

دراسة بعض الخواص الفيزيائية لبولي استرات غير مشبعة تحتوي على وحدة 3,1-ثنائي (4-هيدروكسي-3- ميثوكسي بنزاليدين) سيكلوبيوتانون

أ. آمنة عبد السلام بعيو*

كلية العلوم – جامعة مصراتة

أ. زينب إبراهيم الأسطى

كلية التربية – جامعة مصراتة

أ. خديجة محمد غليو

كلية الصيدلة – جامعة مصراتة

*amna.baayo@sci.misuratau.edu.ly

تاريخ النشر 2025.01.13

تاريخ الاستلام 2024.10.27

الملخص:

يتضمن المحتوى العلمي لهذه الدراسة على تحضير ودراسة بعض الخواص الفيزيائية لبولي استرات غير مشبعة تحتوي على مشتق ثنائي بنزليدين سيكلوبيوتانون ضمن الوحدات المتكررة في السلسلة الرئيسية للبوليمر. كما تحتوي الدراسة على أهمية البولي استرات الغير مشبعة في حياتنا اليومية وطرق تحضيرها. قُسم العمل في هذه الدراسة إلى ثلاثة أجزاء وهي كالتالي:

الجزء الأول: تضمن هذا الجزء تحضير الوحدات المونوميرية، ثنائي البنزليدين.

الجزء الثاني: حُضرت سلاسل البولي استرات غير المشبعة الجديدة بواسطة استخدام تقنية بلمرة التكاثف بين السطوح.

الجزء الثالث: تم دراسة بعض الخواص الفيزيائية للبولي استرات المحضرة، فمن دراسة الإذابة لوحظ أنها غير ذائبة في معظم المذيبات المستخدمة، أو تنوب جزئياً فيها، وبناء على نتائج التوصيلية الكهربائية صنف المركبات 2-4 من المواد شبه الموصلة للكهرباء.

الكلمات المفتاحية: بولي استرات، ثنائي البنزيلدين، التحاليل الطيفية، بلمرة التكاثف، الخواص الفيزيائية.

Study of some physical properties of unsaturated poly esters containing 1, 3-(4-hydroxy-3-methoxy benzilidene) cyclobutanone Moiety

Amna A. Baayo

Faculty of Science, University Misurata, Libya

Zaineb I. Lusta

Faculty of Education, University Misurata, Libya

Khadija M. Ghalieo

Faculty of Pharmacy, University Misurata, Libya

*amna.baayo@sci.misuratau.edu.ly

Received: 27.10.2024

Publishing: 13.01.2025

Abstract:

This study focuses on the synthesis and investigation of certain physical properties of unsaturated polyesters incorporating a dibenzylidene cyclobutanone derivative within the repeating units of the polymer's main chain. The research is structured into three primary sections:

Section One: This section details the synthesis of the monomeric unit, specifically the dibenzylidene derivative.

Section Two: The study involves the preparation of novel unsaturated polyester chains through the application of interfacial polycondensation techniques.

Section Three: This section explores various physical properties of the synthesized polyesters. Solubility tests revealed that these polyesters are largely insoluble or only partially soluble in most of the solvents employed. Furthermore, based on the results from electrical conductivity measurements, compounds 2-4 have been classified as semiconductors.

Keywords: dibenzylidene, spectroscopic analyses, interfacial polycondensation, physical characteristics.

1. المقدمة:

تلعب البوليمرات دورًا هامًا في حياة الإنسان منذ بداية الخليقة، فالخشب والنشا والسليولوز هي مواد بوليميرية طبيعية تزودنا بالطعام والملبس والمسكن، حيث استخدم المطاط الطبيعي لطلاء

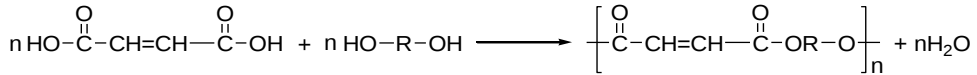
الملابس لمنعها من البلل، واستخدم الصمغ العربي والإسفلت في طلاء القوارب، وتعتبر هذه المواد من البوليمرات الطبيعية (Carraher Jr, 2003). إلا أن هذه البوليمرات لا تقي بالغرض الذي استعملت من أجله في بعض الاستخدامات، بسبب قلة المصادر الطبيعية لها، وزيادة الحاجة إلى هذه المواد أدى للتفكير بإيجاد البدائل الصناعية لها، ومن ثم تمكن بعض الكيميائيين من تحضير العديد من البوليمرات من خلال معرفة تركيب بعض البوليمرات الطبيعية، ولقد تطورت البحوث بشكل سريع للوصول إلى صناعة العديد من البوليمرات الصناعية والتي تلعب دورًا هامًا في الوقت الحاضر في جميع أوجه الحياة اليومية، ولعل البولي استرات من أهم هذه البوليمرات، ويرجع الفضل في أهمية البوليمرات لخواصها الطبيعية والميكانيكية التي تتيح لها منافسة المواد التقليدية كالخشب والمعادن والزجاج والألياف الطبيعية (Bier, 1974).

تتكون كلمة polymers من مقطعين الأول poly ويعني عديد ، والثاني mers ويعني جزء أي أنها تعني متعدد الأجزاء، والبوليمرات هي جزيئات كبيرة الحجم تتكون من ارتباط عدد من الجزيئات الكيميائية الصغيرة مع بعضها بأواصر كيميائية (Nava, 2000)، قد تكون هذه الجزيئات مرتبطة مع بعضها بشكل خطي فيسمى بالبوليمر الخطي أو تكون الجزيئات متفرعة فيسمى بالبوليمر المتفرع (Branched polymer) وقد تكون الفروع في سلسلة البوليمر ذات تركيب مشطي (comb form) أو تركيب سلطي (Ladder form) وأحيانًا قد تكون متشابكة مع بعضها فيسمى بالبوليمر المتشابك (Crosslinked polymer)، تدعى الجزيئة البسيطة التي تبني منها جزيئة البوليمر بالمونيمر (Monomer) وتدعى عملية ارتباط هذه الجزيئات مع بعضها بعملية البلمرة (Mera, 1986).

