

الأكسدة الضوئية لصبغة الأزور A بأستعمال الأوزون المحتث بالأشعة فوق البنفسجية : دراسة الظروف المثلى والحركات

- أ.م.د حسن عباس حبيب

- إبراهيم جودة صاحب

- قسم الكيمياء/ كلية التربية/ جامعة القادسية

الخلاصة

تم دراسة التحطيم الضوئي لصبغة الأزور A (Azure A) النسيجية وذلك باستعمال غاز الأوزون كعامل مؤكسد وبوجود الأشعة فوق البنفسجية حيث خضعت محاليل الصبغة المستعملة لعملية إزالة اللون وكانت الدراسة تشمل تأثير تركيز محلول الصبغة ، درجة الحرارة ، الأس الهيدروجيني ، سرعة الهواء المار وشدة الضوء على نسبة إزالة اللون . بينت النتائج أن زيادة تركيز الصبغة تقلل نسبة الإزالة للصبغة المستعملة وبزيادة درجة الحرارة تزداد نسبة الإزالة لمحاليل الصبغة المستعملة حيث بلغت طاقة التنشيط (13.06 kJ/mole) . اما بالنسبة للأس الهيدروجيني فلو حظ في الأوساط الحامضية تقل نسبة الأزالة بسبب عدم تفكك الأوزون الى جذور الهيدروكسيل وفي الأوساط القاعدية تزداد نسبة الأزالة بسبب تناقص ذوبانية الأوزون وتكوين جذور الهيدروكسيل وأوضح النتائج أيضا انه بزيادة سرعة الهواء المار تزداد نسبة الأزالة. ولوحظ زيادة نسبة الإزالة بزيادة شدة الضوء المستعمل. وأما نسبة إزالة المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD) فإنها تزداد بزيادة نسبة الأزالة . حيث تم بلوغ أعلى نسبة إزالة اللون و(COD) مقدارها 98.1% و68% على التوالي عند 45°C.

Introduction

1-المقدمة

يعد التلوث بالأصباغ أثناء صناعة الأنسجة مصدراً رئيساً لتلوث البيئة، وبالتالي فإن إزالة اللون من الاعتبارات المهمة ليس فقط بسبب السمية المحتملة للأصباغ والتي تشكل مشاكل بينية خطيرة ولكن لتأثير هذه الألوان على خواص المياه الطبيعية⁽¹⁾. وبسبب قابلية الأصباغ على الاحتفاظ بألوانها وصيغتها التركيبية عند تعرضها لضوء الشمس فضلاً عن مقاومتها العالية للتحلل البيولوجي أصبحت مصدراً لتلوث البيئة. ومن هنا لابد من وجود طرائق لمعالجة التلوث تركز بالأساس على الكفاءة والكلفة الاقتصادية⁽²⁾. وبعيدا عن الطرائق التقليدية اختيرت طرائق الأكسدة المتقدمة (AOPs) (Advanced Oxidation Processes) التي تعتمد على توليد كواشف فعالة جدا مثل جذور الهيدروكسيل(OH[·]) التي تقوم بأكسدة الملوثات العضوية بأنواعها المختلفة وبسرعة عالية⁽³⁾. أستعمل الأوزون كعامل مؤكسد في دراسات عدة الذي يقوم بتحطيم السلاسل المتعاقبة للمجاميع المانحة للون الموجودة في جزيئة الصبغة⁽⁴⁻⁸⁾. يعتبر الأوزون عامل مؤكسد قوي ($E^0=2.08V$) وهو أقوى بمقدار 1.52 مرة من الكلور ($E^0=1.36V$) الذي يستعمل لتحطيم أغلب المركبات العضوية وإن قابلية أكسدة الأوزون تستند على ذرة الأوكسجين والأوزون وجذور الهيدروكسيل(OH[·]) المتولدة في المحلول المائي التي لها القابلية على فتح الحلقات الأروماتية⁽⁹⁾. يؤثر الأوزون على المواد الملونة بواسطة التفاعل المباشر مع مواقع الأورثو والبارا للمجاميع المعقدة للون مثل ($-OH$, $-CH_3$, $-OCH_3$) والتفاعل غير المباشر بواسطة جذور الهيدروكسيل(OH[·])⁽¹⁰⁾. ويكون الأوزون عند ظروف قياسية من ضغط ودرجة حرارة قليل الذوبان في الماء وغير مستقر ومعدل بقائه لعدة دقائق فقط⁽¹¹⁾.

Methodology and Chemicals

2- المواد وطرق العمل

Chemicals

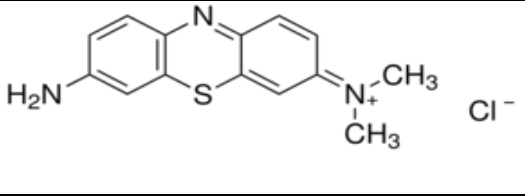
1-2 المواد الكيميائية

The dye using

1-1-2 الصبغة المستعملة

في هذه الدراسة تم استعمال الصبغة النسيجية (Azure A) التي تعتبر من المركبات غير متجانسة الحلقة والجدول (1) يوضح التركيب والخصائص الكيميائية والفيزيائية للصبغة.

الجدول (1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية المهمة لصبغة (Azure A)

	التركيب الكيميائي
$C_{14}H_{14}N_3S.Cl$	الصيغة الجزيئية
291.8	الوزن الجزيئي (g/mol)
80%	المحتوى الصيغي
ذائب	الذوبانية في الماء
632	الطول الموجي الأعظم (nm)
Aldrich	المصدر

Chemicals

2-1-2 المواد الكيميائية

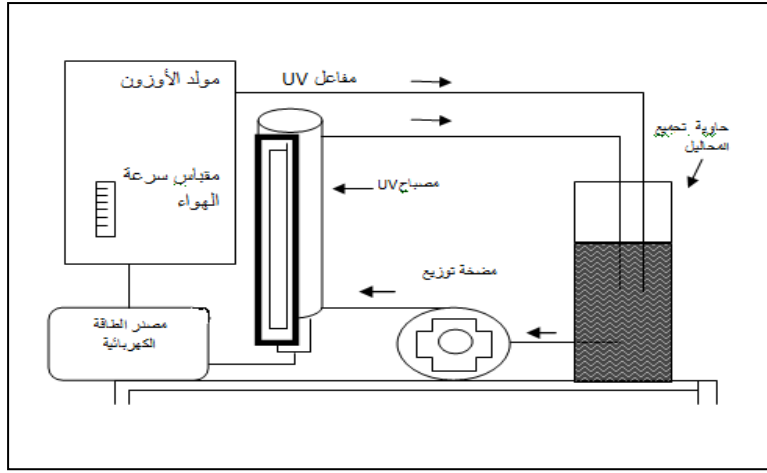
الجدول (2) : المواد الكيميائية المستعملة

