

## เอกสารอ้างอิง

1. Woon Hyuk Chung. Film Dosimeters Based on Methyl Orange in Polyvinyl Alcohol. Nuclear Technology 106 (May,1994) : 162-264.
2. Woon Hyuk Chung. Congo red / Polyvinyl alcohol Film Dosimeter for Gamma Rays and Electrons. Nuclear Technology 105(Mar,1994) : 609-735.
3. William L. McLaughlin, Wei-Zhen Ba. Cellulose Diacetate Film Dosimeters. Radiat. Phys. Chem. 31, No.4-6,1988 : 481-490.
4. ธัญจิรา บุญพิชญากา. การพัฒนาฟิล์มโพลีไวนิลแอลกอฮอล์-เมทิลินบล สำหรับการวัดรังสีปริมาณสูง. บัณฑิตวิทยาลัย, นิเวศิย์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร : 2538.
5. Spinks, J.W.T., and Woods, R.J. An Introduction to Radiation Chemistry. 3<sup>rd</sup> ed. Canada : Wiley-Interscience, 1990.
6. Barakat M.F., El-Salamawy K., El-Banna M., Abdel-Hamid M., Abdel-Rehim Taha A. Radiation Effect on Some Dyes in Non-Aqueous Solvents and in Some Polymeric films. Radiat. Phys. and Chem. 61, 2001 : 129-136.
7. Standard Practice for Use of Cellulose Acetate Dosimeter System , An American National Standard. E 1650, 1994 : 881-888.
8. Niels W. Holm and Roger J. Berry. Manual on Radiation dosimeter. Marcel Dekker, Inc. New York, 1970.
9. Nasef B. El-Assay, Chen Yun-Dong, Walker M.L., Al-Sheikhly M. and McLaughlin W.L. Anionic Triphenylmethane Dye Solutions for Low-Dose Food Irradiation Dosimetry. Radiat. Phys. and Chem. 46, No. 4-6, 1995 : 1189-1197.
10. Atef A. Abdel-Fattah, El-Kelany M. Radiation-sensitive Indicator base on Radiation-chemistry Formation of Acids in Polyvinyl Butyral Films containing Chloral Hydrate. Radiat. Phys. and Chem. 51, No. 3, 1998 : 317-325.
11. Koji Matsuda and Siro Nagai. Studies on the Radiation-induced Coloration Mechanism of the Cellulose Triacetate Film Dosimeter. Appl. Radiat. Isot. 42, No.12, 1991 :1215-1221.

12. Kovacs A., Wojnarovits L., El-Assay N.B., Afeefy H.Y., Al-Sheikhly M., Walker M.L. and McLaughlin W.L. Alcohol Solutions of Triphenyl-Tetrazolium Chloride as High-Dose Radiochromic Dosimeters. Radiat. Phys. and Chem. 46, No. 4-6,1995 : 1217-1225.
13. Fessenden R.J.,and Fessenden J.S. 1990, Burstone M.S. 1962. Structure and Colour in Dyes[online]. Available from : <http://member.pgonline.com/~bryand/stains file/dyes/dyecolor.htm>[Last update 2002, November].
14. Standard Guide for selection and Calibration of Dosimeter Systems for Radiation Processing. An American National Standard, E 1261 ,1994 : 723-734.
15. Standard practice for Use of a dichromate Dosimeter system An American National Standard, E 1401-91 : 1-6.
16. Standard Practice for Use of a Radiochromic Film Dosimetry System. An American National Standard, E 1275, 1993 : 735-739.
17. Chawla H.M. and Parkash B. Synthetic and Natural Dyes. Chemistry of natural products. Sultan chand & Sons Publiishers, First Edition, 1979 : 365-406.
18. Agarwal O.P. Natural pigments. Chemistry of Orannic natural products Vol. II. Fifth edition, 1980 : 141-252.
19. AL-Sheikhly M., McLaughlin W.L., Christou A., Kovacs A. Radiochromic Blue Tetrazolium Film Dosimeter. IAEA-SM-356/62 : 59-63.
20. Hasan M. Khan and Gulzar Ahmad. Spectrophotometric Analysis of Blue Polymethylmetracylate as High-Dose Dosimeter. Radiat. Phys. and Chem. Vol. 35, Nos. 4-6, 1990 : 732-738.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

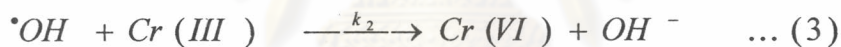
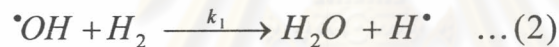
การเปรียบเทียบปริมาณรังสีสำหรับงานวิจัยนี้เราใช้ ระบบการวัดปริมาณรังสีของ ไดโครเมท ( $K_2Cr_2O_7/Ag_2Cr_2O_7$  Chemical Dosimeter system)

ทฤษฎี คือเมื่อสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  ถูกอันตรกิริยาโดยรังสี ทำให้ Cr(VI) ถูก reduced เป็น Cr(III) แต่สำหรับ Cr(V) และ Cr(IV) อยู่ในสถานะ immediate valent state เนื่องจาก water radiolysis product ทำปฏิกิริยากับ substances ที่ละลายในน้ำ กล่าวคือ Cr(VI)ถูก reduced เป็น Cr(III) ด้วยอนุมูลอิสระ  $H_2O_2$  และ  $H^\bullet$  ในทางกลับกัน Cr(III) สามารถถูก oxidized เป็น Cr(VI) ด้วยอนุมูลอิสระ  $\bullet OH$

$$G(-K_2Cr_2O_7) = \frac{1}{6} [2G(H_2O_2) + G(H^\bullet) - G(\bullet OH)] \quad \dots (1)$$

ดั่งสมการ reduction คือ

ปฏิกิริยาอื่นๆ ที่เป็นผลจากสมการ K 1 คือ



ดังนั้นการฉายรังสี  $K_2Cr_2O_7$  จะเพิ่มค่า  $G(-K_2Cr_2O_7)$  ดั่งสมการ

$$G(-K_2Cr_2O_7) = \frac{1}{6} [2G(H_2O_2) + G(H^\bullet) - G(\bullet OH) + 2G(H_2)] \quad \dots (4)$$