1.1 البولي استرات غير المشبعة Unsaturated Polyesters:

تحضر البولي استرات غير المشبعة من مونمرات ثنائية المجاميع الوظيفية تحتوي إحداها على رابطة ثنائية (عادة حمض أو أنهيدريد حمض)، فهي تحضر عادة من تفاعل حمض ثنائي الكربوكسيل غير مشبع أو أنهيدريد حمض غير مشبع مع جلايكول مشبع أو من تفاعل حمض ثنائي الكربوكسيل مشبع أو أنهيدريد حمض مشبع مع جلايكول يحتوي على عدم التشبع. فعند استخدام حمض غير مشبع وجلايكول فإن البوليمر الناتج يكون عالي التقاطع High cross

linked وفائدته تكون قليلة ولهذا السبب حُضرت البولي استرات المشتركة Copolyesters جميعها من حمض غير مشبع Unsaturated acid وحمض مشبع (غير متقاطع) Non crosslinkable مع جلايكول. ويمكن توضيح معادلة تحضير بولي استر غير مشبع من خلال تفاعل حمض غير مشبع مع جلايكول (Elsunaki et al., 2020).



مخطط (1): تفاعل حمض غير مشبع مع جلايكول

2.1 تقنية بلمرة التكثيف :Polycondensation of Technique

تجرى بلمرة التكثيف باستخدام ثلاثة طرق مختلفة، وهي بلمرة التكثيف بالصهر Melt polycondensation، وبلمرة التكثيف باستخدام طريقة المحلول Solution polycondensation، وبلمرة التكثيف بطريقة البلمرة بين السطوح Interfacial polycondensation، وبلمرة التكثيف بطريقة البلمرة بين السطوح (Reaijmakerse et al., 2016)، وتم استخدام في هذه الدراسة طريقة البلمرة بين السطوح:

3.2.1 بلمرة التكثيف بين السطوح :Interfacial Polycondensation

تعتبر بلمرة التكثيف بين السطوح (البلمرة البينية) من أفضل تقنيات البلمرة للحصول على أوزان جزيئية عالية للبوليمرات دون الاعتماد على الاتزان الكيميائي المطلوب للمواد المتفاعلة وذلك لأن هذه التقنية محكومة بتفاعلات الانتشار Controlled diffusion reactions، وباستخدام هذه التقنية يمكن تحضير بوليمرات من مونمرات متعددة عند درجات الحرارة المنخفضة، وتحدث دائماً بين زوجين من المونمرات عندما تتواجد في مذيبات غير ممتزجة Immiscible solvents، أحد هذه المذيبات هو الماء والآخر مذيب عضوي لا يمتزج مع الماء مثل البنزين، الكلوروفورم، رابع كلوريد الكربون أو كلوريد الميثيلين، حيث يتم تفاعل البلمرة بينياً بين سطحي السائلين غير الممتزجين، وقد ينشأ أثناء البلمرة تكون طبقة رقيقة مما يؤدي إلى إعاقة نمو السلاسل المتكونة نتيجة عدم مقدرة كلوريد الحامض على الانتشار ولذا يلجأ للسحب المستمر للطبقة الرقيقة Formation of thin layer، ولقد طبقت هذه الطريقة في تحضير العديد من البوليمرات مثل البولي كربونات Polycarbonate المنتجة تجارياً بأسماء

لكسان laxan (في ألمانيا)، ومبرون Merion (في أمريكا)، وهناك العديد من البحوث التي تركز على استخدام هذه التقنية في تحضير العديد من البولي استرات غير المشبعة (Unsaturated Polyesters) ذات الأوزان الجزيئية العالية وكذلك البولي كربونات (Song et al., 2017).

3.1 استخدامات وتطبيقات البولي استرات غير المشبعة:

تمتلك البولي استرات غير المشبعة مكاناً في ضروريات حياتنا المتنوعة، فهي تمتلك العديد من الاستخدامات والتطبيقات منذ مطلع القرن العشرين، حيث لاقت اهتماماً خاصاً في المجال الصناعي والتجاري نظراً لمميزاتها الممتازة حسب مجال استخدامها، حيث استخدمت كماد طلاء ولتقوية الألياف الزجاجية البلاستيكية كما تم استخدامها كماد لاصقة للعديد من المواد مثل الورق والبلاستيك والجلود، واستخدمت كدهان ورنيش Varnish، واستخدمت لتجميع مشتقات الفحم في التربة كم أنها تساعد في تصلبها (Felemban, 2009).

كما استخدمت البولي استرات غير المشبعة كماد مألثة لترميم هياكل السيارات وكما لي بلاستيكي لحشو المنخفضات العميقة في السبائك المعدنية، واستخدمت في تحضير بوليمرات البلورات السائلة والتي لها تطبيقات مهمة وواسعة مثل استخدامها في تقنيات الشاشات الرقمية والحاسبات الآلية والألياف الضوئية Optical fibers، وقد استخدمت (في المجال الكهربائي) في صناعة بعض أجزاء القذائف الموجهة وقبة هوائي الرادار Radome، واستخدمت في صناعات المنتجات المشكلة في القوالب مثل الزوارق، وغطاء الرأس الواقي Helmets، والرخام الصناعي (Guo et al., 2007).

