

## دراسة الخواص الطيفية وتحديد الكفاءة الكمية لصبغة الكومارين (C-2) الليزرية في مذيب DMSO وداخل غشاء بوليمري PMMA

عدي مازن عبد المنعم\* ، احمد ناجي عبد\*  
و عدنان خالد حسن\*

تاريخ التسلم: 2011/3/27

تاريخ القبول: 2011/9/8

### الخلاصة

تمت دراسة أطياف الامتصاص والفلورة لصبغة الكومارين (C-2) كمحلول في مذيب ذو قطبية عالية عند تراكيز مختلفة ومن ثم مضافا اليها بوليمر بولي مثيل ميثا أكرليت (PMMA) كغشاء رقيق وبتراكيز ( $2 \times 10^{-5}$ ,  $6 \times 10^{-5}$ ,  $1 \times 10^{-4}$ ) مولاري وعند درجة حرارة المختبر، كذلك تم حساب الكفاءة الكمية لمحلول الكومارين المذاب والتي كانت % (71.2, 66.4, 63.9) والكفاءة الكمية لهذه الأغشية لكل تركيز كانت % (75.3, 70.1, 65.7) على التوالي. تم حساب الفروق في الخصائص الطيفية لكل تركيز للغشاء البوليميري نفسه ومطعم بالصبغة العضوية (C-2) من حيث المدى الطيفي وعرض الحزمة عند منتصف الشدة (FWHM) والأطوال الموجية لقم الامتصاص والفلورة.

## The Study of Spectroscopic Properties and Determinate the Quantum Efficiency For Coumarin Dye (C-2) With in DMSO Solution and PMMA Thin Film

### Abstract

It has been studied absorption spectra and The fluorescence for Coumarin Dye (C-2) as mixture in polar solvent with different concentrations and in addition to poly Methyl Metha Acrylate (PMMA) as a thin film with concentrations ( $2 \times 10^{-5}$ ,  $6 \times 10^{-5}$ ,  $1 \times 10^{-4}$ )M at room temperature ,and the quantum efficiency of this films for each concentration has been calculated to be ( 65.7 , 70.1 , 75.3 ) % respectively. Also ,the absorption and fluorescence spectra of the polymer mixed with different concentrations of dye C2 has been studied .

### المقدمة

ان الصبغات الليزرية المستعملة في الوسط الليزري تكون بشكل عام في حالة سائلة وان السيطرة على الوسط الفعال بهذه الحالة صعب جدا لذلك فان استبدال الوسط الفعال السائل بوسط صلب (بشكل غشاء) هو اكثر ملائمة [1] لقد قام الكثير من الباحثين باستخدام انواع عديدة من ليزرات الحالة الصلبة وربطها بالقابلية ومستوى التنعيم العالي لصبغات الليزر العضوية ومن ضمنها صبغة الكومارين من خلال تطعيمها بالبوليمر [2] . ان وجود الكومارين في الغشاء يؤدي الى الثبات

الضوئي وكفاءة ليزرية عالية قياسا بالمحلول وبذلك فان استبدال او استعمال قوالب صلبة حاوية على الاصبغ الليزرية تتضمن فوائد تقنية مثل التماسك والقدرة التحويرية او الفعالية العالية [3] ،حيث الكفاءة الليزرية العالية والتي هي ضرورية لحساب جهد العتبة thresholds لفعالية الليزر [4] .

### الجزء النظري:

### ليزرات الاغشية الرقيقة Lasers thin film [5]

ان المحاليل السائلة لصبغات الليزر تعتبر مهمة ولها استخدامات عديدة ولكنها

خواصها وأهمها شفافيتها وتكوينها  
الجزئي لذلك تصنع هذه البوليمرات  
باستخدام طريقة صب القوالب  
حيث تنصهر ثم تستعيد تركيبها الصلب  
بعد خفض درجة الحرارة.  
3 - انها شفافة ضمن درجات الحرارة  
التي تقل عن درجة حرارة التزجيج Tg  
وفوق هذه الدرجة يبدأ  
البوليمر بفقدان الصفة الزجاجية  
واكتساب الصفة المطاطية وتختلف هذه  
الدرجة باختلاف نوع البوليمر  
فهو لبوليمر (بولي مثيل ميثا اكريلات  
PMMA) تتراوح بين c (110 - 115) .

