

تأثير أشعة كاما في بعض الخصائص الريولوجية والميكانيكية لبوليمر زانثان سيليلوز

د. عبد الكريم جواد البيرماني / جامعة بابل/ كلية الطب
 د. فيصل علي مصطفى / جامعة بابل/ كلية علوم البنات
 إحسان ضياء جواد البيرماني / جامعة بابل/ كلية التربية

الخلاصة:

تضمن البحث دراسة الخواص الريولوجية و الميكانيكية لبوليمر (Xanthan Cellulose) المذاب في الماء المقطر قبل تشعيها بأشعة كاما من المصدر المشع (Co^{60}) ذي معدل طاقة مقدارها (1.22 MeV) وبجرعة إشعاعية مقدارها (4000rad). تم عمليا قياس بعض الخواص الريولوجية كالكتافة وزمن انسياب المحلول باستخدام جهاز استولد ومن هاتين الخاصيتين تم حساب اللزوجة بأنواعها والمعدل اللزوجي للوزن الجزيئي ونصف قطر الجزيئة الفعال. و درست الخواص الميكانيكية من خلال قياس سرعة الموجات فوق السمعية باستعمال مولد ومستقبل الموجات فوق السمعية بتردد (26 KHz) ولمختلف التراكيز ، وتم حساب معامل الامتصاص وزمن الاسترخاء وسعة الاسترخاء والانضغاطية ومعامل المرونة والممانعة الصوتية النوعية للموجات فوق السمعية.

وقد أظهرت النتائج أن جميع الخواص المذكورة تزداد زيادة خطية (Linear) أو زيادة أسية (Exponential) مع زيادة التركيز أما الانضغاطية فقد وجد أنها تتناقص مع زيادة التركيز. أن تأثير التشعيع قد لوحظت زيادة من خلال زيادة في قيم الخواص المذكورة أعلاه ماعدا معامل الامتصاص وسعة الاسترخاء وزمن الاسترخاء والانضغاطية إذ تناقصت قيمها بعد التشعيع إذ بسبب التغيرات في الخواص حدث اتحاد نوعين من جزيئات البوليمر والمذيب وتكوين جزيئات معقدة (Complex Molecules) وكذلك حدوث تغيرات في هيئة توزيع الجزيئات (Configuration) وتشكيلاتها في المحاليل (Conformation) بالإضافة إلى أن التشعيع أدى إلى تكسر الأواصر بين جزيئات البوليمر وتكوين التشابك (Cross Linking) نتيجة لتوليد الجذور الحرة الذي أدى إلى زيادة في الوزن الجزيئي اللزوجي.

Abstract :

Some of physical properties of Xanthan cellulose dissolves in distilled water had been studied before and after irradiation by γ -rays using the source (Co^{60}) of energy (1.22MeV) at rate (100rad/min) for (40minutes) for different concentration from (0.05%) to (0.5).

These properties are rheological properties such as: shear viscosity and its different Kinds, Viscosity average molecular weight, effective molecular radius and density where the viscosity was measured by using Ostwald viscometer.

With respect to the mechanical properties, the Ultrasonic Velocity had been measured by ultrasonic waves system of frequency (26KHz), other properties had been calculated such as: absorption coefficient of Ultrasonic wave, relaxation time, compressibility, relaxation time, bulk modulus, relaxation amplitude and specific acoustic impedance. All these measurements were carried at temperature (20C°).

All these results show that properties have exponential or linear increment with the

increase of concentration except compressibility decreasing with the increase of the concentration after and before irradiation.

After irradiation the results show that all these properties increasing except, compressibility, relaxation time, relaxation amplitude that were decreasing.

The increase and decrease of the all properties were due to union between two types from molecules polymer and solvent and formation complex, molecules, and also some change in molecules configuration have been happening and conformation in solutions and that irradiation caused the break the bounds between the polymer molecules and formation of crosslinking as a result to union the free that lead to increase viscosity molecules weight.

1-المقدمة:

يعد بوليمر (Xanthan Cellulose) نوعاً من أنواع سوائل الحفر المستعملة في حفر الآبار في قطرنا وهو مادة مستوردة صنعها شركة (Messina) إذ يستعمل على شكل محاليل مائية⁽¹⁾.. أهم ما يميز هذا البوليمر هو إمكانية السيطرة على خواصه الريولوجية للمحلول المائي الذي له لزوجة عالية، ومحلولة يظهر خاصية مطاطية كاذبة (Pseudoplasticity) وتعريفها أن لزوجة السائل تقل مع زيادة معدل القص ولا تعود بشكل مباشر إلى اللزوجة الأصلية إلا عند إزالة الإجهاد، تعد هذه الخاصية مهمة جداً في عملية استخراج النفط. إذ قام الباحث (Martin)⁽²⁾ بدراسة أوضح فيها أن بوليمر زانثان بولي سكريات (XPS) يستعمل بصورة واسعة في مجالات تقليل الحركة الجزيئية للماء وعمليات تغطية النفط بحيث أن حركة جيلاتين هذا البوليمر لها استعمالات في العمليات الثانوية لتغطية النفط، لأنه يكون جلاً ذا صلابة عالية جداً مما يقلل عامل فقدان في عمليات استخراج النفط (Losses Factor)، هذا ما أكده الباحث (Slodki)⁽³⁾. واثبت الباحث (Thurston)⁽⁴⁾ أن حركات التجلط في هذا البوليمر تستعمل في العمليات الثانوية لإعادة تكرير المنتجات النفطية يعد هذا البوليمر من المثخنات (Thickening) وذا كفاءة عالية ويعطي استقرارية للمحلول وللخواص الريولوجية ضمن مدى واسع من درجات الحرارة. كذلك يؤثر في المحاليل الحامضية والقاعدية القوية، كما أنه مقاوم لمهاجمة الإنزيمات ويذوب في الماء الحار والبارد. لقد منحته هذه الصفات أهمية في العديد من الاستعمالات مثلاً كعامل سيطرة على لزوجة الأنظمة السائلة ولزيادة لزوجة بعض المواد وبصورة واسعة في التطبيقات الاستهلاكية والصناعية وكمانع لتجمع المواد الصلبة، علاوة على أن له تطبيقات صيدلانية كثيرة جداً ومنها الأقراص الطبية، ويستعمل بصورة واسعة وبكميات غير محددة كمواد مضافة (Additive Material) للمواد الغذائية والمشروبات والمنظفات وأغذية الحيوانات المصنعة ومواد التجميل (Cosmetics) ولإزالة الصدأ وصقل السيراميك والأصباغ المعتمدة على الماء وفي التطبيقات الكيميائية في المنتجات البحثية والصناعية وتطبيقات تقنية أخرى كثيرة.^(5, 6, 7, 8)

2-الجزء العملي:

- تحضير النماذج :

تم تحضير أوزان مختلفة من البوليمر في جميع القياسات للخواص الفيزيائية قبل التشيع وبعده وتم الحصول على المحاليل بإذابة هذه الأوزان في (100ml) في الماء المقطر للحصول على تراكيز من (0.05-0.5)%، إذ تمت عملية الإذابة لجميع النماذج الموزونة في الحالة المشعة وغير المشعة وحسب العلاقة:

وتُمتد التركيز = (وزن المذاب / وزن المذاب + وزن المذيب) × 100% (1)

الإستعانة

بجهاز المحرك المغناطيسي الدوار (Magnetic Stirrer) لتسريع عملية ذوبان البوليمر في الماء المقطر وللحصول على محلول متجانس.