เพื่อให้ค่า  $G(-K_2Cr_2O_7)$  มีเสถียรภาพระหว่างการฉายรังสี จึงต้องเพิ่มไอออน  $Ag(I)$  ในสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  เข้าไปแทรกแซงปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ  $\bullet OH$  กับโมเลกุล  $H_2$  โดยมีปฏิกิริยา



ดั่งนี้คือ

จาก (5) และ (6) แล้ว



จาก  $k_3 \gg k_1$  จึงพบว่า  $Ag(I)$  ในสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  ทำให้ค่า  $G(K_2Cr_2O_7)$  มีความเสถียรภาพ คล้ายคลึงกับ  $Cl^-$  ไอออน ของเครื่องวัดปริมาณรังสี fricke solution

#### การเตรียมสารละลาย

ละลายกรด  $HClO_4$  เข้มข้น (70%, ความหนาแน่น =  $1.675 \text{ g/cm}^3$ ) ในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร แล้วจึงละลาย  $Ag_2Cr_2O_7$  0.2159 กรัม และ  $K_2Cr_2O_7$  0.5884 กรัม ได้ความเข้มข้น :  $Ag_2Cr_2O_7$   $0.5 \times 10^{-3} \text{ M}$  ;  $K_2Cr_2O_7$   $2 \times 10^{-3} \text{ M}$  และ  $HClO_4$   $0.1 \text{ M}$

#### หลอดทดลองสำหรับเครื่องฉายรังสี

ใช้หลอดทดลองแก้ว pyrex ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และความสูง 70 มิลลิเมตร หรือ ใช้หลอดทดลอง polyethylene ที่มีขนาดเดียวกัน

ปริมาตรของสารละลายวัดปริมาณรังสี 5 มิลลิลิตร ในแต่ละหลอดทดลอง เพื่อแบ่งสารละลาย ให้ Cuvettes สำหรับการอ่านค่าการดูดกลืนแสง ได้ 3 ครั้ง

#### การฉายรังสี (irradiation)

ฉายรังสี แกมมา จาก Co-60 ที่ตำแหน่งอ้างอิงกับช่วงเวลาต่างๆ กัน และมีวัสดุห่อหุ้ม สารละลายวัดปริมาณรังสีให้มีความหนาเหมาะสมเพื่อทำให้เกิดสมดุลอิเล็กทรอนิกส์ (electronic equilibrium) ตัวอย่างเช่นรังสีแกมมา จาก Co-60 จะใช้วัสดุ PMMA, polystyrene หรือ equivalent polymer material ที่ความหนา 3 – 5 มิลลิเมตร

#### การวัดค่าดูดกลืนแสงและการคำนวณค่าปริมาณรังสี

วัดค่าดูดกลืนแสงก่อนและหลังฉายรังสีแกมมา โดยดูดสารละลายลงใน Quart Cuvettes ที่ path length 10 มิลลิเมตร วัดกับเครื่อง UV-Vis spectrophotometer

$$\Delta A = A_0 - A_{ir}$$

ก) สำหรับการวัดปริมาณรังสี ในช่วง 1 – 10 kGy

เมื่อ Extinction coefficient ที่ 350 nm. :  $\epsilon(350) = 3.04 \times 10^5 \text{ l.mol}^{-1}\text{m}^{-1}$

$$D(\text{kGy}) = \frac{9.648 \times 10^6 \Delta A}{\Delta \epsilon l \rho G (-K_2Cr_2O_7)}$$

$l = 0.01 \text{ m.}$  ;  $\rho = 1.015 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  ;  $G(-K_2Cr_2O_7) = 0.410 \text{ mol/100eV}$

$$D(\text{kGy}) = 7.626279 \times \Delta A$$

ข) สำหรับการวัดปริมาณรังสี ในช่วง 10 – 50 kGy

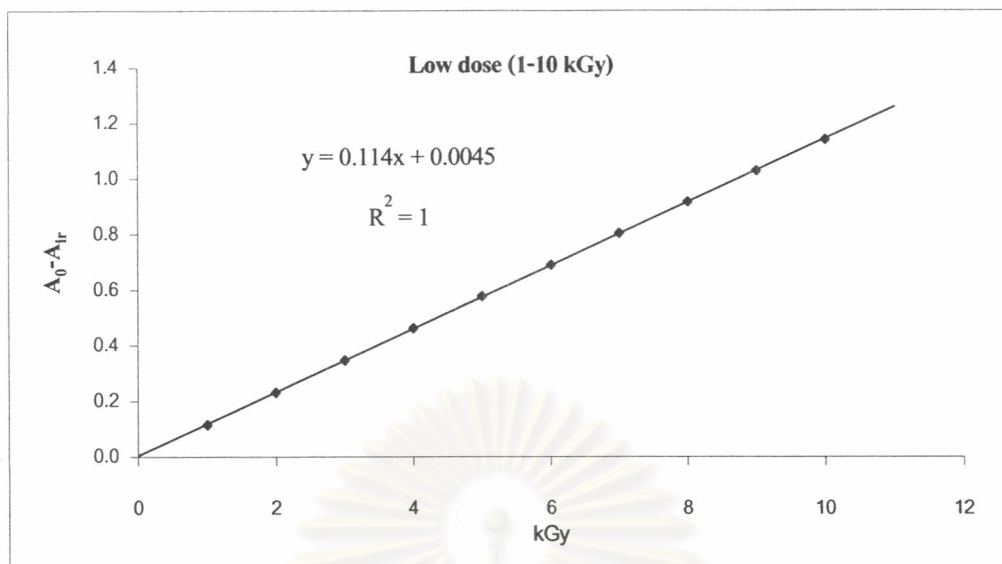
เมื่อ Extinction coefficient ที่ 440 nm. :  $\epsilon(440) = 4.16 \times 10^4 \text{ l.mol}^{-1}\text{m}^{-1}$

$l = 0.01 \text{ m.}$  ;  $\rho = 1.015 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  ;  $G(-K_2Cr_2O_7) = 0.410 \text{ mol/100eV}$

