

قياس تأثير الأشعة المؤينة على العاملين في مجال طب الأسنان باستخدام بعض المواد البوليمرية

حسين علي الجبوري* ، هناء نافع عزيز** و سناء فتحي محمود**

* قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة النهريين

** قسم العلوم الأساسية - كلية طب الأسنان - جامعة الموصل

الخلاصة

تم دراسة تأثير الأشعة السينية x-ray كأحد أنواع الأشعة المؤينة على المواد البوليمرية مثل كاشف CR-39 والجلاتين G-150 بمدى جرعة إشعاعية 5.2 mGy لغاية 30.2 mGy ومدى جرعة إشعاعية 5.2 mGy لغاية 18.1 mGy باستخدام مطيافية تحول فورير - تحت الحمراء FTIR ومطيافية الضوء المرئي وفوق البنفسجي UV-visible على التوالي، حيث وجد أن كاشف CR-39 أكثر حساسية للتأثير الإشعاعي من الجلوتين G-150 من خلال قياس النفاذية النسبية - % لطيف FTIR عند العددين الموجيين 2250 cm^{-1} ، 2420 cm^{-1} والأعداد الموجية 2144 cm^{-1} ، 2307 cm^{-1} ، 2144 cm^{-1} لكلا من CR-39 والجلاتين G-150 على التوالي. تبين أن قياس التأثير الإشعاعي باستخدام تقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجي عند G-150 هو أكثر وضوحاً من استخدامها عند الكاشف CR-39.

عزي التحسس الحاصل لكاشف CR-39 نتيجة التغير الحاصل لأواصر C-H مقارنة بالجلاتين G-150. بينت الدراسة إمكانية استخدام كاشف CR-39 كمجراع لقياس تأثير الأشعة المؤينة - السينية مقارنة بالجلاتين G-150 وخاصة في مجال العاملين في حقل طب الأسنان.

المقدمة

يتأثر بالحرارة العالية (7) والضغط والتأثيرات الميكانيكية والكهربائية (8,9)، ولكون كاشف CR-39 يمتلك حساسية للتأثيرات الإشعاعية ومنها الجسيمات النووية مثل البروتونات والنيوترونات وجسيمات ألفا - a particles، لذا تم استخدامه في كثير من البحوث التي تتناول حساب تراكيز الرادون واليورانيوم (10,11,12)، بالإضافة إلى الاستخدامات الطبية الأخرى، منها حساب فعالية جسيمات ألفا لكل من ^{210}Po و ^{226}Ra في أسنان الأطفال الطبيعية الظهور (13) وحساب تراكيز ^{226}Ra في الأسنان اللبنية والدائمة للذكور والإناث (14)، وتم استخدام كاشف CR-39 بعد قياس الاستجابة للأشعة المؤينة ودراسة التغير في تركيبه الكيميائي الداخلي (15)، والخواص الضوئية التركيبية للكاشف من خلال قياس معامل أنكسار وحيود الأشعة السينية (16).

وتم اعتماد كاشف CR-39 كمجراع dosimeter للأشعة المؤينة كالأشعة السينية من قبل Singh (17) وأستخدم كاشف CR-39 كمقياس لقياس الجرعة الإشعاعية للأشعة السينية (Chong,1997) (18)، واستخدم تأثير الأشعة تحت الحمراء IR - Infrared: (19) والأشعة فوق البنفسجية UV- على موصفات كاشف CR-39 (20)، في

تتكون المواد البوليمرية من مركبات ذات جزئيات كبيرة وتحتوي على وحدات مكررة من المونيمر monomer مرتبطة مع بعضها البعض بأواصر تساهمية تغلب عليها أصرة هيدروجين - كاربون C-H وتصنف البوليمرات أستاذاً على تركيبها الكيميائي ومن هذه الأصناف البوليمرات العضوية، والتي منها كواشف الأثر النووي - SSNTD Solid State Nuclear Track Detector والجلاتين (1,2)، ويعتبر كاشف الـ CR-39 المتكون من Poly allyl diglycal carbonate كأحد كواشف الأثر النووي والأكثر شيوعاً نتيجة امتلاكه حساسية عالية للجسيمات المشحونة (3).