2. الجزء العملي:

1.2 المواد الكيميائية المستخدمة:

جميع المواد الكيميائية المستخدمة في هذا البحث تم توفيرها من شركات Merck, Scharlan Chemie S. A واستخدمت بدون أي إجراءات تنقية إضافية.

2.2 الأجهزة المستخدمة:

تم قياس أطياف الأشعة تحت الحمراء باستخدام جهاز Perkin Elmer FT-IR spectrometer (Frontier)- USA، ودرجة الانصهار باستخدام جهاز Stuart Melting

point SM10، وطيف الرنين النووي المغناطيسي ($^1\text{H-NMR}$) باستخدام جهاز Instrument Gemini 200 MHz, Varian (USA)، في حين تم قياس قابلية الذوبان Solubility باستخدام 0.03 جم من البوليمر في 3 مل من المذيب المناسب عند درجة حرارة الغرفة، كما تم قياس الموصلية (Conductivity) حيث أجريت القياسات الكهربائية للبولي استرات المحضرة عند درجة حرارة الغرفة باستخدام جهاز لقياس التيار الكهربائي المار خلال العينة بوحدة المايكرو أمبير وذلك باستخدام أميتر من نوع (CEM/DT -3900) وتم تعيين لجهد المطبق بوحدة الفولت باستخدام الفولتميتر من نوع (Peak Teck 2010 DMM)، كما تم قياس اللزوجة المتأصلة Inherent viscosity لمحلول البوليمر (0.5 g/100 ml) في حمض الكبريتيك المركز (9M) ودرجة حرارة 25°C تم إيجادها باستخدام جهاز ابلهود فسكوميتتر Ubbelohde suspended level viscometer.

3.2 تحضير المونيمرات:

تحضير 3,1-ثنائي (4-هيدوكسي-3-ميثوكسي بنزاليدين) سيكلو بيوتانون:

إلى خليط مكون من (0.02 Mole) 4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزالدهيد (4-3-hydroxy-Methoxy benzaldehyde) مذاب في (0.01Mole) من السيكلوبيوتانون (cyclo butanone) أضيفت بضع قطرات من حامض الهيدروكلوريك المركز كعامل حفاز للتفاعل مع التقليل الجيد عند درجة حرارة 75°C ، ولمدة 4 ساعات (Alkskas & Esbata, 2008). بعد الانتهاء من زمن التفاعل أضيف الماء المقطر للنواتج فتكون راسب، ثم رشح الراسب المتكون وغسله بالماء المقطر عدة مرات للتخلص من آثار الحامض، وجفف الراسب ثم أعيدت بلورته باستخدام خليط من الماء والميثانول بنسبة (3:1).

4.2 تحضير النموذج:

إلى خليط مكون من (0.001Mole) من مشتق ثنائي الفينول 3,1-ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزاليدين) سيكلو بيوتانون (1)، (0.002 Mole) هيدروكسيد الصوديوم) مذاب في (50ml) ماء مقطر و (25ml) DMF، ومع التحريك الجيد ثم إضافة (0.002 Mole) كلوريد البنزويل مذاب في (25 ml DMF) قطرة قطرة عند درجة حرارة الغرفة مع التقليل الجيد لمدة ساعة، حيث يفصل راسب أصفر أثناء التقليل (Alkskas & Esbata, 2008). رشح الناتج

الصلب وغسله بالماء المقطر عدة مرات ومن ثم الكحول الايثيلي، ثم جفف عند درجة حرارة 100°C .

تم الحصول عليه كبلورات صفراء وبنسبة ناتج 80%.

5.2 تحضير البوليمرات:

تحضير البولي استرات (3،4):

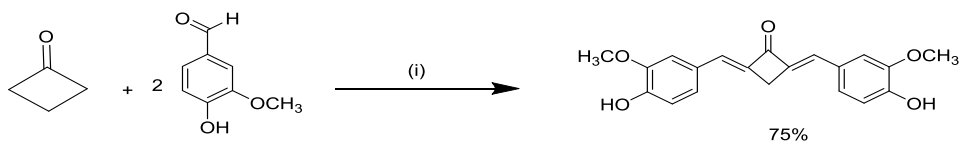
تتم عملية تحضير البولي استرات باستخدام جهاز بسيط يتكون من دورق مزودج بمحرك ميكانيكي حيث يتم إضافة مخلوط (0.001Mole) من مشتق ثنائي الفينول 1،3- ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزليدين) سيكلوبيوتانون (0.002Mole) من هيدروكسيد الصوديوم مذاب في (50ml) ماء مقطر و (25ml) DMF مع التحريك الجيد ثم إضافة كلوريد الحامض المناسب (0.001Mole) مذاب في (25ml) DMF قطرة قطرة لمخلوط التفاعل عند درجة حرارة الغرفة، حرك المخلوط بشدة بعد الإضافة الكلية لكلوريد الحامض لمدة 24 ساعة، حيث تكون راسب تم ترشيحه تحت ضغط مخلخل وغسل بالماء المقطر عدة مرات ثم بالكحول الايثيلي وجفف عند 100، لمدة يومين (McGrath, 1977).

باتباع الطريقة العامة تم الحصول على البوليمرات من المونمر 1،3-ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزليدين) سيكلوبيوتانون (1) وأيزوفيثالويل كلوريد كراسب أصفر وكانت نسبة الناتج (85%).

باتباع الطريقة العامة تم الحصول عليه بواسطة بلمرة المونمر 1،3-ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزليدين) سيكلوبيوتانون (1) وتيرفيثالويل كلوريد كراسب أبيض مصفر بنسبة ناتج (90%).

