DOI: http://dx.doi.org/10.21123/bsj.2017.14.2.0311

تأثير تركيزالفيروسين في النسبة المئوية للتحويل والوزن الجزيئي لبولي (ميثاأكريلات المثيل)المتجانس

مدرس مساعد علا كامل الخالدي أستاذ هادي سلمان اللامي

قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة البصرة، البصرة، العراق.

البريد الالكتروني:hadisalman54@yahoo.com

استلام البحث 2016/10/12
قبول النشر 2017/ 2/14

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الخلاصة:
تناول البحث دراسة تاثير تركيز الفيروسين المضاف (0.00، $2.15x10^{-3}$، $4.30x10^{-3}$، $8.60\ x10^{-3}$ و $12.9x10^{-3}$) في بلمرة الكتلة بالجذور الحرة لمونيمر ميثاأكريلات المثيل، أجريت البلمرة تحت ظروف ثبوت تركيز كل من المونيمر والبادئ (فوق أوكسيد البنزويل) ودرجة الحرارة 60°م. شُخصت البوليمرات الناتجة بوساطة طيف الأشعة تحت الحمراء.
قورنت نتائج البلمرة بوجود الفيروسين ومع عدم وجوده عند نسبة تحول بنحو (10%) فقط، حيث أظهرت تاثير الفيروسين في نسبة التحول إذ وجد ان نسبة التحول عند تركيز فيروسين$2.15x10^{-3}$ مول/ لتر تكون بنحو 9.06%، بينما تكون 3.04% عند عدم استعمال الفيروسين (تركيز الفيروسين0.00 مول/لتر). كما جرى قياس المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي لبوليمرات ميثاأكريلات المثيل الناتجة، حيث أظهرت النتائج زيادة واضحة لهذه الاوزان الجزيئية عند وجود الفيروسين في عملية البلمرة مقارنة بغيابه.

الكلمات المفتاحية: فيروسين، بلمرة جذرية، بولي(ميثاأكريلات المثيل).

المقدمة :

وجدت كيمياء المركبات العضوية المعدنية تطبيقات واسعة النطاق، وفي مختلف فروع الكيمياء الصناعية مثال ذلك مركبا الفثالوسيانين[1] والفيروسين[2]. إن دراسة تأثير الأكسدة والأختزال للفيروسين أثبتت بانها ذات قيمة كبيرة إذ أستعمل بوصفه مسرعاً للتفاعلات في عملية البلمرة والبلمرة المشتركة في ظل درجات الحرارة الأعتيادية والمعتدلة، وأظهر تطبيقات مهمة أقتصادياً لتحقيق التحسن في بيئة العمل والمعيشة[4,3] .
أستعمل الفيروسين ومشتقاته بوصفه معجلات بنجاح في عمليات البلمرة المختلفة، إذ دُرست بلمرة الجذور الحرة المتجانسة إلى مونمرات ميثاأكريلات المثيل والستايرين، بأستعمال البادئ فوق اوكسيد البنزويل (Benzoyl peroxide) أو أزو- ثنائي- نتريل ايزو البيوتريل (AIBN) بوجود المشتقات الحلقية غير المتجانسة للفيروسين. في هذه الحالة، يمثل البادئ مع مشتقات الفيروسين أنظمة ذات كفائة عالية تجعل امكانية بلمرة ميثاأكريلات المثيل بمعدلات وأنتظامية عاليتين[6,5].

من أمثلة أنظمة البدء المبنية على الفيروسين وفوق اوكسيد البنزويل التي تحتوي على ثلاثة مكونات (فيروسين- مشتقات الكاربازول- فوق أوكسيد البنزويل) مختلفة إذ تكون مناسبة لبلمرة مونمرات الفنيل[7] . وفي الأونة الأخيرة، أقترحت معدلات جديدة هي معقدات Clathrochelate المحتوية على الفيروسينايل والتي تمتلك فعالية بوصفها معجلات عالية في عمليات البلمرة المختلفة [9,8].
ان ميكانيكية بلمرة الجذور الحرة بوجود الفيروسين في محيط التفاعل الموضحة في المخطط (1) التي أُستنتجتبالاعتماد على القياسات الطيفية التي اشار اليها الباحثان كالينداKalenda)) وجارسيك (Jarusek)[4]، حيث يوضح المخطط تكون معقد الفيروسينيوم ذا اللون الاخضر والجذر الفعال في المرحلة الاولى، أما في المرحلة الثانية فيتحول اللون الاخضر للمعقد الى اللون الاصفر- برتقالي، ان تغير اللون نتيجة لتفكك معقد الفيروسينيوم الى الفيروسين وجذر أخر، ومن ثم يكون الفيروسين الحر قادراً على بدء تفاعل أخر مع بادئ فوق أوكسيد البنزويل من