ويمتاز كاشف CR-39 بأنه ذو شفافية بصرية عالية (4) وقدرة تحليلية فائقة وحساسية للتأثيرات الفيزيائية الخارجية ومنها الأشعاعية ومدى واسع من الطاقات (5)، كما أنه يتأثر بالعوامل البيئية من حرارة ورطوبة عند خزنه لفترات طويلة تحت الظروف الطبيعية بالإضافة إلى امتلاكه تجانسا وتماتلاً عاليين في الخواص (6).

تتأثر أواصر البوليمرات عموماً ومنها أصرة C-H بكثير من العوامل الفيزيائية حيث وجد إن كاشف CR-39

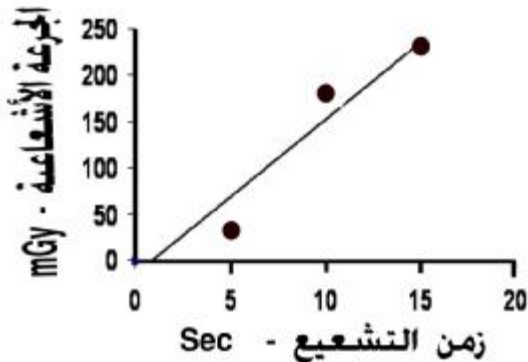
حسين علي الجبوري

الماء المقطر ويتم خلطها باستخدام جهاز الخلط المغناطيسي ذو الصفيحة الساخنة عند درجة حرارة $313K^{\circ}$ ولمدة 20 min. ثم يرشح المحلول ويصب بواسطة غطاء إطباق بتري الزجاجية ذات قطر 9 cm. بعدها يتم تقطيع نماذج G-150 المحضرة بأبعاد 2×2 cm ووضعها داخل الغلاف البلاستيكي السابق بنفس الطريقة السابقة لحمل نماذج كاشف الـ CR-39.

تشعيع النماذج.

يتم الحصول على معايرة الجرعة الإشعاعية للأشعة السينية المستلمة من جهاز الأشعة السينية نوع Shimadzu تحت ظروف فولتية 50kv، وتيار 100 mA على مسافة 75 cm من الأنبوب الكاثودي، باستخدام أربعة أفلام للأشعة السينية نوع كوداك (24) والمعرضة إلى الفترات الزمنية (0,5,10,15 sec) وتم تحميضها وقياس الكثافة الضوئية لهذه الأفلام بجهاز densitometer، وكما موضح في (شكل-1). وكان معدل الجرعة الإشعاعية هي 0.12 mGy/min، ومن خلال الشكل يتم إيجاد معايرة الجرعة الإشعاعية في القراءات اللاحقة من خلال التعرف على زمن التعرض للفترات الزمنية التالية (5,10,15,20,25,30min).

حيث تبين ان الجرعة الإشعاعية المستلمة بعد تشعيع CR-39 و G-150 بالأشعة السينية بالأزمان 5, 10, 15, 20, 25, 30 min هي (5.2, 10.1, 15.1, 20.1, 25.2, 30.2 mGy) على التوالي.



شكل(1) العلاقة بين الجرعة الإشعاعية مع زمن التشعيع لأفلام نوع كوداك المشععة بالأشعة السينية بفترات زمنية 5 و10 و15 Sec والمستنتجة من استخدام جهاز الـ Densmoeter.

حين تم استخدام كاشف CR-39 من قبل Virk (2001) (21) في قياس تأثير حزمة من الأيونات على الكاشف باستخدام تقنيتي تحول فورير- تحت الحمراء Fourier Transfer Infrared FTIR- وتقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجية UV_Visible. في حين تناول (2007,Chun) دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على معدل قسط الكاشف CR-39 (22).