3. النتائج والمناقشة:

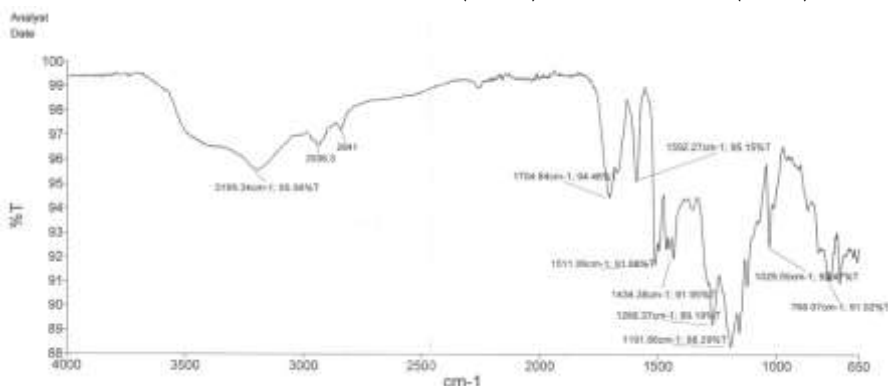
في هذه الدراسة تم تحضير المونمر 1 بمفاعلة 2 مول من 4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزالدهيد مع مول واحد من السيكلوبيوتانون في وجود الإيثانول كمذيب وقطرات من حامض الهيدروكلوريك المركز كعامل مساعد والتحريك الجيد عند درجة حرارة (75°C)، حيث تكونت بلورات بنفسجية اللون وبنسبة ناتج (75%) كما في المخطط 2.



Reagent and conditions : (i) EtOH , HCl conc , 4hr

المخطط (2): تحضير المونيمر 1

تم التأكد من بنية ثنائي البنزيلدين 1 بقياس درجة انصهاره وكذلك بإجراء تحليل طيف الأشعة تحت الحمراء وطيف الرنين النووي المغناطيسي، حيث كانت درجة انصهار ثنائي البنزيلدين 1 ($243-245^{\circ}\text{C}$)، ولوحظ في طيف الأشعة تحت الحمراء ظهور حزم امتصاص مميزة لمجموعة (OH) الفينولية عند 3200cm^{-1} ، ولمجموعة (C=O) عند 1619cm^{-1} ، ولمجموعة (C=C) عند 1592cm^{-1} ، (شكل 1).



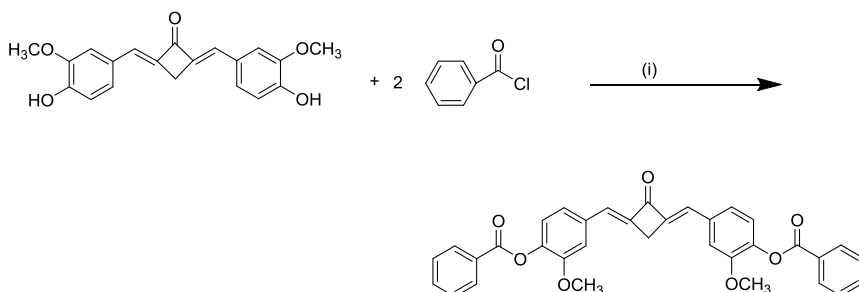
شكل (1): طيف الأشعة تحت الحمراء للمونيمر 1

كما أظهر طيف الرنين النووي المغناطيسي:

$(\text{CH}_2, \text{S}, 1\text{H}) 2,70\delta$ ، $(\text{C}=\text{CH}, \text{S}, 2\text{H}) 7,60\delta$ ، $(\text{OCH}_3, \text{S}, 6\text{H}) 3,01\delta$
 $(2\text{Ar}-\text{OH}, \text{S}, 2\text{H}) 9, 20\delta$ ، $(2\text{Ar}, 6\text{H}) 6,80-7, 21\delta$.

أما النسبة للنموذج 2 فقد تم الحصول عليه باستخدام تقنية بلمرة التكتيف بين السطوح Interfacial polycondensation technique وذلك بمفاعلة مول واحد من المونيمر 3,1-

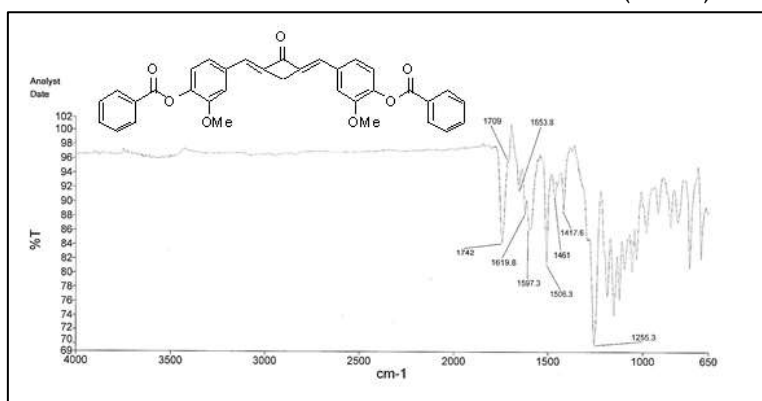
ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزيلدين) سيكلوبيوتانون 2 مع مول من كلوريد البنزويل عند درجة حرارة الغرفة، في وجود محلول مائي لهيدوكسيد الصوديوم وثنائي كلوريد الميثيلين كمذيب عضوي حيث تحصل على الناتج كراسب ابيض بنسبة 85% كما في المخطط 3.



Reagent and conditions : (i) NaOHaq , CH₂Cl₂ , 3hr

المخطط (3): تحضير النموذج 2

حيث تم الحصول على 1,3-bis (4-hydroxy-3-methoxybenzylidene cyclobutanone dibenzoate). تم إثبات بنية النموذج 2 عن طريق إجراء طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) والذي أظهر اختفاء حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة (OH) الفينولية وظهور حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة كربونيل (C=O) الاستر عند 1742cm⁻¹، وحزمة الامتصاص لمجموعة كربونيل الكيتون (C=O) عند 1662cm⁻¹، ولمجموعة (C=C) عند 1597cm⁻¹، (شكل 2).