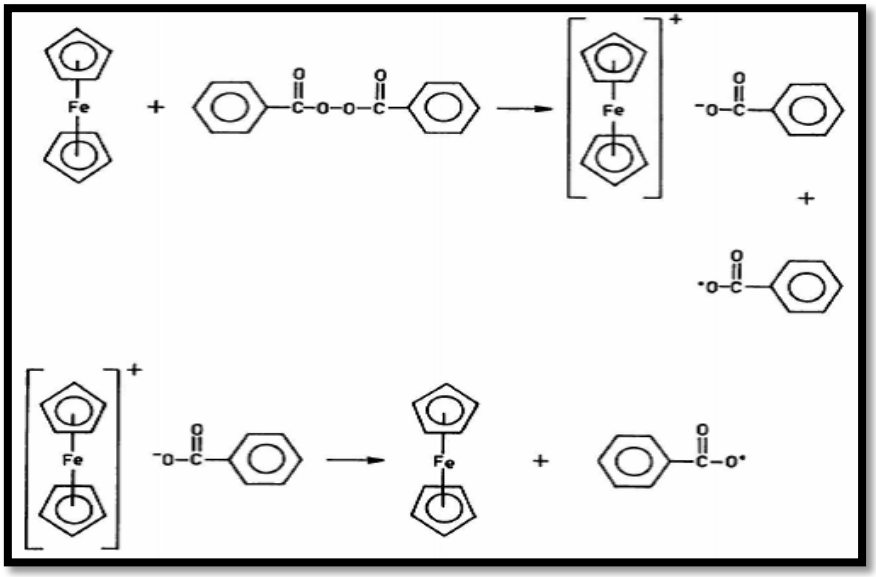
خلال تكوين المراكز النشطة في أنظمة البدء من خلال معقدات نقل الشحنة (Charge-transfer-complexes) التي تتفكك بسهولة بوجود المونيمر. يشارك الفيروسين في نمو السلسلة البوليمرية بوساطة ميكانيكية الجذر المعقد (Complex-radical mechanism)، حيث يؤدي الجذر الموجب للفيروسينيوم في بلمرة ميثاأكريلات المثيل دوراً مهماً في بدء عملية البلمرة [11,10].

في هذا البحث أستعمل الفيروسين بوصفه مادة مسرعة لبلمرة مونيمر ميثاأكريلات المثيل وتمت دراسة تأثير أضافة تراكيز مختلفة من الفيروسين في عملية البلمرة على وزن البوليمرالناتج ووزنه الجزيئي ونسبة التحول ومقارنتها في حالة عدم اضافة الفيروسين، حيث يعتمد معدل سرعة البلمرة على الاستقرار الثابت للمعقدات المتكونة بين فوق اوكسيد البنزويل والفيروسين، لذا تم تثبيت كل من تركيز البادئ فوق أوكسيد البنزويل الذي استعمل في هذه الدراسة وهو ($1X10^{-5}$ مول/لتر) وتركيز المونيمر (9.388 مول/لتر) وتمت عملية البلمرة بدرجة حرارة 60°م.

المواد وطرائق العمل :

المواد:

أن جميع المواد المستعملة في هذا البحث تم شراؤها من شركة سكما، وهي مونيمر ميثاأكريلات المثيل وفوق أوكسيد البنزويل والفيروسين والميثانول. وأستعملت جميع المواد دون تنقية ما عدا المونيمر. قبل أستعمال مونيمر ميثاأكريلات المثيل في عملية البلمرة، تمت تنقيته من المواد المضافة اليه بوصفها معوقات عملية بلمرة وذلك بغسله بقمع فصل ثلاث مرات بمحلول 5% هيدروكسيد الصوديوم، ثم غُسل ثلاث مرات بالماء المقطر للتخلص من أثار بقايا هيدروكسيد الصوديوم. ترك المونيمر لمدة 24 ساعة مع كبريتات المغنسيوم اللامائية ورشح، ثم قُطر تحت ضغط مخلخل وأخذ الجزء الأوسط المقطر وحفظ في قنينة داكنة اللون في مكان بارد، أما الجزءان الاخران فيهملان.



مخطط (1): ميكانيكية عمل الفيروسين في بلمرة الجذور الحرةالمقترحة من قبل كاليندا (Kalenda) وجارسيك (Jarusek)[4].

طرائق العمل :

بلمرة مونيمر ميثاأكريلات المثيلمن دون الفيروسين

أستعملت بلمرة الكتلة بوساطة الجذور الحرة حيثأُذيب ($1x10^{-5}$ مول/لتر) من فوق أوكسيد البنزويل في (5 مل) من مونيمر ميثاأكريلات المثيل في دورق زجاجي ثلاثي العنق مجهز بمحرك مغناطيسي مع امرار غاز النتروجين، ثم نُقل إلى حمام مائي، درجة حرارته مثبتة عند 60±1°م. أوقفت عملية البلمرة بعد نحو ساعة من الزمن وهذا ما يعادل نسبة تحول تبلغ 10% بحسب الأدبيات[10] ولجميع عمليات البلمرة.

رُسب البوليمر المتكون بأضافة محلول البوليمر إلى الكحول المثيلي (200مل) مع الخلط المستمر، ثم تُرك لمدة زمنية للحصول على ترسيب تام للسلاسل البوليمرية المتكونة خلال عملية البلمرة. ثم أُضيف اليه القليل من الكحول المثيلي للتأكد من أن البوليمر كله قد ترسب. رُشح البوليمر المترسب من الكحول المثيلي بوساطة بودقه زجاجية ذات مرشح مسامي.نقي البوليمر المترسب باذابته بوساطة الكلوروفورم ثم أُضيف تدريجياًمع التحريك إلى 100مل من الكحول المثيلي مرة اخرى، رُشح البوليمر وجفف بأستعمال فرن تجفيف مفرغ

(Drying vacuum oven) عند درجة حرارة 50°م.