- عملية التشعيع :

تمت عملية التشعيع باستعمال جهاز نوع (CIRUS)، الذي يحتوي على المصدر المشع (Co^{60}) للحصول على أشعة كما بطاقة قدرها (1.25MeV). إذ وضع مسحوق البوليمر الذي يكون على شكل مسحوق بمساحة قدرها ($100cm^2$) وعلى بعد (50cm) من المصدر المشع وعلى عدة شرائح تعرف بـ (Phantom) والتي تعمل على تقليل فقدان الطاقة النووية، إذ كان معدل الإشعاع المسلط على البوليمر من مصدره (Co^{60}) هو (100Rad/min) لفترة زمنية (40min)، أي بجرعة إشعاعية قدرها (4000rad)

٣- القياسات :

تم قياس الكثافة لكافة التراكيز باستعمال قنينة كثافة ذات سعة مقدارها (10ml) وميزان إلكتروني مصنع من قبل شركة (Mettler Switzarland) بحساسية (0.0001).

تم قياس اللزوجة لجميع تراكيز محلول البوليمر المذاب في الماء المقطر باستعمال أنبوبة شعيرية (Capillary Tube) تدعى أنبوبة استولد-فينسك.

استعمل جهاز مولد ومستقبل الموجات فوق السمعية صنعتها شركة (Phywe) يعمل بفولتية (220V) ويولد موجات فوق سمعية بتردد ثابت مقداره (26KHz) عند درجة حرارة ($20^{\circ}C$) لقياس الخواص الميكانيكية ولجميع التراكيز.

4- الجانب النظري

1-4- الخصائص الريولوجية

اللزوجة هي إحدى خواص السائل وتعبّر عن المقاومة التي تعانيتها جزيئات السائل عند حركتها. إذ عند انسياب سائل هادئ على سطح أفقي معين، فإن طبقة السائل الملاصقة للسطح تكون ساكنة وأن الطبقة التي تعلوها أقل سرعة منها ولذا فهي تعوق حركتها والطبقة التي تعلوها أكثر منها سرعة ولذا فهي تدفعها على الحركة لهذا فإن السائل يكون تحت تأثير قوتين متضادتين. اعتماداً على طبيعة المواد ودرجات حرارتها أما اللزوجة في الحالة المائية بالنسبة للبوليمرات تتراوح بين بضعة آلاف للبوليمرات واطئة الوزن الجزيئي إلى (10^{13}) للبوليمرات عالية الوزن الجزيئي^(10,9).

إن أول تعبير رياضي عن انسياب السائل داخل الأنبوب الشعيري وضعه العالم نيوتن، إذ عرف اللزوجة بأنها النسبة بين جهد القص (Shear Stress) ومعدل القص إذ:⁽¹¹⁾

$$\eta_s = s / (dv / dx) \quad \dots \dots \dots (2)$$

إذ (dv) سرعة المائع بين نقطتين تفصلهما المسافة (dx) وأن جهد القص (s) هو القوة المسلطة بصورة مماسية على وحدة مساحة السطح ويعرف معدل القص (dv/dx) بمنحدر سرعة المائع الجاري. حسب العلاقة التجريبية الآتية يمكن حساب اللزوجة للمحلول بقياس زمن الجريان لحجم معين من المحلول خلال أنبوبة أوستولد-فينسك ومقارنته بالزمن اللازم لجريان الحجم نفسه من مادة قياسية (كالماء المقطر) إذ أن:⁽¹²⁾

$$\frac{\eta_s}{\eta_0} = \frac{t_s \rho_s}{t_0 \rho_0} \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث t_s, t_0 زمن الجريان للماء المقطر والمحلول على التوالي.

ρ_s, ρ_0 كثافة الماء المقطر والمحلول على التوالي.

η_s, η_0 اللزوجة القصية للماء المقطر والمحلول على التوالي.

تأثير أشعة كاما في بعض الخصائص الريولوجية والميكانيكية لبوليمر زانثان سيليلوز

تقاس اللزوجة القصية بوحدة (g/cm.s) وتسمى بالبويس (poise) وهناك أنواع أخرى من اللزوجة هي: وتحسب قيمة اللزوجة النسبية من المعادلة آتية: (9)

$$\eta_{rel} = \frac{t_s}{t_0} = \frac{\eta_s}{\eta_0} \dots\dots\dots (4)$$

و اللزوجة النوعية تعطى بالعلاقة: (13)

$$\eta_{sp} = \frac{(\eta_s - \eta_0)}{\eta_0} = \eta_{rel} - 1 \dots\dots\dots (5)$$

واللزوجة المختزلة وتقاس بوحدات (dl/g). (14)

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{C} \dots\dots\dots (6)$$

واللزوجة الذاتية (11)

$$[\eta] = \left(\frac{\eta_{sp}}{C} \right)_{C=0} \dots\dots\dots (7)$$

إذ يمثل التركيز (c) عدد الغرامات من العينة المذابة لكل (100) مللتر من المذيب. تحسب اللزوجة الذاتية عملياً من رسم اللزوجة المختزلة مع التركيز وتستننتج قيمتها عند تقاطع المنحني مع المحور العمودي عند التخفيف اللانهائي

وتحسب اللزوجة الذاتية نظرياً من بعض العلاقات الآتية: (15)

$$\eta_{rel} = \left[1 + [\eta] \frac{C}{8} \right]^8 \dots\dots\dots (8) \quad \text{معادلة Philippoff}$$

$$\ln \eta_{rel} = [\eta]C \dots\dots\dots (9) \quad \text{معادلة Arrhenus}$$

واستخدمت هذه المعادلة لقياس نصف قطر الجزيئة الفعال (13)

$$r = \sqrt[3]{\text{slope}/6.3 \times 10^{24}} \dots\dots\dots (10)$$

إن لزوجة المحاليل المخففة هي إحدى طرائق قياس الوزن الجزيئي وأن أهميتها كطريقة لتعيين الوزن الجزيئي جاءت من سهولة التكنيك وحقيقة كونها ذات علاقة تجريبية مع الوزن الجزيئي ولعدة أنظمة بوليمرية ومن خلالها تنبأ شتودنكر عام (1930) بأن اللزوجة المختزلة تتناسب مع الوزن الجزيئي مع تحوير طفيف إذ تعوض اللزوجة الأصلية بدلاً من المختزلة ويوضح بالمعادلة: (9,13)

$$[\eta] = KM_v^a \dots\dots\dots (11)$$

يمكن إيجاد المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي عن طريق اللزوجة المعتمدة على زمن التدفق في مقياس اللزوجة استولد-فينسك.