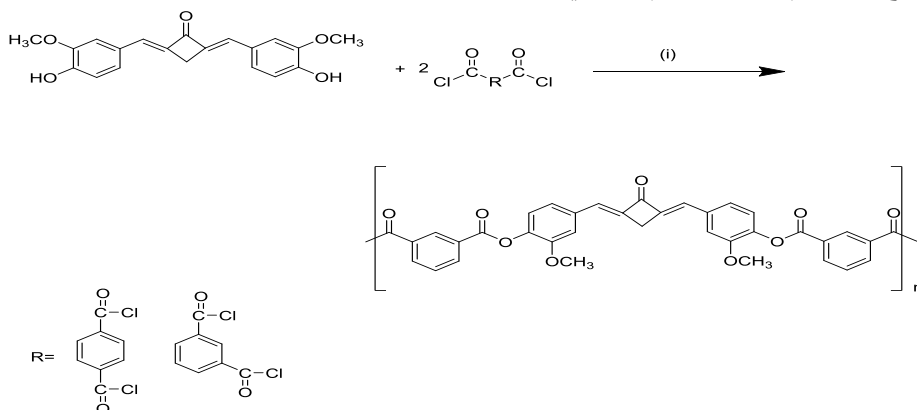


شكل (2): طيف الأشعة تحت الحمراء للنموذج 2

كما أظهر طيف الرنين النووي المغناطيسي:

$^1\text{H NMR}$: δ 3.79 (OCH₃ , S , 6H) , δ 7.42 (C=CH , S , 2H) , δ 2.70 (CH₂, S , 1H) , δ 7.20-8.42 (Ar-H , 16H).

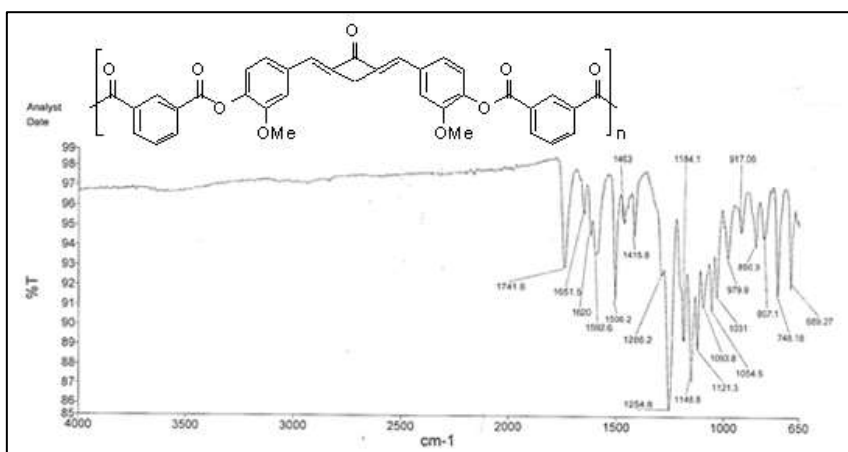
في حين تم تم الحصول على سلاسل البولي استرات 3,4 باستخدام تقنية بلمرة التكثيف بين السطوح (Interfacial polycondensation technique) وذلك بمفاعلة مول واحد من المونيمر 3,1-ثنائي (4-هيدروكسي-3-ميثوكسي بنزيلدين) سيكلوبيوتانون 2 مع مول واحد من ثنائي كلوريدات الأحماض عند درجة حرارة الغرفة، في وجود محلول مائي لهيدوكسيد الصوديوم وثنائي كلوريد الميثيلين كمذيب عضوي حيث تحصل على الناتج كراسب اصفر وبنسب تتراوح ما بين (85%-90%) كما في المخطط 4.



Reagent and conditions : (i) NaOH_{aq} , CH₂Cl₂ , 3hr

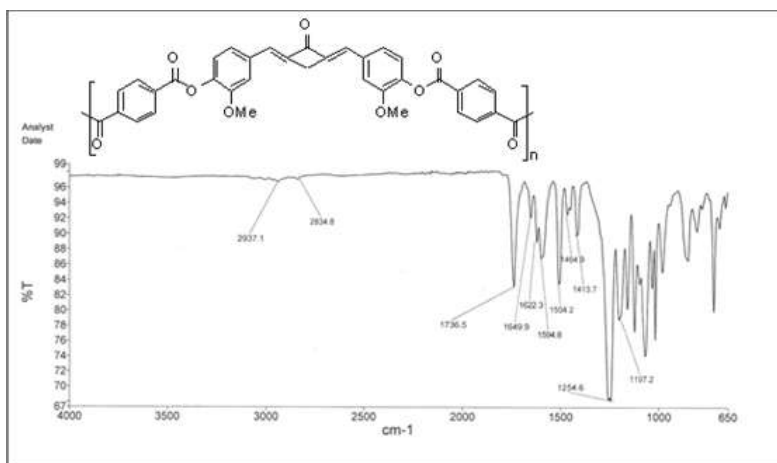
المخطط (4): تحضير البولي استر 3 ، 4

تم إثبات بنية البولي استر 3 عن طريق إجراء طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) والذي أظهر اختفاء حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة (OH) الفينولية وظهور حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة كربونيل (C=O) الاستر عند 1742cm^{-1} ، وحزمة الامتصاص لمجموعة كربونيل الكيتون (C=O) عند 1652cm^{-1} ، ولمجموعة (C=C) عند 1592.5cm^{-1} ، وحزمة الامتصاص لمجموعة الإيثر (C-O-C) عند 1254.5cm^{-1} ، (شكل 3).



شكل (3): طيف الأشعة تحت الحمراء للبولي استر 3

كما تم إثبات بنية البولي استرات 4 عن طريق إجراء طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) والذي أظهر اختفاء حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة (OH) الفينولية وظهور حزمة الامتصاص المميزة لمجموعة كربونيل (C=O) الاستر عند 1737cm^{-1} ، وحزمة الامتصاص لمجموعة كربونيل الكيتون (C=O) عند 1650cm^{-1} ، ولمجموعة (C=C) عند 1594.8cm^{-1} ، وحزمة الامتصاص لمجموعة الإيثر (C-O-C) عند 1254.6cm^{-1} ، (شكل 4).



شكل (4): طيف الأشعة تحت الحمراء للبولي استر 4

2.3 دراسة بعض الخواص الفيزيائية للبولى استرات المحضرة:

1.2.3 الذائبية:

تم اختبار الذائبية لسلاسل البولي استرات المحضرة 2-4 حيث استخدمت مذيبات قطبية وغير قطبية، منها البروتينية (Protic Solvents) وغير بروتينية (Aprotic Solvents)، والهالوجينية والعضوية الشائعة (Misra, 1993)، حيث وجد أن سلاسل البولي استرات المحضرة 2-4 لا تذوب في معظم المذيبات المستخدمة في الدراسة (جدول 1).

جدول (1): ذائبية البولي استرات المحضرة

المذيب	النموذج 2	البولي استر 3	البولي استر 4
Acetone	-	-	-
chloroform	-	-	-
1,4 Dioxane	±	-	-
CCl ₄	-	-	-
THF	-	±	±
DCM	-	-	-
DMF	-	±	±
DMSO	±	±	±
Formic acid	±	±	±

(±) ذائب جزئياً

(-) غير ذائب

2.2.3 الموصلية الكهربائية:

تصنف المواد إلى ثلاث فئات وفقاً لمقاومتها الكهربائية، فيمكن اعتبار المادة كموصل إذا كانت المقاومة الكهربائية في المدى (10^{-6} – 10^{-2} Ω.cm) عند درجة حرارة الغرفة (Bawa, 2010)، في حين أشباه الموصلات لديها مقاومات كهربائية تتراوح ما بين (10^{-2} – 10^9 Ω.cm)، وفيها يتم السماح للتيار الكهربائي بالمرور خلالها ولكن ليس بسهولة، النوع الثالث من المواد هي العوازل والتي مقاومتها تتراوح من (10^{14} – 10^{22} Ω.cm)، خضعت

سلاسل البولي استرات المحضرة لدراسة الموصلية الكهربائية من أجل تحديد مقاومتها الكهربائية والذي سيسمح بتصنيفها فيما إذا كانت من الموصلات أو أشباه الموصلات أو من العوازل (Ali, 2009).

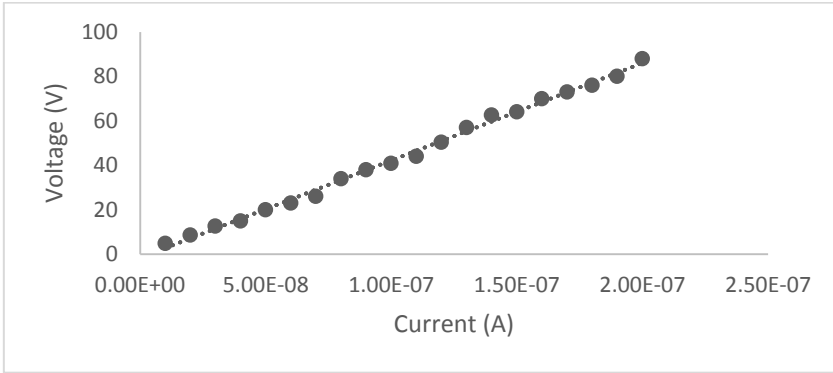
1.2.2.3 الموصلية الكهربائية للنموذج 2:

تم توصيل قرص مضغوط من عينة النموذج 2 نصف قطره (3mm) وسمك (mm)3.27 داخل دائرة كهربائية، وبزيادة التيار الكهربائي وقياس فرق الجهد المار خلال العينة في درجة حرارة الغرفة (جدول 2).

جدول (2): يوضح فرق الجهد المطبق مقابل التيار المار خلال عينة النموذج 2

شدة التيار ($\times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)	شدة التيار ($1 \times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)
0.11	44	0.01	4.84
0.12	50.40	0.02	8.57
0.13	57	0.03	12.66
0.14	62.55	0.04	15
0.15	64	0.05	20
0.16	70	0.06	23
0.17	73	0.07	26
0.18	76	0.08	34
0.19	80	0.09	38
0.20	88	0.10	40.90

تم الحصول على علاقة خطية بين الجهد والتيار الكهربائي المار خلال العينة (شكل 5).



شكل (5): العلاقة بين فرق الجهد المطبق والتيار المار خلال عينة النموذج 2

$$\text{الميل (Slope)} = 4.28 \times 10^2$$

وبالتالي فإن المقاومة R (Resistance) تساوي الميل (Slope).

$$\text{المقاومة (Resistance)} = 4.28 \times 10^2 \Omega$$

ويمكن تحديد المقاومة الكهربائية (Resistivity) للنموذج 2 بسهولة عن طريق التطبيق

فالعلاقة التالية:

$$\rho = R \frac{L}{A}$$

حيث A المساحة السطحية لقرص العينة والتي تساوي πr^2 وحيث r نصف القطر

(r=3mm)، بينما L السمك (L= 3.27 mm).

$$\frac{L}{A} = \frac{L}{\pi r^2} = \frac{3,27 \times 10^{-1} \text{ cm}}{3.14 \times (3 \times 10^{-1} \text{ cm})^2} = 1.15711 \text{ cm}$$

$$\therefore \rho = 4.285 \times 10^2 \Omega \times 1.15711 \text{ cm} = 0.555876 \times 10^3 \Omega \cdot \text{cm}$$

ومن المقاومة الكهربائية يتم حساب الموصلية الكهربائية من العلاقة:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{0.555876 \times 10^3} = 1.79896 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

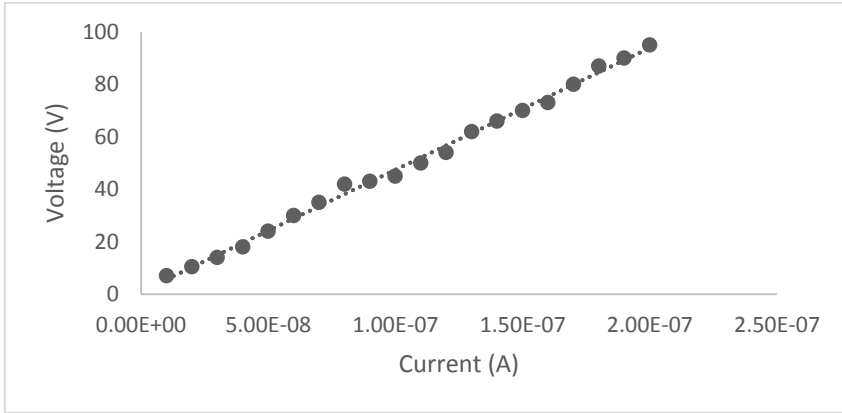
2.2.2.3 الموصلية الكهربائية للبولي استر 3.

تم توصيل قرص مضغوط من البولوي استر 3 نصف قطره (3mm) وسمك (2.13mm) داخل دائرة كهربائية، وبزيادة التيار الكهربائي وقياس فرق الجهد المار خلال العينة في درجة حرارة الغرفة (جدول 3).

جدول (3): يوضح فرق الجهد المطبق مقابل التيار المار خلال عينة البولوي استر 3

شدة التيار ($\times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)	شدة التيار ($\times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)
0.11	50	0.01	7
0.12	54	0.02	10.40
0.13	62	0.03	14
0.14	66	0.04	18
0.15	70	0.05	24
0.16	73	0.06	30
0.17	80	0.07	35
0.18	87	0.08	42
0.19	90	0.09	43
0.20	95	0.10	45

تم الحصول على علاقة خطية بين الجهد والتيار الكهربائي المار خلال العينة (شكل 6).



شكل (6): العلاقة بين فرق الجهد المطبق والتيار المار خلال عينة البولي أستر 3

الميل (Slope) = 480

وبالتالي فإن المقاومة R (Resistance) تساوي الميل (Slope).

المقاومة R (Resistance) = 480Ω

ويمكن تحديد المقاومة الكهربائية (Resistivity) للبولى استر 2 بسهولة عن طريق

التطبيق فالعلاقة التالية:

$$\rho = R \frac{L}{A}$$

حيث A المساحة السطحية لقرص العينة والتي تساوي πr^2 وحيث r نصف القطر

(r=3mm)، بينما L السمك (L=2.13mm).

$$\frac{L}{A} = \frac{L}{\pi r^2} = \frac{2.13 \times 10^{-1} \text{ cm}}{3.14 \times (3 \times 10^{-1} \text{ cm})^2} = 1.1043397 \text{ cm}$$

$$\therefore \rho = 480 \Omega \times 1.1043397 \text{ cm} = 5.299363051 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$$

ومن المقاومة الكهربائية يتم حساب الموصلية الكهربائية من العلاقة:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{5.299363051 \times 10^2} = 1.887019 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

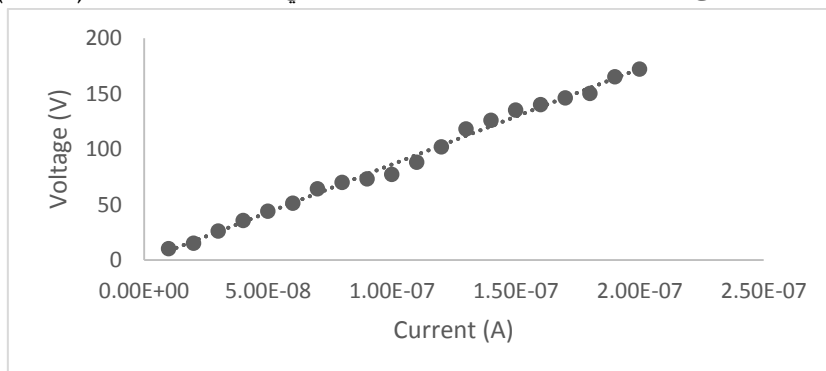
3.2.2.3 الموصلية الكهربائية للبولي أستر 4.

تم توصيل قرص مضغوط من البولوي أستر 4 نصف قطره (3mm) وسمك (1.95mm) داخل دائرة كهربائية، وبزيادة التيار الكهربائي وقياس فرق الجهد المار خلال العينة في درجة حرارة الغرفة (جدول 4).