ان المادة البوليمرية التي تضم الصبغات  
العضوية ذات فائدة كبيرة عند استخدامها  
كأوساط فعالة في الليزرات المنغمة (أوساط  
الحالة الصلبة) وتتميز هذه الأوساط  
بمعاملات حرارية Thermal  
Coefficients مناسبة وبسبب قلة  
ومقاومة الصبغات الواطئة للقصير الضوئي  
photobleaching وكفاءة التحويل  
الواطئة فان الصبغة الأكثر أهمية لهذه  
الأوساط الفعالة هي كفاءة تحويل الضخ  
والتي تعرف بأنها نسبة طاقة الخرج  
الليزرية الى طاقة الضخ وكذلك العدد  
الخرج للنبضات والذي يمثل عدد نبضات  
الليزر التي تنخفض الى 20% عن القيمة  
الأصلية [8]. أن تعرض الجزيئة الى  
أشعاع كهرومغناطيسي وطبقا لقواعد  
الأختبار فان الانتقالات الأحادية -  
والثلاثية - الثلاثية مسموحة بينما الانتقالات  
الأحادية - الثلاثية والثلاثية - الأحادية غير  
مسموحة لذلك فان التفاعلات مع الأشعاع  
الكهرومغناطيسي يرفع الجزيئة الى واحد  
من المستويات المسموحة، و التفاعلات مع  
الأشعاع الكهرومغناطيسي يرفع الجزيئة  
الى واحد من المستويات الأهترازية للحالة  
الألكترونية S الأحادية حيث تحدد شدة  
الجزمة للأمتصاص بدلالة معامل الأخماد  
الجزئي (Molecular Extinction  
Coefficient) الذي يعرف بالعلاقة التالية  
:[9]

في نفس الوقت تستهلك احجام كبيرة من  
المذيبات العضوية لذلك تم التركيز في  
السنين الاخيرة على استخدام المواد الصلبة  
التي تحوي صبغات الليزر من اجل تطوير  
الفوائد العملية من حيث: التقنية، ازالة  
المشاكل التي تسبب تبخر المذيب، سهولة  
الاستخدام. وقد استخدمت ولسنين عديدة  
مواد صلبة مع الصبغات العضوية، اما في  
البحوث الحديثة فقد تم التركيز على مواد  
البوليمر ومواد السليكا-جل (Silica-gels)  
ولكن المواد البوليمرية تعتبر افضل لانها  
تتمتع بميزات خاصة من حيث تجانسها  
البصري الذي يكون اعلى من مواد السليكا  
المتوفرة، وسهولة التصميم للمنظومات  
البصرية، وانسجامها الجيد مع الصبغات  
العضوية وتقنيات التصنيع الغير مكلفة  
بالاضافة الى امكانيتها الغير محدودة في  
تركيبها وبنائها الكيمياوي لذلك اصبحت  
هذه المواد البوليمرية قيد الاهتمام. ان  
الوسط الفعال المشكل من المادة البوليمرية  
المطعمة بالصبغات الليزرية والذي يكون  
بشكل اغشية رقيقة اصبح ذا فائدة كبيرة في  
الوقت الحالي عند استخدامها كأوساط فعالة  
في الليزرات المنغمة وذلك لامتلاكها فوائد  
عملية تميزها عن المحاليل السائلة  
للصبغات العضوية حيث يمكن استخدامها  
في اي مكان في الفراغ وتعمل في مدى  
واسع من درجات الحرارة وذات حجم  
صغير [6]. واهم صفات البوليمر  
PMMA الفيزيائية هي [7]:

1- تمتاز بمرونة عالية وهي مادة لدائنية  
ذات شفافية عالية و معامل انكسار عالي  
مما جعلت هذه  
المادة مهمة في استخدامها مع  
الصبغات العضوية.  
2 - أنها من البوليمرات التي تسمى  
بالبلاستيكات الحرارية (Thermo  
plastic) كما ذكرنا سابقاً والتي  
تتميز بانها مهما سخنت الى درجة  
حرارة وبردت الى درجة حرارتها السابقة  
فانها تبقى محتفظة بمعظم

المعادلات الرياضية الخاصة بهذه المعلومات وهذه المعلومات هي حساب الكفاءة الكمية حيث حُسبت الكفاءة الكمية للفلورة للمحاليل والاعشبية الرقيقة لصبغة الكومارين-2 الليزرية في مذيب DMSO من خلال حساب المساحات تحت منحنيات اطيف الامتصاص والفلورة باستخدام برنامج الحاسوب (Table curve) و باستخدام العلاقة الاتية [11]:

