

## استخدام صفائح الالمنيوم كعاكسات في معالجة مياه المجاري بالأشعة الشمسية

علاء طلعت حسين المعاضيدي

عبدالعزیز یونس طلیع الصفاوی

قسم علوم الحياة / كلية التربية / جامعة الموصل

تاریخ القبول 2014/03/05

تاریخ الاستلام 2014/01/12

### Abstract

Aluminum plates have been used for treating sewage by exposure to the direct solar radiation in the normal conditions of Mosul city using transparent plastic containers with capacity of 5 liters and four treatments ( $t_1$  sewage without dilution,  $t_2$  diluted sewage with conc. of 75%,  $t_3$  diluted sewage with conc. of 50% ,  $t_4$  diluted sewage with conc. of 25%) ,the measurements have been concluded to: pH,  $EC_{25}$ ,  $BOD_5$ , T H., some cations and anions, and indicators of bacteriological contamination etc. according to international standard methods .

The studying reveals a significant improvement in the transparency and water quality, the removal percentages of organic load, TH, calcium , chloride and phosphate reached to ( 86 , 55.53 , 50 and 81) % , respectively, toward the end of the treatment, while the removal percentage of bacterial total number was up to 96% in the fourth day of the treatment, but reached to 100% for both fecal coliform and E. coli in the third day of treatment, as a result of the impact effect of water temperature and solar radiation, as well as the role of aluminum plate in utilizing as much as possible of the reflected rays to stimulate photochemical reactions.

**Keywords:** Solar treatment of sewage , Usage of radiation reflectors in the solar treatment, photochemical reactions.

## الخلاصة

تم استخدام صفائح الالمنيوم لمعالجة مياه المجاري بتعريضها للأشعة الشمسية المباشرة في الظروف الطبيعية لمدينة الموصل بعد وضعها في حاويات بلاستيكية شفافة سعة 5 لتر وبأربعة معاملات ( $t_1$  مياه مجاري بدون تخفيف،  $t_2$  مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة بتركيز 75%،  $t_3$  مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة بتركيز 50%،  $t_4$  مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة بتركيز 25%)، وقد تم اجراء القياسات لكل من الملوحة والذالة الحامضية والحمل العضوي والعسرة الكلية وادلة التلوث البكتريولوجي الخ بالاستناد الى الطرق القياسية المعتمدة عالميا.

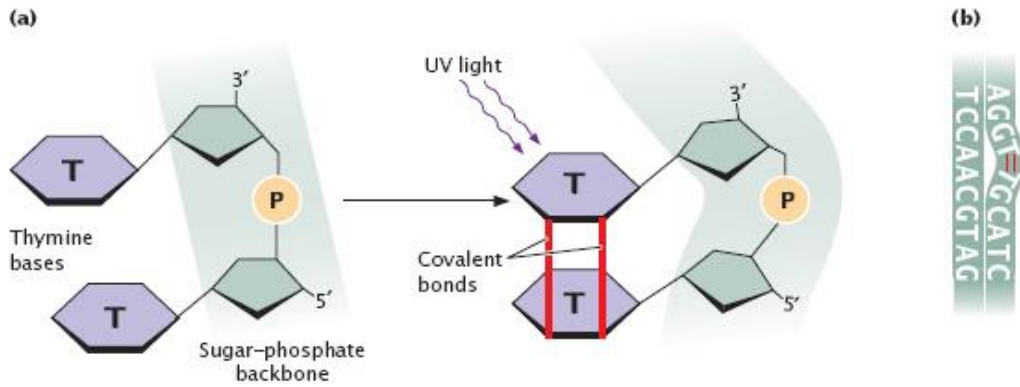
اشارت نتائج الدراسة الى حدوث تحسن كبير في شفافية ونوعية المياه؛ اذ بلغت نسبة الازالة للحمل العضوي والعسرة الكلية وايونات الكالسيوم والكلوريد والفوسفات (86، 55، 53، 50، 81%) على التوالي في نهاية المعالجة، بينما بلغت نسبة الازالة للعدد الكلي للبكتريا 96% في اليوم الرابع من المعالجة، بينما كانت 100% لكلا من بكتريا القولون البرازية وبكتريا الايشريشيا كولاي في اليوم الثالث من المعالجة نتيجة للتأثير التازري لدرجة حرارة الماء والاشعاع الشمسي ودور صفائح الالمنيوم في استغلال اكبر قدر ممكن من الاشعة المنعكسة لتنشيط التفاعلات الكيموضوئية.

كلمات مفتاحية: المعالجة الشمسية لمياه المجاري، استخدام العاكسات الضوئية في المعالجة الشمسية، التفاعلات الكيموضوئية.

## المقدمة

اضحت مشكلة توفير المياه للاستخدام البشري من المشاكل الصعبة التي تواجه العالم في العديد من المناطق خاصة في دول العالم الثالث؛ اذ ان اعدادا كبيرة من الامراض التي تصيب الانسان ويمكن ان تنتقل بالمياه وتسبب مختلف انواع الامراض وحتى الخطيرة منها والتي قد تسبب الموت مثل الكوليرا والتيفوئيد والـ Shigellosis.... الخ [1] وتعد الممرضات المنقولة بالمياه كمشكلة عالمية؛ اذ يصل عدد الاشخاص الذين يعانون من مشكلة تلوث مياه الشرب وخاصة الاطفال الى اكثر من بليون شخص في المجتمعات الفقيرة لكل من أفريقيا واسيا وامريكا الجنوبية[2]، وتشير الدراسات الى حدوث اكثر من 3 مليون حالة وفاة سنويا بسبب استخدام مياه شرب غير امينة وبخاصة امراض الاسهال لدى الاطفال في المجتمعات الفقيرة [3]، كما يشير [4] الى ان اكثر من 30% من شعوب العالم الثالث بحاجة الى المياه النظيفة وان 875 مليون حالة اسهال تحدث كل عام بسبب عدم سلامة مياه الشرب في هذه الدول، كما ادى التطور الصناعي والاجتماعي الى زيادة اعباء التلوث للموارد المائية في العديد من مناطق العالم[5]. ولأجل الحفاظ

