

دراسة حركية بلمرة بارا توليديين في وسط حمضي ودراسة خواصه

جهينه محمد الغدير¹ أحمد محمد فلاح² سامح حسين حمو³

¹ طالبة دكتوراه - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق-سورية.

juhaina.alghdir@damascusuniversity.edu.sy

² أستاذ دكتور - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق-سورية.

ahmadmd.falah@damascusuniversity.edu.sy

³ أستاذ دكتور - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق-سورية.

sameh.hamo@damascusuniversity.edu.sy

الملخص

تستعرض هذه الدراسة تحضير بولي بارا توليديين عند درجة حرارة المختبر في وسط حمضي بوجود بيروسولفات الأمونيوم مؤكسدا. تم دراسة الخصائص المورفولوجية للبوليمر المحضر باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM). أظهرت عينة بولي بارا توليديين سطحاً أملس وبجسيمات ذات أبعاد ميكروية. تم توصيف البوليمر الناتج بالأشعة تحت الحمراء (IR). درس الثبات الحراري للبوليمر باستخدام التحليل الحراري الكتلّي (TGA)، والمحلل الحراري التفاضلي (DTA)، فوجد بأنه يتألف من مرحلة تفكك واحدة. تم إجراء المسح الحراري التفاضلي (DSC) للبوليمر المحضر فوجد بأنه لا يحتوي على درجة انصهار وانتقال زجاجي والبوليمر يتفكك قبل أن ينصهر، ويدرس هذا البحث حركية تشكل البوليمر المحضر بجهاز الـ UV-Vis، فوجد بأن تفاعل بلمرة توليديين هو تفاعل من المرتبة الأولى وبلغت قيمة ثابت السرعة $(2.82 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1})$.

تاريخ الإيداع: 2022/07/20

تاريخ الموافقة: 2022/12/06



حقوق النشر: جامعة دمشق

سورية، يحتفظ المؤلفون

بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

الكلمات المفتاحية: بارا توليديين، حركية بلمرة، بوليمرات ناقلة، UV-Vis، TGA، DSC.

Study the polymerization kinetics of (p-toluidine) in an acidic medium and study its properties

Juhaina Mohammad Alghdir¹ Ahmad Mohammad Falah²
Sameh Hussein Hamo³

¹ PhD. Student, Department of Chemistry, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria.

juhaina.alghdir@damascusuniversity.edu.sy

² Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria.

ahmadmd.falah@damascusuniversity.edu.sy

³ Professor, Department of Chemistry, Faculty of Science, Damascus University, Damascus, Syria.

sameh.hamo@damascusuniversity.edu.sy

Abstract

This study presents the preparation of poly (*p*-toluidine) at laboratory temperature in an acidic medium, in the presence of ammonium pyrosulfate as an oxidant. The morphological properties of the prepared polymer were studied using Scanning Electron Microscopy (SEM). The prepared polymer sample showed a smooth surface with micro-particles. The resulting polymer was characterized by (IR). The thermal stability of the polymer was studied using Thermogravimetric Analysis (TGA) and Differential Thermal Analyzer (DTA). It was found to consist of one dissociation stage. Differential Scanning Calorimetry (DSC) of the prepared polymer was performed and it was found that the polymer does not contain any melting or glass transition point and it disintegrates before melting. This research also studies the formation kinetics of the polymer by UV-Vis device, and it was found that the polymerization reaction of poly (*p*-toluidine) is a first-order reaction and its velocity constant is $(2.82 \times 10^{-4} \text{ Sec}^{-1})$.

Keywords: *p*-Toluidine, Polymerization Kinetics, Conducting Polymers, UV-Vis, TGA, DSC.

Received: 20/07/2022

Accepted: 06 /12/2022

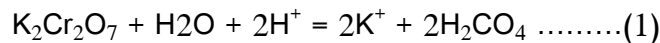


Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

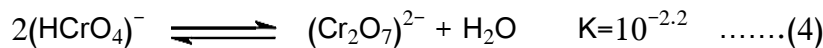
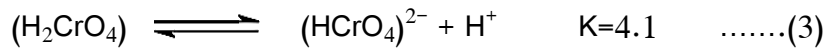
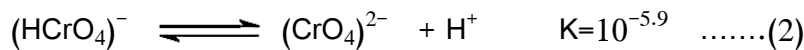
1- المقدمة:

تمت دراسة البوليمرات الناقلة على نطاق واسع نظرا لخصائصها الكهربائية والكهروكيميائية المثيرة للاهتمام [1]. تستخدم قدرة البوليمرات المترافقة على حمل الشحنات الإلكترونية غير الموضعية في العديد من التطبيقات التي تتطلب وسطا معدنيا أو شبه موصل [2]. جزء كبير من هذه الدراسات خصصت للبولي أنيلين لسهولة تحضيره وناقليته العالية [3،4]. حيث بدأ الاهتمام بالبولي أنيلين بعد اكتشاف أن البولي أسيتيلين له ناقلية معدنية في عام 1977. لذا تم استخدام بولي الأنيلين في تطبيقات متنوعة، مثل أجهزة استشعار الغاز، الإلكترونيات الضوئية، والمستشعرات الحيوية [5-7]. تنتمي التوليدينات إلى مشتقات الأنيلين، وقد استخدمت مشتقات البولي أنيلين كتطبيقات في مجالات مختلفة مثل إزالة المعادن الثقيلة من النفايات السائلة، العوامل المضادة للتآكل [8]، دراسات الحساسات (Sensor)، والأجهزة الإلكترونية الدقيقة، والحماية الكهرومغناطيسية والبصريات [9-12]. تم الإبلاغ عن مشتقات الأنيلين التي تم تحضيرها جميعها تقريبا عن استبدال حلقة البنزين مثل (ألكوكسي، هيدروكسي، كلورو أنيلين، وغيرها) وأيضا في ذرة النتروجين [13-16] لتحسين قابلية ذوبان بولي الأنيلين. درست حركية البلمرة الكيميائية للأنيلين وبعض مشتقات الأنيلين مثل (3-هيدروكسي الأنيلين، 3-ميتوكسي أنيلين) في وسط حمضي [17-20]. تم تحضير بولي أورثو توليدين، بولي ميتا توليدين، وبولي بارا توليدين، نظرا لما تتميز به هذه البوليمرات من خصائص جيدة، حيث تم استخدامها في الحماية من التآكل [21]. في هذا العمل قمنا بتحضير بولي بارا توليدين في وسط حمضي ودراسة حركيته. تم تحضير البوليمر باستخدام بيروسولفات الأمونيوم التي تقوم بدور عامل مؤكسد كما ودرست آلية تفاعل البلمرة [22]. حيث تحدث وفق ثلاثة مراحل:

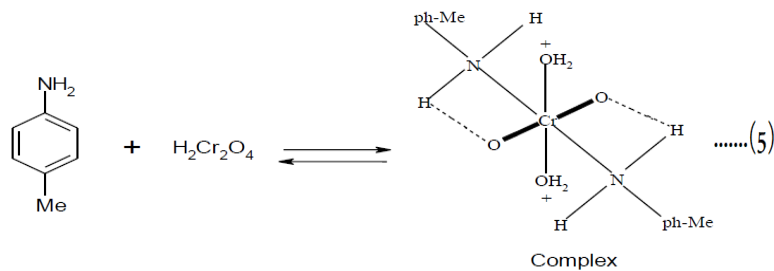
المرحلة الأولى: ينتج ثنائي كرومات البوتاسيوم في محلول مائي حمض الكروميك كما هو موضح في المعادلة (1):



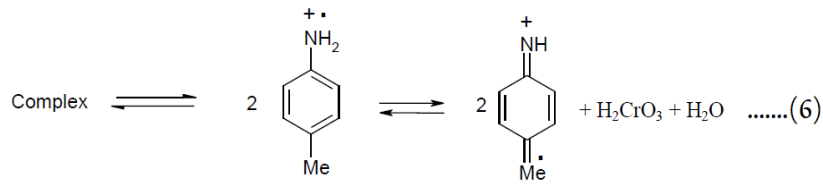
يتم التحكم في هذا التفاعل من خلال التغيير في الـ (pH)، فإن أيونات ثنائي كرومات حمراء برتقالية ($Cr_2O_7^{2-}$) في حالة توازن مع ($HCrO_4$) في نطاق pH بين 2 و 6، ولكن عند pH أقل من 1 يكون النوع الرئيسي (H_2CrO_4) ويمكن أن يحدث التوازن على النحو التالي:



يسحب حمض الكروميك إلكترونات واحدا من كل OMA بروتوني وربما يشكل معقدا غير مستقر كما هو موضح في المعادلة (5):

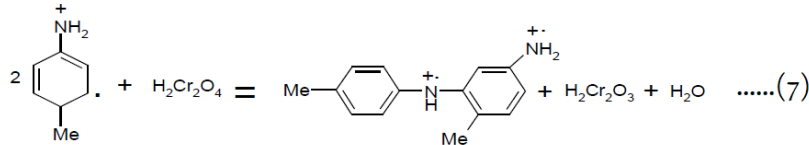


خضع المعقد للتفكك لتكوين مونومير راديكالي كما هو موضح في المعادلة (6):

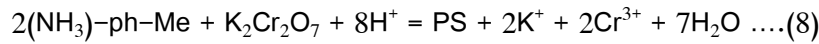


بشكل عام، تكون الخطوة الأولية سريعة وقد تحدث في وقت قصير، 0-5 دقائق (تفاعل تحفيزي تلقائي).

المرحلة الثانية:

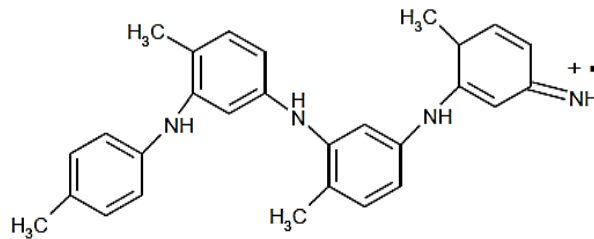


يتبع هذا التفاعل تفاعل إضافي للكاتيونات الجذرية المكونة مع جزيئات مونومير أخرى لتكوين كاتيونات جذرية متقاربة وما إلى ذلك.

