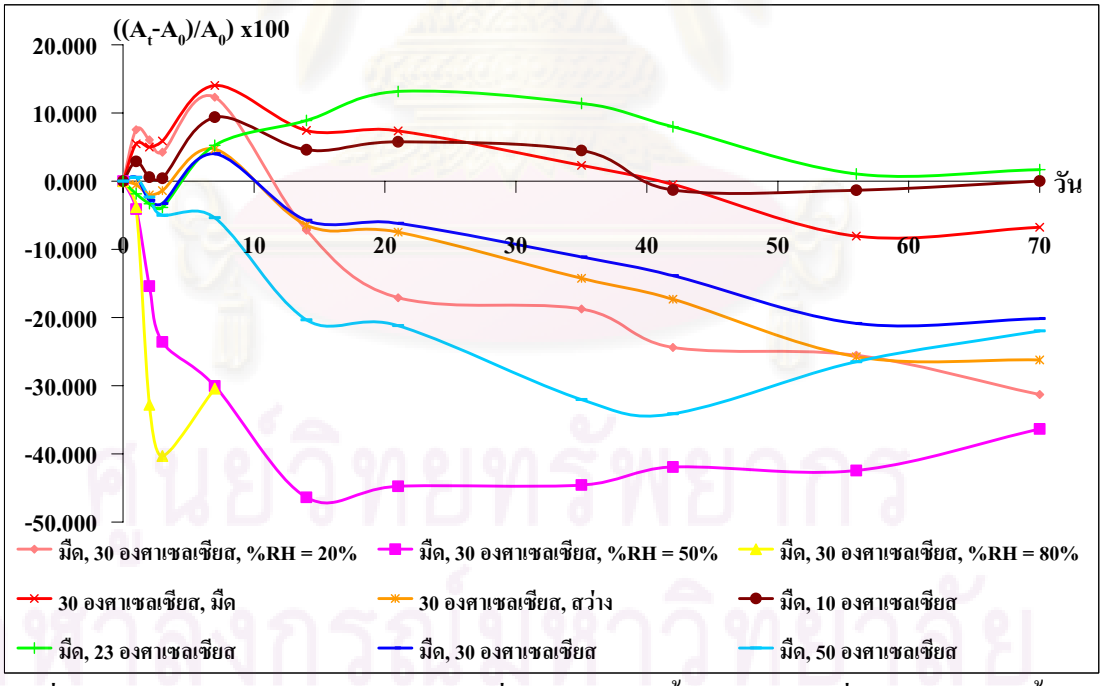
ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในช่วงวันแรกมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4 % หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 21 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 13% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเท่ากับ 2% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วงวันแรกมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยประมาณ 0.5% หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงโดยในวันที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 3% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 4% ในวันที่ 7 หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 20% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5% หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ ถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 22%

จากผลการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรีหลังรับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้น มีผลต่อการเก็บฟิล์มอย่างมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้งปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นสูงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด รองลงมาคืออุณหภูมิสูง และแสง ตามลำดับ คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ สัมฤทธิ์ เกิดแก้ว **[5]** ที่ได้ผลิตฟิล์ม PVA-กระเจี๊ยบ พบว่าฟิล์มหลังฉายรังสี 30 kGy มีเสถียรภาพไม่ดีควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จ ดังนั้น ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จ และถ้าต้องเก็บฟิล์มหลังฉายรังสีควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และความชื้นต่ำๆ เพราะฟิล์มมีเสถียรภาพดีที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.11 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 70 วัน

4.1.8 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีที่อัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนฉายรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 56 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.12-4.13

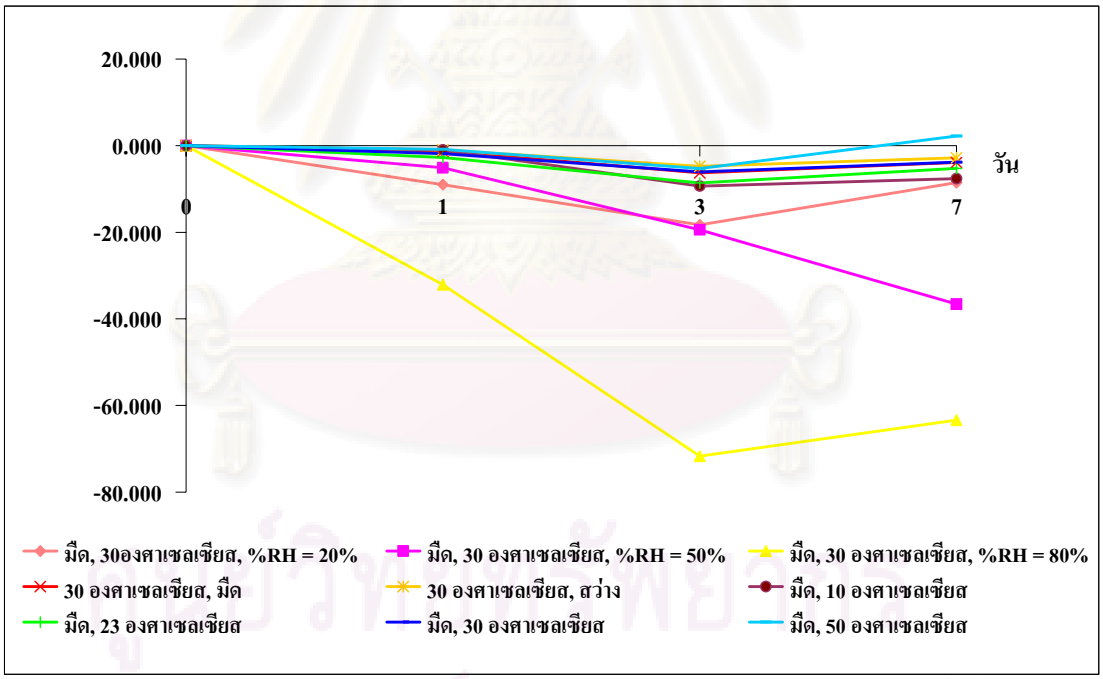
การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 9 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลงเรื่อยๆ และลดลงมาที่สุดที่วันที่ 49 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ 64 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 5% ในวันแรก และหลังจากวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 21 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 62 % และหลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่จนถึงวันที่ 56 กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงมากตั้งแต่วันแรกโดยฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงถึง 32% และลดลงถึง 72% ในวันที่ 28 และหลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1.3% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลง โดยในวันที่ 3 ถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงอยู่ในช่วง 4-6.6% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลงเรื่อยๆ โดยในวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 12%

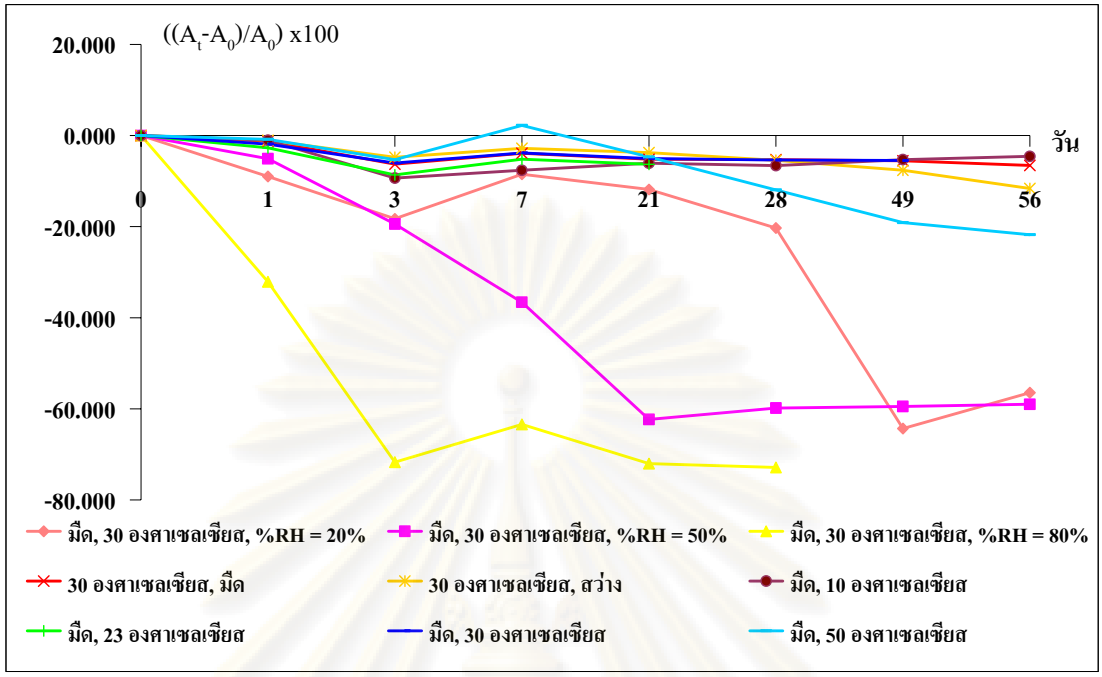
การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลง โดยในวันที่ 3-56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงอยู่ในช่วง 5-9% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 3% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลง โดยในวันที่ 3-21 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงอยู่ในช่วง 5-9% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่

อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงลดลง โดยในวันที่ 3-56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงอยู่ในช่วง 4-7% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พบว่าในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1% ในวันที่ 3 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 5% ต่อจากนั้นในวันที่ 7 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 2% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 22 %

จากผลการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และเติม chloral hydrate ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้น มีผลต่อการเก็บฟิล์มมาก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด อุณหภูมิสูงและแสงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มใกล้เคียงกัน ดังนั้นการนำฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่มีการเติม chloral hydrate ไปใช้งานควรใช้งานทันทีหลังจากเตรียมเสร็จ หรือเก็บไว้ได้ 1 วันหลังจากเตรียมเสร็จเพราะในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่ที่มืด อุณหภูมิต่ำ และความชื้นต่ำๆ



รูปที่ 4.12 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.040 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.13 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 56 วัน

4.1.9 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี หลังได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 56 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังจากได้รับรังสีหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงผลดังรูปที่ 4.14-4.15

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับพบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 7% หลังจากนั้นวันที่ 3 จนถึงวันที่ 21 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 2-9% หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงจนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การ

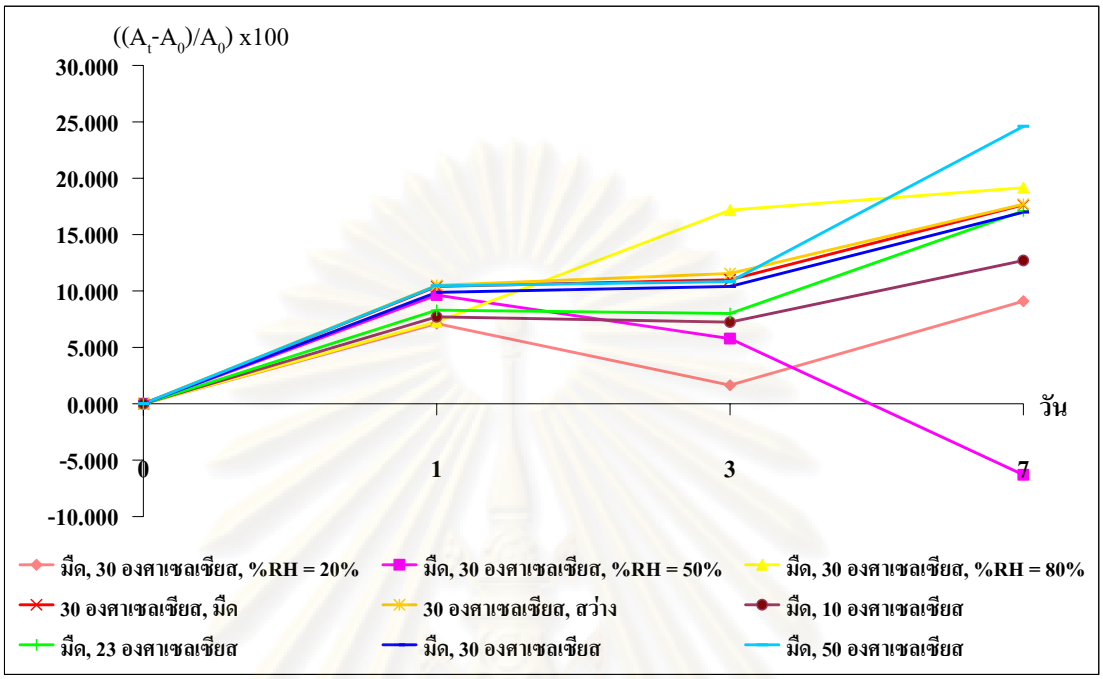
ดูดกลืนแสงลดลง 28% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 10% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 34 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 7% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 7 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 19% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง โดยในวันที่ 28 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 37 % หลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียว และหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

ผลการทดสอบผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสี พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 10 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 28 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 24 % ต่อจากนั้นวันที่ 28 ถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ กรณีเก็บฟิล์มในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 11 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 28 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 28 % ต่อจากนั้นวันที่ 28 ถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 23-28 %

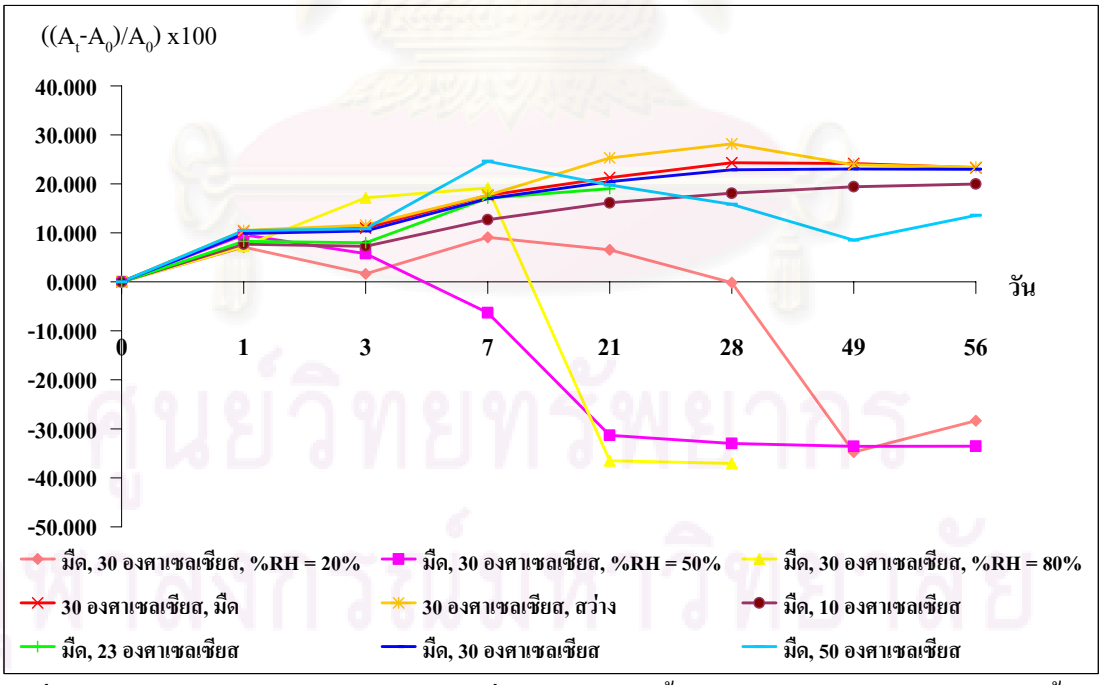
การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสี พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 8% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 20% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 8% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 21 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 19% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 10% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 23% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสใน วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 10% หลังจากนั้นวันที่ 3 ถึงวันที่ 56 ฟิล์มยังคงมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 9-25%

จากผลการทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้น มีผลต่อการเก็บฟิล์ม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบทั้งปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด อุณหภูมิสูง และแสงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มใกล้เคียงกัน ดังนั้นการนำฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่มีการเติม

chloral hydrate ไปใช้งานเมื่อฟิล์มได้รับรังสีแล้วควรวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากรับรังสีเสร็จ และถ้าจำเป็นต้องเก็บฟิล์มควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิต่ำ และความชื้นต่ำๆ



รูปที่ 4.14 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตรหลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน

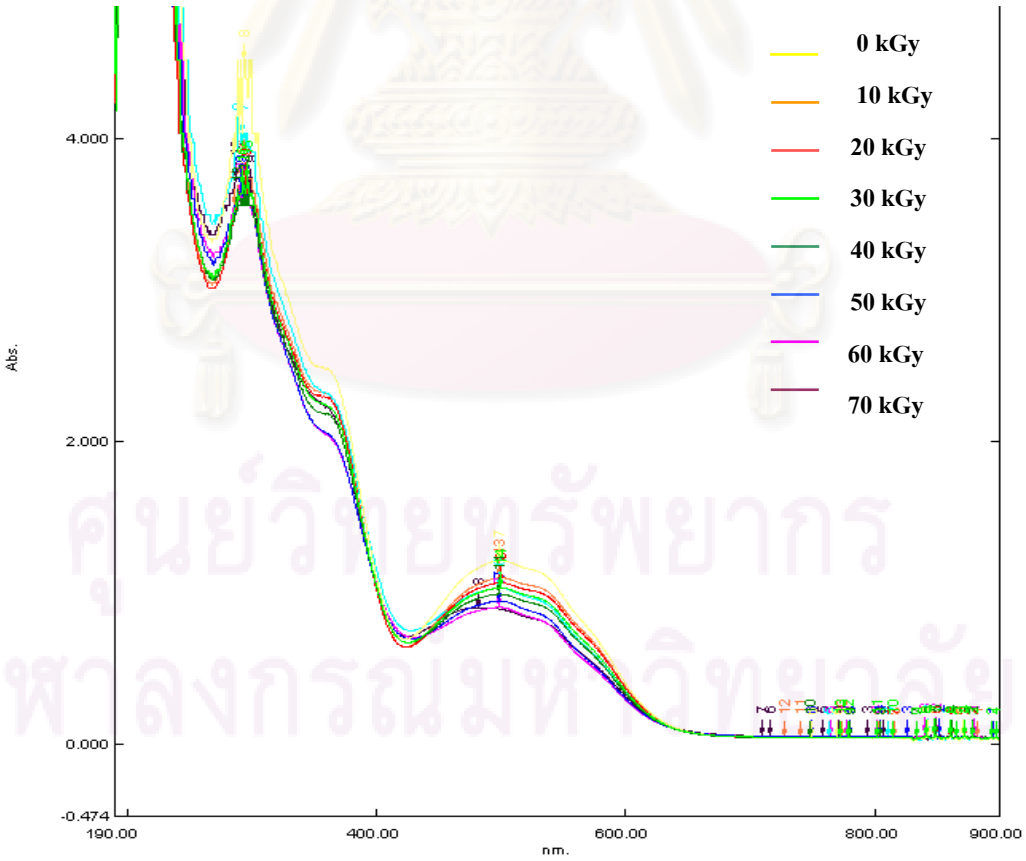


รูปที่ 4.15 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากใบผีเสื้อราตรี สกัดสีจากอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตรหลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน

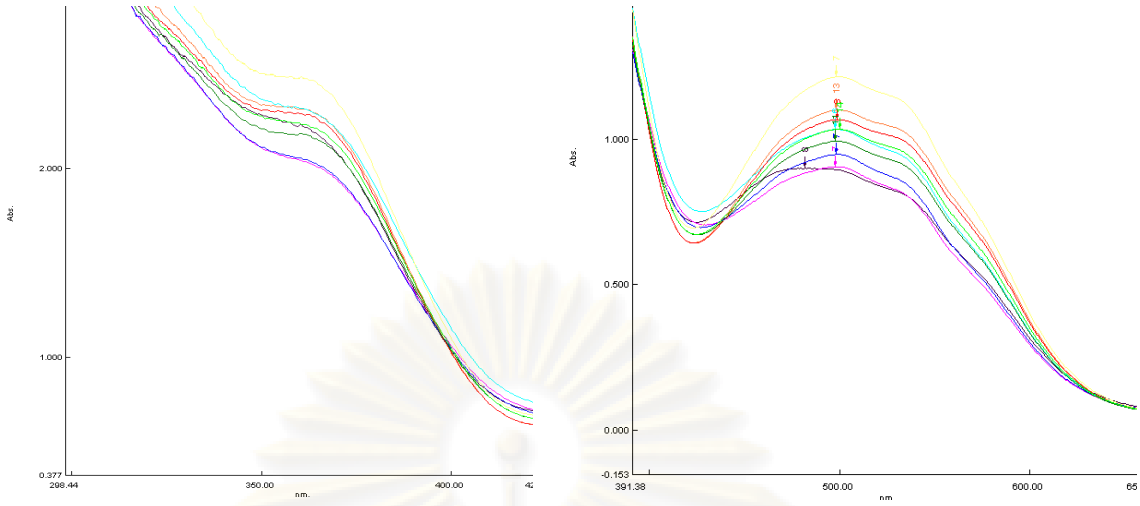
4.2 ผลการทดลองฟิล์ม โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง

4.2.1 ผลการวิเคราะห์สเปกตรัมของฟิล์มที่ผลิตจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ตอบสนองต่อปริมาณรังสี

การวิเคราะห์สเปกตรัมค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยนำแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ไปรับรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่างๆ แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ใน spectrum mode ช่วงความยาวคลื่นแสง 190-900 นาโนเมตร ดังรูปที่ 4.16 พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับ เนื่องจากรังสีแกมมาทำอันตรกิริยากับสารสกัดจากครั่งที่ผสมในฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ทำให้เกิดการฟอกสีของฟิล์ม (bleaching) และความยาวคลื่นแสงที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดซึ่งทำให้เกิดจุดยอด (Peak) ของสเปกตรัม คือ 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.17 ที่ค่าความยาวคลื่นนี้ฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงลดลงตามปริมาณรังสีที่ได้รับอย่างชัดเจน แสดงว่าฟิล์มมีการตอบสนองต่อรังสีได้ดีที่ค่าความยาวคลื่น 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังนั้นจึงเป็นความยาวคลื่นที่ใช้ในการหาค่าการดูดกลืนแสงเพื่อทดสอบการตอบสนองต่อปริมาณรังสี และเสถียรภาพของฟิล์มต่อไป



รูปที่ 4.16 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ความยาวคลื่น 190-900 nm



ความยาวคลื่นแสง 365 nm ความยาวคลื่นแสง 497 nm

รูปที่ 4.17 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ความยาวคลื่น 365 และ497 nm

4.2.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง เตรียมฟิล์มโดยการสกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ นำฟิล์มไปรับรังสี 10 - 60 kGy หาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม $((A_0-A_{ir})/t)$ (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.5-4.6 สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.18-4.19 ซึ่งการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง พิจารณาความไวต่อรังสีของฟิล์มจากค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hoang Hoa Mai. และคณะ**[1]** ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลบิวทีรอลผสมกับสีย้อม leuco-malachite green ศึกษาการตอบสนองของฟิล์มต่อรังสีโดยพิจารณาความไวต่อรังสีของฟิล์ม (sensitivity) จากค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไป (ΔA) ของฟิล์ม (response curve) พบว่าความเข้มข้นของสีย้อมมีผลต่อความไวต่อรังสีของฟิล์ม คือ ฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นสูงจะมีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมความเข้มข้นต่ำกว่า

ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร

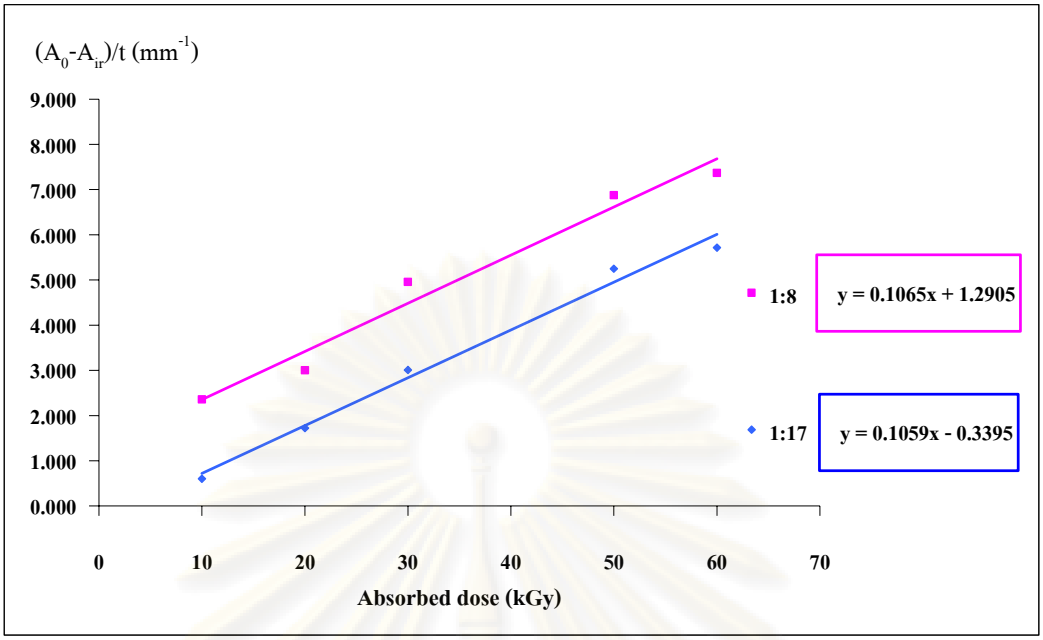
Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำต่างๆ (กรัมต่อมิลลิลิตร)	
	1:17	1:8
0	0.839 ± 2.260	3.730 ± 1.057
10	0.602 ± 0.232	2.358 ± 0.176
20	1.722 ± 0.332	3.000 ± 0.372
30	3.007 ± 0.351	4.958 ± 0.342
50	5.251 ± 0.638	6.878 ± 1.264
60	5.716 ± 0.419	7.370 ± 0.661

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

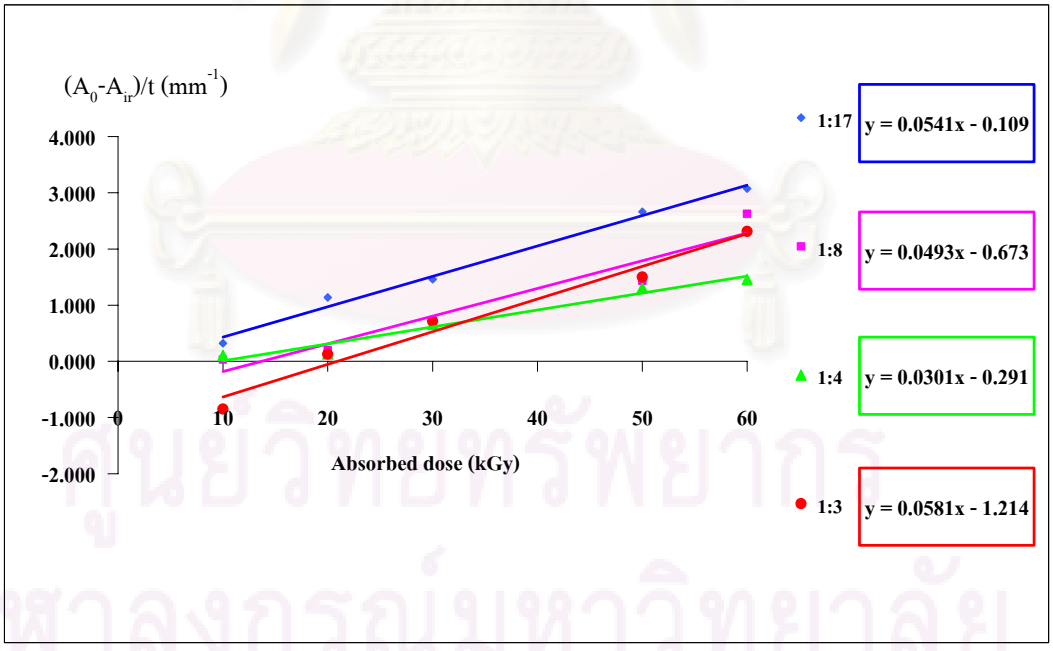
ตารางที่ 4.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำต่างๆ (กรัมต่อมิลลิลิตร)			
	1:17	1:8	1:4	1:3
0	-0.145 ± 0.410	0.204 ± 0.239	0.780 ± 0.083	-0.008 ± 0.118
10	0.321 ± 0.090	0.033 ± 0.014	0.107 ± 0.243	-0.849 ± 0.180
20	1.136 ± 0.133	0.198 ± 0.012	0.130 ± 0.105	0.126 ± 0.218
30	1.459 ± 0.037	0.721 ± 0.078	0.660 ± 0.334	0.715 ± 0.415
50	2.660 ± 0.270	1.433 ± 0.088	1.309 ± 0.089	1.500 ± 0.528
60	3.074 ± 0.289	2.625 ± 0.095	1.457 ± 0.378	2.314 ± 0.435

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 และ 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา กับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8, 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 497 นาโนเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.18-4.19 พบว่าฟิล์มที่เตรียมจากการสกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 และ1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงที่ปริมาณรังสีตั้งแต่ 10-60 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 นาโนเมตร ส่วนฟิล์มที่เตรียมจากที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:4 และ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา กับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงที่ปริมาณรังสีตั้งแต่ 10-60 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร เท่านั้น ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำที่แตกต่างกันมีความชันที่แตกต่างกัน ดังนั้นฟิล์มที่เตรียมได้จากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำที่แตกต่างกันจะมีความไวต่อรังสีที่แตกต่างกันด้วย คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ G. Emi-Reynolds และคณะ **[16]** ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมจาก tetrazolium violet พบว่าความเข้มข้นของสีย้อมมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มต่อรังสี