النسبي  
-----  
-q<sub>FM</sub>  
النسبي  
المساحة تحت منحنى طيف الفلورة  
المساحة تحت منحنى طيف المتصاص

**الصبغات الليزرية Laser Dyes [6]**  
هي عبارة عن مركبات عضوية تذوب في مذيبات عضوية لتعطي مدى طيفي معين فهناك أنواع مختلفة من صبغات الليزر العضوية وكما يلي:

1. صبغات البولي مثمين (Polymethine): ويكون انبعاثها في المنطقة الحمراء أو تحت الحمراء القريبة أي (700-1000)nm
2. صبغات الزانثين (Xanthene): ويكون انبعاثها في المنطقة المرئية (500-700)nm
3. صبغات الكومارين (Coumarin): فيكون انبعاثها في المنطقة (Blue-green) أي (400-500)nm.
4. الصبغات الوميضية: التي يكون انبعاثها في المنطقة فوق البنفسجية بطول موجي أقل من (400)nm.

#### الجانب العملي

استخدم في هذا البحث صبغة الكومارين-2 وهي صبغة ليزرية بشكل مسحوق بلوري صلب ذي لون اصفر باهت واسمها العلمي Coumarin 450; 4,6-Dimethyl-7-athylaminocoumarin وذات صبغة جزيئية C<sub>13</sub>H<sub>15</sub>-NO<sub>2</sub> ووزن جزيئي

$$\varepsilon = 1 / NL \ln(I_0/I) \dots\dots\dots(1)$$

حيث أن I<sub>0</sub>/I يمثل نسبة شدة شعاع الضوء الساقط الى شدة شعاع الضوء النافذ في محلول أو غشاء الصبغة لطول المسار (L (cm) وتركيز N جزيئة لكل cm<sup>2</sup>. أن العملية الليزرية تحدث عند الانتقال من اوطىء مستوى اهتزازي للحالة الالكترونية الأرضية الى مستوى اهتزاز يعود للحالة الالكترونية المتهيجة بعد ذلك تحل الجزيئة اهتزازيا بزمن قدرة 10<sup>-13</sup> s الى مستوى اهتزاز واطىء للحالة S<sub>1</sub> حيث بعد ذلك ينتج أنبعاث الليزر عن طريق الأنبعاث المحفز بواسطة الفلورة ويحدد بزمن 10<sup>-9</sup> s لجزيئة الليزر العضوية، عن طريق الانتقال الالكتروني من S<sub>0</sub> ← S<sub>1</sub> ضمن المستويات الاهتزازية المتعددة للحالة الالكترونية الارضية

#### الكفاءة الكمية Quantum Efficiency [ 10 ]

تعرف الكفاءة الكمية للفلورة (q<sub>FM</sub>) بانها النسبة بين عدد الفوتونات المنبعثة من نظام جزيئي عن طريق الفلورة الى عدد فوتونات التهييج عن طريق الامتصاص ويكون حسابها من العلاقة التالية :

$$q_{FM} = \int_0^{\infty} F(\bar{u}) d\bar{u} \dots\dots\dots(2)$$

حيث ان:

**F(U)**: طيف الفلورة الجزيئي  
**Molecular fluorescence spectrum**  
**(U)**: العدد الموجي

تم حساب بعض المعلومات الفيزيائية لمحاليل الصبغة الليزرية ولاغشيتها الرقيقة وذلك باستخدام بعض

**النتائج والمناقشة :****1- تحليل اطياف الامتصاص لمحلول صبغة الكومارين-2 :**

تم دراسة اطياف الامتصاص لصبغة الكومارين-2 في مذيب داي ميثيل سلفا اوكسايد وفي التراكيز (  $1 \times 10^{-4}$  ,  $2 \times 10^{-5}$  ,  $6 \times 10^{-5}$  ) مولاري، ويتضح ان لهذه الصبغة طيف امتصاص واسع حيث يمتد طيف الامتصاص لصبغة C2 من (200-420)nm كما موضح في الاشكال الاتية ومن هذه النتائج نلاحظ ان لقمة طيف الامتصاص ازاحة نحو الاطوال الموجية الطويلة (Red shift) بزيادة التركيز ومقدار هذه الازاحة تساوي (13nm) وسبب هذه الازاحة يعزى الى ان زيادة التركيز تسبب زيادة في عدد الجزيئات بوحدة الحجم وهذا يؤدي الى حصول تغير في مستويات الطاقة نتيجة زيادة تأثير مجال الاضطراب على الجزيئات.