بلمرة ميثاأكريلات المثيل بوجود الفيروسين

أجريت بلمرة الكتلة أيضاً لمونيمر مثيل ميثاأكريلات المثيل بوجود الفيروسين وبدرجة حرارة60°م، إذ أُستعمل تركيز ثابت من المونيمر والبادئ وتراكيز مختلفة من الفيروسين المذابةفي المونيمر نفسه والموضحة في جدول (1). تم التخلص من الفيروسين والمواد غير المتفاعلة عن طريق عملية التذويب والترسيب وتجفيف البوليمركما في الفقرة السابقة.

جدول (1): تراكيز المونيمر والبادىء والفيروسين المذابة بمونيمرميثاأكريلات المثيل

ت	تركيز المونيمر (مول/لتر)	تركيز البادئ (مول/لتر)	ت تركيز الفيروسين (مول/لتر)	نسبة التحول (%)
1	9.388	$1x10^{-5}$	0.00	3.04
2	9.388	$1x10^{-5}$	$2.15x10^{-3}$	9.06
3	9.388	$1x10^{-5}$	$4.30x10^{-3}$	7.11
4	9.388	$1x10^{-5}$	$8.60x10^{-3}$	5.66
5	9.388	$1x10^{-5}$	$12.9x10^{-3}$	4.70

تعيين المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي لبوليمر ميثاأكريلات المثيل

عُين الوزن الجزيئي لبولي ميثاأكريلات المثيل المحضر بطريقة بلمرة الجذور الحرة وبأستعمال فوق أوكسيد البنزويل بوصفه بادىء بطريقة اللزوجة الذاتية، إذ قيست اللزوجة لمحاليل بولي ميثاأكريلات المثيل في مذيب البنزين وعند درجة حرارة (25±1)°م بأستعمال مقياس اللزوجة نوع أبيلهود (Ubbelhode) الذي يتمايز بامكانية اجراء التخفيف بداخله لتحضير تراكيز محاليل البوليمر المخففة الأخرى.

تم حساب اللزوجة النسبية لمحاليل البوليمر المخففة (η_{rel}) من قياس زمن انسياب محلول البوليمر ومن ثم حولت الى اللزوجة النوعية (η_{sp}) والى اللزوجة المختزلة (η_{red})، التي رسمت بالعلاقة مع تراكيز البوليمرالمخففة، وميل المنحنيات المستقيمة تمثل اللزوجة الجوهرية [η] لكل تركيزالتي ترتبط مع الوزن الجزيئي للبوليمر بمعادلة مارك-هوينيك-ساكيورادا (Mark- Houwink -Sakurada) الأتية[12]:

$$[\eta] = kM_v^{\alpha}$$

إذ [η] = اللزوجة الجوهرية.

M_v= المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي للبوليمر.

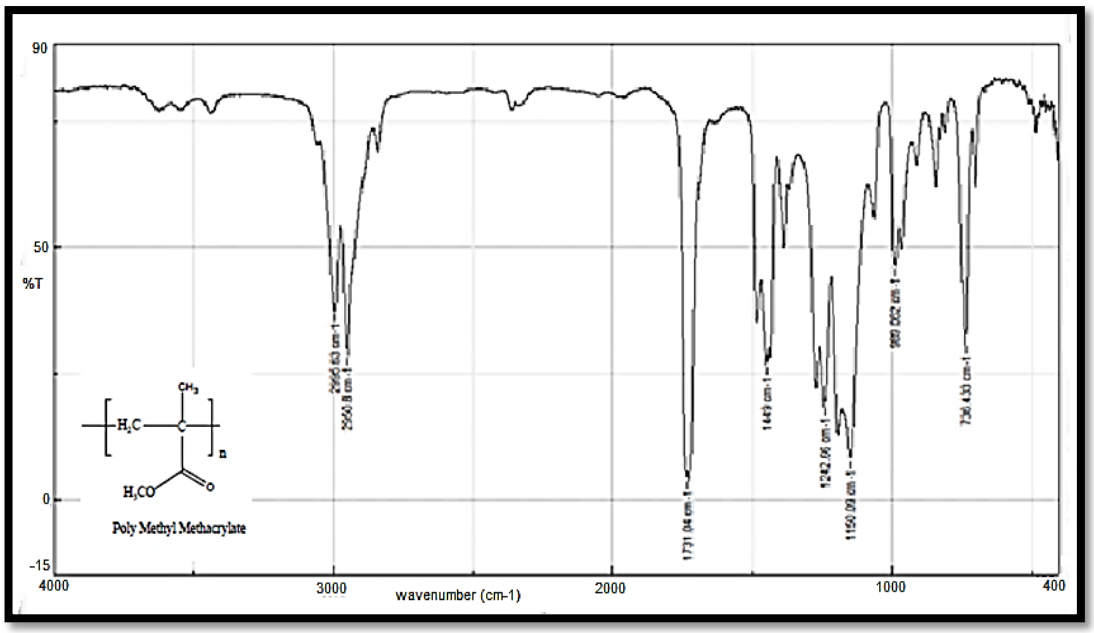
k و α ثابتان يعتمدان على نوع البوليمر والمذيب ودرجة الحرارة .

النتائج والمناقشة:

إن بلمرة الجذور الحرة تتأثر بنوع البادئ والمونيمر ودرجة الحرارة وكذلك بالمواد المضافة إلى وسط التفاعل والتي لها دور فعال في تحديد ميكانيكية البلمرة[10,4] وحركيتها[13,11].لذا دُرس تأثير الفيروسين بوصفه مسرع لتفاعلات بلمرة مونيمر ميثاأكريلات المثيل وأُجريت عملية البلمرة عند ثبوت تركيز المونيمر والبادىء.

تشخيص بولي(ميثاأكريلات المثيل)بمطيافيةالأشعة تحت الحمراء

يوضح الشكل (1) طيف الاشعة تحت الحمراء لبولي (ميثاأكريلات المثيل) المحضر بعدم وجود الفيروسين. يُلاحظ في هذا الطيف حزمة قوية عند الموقع (2951سم$^{-1}$) تعزى إلى المط الأهتزازي للآصرة (C-H) الاليفاتية التابعة لمجموعة المثيلين (-CH_2-) وحزمة أُخرى واضحة عند الموقع (1731سم$^{-1}$) تعود إلى مجموعة الكاربونيل (C=O) التابعة لمجموعة الاستر(-CO-O-) وكذلك حزمتي مط اهتزازي متناظر وغير متناظرعند (1150و1192سم$^{-1}$) لمجموعة (C-O-C) على التوالي [14].

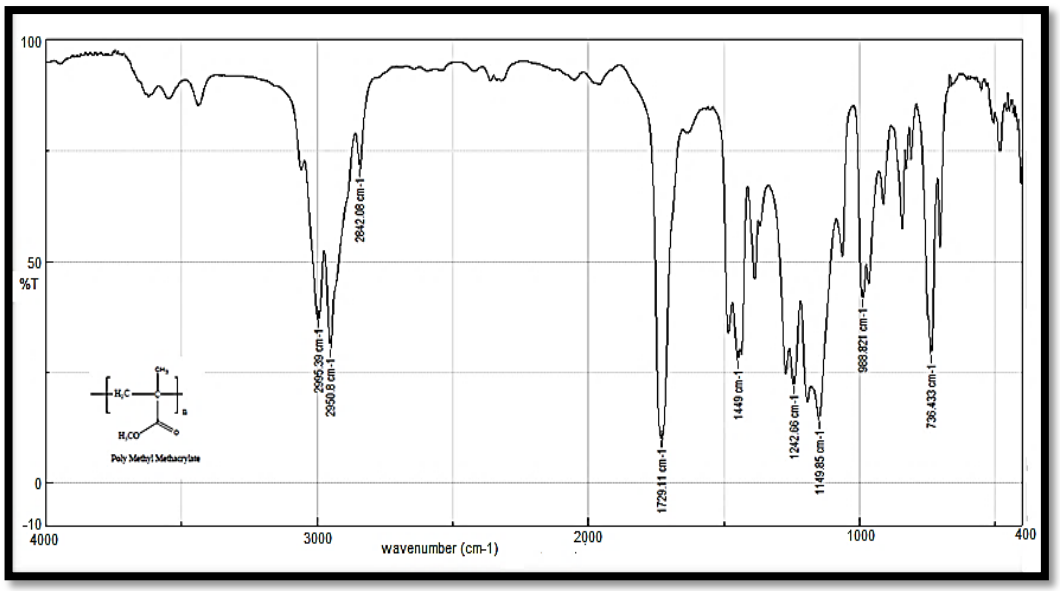


شكل (1): طيف الاشعة تحت الحمراء لبولي(ميثاأكريلات المثيل) بعدم وجود الفيروسين.

عند مقارنة طيف بولي(ميثاأكريلات المثيل) المحضر بوجود الفيروسين بوصفه مسرعاً لتفاعلات بلمرة الجذور الحرة، شكل (2)، لا نجد فروقات تذكر بل تطابق تام تقريباً في مواقع الحزم[15]، مما يثبت عدم تأثير الفيروسين في تركيب البوليمر الناتج.

تأثير تركيز الفيروسين في الحصيلة ونسبة التحول للبوليمر

لتراكيز الفيروسين المضافة الأثر الكبير على معدل سرعة البلمرة كما أشار لها الباحثان كاليندا (Kalenda) وجارسيك (Jarusek) [4] ، والنتائج المستحصل عليها في دراسة الفيروسين بوصفه معجلاً لتفاعلات بلمرة المونيمر ميثاأكريلات المثيل تؤكد ذلك من خلال تأثيرها في وزن البوليمر الناتج ونسبة التحول المدرجة في الجدول (2).



شكل (2): طيف الاشعة تحت الحمراء لبولي(ميثاأكريلات المثيل) بوجود الفيروسين.