المادة	الشركة	النقاوة
هيدروكسيد الصوديوم	B.D.H	%98
حامض الهيدروكلوريك	B.D.H	%37
ثنائي كرومات البوتاسيوم	Lovibond	%75
حامض الكبريتيك	Lovibond	%75

Photoreact

3-1-2 المفاعل الضوئي

يتكون المفاعل الضوئي المستعمل في هذه الدراسة من مصباح زئبقي واطئ الضغط ووعاء زجاجي سعة 1L يوضع فيه محلول الصبغة ومضخة لتدوير المحلول وكما هو موضح بالشكل (1). تم تجميع هذا المفاعل داخل المختبر ويمكن تعديله سواء باستعمال مصباح ذي قدرة أعلى أو تغيير نوعية المصباح وكذلك الحال بالنسبة للمضخة .



الشكل (1): مخطط توضيحي لجهاز التشعيع المستعمل

Methodology

2-2 طرائق العمل

Preparation of dye solutions

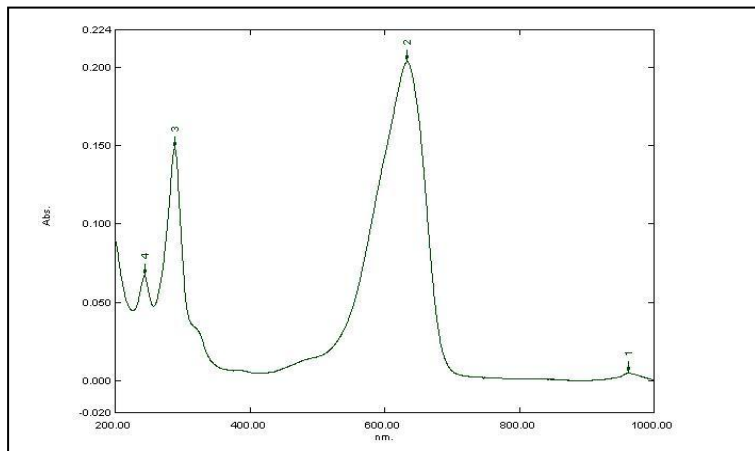
1-2-2 تحضير محاليل الصبغة

تم تحضير محاليل الصبغة المستعملة في هذه الدراسة وذلك بأخذ كمية 0.029 gm من صبغة AzureA بواسطة ميزان الكتروني (من النوع BL210S صيني المنشأ) وإذابة هذه الكمية في (1L) من الماء المقطر حيث تم الحصول على محلول بتركيز ($1 \times 10^{-4} M$) ومن هذا المحلول تم تحضير محاليل أخرى للصبغة يتراوح تركيزها بين ($1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5} M$).

2-2-2 تحديد الطول الموجي الأعظم ومنحني المعايرة

Determination of (λ_{max}) and Calibration curve

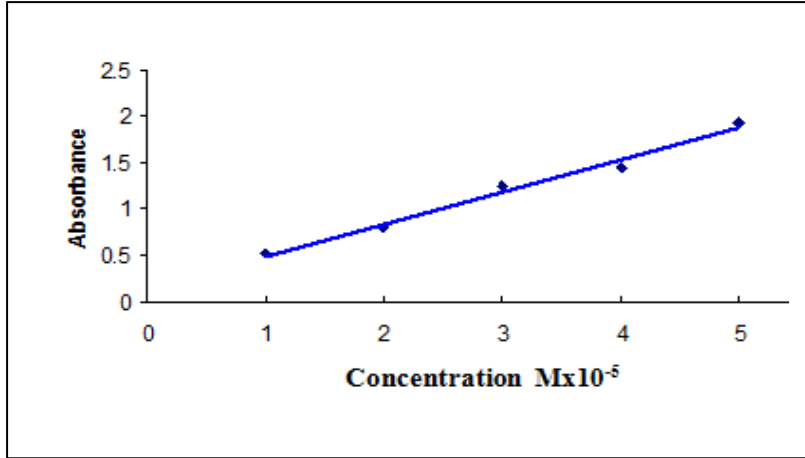
تم تحديد الطول الموجي الأعظم لصبغة الأزور A وذلك باستعمال مطياف الأشعة فوق البنفسجية-المرئية (من النوع Shimadzu ياباني المنشأ) وبمدى يتراوح ما بين (200-800 nm). وتسجيل الامتصاصية كما هو موضح في الشكل (2). ووجد أن أعلى امتصاصية لمحلول صبغة Azure A عند الطول الموجي ($\lambda_{max}=632nm$) وهذا يتطابق مع ما موجود في المصادر (12).



الشكل (2): طيف امتصاص الأشعة فوق البنفسجية-المرئية لصبغة الأزور A

بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ عند $298 K$ و $pH=6$

وتم تحضير منحنى المعايرة الذي يوضح العلاقة بين الأمتصاصية والتراكيز المستعملة للصبغة وبمدى يتراوح بين (5×10^{-5} - 1×10^{-5} M) والشكل (3) يوضح ذلك.



الشكل (3): منحنى المعايرة لصبغة الأزور A عند 298 K و $\text{pH}=6$

Generation of oxidant agent

3-2-2 توليد العامل المؤكسد

يتم توليد العامل المؤكسد بواسطة مولد الأوزون Ozone generatore (من النوع MQ-12038 صيني المنشأ) الذي يعتمد بعمله على مبدأ تفريغ الشحنة (Corona discharge) الذي يقوم بتوليد غاز الأوزون بكمية قدرها (0.025 غرام \ دقيقة) إذا زود المولد بالهواء فقط. ويقوم أيضاً بتوليد كمية قدرها (0.05 غرام/ دقيقة) إذا تم تزويده المولد بالأوكسجين .

4-2-2 قياس المتطلب الكيميائي للأوكسجين (COD)

measurement of Chemical oxygen demand

يتم مزج 3 مل من نموذج محلول الصبغة مع 3 مل من محلول COD (مزيج من ثنائي كرومات البوتاسيوم وحمض الكبريتيك) ومن ثم تسخين الناتج في أداة هاضمة COD (Digester) لمدة ساعتين وبدرجة حرارة قدرها 150°C ومن ثم تبريد النماذج وتدوين النتائج من خلال إدخالها في جهاز طيفي⁽¹³⁾.