اما ما يخص الشدة النسبية فنلاحظ ان الشدة النسبية تزداد بزيادة التركيز. ولوحظ ان مقدار التداخل بين طيفي الامتصاص والفلورة يقل بنقصان التركيز لذلك نجد دائماً من الافضل تحضير محاليل الصبغات الليزرية بتركيز منخفضة جداً للحصول على اقل تداخل بين طيفي الامتصاص والفلورة وكما في الشكل (1) والجدول (1).

**2- تحليل اطياف الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 :**

سجلت اطياف الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب داي ميثيل سلفا اوكسايد وبتركيز مختلفة (  $1 \times 10^{-4}$  ,  $2 \times 10^{-5}$  ,  $6 \times 10^{-5}$  ) مولاري وكما في الشكل (2). وتبين ان اطياف الفلورة تزاح نحو الاطوال الموجية الاطول اي ازاحة حمراء (Red shift) حيث ان طاقة الفلورة تكون اقل من طاقة الامتصاص بسبب وجود العمليات اللاشعاعية حيث ان الجزيئات المثيجة تفقد جزءاً من طاقتها بشكل حرارة لذلك تكون طاقة الفوتون المنبعث اقل من طاقة الفوتون الممتص وهذا يؤدي الى حصول هذه الازاحة في

217.27gm/mol ومجهزة من شركة (Lambda) الألمانية. تذوب هذه الصبغة في الكحولات مثل الميثانول والايثانول وفي الاميدات مثل داي ميثيل-سلفا اوكسايد (DMSO).

تم استخدام مطياف ثنائي الحزمة نوع SP 800 U.V Spectrometer لغرض قياس طيف الامتصاص المجهز من شركة Pye Unicam امريكية المنشأ حيث يحوي الجهاز على مصباحين الاول هو مصباح الديتيريوم Deuterium Lamp والذي يغطي المنطقة فوق البنفسجية (U.V) ذات المدى (190-322.5)nm من الاطوال الموجية والآخر من التنكستن والذي يغطي المنطقة المرئية VIS ذات المدى (322.5-800)nm ، الجهاز الثاني جهاز طيف

spectrofluorophotometer Model , Shimadzu Recorder RF-540 لدراسة طيف فلورة المحلول (الصبغة والغشاء البوليمري) ويحوي على مصباح الزنون Xenon Lamp ذو القدرة 150 W والذي يغطي طيف المنطقتين فوق بنفسجية و المرئية (200-800) nm حيث يتكون الجهاز من وحدتين الوحدة الرئيسية التي تضم الاجزاء العملية لعملية القياس ووحدة التسجيل. اما بالنسبة لتحضير الاغشية يتم وزن نسبة معينة من البوليمر (PMMA) في كمية محددة من المذيب (DMSO) للحصول على تركيز مساوي للصبغة ثم خلط نسبة من محلول البوليمر من نفس مقدار النسب في محلول الصبغة لتكوين (صبغة + بوليمر) حيث تم تحضير ثلاث تراكيز مختلفة (  $1 \times 10^{-4}$  ,  $6 \times 10^{-5}$  ,  $2 \times 10^{-5}$  ) مولاري وكذلك تم استخدام برنامج (2D v Table Carve 5.01) لحساب المساحة تحت المنحني لكل من طيف الامتصاص والفلورة لاجاد الكفاءة الكمية.

طيف الفلورة والنتائج مبينة في الجدول (2).

### 3- تحليل اطياف الامتصاص لغشاء (C2+PMMA)

تم دراسة طيف الامتصاص للمحلول الصلب (Solid solution) لصبغة الكومارين-2 المطعمة بمادة البوليمر بولي مثيل ميثا اكريلات (PMMA) وفي مذيب DMSO وعند تراكيز مختلف وهي  $(1 \times 10^{-4}, 2 \times 10^{-5}, 6 \times 10^{-5})$  مولاري. وكما في الشكل (4).

ان الشدة النسبية تزداد عند زيادة التركيز كما نلاحظ ازاحة طيف الامتصاص نحو الاطوال الموجية الاطول اي ازاحة حمراء (Red shift) بزيادة التركيز أيضا والنتائج موضحة في الجدول (3).