على نظافة المصادر المائية قام العديد من الباحثين واصدقاء البيئة بتطوير بعض التقنيات لمعالجة مشكلة التلوث [6]؛ اذ تستخدم العديد من الطرق الكيميائية للقضاء على المسببات المرضية في المياه كاستخدام الكلورين ومركباته والاوزون وهناك طرق فيزيائية تتضمن الاستفادة من الاشعة الشمسية لإضعاف والقضاء على المسببات المرضية الموجودة في المياه [7], باعتبارها من الطرق الكفؤة وقليلة التكلفة وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات الفترات الضوئية الطويلة [8]؛ اذ تعمل الاشعة الشمسية وما تحويه من الاشعة البنفسجية وتحت البنفسجية الى احداث التفاعلات الكيموضوئية واطلاق الجذور الحرة مما يؤدي الى تضرر جزيئة Thymine dimer المتكونة من قواعد الثايمين والسايروسين في الـ DNA وبالتالي اضعاف الروابط التساهمية فتتجمع نتيجة لهذه التفاعلات بعض النواتج مثل CPDs Cyclobutane pyrimidine dimer ونواتج ضوئية اخرى مسببة اضرار جينية وتثبيط عمل انزيم polymerase وبالتالي ايقاف عملية التضاعف [9] والشكل (1) يبين تأثير الاشعة فوق البنفسجية في تكوين الـ Pyrimidine dimers وتدمير الاصرة التساهمية [10].



شكل (1): تأثير الاشعة فوق البنفسجية UV على الـ Pyrimidine Dimers. a: تكوين الـ Pyrimidine Dimers ، b : تدمير الاصرة التساهمية للباريميدين وبالتالي تدمير الـ DNA .

وهناك العديد من الدراسات حول استخدام الاشعة الشمسية لمعالجة المياه الملوثة منها دراسة [11], لتعريض المياه الملوثة للأشعة الشمسية والتي اشارت الى تحسن نوعية المياه من الناحية الميكروبية؛ اذ ان الاشعة تحت البنفسجية UV-A والاشعة البنفسجية الموجودة مع الاشعة الشمسية لها تأثير فعال في اضعاف وقتل الكائنات الدقيقة، وقد اوصى كل من [2], الى امكانية استخدام التعقيم Disinfection بالأشعة الشمسية في المناطق النائية والتي ليس لها مصدر اسالة لتوفير

مياه شرب آمنة للاستخدام البشري. كذلك دراسة [12], لمعالجة المياه الملوثة بالتعرض للأشعة الشمسية والتي أشارت إلى كفاءة هذه الطريقة في التعقيم وعدم تكوين نواتج ضارة للصحة العامة مقارنة بالمعالجة الكيميائية، وهذا ما أكدته [13]؛ إذ أشار الباحثين إلى إمكانية تعقيم المياه بالتعرض للأشعة الشمسية وتقليل أعداد التلوث البكتريولوجي كأنواع البكتريا المعوية *Enterococcus spp.* وأنواع السالمونيلا *Salmonella spp.* و *E.coli* مما يقلل الأضرار على الصحة العامة عند استخدام هذه المياه. ذلك جاءت الدراسة الحالية لمعالجة مياه المجاري بالتعرض للأشعة الشمسية مع استخدام عاكسات من صفائح الالمنيوم في الظروف الطبيعية لمدينة الموصل.

### المواد وطرائق العمل

تم أخذ النماذج من وادي عكاب الذي ينقل مياه مجاري من صناعة وادي عكاب ومياه مجاري لكل من الأحياء التالية: الإصلاح الزراعي و17 تموز وجزء من حي الرفاعي باستخدام حاويات بلاستيكية ونقلت إلى المختبر وتم وضع العينات المائية من مياه المجاري المراد معالجتها بحاويات بلاستيكية شفافة سعة 5 لتر وبعمق 20 سم للسماح بنفاذ الأشعة الشمسية داخل الماء ووضعت المعاملات في الظروف الطبيعية معرضة لأشعة الشمس خلال شهر آب 2013 مع وضع صفائح من الالمنيوم تحت الحاويات لعكس أكبر قدر ممكن من الأشعة الشمسية وكانت المعاملات بواقع ثلاث مكررات وكما يلي:

(t<sub>1</sub>) مياه مجاري بدون تخفيف.

(t<sub>2</sub>) مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة وبتركيز 75%.

(t<sub>3</sub>) مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة وبتركيز 50%.

(t<sub>4</sub>) مياه مجاري مخففة بمياه الاسالة وبتركيز 25%.