بينما استخدم الجلاتين الذي يعتبر كأحد البوليمرات العضوية الأخرى إضافة إلى كاشف CR-39 في كثير من البحوث التي تناولت تأثير أشعة كاما على احد أنواع الجلاتين (2)، بالإضافة إلى دراسة التغييرات المطيافية - الفيزيائية على الجلاتين نوع G-150 باستخدام مطيافية UV-visible (23) بالإضافة إلى استخداماته الطبية الأخرى (2,23)، ولكون التأثيرات الإشعاعية للأشعة المؤينة للعاملين في حقل الإشعاع ومنهم في مجال طب الأسنان تمتلك الأهمية البالغة في حساب الجرعة الإشعاعية ولتقدير الجرعة الممتصة في الجسم من قبل العاملين، ولأنه تم تناول التأثيرات الإشعاعية للأشعة المؤينة على كل من CR-39 و الجلاتين G-150 في دراسات منفصلة سابقة (9,23)، لذا سيتم في دراستنا الحالية قياس التأثير الإشعاعي للأشعة السينية كاحد أنواع الأشعة المؤينة على كلا من CR-39 و G-150 ومقارنة التأثير باستخدام تقنية مطيافية FTIR وتقنية مطيافية UV-visible مع دراسة إمكانية استخدام CR-39 و G-150 كمجراع لقياس الجرعة الإشعاعية للعاملين في مجال الإشعاع ومنهم حقل التشعيع بالأشعة السينية في مجال طب الأسنان.

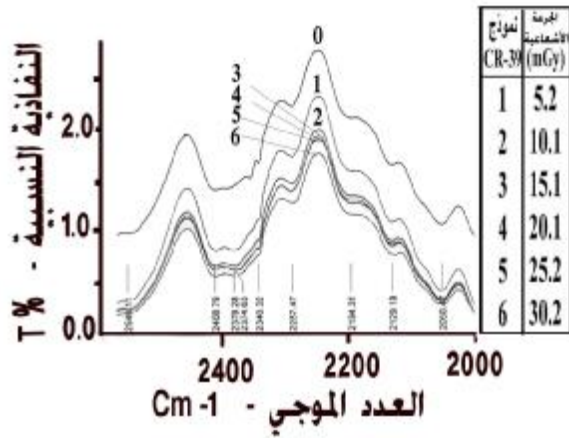
الجاتب العملي.

تحضير النماذج.

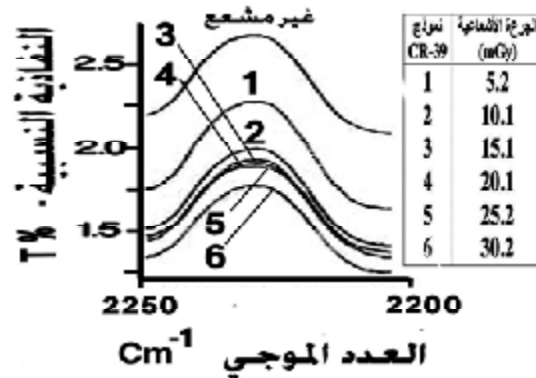
تم تقطيع شرائح كاشف CR-39 سمك $1200 \mu m$ على شكل نماذج بأبعاد 2×2 cm وتم تحميلها على الغلاف البلاستيكي الخاص بحمل أفلام الأشعة السينية لأشعة المستخدمة في فحوصات طب الأسنان وتم عمل فتحة بأبعاد 1.5×1.5 cm في مركز الغلاف ليتم من خلالها حمل شريحة CR-39.

تم تحضير محلول من الجلاتين نوع G-150 (23) بمزج 1 gm من مسحوق الجيلاتين G-150 مع 25 ml من

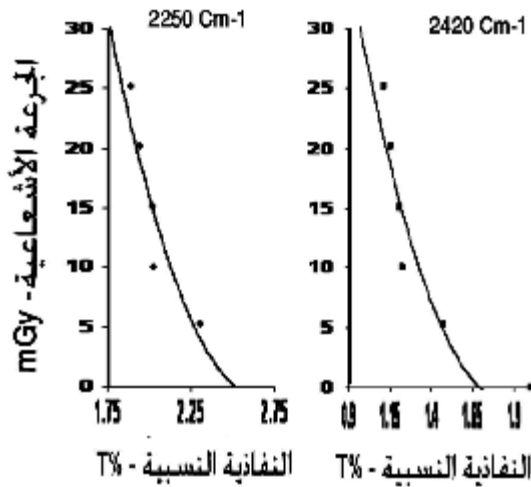
قياس النماذج.