2-4- الخواص الميكانيكية:

إن سرعة الموجات فوق السمعية تقل لمعظم السوائل النقية بزيادة درجة حرارة الوسط، كذلك وجد من العلاقة التجريبية أن سرعة الصوت في الماء تتغير مع درجة الحرارة حسب العلاقة الآتية: (16)

$$v = 1557 - 0.0245 (74 - t)^2 \dots\dots\dots (12)$$

إذ (V) تمثل سرعة الصوت، (t) درجة الحرارة بوحدات (c°). ويمكن حساب سرعة الموجات فوق السمعية في الأوساط المختلفة بدلالة كثافة الوسط (ρ) ومعامل المرونة (k) وتسمى هذه العلاقة بصيغة نيوتن:

$$V = \sqrt{k/\rho} \quad \dots\dots\dots (13)$$

وان هذه المعادلة لا تصح لجميع الحالات لان سرعة الصوت تعتمد على قوى التماسك بين جزيئاته . إن الامتصاص الناشئ عن اللزوجة القصية والحرارة يسمى بمعامل الامتصاص الكلاسيكي (α_c) ويعبر عنه بالعلاقة: (11,16)

$$\alpha_c = \alpha_{vis} + \alpha_{th} \quad \dots\dots\dots (14)$$

إذ (α_{vis}) معامل الامتصاص الناشئ عن اللزوجة.

و (α_{th}) معامل الامتصاص الناشئ من الانتقال الحراري من مناطق التضغوط إلى مناطق التخخل نتيجة لمرور الموجات فوق السمعية في الوسط. (16) لذا يكون معامل الامتصاص:

$$\alpha_c = \frac{8\pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho V^3} + \frac{\delta(\gamma - 1)\omega^2}{2\rho C_v \gamma V^3} \quad \dots\dots\dots (15)$$

(γ) تمثل النسبة بين الحرارة النوعية عند ضغط ثابت (C_p) والحرارة النوعية عند حجم ثابت (C_v)، (δ) التوصيلية الحرارية، (f) تردد الموجات فوق السمعية حيث أن ($2\pi f = \omega$) التردد الزاوي. أن جزء من عملية الامتصاص يحول طاقة الموجات فوق السمعية إلى حرارة مباشرة، وفي معظم السوائل فإن الامتصاص الناتج عن الحرارة يكون ذا كمية صغيرة جداً إذ يمكن إهمالها لذلك تصبح العلاقة السابقة على ما يأتي: (18,16)

$$\alpha_c = \alpha_{vis} = \frac{8\pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho V^3} \quad \dots\dots\dots (16)$$

إن حدوث أي تغير فجائي في المنظومة يؤدي بها إلى السير إلى حالة موازنة جديدة تدعى هذه الظاهرة بالعملية الاسترخائية. وهذه العملية تحدث خلال زمن معين يعرف بزمن الاسترخاء ويرمز له بالحرف (t) (Relaxation Time). ويعطى زمن الاسترخاء بالعلاقة: (19,16)

$$t = \frac{4\eta_s}{3\rho V^2} \quad \dots\dots\dots (17)$$

وتقل سعة الاسترخاء بزيادة التردد أي أنها تعتمد على طاقة الموجة وتعطى بالعلاقة: (16)

$$D = \alpha / f^2 \quad \dots\dots\dots (18)$$

تم حساب الممانعة الصوتية النوعية من العلاقة الآتية: (16)

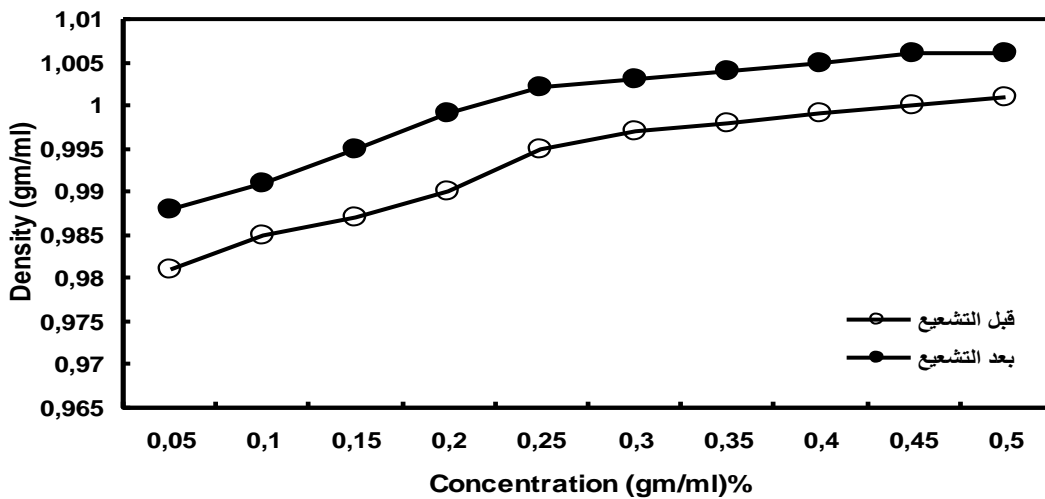
$$z = \rho V \quad \dots\dots\dots (19)$$

ويمكن حساب الانضغاطية من معادلة لابلاس: (15)