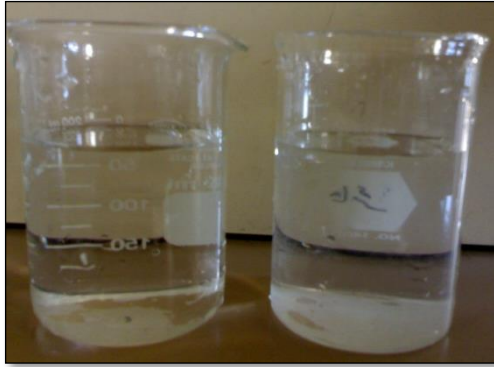
كما تم تغطية فوهات الحاويات باستخدام قطع قماش مشبك لضمان دخول الاوكسجين الجوي وذوبانه في الماء. اجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية للعينات المائية دوريا بالاستناد الى الطرق المعتمدة عالميا [14, 15], خلال فترة المعالجة؛ إذ تم قياس درجة الحرارة باستخدام محرار زئبقي، والتوصيلية الكهربائية EC25 باستخدام جهاز التوصيل الكهربائي مع تصحيح القراءات بضربها بمعامل التصحيح الحراري (Ft) والدالة الحامضية بجهاز الـ pH.meter بعد تنظيم الجهاز بمحاليل متعددة البفر كما تم قياس الاوكسجين المذاب بطريقة تحوير الازيد (Azide modification method) والمتطلب الحيوي BOD5 بالتحضين لمدة خمسة ايام مع اجراء التخفيف اللازم والقاعدية الكلية بالمعايرة مع حامض الكبريتيك القياسي N 0.02 والعسرة الكلية

وايونات الكالسيوم بالمعايرة مع المحلول القياسي  $Na_2EDTA$  وتركيز ايونات الكلوريد بطريقة Mhor M. بالمعايرة مع محلول نترات الفضة القياسي وايونات الكبريتات بطريقة الكدرة Turbidimetric M. كما تم قياس الفوسفات بطريقة (Stannous chloride method) والنترات حسب طريقة (Ultra violet screening method)، اما الاختبارات البايولوجية فقد تم تقدير ادلة التلوث البكتيري؛ اذ تم حساب العدد الكلي للبكتريا (TPC) على وسط الاكار المغذي Nutrient agar وتقدير بكتريا القولون البرازية بطريقة الانابيب المتعددة Multiple Tube method وبالعدد الاكثر احتمالا MPN بالإضافة الى بكتريا الـ E. coli على وسط ماء البيتون peptone water.

## النتائج والمناقشة

### 1- شفافية الماء:

تشير النتائج الى حدوث تحسن نوعي في شفافية المياه واختفاء الروائح الكريهة نتيجة لعمليات التحلل البايولوجي وتأثير الاشعة الشمسية في تنشيط عمليات التحلل الضوئي للمواد العضوية Photo-degradation [16]، كما موضح في الصورة (1):



بعد المعالجة

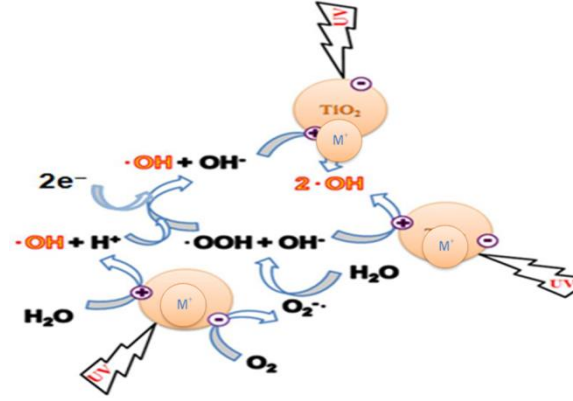


قبل المعالجة

صورة (1) مياه المجاري قبل وبعد المعالجة بالتعرض للأشعة الشمسية.

ان وجود بعض الحساسات الضوئية Photosensitizers كالمركبات العضوية مثل الفينولات والمركبات الاليفاتية والعطرية والكلوروفيلات والحفازات الضوئية (Photocatalytic) مثل بعض الاكاسيد الفلزية كأوكسيد وكبريتيد الزنك .. الخ والتي تعمل على امتصاص الاشعة الضوئية وتنشيط التفاعلات الكيموضوئية، كذلك فان وجود الاوكسجين المذاب بالماء الناتج من عمليات البناء الضوئي للطحالب المائية او من الذوبان من الهواء الجوي كل ذلك سيؤدي الى

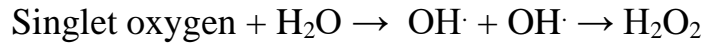
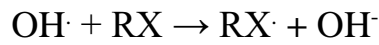
انتاج المجاميع الأوكسجينية الفعالة (ROS) التي تساهم في عمليات التحلل والتحطيم للمواد العضوية [4, 16], كما في الشكل (2)، كذلك فان وجود الأوكسجين المذاب سيؤدي الى خلق ظروف هوائية وتغيير مسارات التفاعلات لتكوين نواتج غير ضارة للنظام البيئي المائي فضلا عن عمليات الترسيب ودور القشريات ذات التغذية الترشيحية عند وجودها في الماء؛ اذ تقوم بالتهام المواد العضوية العالقة مما يؤدي الى ترويق الماء وتحسين شفافيته وهذا ما أكده [16].



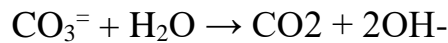
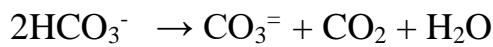
شكل (2) تنشيط الحفازات الضوئية لإطلاق الجذور الحرة وحدث التفاعلات الكيموضوئية.

## 2- الاس الهيدروجيني: pH

تشير النتائج المبينة في الجدول (1) الى ارتفاع القيم مع مرور الوقت والذي قد يعود الى دور التعرض للأشعة الشمسية واستخدام صفائح الالمنيوم في زيادة التأثير على اطلاق المجاميع الأوكسجينية الفعالة وتنشيط التفاعلات الكيموضوئية [18], مما قد يؤدي الى تحرير ايونات الهيدروكسيل وهذا يفسر لنا ارتفاع قيم ال pH كما في المعادلات التالية [19]:



كما تساهم عمليات البناء الضوئي واستهلاك ثنائي اوكسيد الكربون الذائب والمرتبط في اطلاق ايونات الهيدروكسيل كما في المعادلات التالية [20]:



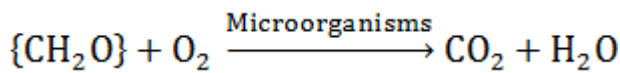
جدول (1) معدل نتائج الدالة الحامضية خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.							
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5
t <sub>1</sub>	6.97	7.35	7.50	7.55	8.21	8.67	6.85
t <sub>2</sub>	6.99	7.27	7.55	7.63	8.19	8.15	7.13
t <sub>3</sub>	7.03	7.37	7.54	7.65	8.11	8.24	7.08
t <sub>4</sub>	7.39	7.45	7.62	7.63	7.70	7.52	7.23

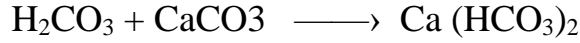
### 3- التوصيلية الكهربائية: EC<sub>25</sub>

يلاحظ من الجدول (2) ارتفاع القيم في الايام الاولى للمعالجة والذي قد يعود الى التفاعلات الكيميائية بسبب تأثير التعرض للإشعاع الشمسي واشعة الـ UV الذي قد يؤدي الى تكوين نواتج تزيد من قيم التوصيلية الكهربائية كما مبين في المعادلات اعلاه او احتمال حدوث

جدول (2) معدل نتائج التوصيلية الكهربائية بوحدة (μS/cm) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	435	487	466	605	378	329	275	%37
t <sub>2</sub>	398	448	428	555	269	303	277	%30
t <sub>3</sub>	348	414	394	530	269	383	275	%21
t <sub>4</sub>	298	369	361	485	265	298	265	%11

عمليات التحلل للمواد العضوية بايولوجيا والتي تؤدي الى تكوين بعض المركبات الذائبة كما موضح في المعادلات التالية [21]:





في حين تنخفض القيم بعد ذلك لتصل نسبة الازالة ما بين (11-37)% بسبب امتصاص العناصر الذائبة من قبل الاحياء الدقيقة فضلا عن عمليات الترسيب, اما الاختلافات في نسب الازالة بين المعاملات قد تعود الى الاختلاف في تراكيز الحساسات الضوئية مما يؤثر على سرعة وتنشيط التفاعلات الكيموضوئية [22, 23] وان هذه النسب اعلى من النسب التي حصل عليها [16], في دراستهما للمعالجة الشمسية لمياه المجاري والتي لم تتجاوز 9.2% وهذا الاختلاف قد يعود الى دور صفائح الالمنيوم في زيادة تعرض مياه المجاري لأكبر قدر ممكن من الاشعة الشمسية وهذا ما يؤكد [18].

#### 4- الأوكسجين المذاب في الماء : DO

تشير الدراسات في مجال المعالجة الشمسية الى سلوك الاوكسجين المذاب كمؤثر مؤازر Synergic effect مع الاشعة الشمسية في معالجة المياه حتى عند التراكيز 1.5 ملغم/ لتر [24] ، ويلاحظ من الجدول (3) وجود تراكيز منخفضة من الاوكسجين DO قبل المعالجة ثم ترتفع لتصل الى حدود 5.6 خلال فترة المعالجة وهذه التراكيز ستساهم في عملية المعالجة عند التعرض للأشعة الشمسية واشعة الـ UV عن طريق تكوين الجذور الحرة كجذر السوبر اوكسايد -O<sub>2</sub>, فضلا عن امكانية الاستفادة من الاوكسجين المذاب بايولوجيا في عمليات الاكسدة الحيوية للمواد العضوية [25], اما الارتفاع النسبي لتركيز الـ DO فقد يعود الى عمليات البناء الضوئي للطحالب او من ذوبانه من الهواء الجوي [20].

جدول (3) معدل نتائج DO (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.							
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5
t <sub>1</sub>	1.2	-	-	0.0	-	5.6	4.6
t <sub>2</sub>	2.0	-	-	4.0	-	5.2	5.04
t <sub>3</sub>	2.8	-	-	0.8	-	5.6	5.2
t <sub>4</sub>	3.2	-	-	5.2	-	2.4	5.04



## 5- التلوث العضوي: BOD<sub>5</sub>

ان طرح مياه المجاري الى نهر دجلة دون اي معاملة تذكر له تأثيرات خطيرة على النظام البيئي المائي وعلى المستهلكين [26] ويشير الجدول (4) الى حدوث انخفاض في قيم المتطلب الحيوي للأوكسجين BOD<sub>5</sub> منذ اليوم الاول للمعالجة لتصل نسبة الازالة الى (86 و 80 و 79 و 76) % للمعاملات ( t<sub>1</sub> و t<sub>2</sub> و t<sub>3</sub> و t<sub>4</sub> ) في نهاية المعالجة وهذا الانخفاض في تركيز الـ BOD<sub>5</sub> قد يعود الى وجود بعض المواد العضوية التي تسلك سلوك حساسات ضوئية Photosensitizers وكذلك وجود الاوكسجين المذاب في الماء خلال مراحل المعالجة والذي يسلك كعامل مؤازر للأشعة الشمسية مما يشجع حدوث التفاعلات الكيموضوئية وتكوين بعض النواتج الفعالة مثل ذرة الاوكسجين وجذر الهايدروكسيل ومما يزيد من هذه التأثيرات استخدام صفائح الالمنيوم كعاكسات ضوئية والاستفادة من اكبر قدر ممكن من الاشعة [24, 27], وبالتالي تنشيط عمليات التكسير الضوئي للمركبات العضوية.

جدول (4) معدل نتائج BOD <sub>5</sub> (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	175	-	120	91	-	32	24	%86
t <sub>2</sub>	127	-	60	48	-	25.9	25.6	%80
t <sub>3</sub>	85	-	40	31	-	25.8	17.6	%79
t <sub>4</sub>	45	-	29	26	-	17.2	10.7	%76

اما الاختلاف في نسبة الازالة بين المعاملات فهذا قد يعود الى اختلاف تركيز الاوكسجين المذاب بين هذه المعاملات او بسبب انخفاض تركيز المواد العضوية الحساسة للضوء بسبب اختلاف نسب التخفيف للمعاملات المستخدمة في المعالجة.

## 6- العسرة الكلية وايونات الكالسيوم: T.Hard. & Ca

يشير الجدولين (5 و 6) الى ان التراكيز قد بلغت (55, 54, 50 و 42) % و (47, 53, 51 و 47) % للمعاملات ( t<sub>1</sub> و t<sub>2</sub> و t<sub>3</sub> و t<sub>4</sub> ) على التوالي في نهاية المعالجة وهذا الانخفاض قد يعود الى وجود مجاميع الكبريتات والسلفاهايدرايل في المواد البروتينية التي تعمل

على جذب العناصر الموجبة المسببة للعسرة واختزالها او اتحادها معها وبالتالي انتزاعها من الماء وتثقيته او بسبب ترسيب ايونات الكالسيوم بشكل كاربونات الكالسيوم تحت تأثير التعرض للأشعة الشمسية والحرارة [28, 29] وكذلك قد تترسب بعض العناصر متعددة التكافؤ بتأثير الحرارة التي تعمل على تشجيع حدوث عمليات الترسيب [30], كذلك امكانية حدوث معقدات عضوية Cation-organic complexes بين بعض المركبات العضوية والايونات الموجبة والتي تعتمد على المجاميع الفعالة في المواد العضوية [27]، وهذه النتائج اعلى نسبيا من النتائج التي توصل اليها [16] والتي قد تعود الى دور استخدام صفائح الالمنيوم كعاكسات ضوئية.

جدول (5) معدل نتائج العسرة الكلية (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	243	220	223	227	210	200	115	%55
t <sub>2</sub>	215	227	227	210	175	113	98	%54
t <sub>3</sub>	209	213	208	207	170	113	105	%50
t <sub>4</sub>	200	207	203	210	170	120	116	%42

جدول (6) معدل نتائج ايونات الكالسيوم (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	50.8	57	52	50	39.4	26.7	26.7	%47
t <sub>2</sub>	48.1	52	48	32	35.3	21.4	22.7	%53
t <sub>3</sub>	47.4	49	35	25	35.3	25	23	%51
t <sub>4</sub>	45.7	45	37	28	35.3	25	24	%47

#### 7-القاعدية الكلية: T. Alkalinity

يلاحظ ارتفاع نسبة ازالة القاعدية الكلية والتي تراوحت ما بين ( 50-77)% في نهاية المعالجة كما موضح في الجدول (7) والتي قد تعود لتأثير الحرارة والاشعة الشمسية ووجود المركبات العضوية التي تعمل على ترسيبها [30].

جدول (7) معدل نتائج القاعدية الكلية (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	214	220	183	203	113	66	63	%70
t <sub>2</sub>	190	193	183	177	100	42	43	%77
t <sub>3</sub>	169	190	183	167	83	50	52	%64
t <sub>4</sub>	147	147	167	140	87	76	74	%50

### 8- الايونات السالبة: Anions

بالنسبة لأيونات الكبريتات والكلوريدات فقد بلغت نسبة الازالة (38. 29. 29 و 32) و(50. 49. 43 و 43)% على التوالي للمعاملات (t<sub>1</sub> و t<sub>2</sub> و t<sub>3</sub> و t<sub>4</sub>) في نهاية المعالجة كما مبين في الجدولين (8 و 9), كذلك يلاحظ الانخفاض النسبي لإزالة ايونات الكبريتات والذي قد يعود الى اكسدة صور الكبريت المختلفة الى ايونات الكبريتات عند وجود الاوكسجين المذاب.

جدول (8) معدل نتائج ايونات الكبريتات (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	103	85	111	93	82	71	64	%38
t <sub>2</sub>	80	85	103	85	78	60	57	%29
t <sub>3</sub>	75	74	92	84	75	59	53	%29
t <sub>4</sub>	73	81	85	91	75	64	49	%32

جدول (9) معدل نتائج ايونات الكلوريد (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
%الازالة	9/5	8/29	8/25	8/21	8/20	8/19	قبل المعالجة	المعاملات
%50	24.3	44	46	35	38.4	39	49	t <sub>1</sub>
%49	23.4	25	31	23.4	29.3	31	46	t <sub>2</sub>
%43	18.7	19	25	25	24.3	25.3	33	t <sub>3</sub>
%43	17.0	17	19	15.6	15.6	23	30	t <sub>4</sub>

كذلك قد تساهم عمليات التحلل الضوئي للمركبات العضوية الحاوية على الكبريت الموجودة في مياه المجاري والتي تؤدي الى اطلاق ايونات الكبريتات وهذا ما أشار اليه [6].

### 9- المغذيات النباتية : Nutrients

يلاحظ ارتفاع نسبة الازالة لأيونات الفوسفات والتي بلغت (81, 75, 65 و 49)% على التوالي للمعاملات (t<sub>1</sub> و t<sub>2</sub> و t<sub>3</sub> و t<sub>4</sub>) عند نهاية المعالجة كما في الجدول (10) وهذا الارتفاع قد يعود الى نمو الطحالب التي لها القدرة على ازالة الفوسفور او بسبب تأثير الاشعة الضوئية ووجود الحساسات الضوئية في تنشيط عمليات التفاعلات الضوئية وترسيبها بشكل فوسفات الكالسيوم وفوسفات بعض الايونات الفلزية [31].

جدول (10) معدل نتائج ايونات الفوسفات (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
%الازالة	9/5	8/29	8/25	8/21	8/20	8/19	قبل المعالجة	المعاملات
%81	0.313	0.493	0.600	0.723	0.729	0.889	1.49	t <sub>1</sub>
%75	0.261	0.418	0.440	0.466	0.668	1.022	1.031	t <sub>2</sub>
%65	0.239	0.390	0.388	0.506	0.649	0.672	0.687	t <sub>3</sub>
%49	0.234	0.352	0.383	0.422	0.427	0.441	0.456	t <sub>4</sub>

كما يلاحظ الارتفاع التدريجي لأيونات النترات في الايام الاولى من المعالجة كما في الجدول (11) والذي قد يعود الى حدوث الظروف الهوائية وحدثت عمليات النتجة Nitrification

جدول (11) معدل نتائج ايونات النتترات (ملغم/لتر) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.							
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5
t <sub>1</sub>	2.365	1.201	2.368	2.619	-	1.686	1.984
t <sub>2</sub>	1.860	1.052	2.048	2.995	-	1.769	1.984
t <sub>3</sub>	1.214	1.179	1.683	2.284	-	1.351	1.965
t <sub>4</sub>	1.115	0.866	1.178	1.604	-	1.291	1.018

فضلا عن عمليات التحلل الضوئي لبعض المواد العضوية الحاوية على النتروجين لتكوين ايونات النتترات [6, 22].

#### 10- ادلة التلوث البكتيري: Bacteriological indicators

تشير النتائج المبينة في الجدول (12, 13, 14) الى حدوث انخفاض معنوي في العدد الكلي للبكتريا وبكتريا القولون البرازية والـ *E. Coli* منذ الايام الاولى للمعالجة؛ اذ وصلت نسبة الازالة للعدد الكلي للبكتريا الى (96, 93, 94, 95) % و 100% لكل من بكتريا القولون

جدول (12) معدل نتائج العدد الكلي للبكتريا (خلية/مل) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	10 <sup>5</sup> ×175	10 <sup>5</sup> ×134	10 <sup>5</sup> ×113	10 <sup>5</sup> ×7.0	-	-	-	96%
t <sub>2</sub>	10 <sup>5</sup> ×168	10 <sup>5</sup> ×78	10 <sup>5</sup> ×27	10 <sup>5</sup> ×12	-	-	-	93%
t <sub>3</sub>	10 <sup>5</sup> ×86	10 <sup>5</sup> ×55.6	10 <sup>5</sup> ×32	10 <sup>5</sup> ×4.8	-	-	-	94%
t <sub>4</sub>	10 <sup>5</sup> ×44	10 <sup>5</sup> ×12.3	10 <sup>5</sup> ×16	10 <sup>5</sup> × 2.1	-	-	-	95%

جدول (13) معدل نتائج العدد الكلي لبكتريا القولون البرازية (خلية/100مل) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	10 <sup>5</sup> ×110	10 <sup>5</sup> ×46	10 <sup>4</sup> ×11	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>2</sub>	10 <sup>5</sup> ×22	10 <sup>5</sup> ×4.3	10 <sup>4</sup> ×7	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>3</sub>	10 <sup>5</sup> ×11	10 <sup>5</sup> ×0.23	10 <sup>4</sup> ×0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>4</sub>	10 <sup>5</sup> ×1.1	10 <sup>5</sup> ×0.24	10 <sup>4</sup> ×0.04	0.0	0.0	0.0	0.0	%100

البرازية والـ *E. Coli* ولكل المعاملات في اليوم الثالث من المعالجة وهذا ما لاحظته كلا من [18, 13 2] عند دراستهم لتأثير التعرض للأشعة الشمسية في تثبيط وقتل البكتريا في المياه والتي اشارت الى اختزال البكتريا المعوية لتبلغ 100%, فضلا عن التأثير التازري القوي لحرارة

جدول (14) معدل نتائج أعداد بكتريا <i>E. Coli</i> (خلية/100مل) خلال مدة المعالجة بالأشعة الشمسية.								
المعاملات	قبل المعالجة	8/19	8/20	8/21	8/25	8/29	9/5	%الازالة
t <sub>1</sub>	10 <sup>5</sup> ×21	10 <sup>5</sup> ×7.5	10 <sup>3</sup> ×110	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>2</sub>	10 <sup>5</sup> ×21	10 <sup>5</sup> ×4.3	10 <sup>3</sup> ×70	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>3</sub>	10 <sup>5</sup> ×11	10 <sup>5</sup> ×0.23	10 <sup>3</sup> ×7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	%100
t <sub>4</sub>	10 <sup>5</sup> ×11	10 <sup>5</sup> ×0.24	10 <sup>3</sup> ×0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	%100

الماء مع الاشعاع وهذا ما يؤكد [32, 17]؛ إذ أشاروا الى ان الدرجة الحرارية المؤثرة في اضعاف وقتل البكتريا المعوية 30 م° ولكن على حساب زيادة مدة التعريض الى اكثر من ثلاثة ايام وكانت درجة حرارة الماء خلال المعالجة الحالية في ساعات الظهيرة ما بين 46-51 درجة مئوية مما قد يؤدي الى زيادة التأثير وحدوث عملية البسترة Pasteurization Effect, مع تثبيط ميكانيكية الاصلاح والترميم للـ DNA والاضرار بالبروتينات الخلية [2]؛ إذ ان تعرض الخلايا الميكروبية للأشعة الشمسية تؤدي الى مهاجمة الفوتونات للبروتينات اما بصورة مباشرة او غير مباشرة نتيجة لتأثير الـ ROS مثل ذرة الاوكسجين O<sub>2</sub><sup>-</sup> وجذر الهيدروكسيل الحر مما يؤدي الى اثاره المركبات العضوية الحساسة داخل الخلايا البكتيرية مثل الـ Flavins Guinones Porphrins and الخ والتي تساهم ايضا في اطلاق الـ ROS داخل الخلية وبالتالي اكسدة

الاحماض الامينية واكسدة الاحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة، مما سيؤدي الى موت الخلية [7, 17]، وهذا يفسر ميكانيكية تأثير التعرض للأشعة الشمسية في تثبيط والقضاء على الاحياء الدقيقة والذي يعتمد على درجة تحسها للضوء وطبيعة المياه المعالجة [33]؛ اذ تختلف مدة المعالجة بالتعريض للأشعة الشمسية حسب نوع الاحياء المجهرية وشدة الاشعاع الشمسي، فالعديد من الفايروسات الفطريات والبكتريا حساسة للأشعة الشمسية وان ارتفاع اعدادها سيقبل من درجة حساسيتها للأشعة مما يتطلب زيادة فترة التعريض، كذلك زيادة مدة التعريض كلما انخفض تركيز الاوكسجين المذاب، كما تساهم قيمة الـ pH المرتفعة كعامل ضغط على الاحياء الدقيقة [13]. كما يلعب التأثير التازري دورا في القضاء على العديد من المسببات المرضية والكائنات الدقيقة اذ تصل نسبة الازالة للفايروسات الى 96% مع تثبيط العديد من الطفيليات والممرضات الفطرية التي تصيب الانسان [17].

## الاستنتاجات

- 1- التحسن الكبير في شفافية الماء واختفاء الروائح الكريهة من مياه المجاري المعالجة بالأشعة الشمسية.
- 2- الانخفاض المعنوي لكل من الحمل العضوي والعسرة الكلية والقاعدية الكلية وايونات الكلوريدات والفوسفات
- 3- هنالك تأثير تازري ملحوظ لدرجة حرارة الماء في القضاء على ادلة التلوث البكتيري المدروسة عند المعالجة الشمسية

## التوصيات

- 1- اجراء المزيد من الدراسات حول تأثير التعرض للأشعة الشمسية على الفطريات والبروتوزوا والطفيليات مع دراسة تأثير بعض العوامل البيئية كالكلورة والاكسجين والمواد العضوية واعداد الاحياء الدقيقة على عملية تعقيم المياه.
- 2- الاستفادة من هذه التقنية وعلى مستوى العائلة في توفير مياه شرب امنة في القرى والارياف التي لا تتوفر فيها مياه اسالة.
- 3- الحد من تدهور مياه نهر دجلة بتطبيق هذه التقنية لمعالجة المياه العادمة بعد نقلها الى المنخفضات جنوب مدينة الموصل مع فسخ المجال لدور المعالجة الطبيعية والنباتية في تحسين نوعية المياه والاستفادة منها في المجالات الاخرى.

## المصادر

1. Elkarmi, A., Abu-Elteen, k and AL-karmi, A. (2008). Disinfecting Contaminated Water with Natural Solar Radiation Utilizing a Disinfection Solar Reactor in a Semi-arid Region. Jordan. J. Bio. Sci.1(2): 47-53.
2. Meyer, V. and Reed, R. H. (2001). Solar disinfection o coliform bacteria I hand- drawn drinking water. Water SA. 27(1): 49-52.
3. Reed, R. H., Mani, s. k. and Meyer, V. (2000). Solar photo- oxidative disinfective of drinking water: preliminary field observations. Applied Micro. 30: 432-436.
4. Rojko,C. (2003) Solar disinfection of drinking water. Msc. Thesis Coll. Of Engineering, U. S. A.
5. Carballa, M., Omil, F. and Lema, J. M. (2007) Calculation methods to perform mass balances of micro pollutants is sewage treatment plant :Application to pharmaceutical and personal care product Environ. Sci. Technol. 41 : 884 -890.
6. Lazar, M. A. , Varghese, S. and Nair, S. S. (2012) Photo catalytic water treatment by titanium dioxide: Resnt Update. Catalysts. 2: 572-601.
7. Tolentino, J. F. O., Colen, F., Duarte, E. R., Almeida, A. C., Colen, K. G., Souza, R. M. and Silveira, J. T. (2013) The effect of solar radiation in the treatment of swin biofertilizer from anaerobic Reactor. htt: //dx. Doi. Org/ 10. 5772/ 51946. P: 79-95.
8. Hussein, F.H. and Abass, T. A.(2010). Solar photolysis and photocatalytic treatment of textile industrial waste water. Int.J chcm. Sci. 8(3): 1409-1420.
9. Whitmore,S. E., Potten, C. S., Chadwick, C. A., Strnkl , P.T. and Morison, W.L (2001). Effect of the photo reactivation light on UV radiation – induced alterions in human skin. Photodermatol , Potoimmunol photomed. 17(5): 213-217.
10. Freeman,W. H. (2005). Genetic: A conceptual Approach, 2<sup>nd</sup> ed. Freeman and Company. New York. 491.
11. Wegelin, M.S., Canonica, K. M., Fleisehmann, F. T. and Metzler, A. (1994). Solar water disinfections scope of process and analysis of radiation experiments. J. Wat. SRT-Aqua. 43(3): 154-169.



12. Dababneh, B. F., Shguirat, W. and Abbassi, B. E. (2012) Coliform-Specific solar disinfection of treatment wastewater. *Poll. J. Environ. Stud.* 21(6): 1577- 1581.
13. Syputa, M., Paluszak, Z., Ligocka, A. and Skowron. K. (2013) Effects of spring season solar drying process on sanitation indicators in sewage sludge and potential as a method for fertilizer production. *Annals of Agri. and Envir. Medi.* 20(1) :8-12.
14. APHA;. AWWA ;.WCPE. (1998). "Standard method for examination of water and wastewater". 20<sup>th</sup> ed., Washington, DC, USA.
15. Kumar, A, Bisht, B. S., Joshi, V. D. and Dhewa, T. (2011) Review on International Journal of Environmental Sciences. 1(6).
16. الصفاوي، عبدالعزيز يونس طليع؛ طلعت، ريم اياد. (2018). تنقية مياه الصرف الصحي بالتعريض المباشر للأشعة الشمسية. مقبول للنشر في مجلة علوم الرافدين.
17. Mcguigan, K. G., Conroy, R. M., Mosler, H. J., Dupreez, M., Jaswa, E. U. and I BANEZ, P. F. (2012). Solar water disinfection (SODIS): A review from bench- top to roof- top. *J. Hazardous material* : 1-18.
18. Utsev, J.T. and Agunwamba, J.C. (2012). Effective positioning of solar reflections in solar enhanced waste stabilization ponds. *The pacific J. Sci. and Tech.* 13(1) : 34-43.
19. Legrini, O., Oliveros, E., and Braum, A. M. (1993). Photochemical Processes for water treatment. *Chemical Review.* 93(2): 671-698.
20. الصفاوي، عبدالعزيز يونس طليع؛ السردار، نور ميسر (2018)، استخدام بعض الطرائق الفيزيائية والحيوية لتحسين نوعية مياه الآبار، مقبول للنشر في مجلة التربية والعلم.
21. Manahan, S.E. (2004). *Environmental chemistry.* 8<sup>th</sup> ed. CRC press. Washington DC. 782.
22. Ostroumov, S.A. (2006). Bio-machinery for maintaining water quality and natural water Self-purification in marine and estuarine systems: elements of a qualitative theory. *International Journal of oceans and Oceanography,* 1(1): 111-118.
23. Olutiola, P.O.; Awojobi, K.O.; Oyedeji, O.; Ayansina, A.D.; Cole, O.O. (2010). Relationship between bacterial density and chemical composition of a tropical sewage oxidation pond. *African Journal of Environmental Science and Technology* 4(9): 595-602.
24. Reed, R. H. (1996). Solar water treatment. 22<sup>nd</sup> WEDC Conference Proceed: n J s, new Delhi. India.

25. Mckane, L. and Kandell, (1996). Microbiology essentials and applications McGraw- Hill.
26. الصفاوي، عبدالعزيز يونس طليح؛ والمعاضيدي، علاء طلعت حسين (2014)، الواقع البيئي لوادي عكاب وتأثيره على مياه نهر دجلة شمال مدينة الموصل، العراق، مجلة العلوم البيئية، جامعة . 12: 55 – 61.[JES]سوهاج، جمهورية مصر العربية
27. Fukushima, M. and Tatsumi, K., (1999). Light acceleration of iron(III) reduction by humic acid in the aqueous solution, Colloids and Surfaces A: Physicoch.& Eng. Aspect. 155: 249 . 258.
28. Ifabiyi, I. P. (2008). Self-Purification of a freshwater Stream in Ile-Ife Lesson for water management. J. Hum. Ecol. 24(2): 131-137.
29. Diaz, O.A., Reddy, K.R. and Moore, P.A.,(1994). Solubility of inorganic phosphorus in stream water as influenced by pH and calcium concentration, Water Resources. 28( 8): 1755 . 1763.
30. Banwart, S.A., (1999). Reduction of iron(III) minerals by natural organic matter in groundwater, Geochemical and Cosmochi. Acta, 63, (19/20). 2919 . 2928. Bioremediation of Polluted Environment: A management Tool.
31. Musvoto, E.V., Wentzel, M.C. and Ekama, G.A.,(2000). Integrated chemical-physical processes modeling . II. Simulating aeration treatment of anaerobic digester supernatants, Water Res. 34( 6): 1868 .1880.
32. Pond, K., Rueedi, J. and Pedley, S.(2004).Pathogens in drinking water sources. Centre for Public and Environmental Health. United Kingdom . 90.
33. Bosshard, K.F., Riedel, T. S., Geiser, C. M. and Bucheli, T. E., (2010). Protein oxidation and aggregation in UVA-irradiated Escherichia coli cells as signs of accelerated cellular senescence, Environ. Microbiol. 12: 2931–2945.