شكل (2) النفاذية النسبية لطيف FTIR عند المدى $2500-2000 \text{ cm}^{-1}$ لشرائح CR-39 المشعة بالأشعة السينية بمدى تشعيعي من 5.2 إلى 30.2 mGy.



شكل (3) طيف FTIR عند مدى العدد الموجي $(2250-2200) \text{ cm}^{-1}$ لشرائح كاشف CR-39 المشعة بالأشعة السينية بمدى تشعيعي من 5.2 لغاية 30.2 mGy.



شكل (4) النفاذية النسبية %T لطيف FTIR للمعدنين الموجيين 2420 و 12250 cm^{-1} في شرائح CR-39 مع الجرعة الإشعاعية بوحدة mGy.

يتم تهيئة الأغلفة البلاستيكية الحاملة للنماذج الـ CR-39 والـ G-150 بعد التشعيع بالأشعة السينية بهيئة يمكن قياسها من خلال حامل النموذج بتقنية مطيافية الضوء المرئي وفوق البنفسجي وذلك بأستخدام جهاز UV- Shimadzu model PC - 1650 بمدى طول موجي $190-1000 \text{ nm}$ وكذلك قياس النماذج بمطيافية FTIR - عند مدى العدد الموجي $1800-2800 \text{ cm}^{-1}$ بأستخدام جهاز FTIR Model 27 - Tensor.

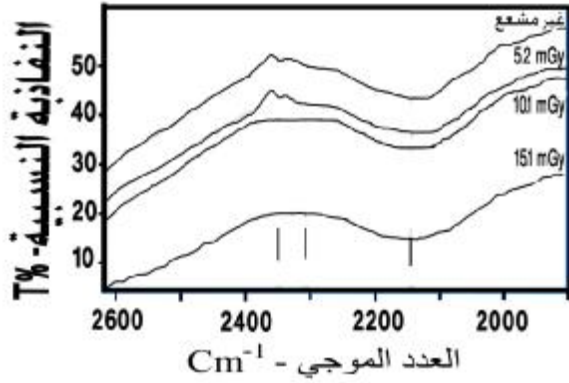
2.4- النتائج والمناقشة.

(شكل-2) يبين طيف FTIR عند المدى $2500-2000 \text{ cm}^{-1}$ لشرائح كاشف CR-39 المشعة بمدى جرعة إشعاعية (5.2 - 30.2 mGy) مع النفاذية النسبية-T%، حيث تبين إن الشريحة غير المشعة من CR-39 تمتلك أعلى قيمة للنفاذية النسبية مقارنة ببقية النماذج المشعة خاصة عند مدى العدد الموجي $2250-2420 \text{ cm}^{-1}$ (جدول -1)، كما نلاحظ من خلال (شكل-2) هبوط سيماء طيف FTIR- مع زيادة الجرعة الإشعاعية العلاقة حتى تصل الى اقل حد لها عند الجرعة 30.2 mGy، ويبدو ذلك واضح من قياس النفاذية النسبية-T% عند مدى العدد الموجي $2200 - 2250 \text{ cm}^{-1}$ ، بالإضافة إلى حصول تداخل في سلوك الطيف للشرائح عند الجرعة 15 mGy و الجرعة 20 mGy (شكل - 3).

جدول (1)

النفاذية النسبية - T% لشرائح CR-39 المشعة بالأشعة السينية عند العددين الموجيين 2420 cm^{-1} و 2250 cm^{-1} .

الزمن التشعيع (min)	الجرعة الإشعاعية (mGy)	النفاذية النسبية T% عند 2420 cm^{-1}	النفاذية النسبية T% عند 2250 cm^{-1}
0	0	2	2.805
5	5.2	1.4722	2.3055
10	10.1	1.222	2.0277
15	15.1	1.2083	2.0277
20	20.1	1.1527	1.9444
25	25.2	1.1111	1.8888
30	30.2	0.9444	1.75



شكل (6) النفاذية النسبية T% لطيف FTIR عند مدى العدد الموجي 2600-1900 cm^{-1} لشرائح الجيلاتين G-150 المشععة بالأشعة السينية بمدى تشعيعي من 5.2 الى 15.1 mGy مقارنة بالنموذج غير المشع.

(الشكل - 6) يبين النفاذية النسبية - T% لطيف FTIR عند مدى العدد الموجي $1900-2600 \text{ cm}^{-1}$ للجلاتين G-150 المشععة بالأشعة السينية لمدى تشعيعي من 5.2 mGy لغاية 15.1 mGy حيث يلاحظ إن التغيير في سيماء طيف FTIR- يزداد مع زيادة الجرعة الإشعاعية المعطاة لـ G-150 مقارنة مع الشريحة غير مشععة، وبما إن تغير النفاذية النسبية - T% يكون أكثر وضوحاً عند الأعداد الموجية $2350, 2144, 1307 \text{ cm}^{-1}$ لذا تم حساب النفاذية النسبية - T% عند تلك الأعداد وإيجاد السلوك الرياضي لها كما موضح في المعادلات (3, 4, 5) للأعداد الموجية $2350 \text{ cm}^{-1}, 2307 \text{ cm}^{-1}, 2144 \text{ cm}^{-1}$ على التوالي (الشكل - 7).

$$\text{Dose(mGy)}=0.005 (\text{T}\%)^2-0.2(\text{T}\%)+2.1 \dots\dots(3)$$

$$\text{Dose(mGy)}=0.0053 (\text{T}\%)^2-0.2(\text{T}\%)+2.3 \dots\dots(4)$$

$$\text{Dose(mGy)}=0.0054 (\text{T}\%)^2-0.1(\text{T}\%)+0.2 \dots\dots(5)$$

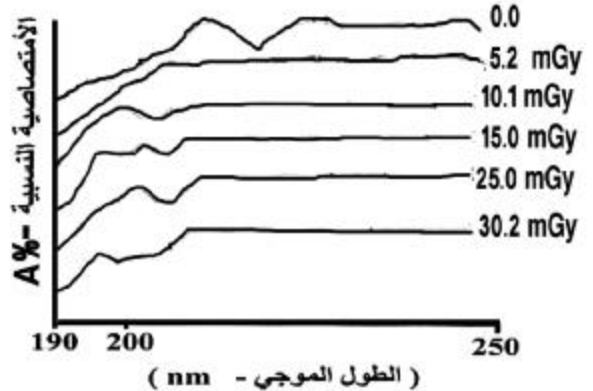
وعند استخدام تقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجي لقياس التأثير الإشعاعي المعطاة لـ G-150 يتبين إن هناك هبوط في قيمة الامتصاصية النسبية - A% يحصل ذلك الهبوط قبل الوصول إلى الطول الموجي 250nm (شكل-8)، ولتبيان ذلك الهبوط تم اعتماد عامل $[\Delta I_{200-250}]$ والذي يمثل صافي التغير في الطول الموجي بين 200 nm و 250 nm، حيث يلاحظ فيه إن $[\Delta I_{200-250}]$ يقل مع زيادة الجرعة الإشعاعية كما موضح في (شكل - 9) حيث يلاحظ فيه إن زيادة الجرعة

ولان التغيير النوعي الحاصل في النفاذية النسبية - T% لطيف FTIR وأمتلاك اكبر قيمة لها عند العديدين الموجيين 2250 cm^{-1} و 2420 cm^{-1} ، لذا يمكن استخدام التغيير في النفاذية النسبية - T% للطيف عند هذين العديدين ليعكس قيمة الجرعة الإشعاعية المستلمة من قبل نماذج CR-39 ومعايرة الجرعة كما موضح في (شكل - 4). ويبدو من خلال (الشكل - 4) إن التغير عند العدد الموجي $2420, 2250 \text{ cm}^{-1}$ لكاشف CR-39 واضحاً ويمكن استخدامه كمقياس لتقدير قيمة الجرعة الإشعاعية وإيجاد مقدارها بعد التعرف على قيمة النفاذية النسبية - T% عند العديدين الموجيين 2250 cm^{-1} و 2420 cm^{-1} حسب المعادلتين (1) و (2) على التوالي.

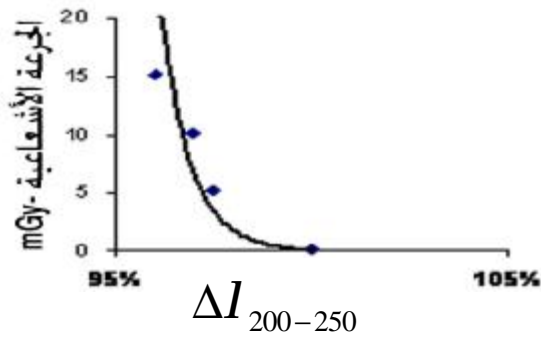
$$\text{Dose (mGy)}=39.2(\text{T}\%)^2-207.9 \text{T}\% + 275.17 \dots\dots(1)$$

$$\text{Dose(mGy)}=40.03(\text{T}\%)- 148.01 \text{T}\%+135.9. \dots\dots(2)$$

وعند استخدام تقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجي لشرائح CR-39 المشععة بمدى تشعيعي من 5.2 mGy لغاية 30.2 mGy تبين إن هناك تشوه في الامتصاصية النسبية - A% عند مدى الطول الموجي 190-250nm ويزداد ذلك التشوه مع زيادة الجرعة الإشعاعية عند مدى الطول الموجي 190-200nm كما موضح في (شكل -5).



شكل (5) تغيير الامتصاصية النسبية لطيف تقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجية في المدى (190-250) لشرائح - CR-39 المشععة بالأشعة السينية بجرع إشعاعية من 5.2 لغاية 30.2mGy.

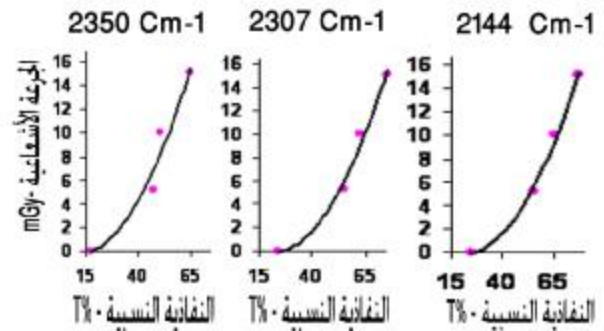


شكل (9) العلاقة بين صافي التغير في الطول الموجي عند مدى العدد الموجي 200nm-250nm والمقاسة بمطيافية الضوء المرئي وفوق البنفسجي مع الجرعة الإشعاعية للجلاتين G-150.

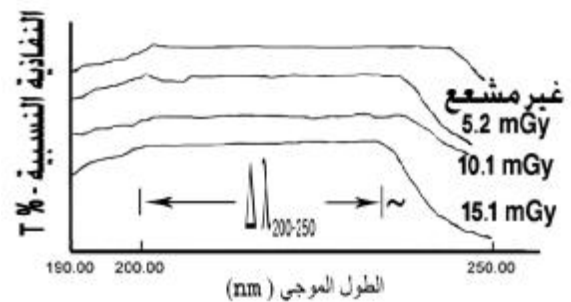
يتبين من خلال (جدول 2-2) مدى الاستجابة الإشعاعية لكلا من كاشف CR-39 والجلاتين G-150 باستخدام كلا من تقنية FTIR وتقنية UV-visible حيث يلاحظ مدى الاستجابة الإشعاعية لكاشف CR-39 عند استخدام تقنية FTIR لقيمة أكثر من 30mGy خاصة عند قياس النفاذية النسبية - T% عند الطول الموجي 2420 cm^{-1} إضافة إلى العدد الموجي 2250 cm^{-1} ويمكن قياس ذلك بالمعادلتين (1) (2) للعددين الموجيين 2420 cm^{-1} و 2250 cm^{-1} على التوالي.