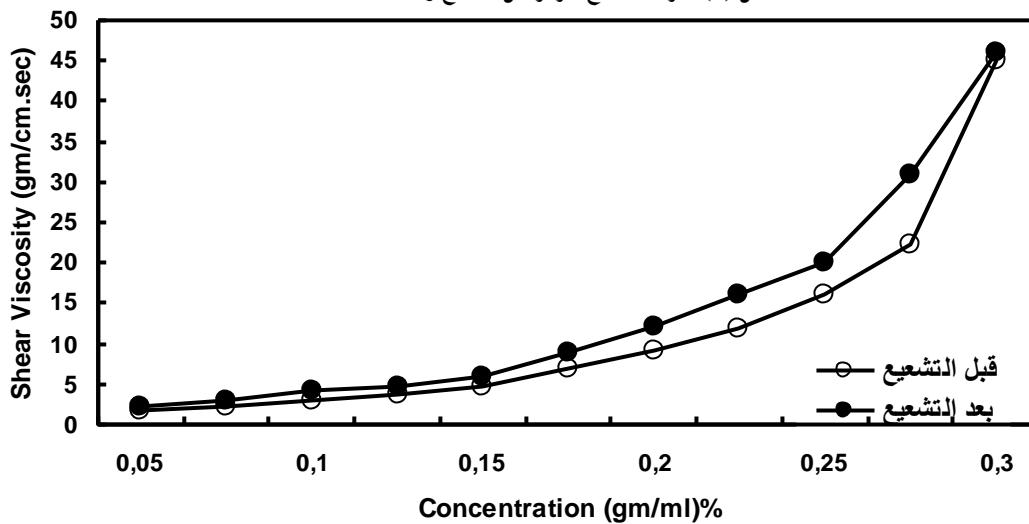
$$B = (\rho V^2)^{-1} \quad \dots\dots\dots (20)$$

وان معامل المرونة وهو مقلوب الانضغاطية وتعطى بالعلاقة الآتية: (17)

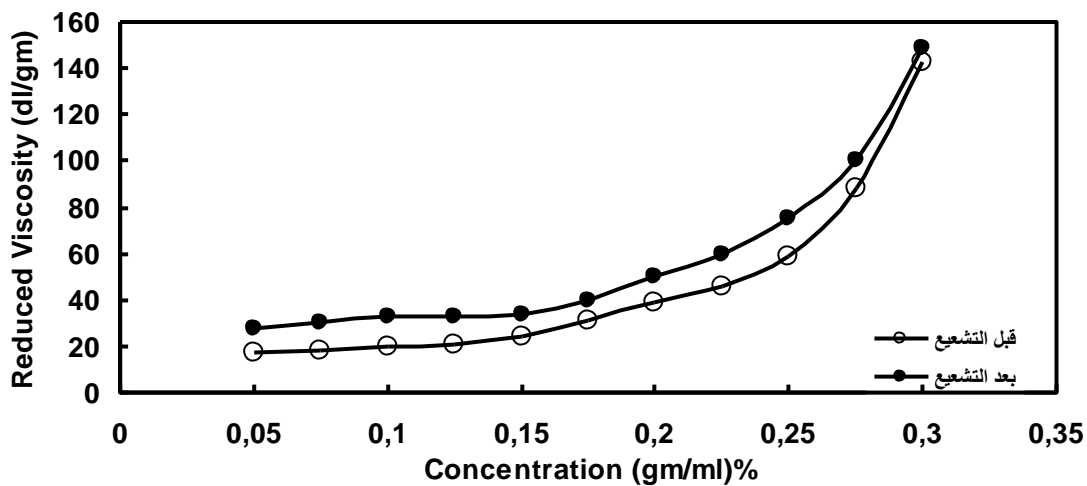
$$k = B^{-1} = \rho V^2 \quad \dots\dots\dots (21)$$



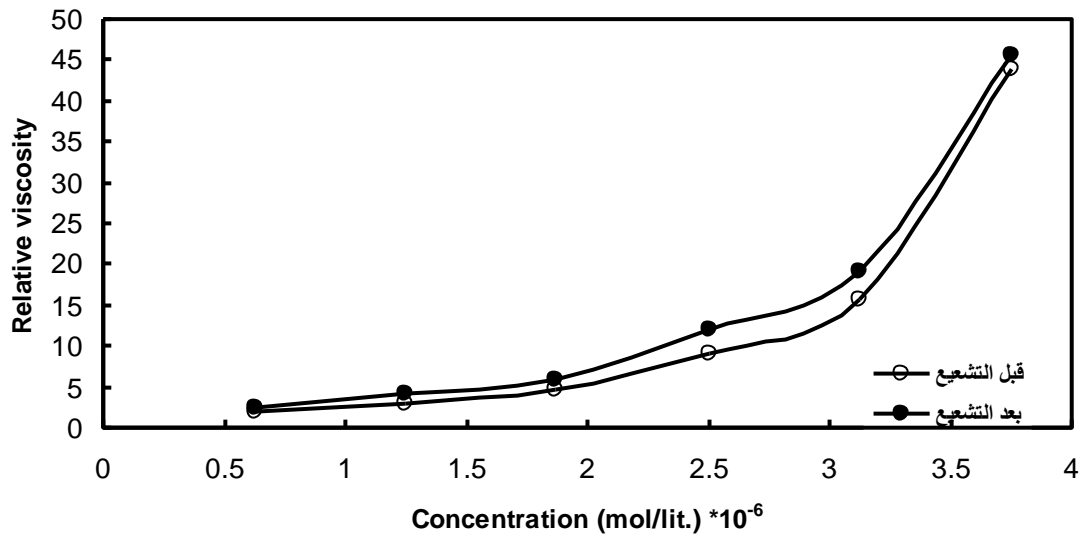
شكل (1) تغير الكثافة مع التركيز قبل التشعيع وبعده