### 4- تحليل اطياف الفلورة لغشاء (C2+PMMA)

من ملاحظة اشكال اطياف الفلورة للأغشية يتبين لنا ان قمة طيف الفلورة ترحف نحو الاطوال الموجية الأطول إي إزاحة حمراء (Red shift) عند زيادة التركيز وكانت اعظم ازاحة بمقدار ( 5 nm) وكذلك فإن الشدة النسبية تزداد عند زيادة التركيز و النتائج مبينة في الجدول (4). أن إزاحة طيف الامتصاص والفلورة نحو الأطوال الموجية الاطول بزيادة التركيز. وسبب هذه الازاحة يعزى الى ان زيادة التركيز تسبب زيادة في عدد الجزيئات في وحدة الحجم وهذا يؤدي الى حصول تغير في مستويات الطاقة نتيجة زيادة تأثير مجال الاضطراب على الجزيئات بالإضافة إلى تكوين الدايمر الناتج عن تجمع جزيئات الصبغة مما يؤدي الى امتصاصها عند الطاقات الاعلى مما هو عليه للمونمر وانبعثتها عند الطاقات الاقل (اطوال موجية اطول) كما في الشكل (5).

نلاحظ كذلك مجموعة من التغيرات الطيفية في حالة استعمال الغشاء البوليميري عن

المحلول لصبغة الكومارين -2 في مذيب DMSO وهي :

1- نلاحظ ان هذه الاغشية تسلك نفس السلوك الذي تسلكه محاليل هذه الصبغة.

2- نلاحظ ازاحة طيف الامتصاص والفلورة نحو الاطوال الموجية الاطول بزيادة التركيز. وسبب هذه الازاحة

يعزى الى ان زيادة التركيز تسبب زيادة في عدد الجزيئات في وحدة الحجم وهذا يؤدي الى حصول تغير

في مستويات الطاقة نتيجة زيادة تأثير مجال الاضطراب على الجزيئات بالإضافة الى تكوين الدايمر الناتج

عن تجمع جزيئات الصبغة مما يؤدي الى امتصاصها عند الطاقات الاعلى مما هو عليه للمونمر وانبعثتها

عند الطاقات الاقل (اطوال موجية اطول) .

3- زيادة الشدة النسبية للامتصاص والفلورة بزيادة التركيز والذي يعزى الى زيادة عدد الجزيئات الذي يؤدي

الى زيادة احتمالية الامتصاص وهذا يؤكد الامتصاص الحقيقي للصبغات ويتفق مع قانون بير-لامبرت .

4- نلاحظ عدم تطابق قمة الامتصاص مع قمة الفلورة بمعنى ان طاقة الفلورة تكون اقل من طاقة الامتصاص

للمحاليل والأغشية بسبب العمليات الاشعاعية حيث ان الجزيئات المثيجة تفقد جزءا من طاقتها بشكل

حرارة لذا تكون طاقة الفوتون المنبعث اقل من طاقة الفوتون الممتص .

5- نلاحظ وجود تداخل مميز بين طيف الامتصاص وطيف الفلورة  $\Delta v = 0$  مع

ان قمة الفلورة لها ازاحة الى طول موجي اطول - - -  $\Delta v = -1, -2$ . وذلك

لحدوث عملية الامتصاص الذاتي للضوء المتألق التي تؤدي الى تغير شكل وعرض

طيف الفلورة والنواتج الكمية للفلورة. ويزداد هذا التداخل بزيادة التركيز لذا يفضل تحضير

محاليل الصبغات الليزرية وبتراكيز مخففة جدا.

6- زيادة الكفاءة الكمية للاغشية البوليمرية و محاليل الصبغة بزيادة التركيز.

#### المصادر : References

- [1] M.Fukuda and K.Mito, "Solid-State Dye Laser with photo induced Distributed Feed Back" J.Appl.Phys .Vol 34/pp (5859-5863) (2000)
- [2] A.Bergmann W.Holzer and R.Stark "Photo-Physical Characterization of pyromethene dyes in Solid Matrices" J.Chemical phys .Vol.5,pp(201-213),2001.
- [3] F.L.Arbeloa ,T.L Arbeloa, L.L Arbeloa A.,Costala, I.Garcia Moreno,S.Figuera ,F.Amat-guerri, R.Properties of Coumarin 2 in Solid polymeric Matrices. J.Appl. Phys . Vol.64,pp.(651-657),1997.
- [4] C.V.Bindhu and S.S.Harilal "Effect of the excitation source on the Quantum-Yield Measurements of Coumarin Laser dye studies using Thermal-Lens Technique , J.Analytical Science Vol.17,PP.(141-145),2001
- [5] J. Faupel, H. U. Krebs, A. Kauer, Y. Luo, K. Samwer, and S. Vitta, "Giant magnetoresistance toresistance in laser-deosited permalloy/ag multilayers" ,J. Appl Phys. 92, 1171 (2002)
- [6] G. S. Shankarling and K .J. Jarag "Laser Dyes", Dyestuff Technology Department of Institute of Chemical Technology, Edited by F. J. Duarte, CRC