في حين لم تعطي تقنية uv-visible أي مؤشر قياسي لتحديد الاستجابة الإشعاعية عند كاشف CR-39 غير التغير الشكلي النسبي مع الجرعة الإشعاعية، وعند استخدام الجلاتين G-150 وجد إن الاستجابة الإشعاعية باستخدام تقنية FTIR - بحدود 15mGy عند قياس النفاذية النسبية للإعدادات الموجية 2350 cm^{-1} و 2307 cm^{-1} و 2144 cm^{-1} وحسب المعادلات (3)(4)(5) على التوالي في حين وجد هناك إمكانية لتقنية uv-visible في قياس الاستجابة الإشعاعية لغاية 20 mGy عند قياس الجلاتين G-150، من ذلك يتبين أن الاستجابة الإشعاعية لكاشف CR-39 كانت بمدى أكبر مقارنة بالجلاتين G-150 عند استخدام تقنية FTIR، فيما ظهرت الاستجابة الإشعاعية للجلاتين G-150 عند قياس الامتصاصية النسبية لتقنية uv-visible بوضوح أكثر من كاشف CR-39 (جدول 2-2) وهذا يمكن أعزاه لكون كاشف CR-39 يمتلك ترتيب مكرر من أواصر H-C في تركيبه Poly allyl diglycal carbonate وعند تكسر

الإشعاعية تؤدي إلى هبوط قيمة $[\Delta I]_{200-250}$ حتى تصل إلى أقل قيمة لها (237nm) عند الجرعة 15.1 mGy.



شكل (7) النفاذية النسبية T% لطيف FTIR عند الإعدادات الموجية (2144, 2307, 2350 Cm^{-1}) لشرائح الجلاتين G-150 المشعة بالجرعة الإشعاعية (15.1, 10.1, 50.2 mGy).



شكل (8) طيف تقنية الضوء المرئي وفوق البنفسجي عند المدى 250-190 nm للجلاتين G-150 المشعة بالأشعة السينية بجرعة إشعاعية 15.1, 10.1, 5.2 mGy مقارنة بنموذج غير المشع.

وعند رسم العلاقة بين الجرعة الإشعاعية المعطاة لـ G-150 وبين $\Delta I_{200-250}$ تبين أنها علاقة أسية (شكل 9-9) حسب المعادلة التالية.

$$Dose = 0.1291[\Delta I_{200-250}]^{-130.08}$$

معقدة وعشوائية تملك امتصاصية متغيرة نتيجة عودة تلك التراكيب الى الالتحام وبذلك يتشوه شكل الامتصاصية النسبية ويمكن ملاحظتها في تقنية uv-visible (شكل 5-).

تلك الأواصر لمجاميع Poly allyl- نتيجة التشعيع بالأشعة المؤينة يؤدي الى تعديل في الصفات الفيزيائية والكيميائية لتراكيب بوليمرات الـ CR-39 (25) وإلى تكون مركبات

جدول (2)

يبين مدى الاستجابة الإشعاعية لكلا من كاشف CR-39 والجلاتين G-150 باستخدام تقنية FTIR وتقنية UV - visible.

التقنية المستخدمة	المعادلة المستنتجة	مدى العدد والطول الموجي	مدى الاستجابة الإشعاعية mGy
	كاشف CR-39		
FTIR	$Dose (mGy) = 39.2(T\%)^2 - 207.9 T\% + 275.17$	2420 cm-1	-30
	$Dose(mGy) = 40.03(T\%)^2 - 148.01 T\% + 135.9$	2250 cm-1	> 30
UV - visible	تغيير شكلي طفيف في مواصفات الطيف عند مدى الطول الموجي 190-200 nm .	---	تغيير غير قياسي
جلاتين G-150			
FTIR	$Dose(mGy) = 0.005 (T\%)^2 - 0.2(T\%) + 2.1$	2350 cm-1	>15
	$Dose(mGy) = 0.0053 (T\%)^2 - 0.2(T\%) + 2.3$	2307 cm-1	
	$Dose(mGy) = 0.0054 (T\%)^2 - 0.1(T\%) + 0.2$	2144 cm-1	
UV-visible	$Dose = 0.1291[\Delta I_{200-250}]^{-130.08}$	200-250 cm-1	20