Effect of dye concentration

3-2 تأثير تركيز الصبغة

تم تحضير خمسة محاليل بتركيز مختلفة من الصبغة المستعملة تتراوح من 5×10^{-5} - 1×10^{-5} M وتم أخذ نماذج مختلفة لكل محلول ضمن فترات زمنية مختلفة (0, 5, 15, 25, 40, 60 دقيقة) وقياس الأمتصاصية لها في كل فترة بواسطة مطياف الأشعة فوق البنفسجية - المرئية .

Effect of temperature

4-2 تأثير درجة الحرارة

تم تحضير خمسة محاليل من الصبغة بتركيز 1×10^{-5} M حيث تم معالجتها بدرجات حرارية مختلفة تتراوح من 298-318K وبنفس الطريقة المذكورة أعلاه تمت عملية القياس حيث تمت المحافظة على درجة الحرارة ثابتة بواسطة حمام مائي منظم لدرجة الحرارة (من النوع WB 710M ياباني المنشأ).

5-2 تأثير الدالة الحامضية

Effect of Initial pH

تم تحضير أربعة محاليل من الصبغة بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ وقيم مختلفة للدالة الحامضية تتراوح من 2-8. وبنفس الطريقة أعلاه تمت عملية القياس حيث تم تغيير الدالة الحامضية للمحلول بواسطة إضافة كمية من حامض الهيدروكلوريك لجعل المحلول حامضي وإضافة كمية من هيدروكسيد الصوديوم لجعل المحلول قاعدي . حيث تم معرفة قيمة pH للمحلول بواسطة مقياس الدالة الحامضية (من النوع Instrument-211 روماني المنشأ).

6-2 تأثير سرعة الهواء

Effect of air rate

تم تحضير أربعة محاليل من الصبغة بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ وتم معالجتها بغاز الأوزون وبسرع مختلفة من الهواء المار بمولد الأوزون تتراوح بين 0-1.5 L/min وبنفس الطريقة أعلاه تمت عملية القياس حيث تمت تغيير سرعة الهواء لكل محلول بواسطة مقياس للهواء موجود ضمن جهاز مولد الأوزون.

7-2 تأثير شدة الضوء

Effect of Light intensity

تم تحضير أربعة محاليل من الصبغة بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ حيث تم معالجتها بواسطة أربعة أنواع من مصابيح الزئبق واطئة الضغط وبقدرات مختلفة (12,8,6,4 W) (من النوع G6T5 بولندي المنشأ). حيث تم حساب شدة الضوء لها بواسطة المعادلة التالية (14) :

$$I = P / (2 \times 3.14 \times r \times L)$$

حيث إن I : شدة الضوء وتقاس بوحدة (mW/cm^2) ، P : قدرة المصباح وتقاس بوحدة (mW) ، r : مسافة المصباح عن السطح المعالج وتقدر ب cm . L : طول المصباح ويقاس ب cm .

وبتعميق المعلومات أعلاه عن كل نوع مصباح تصبح شدة المصابيح الأربعة التي قدرتها تتراوح بين 4 W-12 هي $113.7, 131.7, 141.5, 173.7 mW/cm^2$ على التوالي. تمت عملية القياس بنفس الطريقة المذكورة أعلاه.

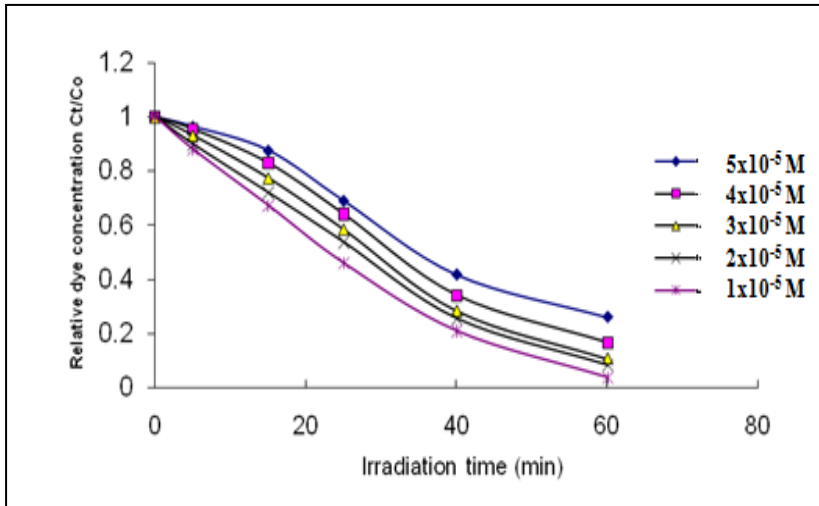
3 النتائج والمناقشة

Results and Discussion

1-3 تأثير تركيز الصبغة

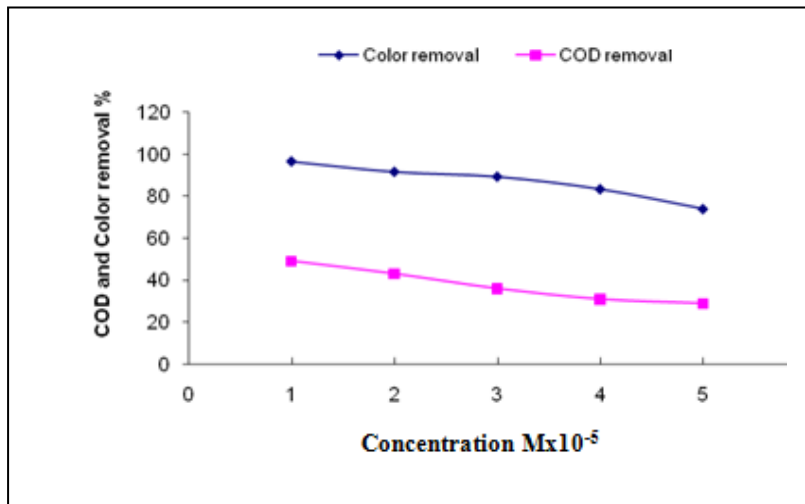
Effect of dye concentration

بينت النتائج أن نسبة إزالة لون الصبغة تقل بزيادة تركيز الصبغة . وهذا يعود إلى انخفاض قابلية نفاذ أشعة UV للمحلول بزيادة التركيز (15). لذلك تتناقص سرعة الأزالة وتكون بطيئة جداً وهذا يعود الى نسبة جزيئات الأوزون إلى جزيئات الصبغة تكون قليلة في المحلول عند التراكيز العالية وبالتالي سوف يكون هناك استهلاك أكثر للأوزون (17,16). لذلك تم تحقيق أعلى نسبة إزالة مقدارها (96.5%) عند تركيز $1 \times 10^{-5} M$ والنتائج موضحة في الشكل (4).



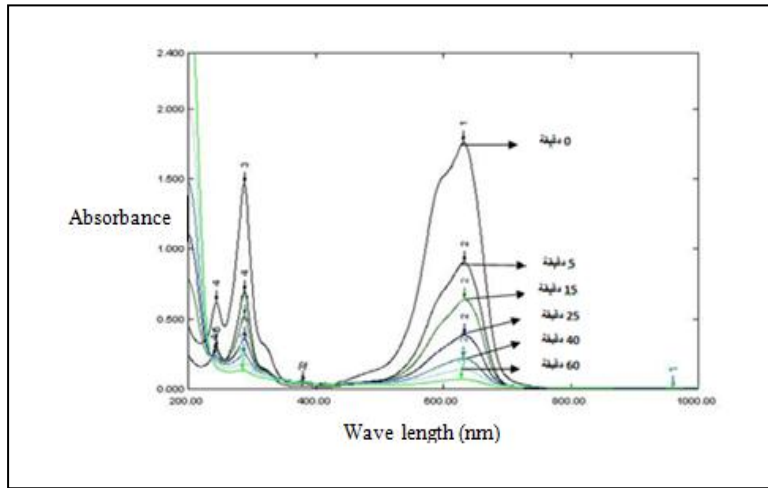
الشكل (4): تأثير تركيز الصبغة على إزالة اللون لصبغة الأزور A وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) (O_3/UV) عند درجة حرارة 298K و pH= 6

تتناقص نسبة إزالة COD بزيادة التركيز وهذا يعود الى استهلاك الأوزون بكميات كبيرة من قبل الوسطيات الكثيرة المتكونة أثناء عملية الأكسدة الضوئية^(19,18) لذلك أثبتت النتائج إن أعلى نسبة إزالة من COD عند التركيز $1 \times 10^{-5} \text{ M}$ بينما تقل نسبة الإزالة من COD عند التركيز $5 \times 10^{-5} \text{ M}$ والنتائج موضحة بالشكل (5).



الشكل (5): تأثير تركيز صبغة الأزور A على إزالة اللون وCOD بتركيز مختلفة وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) (O_3/UV) عند درجة حرارة 298K و pH= 6

لذلك لوحظ أن تركيز محلول الصبغة يقل كلما إزداد زمن المعاملة بالأوزون المحتت بالأشعة فوق البنفسجية وهذا ما تم ملاحظته في طيف الأمتصاص لمحلول الصبغة والشكل (6) يوضح ذلك.

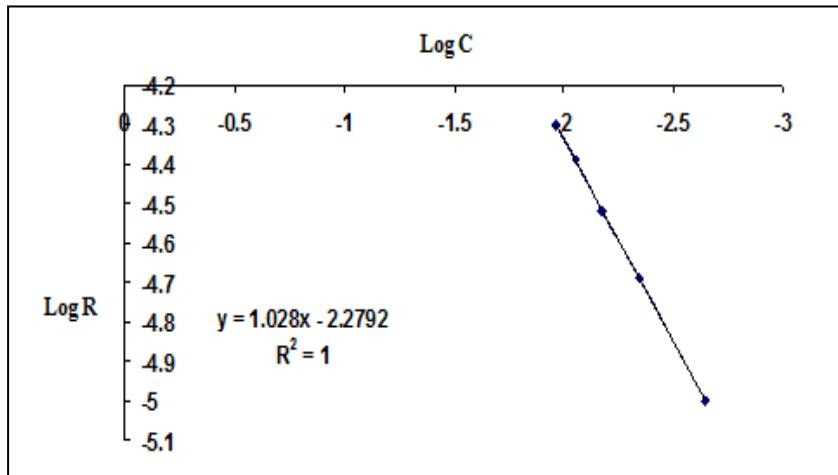


الشكل (6): طيف امتصاص الأشعة فوق البنفسجية - المرئية لصبغة الأزور A بتركيز $3 \times 10^{-5} M$ كدالة لزمان التشعيع وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقاً) والأشعة فوق البنفسجية $I_0 = 173.711 \text{ mW/cm}^2$ (O_3/UV) عند درجة حرارة 298K و pH= 6

أثبتت النتائج التي تم الحصول عليها أن تفاعل الأوكسدة الضوئية لصبغة الأزور A هو تفاعل من المرتبة الأولى الكاذبة بحيث يمكن ربط قيم ثابت السرعة k مع قيم التراكيز المختلفة لصبغة الأزور A واستخراج مرتبة التفاعل بواسطة الطريقة التفاضلية⁽²⁰⁾ من خلال المعادلة الموضحة وكما في الشكل (7).

$$\text{LogR} = \text{Log k} + n \text{Log C}$$

حيث إن R تمثل سرعة التفاعل و n تمثل مرتبة التفاعل و c تمثل تركيز الصبغة.

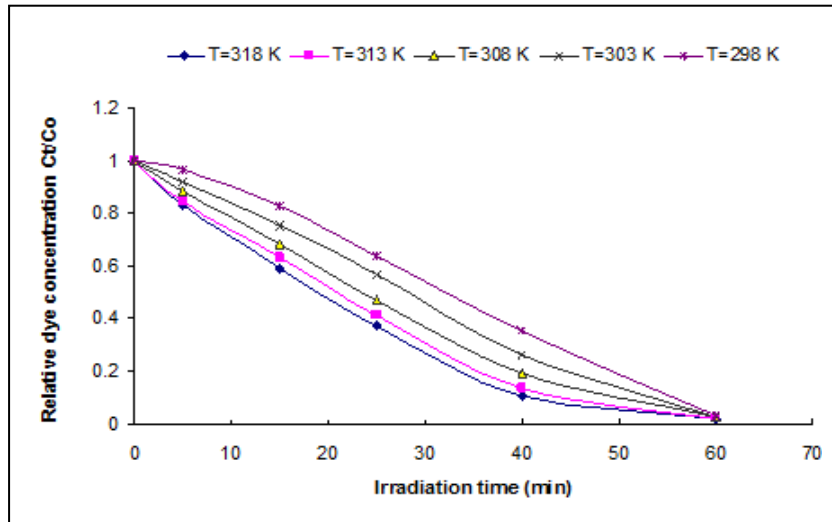


الشكل (7): العلاقة بين Log R و Log C لصبغة الأزور A وبتركيز من 1×10^{-5} - $5 \times 10^{-5} M$ وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقاً) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0 = 173.711 \text{ mW/cm}^2$) (O_3/UV) عند درجة حرارة 298K و pH= 6

Effect of temperature

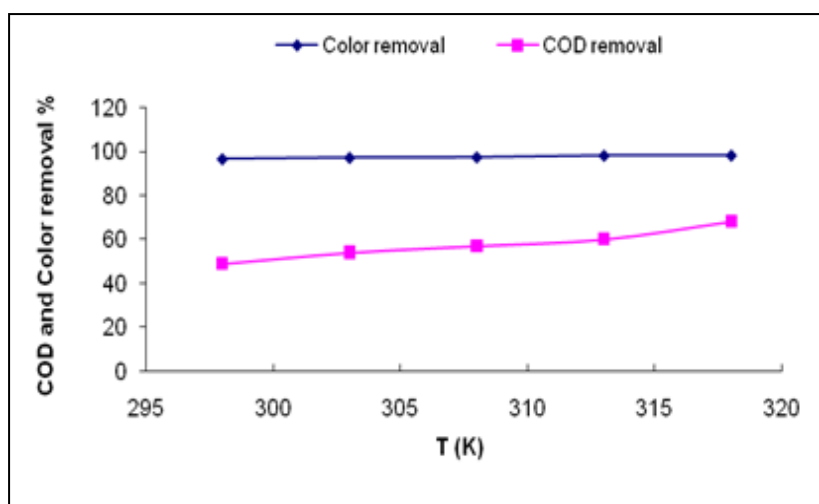
2-3 تأثير درجة الحرارة

أوضحت النتائج أن كفاءة إزالة اللون تزداد بزيادة درجة الحرارة بحيث وجد أن أفضل نسبة إزالة بلغت 98.1% عند 45 درجة مئوية والنتائج موضحة بالشكل (8).



شكل (8): تأثير درجة الحرارة على إزالة اللون لصبغة الأزور A بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقاً) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0 = 173.711 \text{ mW/cm}^2$) و $\text{pH} = 6$ و (O_3/UV)

أما فيما يخص نسب إزالة COD فأنها تزداد بزيادة درجة الحرارة بسبب النقصان الحاصل في كمية المتطلب الكيميائي للأوكسجين اللازمة لعملية الأكسدة (22,21) والنتائج موضحة بالشكل (9).

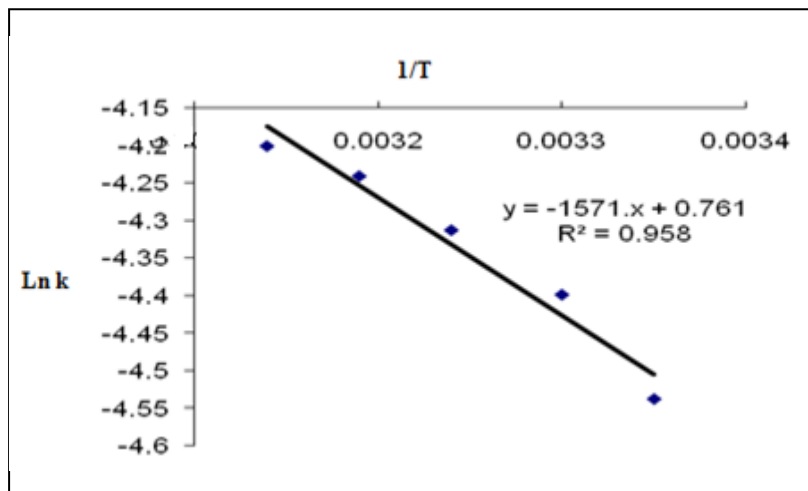


شكل (9): تأثير درجة حرارة محلول صبغة الأزور A على إزالة اللون و COD وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقاً) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0 = 173.711 \text{ mW/cm}^2$) و (O_3/UV) و $\text{pH} = 6$

تم حساب طاقة التنشيط من خلال وصف العلاقة بين درجة الحرارة وثابت السرعة عن طريق معادلة أرينيوس التالية :

$$k = A e^{(-E_a/RT)}$$

k يمثل ثابت سرعة التفاعل A , (sec^{-1}) يمثل عامل التردد (Frequency Factor) R ، ثابت الغازات العام (8.314 kJ/mol)، T درجة الحرارة بوحدة كلفن. وعند رسم العلاقة بين مقلوب درجة الحرارة و $\text{Log } k$ ينتج خط مستقيم تكون قيمة الميل له مساوية إلى $-E_a / RT$ - ومنه تم حساب طاقة التنشيط لصبغة الأزور A وكانت تساوي (13.06 kJ/mole). والنتائج موضحة بالشكل (10).

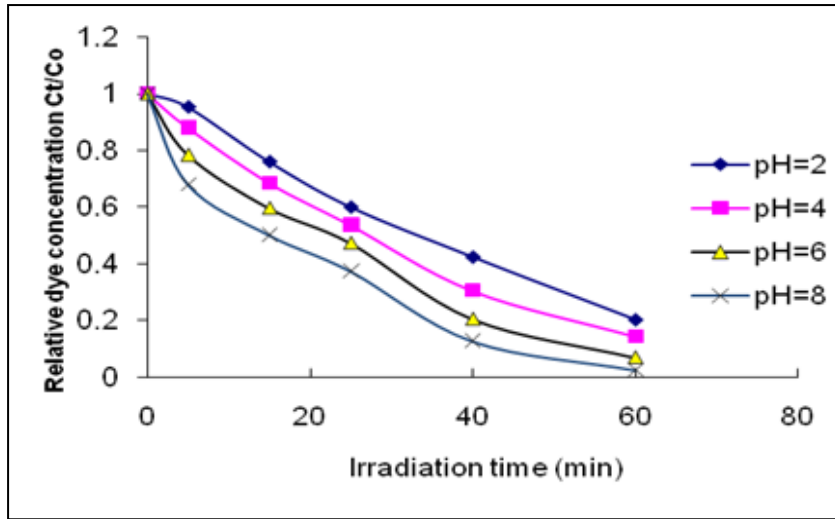


شكل (10): معادلة أرينيوس لإزالة اللون لصبغة الأزور A بتركيز $1 \times 10^{-5} \text{ M}$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ دقيقاً) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0 = 173.711 \text{ mW/cm}^2$) (O_3/UV) و $\text{pH}=6$

Effect of Initial pH

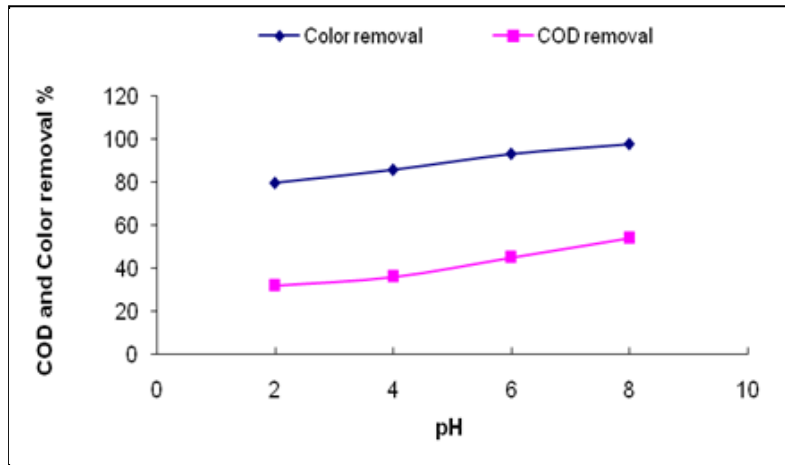
3-3 تأثير الدالة الحامضية

تمت الدراسة في مدى (2-8) من الأوساط الحامضية لأن معظم الأنظمة البيئية الملوثة تقع قيم درجة الحموضة لها ضمن هذا المدى، حيث بينت النتائج أن كفاءة إزالة اللون تزداد بزيادة قيم الدالة الحامضية للمحلول. وهذا يعود إلى إنتاج جذور الهيدروكسيل من تفكك الأوزون عند قيم pH العالية (وسط قاعدي) بينما يبقى الأوزون كعامل مؤكسد رئيسي عند قيم pH الواطئة بحيث تكون لجذور الهيدروكسيل خصوصية مهمة في عملية إزالة اللون لأنها تمتلك جهد أكسدة عالي ($E^0 = 2.8 \text{ V}$)^(24,23). أوضحت النتائج أن أعلى نسبة إزالة تحققت عند $\text{pH}=8$ حيث بلغت 97.6% والنتائج موضحة بالشكل (11).



شكل (11): تأثير الدالة الحامضية لصبغة الأزور A على إزالة اللون بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) عند درجة حرارة $298K$ (O_3/UV)

أما فيما يخص نسب إزالة COD فإنها تزداد مع زيادة قيم pH وهذا يعود الى عدم إكمال أكسدة المواد العضوية (25). والنتائج موضحة بالشكل (12).

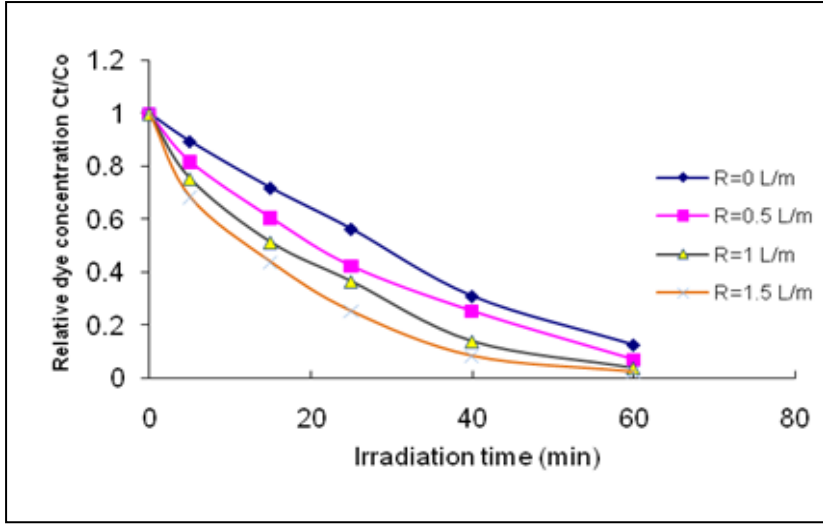


شكل (12): تأثير الدالة الحامضية لصبغة الأزور A على إزالة اللون وCOD بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) عند درجة حرارة $298K$ (O_3/UV)

Effect of air rate

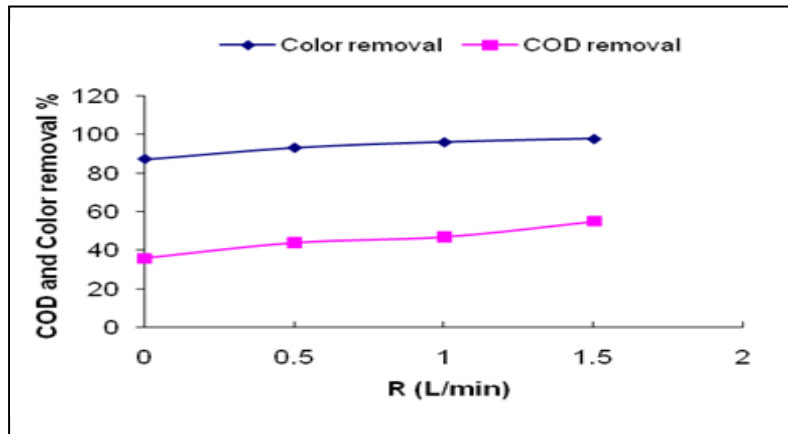
3-4 تأثير سرعة الهواء

تمت معالجة محاليل صبغة الأزور A بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ بالأوزون الضوئية وبسرعة مختلفة للهواء المار في مولد الأوزون تتراوح من (0-1.5 لتر \ | دقيقة) وقد وجد أنه بزيادة سرعة الهواء المار تزداد سرعة أكسدة صبغة الأزور A وبالتالي تزداد نسبة الأزالة ، حيث بينت النتائج أن أعلى نسبة إزالة بلغت (97.7%) عندما تكون سرعة الهواء مساوية إلى (1.5 لتر \ | دقيقة) وذلك لأنه بزيادة كمية الهواء ستزداد كمية الأوكسجين الداخلة الى جهاز التوليد وبالتالي ستزداد كمية الأوزون المتولدة وهذا ينعكس على زيادة سرعة تفاعل تحطم وإختفاء لون الصبغة (26) والنتائج موضحة بالشكل (13).



شكل (13): تأثير سرعة الغاز على إزالة اللون لصبغة الأزور A بتركيز $1 \times 10^{-5} \text{M}$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) عند درجة حرارة 298K و $\text{pH}=6$ (O_3/UV)

أما فيما يخص نسب إزالة COD فإنها تزداد مع زيادة سرعة الهواء المار ولكنها لا تبلغ قيمة عالية بسبب عدم إكمال أكسدة الصبغة أكسدة تامة إلى ماء و $\text{CO}_2^{(25)}$. والنتائج موضحة بالشكل (14).

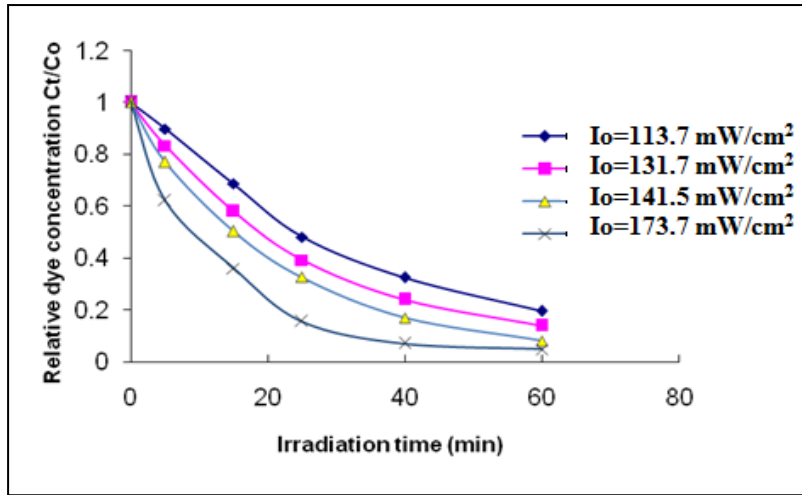


الشكل (14): تأثير سرعة الغاز لصبغة الأزور A على إزالة اللون و COD بتركيز $1 \times 10^{-5} \text{M}$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية ($I_0=173.711 \text{ mW/cm}^2$) عند درجة حرارة 298K و $\text{pH}=6$ (O_3/UV)

Effect of Light intensity

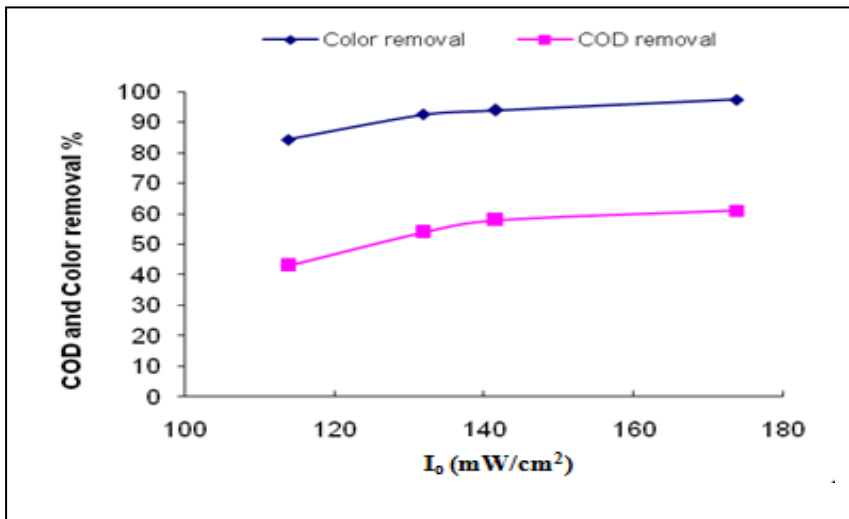
5-3 تأثير شدة الضوء

بينت النتائج أنه كلما تزداد شدة الضوء المستعمل في عملية التشعيع تزداد نسبة الأزالة حيث بلغت أعلى نسبة إزالة 95.1% عندما كانت شدة المصباح المستعمل 173.7 mW/cm^2 . وهذا يعود إلى أنه كلما تزداد شدة المصباح تزداد عدد الفوتونات الداخلة إلى جزيئات الصبغة في وحدة المساحة وهذا يؤدي إلى زيادة سرعة الأزالة (27) والنتائج موضحة بالشكل (15).



شكل (15): تأثير شدة الضوء على إزالة اللون لصبغة الأزور A بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ وبوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية (O_3/UV) عند درجة حرارة $pH=6$ و $298K$

أما فيما يخص نسب إزالة COD فإنها تتناقص مع نقصان شدة الضوء المستعمل وهذا يعود الى عدم إكمال أكسدة المواد العضوية⁽²⁵⁾. والنتائج موضحة بالشكل (16).



شكل (16): تأثير شدة الضوء المستعمل لصبغة الأزور A على إزالة اللون وCOD بتركيز $1 \times 10^{-5} M$ بوجود الأوزون (بتركيز 25 ملغم \ | دقيقة) والأشعة فوق البنفسجية (O_3/UV) عند درجة حرارة $pH=6$ و $298K$

Conclusions

الاستنتاجات

- 1- بينت الدراسة أن زيادة تركيز الصبغة تستهلك كمية أكبر من العامل المؤكسد وبالتالي تقل نسبة الأزالة بسبب الكمية المحدودة للعامل المؤكسد المستعمل.
- 2- أوضحت الدراسة تأثير درجة الحرارة في نسبة إزالة اللون بحيث وجد أنها تزداد مع زيادة درجة الحرارة .

- 3- بينت الدراسة أن نسبة الأزالة في عملية الأزونة الضوئية تزداد في الأوساط القاعدية بسبب تكوين جذور الهيدروكسيل وتقل في الأوساط الحامضية بسبب بقاء الأوزون كعامل مؤكسد رئيسي في هذا الوسط.
- 4- بصورة عامة تزداد نسبة إزالة اللون وCOD لجميع الصبغات بزيادة درجة الحرارة وسرعة الغاز وشدة الضوء والذالة الحامضية للوسط.