จากรูปที่ 4.18 ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร พบว่าฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์เท่ากับ 0.1065 ซึ่งสูงกว่าฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เล็กน้อย และจากรูปที่ 4.19 ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร พบว่าฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:3 กรัมต่อมิลลิลิตร มีค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์สูงที่สุดคือ 0.0581 ลองลงมาคือ ฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17, 1:8 และ 1:4 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าความชันของกราฟเท่ากับ 0.0541, 0.0493 และ 0.0301 ตามลำดับ ดังนั้นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง คือ ฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 และ 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร เนื่องจากสามารถใช้งานได้ที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 นาโนเมตร เมื่อเปรียบเทียบความไวต่อรังสีที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 นาโนเมตร พบว่าที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจากอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:8 กรัมต่อมิลลิลิตร มาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้อัตราส่วนส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ในการผลิตฟิล์ม PVA ผสมสีย้อมที่สกัดจากครั่ง เพื่อฟิล์มที่ผลิตขึ้นจะได้สามารถใช้งาน และมีความไวต่อรังสีทั้งที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ497 นาโนเมตร คล้ายคลึงกับการศึกษาของ M. Lavalle **[3]** ผลิตฟิล์มวัดปริมาณรังสีจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมกับสีย้อม methyl viologen (MV^{+}) แผ่นฟิล์มที่ได้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 50 Gy ถึง 40 kGy โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสงต่างกันจะสามารถวัดปริมาณรังสีในช่วงที่แตกต่างกัน คือ ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 399 nm วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 50 Gy ถึง 1 kGy, 610 นาโนเมตร วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 0.5 kGy ถึง 16 kGy และ 746 นาโนเมตร วัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 1 kGy ถึง 40 kGy ตามลำดับ

4.2.3 การหาความหนาที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

การหาความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง โดยเตรียมฟิล์มในอัตราส่วนที่เหมาะสมคือ PVA 4.32 กรัม สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร และปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มที่แตกต่างกันคือ 120, 150 และ 200 มิลลิลิตร ทำให้ได้ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ นำฟิล์มที่เตรียมได้ไปรับรังสี 10 - 60 kGy หาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม $((A_0-A_{ir})/t)$ (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 365 และ497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.7-4.8 ตามลำดับ สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.20-4.21 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4.20-4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา กับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงที่ปริมาณรังสี 10-60 kGy ซึ่งกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่ความหนาแตกต่างกันมีความชันที่แตกต่างกัน ดังนั้นฟิล์มที่มีความหนาแตกต่างกันจะมีความไวต่อรังสีที่แตกต่างกันด้วย จากรูปที่ 4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง พบว่าฟิล์มที่มีความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร มีค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์สูงสุดคือ 0.1498 ลองลงมาคือ ฟิล์มที่มีความหนา 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ซึ่งให้ค่าความชันของกราฟเท่ากับ 0.1227 และ 0.1059 ตามลำดับ จากรูปที่ 4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่ความยาวคลื่น 497 นาโนเมตร ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง พบว่าฟิล์มที่มีความหนาเฉลี่ย 0.064 มิลลิเมตร มีค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์สูงสุดคือ 0.0541 ลองลงมาคือ ฟิล์มที่มีความหนา 0.034 และ 0.055 มิลลิเมตร ซึ่งให้ค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์เท่ากับ 0.0468 และ 0.0450 ตามลำดับ

การหาความหนาที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง พิจารณาจากความไวต่อรังสีของฟิล์ม ซึ่งพบว่าที่ความหนาของฟิล์มต่างกัน และที่ค่าความยาวคลื่นแสงต่างกันจะทำให้ฟิล์มมีความไวต่อรังสีต่างกัน ดังนั้นความหนาที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นฟิล์มแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่งคือ 0.034 มิลลิเมตร เนื่องจากฟิล์มมีความไวต่อรังสีสูงทั้งที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร

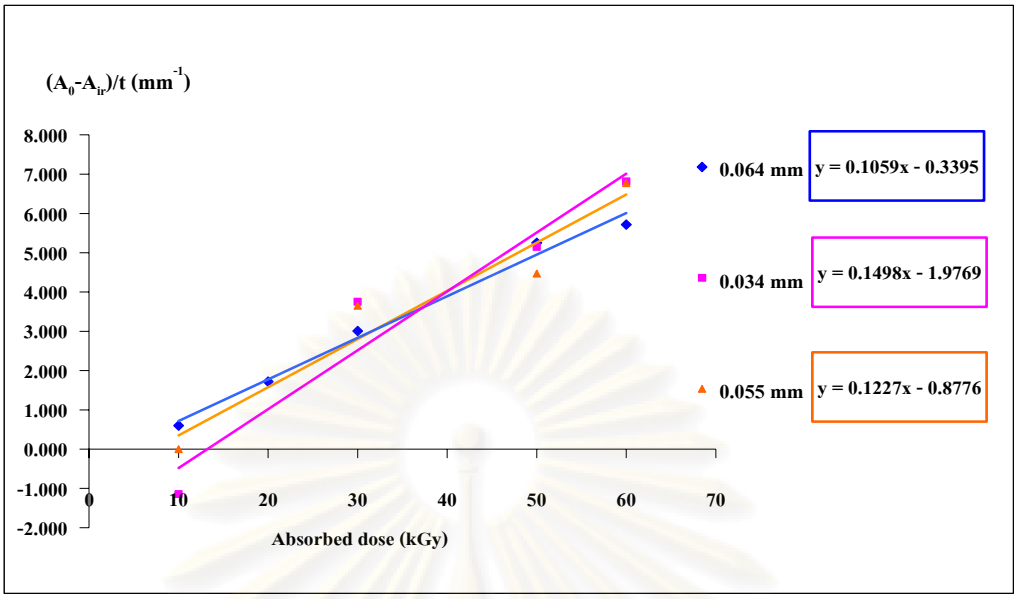
Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่ความหนาต่างๆ		
	0.034 มิลลิเมตร	0.055 มิลลิเมตร	0.064 มิลลิเมตร
0	-1.470 ± 1.385	-0.749 ± 0.573	0.839 ± 2.260
10	0.908 ± 0.104	-0.039 ± 0.533	0.602 ± 0.232
20	-1.145 ± 0.437	-0.001 ± 0.243	1.722 ± 0.332
30	3.752 ± 0.783	3.648 ± 0.411	3.007 ± 0.351
50	5.148 ± 1.067	4.470 ± 0.834	5.251 ± 0.638
60	6.814 ± 1.752	6.773 ± 1.081	5.716 ± 0.419

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

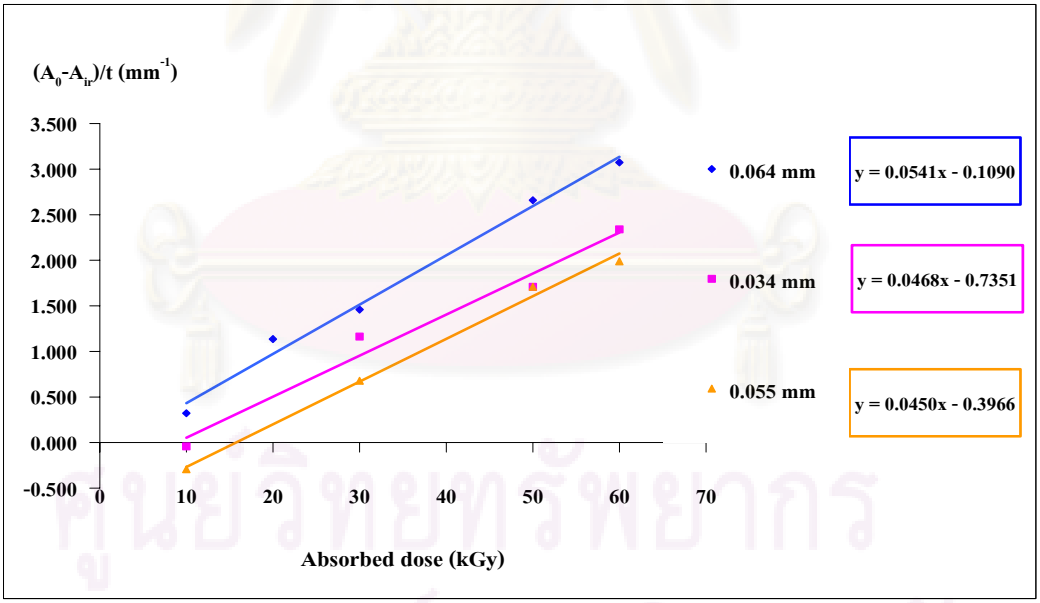
ตารางที่ 4.8 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ความยาวคลื่น 497 นาโนเมตร

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่ความหนาต่างๆ		
	0.034 มิลลิเมตร	0.055 มิลลิเมตร	0.064 มิลลิเมตร
0	-0.447 ± 0.301	-0.348 ± 0.115	-0.145 ± 0.410
10	-0.236 ± 0.018	-0.228 ± 0.060	0.321 ± 0.090
20	-0.292 ± 0.031	-0.042 ± 0.126	1.136 ± 0.133
30	0.678 ± 0.107	1.163 ± 0.022	1.459 ± 0.037
50	1.709 ± 0.099	1.709 ± 0.220	2.660 ± 0.270
60	1.989 ± 0.136	2.340 ± 0.130	3.074 ± 0.289

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 365 nm



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับ ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ความหนาเฉลี่ย 0.034, 0.055 และ 0.064 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 497 nm

4.2.4 การเติม chloral hydrate ในการผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

การผลิตฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ทำโดยเตรียมฟิล์มในอัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม คือ PVA 4.32 กรัม สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร โดยเติม chloral hydrate ในปริมาณต่าง คือ 5%, 10% และ 30% โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ แล้วนำฟิล์มที่เตรียมได้ไปรับรังสี 5 - 60 kGy หาค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม $((A_0-A_{ir})/t)$ (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.9-4.11 ตามลำดับ สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.22-4.24 ตามลำดับ

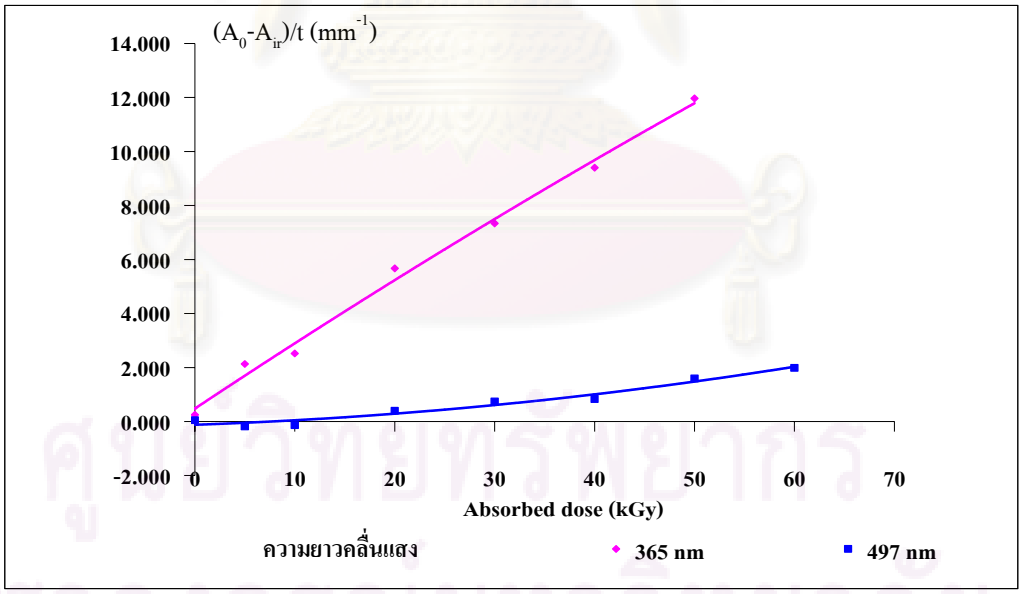
จากรูปที่ 4.22-4.24 เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มที่ผลิตโดยการเติม chloral hydrate ปริมาณต่างๆ จะเห็นได้ว่าที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร แนวโน้มของกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่เติม chloral hydrate ทุกความเข้มข้นเป็นไปในแนวทางเดียวกัน คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณากราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่ความยาวคลื่น 497 นาโนเมตร พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าฟิล์มที่มีการเติม chloral hydrate ไม่ตอบสนองต่อรังสีที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร

จากรูปที่ 25 พบว่าฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ค่าความชันของกราฟเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ chloral hydrate ซึ่งฟิล์มที่มีความชันของกราฟสูงที่สุดคือฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 30%โดยน้ำหนักของ PVA รองลงมาคือ ฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 10%โดยน้ำหนักของ PVA และฟิล์มที่เตรียมจากการเติม chloral hydrate 5%โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Atef A. และคณะ **[17]** ได้ผลิตฟิล์มวัดรังสีจากโพลีไวนิลบิวทีรอลผสมสีย้อม Bromophenol blue และมีการเติม chloral hydrate พบว่าความเข้มข้นของ chloral hydrate แตกต่างกันทำให้ฟิล์มตอบสนองต่อรังสีต่างกัน และความไวต่อรังสีของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ chloral hydrate ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ความเข้มข้นของ chloral hydrate ที่เหมาะสมสำหรับเตรียมฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง คือ chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA เพราะทำให้ฟิล์มมีความไวต่อรังสีมากที่สุด

ตารางที่ 4.9 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 5 % โดยน้ำหนักของ PVA

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา	
	365 นาโนเมตร	497 นาโนเมตร
0	0.248 ± 0.088	0.052 ± 0.041
5	2.132 ± 0.097	-0.179 ± 0.016
10	2.521 ± 0.152	-0.133 ± 0.116
20	5.672 ± 0.105	0.401 ± 0.098
30	7.338 ± 0.119	0.744 ± 0.135
40	9.400 ± 0.270	0.835 ± 0.045
50	11.967 ± 0.492	1.594 ± 0.071
60	13.266 ± 0.331	1.987 ± 0.074

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

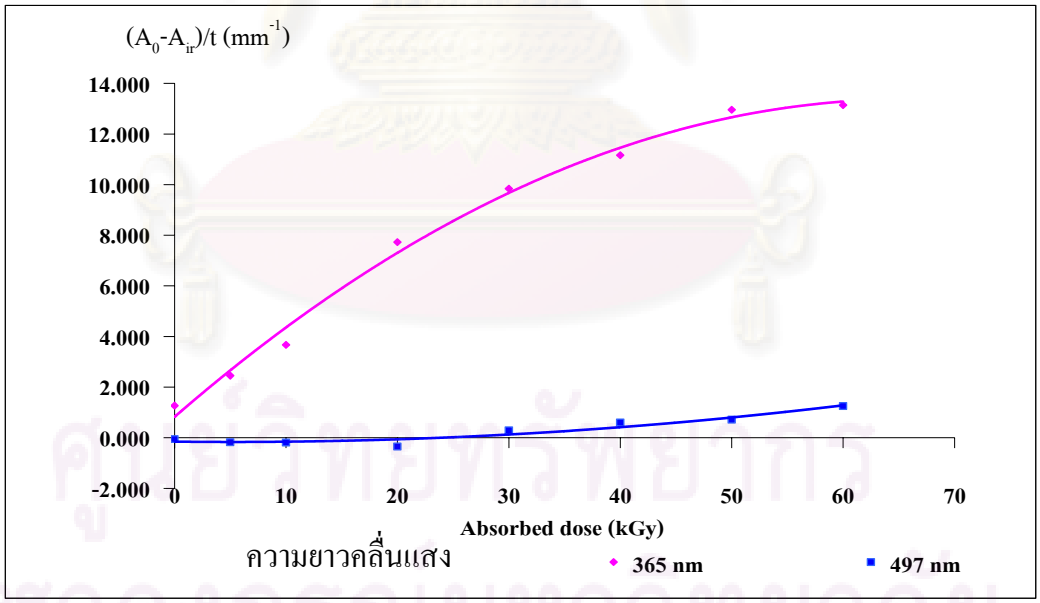


รูปที่ 4.22 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร และ เติม chloral hydrate 5 % โดยน้ำหนักของ PVA