المصادر

- [1] Friedberg F., Hayden G.A., Radiation Research vol.28, No.3, pp.717-725 (1966).
- [2] Hazle J.D., Phys. Med. Biol. Vol.36, pp.1117-1125, (1991).
- [3] Henshaw D. L ., Abeng E ., Akeitch P. A. , Ranpie P.H., INT. J. Radiat. Biol., Vol.66, No.6, pp.815-826, (1994).
- [4] Cartwright B.G., Shirk E.K., Price P.B., Inst.Meth., 153, pp.457-466, (1978).
- [5] الجنباني، منذر احمد والهاشمي، سعدية محمود، "الكيمياء الإشعاعية" (1989).
- [6] Barillon R., Klein, chambaudet A., Membrey F., Fromm M., Nucl.Tracks radiat Meas., 19, 1-4, pp.291-295., (1991).
- [7] Kapten, H.Y., J.Appl.poly.sci., Vol 164, No.7, p.p.1291-1294(1997).
- [8] Manssar, M.I., Buni, M.I., J.Ed. And sic. Vol. 29, PP.82-90, (1998).
- [9] Sulayman, N.B., AL-Cholami, T.N., J.Ed.And sci. Vol.12, (1991).
- [10] محييميد . احمد خلف: سليمان. وفاء علي مجلة التربية والعلم، العدد (43)، (2000).
- [11] عقراوي. هناء نافع، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل (2002).

في حين ظهر ذلك واضحا عند استخدام الجلاتين G-150 الذي لا يمتلك تلك الخاصية وكون تراكيب الجلاتين عبارة عن بوليمرات عضوية معقدة التركيب يمكن ان تكون مركبات أخرى أكثر تعقيداً فيزداد تكوينها مع زيادة الجرعة الإشعاعية ، مما أدى إلى ظهور تغير في الامتصاصية النسبية % A - لها، كما يلاحظ من خلال التغير في عامل $\Delta I_{200-250}$ (شكل 8-)، لذا عند استخدام تقنية FTIR لابد من استخدام كاشف CR-39 لقياس الاستجابة الإشعاعية . وعند استخدام تقنية uv-visible لابد من استخدام الجلاتين G-150 على الرغم من قلة مدى استجابته الإشعاعية ، ولزيادة الاستجابة الإشعاعية للجلاتين G-150 لابد من إضافة بعض المواد الكيميائية-إشعاعية قبل تحضير الجلاتين (6) والتي تزيد من استجابة الجلاتين G-150 للأشعة السينية.

في حين يتبين ان كاشف CR-39 يمتلك اكبر مدى للاستجابة الإشعاعية للأشعة السينية الذي وصل إلى حد اكبر من 30 mGy وهذا مايمكن التوصية لاستخدامه كمراجع للأشعة السينية للعاملين في حقل الإشعاع ومنهم العاملين في مجال طب الأسنان.

- [24] Kodak Dental Film-Data sheet, 2002, Germany.
- [25] Rajesh Kumar, ajendra Prasad, Y. K. Vijay, N. K. Acharya, K. C. Verma, dayan De, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 212, P221-227 2003.
- [12] الأنعمي. سعيد حسن: يوسف. رشيد محمود: محمود. سناء فتحي، مجلة ابحاث اليرموك، (2005).
- [13] العبايجي، رنا هشام، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل (2000).
- [14] نوح. سمير احمد: سعيد، عبد الغني فاوي: عطا. مرفت رجب، بحوث لنظائر المشعة، (2006).
- [15] Singh S., Prasher S., Nuclear Instruments and Methods in physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Vol. 215, Issues 1-2, pp.169-173, (2004).
- [16] Shweikani R., Sawaf A.A., Radiation Measurements, Vol.35, No.5, pp.281 -285 (5), (2002).
- [17] Virk H.S., Sivastava A.K., Radiation Measurements, Vol.34, No.1, pp.65-67(3), (2001).
- [18] Tse, K.C.C, Yu, K.N.Polymer0 Degradation and Stability, Vol. 91, Issue 10, pp.2380-2388 (2006).
- [19] Kai-Lai G.Ho, Pometto A.L., Journal of polymers and Environment, Vol. 7, No.2, (1999).
- [20] Chong C.S.Ishak I.Mahat R.H., Amin Y.M., International Conference on Nuclear Tracks in Solidvol.28, No.1-6, pp.119-122, (1997).
- [21] Flischer R.L., PriceP .B. Walker R.M., "Nuclear Tracks in Solids principles and Application" university of California press (1975).
- [22] Chun C.T., Thesis (M.Phil.)University of Hong Kong (2007).
- [23] ضاهي، سوري علي، أطروحة ماجستير، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الموصل، (2006).