References

5 المصادر

- 1-AlboyeH,A., AlboyeH,H. and Moussa,H. Bioremediation of acid blue 74 by ultraviolet/H₂O₂, Environ. Chem. Lett, (1):161-164. (2003).
- 2-Asamudo,N.U., Doba,A.S. and Ezeronye ,O.U. Bioremediation of textile effluent using phanerochaete chrysosporium, J.Biotechnol,(413):1548-1553. (2005).
- 3- Legrinio, Oliveros,E.and Braun,AM. Photochemical processes for water treatment, Chem. Rev, (93): 671. (1993).
- 4- Carriere, J., Jones, J.P. and Judd, S.J. Decolorization of Textile Dye Solution, Ozone Science and Engineering,(15):189-200. (1993).
- 5- Gahr, F., Hermanuts, F. and Oppermann, W. Ozonation an Important Technique to Comply with New German Laws forTextile Wastewater Treatment, Water Science and Technology,(30): 255-263. (1994).
- 6- Perkowski, J., Kos, L.and Ledakowicz, S. Application of ozone in textile wastewater treatment, Ozone Sci. Eng. (18): 73–85. (1996).
- 7- Saunders, F.M., Gould, J.P.and Southerlend,C.R. The effect of solute competition on ozonolysis of industrial dyes. Water Res,(17):1407 – 1419. (1983).
- 8-Sevimli, M.F., Sarikaya, H.Z. Ozone treatment of textile effluent and dyes: effect of applied ozone dose, pH and dye concentration, J. Chem. Tech. Biotech,(77): 842 – 850. (2002).
- 9-Palit ,S. Ozonation of direct red-23 dye in afixed bed batch bubble column reactor, Indian journal of science and Technology,(10):14-16. (2009).
- 10-Maciejewska, R.,Ledacowicz,S., Gebicka,L. and Petrovski,J. Proceedings of the International specialized symposium, IOA. Toulouse, France, March, (1-3) :75-78. (2000).

- 11-Salome,G.P.O.S., Jose,J.M., Portela,D.,Vieira,A.and Ferrando,M. Ozonation of Textile effluents and dye solutions under continuous operation :influence of operating parameters ,J.Hazard.Mater, **3**(137):1664- 1673. (2006).
- 12- Aldrich, Catalog Handbook of fine chemicals, pp:127. (1996- 1997).
- 13-Tehrani-Bagha,A.R and Amini,F.L. Decolourization of a reactive Dye by UV-Enhanced Ozonation, Institute for colour Science and Technology , (3) : 1-8. (2010).
- 14- <http://forum.zira3a.net/Showthread> .
- 15- Rezaee, A., Ghanaian, M. T., Hashemian, S. J., Moussavi, G., Khavanin, A. and Ghanizadeh, G. Decolorization of Reactive Blue 19 dye from textile wastewater by the UV/H₂O₂ process, J. App. Sci ,(8):1108- 1122. (2008).
- 16- Wu,J.J.,Yang,J.S., Muruganandham,M.and Wu, C.C. The oxidation study of 2 – Propanol using Ozone – Based advanced Oxidation , Separation and purification Technol, (62) :39 – 46. (2008).
- 17- Hoigne,J.and Bader,H. Ozonation of Water : selectivity and rate of Oxidation of solutes ,Ozone Sci.and Eng, **1** (1): 73 -85. (1979).
- 18- Wu, J., Doan, H.and Upreti, S. Decolorization of aqueous textile reactive dye by ozone, Chemical Engineering Journal ,(142) : 156-160. (2007).
- 19- Kdasi, A.A., Idris, A., Saed, K.and Guan, G.T. treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes, Global Nest: the int. j, **6** (3): 222-230. (2004).
- 20-Keith J. Laidler , M.A., D.SC., P_HD. and F.R.S.C. Reaction kinetics ,(1): 16-18. (1970).
- 21- Trillas, M., Peral, J. and Domenech , X. Redox Photodegradation of 2,4-dichlorophenoxyacetic Acid Over TiO₂ , Appl. Catal. B Environ, **5**(4):377-387. (1995).
- 22- Chen, D. and Ray, A. Photodegradation Kinetics of 4- nitrophenol in TiO₂ Suspension, Wat. Res, **32**(11): 3223- 3234. (1998).
- 23-Oguz,E., Keskinler,B., Celik,C.and Celik,Z. Determination of the optimum conditions in the removal of bomaplex red CR-L dye from the textile wastewater using O₃, H₂O₂, HCO³⁻ and PAC, J,Hazard. Mater, (131):66-72. (2006).

- 24- Selcuk, H. Decolorization and detoxification of textile wastewater by ozonation and coagulation process, *Dyes and Pigments*, (64): 217. (2005).
- 25- Sevimli, M.F. and Kinaci, C. Decolorization of textile wastewater by ozonation and Fenton's process, *Water Sci. Technol*, (45):279-286. (2002).
- 26-Konsowa ,A.H. Decolorization of wastewater containing direct dye by ozonation in a batch bubble column reactor, *Desalination* ,(158):233-240. (2003).
- 27-Sharma,D., Bansal, A., Ameta ,R. and Sharma,H. S. Photocatalytic degradation of Azure B using Bismuth oxide Semiconducting Powder , *International Journal of ChemTech Research*,(2): 1008-1014. (2011).

**Photo oxidation of (Azure A) dye by UV-enhanced ozonation
:optimization and kinetics study.**

Hassan Abbas Habeeb / College of Education / University of Al-Qadisiyah .

Ibraheem J. Sahib / College of Education / University of Al-Qadisiyah

ABSTRACT

The photo degradation of Azure A (AA) dye by using ozone as a stimulating agent with ultra violet radiation (O_3/UV) has been studied. All dye solutions has been subjected to color removal. The study includes the effect of the concentration of dye solution, temperature, pH, air flow rate, and the light intensity on the degree of color removal. It was found that the increase in dye concentration leads to a decrease in removal rate. Also, the rate of dye removal increases with the increase in temperature. The activation energy reached (13.06 kJ/mole). Concerning pH is the removal decreases in acidic medium because the ozone doesn't decompose to hydroxyl radicals. Contrastively, the rate of removal increases in basic medium because of the decrease of solubility of ozone and the formation of hydroxyl radicals. Another important result is that the rate of air is associated positively with the rate of dye removal. Lastly, it is noticed that the more light intensity increased, the more the rate of color removal increased. Generally , The ratio of the chemical oxygen demand (COD) increases with the increase of color removal. The maximum ratio of color and COD removal, that was reached (at 45 °C), was 98.1% and 68% respectively.