ตารางที่ 4.10 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 10 % โดยน้ำหนักของ PVA

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา	
	365 นาโนเมตร	497 นาโนเมตร
0	1.271 ± 0.458	-0.054 ± 0.118
5	2.453 ± 0.460	-0.176 ± 0.067
10	3.670 ± 0.432	-0.188 ± 0.101
20	7.731 ± 1.031	-0.350 ± 0.274
30	9.839 ± 0.332	0.290 ± 0.095
40	11.162 ± 0.099	0.603 ± 0.380
50	12.955 ± 0.445	0.712 ± 0.370
60	13.140 ± 0.258	1.254 ± 0.399

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

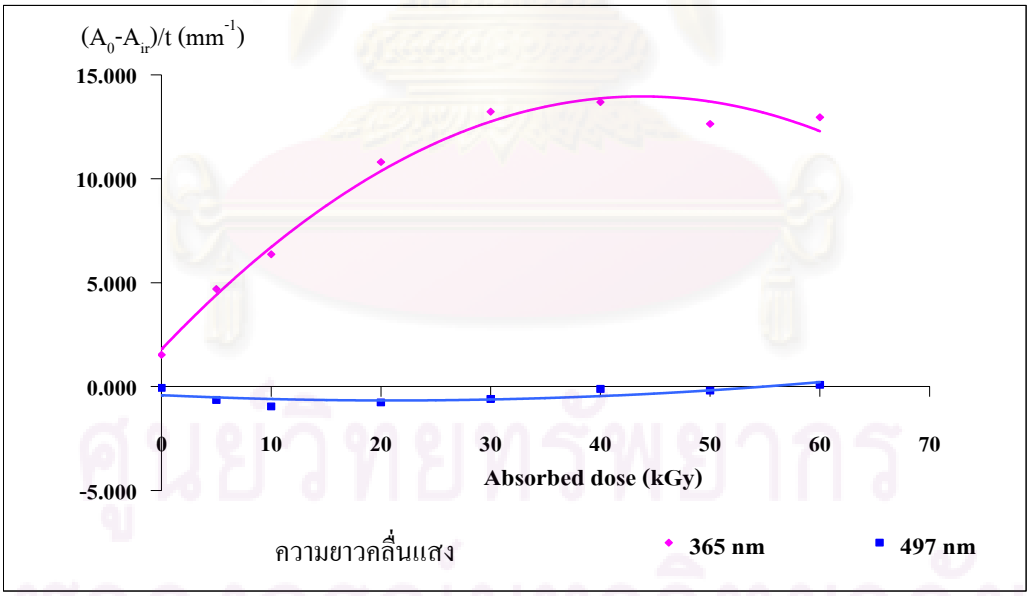


รูปที่ 4.23 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 10 % โดยน้ำหนักของ PVA

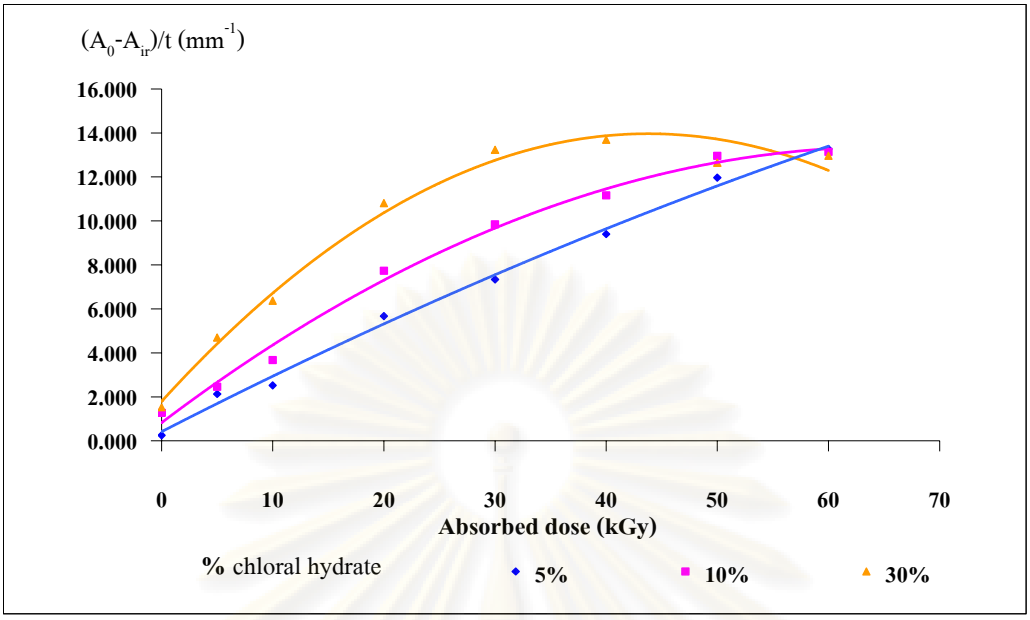
ตารางที่ 4.11 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา	
	365 นาโนเมตร	497 นาโนเมตร
0	1.528 ± 0.103	-0.063 ± 0.032
5	4.695 ± 0.107	-0.645 ± 0.154
10	6.369 ± 0.159	-0.959 ± 0.368
20	10.808 ± 0.220	-0.764 ± 0.191
30	13.230 ± 0.284	-0.602 ± 0.263
40	13.690 ± 0.217	-0.113 ± 0.241
50	12.643 ± 1.202	-0.196 ± 0.406
60	12.962 ± 0.734	0.084 ± 0.507

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



รูปที่ 4.24 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA



รูปที่ 4.25 กราฟความสัมพันธ์ของค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง และ เติม chloral hydrate ในปริมาณ 5%, 10% และ 30%โดยน้ำหนักของ PVA ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร

4.2.5 การตอบสนองต่อรังสีแกมมาของฟิล์มที่เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีที่สกัดจากครั่ง

นำฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่งในอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ PVA 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร และฟิล์มที่เตรียมจาก PVA 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ไปรับรังสี 5 - 70 kGy คำนวณค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ($(A_0-A_{ir})/t$) (specific net absorbance) ที่ความยาวคลื่น 365 และ 497 นาโนเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.12-4.13 ตามลำดับ สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม ดังรูปที่ 4.26 และ 4.28 ตามลำดับ พบว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยไม่ได้เติม chloral hydrate ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ในช่วง 0-10 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ต่อจากนั้นในช่วง 10-40 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง (linear response curve) และที่ปริมาณรังสีมากกว่า 40 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ในช่วง 0-10 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลง

ตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ต่อจากนั้นในช่วง 10-60 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง (linear response curve) และที่ปริมาณรังสีมากกว่า 60 kGy ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น ส่วนฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยเติม chloral hydrate 30%โดยน้ำหนักของ PVA ความยาวคลื่นแสง 365 nm ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในช่วงไม่เกิน 30 kGy (linear response curve) และเมื่อปริมาณรังสีสูงขึ้นความชันของกราฟความสัมพันธ์ลดลงจนกระทั่งค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงปริมาณรังสี 50-70 kGy

สร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสีในช่วงที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ไม่มีการเติม chloral hydrate และที่มีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ได้ดังรูปที่ 4.27 และ 4.29 ตามลำดับ พบว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ไม่มีการเติม chloral hydrate ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงดังสมการ $y = 0.1013x - 0.6381$ โดยมีค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9999 และที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงดังสมการ $y = 0.0897x - 0.6550$ โดยมีค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9979 ส่วนฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง มีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามปริมาณรังสีที่ฟิล์มได้รับที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงดังสมการ $y = 0.2618x - 0.4557$ โดยมีค่า Correlation coefficient (R^2) เท่ากับ 0.9987 ดังนั้นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่งที่ผลิตขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้วัดปริมาณรังสีแกมมาได้ คือ ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ไม่มีการเติม chloral hydrate ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ใช้วัดปริมาณรังสีช่วง 10-40 kGy ที่ความยาวคลื่น 497 นาโนเมตร ใช้วัดปริมาณรังสี 10-60 kGy ฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ที่ความยาวคลื่น 365 nm ใช้วัดปริมาณรังสีช่วง 0-30 kGy โดยใช้สมการข้างต้นเป็นกราฟปรับเทียบระหว่างปริมาณรังสีกับค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม

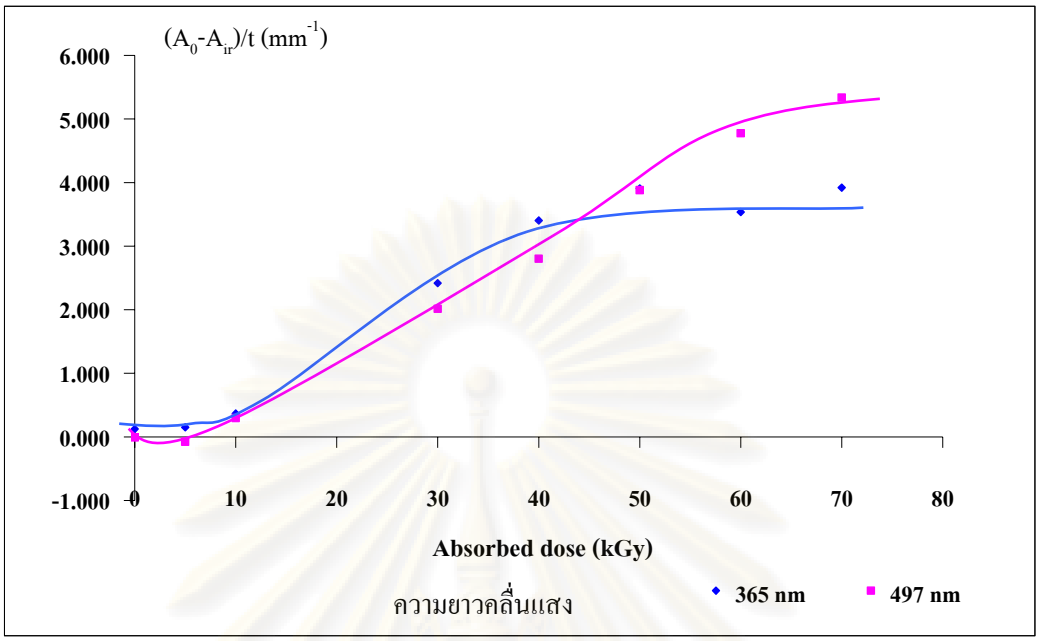
จากรูปที่ 4.30 เมื่อเปรียบเทียบการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ไม่มีการเติม chloral hydrate และที่มีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 nm พบว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยไม่มีการเติม chloral hydrate กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของ

ฟิล์มกับปริมาณรังสีมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในช่วง 10 - 40 kGy ส่วนฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยมีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์มกับปริมาณรังสีมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรงในช่วง 0 - 30 kGy และพบว่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ของฟิล์มที่มีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA มากกว่าฟิล์มฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่งโดยไม่มีการเติม chloral hydrate ดังนั้นฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยมีการเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA มีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่เตรียมจาก PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง โดยไม่มีการเติม chloral hydrate แสดงให้เห็นว่าการเติม chloral hydrate ในฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง สามารถพัฒนาการตอบสนองของฟิล์มต่อรังสี คือ ทำให้ความไวต่อรังสีของฟิล์มสูงขึ้น ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Hoang Hoa Mai และคณะ**[4]** ผลิตฟิล์มจากโพลีไวนิลคลอไรด์ผสมกับสีย้อมสองชนิดคือ malachite green oxalate และ 6GX-setoglaucine พัฒนาการตอบสนองของแผ่นฟิล์มด้วยการเติม chloral hydrate และ hydroquinone พบว่า chloral hydrate ทำให้ sensitivity ของฟิล์มเพิ่มขึ้น และ hydroquinone ทำให้การตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อรังสีความเป็นเส้นตรงมากขึ้น แต่ chloral hydrate จะทำให้แผ่นฟิล์มตอบสนองต่อรังสีในช่วงปริมาณรังสีน้อยลงกว่าฟิล์มที่ไม่ได้เติม chloral hydrate

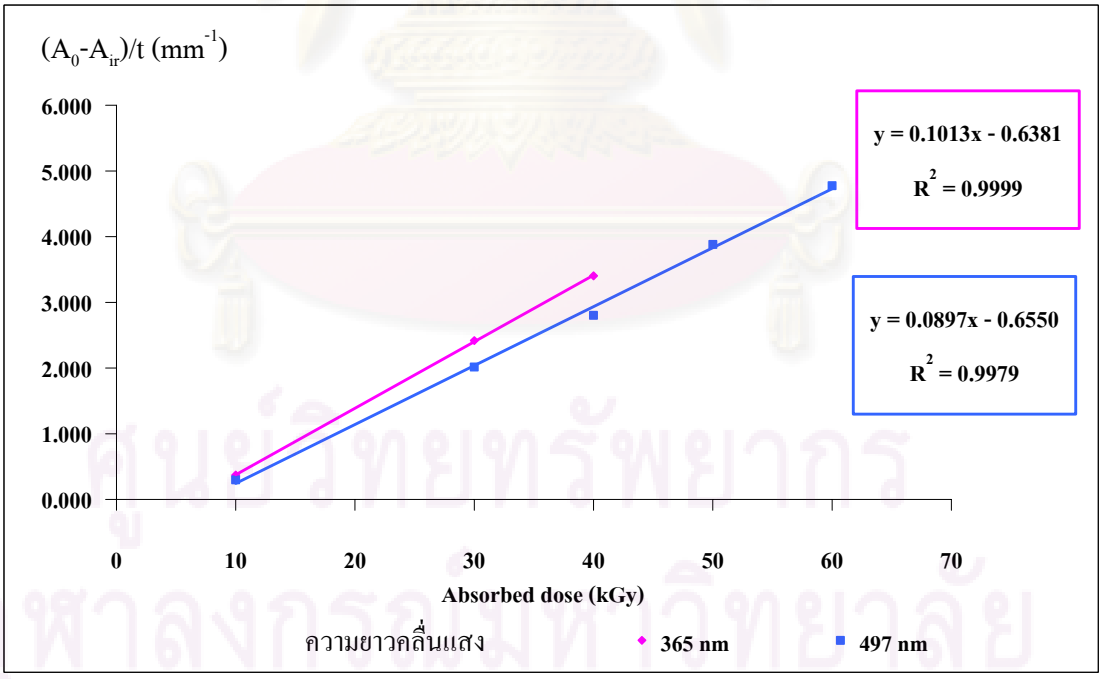
ตารางที่ 4.12 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm ที่ความยาวคลื่นแสง 365และ 497 นาโนเมตร ที่ปริมาณรังสี 0-70 kGy

