

PC07: การศึกษาการใช้เซลลูโลสไตรอะซีเตตชนิดเติมสีเพื่อใช้เป็น เครื่องวัดปริมาณรังสีที่ใช้ในงานประจำ

* हरिनेत्र मुंगपायबान, सुमाली निरलपुक, सुपकजि अठबुत्रा और अरक वितिथेरानन
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0 2596 7600 โทรสาร 0 2562 0093 E-Mail: harinate@oaep.go.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้เซลลูโลสไตรอะซีเตตชนิดเติมสีชนิดฟีนอล อินดิเคเตอร์เพื่อเตรียมเครื่องวัดปริมาณรังสีแบบแผ่นฟิล์ม การตอบสนองของแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตต่อรังสีแกมมาที่ปริมาณ 1-70 กิโลเกรย์ถูกวิเคราะห์ด้วยเครื่องยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตที่ผสมควินาลดีนเรด เป็นฟีนอล อินดิเคเตอร์มีการตอบสนองต่อรังสีแกมมาดีที่สุด โดยสีของแผ่นฟิล์มเปลี่ยนจากสีชมพูเข้มเป็นสีชมพูอ่อน และการตอบสนองของแผ่นฟิล์มต่อปริมาณรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ในรูปสมการเชิงเส้น สำหรับผลของแสงที่มีต่อการตอบสนองของแผ่นฟิล์ม พบว่า แผ่นฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงคงที่ได้นานถึง 2 เดือนก่อนฉายรังสีเมื่อเก็บไว้ในที่มืด เมื่อฉายรังสีแล้วแผ่นฟิล์มมีค่าการดูดกลืนแสงคงที่ได้นาน 6 วัน เมื่อเก็บไว้ในที่มืด และมีค่าการดูดกลืนแสงคงที่ได้นาน 3 ชั่วโมง เมื่อเก็บในห้องที่กันแสงยูวี ผลการวิจัยทั้งหมดนี้ชี้ให้เห็นว่าแผ่นเซลลูโลสไตรอะซีเตตชนิดเติมสีชนิดฟีนอล อินดิเคเตอร์สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีที่ใช้ในงานประจำได้

คำสำคัญ: เซลลูโลสไตรอะซีเตต เครื่องวัดปริมาณรังสี เครื่องฉายรังสีแกมมา

The study of using tinted cellulose triacetate as a routine dosimeter

* Harinate Mungpayaban, Sumalee Ninlapruk, Supakij Athabutra and Arak Vitiittheeranon
Office of atom for peace, 16 Vibhavadee Rangsit, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand
Phone: 0 2596 7600, Fax: 0 2562 0093, E-Mail: harinate@oaep.go.th

Abstract

Tinted cellulose triacetate films are prepared by mixing cellulose triacetate with pH indicators to serve as a dosimeter to monitor the exposure to gamma irradiation. The response of cellulose triacetate films exposed to 1-70 kGy of gamma irradiation was analyzed by UV-VIS Spectrophotometer. Results demonstrated that cellulose triacetate films tinted with quinaldine red showed the best response to gamma irradiation as the color changed from dark to pale pink. Using UV-VIS Spectrophotometer, the absorbance of the cellulose triacetate film before gamma irradiation was relatively stable for two months. After irradiation, the stability decreased to 6 days when films were stored in darkroom and 3 hours in UV protection room. In conclusion, tinted cellulose triacetate films showed good response to gamma irradiation and can be used as a routine dosimeter.