شكل (2) تغير اللزوجة القصية مع التركيز قبل التشعيع وبعده



شكل (3) تغير اللزوجة المختزلة مع التركيز قبل التشعيع وبعده



شكل (4) تغير اللزوجة النسبية مع التركيز المولاري قبل التشعيع وبعده

جدول (1) اللزوجة النوعية مع التركيز قبل التشعيع وبعده

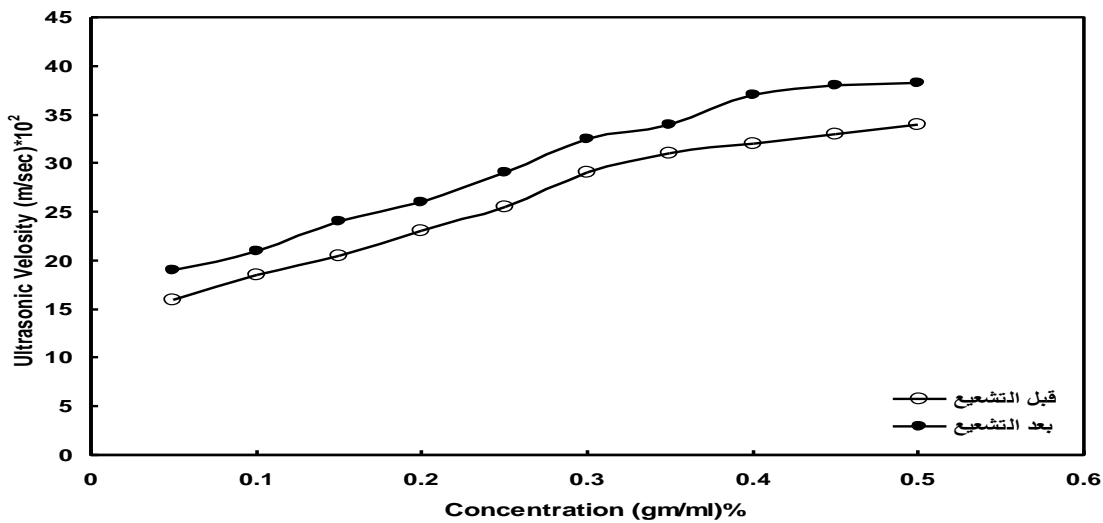
| C% $\left[\frac{\text{gm}}{\text{ml}} \right]$ | Specific Viscosity | |
|---|--------------------|--------------|
| | Irradiated | Non-radiated |
| 0.05 | 0.875 | 1.375 |
| 0.1 | 2 | 3.25 |
| 0.15 | 3.625 | 5 |
| 0.2 | 10 | 11 |
| 0.25 | 14.75 | 18 |
| 0.3 | 42.875 | 44.5 |
| 0.35 | 84.875 | 119.5 |
| 0.4 | 229 | 618.75 |
| 0.45 | 906.5 | 1423 |
| 0.5 | 3604 | 12736 |

جدول (2) مقارنة لقيم اللزوجة الذاتية وقيم المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي العملية والنظرية قبل التشعيع وبعده

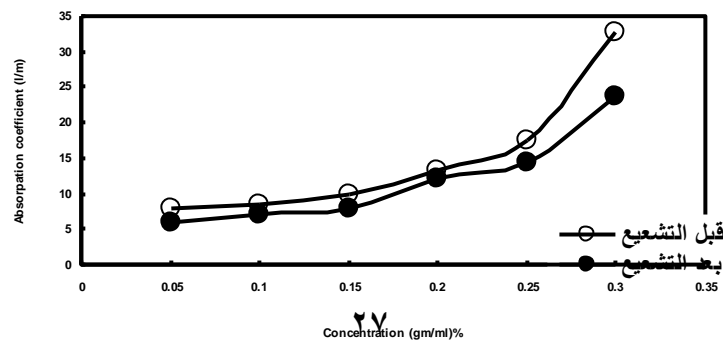
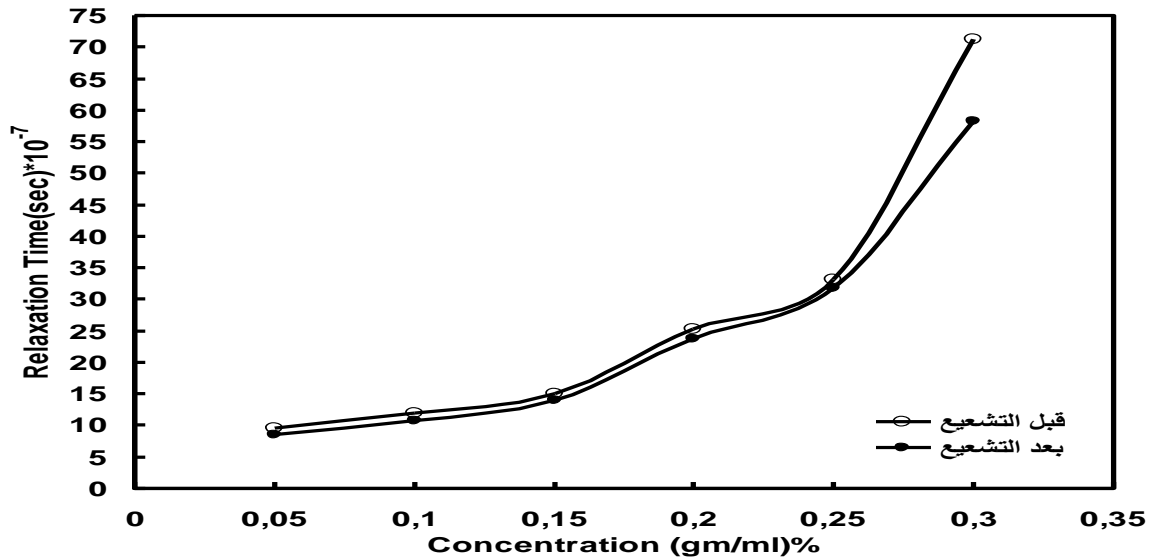
| Polymer | Intrinsic Viscosity $[\eta]$ (dl/gm) | | | Polymer | Viscosity average Molecular weight (M_v) | | |
|---------------|--------------------------------------|---------|------|---------------|--|---------|---------|
| | Theor. | | Exp. | | Theor. | | Exp. |
| Xanthan | Arrhe. | Philip. | | Xanthan | Arrhe. | Philip. | |
| Non-radiation | 14.45 | 14.90 | 15 | Non-radiation | 803461 | 813740 | 800000 |
| Irr. | 20.05 | 20.01 | 20 | Irr. | 1139111 | 1148221 | 1142171 |

جدول (3) نصف قطر الجزيئة الفعال قبل التشعيع وبعده

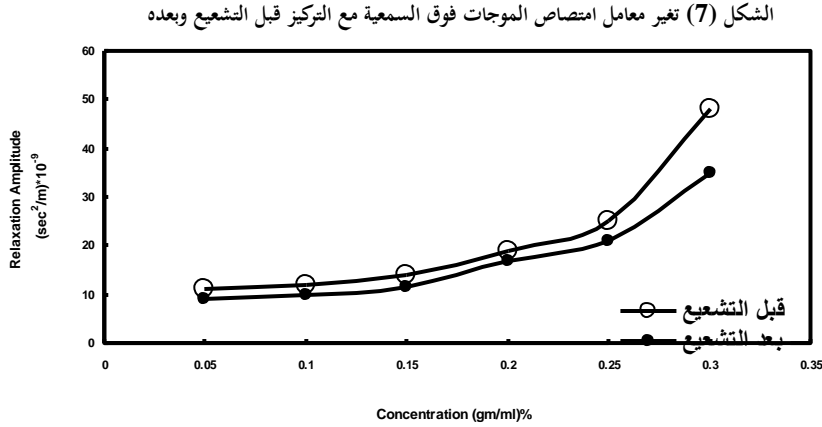
| Effective radius (r) (cm) | | |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| | High concentration | Low con. |
| Non. | 5.1×10^{-8} | 1.6×10^{-8} |
| Irr. | 6.1×10^{-8} | 1.7×10^{-8} |