Absorbed dose (kGy)	ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนา	
	365 นาโนเมตร	497 นาโนเมตร
0	0.125 ± 0.010	-0.007 ± 0.013
5	0.152 ± 0.092	-0.075 ± 0.022
10	0.369 ± 0.090	0.297 ± 0.051
20	0.715 ± 0.062	1.175 ± 0.058
30	2.419 ± 0.271	2.015 ± 0.208
40	3.403 ± 0.174	2.803 ± 0.118
50	3.908 ± 0.082	3.881 ± 0.106
60	3.538 ± 0.068	4.775 ± 0.058
70	3.920 ± 0.054	5.338 ± 0.079

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น



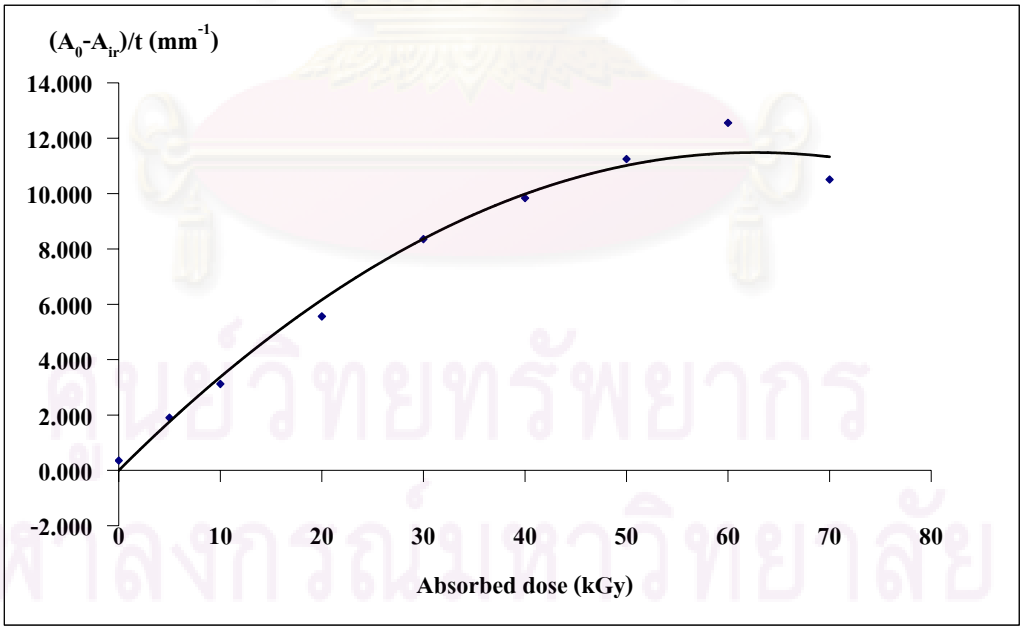
รูปที่ 4.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 nm ตามลำดับ



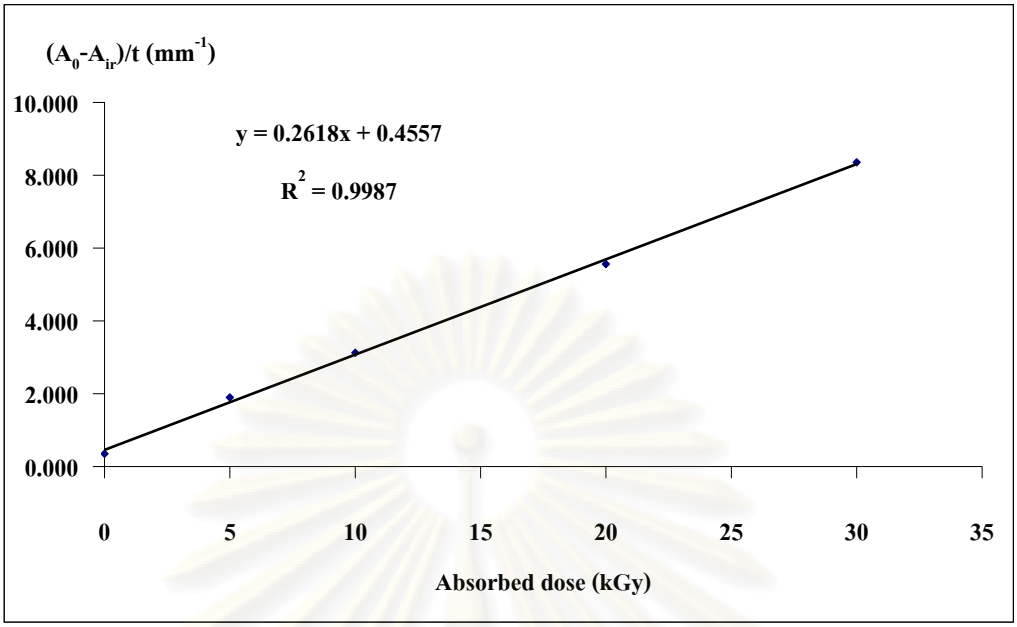
รูปที่ 4.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ปริมาณรังสี 10-40 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm และ ที่ปริมาณรังสี 10-60 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนาของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm และ เติม chloral hydrate 30 % โดยน้ำหนักของ PVA ที่ปริมาณรังสี 0-70 kGy

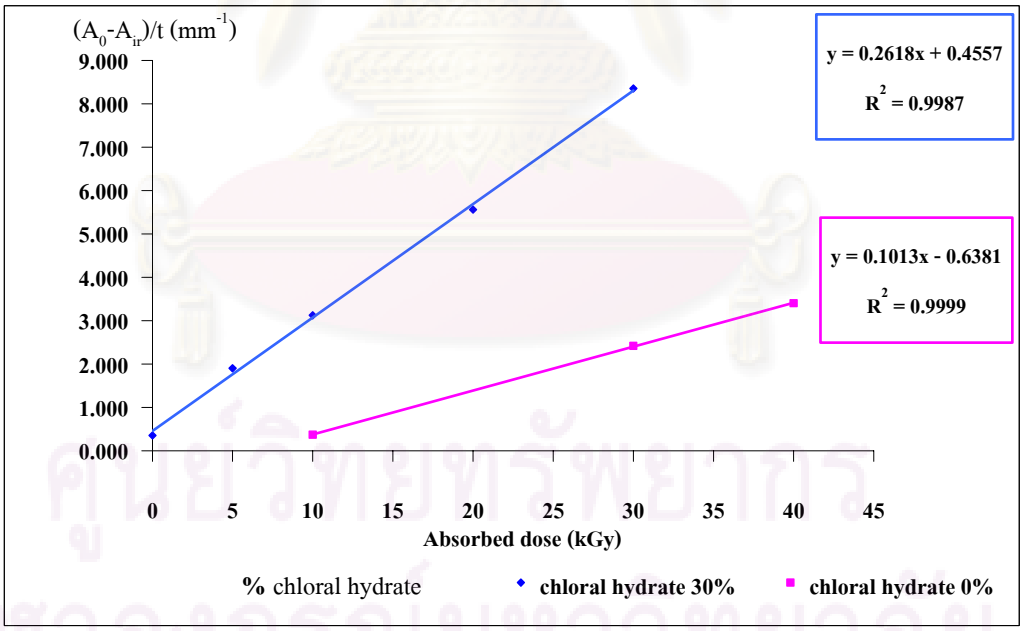
Absorbed dose (kGy)	$((A_0-A_{ir})/t)$ (mm^{-1})
0	0.352 ± 0.017
5	1.900 ± 0.029
10	3.123 ± 0.070
20	5.562 ± 0.089
30	8.356 ± 0.134
40	9.837 ± 0.100
50	11.250 ± 0.057
60	12.557 ± 0.019
70	10.509 ± 0.208



รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนา 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร



รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 30%โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ที่ปริมาณรังสี 0-30 kGy



รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยความหนากับปริมาณรังสี ของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ปริมาณรังสี 0-30 kGy และไม่เติม chloral hydrate ที่ปริมาณรังสี 10-40 kGy ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร

4.2.6 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.31-4.32

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 2% จากนั้นในวันที่ 2 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มสูงสุดที่วันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 10 % หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงวันที่ 42 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงประมาณ 7 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 3% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 28 กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 18% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 21% หลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 2 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 18 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 21%

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในช่วง 2 วันแรก ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1% ต่อจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 70 ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืน

แสงเพิ่มขึ้น 15 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 3% จากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยจนถึงวันที่ 70 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 26% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 2 วันแรกมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1 % ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงประมาณเพิ่มขึ้น 21 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสใน 1 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ต่อจากนั้นฟิล์มยังคงมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 31 %

4.2.7 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง ก่อนได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.33-4.34

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 2% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงเพิ่มขึ้น ในวันที่ 7 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 8% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 8-9% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 1% ในวันแรกต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงเพิ่มขึ้นในวันที่ 7 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 6-7% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 5% หลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

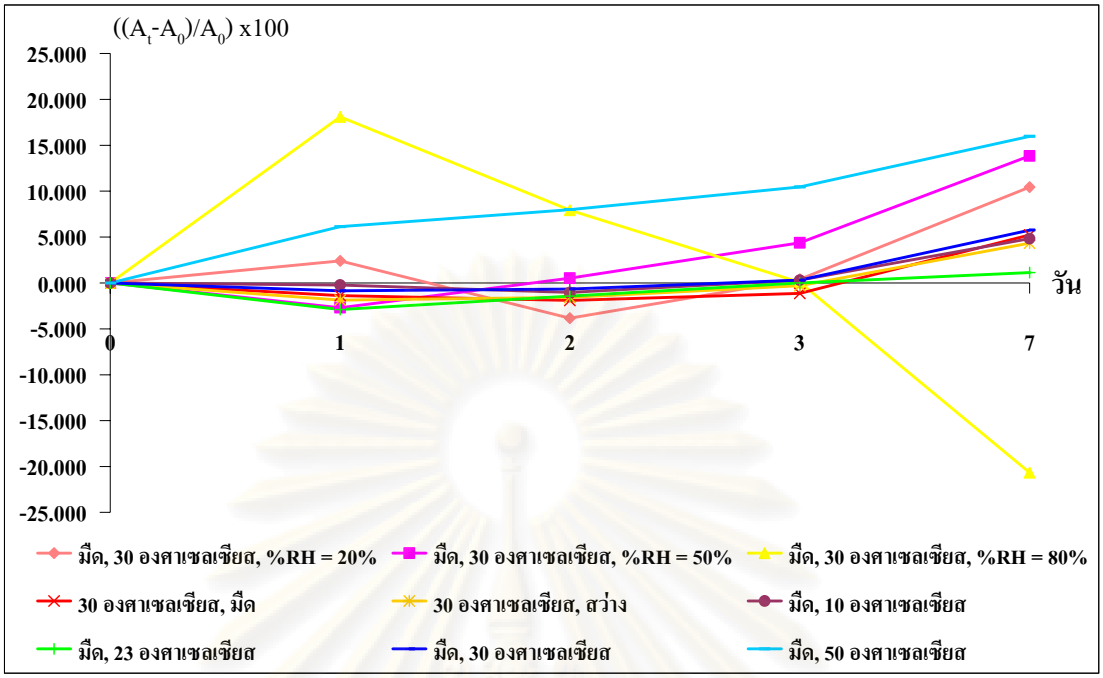
การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง

เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 4-5% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 4-6%

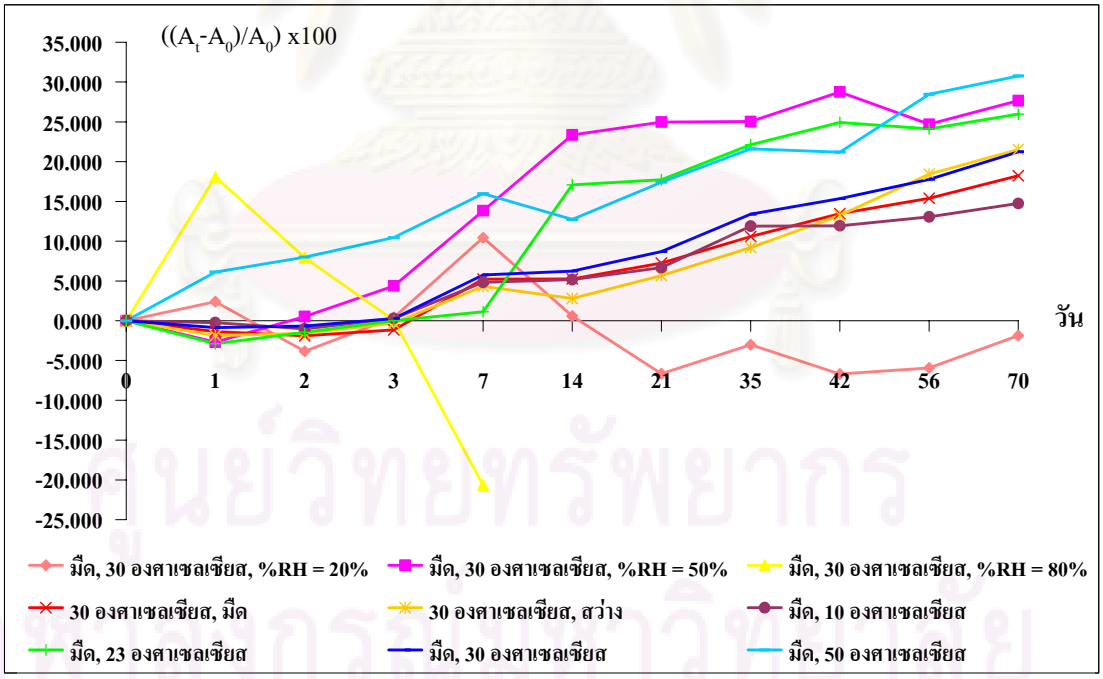
การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5.5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 4-6% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-6% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 4-5% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในช่วง 7 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อยๆ เพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 7% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 4-7%

จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ก่อนฉายรังสีที่สภาวะต่างๆ พบว่าความชื้นสูงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด และพบว่าที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 nm มีเสถียรภาพดีกว่า 365 nm ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 nm ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มค่าการดูดกลืนแสงมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 7 ต่อจากนั้นจะค่าการดูดกลืนแสงจะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ดังนั้นถ้าใช้ฟิล์มที่ค่าความยาวคลื่นนี้ควรนำไปใช้งานหลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จแล้ว และนำฟิล์มไปเก็บไว้ที่มืด มีความชื้นต่ำ อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ก่อนเป็นระยะเวลา 7 วัน เนื่องจากหลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จแล้ว 7 วัน ฟิล์มมีเสถียรภาพดี แต่ถ้าใช้ฟิล์มที่ค่าความยาวคลื่น 365 nm ควรนำฟิล์มไปใช้งานหลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จไม่เกิน 3 วัน โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส

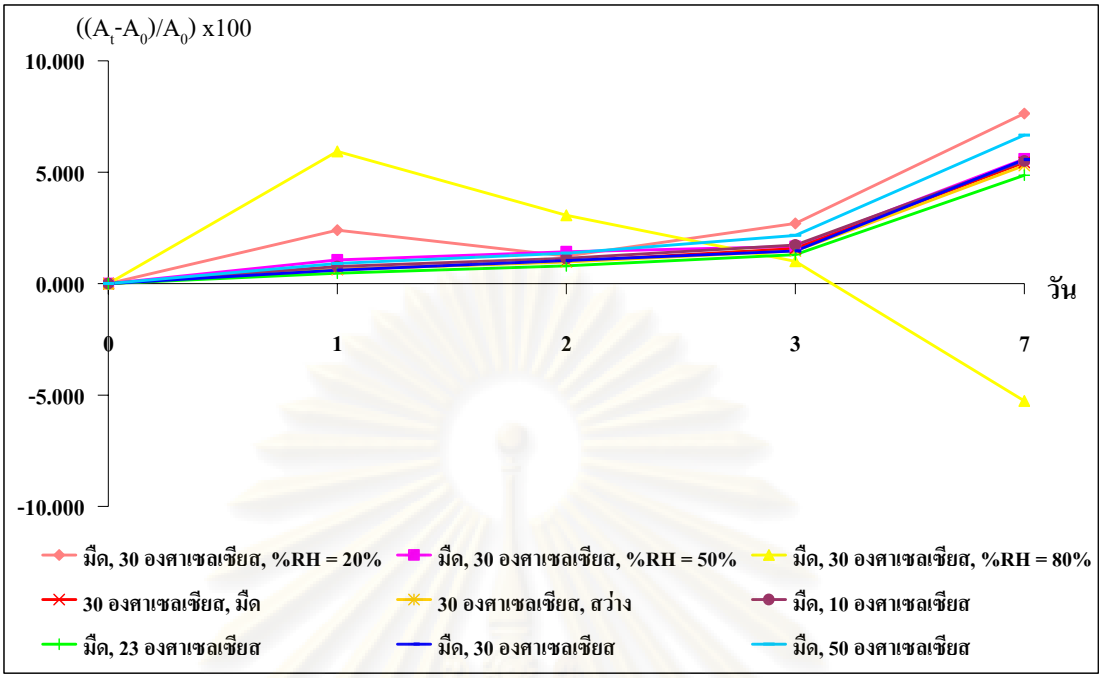
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



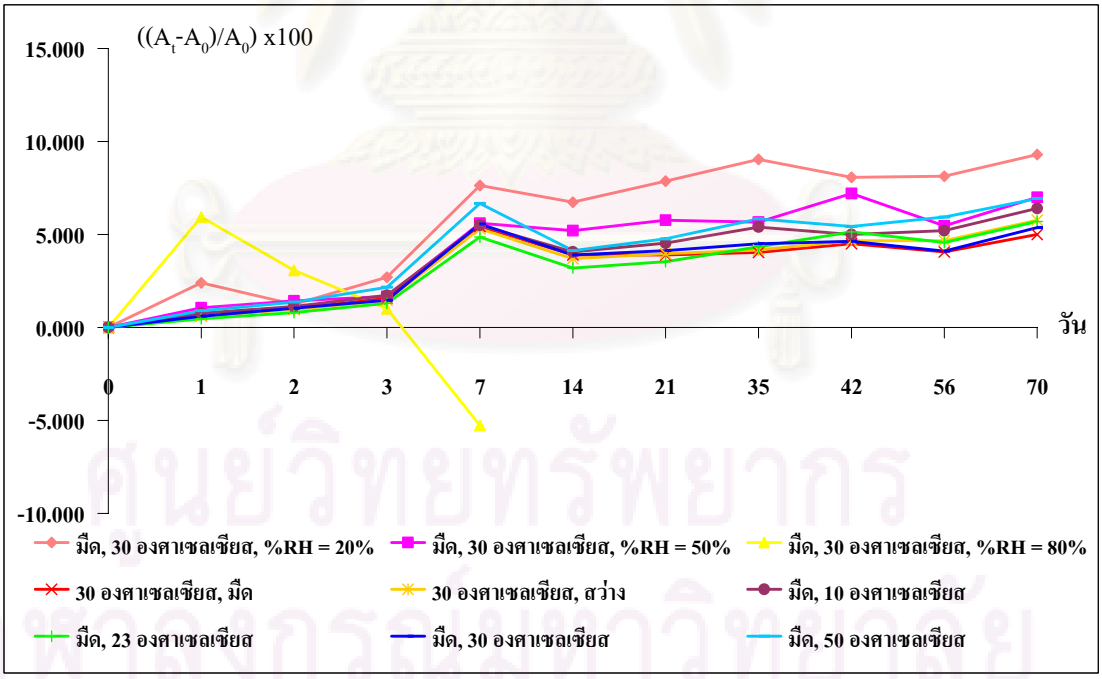
รูปที่ 4.31 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.32 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 70 วัน



รูปที่ 4.33 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสีเป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.34 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ก่อนได้รับรังสี เป็นระยะเวลา 70 วัน

4.2.8 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 mm ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง หลังได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสีหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.35-4.36

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในวันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงยังคงเพิ่มขึ้นโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 18% ต่อจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะค่อยๆ ลดลงจากวันที่ 7 โดยมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงแปรปรวนอยู่ระหว่าง 2-9 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 33% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว 22% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% หลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่ มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 28% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 3% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 32%

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 2% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 23% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 4% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การ

ดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 38% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 4% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 33% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ในวันแรก จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 70 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 42%

4.2.9 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง หลังได้รับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ เป็นระยะเวลา 70 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังได้รับรังสีหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.37-4.38

การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% จากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 6-8% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 4% จากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-4% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 1% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% หลังจากนั้นฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

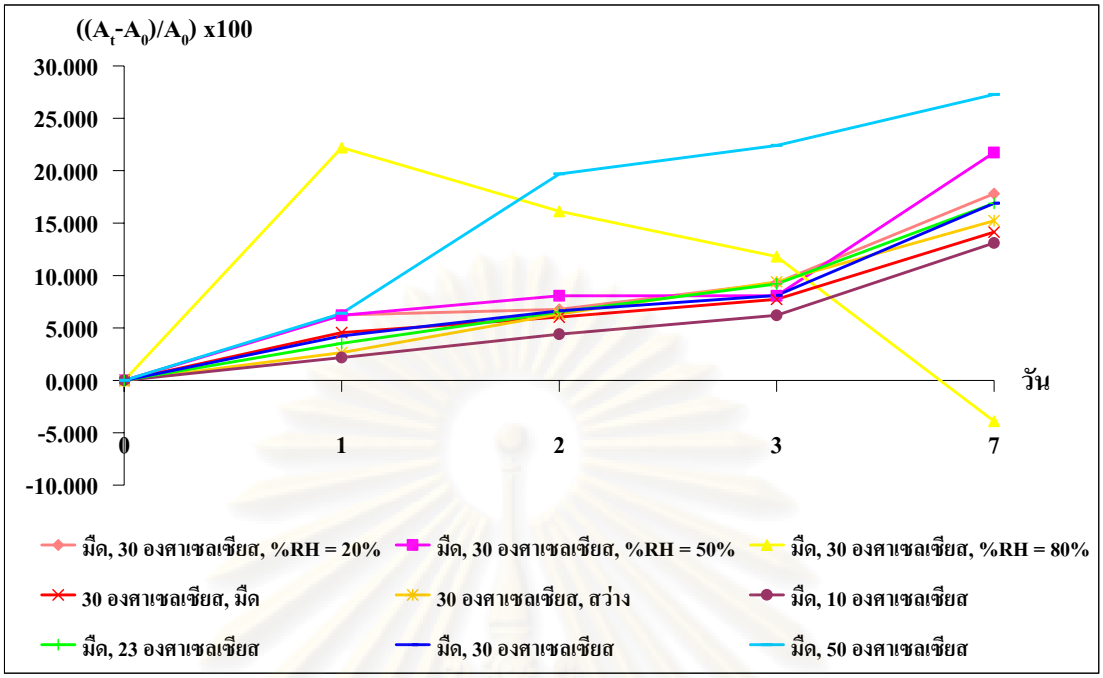
การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% จากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-4% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์

การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% จากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-4%

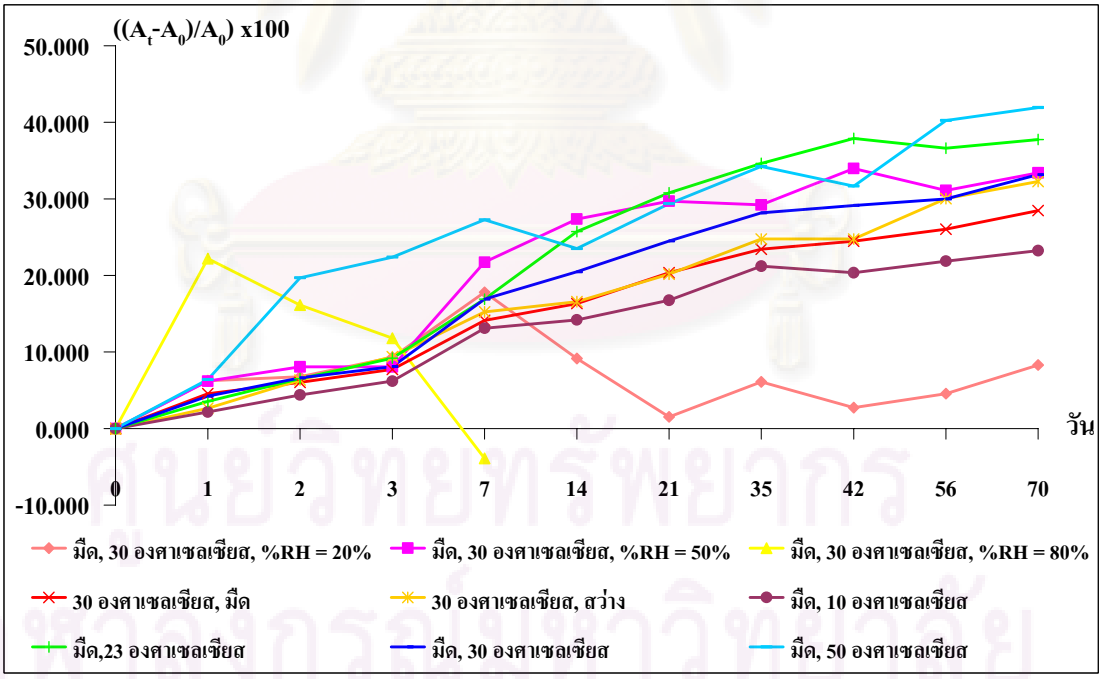
การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-5% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรก ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ ในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 3% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 2-3% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-5% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงค่อนข้างคงที่ต่อจากนั้นในวันที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6% ต่อจากนั้นวันที่ 7-70 เปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยอยู่ระหว่าง 3-5%

จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง หลังได้รับรังสี 30 kGy ที่สภาวะต่างๆ พบว่าความชื้นสูงและอุณหภูมิสูงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมาก และพบว่าที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 nm มีเสถียรภาพดีกว่า 365 nm ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 nm ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่งเมื่อได้รับรังสีในช่วง 3 วันแรกฟิล์มค่าการดูดกลืนแสงมีเปลี่ยนเล็กน้อย หลังจากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 7 ดังนั้น ถ้าใช้ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสงนี้สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังจากฉายรังสีแล้วภายใน 3 วันเนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้นโดยเก็บไว้ที่มืด ความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส แต่ถ้าใช้ฟิล์มที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 nm ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จเนื่องจากค่าการดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บฟิล์ม

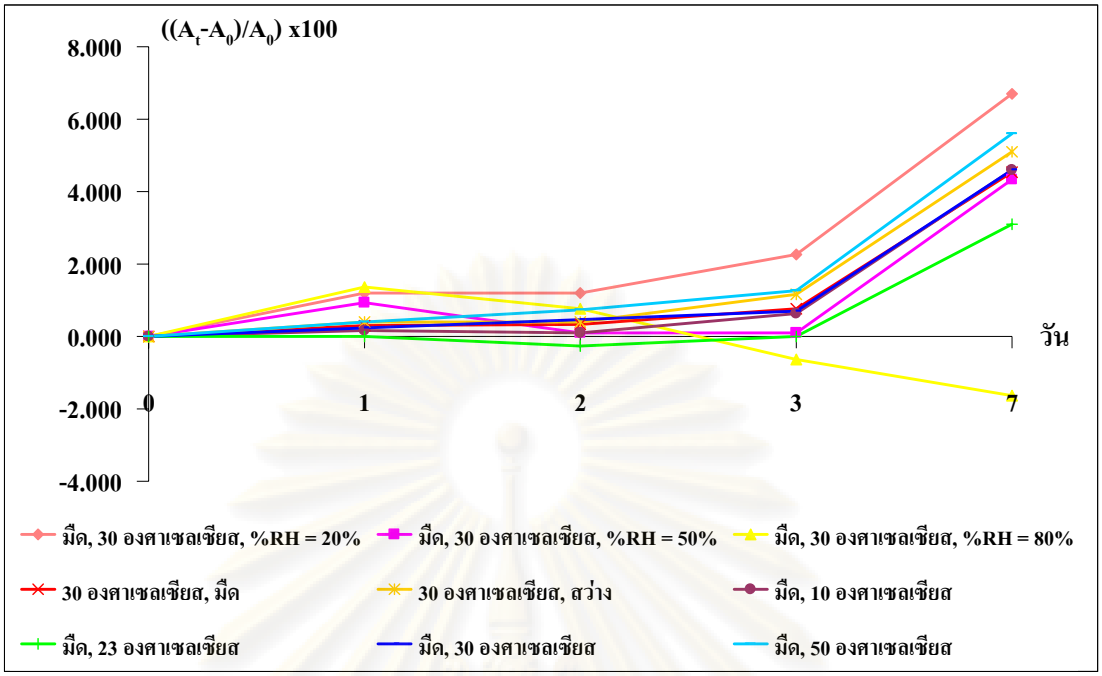
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



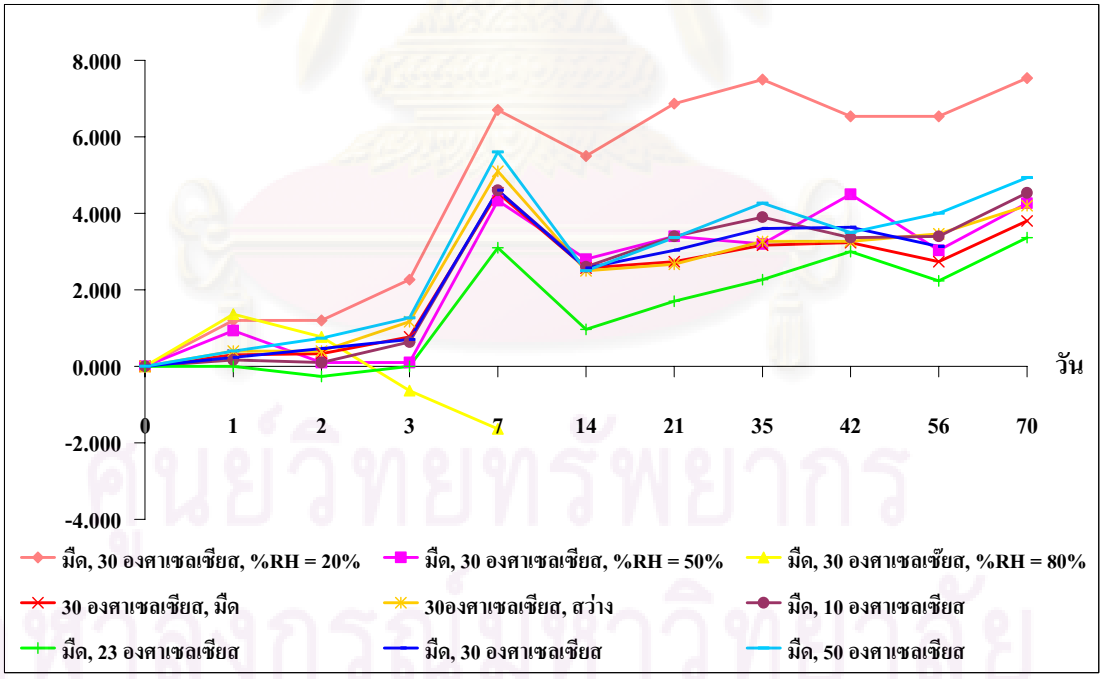
รูปที่ 4.35 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.36 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน



รูปที่ 4.37 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.38 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร ที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 70 วัน

4.2.10 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง และเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆเป็นระยะเวลา 56 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.39-4.40

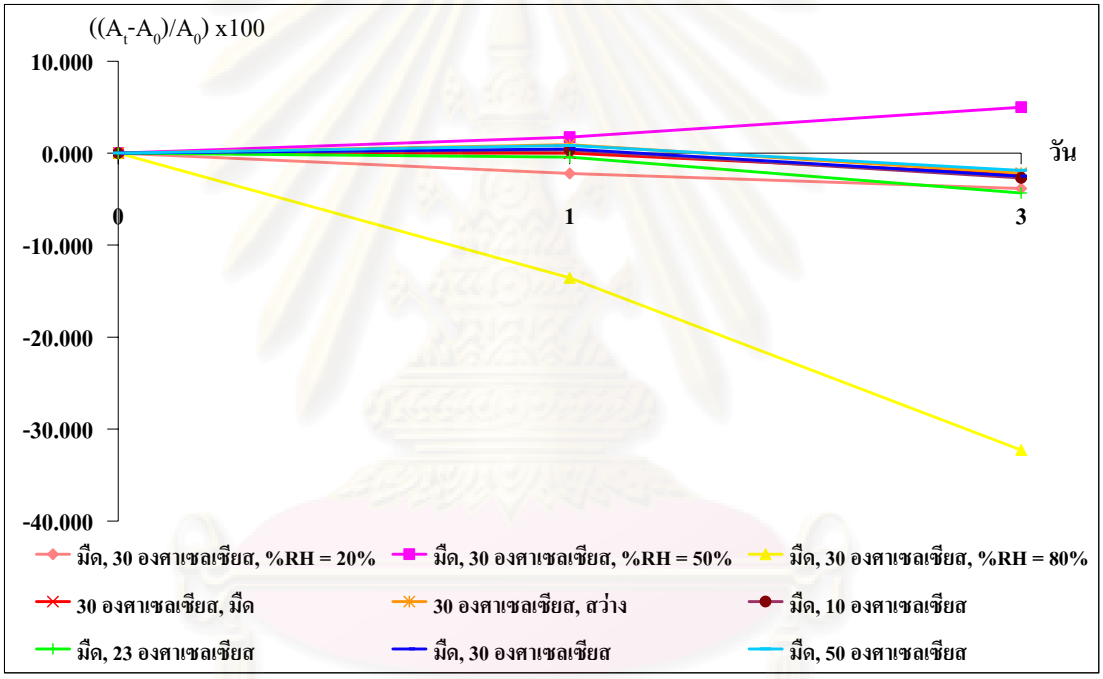
การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ใน 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยจนถึงวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นประมาณ 15 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่ มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 2% ในวันแรก หลังจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 29% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงอย่างรวดเร็ว 14% ในวันแรก ต่อจากนั้นฟิล์มยังคงมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลงเรื่อยๆ จนวันที่ 28 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 29% และหลังจากวันที่ 28 ฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดและที่สว่าง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันคือ ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 6%

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่าฟิล์มที่เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรก ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 3% ต่อจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 7 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรก ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% ต่อจากนั้นฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในช่วง 3 วันแรกมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2.5 % ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56

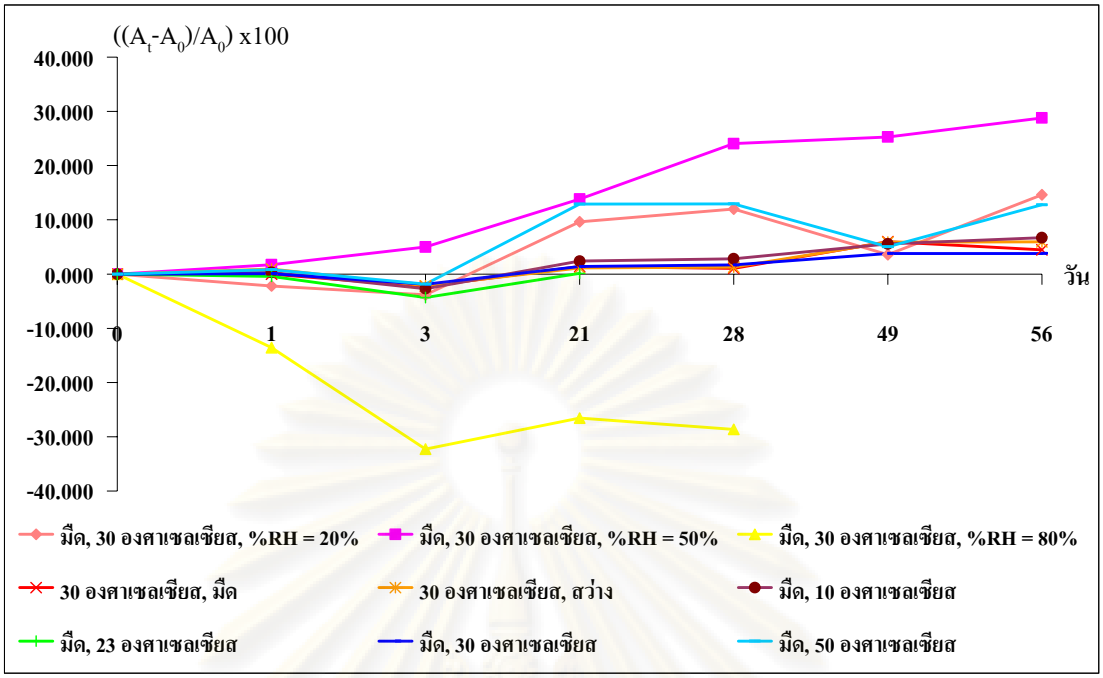
มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงประมาณเพิ่มขึ้น 4% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50°C ใน 3 วัน แรกฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 13 %

จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ไว้ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้นมีผลต่อฟิล์ม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด อุณหภูมิมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มรองลงมา ถ้าต้องการใช้ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ควรใช้งานหลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จไม่เกิน 28 วัน โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส



รูปที่ 4.39 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี เป็นเวลา 3 วัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.40 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ก่อนรับรังสี เป็นเวลา 56 วัน

4.2.11 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy

การทดสอบเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง และเติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆเป็นระยะเวลา 56 วัน เพื่อทดสอบว่าที่สภาวะต่างๆ มีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มหลังรับรังสีหรือไม่ ได้แก่ ผลของความชื้นต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ ผลของแสงต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์มโดยการเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10, 23, 30 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.41-4.42

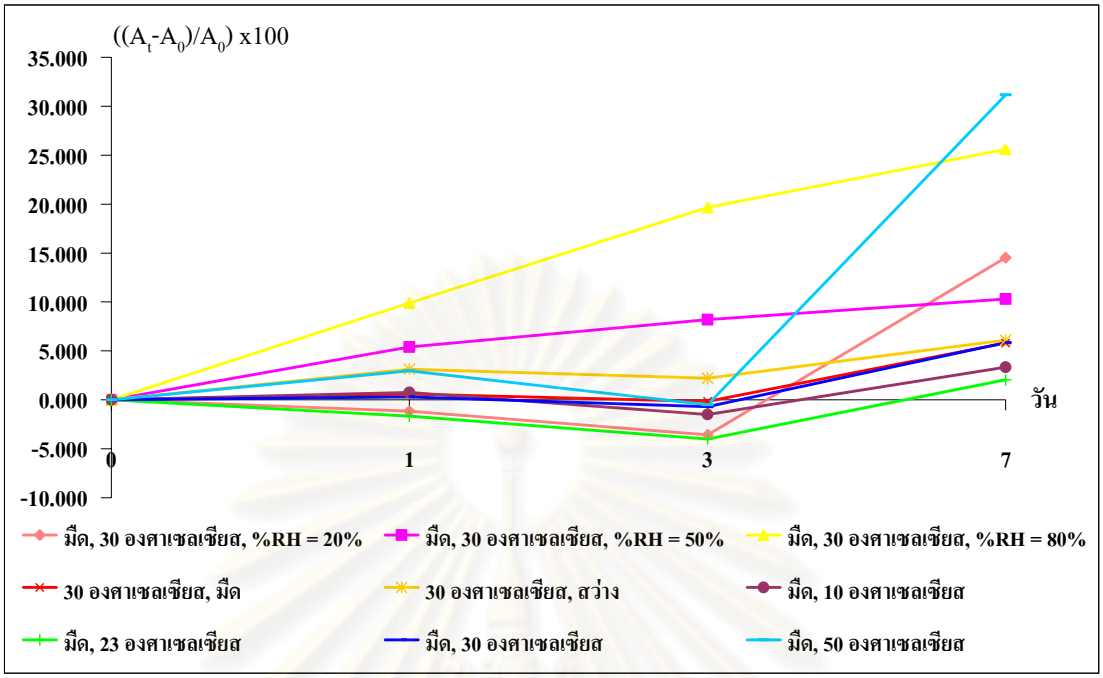
การเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่ความชื้น 20%, 50% และ 80% ตามลำดับ พบว่าเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 20% ในช่วง 3 วันแรก ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 33% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 50% ใน

วันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 5% จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 69% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ความชื้น 80% ในวันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 10% จากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 28 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 24% หลังจากวันที่ 28 ฟิล์มมีลักษณะเหนียวและหนืดจนกระทั่งไม่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงได้

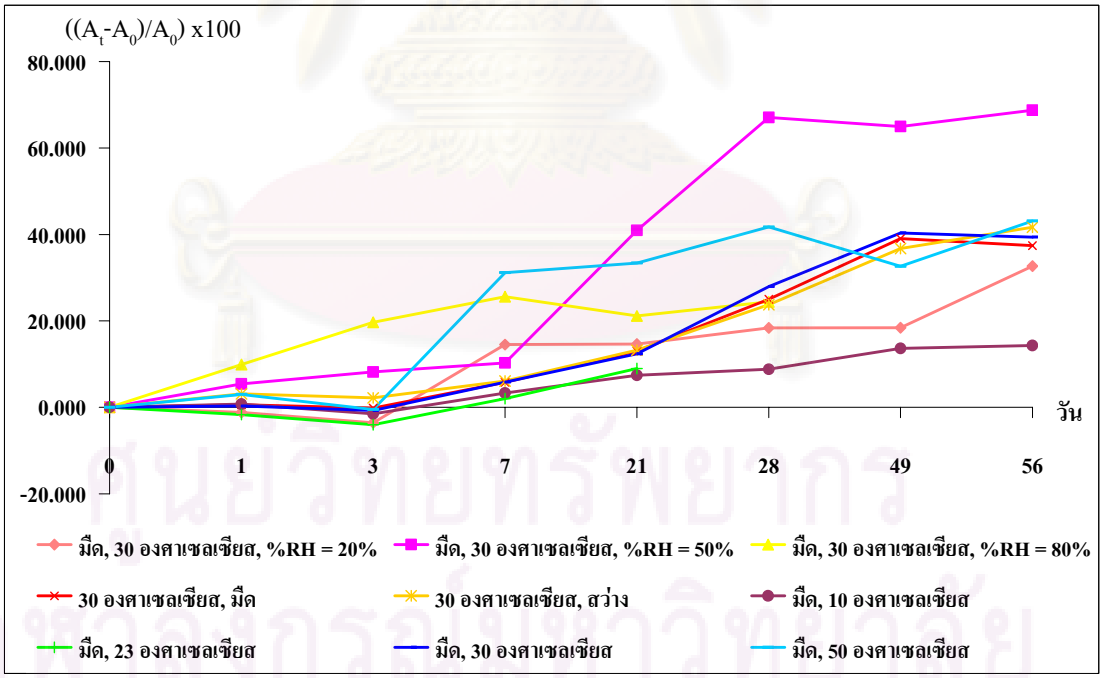
การทดสอบแสงต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเท่านั้น ต่อมาฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงวันที่ 56 ฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 38 % กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มีแสงปกติ (ambient light) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 4% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 41%

การทดสอบผลของอุณหภูมิต่อการตอบสนองของฟิล์ม พบว่ากรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 10 ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 2% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 14% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ในช่วง 3 วันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 4% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนวันที่ 21 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 9% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสในช่วง 3 วันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงลดลง 1% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 40% กรณีเก็บฟิล์มไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในวันแรกฟิล์มจะมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 3% ต่อจากนั้นฟิล์มมีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนวันที่ 56 มีเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสงเพิ่มขึ้น 43%

จากผลการทดลองเก็บฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate หลังได้รับรังสี 30 kGy ที่สภาวะต่างๆ พบว่าอุณหภูมิ แสง และความชื้นมีผลต่อฟิล์ม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบปัจจัยทั้งสามชนิดแล้วพบว่าความชื้นมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มมากที่สุด อุณหภูมิสูง และแสงมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มใกล้เคียงกัน การนำฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate ไปใช้งาน เมื่อฟิล์มได้รับรังสีควรวัดค่าการดูดกลืนแสงไม่เกิน 3 วัน หลังจากฉายรังสีเสร็จ โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และความชื้นต่ำ



รูปที่ 4.41 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 7 วัน



รูปที่ 4.42 เสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีที่สกัดจากครั่ง สกัดสีจากครั่งที่อัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร ที่ความหนาเฉลี่ย 0.034 มิลลิเมตร เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm หลังรับรังสีแกมมา 30 kGy เป็นระยะเวลา 56 วัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถผลิตแผ่นฟิล์มที่ทำจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol) ผสมด้วยสารสกัดจากใบผีเสื้อราตรี (*Oxalis regnelil*) และครั่ง (crude LAC) จากการทดลองพบว่าอัตราส่วน และความหนาที่เหมาะสมของฟิล์ม คือ ฟิล์ม PVA ผสมสารสกัดจากใบผีเสื้อราตรี เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรีอัตราส่วนใบผีเสื้อราตรีต่อน้ำ 1:3.5 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 5%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0401 มิลลิเมตร ฟิล์ม PVA ผสมสารสกัดจากครั่ง เตรียมจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ 4.32 กรัม ผสมสีสกัดจากครั่งอัตราส่วนครั่งต่อน้ำ 1:17 กรัมต่อมิลลิลิตร เติม chloral hydrate 30%โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ฟิล์มมีความหนาเฉลี่ย 0.0340 มิลลิเมตร เมื่อฟิล์มที่เตรียมจากสีย้อมทั้งสองชนิดได้รับรังสีมีการตอบสนองต่อรังสีโดยการเกิดการฟอกสีขึ้น (Bleaching) ฟิล์ม PVA ผสมสารสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ทั้งที่เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ และไม่ได้เติม chloral hydrate วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร สามารถใช้วัดปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 5-30 kGy โดยฟิล์มที่เติม chloral hydrate จะมีความไวต่อรังสีน้อยกว่าฟิล์มที่ไม่ได้เติม chloral hydrate ส่วนฟิล์ม PVA ผสมสารสกัดจากครั่ง ที่ไม่ได้เติม chloral hydrate วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 365 และ 497 nm สามารถใช้วัดปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 10-40 และ 10-60 kGy ตามลำดับ ฟิล์ม PVA-สารสกัดจากครั่ง ที่เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร สามารถใช้วัดปริมาณรังสีแกมมาในช่วง 0-30 kGy โดยฟิล์มที่เติม chloral hydrate จะมีความไวต่อรังสีมากกว่าฟิล์มที่ไม่ได้เติม chloral hydrate