- 6- ان مقدار التداخل بين طيفي الفلورة والامتصاص للغشاء اقل مما هو عليه في محلول الصبغة وهذا يؤدي الى ازاحة اكثر نحو الاطوال الموجية الطويلة (طاقات واطنة) مما يجعل منطقة الربح والتذبذب الليزري اكبر وعند اطوال الموجية اطول.
- 7- يلاحظ بان كفاءة الكمية للمحاليل واغشية البوليمر المطعمة بصبغة الكومارين-2 في مذيب DMSO تزداد بزيادة التركيز وذلك للقضية العالية لمذيب DMSO كما في الشكل (5) واحتمالية تقليل عمليات العبور البيني والتحول الداخلي والعمليات غير الاشعاعية كما في الجداول (6,5).

#### الاستنتاجات : Conclusion

- من خلال النتائج التي تم التوصل اليها في هذه الدراسة لمحاليل صبغة الكومارين-2 في مذيب داي مثل سلفا او كسايد والاغشية البوليمرية المطعمة بنفس الصبغة تبينت النتائج التالية:
- 1- زيادة الشدة النسبية لاطياف الامتصاص والفلورة بزيادة التركيز لمحلول الصبغة واغشيتها البوليمرية وهذا يتفق مع قانون بير- لامبرت .
  - 2- اعتماد الشدة النسبية للامتصاص والفلورة على نوع المذيب حيث تقل الشدة النسبية بزيادة قطبية المذيب.
  - 3- ازاحة اطياف الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب DMSO وللأغشية البوليمرية في نفس المذيب باتجاه الاطوال الموجية الاطول (طاقات واطنة) بزيادة التركيز.
  - 4- ازدياد منطقة التداخل بين طيفي الفلورة والامتصاص لمحلول صبغة الكومارين-2 بزيادة التركيز.
  - 5- مقدار التداخل بين طيفي الفلورة والامتصاص في حالة الغشاء اقل مما هو عليه في محاليل الصبغة وهذا ما يميز الاغشية عن المحاليل ويقلل من احتمالية حدوث عمليات الامتصاص الذاتي.

- [10] Halliday, David (2007). "Fundamentals of Physics" Chichester: John Wiley & Sons.
- [11] Zettili, Nouredine (2009). "Quantum Mechanics". New York: Wiley.
- Press, Taylor and Francis Group, 2<sup>nd</sup> Edition, pp.227–244, 2009 .
- [7] S. Balslev; Ph.D. Thesis "Polymer dye lasers" ,MIC – Department of Micro and Nanotechnology, Technical University of Denmark, pp. (11-14) January 31, 2006.
- [8] W.Elenbass "Light Sources" Macmillon Britain ,1<sup>st</sup> Ed.(1972).
- [9] D.Rendell . "Fluorescence and Phosphorescence Spectroscopy"1987.

جدول (1) : يبين تأثير تغير التركيز على طيف الامتصاص ومقادير الشدة النسبية لمحلول صبغة الكومارين- 2 في مذيب (DMSO)

Concentration (Molar)	$\lambda_{\max}$ (abs) (nm)	Relative intensity I(abs.) (a.u)	$\Delta\lambda$ Band width (nm) (F.W.H.M)
$1 \times 10^{-4}$	391	19.72	60.3
$6 \times 10^{-5}$	382	16.83	54.2
$2 \times 10^{-5}$	379	4.85	47.7

الجدول (2) : يبين تأثير تغير التركيز لطيف الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب (DMSO) على مقادير الشدة النسبية والطول الموجي.