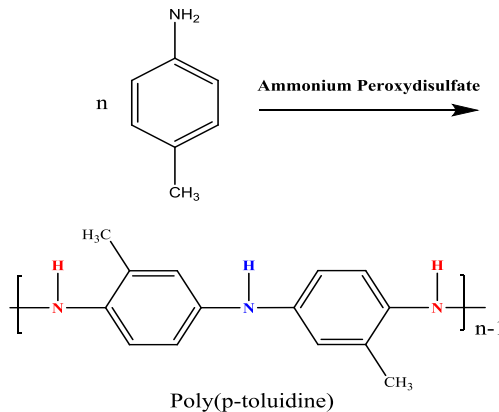


مرحلة الإنهاء:

يحدث إنهاء التفاعل عن طريق إضافة محلول هيدروكسيد الأمونيوم بكمية متساوية إلى حمض كلور الماء الموجود في وسط التفاعل (pH=7)، مما يؤدي إلى توقف التفاعل. يمكن أن يحدث التفاعل على النحو التالي:



تأخذ معادلة تحضير البوليمر الشكل الآتي [23]:



2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى تحضير بولي (بارا توليدين) في وسط حمضي بوجود بيروسولفات الأمونيوم التي تقوم بدور مادة مؤكسدة، وتوصيفه ودراسة ثباته الحراري وبعض خواصه، ويهدف هذا البحث أيضا إلى دراسة حركية تشكل البوليمر المحضر وتحديد مرتبة التفاعل.

3- مواد البحث وطرائقه:

3-1- المواد والأدوات المستخدمة:

3-1-1- المواد المستخدمة: بارا توليدين من إنتاج شركة سيغما، بيروسولفات الأمونيوم من إنتاج شركة سيغما، حمض كلور الماء 36.5% من إنتاج شركة ميرك، إيتانول 99.9% من إنتاج شركة سيغما.

3-1-2- الأدوات المستخدمة: ميزان الكتروني (Sartorius Basic)، تم تطويره وتصنيعه واختباره بواسطة أدوات دقيقة Ltd، صنع في سويسرا، سخان مغناطيسي، صنع في إنكلترا، مجفف موديل: Jsosf-100 صنع في كوريا، وأدوات زجاجية مختلفة الأشكال والقياسات.

3-2- الطرائق العملية المتبعة:

3-2-1- تحضير بولي (بارا توليدين):

يتم وزن (5g) من بارا توليدين، ثم يضاف إليه بالتدريج محلولاً من بيروسولفات الأمونيوم (المحضرة مسبقاً بحل (6.25g) من بيروسولفات الأمونيوم في (80ml) من حمض كلور الماء (IM)، يلاحظ تلون المحلول باللون الأحمر بسرعة نتيجة لحدوث البلمرة، ثم يغمق فيتحول إلى أحمر قاتم مائل إلى الأسود، بعدها ترك التفاعل لمدة ساعة مع التحريك لتمام حدوث التفاعل. تم فصل الراسب بالإبانة وغسل بمحلول قلوي ضعيف للتخلص من آثار الحمض، ثم يغسل عدة مرات بالماء المقطر وبالكحول المطلق، بعدها يجفف الناتج ويحفظ للاستعمال لاحقاً.

3-2-2- طيف الأشعة تحت الحمراء (FT/IR):

تم استخدام جهاز الامتصاص الضوئي تحت الأحمر FT-IR Spectrophotometer طراز 4200، إنتاج شركة Jasco اليابانية، وسجل طيف بولي بارا توليدين.

3-2-3- المجهر الإلكتروني الماسح SEM:

لدراسة الخصائص المورفولوجية لسطح البوليمر، تم إجراء صور المجهر الإلكتروني الماسح Scanning Electronic Microscopy (SEM).

3-2-4- التحليل الحراري:

درس الثبات الحراري للبوليمر الناتج باستخدام جهاز التحليل الحراري الوزني Thermogravimetry (TG) والمسعر التفاضلي Differential Scanning Calorimetry (DSC)، موديل SDT Q600- TA Instruments، شركة بيم جوستار تابان في إيران، صنع في إنكلترا. تم تطبيق التحلل الحراري للبوليمر المدروس في نطاق C(30-1000) بمعدل تسخين 10 درجة مئوية/دقيقة.

3-2-5- تحديد الطول الموجي المناسب ومعامل الامتصاص الجزيئي:

تم استخدام جهاز طيف Optizen UV-Vis موديل OUV322 من إنتاج شركة Mecasys Co. حيث حضرت سلسلة محاليل بارا توليدين بوجود حمض كلور الماء مع المؤكسد بيروسولفات الأمونيوم (يبين الجدول (2) التراكيز المستخدمة لكل من المونومير والمؤكسد)، تركت بعدها المحاليل عند الدرجة 25 لمدة 4 ساعات تقريبا حتى يتم تفاعل البلمرة ويغمق لون المحاليل دليل على انتهاء التفاعل، بعدها تم إجراء طيف UV-Vis للمحاليل السابقة في المجال المرئي (400-900nm).

4- النتائج والمناقشة:

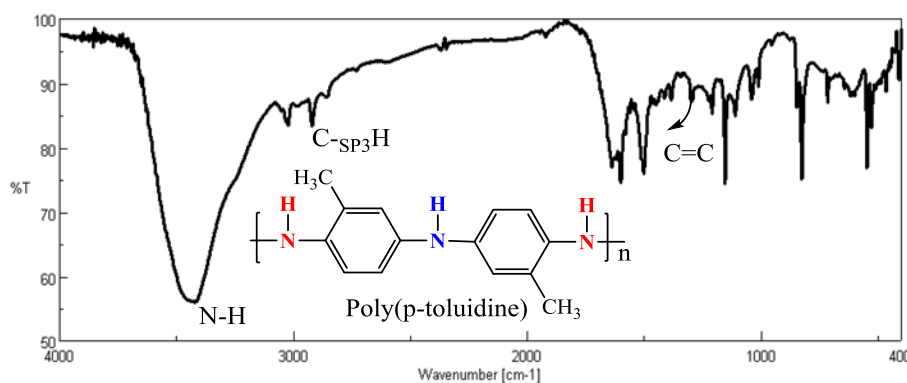
البوليمر الناتج عبارة عن مسحوق أسود مائل إلى الأحمر الداكن، عديم الذوبان في كثير من المذيبات الشائعة كالميتانول والإيثانول، لكنه يذوب بشكل جيد بدي ميثيل سلفوكسيد (DMS)، ودي ميثيل فورم أميد (DMF). تم توصيف البوليمر الناتج باستخدام FT/IR ودراسة شكل دقائق البوليمر الناتج وسطحه باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح SEM، وبعدها تم دراسة الثبات الحراري له باستخدام التحليل الحراري الكتلتي (TGA)، المحلل الحراري التفاضلي (DTA)، وأخيرا درس بالمسح الحراري التفاضلي (DSC).