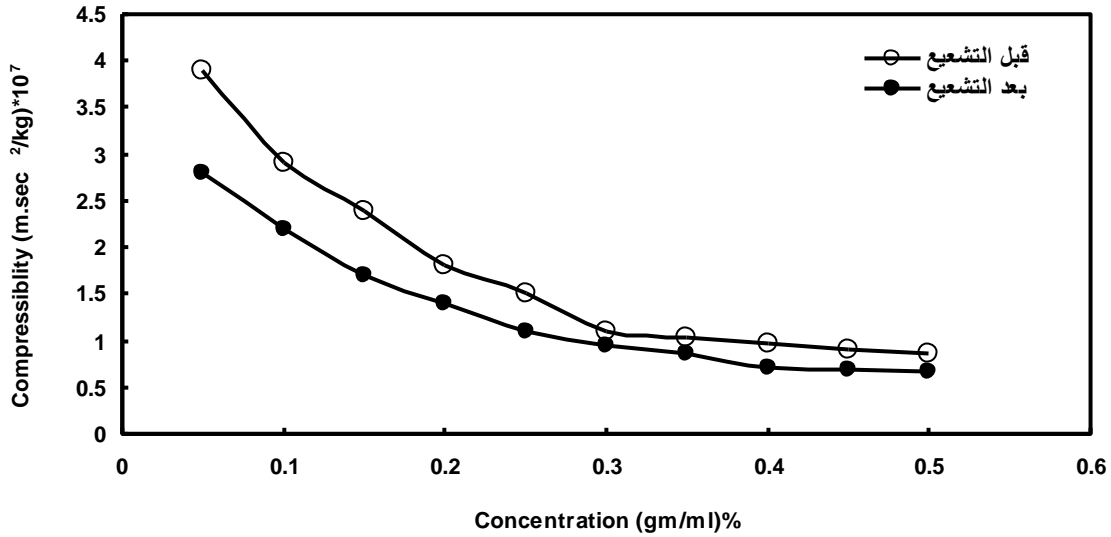
الشكل (5) تغير سرعة الموجات فوق السمعية مع التركيز قبل التشعيع وبعده



الشكل (6) تغير زمن الاسترخاء مع التركيز قبل التشعيع وبعده



الشكل (8) تغير سعة استرخاء الموجات فوق السمعية مع التركيز قبل التشعيع وبعده



جدول (4) تغير معامل المرونة مع التركيز قبل التشعيع وبعده

| C% [gm ml] | Bulk Modulus (kg/m.sec²) | |
|--------------------|--------------------------|------------|
| | Non-radiated | Irradiated |
| 0.05 | 2511360 | 3566680 |
| 0.1 | 3371162.5 | 4370310 |
| 0.15 | 4147867.5 | 5731200 |
| 0.2 | 5279420 | 6753240 |
| 0.25 | 6469987.5 | 8426820 |
| 0.3 | 8384770 | 10594187.5 |
| 0.35 | 9590780 | 11606240 |
| 0.4 | 10229760 | 13758450 |

| | | |
|------|----------|----------|
| 0.45 | 10890000 | 14526640 |
| 0.5 | 11571560 | 14911435 |

5- نتائج والمناقشة :

تم قياس الكثافة للتراكيز قبل التشعيع وبعده وكما موضح في الشكل (1) الذي تزداد فيه قيم الكثافة مع زيادة التركيز وسببها يعود إلى زيادة كتلة المحلول والانتفاخ الحاصل في جزيئات البوليمر نتيجة لذوبانها في الماء المقطر وبالأخص البوليمرات ذات الوزن الجزيئي العالي^(٢٠) ، تم حساب قيم اللزوجة القصية باستعمال المعادلة (3) والشكل (2) يوضح تغير

اللزوجة القصية مع التركيز للحالتين قبل التشعيع وبعده ونلاحظ أن قيم اللزوجة تزداد مع زيادة تركيزه وسبب ذلك يعود إلى تحويلها إلى شكل معقد مما يؤدي إلى تكوين سلاسل بوليمرية ذات جزيئات كبيرة الحجم نتيجة لزيادة تركيز البوليمر في المحلول وبالتالي تؤدي إلى زيادة قوى الاحتكاك الدورانية والانتقالية بين جزيئات البوليمر والمذيب⁽¹¹⁾ . وقد لوحظ أن هنالك زيادة ملحوظة في قيم اللزوجة عند التركيز (0.15%) وما بعده .

أما الأنواع الأخرى من اللزوجة مثل اللزوجة المختزلة والنسبية والنوعية فأنها تشابه سلوك اللزوجة القصية كونها مشتقة رياضياً من اللزوجة القصية . وهي موضحة بالأشكال (3) و (4) والجدول (1).

تم تعيين قيم اللزوجة الذاتية عملياً من الرسم البياني بين اللزوجة المختزلة والتركيز كما في الشكل (3) وأن تقاطع المنحني مع المحور الصادي عندما تكون قيمة التركيز مساوية للصفر هي تمثل القيم العملية للزوجة الذاتية قبل التشعيع وبعده. وتم حساب قيمة اللزوجة الذاتية نظرياً بوساطة معادلة (Arrhenus) (9) ومعادلة (philippoff) (8). إذ لوحظ وجود تقارب كبير بين القيم العملية والنظرية والجدول (2) يوضح تلك الحالات المشعة وغير المشعة، إذ من خلال الجدول يمكن ملاحظة زيادة قيم اللزوجة الذاتية تحت تأثير التشعيع وسبب ذلك هو تكوين عملية التشابك أو الترابط العرضي بين السلاسل البوليمرية الملتفة عشوائياً الذي بدوره يؤدي إلى زيادة حجم الجزيئة الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً باللزوجة الذاتية⁽⁹⁾ .

تم حساب نصف قطر الجزيئة لهذا البوليمر باستعمال المعادلة (10)، وتم تعويض ميل المستقيم للرسم البياني من الشكل (4) ، والجدول (3) يوضح تغير قيم نصف قطر الجزيئة قبل التشعيع وبعده. وقد تم حساب قيمتين للبوليمر أحدهما للتراكيز الخفيفة لغاية (0.15%) والثاني للتراكيز العالية بعد التركيز (0.15%) للحالتين المشعة وغير المشعة لذلك حسبت قيمتان لنصف قطر الجزيئة، ويعود سبب ذلك إلى التغيير المفاجئ في قيم اللزوجة عند التركيز (0.15%) بسبب تكوين تراكيب جيلاتينية والذي بدوره أدى إلى تغيير مفاجئ في حجم الجزيئة،

بمعنى آخر زيادة التركيز يؤدي إلى زيادة حجم جزيئات البوليمر وتكوين جزيئات معقدة عند التركيز (0.15%) وما بعده. أما تأثير التشعيع فيتبين من خلال زيادة طول السلسلة البوليمرية بسبب تشابك السلاسل البوليمرية الملتفة على شكل كتلة كروية فإن زيادة طول السلسلة تؤدي إلى كبر اللفة الكروية وبالتالي زيادة نصف قطر الجزيئة الفعال⁽¹⁵⁾ .