Key words: cellulose triacetate, gamma irradiation, dosimeter

1. บทนำ

การควบคุมคุณภาพในกระบวนการฉายรังสีแกมมา มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมการฉายรังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมคุณภาพในเรื่องการวัดปริมาณรังสี ทั้งนี้เพื่อให้การฉายรังสีนั้น ๆ ได้ผลตรงตามวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี เครื่องวัดปริมาณรังสีจึงมีความจำเป็นต่อกระบวนการฉายรังสี ทั้งนี้เพื่อยืนยันว่าผลิตภัณฑ์ที่นำมาฉายรังสีนั้น ได้รับปริมาณรังสีตรงตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องวัดปริมาณรังสีเพื่อควบคุมคุณภาพการฉายรังสีให้ผลิตภัณฑ์ได้รับปริมาณรังสีตามต้องการ เครื่องวัดปริมาณรังสีที่นิยมใช้มีหลายประเภททั้งชนิดสารละลายเคมีและชนิดของแข็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ผลิตจากวัสดุที่ทำจากพอลิเมอร์ (polymeric materials) ตัวอย่างเช่น Radiochromic film และ Polymethyl methacrylate หนึ่งในวัสดุพอลิเมอร์ที่นำมาใช้เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีคือเซลลูโลสไตรอะซีเตต โดยเซลลูโลสไตรอะซีเตตที่ใช้เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดไม่เติมสีสามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 10 ถึง 300 กิโลเกรย์ และจากการศึกษาคุณสมบัติของเซลลูโลสไตรอะซีเตต พบว่าเมื่อเซลลูโลสไตรอะซีเตตได้รับรังสีจะทำให้หมู่ฟังก์ชันกลุ่มคาร์บอกซิลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนหลุดออกมา² ดังนั้น จึงใช้คุณสมบัติดังกล่าวมาพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีที่เตรียมจากเซลลูโลสไตรอะซีเตตให้สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วงปริมาณรังสีที่กว้างขึ้น โดยวัดปริมาณรังสีได้ต่ำลง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เซลลูโลสไตรอะซีเตตเติมสีชนิดที่เป็นฟิเอช อินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มจากนั้น เลือกแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตที่ผสมฟิเอช อินดิเคเตอร์ชนิดที่มีการตอบสนองต่อรังสีดีที่สุด มาทดสอบการฉายรังสีแกมมาที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ ทดสอบหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่จะอ่านผลด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer นอกจากนี้ ได้ศึกษาถึงเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มจากผลของแสงที่มีต่อการตอบสนองต่อค่าการดูดกลืนแสงทั้งก่อนและหลังการฉายรังสี

2. วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

2.1 วัสดุอุปกรณ์

- เครื่องกำเนิดรังสีแกมมา Gammacell 220 excel
- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV3101PC
- เครื่องวัดความหนาแน่นยี่ห้อ MITUTOYO

2.2 สารเคมี

- เซลลูโลสไตรอะซีเตต (Cellulose Triacetate, CTA)
- ไตรฟีนิลฟอสเฟต (Triphenyl Phosphate)
- ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)
- Quinaldine Red
- Bromothymol Blue
- Chlorophenol Red
- Congo Red
- Bromophenol Blue

3. วิธีการ

1. การเตรียมแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตชนิดเดิมสี

เตรียมแผ่นฟิล์มโดยใช้เซลลูโลสไตรอะซีเตตผสมกับไตรฟีนิลฟอสเฟต ซึ่งเป็นตัวพลาสติกไซเซอร์ ละลายด้วยไดคลอโรมีเทน เติมนิเอซ อินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Quinaldine Red, Bromothymol Blue, Chlorophenol Red, Congo Red และ Bromophenol Blue เทในภาชนะสำหรับขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม ตัดแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้ให้มีขนาด 1×1 เซนติเมตร

2. การศึกษาการตอบสนองต่อรังสีแกมมาของแผ่นฟิล์มที่ผสมอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ

นำแผ่นฟิล์มมาอ่านสเปกตรัมการดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสี โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 990-190 นาโนเมตร แล้วนำมาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 10-30 กิโลเกรย์ จากนั้นอ่านสเปกตรัมการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี และเลือกแผ่นฟิล์มชนิดที่มีการตอบสนองรังสีที่ดีมาทำการทดลองต่อไป

3. การสร้างกราฟสอบเทียบ และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

3.1 อ่านสเปกตรัมการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสี นำมาฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 1-70 กิโลเกรย์ ทำการทดลองซ้ำกันทั้งหมด 5 ครั้ง จากนั้นอ่านสเปกตรัมการดูดกลืนแสงหลังฉายรังสีของเครื่องวัดปริมาณรังสี

3.2 สร้างกราฟสอบเทียบ (Calibration Curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงสุทธิหารด้วยความหนาของฟิล์มแต่ละแผ่น (Net Absorbance/mm) กับปริมาณรังสีดูดกลืน (Absorbed Dose) ที่ความยาวคลื่น 517-525 nm โดยค่าการดูดกลืนแสงสุทธิตำวนได้จากผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงก่อนและหลังการฉายรังสี

4. การทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม

ทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์มทั้งก่อนและหลังการฉายรังสี โดยเก็บไว้ในที่มืดและในห้องที่กันแสงยูวี ที่อุณหภูมิ $15-25^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ 15-65 % จากนั้นอ่านสเปกตรัมการดูดกลืนแสงทั้งก่อนและหลังการฉายรังสี

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาการตอบสนองต่อรังสีแกมมาของแผ่นฟิล์มที่ผสมอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ เมื่อนำแผ่นฟิล์มที่ผสมอินดิเคเตอร์ต่าง ๆ มาอ่านสเปกตรัมของการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ทั้งก่อนและหลังฉายรังสี จะได้สเปกตรัมดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2

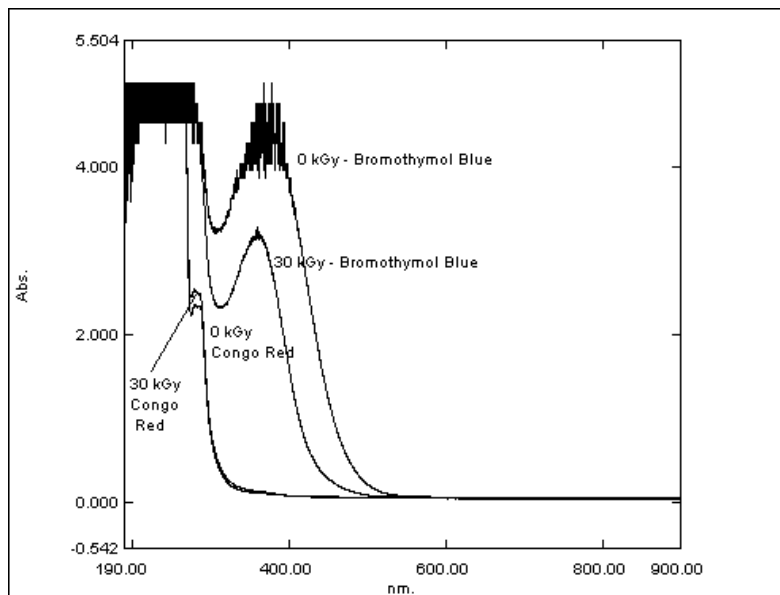


Figure 1 Absorption spectra before and after irradiation of tinted CTA films mixed with Bromothymol Blue and Congo Red.

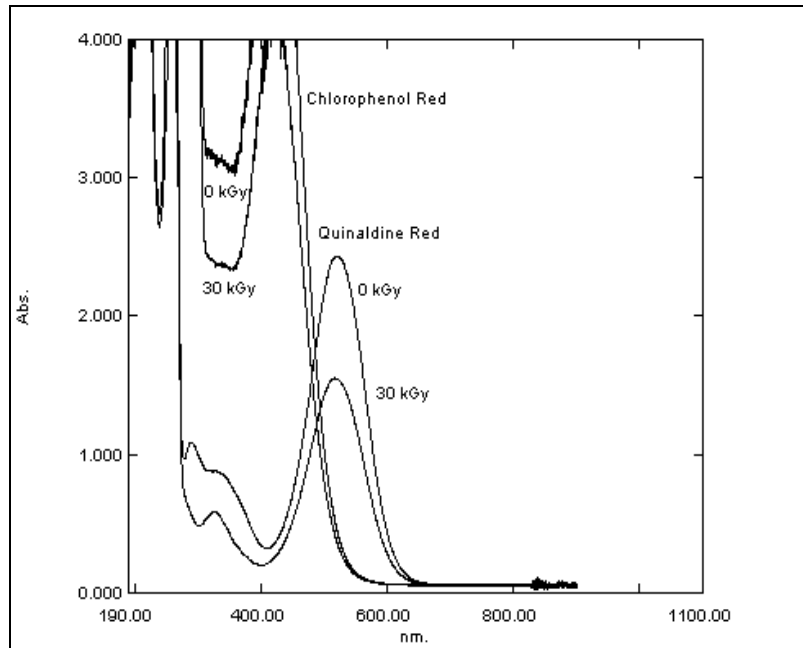


Figure 2 Absorption spectra before and after irradiation of tinted CTA films mixed with Chlorophenol Red and Quinaldine Red.

เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มเซลลูลอสไตรอะซีเตตที่ไม่ผสมอินดิเคเตอร์ ในรูปที่ 3 จะเห็นว่าแผ่นฟิล์มที่ผสมอินดิเคเตอร์ชนิด Quinaldine Red ปรากฏยอดสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นประมาณ 521 นาโนเมตร และมีการตอบสนองต่อรังสีแกมมาไปในทางที่ลดลงเป็นสัดส่วนกับปริมาณรังสีที่ได้รับเพิ่มขึ้น จึงเป็นแผ่นฟิล์มที่เหมาะสมที่จะคัดเลือกมาทำการศึกษาต่อไปถึงความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสี และเรียกชื่อเป็น Tinted CTA

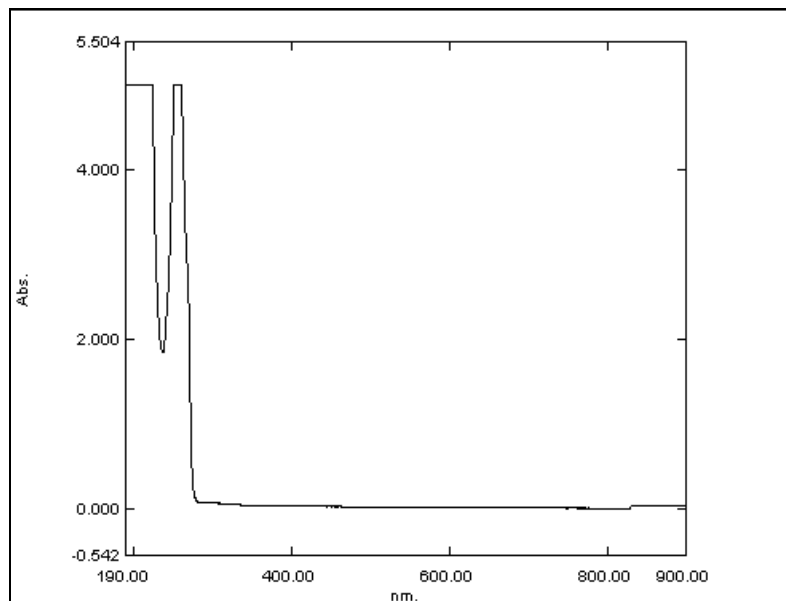


Figure 3 Absorption spectra of untinted CTA films.

2. การสร้างกราฟสอบเทียบ และเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์

จากสเปกตรัมของแผ่นฟิล์มที่ผสมอินดิเคเตอร์ชนิด Quinaldine Red พบว่ามียอดสเปกตรัมอยู่ที่ความยาวคลื่น 521 นาโนเมตร และพบว่าเมื่อผ่านการฉายรังสี ยอดสเปกตรัมจะลดต่ำลงตามปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้น เมื่อนำแผ่นฟิล์มมาฉายรังสีที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กันคือ 1-70 กิโลเกรย์ และเมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีดูดกลืน พบว่ากราฟที่ได้มีความสัมพันธ์แบบสมการเชิงเส้นแบบโพลิโนเมียล จึงใช้ในการเตรียมกราฟเปรียบเทียบในช่วงปริมาณรังสีดูดกลืน 1-10 กิโลเกรย์ และ 10-70 กิโลเกรย์ ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

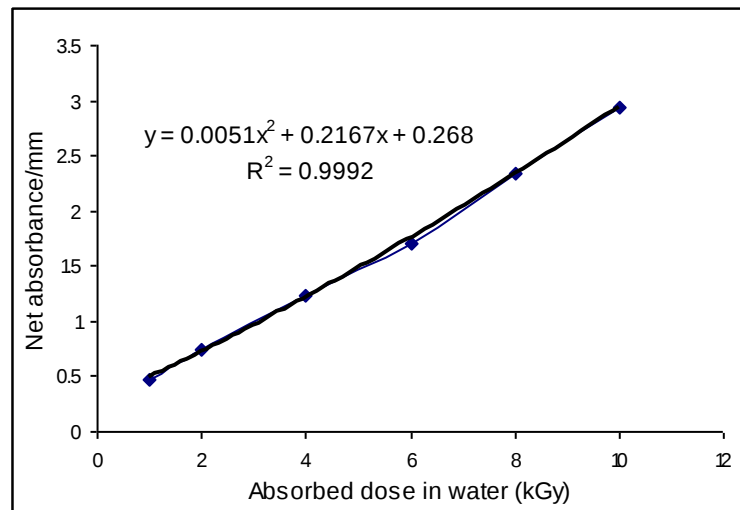


Figure 4 Calibration curve of tinted CTA films
over the range of 1- 10 kGy.

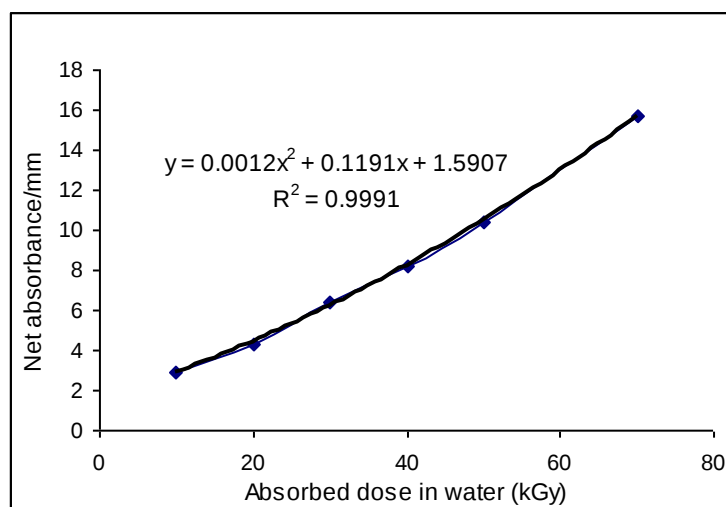


Figure 5 Calibration curve of tinted CTA films
over the range of 10-70 kGy.

เมื่อนำตัวอย่างแผ่นฟิล์มมาฉายรังสีในช่วง 1-70 กิโลเกรย์ และวิเคราะห์เทียบกับกราฟสอบเทียบโดยอ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 521 นาโนเมตร พบว่าเมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างแผ่นฟิล์มเปรียบเทียบกับกราฟสอบเทียบในช่วงการฉายรังสีที่ 1-10 กิโลเกรย์ และ 10-70 กิโลเกรย์ ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ

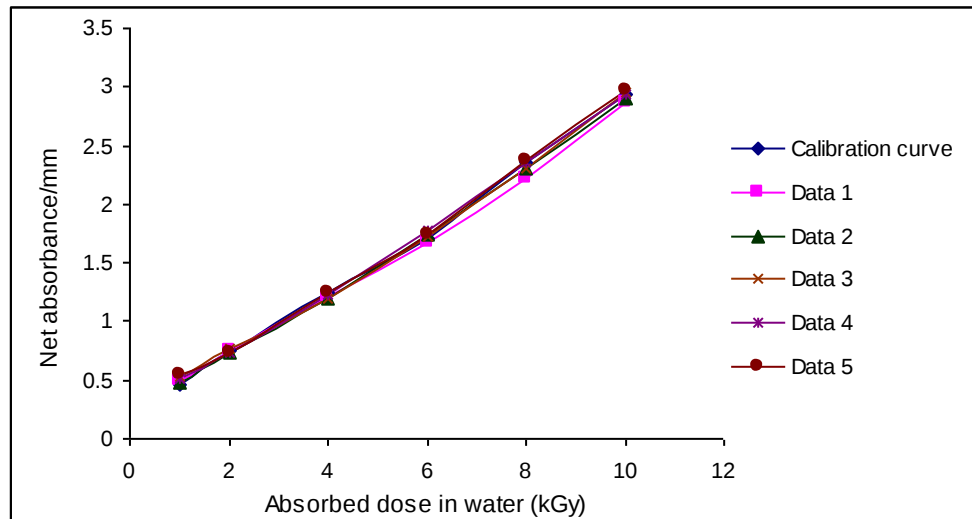


Figure 6 Sample analysis compared with calibration curve of tinted CTA films over the range of 1- 10 kGy.

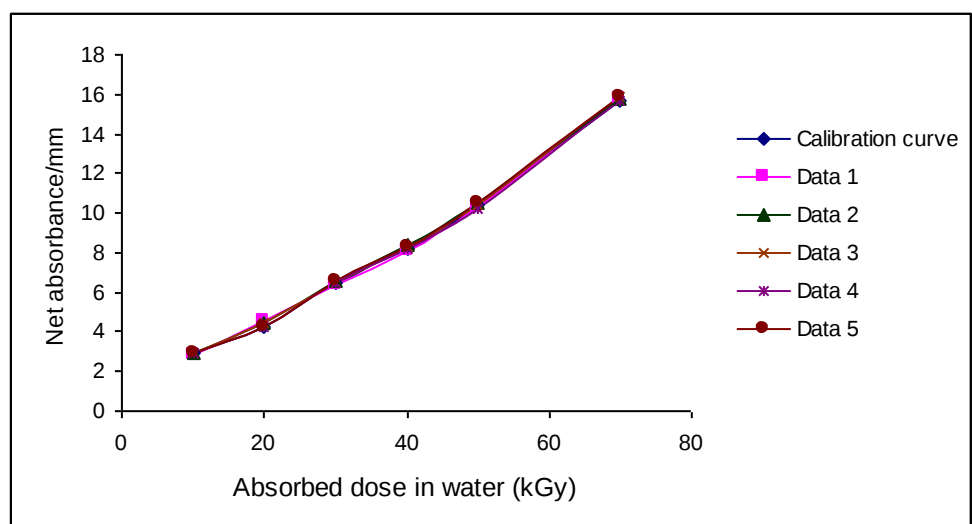


Figure 7 sample analysis compared with calibration curve of tinted CTA films over the range of 10-70 kGy.

เมื่อคำนวณปริมาณรังสีจากกราฟสอบเทียบของแผ่นฟิล์ม พบว่าผลของปริมาณรังสีแสดงได้ในตารางที่ 1

Table 1 The results of tinted CTA films at 1-70 kGy calibration curve.

Dose from Reference Standard dosimeter (kGy)	Dose from Calibration curve of Tinted CTA (kGy)	% Variation from reference standard	Precision
1	1.11	11	0.12
2	2.07	3.50	0.08
4	4.00	0	0.09
6	5.93	1.17	0.12
8	7.94	0.75	0.19
10	10.16	1.60	0.88
20	19.50	2.50	0.86
30	31.28	4.27	0.32
40	39.95	0.12	0.38
50	49.46	1.08	0.52
70	69.99	0.01	0.31

จากผลการคำนวณปริมาณรังสีจากกราฟสอบเทียบของแผ่นฟิล์มTinted CTAพบว่า
การคำนวณผลของแผ่นฟิล์มที่ฉายรังสีมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณรังสีที่ได้จาก Reference
Standard Dosimeter

3. การทดสอบเสถียรภาพของแผ่นฟิล์ม

เมื่อทดสอบเสถียรภาพทั้งก่อนและหลังการฉายรังสีของแผ่นฟิล์ม Tinted CTA โดยเก็บ
ไว้ในที่มืดและในห้องที่กันแสงยูวี จากนั้นนำเครื่องวัดปริมาณรังสีมาอ่านค่าการดูดกลืนแสง ผลที่ได้
ดังแสดงในรูปที่ 8, 9 และ 10

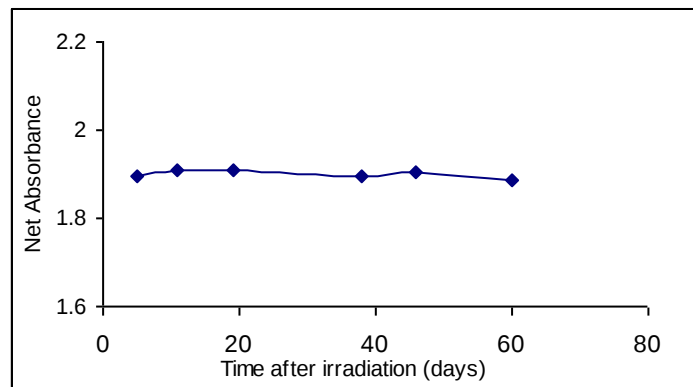


Figure 8 Influence of light on the stability of net absorbance for tinted CTA films, when stored at dark room before irradiation .

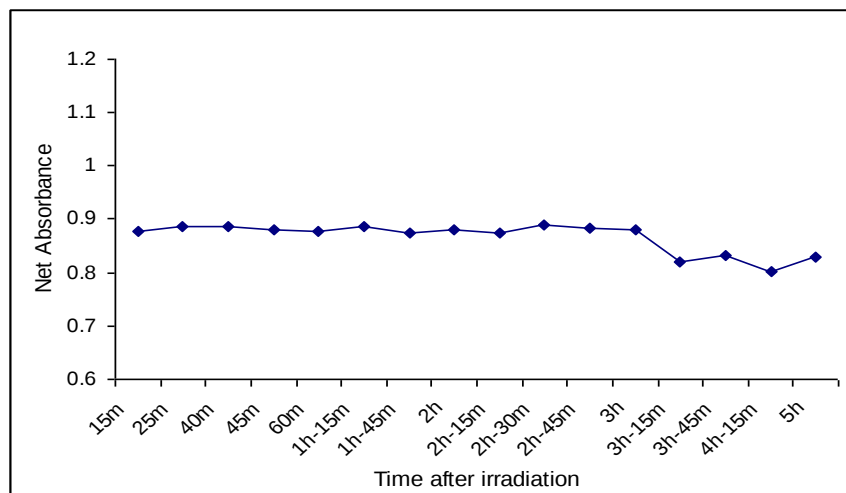


Figure 9 Influence of light on the stability of net absorbance for tinted CTA films when stored at UV protected room after gamma irradiation to a dose of 4 kGy.

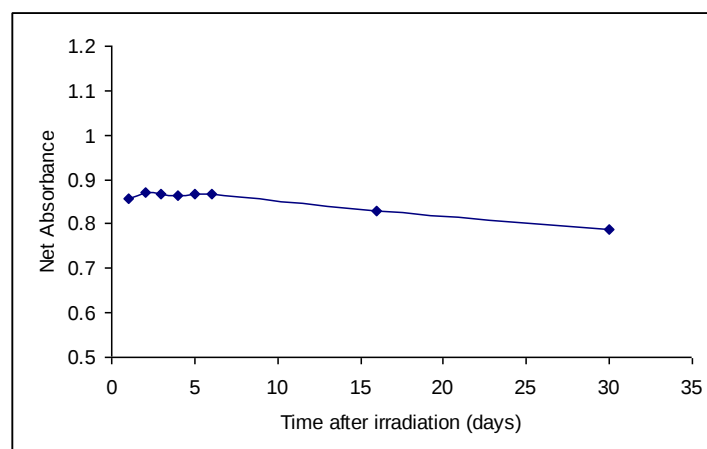


Figure 10 Influence of light on the stability of net absorbance for CTA dosimeter, when stored at dark room after gamma irradiation to a dose of 4 kGy.

5. สรุป

แผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตชนิดเติมสี(Tinted CTA)สามารถวัดปริมาณรังสีได้ตั้งแต่ 1-70 กิโลเกรย์ ที่ความยาวคลื่น 521 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer ซึ่งแผ่นฟิล์มมีการดูดกลืนแสงที่คงที่หลังฉายรังสีแล้วเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งเมื่อนำแผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตเทียบกับกราฟเปรียบเทียบพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำมาทดสอบเสถียรภาพก่อนฉายรังสีโดยเก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 15-25 °Cและความชื้นสัมพัทธ์ 15-65% พบว่าสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 2 เดือน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงโดยมีนัยสำคัญส่วนหลังการฉายรังสีสามารถเก็บในที่มืดได้นาน 6 วัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงโดยมีนัยสำคัญเช่นกัน ส่วนในห้องที่กันแสงยูวีเก็บได้นาน 3 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถใช้แผ่นฟิล์มเซลลูโลสไตรอะซีเตตนี้ เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีสำหรับใช้ในงานประจำได้ โดยมีวิธีปฏิบัติเช่นเดียวกับเครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดอื่นๆ คือ ต้องทำการสอบเทียบก่อนใช้งาน และต้องสอบเทียบในสถานะเดียวกับการใช้งาน โดยเฉพาะที่สถานะอุณหภูมิและความชื้นเดียวกัน

7. เอกสารอ้างอิง

1. Abdel-Rehim, F., Abdel-Fattahi, A.A, Ebrahim, S., and Ali, Z.I., 1996.Improvement of the CTA dosimetric Properties by the Selection of Readout Wavelength and the Calculation of the Spectrophotometric Quantity. Applied Radiation Isotope.47:247-258.
2. Matsuda, K.,and Nagai, S., 1991.Studies on the Radiation-induced Coloration Mechanism of the Cellulose Triacetate Mechanism of the Cellulose Triacetate Film Dosimeter. Applied Radiation Isotope.42:1215-1221.
3. American Society for Testing and Material, 1998. Standard Guide for Use of Characterization and Performance of a High-Dose Radiation Dosimetry Calibration Laboratory. ASTM Standard E 51400 Annual Book of ASTM Standards. 12.02 Philadelphia, USA.
4. American Society for Testing and Material, 1998. Standard Guide for Use of Cellulose Acetate Dosimetry System. ASTM Standard E 1650 Annual Book of ASTM Standards. 12.02 Philadelphia, USA.
5. อารักษ์ วิทิตธีรานนท์, ศิริรัตน์ พิรมนตรี, พูนสุข พงษ์พัฒน์, 2545. การศึกษาการใช้เซลลูโลสไตรอะซีเตตที่ผลิตในห้องปฏิบัติการเป็นเครื่องวัดปริมาณรังสี. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่9.