Concentration (Molar)	$\lambda_{\max}$ (flo.) (nm)	Relative intensity I(flo.) (a.u)	$\Delta\lambda$ Band width (F.W.H.M) (nm)
$1 \times 10^{-4}$	418	14.75	58.5
$6 \times 10^{-5}$	412	12.3	49.3
$2 \times 10^{-5}$	398	3.2	40.5

جدول (3) : يبين تأثير تغير التركيز على طيف الامتصاص لأغشية (C2+PMMA) في مذيب DMSO

Concentration (Molar)	$\lambda_{\max}$ (abs) (nm)	Relative intensity I(abs) (a.u)	$\Delta\lambda$ Band width (F.W.H.M) (nm)
$1 \times 10^{-4}$	344	0.99	95
$6 \times 10^{-5}$	335	0.96	90
$2 \times 10^{-5}$	330	0.49	85

الجدول (4) : يبين تأثير تغير التركيز على طيف الفلورة لأغشية (C2+PMMA) في مذيب

DMSO

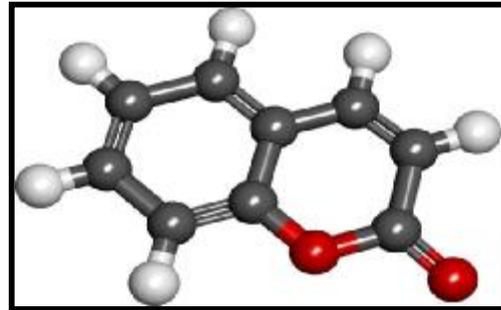
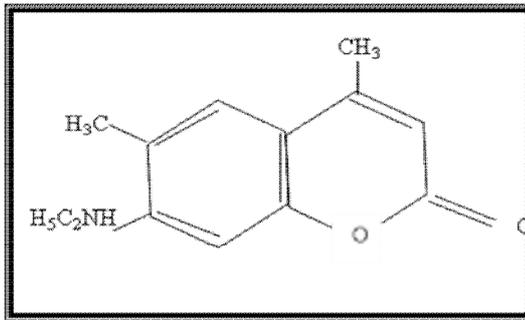
Concentration (Molar)	$\lambda_{\max}$ (flo.) (nm)	Relative intensity I(flo.) (a.u)	$\Delta\lambda$ Band width (F.W.H.M) (nm)
$1 \times 10^{-4}$	450	0.94	60
$6 \times 10^{-5}$	446	0.84	55
$2 \times 10^{-5}$	438	0.43	45

الجدول ( 5 ): يبين قيم الكفاءة الكمية للفلورة لمحاليل صبغة الكومارين 2- في مذيب DMSO

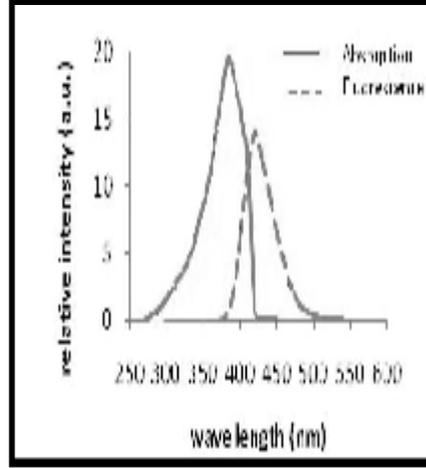
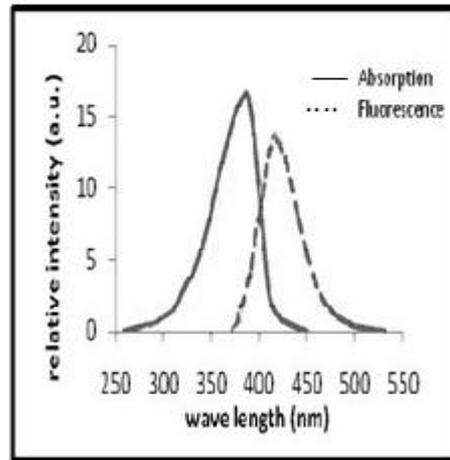
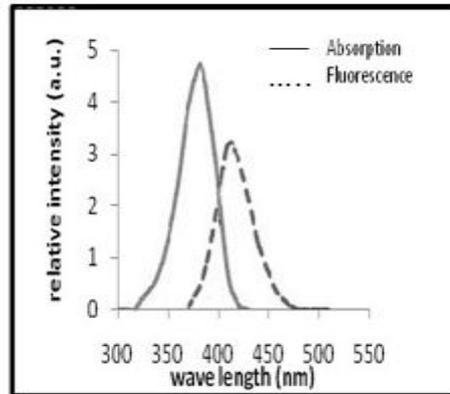
Concentration (molar)	Quantum efficiency $q_{FM}$ (%)
$1 \times 10^{-4}$	71.2%
$6 \times 10^{-5}$	66.4%
$2 \times 10^{-5}$	63.9%

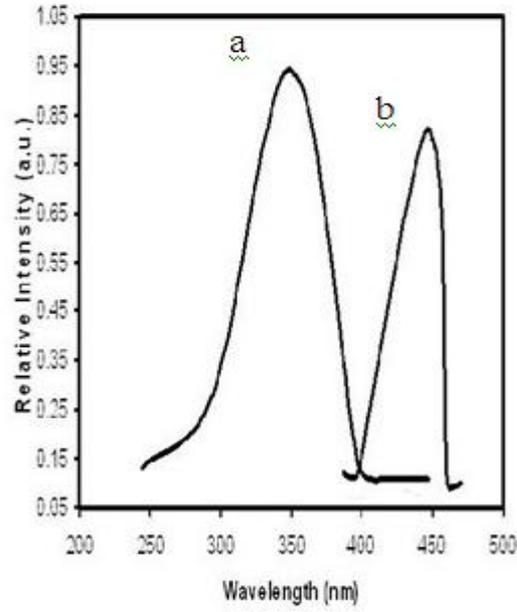
جدول ( 6 ): يوضح قيم الكفاءة الكمية للفلورة لاغشية صبغة (C2+PMMA) في مذيب DMSO

Concentration (Molar)	Quantum efficiency $q_{FM}$ (%)
$1 \times 10^{-4}$	75.3%
$6 \times 10^{-5}$	70.1%
$2 \times 10^{-5}$	65.7%

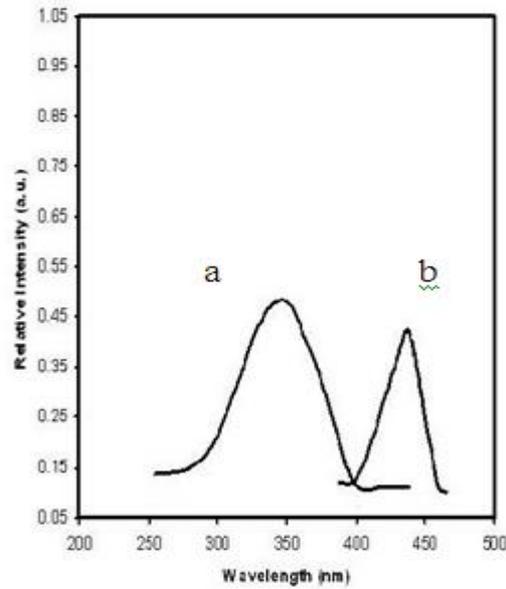


شكل (1) يمثل التركيب الكيميائي لصبغة الكومارين-2

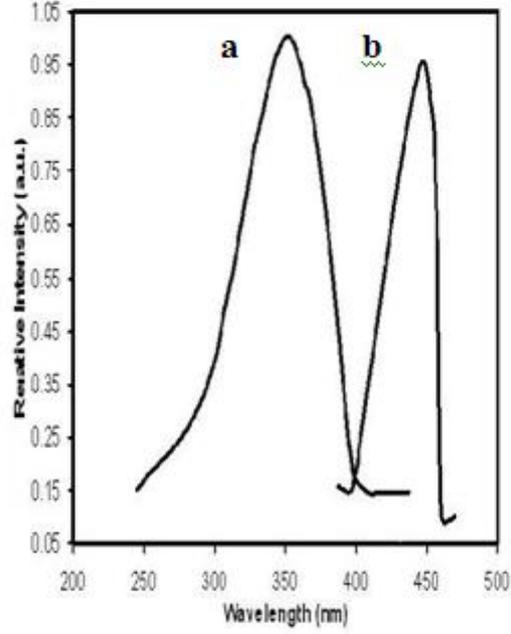
الشكل (1) يبين: طيفي الامتصاص و الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب DMSO وللتركيز  $1 \times 10^{-4} M$ شكل (2) يبين: طيفي الامتصاص و الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب DMSO وللتركيز  $6 \times 10^{-5} M$ .شكل (3) يبين: طيفي الامتصاص و الفلورة لمحلول صبغة الكومارين-2 في مذيب DMSO وللتركيز  $2 \times 10^{-5} M$



الشكل (4) يبين: (a) طيف الامتصاص (b) طيف الفلورة لغشاء (C-2+PMMA) في مذيب DMSO وللتركيز



الشكل (5) يبين: (a) طيف الامتصاص (b) طيف الفلورة لغشاء (C-2+PMMA) في مذيب DMSO وللتركيز  $6 \times 10^{-5} M$



الشكل (6) يبين: (a) صيف الامصاص (b) صيف العبوره لعشاء (C-2+PMMA) في مذيب DMSO وللتركيز  $2 \times 10^{-5} M$