تم حساب المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي من خلال تعويض قيمة اللزوجة الذاتية من الجدول (2) في المعادلة (11) إذ أن قيم الثوابت هي $(a=0.8, k=2.85 \cdot 10^{-4})$ ^(٢١) . والجدول يبين زيادة المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي بعد التشعيع. وبما أن الإشعاع يؤدي إلى تكوين عملية التشابك لجزيئات البوليمر وبالتالي زيادة درجة البلمرة التي بدورها تؤدي إلى زيادة الوزن الجزيئي⁽¹⁵⁾ . كما أجريت مقارنة بين القيم العملية للوزن الجزيئي والقيم النظرية المحسوبة بوساطة معادلات (8) و (9) إذ أظهرت النتائج توافقاً كبيراً كما هو موضح بالجدول (2).

تم قياس سرعة الموجات فوق السمعية وذلك بقسمة المسافة التي تقطعها الموجة داخل محلول البوليمر على زمن التأخير والشكل (5) يوضح العلاقة بين سرعة الموجات فوق السمعية مع التركيز إذ نلاحظ أن هذه سرعة الموجات فوق السمعية تزداد كلما ازداد التركيز وسبب ذلك هو أن التفاعل (Interaction) أدى إلى اتحاد نوعين من جزيئات البوليمر والمذيب مما أدى إلى تكوين جزيئات كبيرة (Macromolecular) داخل المحلول والتي تعمل على نقل الموجات الميكانيكية من مصدر الاضطراب على هيئة حزم موجية، مما أدى إلى زيادة السرعة خلافاً للسوائل البسيطة أو النقية (Purity)⁽¹⁰⁾ .

نلاحظ أيضاً أن قيم سرعة الموجات فوق السمعية تزداد بعد التشعيع، وسبب ذلك تكون الشكل الهلامي

الذي يشير إلى تكون عملية التشابك وبدورها تؤدي إلى تقارب جزيئات البوليمر وتقليل الفراغات بين جزيئات البوليمر وجعل الوسط ناقلاً لهذه الموجات .

وتم حساب قيم زمن الاسترخاء باستعمال القيمة العملية المقاسة لكل من الكثافة واللزوجة والسرعة حسب العلاقة (17)، والشكل (6) يوضح العلاقة بين زمن الاسترخاء والتركيز، إذ يلاحظ زيادة زمن الاسترخاء مع التركيز قبل التشيع وبعده وكذلك نلاحظ هناك زيادة مفاجئة لزمن الاسترخاء عند التركيز (0.15%)، وسببه يعود لتكون جزيئات معقدة (Complex) وتغيير في حجم هذه الجزيئات إذ أشرنا سابقاً إلى أن نصف قطر الجزيئات يزداد عند هذا التركيز، وبذلك يزداد زمن الاسترخاء،

أما زيادة زمن الاسترخاء بشكل عام مع زيادة التركيز فيفسر بزيادة حجم السلاسل البوليمرية مما يؤدي إلى زيادة الاحتكاك الداخلي بين طبقات السائل الناتجة من التضاعط والتخلخل نتيجة تأثير الموجات فوق السمعية وبذلك يزداد الزمن اللازم لإعادة الجزيئة المستثارة إلى وضعها الأصلي.

كما يلاحظ من الشكل أن زمن الاسترخاء يقل بعد التشيع هناك تغيير قليل في الأوزان القليلة لكن هناك تغيير ملحوظ في القيمة (0.3) نتيجة لحصول عملية تشابك بين جزيئات البوليمر الذي يقيد من حركة هذه الجزيئات في مواقعها مما يؤدي إلى نقصان قيم زمن الاسترخاء.

وتم حساب قيم معامل الامتصاص للموجات فوق السمعية عند تراكيز مختلفة قبل التشيع وبعده باستعمال المعادلة (16) والشكل (7) يوضح زيادة معامل الامتصاص مع زيادة التركيز، لذا فإن أي زيادة في اللزوجة تؤدي إلى زيادة في معامل الامتصاص إذ إن معامل الامتصاص يعتمد اعتماداً كبيراً على التركيز في المحلول⁽¹¹⁾. ونلاحظ من الشكل السابق أن قيم معامل الامتصاص تقل بعد التشيع بسبب أن الاسترخاء التركيبي (Structural Relaxation) الحاصل بين جزيئات البوليمر هو الذي يكون مسئولاً عن النقصان في الامتصاص للموجات فوق السمعية من جزيئات البوليمر، وكذلك حدوث عملية التشابك التي تؤدي إلى عشوائية توزيع جزيئات البوليمر والمذيب وهذا ما تؤكد زيادة قيم سرعة الموجات فوق السمعية بعد التشيع، لذلك تقل قيم معامل الامتصاص نتيجة لعشوائية التوزيع.

تم حساب قيم سعة الاسترخاء من العلاقة (18) والشكل (8) يوضح العلاقة بين سعة الاسترخاء والتركيز إذ يلاحظ من الشكل أن سعة الاسترخاء تزداد مع زيادة التركيز والسبب يعود إلى كبر المسافة التي تقطعها الجزيئة في أثناء عملية الاستثارة، بسبب عزم القصور الذاتي للجزيئة الكبيرة يكون كبيراً وعلاوة على أن سعة الاسترخاء تتناسب طردياً مع معامل الامتصاص كما موضح بالعلاقة السابقة، وعندما يكون التردد ثابتاً لكانتا الحالتين لذلك من المتوقع زيادة سعة الاسترخاء لجزيئات المحلول عند زيادة معامل الامتصاص ونلاحظ من الشكل (8) أيضاً أن سعة الاسترخاء تتناقص بعد التشيع وإن زمن الاسترخاء يقل بعد التشيع، أما قيم معامل امتصاص الموجات فوق السمعية من جزيئات البوليمر إنها تقل بعد التشيع، يعني ذلك أن قوة اهتزاز جزيئات البوليمر تقل أيضاً لذا من المتوقع نقصان سعة الاسترخاء لهذه الجزيئات وزمن الاسترخاء أيضاً .