جدول (4): يوضح فرق الجهد المطبق مقابل التيار المار خلال عينة البولوي أستر 4

شدة التيار ($\times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)	شدة التيار ($\times 10^{-6}A$)	فرق الجهد (V)
0.11	88	0.01	10
0.12	102	0.02	15
0.13	118	0.03	26
0.14	126	0.04	35.40
0.15	135	0.05	44
0.16	140	0.06	51
0.17	146	0.07	64
0.18	150	0.08	70
0.19	165	0.09	73
0.20	172	0.10	77

تم الحصول على علاقة خطية بين الجهد والتيار الكهربائي المار خلال العينة (شكل 7).



شكل (7): العلاقة بين فرق الجهد المطبق والتيار المار خلال عينة البولوي أستر 4

$$8.5714 \times 10^2 = (\text{Slope}) \text{ الميل}$$

وبالتالي فإن المقاومة R (Resistance) تساوي الميل (Slope).

$$8.5714 \times 10^2 \Omega = (\text{Resistance}) R \text{ المقاومة}$$

ويمكن تحديد المقاومة الكهربائية (Resistivity) للبولي استر 3 بسهولة عن طريق التطبيق
فالعلاقة التالية:

$$\rho = R \frac{L}{A}$$

حيث A المساحة السطحية لقرص العينة والتي تساوي πr^2 وحيث r نصف القطر
(r=3mm)، بينما L السمك (L=1.95mm).

$$\frac{L}{A} = \frac{L}{\pi r^2} = \frac{1.95 \times 10^{-1} \text{ cm}}{3.14 \times (3 \times 10^{-1} \text{ cm})^2} = 0.690021231 \text{ cm}$$

$$\therefore \rho = 8.5714 \times 10^2 \Omega \times 0.690021231 \text{ cm} = 5.914447983 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$$

ومن المقاومة الكهربائية يتم حساب الموصلية الكهربائية من العلاقة:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{5.914447983 \times 10^2}$$

$$\sigma = 1.690774867 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

2.3.3 اللزوجة المتأصلة.

للزوجة المتأصلة (η_{inh}) (Flory, 1940) لجميع البلمرات تم إيجادها في حمض الكبريتيك
المركز (9M) عند درجة حرارة قدرها 25°C باستخدام ابلهود فسكوميتير Ubblohde
viscometer تم ايجاد قيمتها باستخدام العلاقة التالية:

$$\eta_{inh} = (2.3 \log t/t_0)/C$$

حيث t_0 و t تمثل زمن تدفق المذيب ومحلول البلمر على التوالي وتركيز المحلول C يكون
0.5g\100ml، وكانت لزوجة البلمرات (3، 4) هي (0.45، 0.5) على التوالي.

الخلاصة:

- في هذه الدراسة تم تحضير بولي استرات غير مشبعة تحتوي على مشتق ثنائي بنزليدين سيكلوبيوتانون ضمن الوحدات المتكررة في السلسلة الرئيسية للبوليمر.
- حُضرت سلاسل البولي استرات غير المشبعة الجديدة بواسطة استخدام تقنية بلمرة التكاثف بين السطوح.
- تم اثبات البنية التركيبية للبولي استرات بواسطة تقنية IR و H^1 NMR Spectroscopy.
- كما تم دراسة بعض الخواص الفيزيائية للبولي استرات المحضرة، فمن دراسة الإذابة لوحظ أنها غير ذائبة في معظم المذيبات المستخدمة، أو تذوب جزئيا فيها، وبناء على نتائج الموصلية الكهربائية صنفّت المركبات 2-4 من المواد شبه الموصلة للكهرباء.

المصادر والمراجع

- Ali, B. R. (2009). Preparation and study of some arylamino iron (III) complexes. *Journal of Materials Science and Engineering*, 3(10), 51.
- Alkskas, I. A., & Esbata, A. A. (2008). Synthesis and Characterization of New Unsaturated Polyesters Containing 4-Phenylcyclohexanone Moiety in the Main Chain. *Journal of Macromolecular Science Part A--Pure and Applied Chemistry*, 45(3), 218-224.
- Bawa, R. A. (2010). Electric Conductivity Study of o-Substituted Phenoxo Iron(III) Complexes. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 4(5), 54-58.
- Bier, G. (1974). Polyarylates (polyesters from aromatic dicarboxylic acids and bisphenols). *Polymer*, 15(8), 527-535.
- Carraher Jr, C. E. (2003). *Seymour/Carraher's polymer chemistry*. CRC press.
- Elsunaki, T. M., Ghaith, G. S., & Aboras, H. M. (2020). Preparation of New Copolyesters Based on Dibenzylideneacetone Moiety. *Journal of Academic Research*, 16(16), 12-15.
- Felemban, S. A. (2009); Appl. Sci, Umm Al-Qura. Univ, Saudi Arabia. 46.
- Flory, P. J. (1940). Viscosities of linear polyesters. An exact relationship between viscosity and chain length. *Journal of the American Chemical Society*, 62(5), 1057-1070.
- Guo, W. X., Shi, Z. L., Liang, K., Liu, Y. L., Chen, X. H., & Li, W. (2007). New unsaturated polyesters as injectable drug carriers. *Polymer degradation and stability*, 92(3), 407-413.
- McGrath, J. E., & McGrath, J. E. (1977). *Block Copolymers: Overview and Critical Survey*. Academic Press
- Mera, A. E. (1986). *A Carbanion Synthesis of Substituted Diols for Polyester Preparation*. The Pennsylvania State University.
- Misra, G. S. (1993). *Introductory polymer chemistry*. New Age International.
- Nava, H. (2000). Polyesters, unsaturated. *Kirk- Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1-24.
- Raaijmakers, M. J., & Benes, N. E. (2016). Current trends in interfacial polymerization chemistry. *Progress in polymer science*, 63, 86-142.
- Song, Y., Fan, J. B., & Wang, S. (2017). Recent progress in interfacial polymerization. *Materials Chemistry Frontiers*, 1(6), 1028-1040.