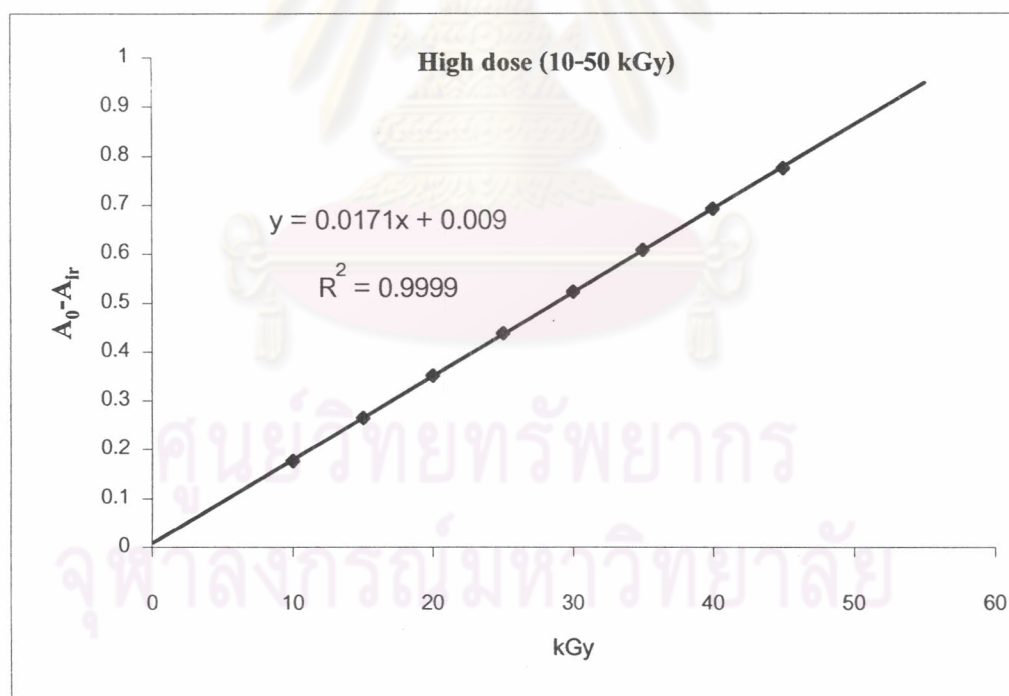
$$D(\text{kGy}) = 55.7306 \times \Delta A$$

ตารางข้อมูลการเปรียบเทียบปริมาณรังสี (ASTM E1401-91)

High-Range Dosimeter, Approximately		Low- Range Dosimeter, Approximately	
Average ( $A_0$ ) = 1.1		Average ( $A_0$ ) = 1.3	
Dose (kGy)	$A_0 - A_{ir}$	Dose(kGy)	$A_0 - A_{ir}$
10	0.1769	1.0	0.1150
15	0.2648	2.0	0.2314
20	0.3518	3.0	0.3471
25	0.4381	4.0	0.4623
30	0.5235	5.0	0.5769
35	0.6081	6.0	0.6909
40	0.6918	7.0	0.8044
45	0.7748	8.0	0.9172
		9.0	1.0294
		10.0	1.1411



รูป ก.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีในช่วง 1-10 kGy (high dose) วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ค่าความยาวคลื่น 350 nm.



รูป ก.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบปริมาณรังสีในช่วง 10-50 kGy (high dose) วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ค่าความยาวคลื่น 440 nm.

ตาราง ข.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสีแกมมา ( $A_0$ ) ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400- 600 นาโนเมตร (เตรียม 19 ก.ค. 46 ถอก 24 ก.ค. 46)

Wavelength	0 kGy				10 kGy				25 kGy				35 kGy				50 kGy			
	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average
400	2.10300	2.10800	2.01100	2.07400	1.87000	1.88100	1.90000	1.88367	1.97400	1.93600	2.00900	1.97300	1.87300	1.85900	1.87200	1.86800	2.02200	2.07700	2.05700	1.86800
410	1.76800	1.77500	1.66200	1.73500	1.51200	1.52300	1.54200	1.52567	1.61800	1.57400	1.65400	1.61533	1.51300	1.49700	1.51300	1.50767	1.66900	1.73000	1.70800	1.50767
420	1.44200	1.44500	1.34700	1.41133	1.22000	1.23200	1.24500	1.23233	1.31300	1.27300	1.34200	1.30933	1.22600	1.20700	1.22100	1.21800	1.35500	1.40600	1.38700	1.21800
430	1.24000	1.24100	1.15600	1.21233	1.04700	1.05800	1.06700	1.05733	1.12800	1.09200	1.15100	1.12367	1.05500	1.03500	1.04700	1.04567	1.16400	1.20600	1.18700	1.04567
440	1.13000	1.13000	1.05300	1.10433	0.95500	0.96500	0.97200	0.96400	1.03000	0.99600	1.05000	1.02533	0.96300	0.94300	0.95400	0.95333	1.06200	1.10000	1.08600	0.95333
450	1.06600	1.06500	0.99300	1.04133	0.90000	0.91000	0.91500	0.90833	0.97200	0.93800	0.98900	0.96633	0.90900	0.88900	0.89900	0.89900	1.00200	1.03700	1.02400	0.89900
460	1.02300	1.02100	0.95300	0.99900	0.87300	0.87400	0.87800	0.87500	0.93300	0.90100	0.95000	0.92800	0.87400	0.85300	0.86200	0.86300	0.96100	0.99400	0.98300	0.86300
470	0.99100	0.98800	0.92200	0.96700	0.83400	0.84600	0.84900	0.84300	0.90400	0.87200	0.91900	0.89833	0.84700	0.82600	0.83500	0.83600	0.93100	0.96200	0.95200	0.83600
480	0.95800	0.95400	0.89100	0.93433	0.80700	0.81900	0.82000	0.81533	0.87400	0.84200	0.88800	0.86800	0.82000	0.79800	0.80700	0.80833	0.90100	0.93000	0.91900	0.80833
490	0.93000	0.92700	0.86600	0.90767	0.78500	0.79700	0.79800	0.79333	0.85000	0.82000	0.86400	0.84467	0.79800	0.77700	0.78500	0.78667	0.87600	0.90400	0.89400	0.78667
500	0.90300	0.90000	0.84100	0.88133	0.76200	0.77400	0.77500	0.77033	0.82600	0.79600	0.83900	0.82033	0.77600	0.75400	0.76200	0.76400	0.85200	0.87800	0.86900	0.76400
510	0.88000	0.87800	0.82100	0.85967	0.74600	0.75800	0.75800	0.75400	0.80800	0.77900	0.82000	0.80233	0.76000	0.73900	0.74700	0.74867	0.83300	0.85800	0.84800	0.74867
520	0.82000	0.81800	0.76500	0.80100	0.69400	0.70600	0.70600	0.70200	0.75300	0.72600	0.76500	0.74800	0.70900	0.68800	0.69700	0.69800	0.77700	0.79900	0.79100	0.69800
530	0.73700	0.73700	0.69000	0.72133	0.62800	0.63900	0.63800	0.63500	0.68300	0.65600	0.69200	0.67700	0.64300	0.62200	0.63100	0.63200	0.70200	0.72200	0.71500	0.63200
540	0.67900	0.67800	0.63400	0.66367	0.57600	0.58800	0.58500	0.58300	0.62800	0.60200	0.63500	0.62167	0.59200	0.57100	0.57900	0.58067	0.64500	0.66300	0.65467	0.58067
550	0.63000	0.62900	0.58800	0.61567	0.53500	0.54600	0.54300	0.54133	0.58400	0.55900	0.58900	0.57733	0.55000	0.52900	0.53800	0.53900	0.59800	0.61500	0.60900	0.53900
560	0.58500	0.58400	0.54500	0.57133	0.49700	0.50800	0.50400	0.50300	0.54200	0.51900	0.54700	0.53600	0.51300	0.49200	0.50000	0.50167	0.55700	0.57100	0.56433	0.50167
570	0.54900	0.54700	0.51100	0.53567	0.46700	0.47700	0.47300	0.47233	0.51000	0.48700	0.51300	0.50333	0.48200	0.46100	0.46900	0.47067	0.52200	0.53500	0.52900	0.47067
580	0.51400	0.51200	0.47900	0.50167	0.43700	0.44700	0.44300	0.44233	0.47700	0.45500	0.48000	0.47067	0.45300	0.43200	0.44000	0.44167	0.48900	0.50000	0.49467	0.44167
590	0.47400	0.47300	0.44100	0.46267	0.40300	0.41500	0.40900	0.40900	0.44200	0.42200	0.44400	0.43600	0.42000	0.39900	0.40700	0.40867	0.45200	0.46200	0.45967	0.40867
600	0.42300	0.42200	0.39300	0.41267	0.36200	0.37100	0.36600	0.36633	0.39700	0.37600	0.39700	0.39000	0.37700	0.35600	0.36500	0.36600	0.40400	0.41200	0.40833	0.36600