تم الحصول على قيم الانضغاطية من العلاقة (20) والشكل (9) إذ يوضح نقصان قيم الانضغاطية مع التركيز للحالتين المشعة وغير المشعة مع زيادة التركيز، وسبب ذلك يعود إلى اندماج نوعين من الجزيئات التي أدت بدورها إلى تجمع السلاسل البوليمرية المتقاربة بعضها مع بعض نتيجة اندماج نوعين من الجزيئات⁽²⁰⁾.

وبما أن الانضغاطية تتناسب عكسياً مع السرعة كما هي موضحة في المعادلة (20) وبما أن سرعة الموجات ازدادت بعد التشيع نتيجة لتقارب السلاسل البوليمرية عن طريق تشابكها فإنها تؤدي إلى نقصان الانضغاطية .

تم حساب قيم معامل المرونة لمختلف التراكيز حسب العلاقة (21)، والجدول (4) يوضح تغير قيم معامل المرونة مع زيادة التركيز، إذ نلاحظ من الجدول زيادة قيمها للحالتين المشعة وغير المشعة وسبب ذلك من خلال العلاقة السابقة يلاحظ اعتماد معامل المرونة على سرعة الموجات فوق السمعية بصورة رئيسة لذلك فمن المتوقع سلوك معامل المرونة نفس سلوك سرعة الموجات فوق السمعية تم الحصول على قيم الممانعة الصوتية النوعية.

باستخدام العلاقة (19) والشكل (10) يوضح زيادة قيم الممانعة للحالتين قبل التشيع وبعده مع زيادة التركيز، وسبب ذلك يعود إلى زيادة عدد الجزيئات في المحلول الذي يؤدي إلى زيادة كثافة الوسط الناقل وبالتالي زيادة سرعة الموجات فوق السمعية لأن السرعة تزداد بشكل كبير مع زيادة التركيز⁽⁵⁴⁾ مما أدى إلى زيادة الممانعة الصوتية النوعية ومن الشكل نلاحظ أن قيم الممانعة الصوتية تزداد بعد التشيع وسبب ذلك يعود إلى ارتباط الجذور الحرة في سلسلة البوليمر الذي أدى إلى زيادة التشابك العرضي وزيادة كثافة الوسط وبالتالي زيادة

1. خلال الدراسة تبين أن هذه البوليمرات تظهر تغيراً مستمراً في خواصها الفيزيائية نتيجة الإشعاع.
2. إن التشعيع بأشعة كاما أدى إلى زيادة الوزن الجزيئي نتيجة لحدوث عملية تشابك السلاسل البوليمرية.
3. تم الحصول على نوع آخر من البوليمر (XC) طبقاً للقيم الجديدة للوزن الجزيئي والزوجية.
4. بوساطة أشعة كاما يمكننا الحصول على أوزان جزيئية إذ يعد بديلاً عن صناعة بوليمرات ذات أوزان جزيئية مختلفة أو استيرادها.
5. إن عملية امتصاص وتوهين طاقة الموجات فوق السمعية تعتمد بصورة كبيرة على كل من طول السلسلة البوليمرية وتركيز المحلول.
6. نقصان قابلية ذوبان البوليمر نتيجة الإشعاع وتكوين تشابك أدى إلى جعل البوليمر أكثر متانة وقوة.

المصادر

1. Messina, Incorporated "Product Data", Travi.s suite 240 LBB DaHas, Texas, p 4. 1982.
2. Martin, F.D. and Kuntamukkula M.S., "J. Pollymeric Material Science and Engineering" V. 51, pub. Asc pp 466-470, 1984.
3. Soldki, M.E. "Production, Composition and Biodegradation of Xanthan Gum", publ. by Bartlesville Energy Technology Cent. P 3-5, 1983.
4. Thurston, G.B., "Aiche J.", Pub. by Aiche New York Pap 52b, 25p, 1986.
5. Ian, Sutherland, S. "Microbiology to Day" Vol. 29, pp. 70-71, May. 2002.
6. Norton, I.T.; Goodall, D.M.; Frangou, S.A.; Morris, E.R.and Recs, D.A., " J. Mol. Biol.", 175, 1984.
7. Ineson, A. Chapman and Hallpubilshars, "Thickening and Gelling Ageuts for Food", pp 90-120. 1992.
8. Jeannes, A. Pittsley, J.E. Senti, F.R., "J. Appl. Pol. Sci.", 5,519, 1961.
9. تاكر، أنا.أ. ، "الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات"، ترجمة أكرم عزيز محمد، ص: 330-8. 1984.
10. شريف، إبراهيم إبراهيم، "الفيزياء (1)"، أستاذ الفيزياء- كلية الهندسة- جامعة بيروت ص: 13-203. 1983.
11. Al-Bermay, A.K.J. "A Study of the Physical Properties of some Cellulose Derivative Polymers", Al-Mustansiryah University, Ph. D. Thesis, 1995.
12. الطيار، صباح خضر "دراسة تأثير المذيبات المختلفة على الخصائص الفيزيائية لمادة بولي كلوريد الفايثيل باستعمال تقنية الموجات فوق السمعية"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد- كلية التربية الثانية، ابن الهيثم، 1990.
13. فريد بلييمر. "أساسيات علم البوليمر"، ترجمة د. صلاح محسن عليوي، ط 2. ص: 2-546. 1971.
14. الديري، فواز "الجزينات الضخمة والصناعات البلاستيكية"، جامعة دمشق- كلية العلوم، ص: 55-85. 1996.
15. النعماني، عباس هادي "تأثير أشعة كاما في بعض الخصائص الفيزيائية لمادتي هيدروكسي اثيل سيليلوز ومثيل سيليلوز"، رسالة ماجستير، جامعة بابل- كلية العلوم، 2000.
16. Blitz, J. "Fundamental of Ultrasonic", 2nd Edition. Butter Worthes, London, pp 66-100. 1967.
17. Ishigaki, I. Yoshii; Makuuchi, K., and Tamura, N. "Radiation physics and Chemistry". Vol. 39. No. 6, pp 527- 533, 1992.
18. حسون، صبحي كمال والخياط، بتول عبد، "الصوت والحركة الموجبة"، جامعة بغداد، ص: 40-75. 1986.
19. Vlanck, L.H. Van "Materials for Engineering Concepts and Application", Addison-Wesley, pp 30-90. 1982.
20. العبادي، زياد "دراسة تأثير أشعة كاما على الخواص الفيزيائية لبولي ستايرين"، رسالة ماجستير، جامعة بغداد- كلية التربية الثانية، ابن الهيثم، 1995.

21. Robert, L.D., "Hand Book of Water Soluble Irons and Resins". Mc Graw Hill, Inc. 1980.