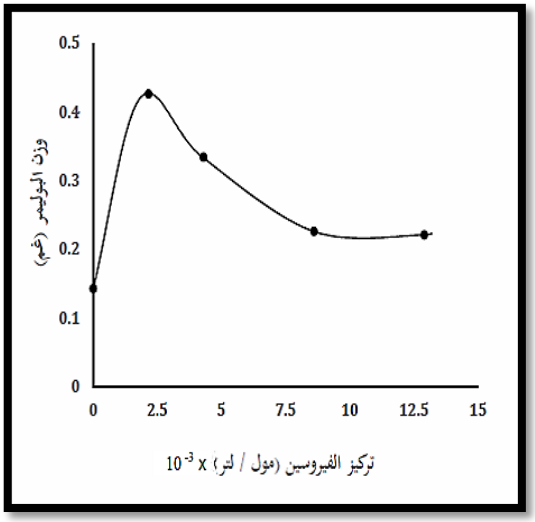
من هذه النتائج تم رسم العلاقة بين تراكيز الفيروسين المستعملة والأوزان البوليمرية الناتجة، شكل (3)، إذ يبين أن وجود الفيروسين يزيد من الحصيلة لوزن بوليمر ميثاأكريلات المثيل وهناك تركيز مثالي

للفيروسين عند ($2.15x10^{-3}$مول/لتر) حيث يصل وزن البوليمرالناتج أعلى ما يمكن بين التراكيز المستعملة، وعلى الرغم من التناقص الواضح بالحصيلة مع زيادة تركيز الفيروسين المضاف إلا أن وزن البوليمرمازال أعلى من حالة بلمرة مونيمر ميثأأكريلات المثيل دون اضافة الفيروسين، أي عند تركيز(0.00 مول/لتر) له.

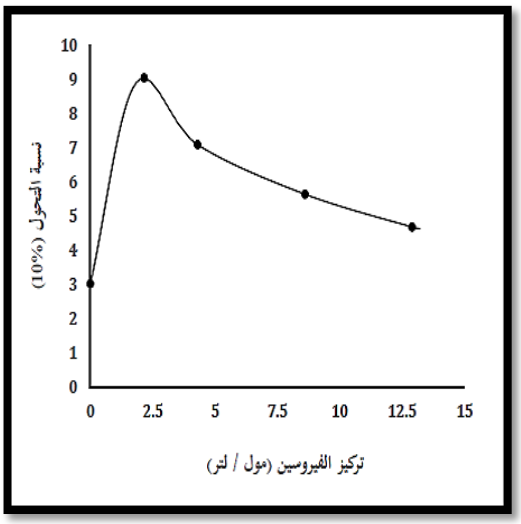
جدول (2): وزن ونسبة التحول لبوليمر ميثأأكريلات المثيل بتراكيز فيروسين مختلفة

تركيزالفيروسين $x10^{-3}$(مول/لتر)	وزن البوليمر (غم)	نسبة التحول (10%)
0.00	0.143	3.04
2.15	0.426	9.06
4.30	0.334	7.11
8.60	0.266	5.66
12.9	0.221	4.70

كما تم حساب الحصيلة البوليمرية عند نسبة (10%) اي نسبة مونيمر ميثأأكريلات المثيل المتحولة خلال مدة زمنية قدرت بساعة واحدة (60 دقيقة) استناداً الى ما توصل اليه الباحثون مونيروف وجماعته من دراستهم عن مدى تأثير اضافة الفيروسين في بلمرة مونيمر ميثأأكريلات المثيل وتحت ظروف مختلفة [10]، حيث يوضح الشكل (4) العلاقة بين تركيز الفيروسين والحصيلة البوليمرية، إذ لو قورنت حصيلة بوليمر ميثأأكريلات المثيل الناتج دون وجود الفيروسين، أي عند تركيز (0.00 مول/لتر) يكون مقدار تحول مونيمر ميثـأأكريلات المثيل إلى بولي(ميثأأكريلات المثيل) بنـحو (3%)، بينمـا في حـالة تركيز الفيروسـين ($2.15x10^{-3}$مول/لتر) تكون الحصيلة بنحو (9%) خلال المدة الزمنية نفسها مما يؤكد التأثير الواضح للفيروسين للعمل بوصفه مسرعاً لتفاعلات بلمرة الجذور الحرة بداية من الأضافة الأولى للفيروسين ومساهمته في نمو السلسلة البوليمرية بوساطة ميكانيكية الجذر المعقد أستنادا الى مينوروف وجماعته [10] وسيكيفا وجماعته [11]، ويؤدي الجذرالموجب للفيروسينيوم في بلمرة ميثأأكريلات المثيل دوراً مهماً في بدء عملية البلمرة وعند زيادة تركيز الفيروسين مما يؤدي الى زيادة هذه المراكز الفعالة والمنافسة بينها للحصول على المونيمر المتوافر والمثبت تركيزه وكميته مسبقاً مما سينتج عن ذلك نقصان في نسبة التحول وبالحصيلة.



شكل (3): تأثير تركيز الفيروسين في وزن البوليمر (ميثأأكريلات المثيل).

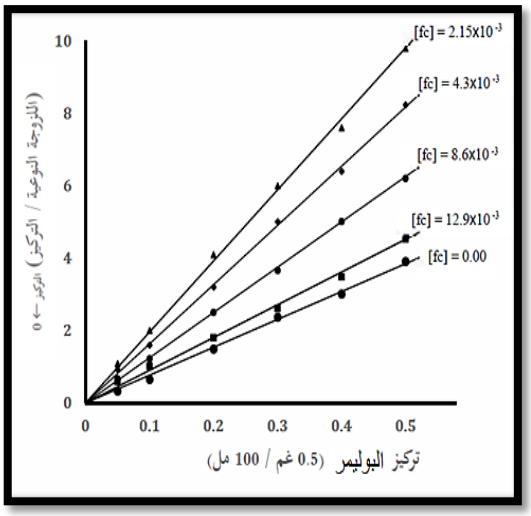


شكل (4): تأثير تركيز الفيروسين في حصيلة بوليمر بولي(ميثأأكريلات المثيل)عند نسبة تحول 10%.

تأثير تركيز الفيروسين في الوزن الجزيئي لبولي(ميثأأكريلات المثيل)

يعد الوزن الجزيئي للبوليمرات من العوامل المهمة والمميزة لها والتي يجب تعيينها، أُستعملت طريقة قياس اللزوجة في هذا البحث. أستخرجت اللزوجة الجوهرية من رسم العلاقة بين اللزوجة المختزلة (Reduced viscosity) الناتجة من قسمة اللزوجة النوعية على التركيز المعبر عنه بالغرام لكل 100مل من المذيب وتركيز البوليمر، شكل (5). تتكون لدينا علاقة خطية منتهية بنقطة الأصل نتيجة تخفيف محلول البوليمر الأصلي المستعمل في القياس (0.5غم/100مل) الى (0.05غم/100مل) وميله مساويا للزوجة الجوهرية (Intrinsic viscosity) [8]، ومن السهولة ملاحظة زيادة قيمة الميل ومن ثم قيمة اللزوجة الجوهرية باستعمال الفيروسين بوصفه مادة مسرعة ومتناقصةً تدريجياً مع الاضافة المتزايدة من الفيروسين، وتكون هذه الزيادة أوضح عند رسم العلاقة ما بين اللزوجة الجوهرية وتركيز الفيروسين

المضاف، شكل (6)، إذ تم الحصول على أعلى لزوجة عند التركيز ($2.15x10^{-3}$ مول/لتر)، بدأت بعدها بالتناقص ولكنها تبقى أعلى من حالة البلمرة دون وجود الفيروسين على الرغم من التركيز العالي للفيروسين المضاف. هذه النتائج متطابقة مع نتائج



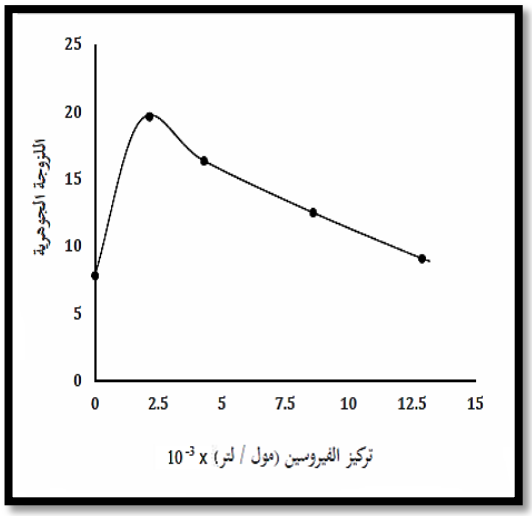
شكل (5): تأثير تركيز الفيروسين في اللزوجة المختزلة لبوليمر(ميثاأكريلات المثيل).

بحسب المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي من اللزوجة الجوهرية المستخرجة من الشكل (8) لبوليمرات ميثاأكريلات المثيل بوجود الفيروسين وغيابه وباعتماد قيمة كل من الثابتين k و α لبولي (ميثاأكريلات المثيل)، (α =0.76) و ($7.45x10^{-3}$ = k) بدرجة حرارة 25°م وباستعمال البنزين بوصفه مذيباً [12]. جدول (3) يبين نتائج الوزن الجزيئي لبوليمرات ميثاأكريلات المثيل المحضرة بالفيروسين ومن دونه، والشكل (9) يوضح العلاقة بينهما.

جدول (3): قيم اللزوجة والمعدل اللزوجي للوزن الجزيئي عند تراكيز فيروسين مختلفة

تركيز الفيروسين 10^{-3}(مول/لتر)	اللزوجة الجوهرية	الوزن الجزيئي للبوليمر (غم/مول)
0.00	7.692	9240
2.15	19.615	31664
4.30	16.346	24911
8.60	12.500	17502
12.9	9.085	11501

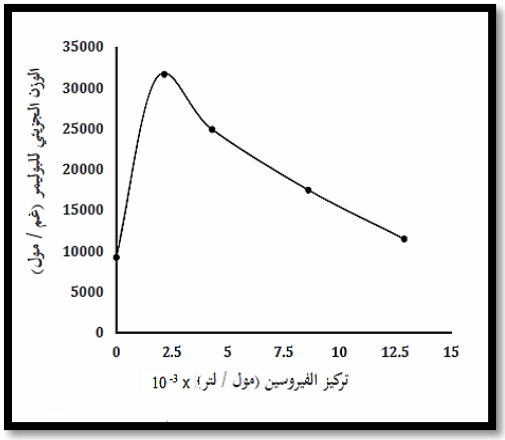
الحصيلة ونسبة التحويل، ومتفقة تماماً مع القياسات الحركية التي قام بها كل من الباحثين كالیندا (Kalenda) وجارسيك (Jarusek) أيضاً [4].



شكل (6): تأثير تركيز الفيروسين في اللزوجة الجوهرية لبوليمر(ميثاأكريلات المثيل).

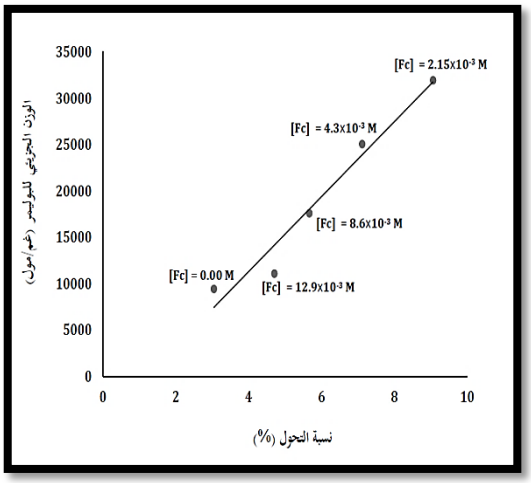
ويلاحظ من الشكل (7) الذي يمثل العلاقة بين الوزن الجزيئي للبوليمر وتركيز الفيروسين، أن الأوزان الجزيئية لبولي ميثاأكريلات المثيل تزداد بوجود الفيروسين بوصفه مسرعاً لتفاعلات البلمرة عن ما هو الحال في غيابه، ولكن تبقى الزيادة متأثرة بتركيز الفيروسين ويعزى السبب إلى أن الفيروسين يعمل على التحكم بعملية اطلاق الجذور الحرة من البادىء وبحسب مخطط (1)، مما يزيد من طول السلسلة البوليمرية مؤدية إلى زيادة في الوزن الجزيئي للبوليمر، ولكن عند ثبوت تركيز البادىء، فأن أي زيادة في تركيز الفيروسين ستولد تنافساً أكثر على الجذور الحرة المتفككة من بادىء فوق أوكسيد البنزويل مما يزيد من عدد الجذور الحرة المتوافرة لبدء عملية البلمرة وهي الحالة الأعتيادية ولكن بتحكم أكثر من قبل الفيروسين، مما يزيد من عدد السلاسل البوليمرية وحدوث قصر في طولها، مسببة نقصاناً في الوزن الجزيئي وخاصة عند ثبوت تركيز المونيمر وهو الحال هنا ولكن يبقى تأثير الفيروسين بوصفه مادة مسرعة لعملية البلمرة واضحاً بدلالة بقاء الوزن الجزيئي للبوليمرات المحضرة بوجود الفيروسين بصورة عالية من حالة عدم وجوده، جدول (3). يتضح من هذه النتائج ما للفيروسين وتراكيزه المختلفة من تأثير واضح وجلي في سرعة التفاعل، أي معدل سرعة البلمرة وهذه النتائج متفقة مع ما توصل اليه الباحثون مونيرف وجماعته [10]. ومن المناسب القول بأن النسبة المئوية للتحول لها علاقة بزيادة الوزن الجزيئي لبوليمرات ميثاأكريلات المثيل المحضرة، رسمت النتائج المقاسة عملياً ونتج

عن ذلك العلاقة الخطية الموضحة بالشكل (8) بين نسبة تحول مونيمر ميثاأكريلات المثيل إلى بوليمره المقابل ووزنه الجزيئي الناتج. يمثل هذا الاستنتاج دليلاً على صحة استعمال الفيروسين بوصفه مادة مسرعة لعملية البلمرة بالجذور الحرة.



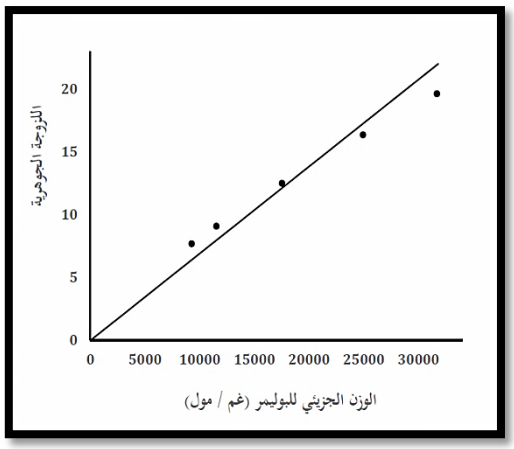
شكل (7): تأثير تركيز الفيروسين في الوزن الجزيئي لبولي(ميثاأكريلات المثيل).

وهناك دليل أخر على تأثير الفيروسين المضاف في عملية تفكك بادىء فوق أوكسيد البنزويل الى جذوره الحرة في بلمرة مونيمر ميثاأكريلات المثيل إذ تم الحصول على العلاقة الخطية المتمثلة بالشكل (9) بين الوزن الجزيئي لبولي(ميثاأكريلات المثيل) واللزوجة الجوهرية من خلال تكوين نظام بدء عالي الكفاءة [10,4] مما ينعكس على عملية نمو السلسلة البوليمرية.



شكل (8): زيادة المعدل اللزوجي للوزن الجزيئي لبولي(ميثاأكريلات المثيل)

بزيادة نسبة التحول عند تراكيز مختلفة من الفيروسين.



شكل (9): العلاقة بين اللزوجة الجوهرية والوزن الجزيئي لبولي(ميثاأكريلات المثيل) بوجود الفيروسين.

الأستنتاجات:

وجد أن للفيروسين تأثيراً في الحصيلة الناتجة لبولي(ميثاأكريلات المثيل) ونسبة تحوله ووزنه الجزيئي وكانت هذه القيم أعلى ما يمكن عند تركيز الفيروسين $2.5x10^{-3}$ مول/لتر، أي عند الأضافة الأولى للفيروسين ويستمر هذا التأثير ولو بصورة أقل ولكنه يبقى أكثر منه بعدم وجود الفيروسين في محيط عملية البلمرة بالجذور الحرة لمونيمر ميثاأكريلات المثيل.

المصادر:

[1] Haider, M.H.; Al-Lami, H.S.; Al-Fregi, A.A. 2016. Sizing and thermal stability of prepared tetraaminophthalocyaninatocopper (II) derivatives-grafted polymers, *Baghdad Sci. J.*, 13(2):221-234.

[2] Kurbanov,Z.G. 2011. A study of the reaction of iron dichloride with the pyridine activated cyclopentadiene in anhydrous 2-propanol. *Russian J. Gener. Chem.*, 81(9):1425-1427.

[3] Puzin, Y.I.; Yumagulova, R.K., and Kraikin, V.A. 2001. Radical polymerization of methyl methacrylate and styrene in the presence of ferrocene. *Europ.Polym. J.*, 37(9):1801-1812.

[4] Kalenda, P.; and Jarusek, J. 1989. Accelerating effects of ferrocene in polymerization reactions. *Chem. Papers.*, 45(1):119-125.

and Kabal'nova, N.N. 2013. Mechanism of methyl methacrylate polymerization initiated by benzoyl peroxide and ferrocene in the presence of oxygen. *Mendel. Commu.*, 23:53-55.

[11] Sigaeva, N.N.; Yumagulova, R.K.; Nasretdinova, R.N.;Frizen, A.K., and Kolesov, S.V. 2009. Kinetics of the complex-radical polymerization of methyl methacrylate in the presence of initiating metallocene systems, *Kinet. Catal.*, 50(2):168-173.

[12] Wagner, H.L. 1987. The Mark-Houwink-Sakurada relation for poly(methyl methacrylate). *J. Phys. Chem.*, 16(2):165-173.

[13] Achilias, D.S. 2014. Investigation of the radical polymerization kinetics using DSC and mechanistic or isoconversional methods. *J. Thermal Analy. Calorim.*, 116(3):1379-1386.

[14] Silverstein, R.M., Webster, F.X. and Kiemle, D.J. 2005.Spectrometric Identification of Organic Compounds (7th Edn), John Wiley & Sons Inc., New York.

[15] Emmons, E.D.; Kraus, R.G.; Duvvuri, S.S.; Thompson, J. S. and Covington, A.M. 2007. High-pressure infrared absorption spectroscopy of poly(methyl methacrylate). *J. Polym. Sci., Part B, Polymer Physics*, 45:358-367.

[5] Islamova, R.M.;Golovochesova, O.I.; Monakov,Y.B.; Utepova, I.A.; Musikhina, A.A., and Chupakhin, O.N. 2010. Effect of heterocyclic derivatives of ferrocene on free radical polymerization of methyl methacrylate and styrene. *Polymer Science, Ser. B*, 52(11-12):637-647.

[6] Islamova, R.M. 2016. Iron compounds in controlled radical polymerization: Ferrocenes, (clathro) chelates, and porphyrins. *Russian J. Gener. Chem.*, 86(1):125-143·

[7] Friesen, A.K.; Khursan, S.; and Monakov, Y.B. 2008. The formation of active sites of complex radical polymerization of styrene with the ferrocene-benzoyl peroxide initiating system. *Doklady Phys. Chem.*, 422(1):244-247.

[8] Monakov, Y.B.; Islamova, R.M.; Frizen, A.K.;Golovochesova, O.I., and Nazarova, S.V. 2011. Radical polymerization of methyl methacrylate in the presence of benzoyl peroxide, ferrocene and zirconocene dichloride. *Mendel. Commu.*, 21(4):206-220.

[9] Al-Khalidi, U.K. Synthesis and polymerization of some organic ferrocene and use the ferrocene as accelerator for polymerization of methacrylate monomers. M.Sc. Thesis, College of Science, University of Basrah, Iraq 2015.

[10] Murinov,Y.I.,Grabovskiy, S.A.; Islamova, R.M.; Kuramshina, A.R.,

Effect of Ferocene Concentration on the Percent Conversion and Molecular Weight of Poly(Methyl Methacrylate) Homopolymers

Assist. Lecturer Ulla KamelAl-Khalidi *Prof. Hadi Salman Al-Lami*

Department of Chemistry, College of Science, University of Basrah, Brsrah, Iraq.

E-mail: hadisalman54@yahoo.com

Received 12 /10 /2016
Accepted 14 /2 /2017

Abstract

This research is addressing the effect of different ferrocene concentration (0.00, $2.15x10^{-3}$, $4.30x10^{-3}$, $8.60x10^{-3}$, and $12.9x10^{-3}$) on the bulk free radical polymerization of methyl methacrylate monomer in benzene using benzoyl peroxide as initiator. The polymerization was conducted at 60º C under free oxygen atmosphere. The resulting polymers were characterized by FTIR.

The results were compared with the presence and absence of ferrocene at 10% conversion. The %conversion was 3.04% with no ferrocene present in the polymerization medium and its increase to 9.06 with a first lowest ferrocene concentration added, i.e. 2.15 $x10^{-3}$mol/l. This was positively reflected on the poly(methyl methacrylate) molecular weight measured by viscosity technique, especially in the presence of ferrocene.

Key words: ferrocene, radical polymerization, poly(methyl methacrylate).