## หมายเหตุ

- 1 หมายถึง ฟิล์มที่ 1
- 2 หมายถึง ฟิล์มที่ 2
- 3 หมายถึง ฟิล์มที่ 3



ตาราง ข.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสี ( $A_{\lambda}$ ) ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400 - 600 นาโนเมตร

Wavelength	0 kGy				10 kGy				25 kGy				35 kGy				50 kGy			
	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average	1	2	3	average
	400	2.08500	2.09200	1.98700	2.05467	1.85800	1.84100	1.84800	1.84900	1.90600	1.89900	1.96100	1.92200	1.79900	1.81100	1.80300	1.80433	1.92300	1.99300	1.96700
410	1.74800	1.75400	1.63300	1.71167	1.49800	1.48100	1.48900	1.48933	1.55100	1.53300	1.60700	1.56367	1.44300	1.44900	1.44100	1.44433	1.57300	1.65300	1.62200	1.61600
420	1.42600	1.42900	1.32300	1.39267	1.21200	1.19500	1.20000	1.20233	1.24800	1.23900	1.29900	1.26200	1.15900	1.16400	1.15600	1.15967	1.25700	1.33100	1.30400	1.29733
430	1.22700	1.22700	1.13500	1.19633	1.04200	1.02300	1.02800	1.03100	1.06400	1.05200	1.11100	1.07567	0.99000	0.99400	0.98500	0.98967	1.06000	1.12800	1.10600	1.09800
440	1.12300	1.11900	1.03600	1.09267	0.95200	0.93200	0.93600	0.94000	0.96500	0.95500	1.00900	0.97633	0.89800	0.90200	0.89300	0.89767	0.95100	1.01600	0.99700	0.98800
450	1.06100	1.05600	0.97800	1.03167	0.90000	0.87900	0.88200	0.88700	0.90600	0.89600	0.94900	0.91700	0.84500	0.84700	0.83900	0.84367	0.88600	0.94900	0.93300	0.92267
460	1.02000	1.01400	0.94000	0.99133	0.86400	0.84300	0.86400	0.85700	0.86600	0.85700	0.90900	0.87733	0.80900	0.81100	0.80300	0.80767	0.84200	0.90400	0.88800	0.87800
470	0.98700	0.97900	0.90800	0.95800	0.83500	0.81400	0.81700	0.82200	0.83500	0.82700	0.87700	0.84633	0.78000	0.78100	0.77300	0.77800	0.80500	0.86700	0.85300	0.84167
480	0.95600	0.94700	0.88000	0.92767	0.81000	0.78800	0.79100	0.79633	0.80600	0.79900	0.84800	0.81767	0.75500	0.75600	0.74700	0.75267	0.77500	0.83500	0.82200	0.81067
490	0.93000	0.92100	0.85600	0.90233	0.78800	0.76600	0.76900	0.77433	0.78300	0.77500	0.82400	0.79400	0.73300	0.73300	0.72600	0.73067	0.74900	0.80700	0.79500	0.78367
500	0.90400	0.89400	0.83100	0.87633	0.76600	0.74400	0.74600	0.75200	0.75900	0.75200	0.80000	0.77033	0.71200	0.71100	0.70400	0.70900	0.72400	0.78000	0.77000	0.75800
510	0.88300	0.87200	0.81100	0.85533	0.75000	0.72900	0.73100	0.73667	0.74300	0.73600	0.78300	0.75400	0.69700	0.69700	0.69000	0.69467	0.70800	0.76600	0.75300	0.74233
520	0.82400	0.81200	0.75600	0.79733	0.70100	0.67900	0.68000	0.68667	0.69200	0.68600	0.73300	0.70367	0.65000	0.65000	0.64300	0.64767	0.66000	0.71400	0.70100	0.69167
530	0.74500	0.73400	0.68300	0.72067	0.63700	0.61500	0.61600	0.62267	0.62700	0.62100	0.66600	0.63800	0.58900	0.58900	0.58300	0.58700	0.59600	0.64500	0.63400	0.62500
540	0.68900	0.67600	0.62900	0.66467	0.58900	0.56700	0.56800	0.57467	0.57700	0.57100	0.61500	0.58767	0.54200	0.54200	0.53600	0.54000	0.54600	0.59000	0.58200	0.58600
550	0.64200	0.62900	0.58500	0.61867	0.54900	0.52700	0.52800	0.53467	0.53600	0.53100	0.57400	0.54700	0.50400	0.50400	0.49800	0.50200	0.50500	0.54700	0.54000	0.53067
560	0.59800	0.58400	0.54400	0.57533	0.51300	0.49100	0.49100	0.49833	0.49900	0.49400	0.53500	0.50933	0.46900	0.46800	0.46300	0.46667	0.46900	0.50500	0.50100	0.49167
570	0.56300	0.54900	0.51100	0.54100	0.48400	0.46200	0.46200	0.46933	0.46900	0.46400	0.50500	0.47933	0.44100	0.44000	0.43600	0.43900	0.44000	0.47400	0.47000	0.46133
580	0.52800	0.51500	0.47900	0.50733	0.45600	0.43400	0.43400	0.44133	0.44000	0.43600	0.47600	0.45067	0.41500	0.41300	0.40900	0.41233	0.41200	0.44400	0.44100	0.43233
590	0.49000	0.47600	0.44300	0.46967	0.42400	0.40200	0.40200	0.40933	0.40800	0.40400	0.44300	0.41833	0.38500	0.38300	0.37900	0.38233	0.38100	0.41000	0.40900	0.40000
600	0.43900	0.42600	0.39600	0.42033	0.38300	0.36100	0.36000	0.36800	0.36600	0.36200	0.40000	0.37600	0.34600	0.34100	0.34100	0.34267	0.34000	0.36600	0.36500	0.35700

หมายเหตุ

- 1 หมายถึง ฟิล์มที่ 1
- 2 หมายถึง ฟิล์มที่ 2
- 3 หมายถึง ฟิล์มที่ 3

ตาราง ข.3 แสดงการตอบสนองของค่าดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงไปต่อความหนา ( $A_0 - A_{tr}$ )/t ต่อปริมาณรังสีของผลต่าง ๆ ของฟิล์ม PVA-ชบา ที่ค่าความยาวคลื่นแสงในช่วง 400- 600 นาโนเมตร

Wavelength	0 kGy			10 kGy			25 kGy			35 kGy			50 kGy								
	1(0.114)	2(0.116)	3(0.105)	average	1(0.095)	2(0.095)	3(0.097)	average	1(0.101)	2(0.099)	3(0.102)	average	1(0.093)	2(0.093)	3(0.094)	average	1(0.104)	2(0.111)	3(0.110)	average	
400	0.15789	0.13793	0.22857	0.174799	0.126316	0.421053	0.536082	0.361150	0.673267	0.373737	0.470588	0.505864	0.795699	0.516129	0.734043	0.681957	0.756757	0.951923	0.756757	0.818182	0.842287
410	0.17544	0.18103	0.27619	0.210888	0.147368	0.442105	0.546392	0.378622	0.663366	0.414141	0.460784	0.512764	0.752688	0.516129	0.765957	0.678258	0.693694	0.923077	0.693694	0.781818	0.799530
420	0.14035	0.13793	0.22857	0.168951	0.084211	0.389474	0.463918	0.312534	0.643564	0.343434	0.421569	0.469522	0.720430	0.462366	0.691489	0.624762	0.675676	0.942308	0.675676	0.754545	0.790843
430	0.11404	0.12069	0.20000	0.144908	0.052632	0.368421	0.402062	0.274371	0.633663	0.404040	0.392157	0.476620	0.698925	0.440860	0.659574	0.599786	0.702703	1.000000	0.702703	0.736364	0.813022
440	0.06140	0.09483	0.16190	0.106045	0.031579	0.347368	0.371134	0.250027	0.643564	0.414141	0.401961	0.486556	0.698925	0.440860	0.648936	0.596240	0.756757	1.067308	0.756757	0.809091	0.877718
450	0.04386	0.07759	0.14286	0.088101	0.000000	0.326316	0.340206	0.222174	0.653465	0.424242	0.392157	0.489955	0.688172	0.451613	0.638298	0.592694	0.792793	1.115385	0.792793	0.827273	0.911817
460	0.02632	0.06034	0.12381	0.070157	0.094737	0.326316	0.144330	0.188461	0.663366	0.444444	0.401961	0.503257	0.698925	0.451613	0.627660	0.592732	0.863636	1.144231	0.863636	0.939559	0.939559
470	0.03509	0.07759	0.13333	0.082002	-0.010526	0.336842	0.329897	0.218738	0.683168	0.454545	0.411765	0.516493	0.720430	0.483871	0.659574	0.621292	0.855856	1.211538	0.855856	0.900000	0.989131
480	0.01754	0.06034	0.10476	0.060884	-0.031579	0.326316	0.298969	0.197902	0.673267	0.434343	0.392157	0.499923	0.698925	0.451613	0.638298	0.596279	0.855856	1.211538	0.855856	0.881818	0.983071
490	0.00000	0.05172	0.09524	0.048987	-0.031579	0.326316	0.298969	0.197902	0.663366	0.454545	0.392157	0.503356	0.698925	0.473118	0.627660	0.599901	0.873874	1.221154	0.873874	0.900000	0.998343
500	-0.00877	0.05172	0.09524	0.046063	-0.042105	0.315789	0.298969	0.190884	0.663366	0.444444	0.382353	0.496721	0.688172	0.462366	0.617021	0.589186	0.882883	1.230769	0.882883	0.900000	1.004551
510	-0.02632	0.05172	0.09524	0.040215	-0.042105	0.305263	0.278351	0.180503	0.643564	0.434343	0.362745	0.480218	0.677419	0.451613	0.606383	0.578472	0.828829	1.201923	0.828829	0.863636	0.964796
520	-0.03509	0.05172	0.08571	0.034117	-0.073684	0.284211	0.268041	0.159523	0.603960	0.404040	0.313725	0.440575	0.634409	0.408602	0.574468	0.539160	0.765766	1.125000	0.765766	0.818182	0.902983
530	-0.07018	0.02586	0.06667	0.007451	-0.094737	0.252632	0.226804	0.128233	0.554455	0.353535	0.254902	0.387631	0.580645	0.354839	0.510638	0.482041	0.693694	1.019231	0.693694	0.736364	0.816429
540	-0.08772	0.01724	0.04762	-0.007620	-0.136842	0.221053	0.175258	0.086489	0.504950	0.313131	0.196078	0.338053	0.537634	0.311828	0.457447	0.435636	0.657658	0.951923	0.657658	0.672727	0.760769
550	-0.10526	0.00000	0.02857	-0.025564	-0.147368	0.200000	0.154639	0.069090	0.475248	0.282828	0.147059	0.301712	0.494624	0.268817	0.425532	0.396324	0.612613	0.894231	0.612613	0.627273	0.711372
560	-0.11404	0.00000	0.00952	-0.034837	-0.168421	0.178947	0.134021	0.048182	0.425743	0.252525	0.117647	0.265305	0.473118	0.258065	0.393617	0.374933	0.594595	0.846154	0.594595	0.581818	0.674189
570	-0.12281	-0.01724	0.00000	-0.046683	-0.178947	0.157895	0.113402	0.030783	0.405941	0.232323	0.078431	0.238898	0.440860	0.225806	0.351064	0.339243	0.549550	0.788462	0.549550	0.536364	0.624792
580	-0.12281	-0.02586	0.00000	-0.049556	-0.200000	0.136842	0.092784	0.009875	0.366337	0.191919	0.039216	0.199157	0.408602	0.204301	0.329787	0.314230	0.504505	0.740385	0.504505	0.490909	0.578599
590	-0.14035	-0.02586	-0.01905	-0.061754	-0.221053	0.136842	0.072165	-0.004015	0.336634	0.181818	0.009804	0.176085	0.376344	0.172043	0.297872	0.282086	0.682692	0.468468	0.682692	0.509091	0.553417
600	-0.14035	-0.03448	-0.02857	-0.067802	-0.221053	0.105263	0.061856	-0.017978	0.306931	0.141414	-0.02941	0.139644	0.333333	0.161290	0.2555319	0.249981	0.615385	0.414414	0.615385	0.400000	0.476600

หมายเหตุ

1(0.114) หมายถึง ฟิล์มที่ 1 หนา 0.114 มิลลิเมตร

2(0.116) หมายถึง ฟิล์มที่ 2 หนา 0.116 มิลลิเมตร

3(0.105) หมายถึง ฟิล์มที่ 3 หนา 0.105 มิลลิเมตร

 $A_0$  = ค่าดูดกลืนแสงก่อนฉายรังสีแกมมา $A_{tr}$  = ค่าดูดกลืนแสงหลังฉายรังสีแกมมา

ตาราง ค. แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งความหนา  $(A_0 - A_{Ir})/t$  ของฟิล์ม PVA-ชบา ตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกมมาในช่วงไม่เกิน 100 kGy ที่ความยาวคลื่นแสง 500 นาโนเมตร

Absorbed dose (kGy)	ลำดับ 1-3	absorbance (pre-irradiation) ( $A_0$ )	absorbance (post-irradiation) ( $A_{Ir}$ )	$A_0 - A_{Ir}$	thickness	% bleaching	$(A_0 - A_{Ir})/t$	Average	SD.
0	1	0.942	0.947	-0.005	0.119	-0.531	-0.042	-0.022	0.122
	2	0.95	0.966	-0.016	0.12	-1.684	-0.133		
	3	0.944	0.931	0.013	0.12	1.377	0.108		
25	1	0.942	0.918	0.024	0.12	2.548	0.200	0.375	0.166
	2	0.949	0.901	0.048	0.121	5.058	0.397		
	3	0.948	0.885	0.063	0.119	6.646	0.529		
50	1	0.942	0.828	0.114	0.12	12.102	0.950	0.794	0.147
	2	0.931	0.852	0.079	0.12	8.485	0.658		
	3	0.942	0.85	0.092	0.119	9.766	0.773		
75	1	0.94	0.844	0.096	0.12	10.213	0.800	0.856	0.089
	2	0.95	0.835	0.115	0.12	12.105	0.958		
	3	0.942	0.845	0.097	0.12	10.297	0.808		
100	1	0.919	0.768	0.151	0.12	16.431	1.258	0.936	0.289
	2	0.957	0.855	0.102	0.12	10.658	0.850		
	3	0.939	0.855	0.084	0.12	8.946	0.700		

ลอกฟิล์มเมื่อวันที่ 26 มิ.ย. 46 และวัดก่อนฉายรังสีเมื่อวันที่ 1 ก.ค. 46 ฉายรังสีเสร็จเมื่อ 6 ก.ค. 46

ภาคผนวก ง.

ตารางที่ ง. 1 แสดงผลการทดลองความเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสีแกมมา ที่เก็บไว้ที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในสภาวะแสงต่าง ๆ

เวลา(วัน)	Day-light( 25 องศาเซลเซียส)				UV-light( 25 องศาเซลเซียส)				Dark( 25 องศาเซลเซียส)						
	fuv1	fuv2	fuv3	average	%A	fuv1	fuv2	fuv3	average	%A	fnd1	fnd2	fnd3	average	%A
0	0.983	0.988	1.000	0.990	0.000	0.980	0.978	1.002	0.987	0.000	1.041	1.066	1.016	1.041	0.000
4	0.970	0.993	0.993	0.985	-0.507	0.962	0.989	0.986	0.979	-0.783	1.021	1.050	1.005	1.025	-1.528
11	0.961	0.977	1.000	0.979	-1.123	0.978	0.962	0.993	0.978	-0.921	1.017	1.060	1.007	1.028	-1.265
19	0.919	0.944	0.971	0.945	-4.834	0.932	0.940	0.954	0.942	-4.742	1.019	1.048	0.991	1.019	-2.126
26	0.939	0.935	0.952	0.942	-5.131	0.930	0.934	0.955	0.940	-5.002	1.016	1.025	0.983	1.008	-3.274
33	0.930	0.932	0.950	0.937	-5.654	0.945	0.939	0.949	0.944	-4.483	1.044	1.061	0.975	1.027	-1.396
40	0.927	0.930	0.949	0.935	-5.880	0.949	0.944	0.959	0.951	-3.787	1.022	1.065	0.994	1.027	-1.363
47	0.900	0.917	0.922	0.913	-8.470	0.910	0.916	0.935	0.920	-7.208	1.007	1.038	1.000	1.015	-2.562
55	0.911	0.904	0.941	0.919	-7.801	0.916	0.924	0.946	0.929	-6.246	0.975	1.011	0.971	0.986	-5.614
62	0.911	0.917	0.932	0.920	-7.645	0.911	0.915	0.938	0.921	-7.092	1.000	1.016	0.975	0.997	-4.413
69	0.914	0.918	0.938	0.923	-7.256	0.919	0.930	0.976	0.942	-4.779	1.020	1.032	0.964	1.005	-3.548
76	0.907	0.910	0.926	0.914	-8.312	0.916	0.924	0.980	0.940	-4.965	1.008	1.033	0.963	1.001	-3.961
83	0.902	0.893	0.925	0.907	-9.228	0.914	0.914	0.974	0.934	-5.639	1.001	1.042	0.981	1.008	-3.274

(วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 nm.)

เตรียมฟิล์ม 23 มิ.ย. 46 และลอกฟิล์ม 26 มิ.ย. 46

หมายเหตุ

fuv1 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 1 ก่อนฉายรังสีที่สภาวะแสง day light ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

fuv2 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 2 ก่อนฉายรังสีที่สภาวะแสง UV ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

fnd3 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 3 ก่อนฉายรังสีที่เก็บที่มีด ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

$$\%A = ((A_t - A_0) / A_0) \times 100$$

A<sub>0</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงวันแรกที่วัด

A<sub>t</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดตามเวลาและสภาวะที่เก็บ

ภาคผนวก ง. (ต่อ)

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการทดลองความเสถียรภาพฟิล์ม PVA-ชบา ก่อนฉายรังสี ที่เก็บไว้ที่มีด อุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา(วัน)	ที่ - 10 องศาเซลเซียส(ที่มีด)					ที่ 10 องศาเซลเซียส(ที่มีด)					ที่ 35 องศาเซลเซียส(ที่มีด)				
	fn1-10	fn2-10	fn3-10	average	% A	fn110	fn210	fn310	average	%A	fn135	fn235	fn335	average	%A
0	1.011	1.039	1.033	1.028	0.000	0.980	1.005	0.968	0.984	0.000	1.074	1.008	0.968	1.017	0.000
4	1.072	1.036	1.029	1.046	1.721	0.984	1.030	0.980	0.998	1.364	1.135	1.092	0.993	1.073	5.279
11	1.071	1.046	1.041	1.053	2.375	0.984	1.032	1.005	1.007	2.283	1.126	1.094	1.004	1.075	5.397
19	1.123	1.075	1.080	1.093	5.948	1.010	1.033	1.005	1.016	3.218	1.122	1.080	1.028	1.077	5.572
26	1.087	1.070	1.080	1.079	4.757	1.015	1.023	0.974	1.004	1.975	1.180	1.110	1.047	1.112	8.600
33	1.073	1.059	1.067	1.066	3.626	1.026	1.017	0.973	1.005	2.112	1.188	1.128	1.086	1.134	10.347
40	1.090	1.080	1.048	1.073	4.195	0.999	1.039	0.976	1.005	2.043	1.128	1.076	1.080	1.095	7.125
47	1.026	1.052	1.012	1.030	0.226	1.005	1.016	0.980	1.000	1.601	1.125	1.080	1.050	1.085	6.298
55	1.028	1.047	1.030	1.035	0.708	0.992	1.019	0.977	0.996	1.162	1.123	1.089	1.060	1.091	6.785
62	1.036	1.062	1.035	1.044	1.596	0.988	1.022	0.980	0.997	1.230	1.169	1.114	1.069	1.117	9.009
69	1.038	1.059	1.022	1.040	1.154	1.010	1.031	0.984	1.008	2.420	1.187	1.120	1.165	1.157	12.154
76	1.065	1.064	1.035	1.055	2.560	0.99900	1.00800	0.97900	0.995	1.095	1.234	1.169	1.131	1.178	13.695
83	1.045	1.061	1.054	1.053	2.436	0.993	1.020	0.968	0.994	0.928	1.159	1.117	1.085	1.120	9.253

( วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 500 nm.)

เตรียมฟิล์ม 23 มิ.ย.46 และลอกฟิล์ม 26 มิ.ย. 46

หมายเหตุ

fn1-10 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่1 ก่อนฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ -10 องศา C

fn210 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 2 ก่อนฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ 10 องศา C

fn335 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 3 ก่อนฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ 35 องศา C

$$\%A = ((A_t - A_0) / A_0) \times 100$$

A<sub>0</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงวันแรกที่วัด

A<sub>t</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดตามเวลาและสภาวะที่เก็บ

ภาคผนวก จ.

ตาราง จ.1 แสดงผลการทดลองความเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสี 30 kGy ที่เก็บไว้ที่มีด อุณหภูมิต่าง ๆ