4-1- طيف FT/IR:

يوضح الشكل (1) طيف الأشعة تحت الحمراء المسجل لبولي بارا توليدين، كما ويبين الجدول (1) أهم عصابات الامتصاص الموجودة في الطيف.

الجدول (1): تركيز كل من بارا توليدين والمؤكسد

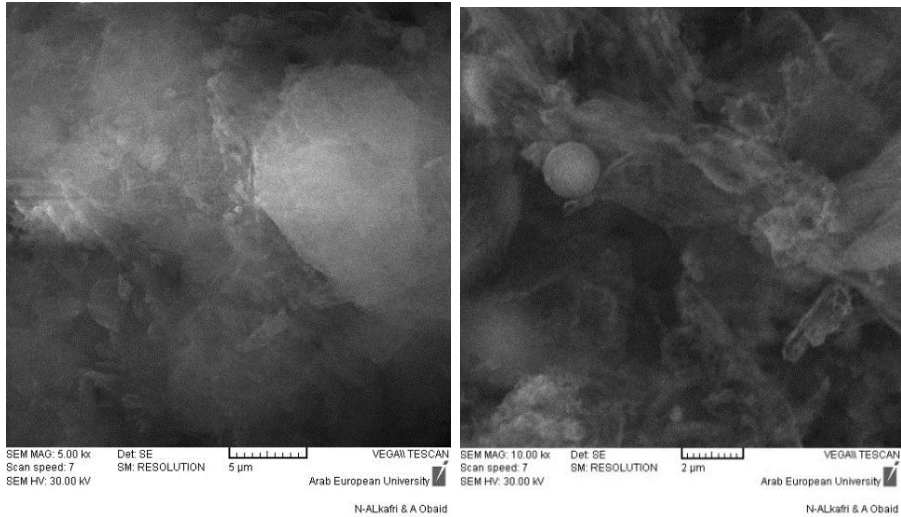
الامتصاص المرافق cm^{-1}	الزمرة الوظيفية
3422	NH
2920	$\text{C}_{\text{SP}^3}\text{H}$
1294	CNC
1450	CH_3
1375	
1600	C=C للحلقة العطرية
1450	



الشكل (1): طيف (FT/IR) لبولي بارا توليدين

4-2: المجهر الإلكتروني الماسح SEM:

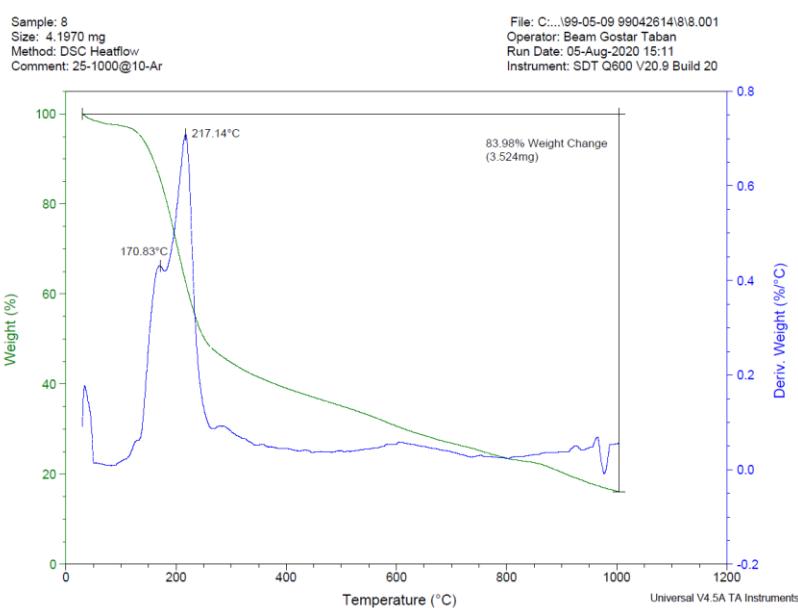
يبين الشكل (2) صور المجهر الإلكتروني الماسح، حيث تظهر عينة بولي بارا توليدين) سطحاً أملس بجسيمات ذات أقطار مكروية متراكبة فوق بعضها.



الشكل (2): صور SEM لبولي (بارا توليدين)

3-4: التحليل الحراري:

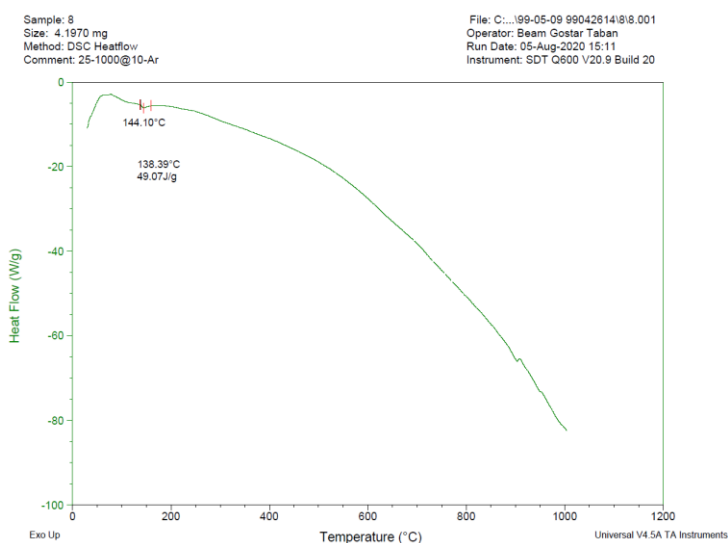
يوضح الشكل (3) التحليل الحراري الكتلتي (TGA) للبوليمر المدروس، ولوحظ بأنه يتألف من مرحلة تفكك واحدة تبدأ من الدرجة (100 °C) حتى (600 °C).



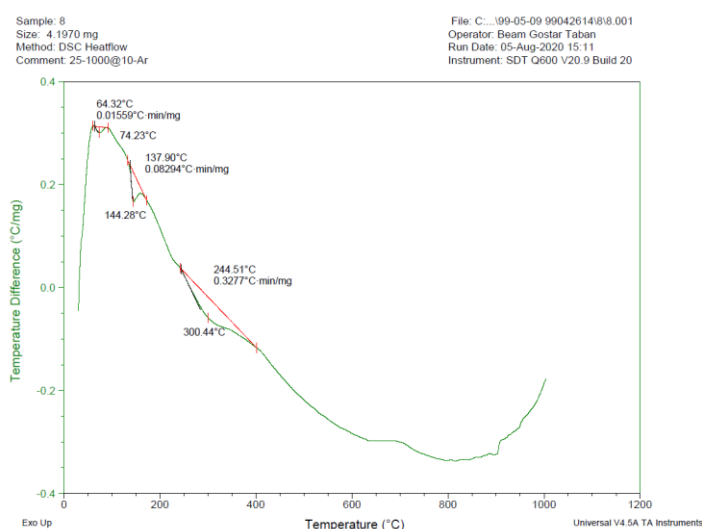
الشكل (3): TGA-DTG لبولي (بارا توليدين)

4-4- المسح الحراري التفاضلي (DSC):

تم إجراء المسح الحراري التفاضلي (DSC) لعينة بولي (بارا توليدين) كما في الشكل (4). تم لوحظ بأن البوليمر الناتج ليس له درجة انصهار وانتقال زجاجي، حيث أن القمة الظاهرة في DSC عند الدرجة (144C) يكون فيها خسارة كبيرة بالوزن ملاحظ في مخطط TGA وDTA عند هذه الدرجة كما في الشكل (3) والشكل (5)، وبالتالي فإن هذه القمة تكون ناتجة عن امتصاص حرارة بسبب تفكك البوليمر، أي أن البوليمر يتفكك قبل أن ينصهر.



الشكل (4): DSC لبولي (بارا توليدين)



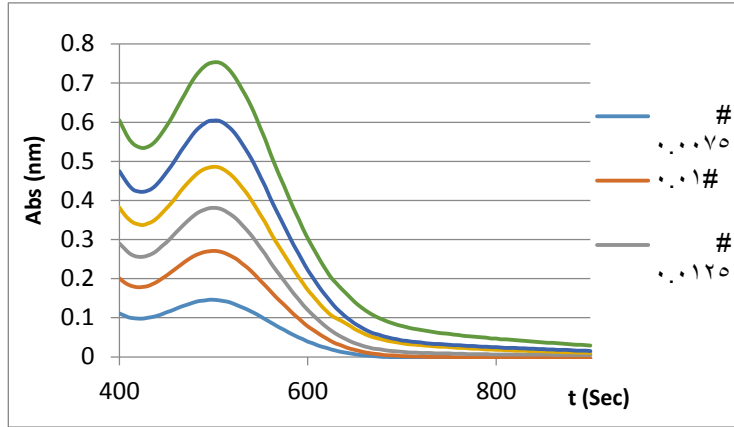
الشكل (5): DTA لبولي (بارا توليدين)

4-5- تحديد الطول الموجي المناسب ومعامل الامتصاص الجزيئي:

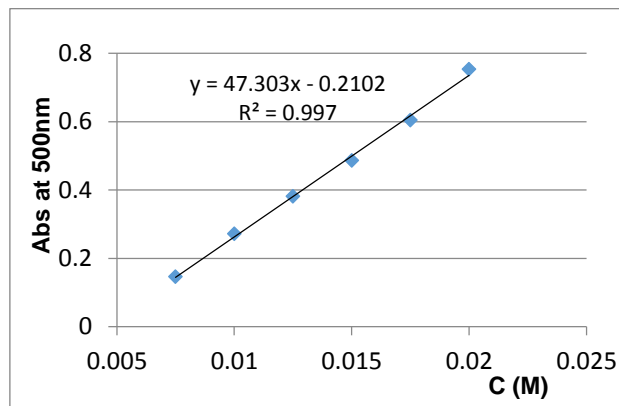
يبين الشكل (6) أطياف UV-Vis المسجلة للمحاليل المستخدمة، حيث يلاحظ أن قمة امتصاص المحاليل المستخدمة تقع عند (500nm). ولتحديد قيمة معامل الامتصاص الجزيئي، تم أخذ الامتصاصية المناسبة لكل محلول من الشكل (6) عند (500nm)، ووضعت في الجدول (2)، وبعدها تم رسم الامتصاصية كتابع للتركيز (تركيز الناتج أي تركيز المحاليل بعد التمديد) للتأكد من خطية العلاقة بين الامتصاصية والتركيز، موضح في الشكل (7)، تم حساب قيمة معامل الامتصاص الجزيئي فكانت تساوي (47.03 l/cm.mol).

الجدول (2): تركيز كل من بارا توليدين والمؤكسد

رقم المحلول	1	2	3	4	5	6
تركيز المؤكسد (mol.l ⁻¹)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
تركيز المونومير المحضر (mol.l ⁻¹)	0.015	0.02	0.025	0.03	0.035	0.04
تركيز المونومير بعد المزج (mol.l ⁻¹)	0.0075	0.01	0.0125	0.015	0.0175	0.02
Abs at 500nm	0.146	0.271	0.381	0.486	0.604	0.753



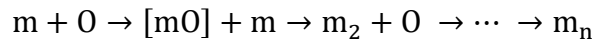
الشكل (6): أطيف UV-Vis المسجلة لمحاليل بولي (بارا توليدين)



الشكل (7): الامتصاصية بدلالة التركيز عند الطول الموجي 500nm

4-5- الدراسة الحركية:

يعد تفاعل البلمرة تفاعلا متسلسلا، حيث يتم بمراحل متتالية، يضاف فيها جزيء مونومير واحد في كل مرحلة أو يحصل ارتباط للنواتج المرحلية، بشكل عام ممكن أن يكون تفاعل البلمرة كالاتي:



حيث تمثل m المونومير، و O الوسيط.

يعبر عن سرعة استهلاك المونومير m في تفاعل البلمرة الذي يتم بوجود وسيط O بالعلاقة:

$$-\frac{d[m]}{dt} = k [m]^a [O]^b$$

بما أنه لدينا تركيز الوسيط (المؤكسد) ثابت لا يتغير، فتصبح العلاقة السابقة:

$$-\frac{d[m]}{dt} = k'_{ap} [m]^a$$

يتم تتبع امتصاصية المواد الناتجة بمرور الوقت ويحتسب تركيز المونومير المتفاعل عند اللحظة t من العلاقة:

$$[m]_t = [m]_0 - A_t / \epsilon l$$

حيث: $[m]_0$ التركيز الابتدائي للمونومير، $[m]_t$ تركيز المونومير عند اللحظة t

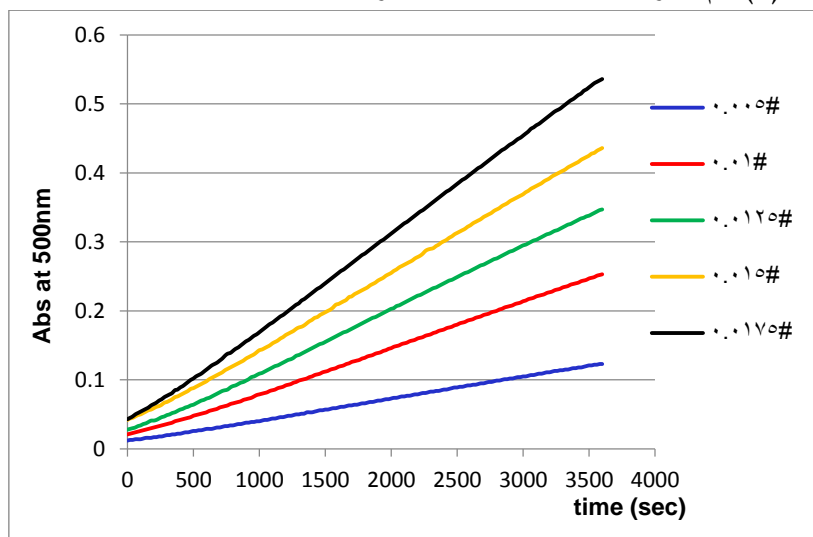
A_t الامتصاص عند اللحظة t ، l طول المسار الضوئي

ϵ معامل الامتصاص الجزيئي للمواد الناتجة المكافئ لتركيز المادة المتفاعلة.

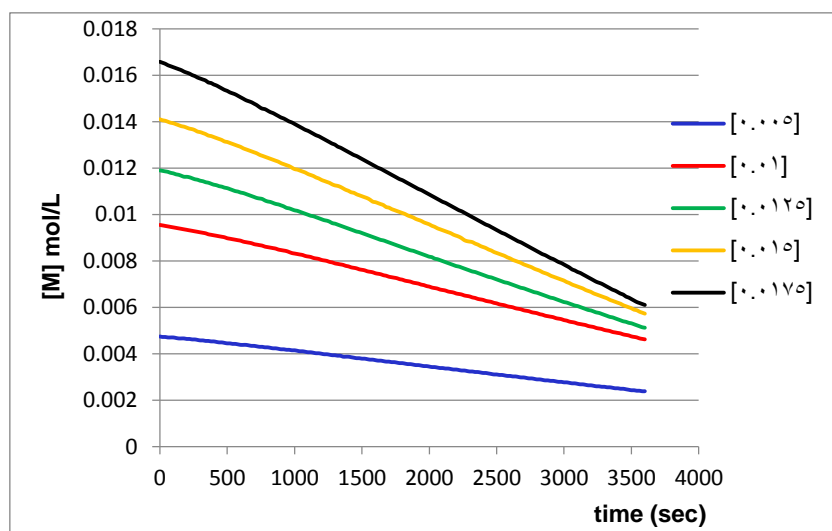
يمكن حساب سرعة التفاعل برسم مماس لمنحني تركيز المونومير بدلالة الزمن، ونحصل على السرعة في كل لحظة.

$$\ln \left(-\frac{d[m]}{dt} \right) = \ln k'_{ap} + a \ln([m]) \quad \text{بأخذ لوغاريتم العلاقة نجد:}$$

تم حساب السرعة الابتدائية للتفاعل برسم المماس في بداية منحنى تغيرات التركيز بدلالة الزمن، وذلك باستخدام البيانات التجريبية التي جمعت من قياس الامتصاصية مع الزمن لسلسلة من المحاليل يكون فيها تركيز المونومير متغيرا (0.005, 0.01, 0.0125, 0.015, 0.0175 M) أما تركيز المؤكسد ثابتا (0.1M)، تم تسجيل البيانات السابقة بترك التفاعل يجري لمدة ساعة كاملة (3600sec) عند الطول الموجي (500nm)، يوضح كل من الشكلين (8)، (9) منحنيات تغير الامتصاصية والتركيز بدلالة الزمن، ويبين الجدول (3) قيم السرعة الأولية للتفاعل بدلالة الزمن.



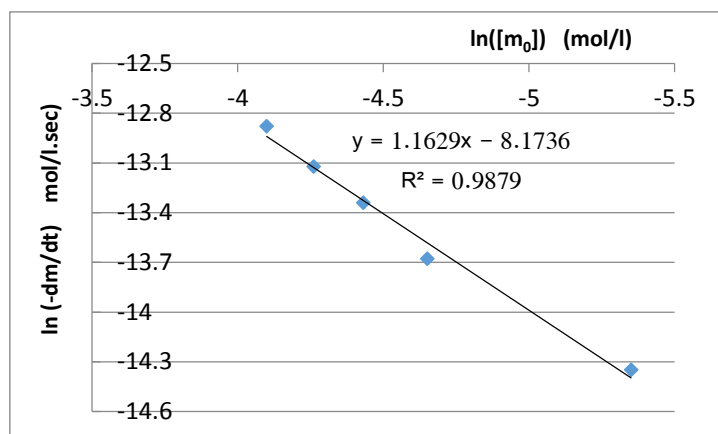
الشكل (8): منحنيات تغير الامتصاصية عند الطول الموجي (500nm) بدلالة الزمن



الشكل (9): منحنيات تغير التركيز بدلالة الزمن

الجدول (3): قيم التركيز وسرعة التفاعل

$[m]_0$ (mol/l)	0.005	0.01	0.0125	0.015	0.0175
$-dm/dt$ (mol/l.sec)	5.86448E-07	1.14546E-06	1.60673E-06	1.99941E-06	2.54985E-06
$\ln([m_0])$	-5.350697	-4.650850	-4.43083	-4.261087	-4.099215
$\ln(dm/dt)$	-14.349182	-13.67970	-13.34131	-13.12266	-12.87948



الشكل (10): منحنى تحديد مرتبة التفاعل بالنسبة لتركيز المونومير

نلاحظ من الشكل (10) بأن تفاعل بلمرة بارا توليدين، تفاعل من المرتبة الأولى بالنسبة لتركيز المونومير، وبلغت قيمة ثابت السرعة $(2.82 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1})$.

5- الاستنتاجات:

- 1- تم تحضير بولي (بارا توليدين) بطريقة سهلة بدرجة حرارة المختبر في وسط حمضي وبوجود بيروسولفات الأمونيوم التي تعمل كمؤكسد.
- 2- تم توصيف البوليمر والتأكد من بنيته المقترحة باستخدام FT/IR.
- 3- تم دراسة مورفولوجية سطح البوليمر الناتج باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)، حيث أظهرت عينة بولي (بارا توليدين) سطحاً أملس بجسيمات ذات أبعاد مكروية متراكبة فوق بعضها.
- 4- درس الثبات الحراري للبوليمر باستخدام التحليل الحراري الكتلتي (TGA)، والمحلل الحراري التفاضلي (DTA) ف لوحظ بأنه يتألف من مرحلة تفكك واحدة.
- 5- تم إجراء قياس المسح التفاضلي (DSC) لعينة بولي (بارا توليدين) فوجد أن البوليمر المشترك الناتج ليس له درجة انصهار وانتقال زجاجي، حيث أن القمة الظاهرة في DSC تكون ناتجة عن امتصاص حرارة بسبب تفكك البوليمر والبوليمر يتفكك قبل أن ينصهر.
- 6- تم دراسة حركية تشكل البوليمر المحضر وحددت مرتبة التفاعل، فوجد بأن التفاعل من المرتبة الأولى بالنسبة للمونومير، وبلغت قيمة ثابت السرعة $(2.82 \times 10^{-4} \text{ sec}^{-1})$.

المراجع:

- [1] Palaniappan, s. (2001). Chemical and electrochemical polymerization of aniline using tartaric acid, *European polymer journal*, vol. 37(5), pp. 975-981.
- [2] Wang, P. C., Liu, L. H., Mengistie, D. A. (2013). Transparent electrodes based on conducting polymers for display applications, *Displays*, vol. 34(4), pp. 301– 314.
- [3] Sariciftci, N. S., Kuzmany, H., Neugebauer, H., Neckel, A. (1990). Structural and electronic transitions in polyaniline: A Fourier transform infrared spectroscopic study. *Chem. Phys.*, vol. 92(7), pp. 4530-4539.
- [4] Boeva, Zh A., Sergeev, V. G. (2014). Polyaniline: Synthesis, properties, and application, *Polymer Science - Series C*, vol. 56(1), pp. 144-153.
- [5] Green, A., Woodhead, A. (1910). Aniline-black and Allied Compounds. Part I, *J. Chem. Soc.*, vol. 97(2388), pp. 2388–2403.
- [6] Green G., A, Woodhead, A. (1912). Aniline-black and Allied Compounds Part II, *J. Chem. Soc.*, vol. 101, pp. 1117–1123.
- [7] Ram, M, Yang, O, Lahsanganh, V, Aldissi, M. (2005). CO gas sensing from ultrathin nano composite conducting polymer film, *Sensors and Actuators B*, vol. 106(2), pp. 750-757.
- [8] Suresh V, Venkatraman, R, Shobana, V, Subramania A. (2012). Polythiophene Naphtholsulphonic acid: New and effective corrosion inhibitor for carbon steel in acid solution, *Res. J. Chem. Sci.* 2(10), 87-94.
- [9] Xiang, C, Xie, Q, Hu, J, Yao, Sh. (2006). Studies on electrochemical copolymerization of aniline with o-phenylenediamine and degradation of the resultant copolymers via electrochemical quartz crystal microbalance and scanning electrochemical microscope, *Synth. Met.*, vol 156(5-6), pp. 444–453.
- [10] Kong, Y., Li, W., Wang, Z., Yao, Ch, Tao, Y. (2013). Electrosorption behavior of copper ions with poly(m-phenylenediamine) paper electrode, *Electrochem. Comm.*, vol. 26, pp. 59–62.
- [11] Dinesh, S., Vivek, D., Kumar, M., (2013). Dielectric Study of Polyaniline in Frequency Range 100Hz to 500 KHz at Temperature 20°C and 30°C, *Res. J. Chem. Sci.*, vol. 3(2), pp. 16-19.
- [12] Shanthi, T, Rajendran, S., (2013). Influence of Polyvinyl Pyrrolidone on Corrosion Resistance of Mild Steel Simulated Concrete Pore Solution Prepared in Well Water, *Res. J. Chem. Sci.*, vol. 5(6), pp. 39-44.
- [13] Sayyah, S. M., El-Salam H. M., Azzam, E. M. S. (2005). Surface activity of monomeric and polymeric (3- alkyloxy aniline) surfactants, *International Journal of Polymeric Materials*, vol. 54(6), pp. 541–555.
- [14] Sayyah, S. M., Abd El-Khalek, A. A., Bahgat, A. A., Abd El-Salam, H. M. (2002). Kinetic studies of the chemical polymerization of substituted aniline in aqueous solutions and characterization of the polymer obtained Part 1.3- Chloroaniline, *Polymer International*, vol. 50(2), pp. 197–206.
- [15] Sayyah, S. M., Bahgat, A. A., Abd El-Salam, H. M. (2002). Kinetic studies of the aqueous oxidative polymerization of 3- hydroxyaniline and characterization of the polymer obtained, *International Journal of Polymeric Materials*, vol. 51(3), pp. 291–314.
- [16] Sayyah, S. M., Abd El-Salam, H. M. (2003). Aqueous oxidative polymerization of N-methyl aniline in acid medium and characterization of the obtained polymer, *International Journal of Polymeric Materials*, vol. 52(11), pp. 1087 – 1111.
- [17] Sayyah, S. M., Abd El-Salam, H.M., Bahgat, A. A. (2002). Aqueous oxidative polymerization of 3-methoxyaniline and characterization of its polymer, *International Journal of Polymeric Materials*, vol. 51(10), pp. 915–938.
- [18] Alghdir, J., Falah, A. (2020). Study the Properties of Poly(m-aminophenol) and its Polymerization Kinetics Using HPLC, *Chemistry Research Journal*, vol. 5(6), pp. 13-20.
- [19] Mažeikienė, R., Malinauskas, A. (2001). Kinetic study of the electrochemical degradation of polyaniline, *Synthetic Metals*, vol. 123(2), pp. 349-354.
- [20] J. Alghdir, A. Falah, S. Hamo. (2021). Study the Polymerization Kinetics of Polyaniline by UV-Vis and HPLC and Determination of the Thermodynamic Functions Using Coats-Redfern Equation From TGA Curves, *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(8), pp. 4117-4121.
- [21] Zhang, J., Li, Y., Zhang, S. (2018). Preparation, Characterization and Corrosion Evaluation of Poly(o-toluidine), Poly(m-Toluidine), and Poly(p-Toluidine) Blended with Waterborne Polyurethane, *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, vol. 70(11), pp. 2660-2666.
- [22] Sayyah, S. M., Mustafa, H. M., El-Ghandour, H. A., Aboud, A. A., Ali, M.Y. (2015). Oxidative Chemical Polymerization, Kinetic Study, Characterization and DFT Calculations of Para Toluidine in

Acid Medium Using $K_2Cr_2O_7$ as Oxidizing Agent, International Journal of Advanced Research, vol. 3(4), pp. 266-287.

[23] Manivel, P., Venkatachari, G. (2007). The Inhibitive Effect of Poly(p-toluidine) on Corrosion of Iron in 1M HCl Solutions, vol. (104), pp. 2595-2601.