สภาวะแวดล้อมมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มที่ผลิตขึ้น ได้แก่ ความชื้น แสง และอุณหภูมิ ทั้งก่อนและหลังรับรังสี ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ผู้ใช้ควรเลือกใช้แผ่นฟิล์มทันทีหลังจากเตรียมแผ่นฟิล์มเสร็จ และวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จ ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรีที่มีการเติม chloral hydrate 5 %โดยน้ำหนักของ PVA ผู้ใช้ควรเลือกใช้แผ่นฟิล์มทันทีหลังจากเตรียมแผ่นฟิล์มเสร็จ หรือเก็บฟิล์มไว้ได้ไม่เกิน 1 วัน หลังจากเตรียมเสร็จ โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิต่ำ และความชื้นต่ำๆ และวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จ ส่วนแผ่นฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง พบว่าสภาวะแวดล้อมที่เก็บฟิล์มมีผลต่อการตอบสนองของฟิล์มทั้งก่อน และหลังรับรังสีเช่นกัน ซึ่งที่ความชื้นสูงมีผลมากที่สุด พบว่าที่ความยาวคลื่นแสง 365 nm ผู้ใช้ควรเลือกใช้แผ่นฟิล์มหลังจากเตรียมแผ่นฟิล์มเสร็จไม่เกิน 3 วัน โดยเก็บฟิล์มไว้ที่มืด มีความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และวัดค่าการดูดกลืนแสง

ทันทีหลังจากฉายรังสีเสร็จ ส่วนที่ความยาวคลื่นแสง 497 nm ผู้ใช้ควรเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ประมาณ 7 วัน หลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จ ก่อนที่จะนำฟิล์มไปใช้ และวัดค่าการดูดกลืนแสงหลังจากฉายรังสีแล้วภายใน 3 วัน โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่มีการเติม chloral hydrate 30 %โดยน้ำหนักของ PVA ควรใช้งานหลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จไม่เกิน 28 วัน หลังจากเตรียมฟิล์มเสร็จโดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด ความชื้นต่ำ และอุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส เมื่อฟิล์มได้รับรังสีควรวัดค่าการดูดกลืนแสงไม่เกิน 3 วัน หลังจากฉายรังสีเสร็จ โดยเก็บฟิล์มไว้ในที่มืด อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และความชื้นต่ำ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และครั่ง
2. ควรศึกษาเกี่ยวกับ repeatability ของการเตรียมฟิล์มจากโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี และฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่อัตราส่วนและความหนาที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Hoang, H.M., Solomon, H.M.,and Taguchi, K., M. Polyvinyl butyral films containing leuco malachite green as low-dose dosimeters. Radiat. Phys. Chem. 77 (2008): 457-462.

[2] Kattan, M., Daher, Y.,and Alkassiri, H. A high-dose dosimeter-based polyvinyl chloride dyed with malachite green. Radiat. Phys. Chem. 76 (2007): 1195-1199.

[3] Lavalle, M., and others. Radiochromic film containing methyl viologen for radiation dosimetry. Radiat. Phys. Chem. 76 (2007): 1502-1506.

[4] Hoang, H.M., Nguyen, D.D.,and Takuji, K. Dye polyvinyl chloride films for use as high-dose routine dosimeters in radiation processing. Radiat. Phys. Chem. 69 (2004): 439-444.

[5] สัมฤทธิ์ เกิดแก้ว. การพัฒนาฟิล์มวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ใช้โพลีไวนิวแอลกอฮอล์ผสมสีย้อมธรรมชาติสกัดจากพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

[6] ธัญจิรา บุญพิชญาภา. การพัฒนาฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทีลีนบลู สำหรับการวัดปริมาณสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

[7] Barakat, M.F., El-Salamawy, K., El-Banna, M., Abdel-Hamid, M.,and Abdel-Rehim, T.A. Radiation Effect on Some Dyes in Non-Aqueous Solvent and Some Polymer films. Radiat. Phys. Chem 61 (2001): 129-136.

[8] Spinks, J.W.T.,and Woods, R.J. An Introduction to Radiation Chemistry. 3 rd ed. Canada : Wiley Interscience, 1990.

[9] Woon, H.C. Film Dosimeter Base on Methyl Orange in Polyvinyl Alcohol. Nuclear Technology 106 (1994): 162-264.

[10] Hutson Jane. ANNUAL GARDENING. New York : Pantheon Book, Knopf Publishing Group, 1995.

[11] ภูรี อนันตโชติ. สีจากครั่ง. ปริญญานิพนธ์ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

[12] มนตรา ไชยรัตน์. การสกัด การศึกษาองค์ประกอบของสีจากครั่งในประเทศไทย และการพัฒนาการย้อมสีครั่งบนไหมและฝ้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2547.

[13] Standard Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimeter System. An American National Standard, E 1275, 1993.

[14] ASTM. Standard Practice for Using the Fricke Reference-Standard Dosimetry System. An American National Standard, E 1026-04, 2005.

[15] Ebraheem, S., Eid, S.,and Kovacs, A. A new dyed poly (vinyl alcohol) film for high-dose applications. Radiat. Phys. Chem. 63 (2002): 807-811.

[16] Emi-Reynolds, G., Andeas, K.,and Fletcher, J.J. Dosimetry characterization of tetrazolium violet-polyvinylalcohol films. Radiat. Phys. Chem. 76 (2007): 1519-1522.

[17] Atef , A.A.,and El-kelany, N. Radiation-sensitive indicator based on radiation-chemical formation of acid in polyvinyl butyral films containing chloral hydrate. Radiat. Phys. Chem. 51 (1997): 317-325.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 nm ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	6.985	3.041	-15.645	4.398	3.968	5.078	11.628	6.328	17.844
3	9.327	-1.594	-35.384	12.699	12.697	12.704	13.334	13.301	15.642
5	10.919	-9.957	-52.499	14.255	14.810	13.942	14.412	14.860	12.636
7	15.260	-20.129	-77.941	19.446	16.987	19.718	25.692	20.429	5.142
14	6.090	-39.855		16.651	13.274	18.690	34.681	17.868	-10.171
21	0.888	-47.368		16.873	12.804	19.248	38.894	18.287	-12.892
35	-11.333	-47.701		12.271	6.242	18.884	37.481	16.413	-33.187
42	-11.333	-47.701		9.368	2.800	12.730	34.216	10.723	-34.961
56	-14.765	-48.315		2.260	-4.718	13.691	26.953	3.975	-21.189
70	-19.927	-44.602		1.667	-7.482	13.653	24.549	3.467	-18.329

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 nm หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	7.545	-4.092	-3.815	5.480	-0.503	2.886	-1.859	0.568	0.519
3	6.064	-15.392	-32.800	4.997	-2.034	0.595	-3.311	-2.810	-2.348
5	4.255	-23.590	-40.306	5.894	-1.393	0.429	-3.858	-3.268	-5.005
7	12.303	-30.066	-30.424	14.050	4.703	9.395	5.274	4.023	-5.366
14	-7.174	-46.378		7.445	-6.431	4.589	8.917	-5.746	-20.354
21	-17.109	-44.763		7.360	-7.484	5.766	13.175	-6.196	-21.192
35	-18.755	-44.572		2.304	-14.244	4.502	11.417	-11.122	-32.058
42	-24.387	-41.941		-0.471	-17.302	-1.315	7.969	-13.858	-34.113
56	-25.527	-42.458		-8.057	-25.750	-1.318	1.062	-20.875	-26.501
70	-31.311	-36.347		-6.752	-26.234	0.022	1.703	-20.154	-21.961

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	-9.000	-5.100	-32.121	-1.267	-1.033	-1.033	-2.733	-1.867	-0.833
3	-18.300	-19.433	-71.700	-6.300	-4.767	-9.333	-8.633	-6.067	-5.300
7	-8.533	-36.600	-63.400	-3.900	-2.800	-7.633	-5.233	-3.833	2.200
21	-11.833	-62.333	-72.033	-5.233	-3.733	-6.100	-6.333	-5.067	-4.700
28	-20.300	-59.833	-72.833	-5.300	-5.467	-6.600		-5.367	-11.933
49	-64.300	-59.467		-5.533	-7.633	-5.300		-5.500	-19.100
56	-56.433	-59.000		-6.567	-11.600	-4.600		-7.100	-21.767

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากใบผีเสื้อราตรี เติม chloral hydrate 5% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 546 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	7.100	9.63	7.259	10.400	10.500	7.700	8.300	9.867	10.467
3	1.633	5.77	17.167	11.000	11.567	7.233	8.000	10.400	10.833
7	9.100	-6.30	19.167	17.633	17.700	12.700	17.100	17.000	24.600
21	6.533	-31.30	-36.533	21.267	25.300	16.133	19.000	20.467	19.767
28	-0.167	-32.97	-37.067	24.300	28.167	18.100		22.867	15.833
49	-34.767	-33.57		24.167	23.900	19.433		23.067	8.500
56	-28.367	-33.53		23.300	23.433	19.967		22.967	13.567

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	2.400	-2.700	18.100	-1.367	-1.867	-0.233	-2.900	-0.867	6.133
2	-3.833	0.533	7.933	-1.900	-1.567	-1.033	-1.433	-0.667	8.000
3	0.400	4.367	0.067	-1.133	-0.300	0.300	0.000	0.300	10.467
7	10.433	13.833	-20.667	5.233	4.333	4.833	1.133	5.767	15.967
14	0.600	23.367		5.267	2.800	5.167	17.100	6.233	12.733
21	-6.667	24.967		7.233	5.667	6.667	17.733	8.700	17.400
35	-3.000	25.033		10.600	9.200	11.900	22.133	13.400	21.600
42	-6.700	28.767		13.467	13.233	11.933	24.933	15.367	21.200
56	-5.933	24.700		15.400	18.433	13.067	24.133	17.767	28.467
70	-1.867	27.667		18.233	21.533	14.733	25.967	21.233	30.767

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	2.400	1.067	5.933	0.633	0.633	0.467	0.467	0.600	0.900
2	1.233	1.433	3.067	1.000	0.967	0.800	0.800	1.033	1.367
3	2.700	1.667	1.000	1.567	1.467	1.300	1.300	1.467	2.167
7	7.633	5.600	-5.267	5.433	5.300	4.867	4.867	5.567	6.667
14	6.733	5.200		3.900	3.700	3.200	3.200	3.900	4.133
21	7.867	5.767		3.900	3.967	3.533	3.533	4.133	4.767
35	9.033	5.667		4.033	4.167	4.333	4.333	4.500	5.833
42	8.067	7.200		4.500	4.667	5.133	5.133	4.633	5.433
56	8.133	5.467		4.067	4.667	4.567	4.567	4.100	5.933
70	9.300	7.000		5.000	5.767	5.700	5.700	5.367	6.933

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	6.233	6.200	22.200	4.567	2.633	2.167	3.533	4.233	6.400
2	6.767	8.067	16.133	6.033	6.333	4.400	6.533	6.633	19.700
3	9.300	8.067	11.800	7.733	9.400	6.200	9.200	8.100	22.400
7	17.800	21.733	-3.900	14.133	15.233	13.100	16.900	16.900	27.267
14	9.167	27.367		16.333	16.567	14.200	25.733	20.467	23.500
21	1.533	29.700		20.367	20.167	16.767	30.800	24.500	29.367
35	6.100	29.200		23.433	24.767	21.200	34.633	28.167	34.233
42	2.733	33.967		24.467	24.767	20.367	37.900	29.133	31.667
56	4.567	31.100		26.033	30.033	21.867	36.633	30.000	40.233
70	8.300	33.400		28.467	32.267	23.233	37.767	33.167	41.933

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 497 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1.200	0.933	1.367	0.300	0.400	0.167	0.000	0.233	0.400
2	1.200	0.100	0.767	0.333	0.400	0.100	-0.267	0.467	0.733
3	2.267	0.100	-0.633	0.767	1.167	0.633	0.000	0.700	1.267
7	6.700	4.333	-1.633	4.533	5.100	4.600	3.100	4.600	5.600
14	5.500	2.800		2.567	2.500	2.600	0.967	2.567	2.500
21	6.867	3.400		2.733	2.667	3.400	1.700	3.033	3.367
35	7.500	3.200		3.167	3.267	3.900	2.267	3.600	4.267
42	6.533	4.500		3.233	3.267	3.367	3.000	3.633	3.500
56	6.533	3.033		2.733	3.467	3.400	2.233	3.133	4.000
70	7.533	4.267		3.800	4.200	4.533	3.367	4.500	4.933

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร ก่อนได้รับรังสีแกมมาที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000
1	-2.200	1.733	-13.567	0.000	0.933	0.333	-0.4333	0.467	0.833
3	-3.833	5.000	-32.267	-2.300	-2.167	-2.700	-4.3333	-2.500	-1.867
21	9.633	13.833	-26.567	1.400	1.133	2.400	0.1333	1.667	12.933
28	12.000	24.067	-28.633	1.067	1.300	2.833		1.067	12.967
49	3.600	25.300		5.967	5.900	5.567		4.300	5.033
56	14.633	28.800		4.467	5.933	6.700		4.000	12.800

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปของผลการทดลองเสถียรภาพของฟิล์ม PVA ผสมสีสกัดจากครั่ง เติม chloral hydrate 30% โดยน้ำหนักของ PVA ที่ค่าความยาวคลื่นแสง 365 นาโนเมตร หลังได้รับรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่สภาวะต่างๆ

เวลา (วัน)	ความชื้น			แสง		อุณหภูมิ			
	20%	50%	80%	มืด	แสงปกติ	10 องศาเซลเซียส	23 องศาเซลเซียส	30 องศาเซลเซียส	50 องศาเซลเซียส
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	-1.167	5.400	9.897	0.600	3.133	0.767	-1.667	0.300	2.967
3	-3.567	8.200	19.667	-0.167	2.200	-1.500	-4.000	-0.700	-0.500
7	14.533	10.300	25.600	5.800	6.100	3.333	2.033	5.833	31.167
21	14.667	40.967	21.167	13.000	13.233	7.433	9.000	12.367	33.400
28	18.367	67.067	24.433	25.000	23.733	8.833		27.933	41.733
49	18.433	65.000		39.067	36.767	13.633		40.367	32.633
56	32.667	68.767		37.433	41.667	14.300		39.400	43.133

หมายเหตุ : ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากฟิล์ม 3 แผ่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกาญจนา กิติดี เกิดเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (รังสีเทคนิค) จากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปี พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย