



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

هـ ط ذ س - ش / ت د ع 735
حزيران 2007

تقرير عن دراسة علمية مخبرية
قسم تكنولوجيا الإشعاع

تأثير محلول ثنائي ميتيل سلفوكسيد على استجابة ثنائي إيثيل فومارات
كمقياس جرعة للجرعات الإشعاعية العالية

هارون القصيري
د. منذر قطان
يعرب ضاهر

هـ ط ذ س - ش / ت د ع 735

المحتويات

3	الخلاصة
4	Abstract
5	1. المقدمة
6	2. المواد والطرق المستخدمة
7	3. النتائج والمناقشة
8	3-1 تأثير تركيز ثنائي إيثيل فومارات على استجابة مقياس الجرعة المحضر
10	3-2 دراسة تأثير ما بعد التشعيع
11	3-3 تأثير معدل الجرعة على استجابة مقياس الجرعة المحضر
11	3-4 تأثير درجة الحرارة
12	3-5 مطيافية ما تحت الأحمر
15	4. الخاتمة
16	5. المراجع العلمية

تأثير محلول ثنائي ميثيل سلفوكسيد على استجابة ثنائي إيثيل فومارات كمقياس جرعة للجرعات الإشعاعية العالية

هارون القصيري، د. منذر قطان، يعرب ظاهر

دائرة تشغيل وحدات الأشعة - قسم تكنولوجيا لإشعاع - هيئة الطاقة الذرية السورية

الخلاصة:

درست إمكانية استخدام محلول ثنائي إيثيل فومارات في ثنائي ميثيل سلفوكسيد مقياس الجرعة الإشعاعية العالية وذلك بدراسة تأثير أشعة غاما على هذا المحلول في مجال الجرعات (1-250) ك غراي. تظهر أطياف المحاليل المشبعة عصابة امتصاص عريضة في المجال (325-400) نانومتر مع عتبة عند طول الموجة 332 نانومتر، حيث لوحظ أن الامتصاصية تزداد بازدياد الجرعة الممتصة. قيست الامتصاصية عند طول الموجة 332 نانومتر ورسمت بدلالة الجرعة. وجد أن هناك استجابة جيدة وعلاقة خطية بين الجرعة الممتصة للمحلول ذي التركيز 20% والامتصاصية في المجال (0-225 ك غراي) عند طول الموجة 332 نانومتر. وجد أن هناك استقلالية جيدة عن معدل الجرعة في المجال 14-30 ك غري/سا، وثباتية جيدة بعد التشعيع وصلت حتى 700 ساعة، كما وجد أن الامتصاصية تزداد بزيادة درجة حرارة التشعيع المجال (18-60 مئوية).

الكلمات المفتاح:

أشعة غاما، ثنائي إيثيل فومارات، ثنائي إيثيل سلفوكسيد، معدل الجرعة، ما بعد التشعيع، مقياس الجرعة.

Dimethyl Sulfoxyde diethyl fumarate solution for high dose dosimetry

H. Alkassiri, M. Kattan, Y. Daher

*Atomic Energy Commission of Syria, Department of Radiation Technology,
Radiation Units Operation Division, P.O. Box 6091, Damascus, Syria*

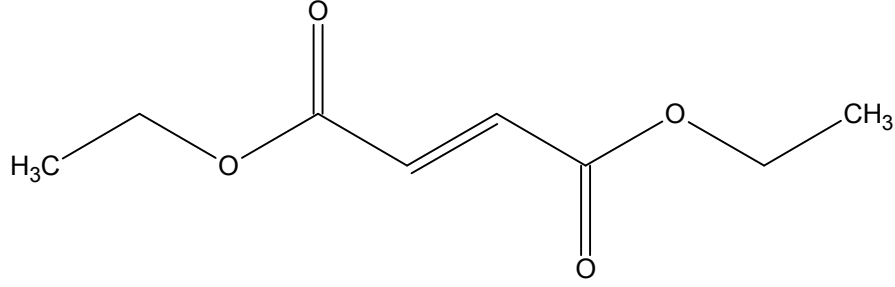
Abstract:

Dosimetric characterization of diethyl fumarate DEF in dimethyl sulfoxyde DMSO solution has been studied spectrophotometrically for possible application at high dose radiation dosimetry in the range (0-225 kGy). The absorption spectra of irradiated solution showed broad absorption bands between (325-400nm) with a shoulder at 332 nm. The absorption increases as the dose is increased. Absorbance at 332 nm were measured and plotted against absorbed dose. Linear relationship and good response were found between absorbed dose and absorbance of 20% DEF concentration in the range (0-225 kGy) at the wave length, and linearity up to 250 kGy of absorbance at 332 nm. Good dose rate independence was observed in the range (14-33 kGy/h). The effect of post irradiation storage in darkness and indirect daylight conditions were not found to influence the absorption up to 700 h after irradiation. The effect of irradiation temperature within the range (0 to 60 °C) on the dosimetry performance was discussed.

Key words: Diethyl fumarate (DEF), Dimethyl sulfoxyde (DMSO) Gamma radiation, Dose rate, Post irradiation, dosimetry.

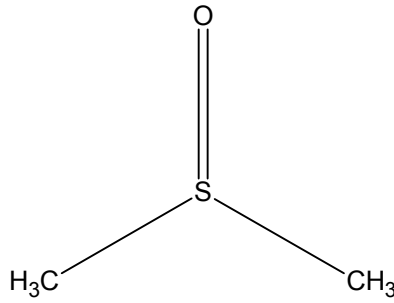
1- مقدمة:

بدأ الاهتمام بالتطبيقات الصناعية للإشعاع في بداية الستينات وازداد في بداية السبعينات وخاصة في مجال تعقيم المواد الطبية وحفظ الأغذية. ترافق ازدياد استخدام الأشعة في هذه المجالات بالاهتمام بأساليب ضبط الجرعة الممتصة وتقديرها في العمليات الإشعاعية. ازداد الاهتمام بمقاييس الجرعة وتنوعها بتنوع مجال استخدامها ودقتها. ظهر العديد من مقاييس الجرعة منها ما يعتمد على تغيير الخواص الفيزيائية (مثل تغير خواص الناقلية الكهربائية أو الحرارية) ومنها ما يعتمد على تغيير الخواص الكيميائية عند تعريضه للإشعاع. ما يهمننا في هذا العمل هو مقاييس الجرعة الكيميائية التي تعتمد على قياس التغيرات الكيميائية أثناء التشعيع، حيث يعتبر مقياس فريكي (Fricke) الذي يعتمد مبدأ تحول الحديد الثنائي إلى الحديد الثلاثي باستخدام محلول كبريتات الحديدي من أهم وأدق مقاييس الجرعة الكيميائية اللاعضوية والمصنف كمقياس جرعة مرجعي رغم محدودية مجال الجرعة التي يمكن استخدامه فيها (40-400 غراي). كما أن من أهم عيوبه هو تأثيره الكبير بالشوائب العضوية ولذا يتوجب الحذر الكبير خلال تحضيره واستخدام مواد أولية عالية النقاوة وماء ثلاثي التقطير [1]. تستخدم محاليل بعض الأملاح المعدنية الأخرى مثل كبريتات السيريوم كمقاييس جرعة في مجالات أعلى من الجرعة الإشعاعية (1-200 ك غراي) [2,3]، كما تستخدم محاليل ثنائي كرومات البوتاسيوم التي تعتمد مبدأ إرجاع شاردة ثنائي الكرومات $(Cr_2O_7)^{2-}$ إلى شاردة كروم ثلاثي حيث توجد علاقة خطية ما بين الامتصاصية عند الطول الموجي 440 نانومتر والجرعة الممتصة في المجال (5-40) ك غراي [4,5]. تعتبر مشكلة الشوائب العضوية في هذه الأنواع من مقاييس الجرعة عائقا مربكا لمدى استجابتها ودقتها أثناء استخدامها. فكان استخدام بعض المركبات العضوية هو الحل الأمثل للتخلص من هذه المشكلة حيث يأتي المحلول لأحادي كلورو البنزن والذي يعتبر من مقاييس الجرعة الروتينية في طليعة المقاييس ذات الأساس العضوي حيث يمكن استخدام هذا المقياس في المجال (1-200 كيلو غراي) والذي يعتمد على معايرة كمية كلور الهيدروجين (HCl) المتحررة أثناء التشعيع [6,7]. أجريت أبحاث عديدة على استخدام بعض الأصبغة العضوية في مجال قياس الجرعة الإشعاعية مثل أصبغة السيانيديات وثلاثي فنيل الميثان وبعض الأصبغة الأخرى [8,9]. تملك معظم مقاييس الجرعة المستخدمة والمعتمدة علاقة ارتباط من الدرجة الثانية ما بين الجرعة الممتصة والتغير الكيميائي أو أثره ما عدا محلول فريكي حيث العلاقة خطية ما بين الجرعة الممتصة والامتصاصية [10]. حاولنا في هذه الدراسة، بحث تأثير أشعة غاما على محاليل مختلفة التركيز من ثنائي إيثيل فومارات (DEF) المخطط (1) في ثنائي ميثيل سلفوكسيد (DMSO) المخطط (2) من خلال المتابعة الطيفية باستخدام مطيافية ما فوق البنفسجي وإيجاد علاقة الارتباط ما بين الجرعة الممتصة والتغير الحاصل للامتصاصية نتيجة التعرض للإشعاع. ودراسة تأثير معدل الجرعة ودرجة الحرارة على استجابة مقياس الجرعة المحضر للجرعة الممتصة.



Diethyl fumarate

المخطط رقم (1)



Dimethyl Sulfoxide

المخطط رقم (2)

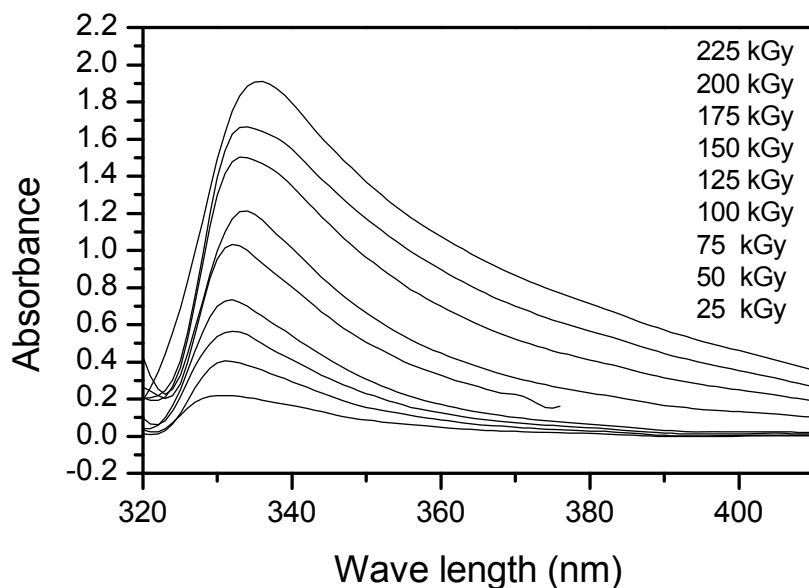
2- المواد والطرائق المستخدمة:

استخدم في هذه الدراسة كل من ثنائي إيثيل فومارات ($C_8H_{12}O_4$) ذي وزن جزيئي (172.178) غ/مول وثنائي ميثيل سلفوكسيد (C_2H_6SO) ذي وزن جزيئي (78.13) غ/مول. حصل على كلا المركبين من شركة (FLUKA) بنقاوة (99%). حضرت المحاليل المدروسة باستخدام بوالين معايرة سعة 50 مل بعد غسلها بالإيثانول وتجفيفها، حيث حضرت ثلاثة تراكيز (5-10-20%) حجماً من DEF في DMS وذلك بوضع (2.5-5-10) مل من DEF في ثلاثة بوالين معايرة ثم أكمل الحجم إلى 50 مل باستخدام DMSO. عبأت المحاليل المحضرة، من أجل عملية التشعيع، في انبولات زجاجية سعة 5 مل بوضع 2.5 مل من المحلول المدروس ثم لحت حرارياً، وحفظت في مكان مظلم تجنباً لتأثير الضوء. شععت جميع العينات باستخدام محطة التشعيع ذات المنشأ الروسي من طراز (ROBO) التي تحتوي على منابع كوبالت-60 لأشعة غاما متوضعة في حامل مسطح على شكل مستطيل وذات نشاط إشعاعي كلي 185 ك كوري. حدد معدل الجرعة في جميع المواقع

المستخدمة في هذه الدراسة باستخدام محلول فريكي عند الظروف العادية من درجة الحرارة والجو العادي. جرت عملية تشييع العينات بوضع العينات في علبة من البولي اتيلين ذات ثخانة 3 مم من اجل كل جرعة مدروسة. استخدم مطياف (UV-VIS) من طراز (Melton Roy 1201) من اجل جميع قياسات الامتصاصية في هذه الدراسة، وذلك بوضع المحلول المشع في خلية ذات أبعاد $(1 \times 1 \text{Cm})$ عند درجة حرارة الغرفة واستخدام المحلول غير المشع مرجعاً. وكذلك استخدام مطياف ما تحت الأحمر من طراز (JASCO) ياباني الصنع من اجل إجراء مسح في المجال $(400 - 4000 \text{Cm}^{-1})$ لبعض العينات المشعة لمحاولة تفسير التغيرات الكيميائية بعد التشييع من خلال تقفي عصابات امتصاص بعض الزمر الوظيفية.

3- النتائج والمناقشة:

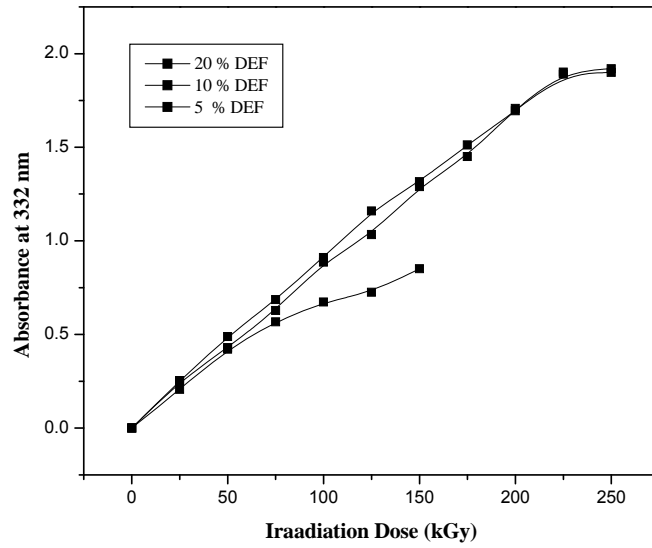
كان لا بد أولاً من تحديد المجال الطيفي المفيد في هذه الدراسة حيث حضر محلول بتركيز 20 % من DEF في DMSO ثم عرضت إلى جرعات متتالية في المجال 0-250 ك غراي. اجري مسح باستخدام مطيافية (UV-VIS) في المجال (320-450) نانومتر، واستخدم المحلول غير المشع مرجعاً. عرضت الأطياف الناتجة في الشكل (1) حيث يلاحظ أن هناك قمة عريضة في المجال (320-400) نانومتر كما يظهر قمة عند الطول الموجي 332 نانومتر. حيث لوحظ أن الامتصاصية تزداد بازدياد الجرعة الممتصة عند هذه القمة. اعتمد تغير الامتصاصية عند هذا الطول الموجي في كافة القياسات اللاحقة. ومن أجل دراسة التغيرات الكيميائية الحاصلة أثناء التشييع فقد قمنا بتشيع عينات بتركيز 20% من DEF للجرعات (0، 50، 100، 150، 200) ك غراي ثم أجري مسح للعينات المشعة باستخدام مطيافية FTIR في المجال (40-4000) سم⁻¹ كما هو مبين لاحقاً.



الشكل 1: طيف الامتصاصية لمحلول DEF في DMSO بتركيز 20% المشع بجرع مختلفة.

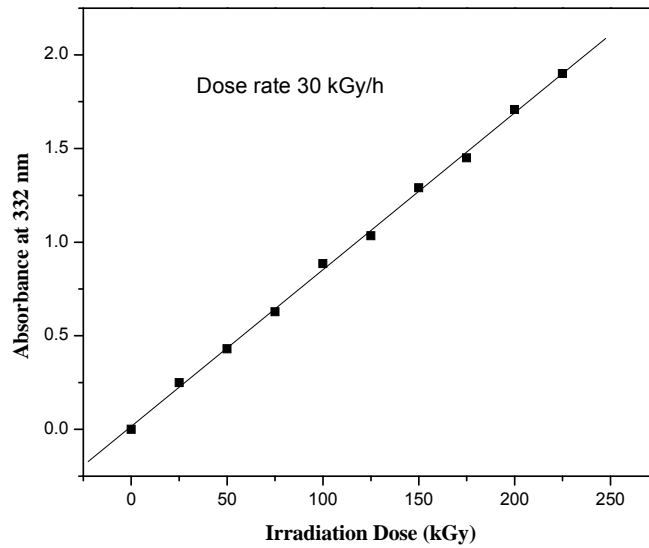
1-3 تأثير تركيز ثنائي إيثيل فومارات على استجابة مقياس الجرعة المحضر:

درس تأثير تركيز ثنائي إيثيل فومارات على استجابة المحلول للجرعة الممتصة بعد اختيار الأطول الموجيه المناسبة لدراسة مقياس الجرعة المحضر والزمن المناسب بعد التشعيع. حضرت ثلاثة تراكيز من DEF و DMSO بنسب حجميه مئوية على الشكل التالي (5، 10، 20 %).، ثم عبأت المحاليل المحضرة في انبولات زجاجية سعة 5 مل ولحمت حراريا. عرضت العينات المحضرة لجرعات إشعاعية متتالية في المجال (0-250) ك غراي عند معدل جرعة 30 ك غراي/ سا. ثم قيست الامتصاصية بعد التشعيع بزمن 12 ساعة عند طول الموجة 332 نانومتر ورسمت الامتصاصية بدلالة الجرعة الممتصة كما هو مبين في الشكل (3).



الشكل 2: تغيرات الامتصاصية لمحلول DEF عند تراكيز مختلفة بدلالة الجرعة الإشعاعية.

يبين الشكل 2 تغيرات الامتصاصية عند طول الموجة 332 نانومتر بدلالة الجرعة للتراكيز المحضرة. لوحظ أن هناك علاقة خطية جيدة لاستجابة التركيزين 20 و 10% حتى الجرعة 225 ك غراي بينما استجابة المحلول ذي التركيز 5% لم تتجاوز الاستجابة الخطية لجرع أعلى من 50 ك غراي.



الشكل 3: تغيرات الامتصاصية بدلالة الجرعة الممتصة لمحلول DEF عند معدل جرعة 33 ك غراي/سا.

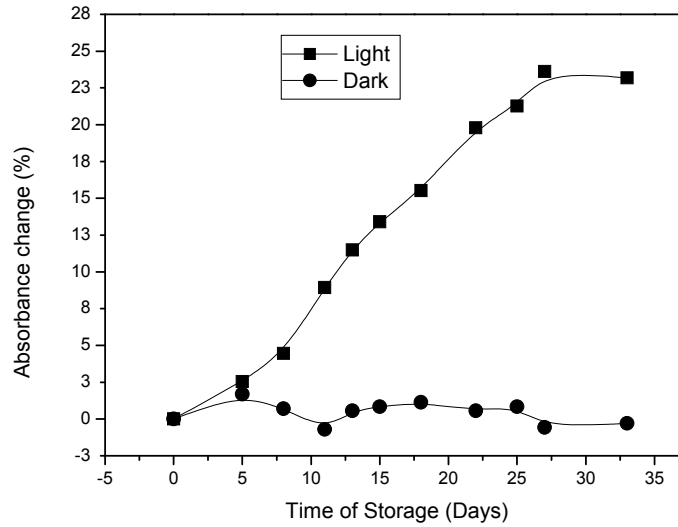
يمثل الشكل (3) تابعة الامتصاصية بدلالة للجرعة الممتصة حيث يبين الشكل أن هناك علاقة خطية ما بين الجرعة والامتصاصية عند الطول الموجي (332) نانومتر ممثلة بالمعادلة التالية:

$$A = 0.00838 \times D$$

حيث تمثل D الجرعة الممتصة.

2-3 دراسة تأثير ما بعد التشعيع:

درس تأثير ما بعد التشعيع على ثباتية القياسات حيث حفظ عينات من محلول DEF تركيزه 20% المشعة بجرعة 25 ك غراي في الظلام و في الضوء من اجل دراسة العلاقة في كلا الحالتين وأخذت قراءات الامتصاصية عند الطول الموجي 332 نانومتر خلال أزمنة متتالية من زمن الخزن. يبين الشكل 4 التغيرات النسبية للامتصاصية عند الطول الموجي 332 نانومتر خلال أزمنة مختلفة من التخزين بعد التشعيع في الظلام وتحت الضوء على العينة. لوحظ أن التغيرات النسبية للامتصاصية وحتى زمن تخزين 30 يوماً هو اقل من $\pm 2\%$ للعينة المحفوظة في الظلام بينما التغيرات النسبية للامتصاصية لعينة المحفوظة في الضوء بلغ أكثر من $\pm 23\%$.

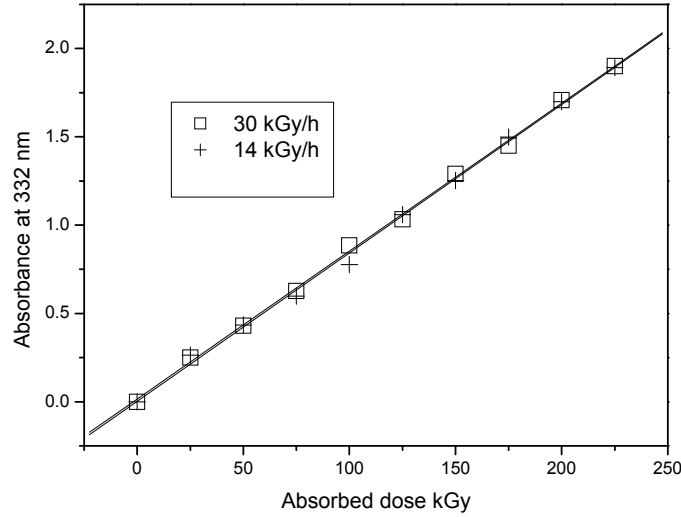


الشكل 4: تغيرات الامتصاصية بعد التشعيع في الظلام والضوء.

3-3 تأثير معدل الجرعة على استجابة مقياس الجرعة المحضر:

لدراسة تأثير معدل الجرعة شععت عينات من محلول DEF ذي تركيز 20% عند معدلين مختلفين للجرعة 30 و14 ك غراي/ساعة في مجال الجرعات 0-225 ك غراي ثم قيست الامتصاصية بعد التشعيع عند طول الموجة 332 نانومتر. رسمت الامتصاصية بدلالة معدل الجرعة كما هو ممثل في الشكل 5. يلاحظ أن تغيرات الامتصاصية من اجل جرعة واحدة ومن اجل معدلي الجرعة المدروسين متقاربة جداً وان معادلة الارتباط الخطية لهذين المعدلين هي:

$$A = 0.00838 \times D$$

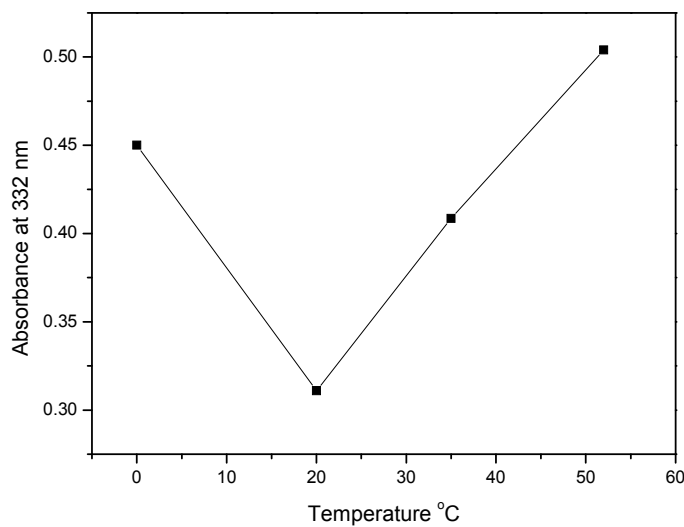


الشكل 5: تأثير معدل الجرعة على استجابة محلول DEF بتركيز (20%).

نلاحظ من ذلك أن لا تأثير لمعدل الجرعة على استجابة مقياس الجرعة المدروس ضمن مجال خطية المقياس أي في المجال (0-25) ك غراي.

4-3 تأثير درجة الحرارة:

من المعلوم أن لدرجة الحرارة أهمية كبيرة في عمليات التشعيع ولذلك لابد عند دراسة أي مقياس جرعة الأخذ بالحسبان تأثير درجة الحرارة على استجابة مقياس درجة الحرارة ومن اجل دراسة تأثير درجة الحرارة على استجابة مقياس الجرعة المحضر شععت عينات من تركيز 20% DEF في ترموستات حراري عند درجات حرارة متتالية 18، 42، 52 مئوية وعند الدرجة 0 مئوية استخدم مزيج من الماء والتلج حيث عرضت العينات المشعة لجرعة قدرها 30 ك غراي عند درجات الحرارة، ثم قيست الامتصاصية بعد التشعيع عند طول الموجة 332 نانومتر ورسمت التغيرات النسبية للامتصاصية بدلالة درجة الحرارة كما هو مبين في الشكل 6.

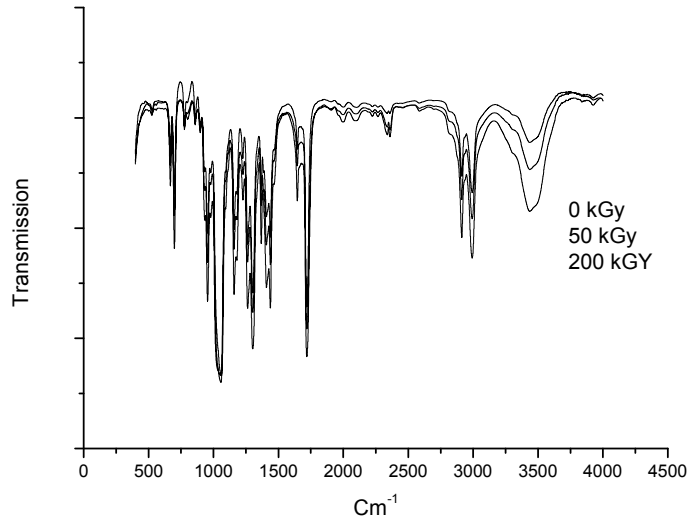


الشكل 6: تغيرات الامتصاصية لمحلول DEF بدلالة درجة الحرارة عند التشعيع بجرعة 30 ك غري.

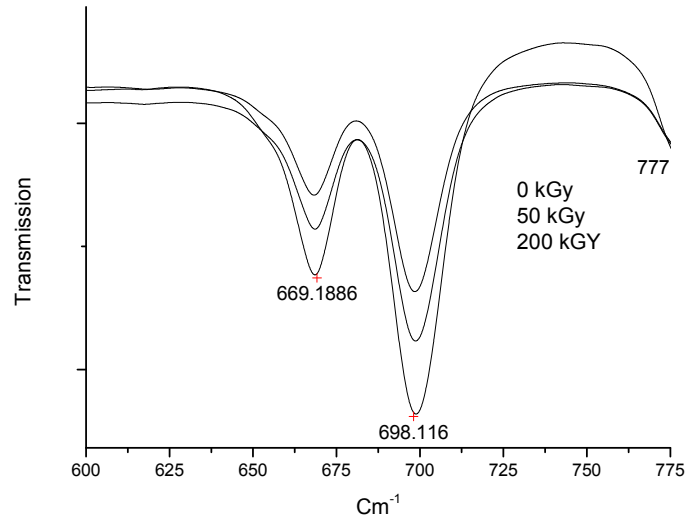
يمكن ملاحظ أن الامتصاصية تزداد بزيادة درجة الحرارة في المجال 18–52 مئوية بينما تتناقص في الامتصاصية عند درجة صفر مئوية والسبب في ذلك يعود إلى أن المحل (DMSO) يتجمد عند درجة حرارة حوالي 13 مئوية لذلك تنخفض الامتصاصية.

5-3 مطيافية ما تحت الأحمر:

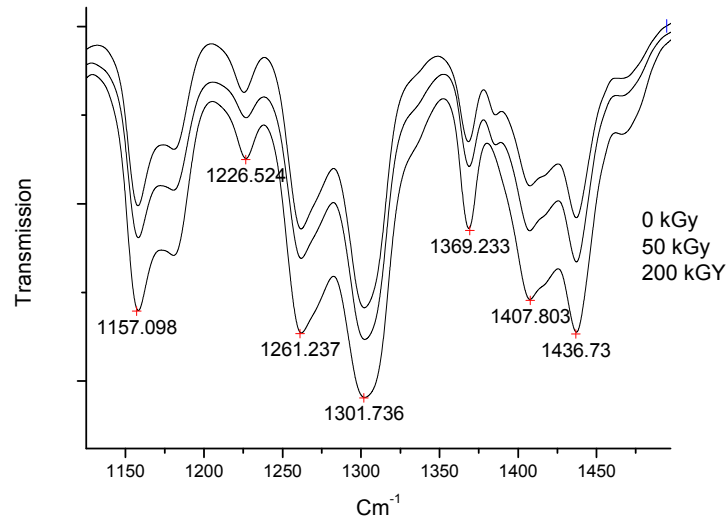
شععت عدة عينات بتركيز (20%) لجرعات 50، 150، 250 ك غري ثم استخدمت تقنية FTIR لإجراء مسح للعينات في المجال (400–4000) سم^{-1} حيث يبين الشكل 7 طيوف هذه العينات بينما تبين الأشكال (8)، (9)، (10)، (11) تكبير للشكل الأول. تبين الأشكال أن النفوذية تزداد بازدياد الجرعة الممتصة كما يرجح تشكل دايمر (ثنائي حد) من مركب ثنائي إيثيل فومارات أثناء التشعيع مما يزيد النفوذية عند الأعداد الموجيه الممتثلة للزمر الوظيفية في المركب الأصلي قبل التشعيع.



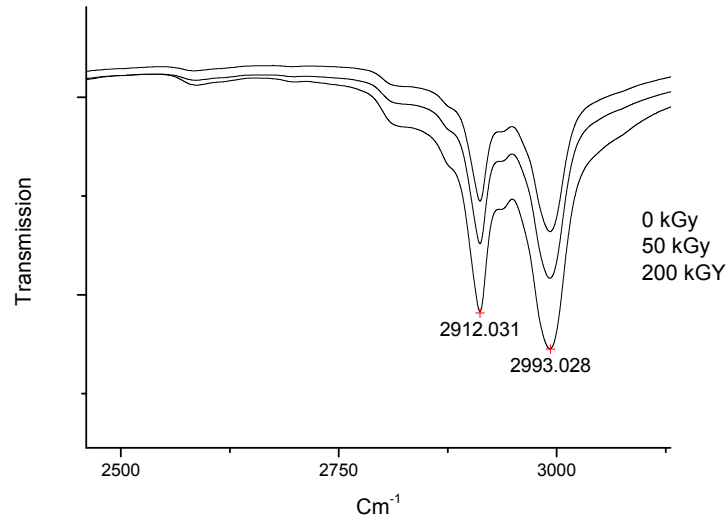
الشكل 7: طيف FTIR لعينات من محلول DEF المشععة لجرع مختلفة.



الشكل 8: طيف FTIR لعينات من محلول DEF المشععة لجرع مختلفة.

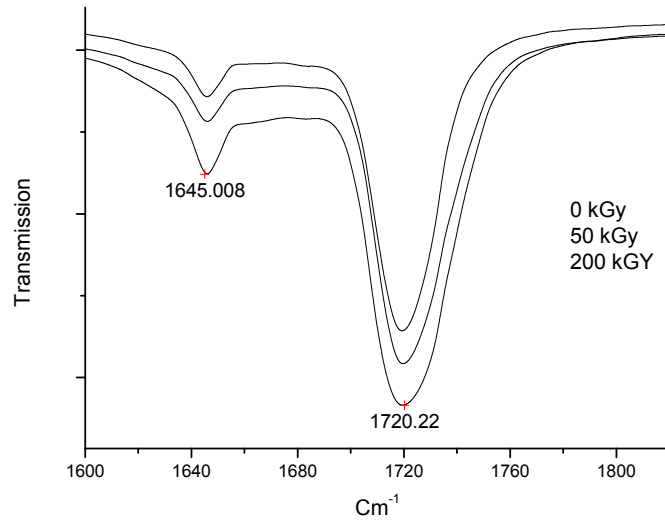


الشكل 9: طيوف FTIR لعينات من محلول DEF المشعة لجرع مختلفة.



الشكل (11)

الشكل 10: طيوف FTIR لعينات من محلول DEF المشعة لجرع مختلفة.



الشكل 11: طيوف FTIR لعينات من محلول DEF المشععة لجرع مختلفة.

4- خاتمة:

درس تأثير أشعة غاما على محاليل مختلفة التراكيز من ثنائي إيثيل فومارات في ثنائي ميثيل سلفوكسيد للاستفادة منها في مجال القياسات الإشعاعية بمتابعة أثر التشعيع طيفيا عند جرعات مختلفة باستخدام مطيافية (UV – VIS). وقد أبدت امتصاصية المحلول تابعيه خطية جيدة للجرعة الممتصة من اجل التركيزان 10% و20% حتى الجرعة 225 ك غري وعند طول الموجة 332 نانومتر اما المحلول ذو التركيز 5% من DEF فقد أبدى خطية جيدة في مجال الجرعات من (0-50) ك غراي. أظهر مقياس الجرعة المدروس سلوكا مستقلا عن معدل الجرعة وثباتية إشعاعية مقبولة بعد التشعيع حتى 30 يوماً بانحراف قدره $(\pm 2\%)$.

كلمة شكر

نتوجه بالشكر إلى إدارة الهيئة التي سمحت بإجراء مثل هذه الدراسات ومتابعتها، كما نشكر كل من ساهم في إنجاز هذا العمل.

References:

- [1] ASTM, 1984, Method for using the Fricke dosimeter to measure absorbed dose in water ASTM standard E1026.
- [2] ASTM, 1988a, Method for using the Cerium–Cerous sulfate dosimeter to measure absorbed dose in water ASTM standard E1205.
- [3] Buxton, G.V.; Djouider, F., 1993., Radiation Physics and Chemistry. 48 (6).799.
- [4] SistiRzyski, M.; Barbara-M.; Campos, L.L.; ,1993, Radiation-Physics-and-Chemistry 63,p. 719-722 .
- [5] Razem, D.; Dvornik, I.; 1973, Proceeding of symposium, IAEA Publication STI/PUB/311.
- [6] McLaughlin, W. L; Boyd, A.W; Chadweick, K. H; Mcdonald, J. C; Miller, A. Dosimetry for radiation processing ,1989. Taylor and Francis press.
- [7] Biro, A.; Wojnarovits, L., 1996., Radiation Physics and Chemistry. 47(3).389.
- [8] Hasan ,M.K.; Mohammad, A.; Zahid, S. C., 2002. Radiation physics and chemistry. 63, 713.
- [9] Kovacs, A.; Stenger, V.; Foeldiak, G., 1984, Proceedings of an international symposium organized by the IAEA and held in Vienna 8-12 October ,p. 135.
- [10] Kovacs, A.; Wojnarovits, L.; El-Assy, N.B.; Afeefy, H.Y.; Al-Sheikhly, M.; alker, M.L.; McLaughlin, W.L., Gaithersburg, MD, 1993, Radiation Physics and Chemistry. 46(4-6), 1217.

SYRIAN ARAB REPUBLIC
ATOMIC ENERGY COMMISSION
DAMASCUS- P.O.BOX: 6091



Report on Scientific Laboratory Study
Department of Radiation Tecnology

Dimethyl Sulfoxyde diethyl fumarate solution for high dose dosimetry

Mr. H. Alkassiri
Dr. M. Kattan
Mr. Y. Daher

AECS – M \RSS 735

Jun 2007