วัน	Post-irradiation(30 kGy)														
	ที่ -10 องศา C (dark)					ที่ 10 องศา C(dark)					ที่ 35 องศา C(dark)				
	fp1-10	fp2-10	fp3-10	average	%A	fp110	fp210	fp310	average	%A	fp135	fp235	fp335	average	%A
ก่อนฉาย	1.020	1.001	0.956	0.992333	9.472627	1.032	1.055	1.126	1.071000	10.333022	1.107	1.034	0.966	1.03567	11.71580
0	0.904	0.926	0.865	0.898333	0.000004	0.885	0.988	1.008	0.960333	0.000000	0.945	0.907	0.891	0.91433	0.00036
7	0.904	0.911	0.868	0.894333	-0.447257	0.884	0.980	1.021	0.961667	0.138649	1.017	1.076	1.040	1.04433	12.44845
15	0.904	0.910	0.873	0.895667	-0.297726	0.934	0.980	1.040	0.984667	2.471226	1.029	1.082	1.034	1.04833	12.78251
22	0.930	0.911	0.958	0.933000	3.715616	0.948	0.974	1.040	0.987333	2.734639	1.093	1.095	1.041	1.07633	15.05141
29	0.937	0.931	0.885	0.917667	2.106796	0.951	0.993	1.038	0.994000	3.386989	1.133	1.115	1.095	1.11433	17.94825
36	0.910	0.918	0.887	0.905000	0.736652	0.938	0.996	1.061	0.998333	3.806344	1.077	1.090	1.073	1.08000	15.33981
43	0.937	0.935	0.918	0.930000	3.405022	0.942	1.005	1.048	0.998333	3.806344	1.088	1.070	1.049	1.06900	14.46866
51	0.940	0.939	0.894	0.924333	2.812842	0.915	0.974	1.029	0.972667	1.267992	1.115	1.071	1.056	1.08067	15.39204
58	0.956	0.943	0.902	0.933667	3.784366	0.936	0.988	1.025	0.983000	2.305867	1.158	1.130	1.114	1.13400	19.37125
65	0.954	0.944	0.906	0.934667	3.887307	0.931	0.994	1.026	0.983667	2.372078	1.154	1.121	1.094	1.12300	18.58148
72	0.967	0.943	0.922	0.944000	4.837574	0.909	1.018	1.018	0.981667	2.173175	1.203	1.168	1.127	1.16600	21.58405
79	0.969	0.963	0.92	0.950667	5.504912	0.924	1.033	1.022	0.993000	3.289695	1.114	1.096	1.093	1.10100	16.95459

(วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500.nm.)

เตรียมฟิล์ม 23 มิ.ย. 46 และลอก 26 มิ.ย. 46 และทำการฉายรังสี ...1-2 ก.ค. 46

หมายเหตุ

- fp1-10 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 1 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ -10 องศา C
- fp210 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 2 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ 10 องศา C
- fp335 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 3 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มีด ที่อุณหภูมิ 35 องศา C

$$%A = ((A_t - A_0) / A_0) \times 100$$

A<sub>0</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงวันแรกที่วัด

A<sub>t</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดตามเวลาและสภาวะที่เก็บ

## ภาคผนวก จ. (ต่อ)

ตาราง จ.2 แสดงผลการทดลองความเสถียรภาพของฟิล์ม PVA-ชบา หลังฉายรังสีแกมมา 30 kGy ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และสภาวะแสงต่างๆ

วัน	Post-irradiation(30 kGy)														
	Day-light (25 องศา C)					UV-light (25 องศา C)					Dark (25 องศา C)				
	fvp1	fvp2	fvp3	average	%A	fpu1	fpu2	fpu3	average	%A	fpd1	fpd2	fpd3	average	%A
ก่อนฉาย	0.955	0.976	0.965	0.96533	9.35773	1.059	1.073	0.991	1.04100	11.04707	1.098	1.167	1.122	1.12900	9.59522
0	0.843	0.888	0.894	0.87500	0.00000	0.934	0.964	0.88	0.92600	0.00000	0.981	1.07	1.011	1.02067	-0.00033
5	0.859	0.871	0.877	0.86900	-0.69045	0.941	0.985	0.888	0.93800	1.27932	0.997	1.111	0.997	1.03500	1.38454
13	0.855	0.887	0.899	0.88033	0.60583	0.928	0.987	0.895	0.93667	1.13879	1.001	1.098	1.016	1.03833	1.70112
30	0.866	0.872	0.876	0.87133	-0.42081	0.943	0.985	0.917	0.94833	2.35501	0.984	1.07	1.037	1.03033	0.93788
37	0.858	0.868	0.891	0.87233	-0.30569	0.953	0.994	0.911	0.95267	2.79916	1.001	1.093	1.038	1.04400	2.23467
44	0.861	0.874	0.894	0.87633	0.15215	0.958	1.04	0.92	0.97267	4.79781	1.002	1.096	1.054	1.05067	2.85501
51	0.841	0.85	0.869	0.85333	-2.53906	0.962	1.011	0.921	0.96467	4.00829	0.996	1.091	1.039	1.04200	2.04702
59	0.856	0.862	0.865	0.86100	-1.62602	0.946	1.028	0.932	0.96867	4.40468	0.953	1.074	1.023	1.01667	-0.39377
66	0.856	0.873	0.869	0.86600	-1.03926	0.939	1.012	0.927	0.95933	3.47464	0.98	1.074	1.017	1.02367	0.29274
73	0.865	0.88	0.877	0.87400	-0.11442	0.956	1.003	0.951	0.97000	4.53608	0.986	1.091	1.008	1.00800	-1.25694
80	0.85	0.859	0.863	0.85733	-2.06065	0.961	1.025	0.938	0.97467	4.99316	0.999	1.076	1.024	1.03300	1.19361
87	0.863	0.86	0.869	0.86400	-1.27315	0.988	1.035	0.932	0.98500	5.98985	0.995	1.127	1.029	1.05033	2.82418

(วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่นแสง 500.nm.) เตรียมฟิล์ม 23 มิ.ย. 46 และลอก 26 มิ.ย. 46 และฉายรังสี 1-2 ก.ค. 46

## หมายเหตุ

fvp1 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 1 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้สภาวะแสง day light ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

fvp2 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 2 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้สภาวะแสง UV ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

fvp3 หมายถึง ฟิล์มแผ่นที่ 3 หลังฉายรังสีที่เก็บไว้ที่มืด ที่อุณหภูมิ 25 องศา C

$$\%A = ((A_t - A_0) / A_0) \times 100$$

A<sub>t</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงวันแรกที่วัด

A<sub>0</sub> คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดตามเวลาและสภาวะที่เก็บ

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสัมฤทธิ์ เกิดแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 16 มกราคม พ.ศ. 2519 ที่จังหวัดเพชรบุรี สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(รังสีเทคนิค) จากคณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปีการศึกษา 2541 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์ เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2543 ปัจจุบันรับราชการใน ตำแหน่งนักรังสีการแพทย์ 4 ภาควิชารังสีวิทยา คณะทันตแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย