وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية – كلية العلوم
قسـم البيئـة

دراسة امكانية استخدام بعض انواع الطحالب في معالجة مياه الصرف الصحي وتقييم كفاءتها

بحث مقدم الى مجلس قسم البيئة / كلية العلوم وهي جزء من متطلبات نيل درجة بكالوريوس علوم في علوم البيئة

من قبل الطالب
كرار حيدر سلمان

بأشراف
م.د. ختام عباس مرهون

نيسان 2019 رجب 1440

الخلاصة

اجريت الدراسة الحالية لبيان مدى امكانية استخدام الطحالب كخطوة اضافية في مرحلة المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي وتقييم كفاءتها في ازالة او تقليل الملوثات الموجودة في هذه المياه وتحسين نوعيتها، فقد تم اختيار ثلاثة انواع من الطحالب وهي الطحلب الاخضر المزرق *Nostoc linckia* والطحلب الاخضر *Chlorella sarcchophila* والطحلب العصوي *Nischia Palea* لغرض استخدامها في معالجة الحيوية لمخلفات مياه الصرف الصحي وتحديد كفاءتها ، اذ جمعت العينات من احواض الترسيب النهائي للمحطة، فقد شملت الدراسة اجراء بعض الفحوصات الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي بعد تصريفها من محطة المعالجة والتي كانت قياس التوصيلية الكهربائية والاوكسجين المذاب والاس الهيدروجيني والقاعدية الكلية والعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنسيوم والكبريتات وكذلك المغذيات النباتية (النتريت ، النترات ، الفوسفات).

أظهرت نتائج الدراسة بان قيم الخواص المدروسة أعلاه قبل معاملتها بالطحالب كانت كالاتي 1996.9 مايكروسيمنز/سم ، 1.26 ملغم/لتر، 7.8 ، 368.3 ملغم/لتر , 394.7 ملغم/لتر، 849.7ملغم/لتر، 110.56ملغم/لتر، 489.4 ملغم/لتر، 31.8 مايكروغرام/لتر، 629.6 مايكروغرام/لتر، 887.4 مايكروغرام/لتر على التوالي، بينما كانت النتائج بعد كالاتي(147.2 مايكروسيمنز/سم، 24.8 ملغم/لتر، 8.5 ، ملغم/لتر113.9 ، 189.5 ملغم/لتر ، ملغم/لتر 30.6 ، 38.6 ملغم/لتر ، 189.4 ملغم/لتر، 1.2 مايكروغرام/لتر ، 269.5 مايكروغرام/لتر ، 463.8 مايكروغرام/لتر) عند معاملتها بطحلب *N.palea* وبنسب إزالة كلية (92.6 ، 94.9 ، 8.2 ، 69.1 ، 77.7 ، 92.9 ،65.08 ،61.3 ،96.2 ، 57.2 ،47.7) % على التوالي ، اما بالنسبة للمعاملة بطحلب *C.sarcchophila* فقد كانت القيم بعد مرور عشرة ايام كالاتي (159.9 مايكروسيمنز/سم، 25.49 ملغم/لتر،8.1 ، 98.6 ملغم/لتر،106.7 ملغم/لتر ،29.8 ملغم/لتر، 18.6 ملغم/لتر، 104.6 ملغم/لتر ،0.9 مايكروغرام/لتر ،189.7 مايكروغرام/لتر، 386.4 مايكروغرام/لتر) وبنسب إزالة كلية (92.1 ،95.1،3.7 ، 73.2 % (56.5، 69.9، 97.2 ، 78.6 ، 83.17 ، 92.4، 87.4، على التوالي . وعند معاملتها بطحلب *N linckia* وكانت النتائج (152.6 مايكروسيمنز/سم، 24.2 ملغم/لتر، 8.2 ، 136.4 ملغم/لتر،165.2 ملغم/لتر، 39.7 ملغم/لتر، 20.53 ملغم/لتر، 177.2 ملغم/لتر، 2.4 مايكروغرام/لتر، 285.6 مايكروغرام/لتر، 417.9 مايكروغرام/لتر) وبنسب إزالة كلية (92.4 ، 94.7 ، 4.8 ، 63.2 ، 80.5، 89.9 ، 72.42 ، 63.9 ، 92.5 ، 54.6 ، 52.9) % على التوالي. بينما كانت نتائج الدارسة بالنسبة لمعاملة العينات بمزيج من الطحالب الثلاثة كالاتي (139.8 مايكروسيمنز/سم ،31.6 ملغم/لتر، 7.9 ، 83.5 ملغم/لتر، 97.9 ملغم/لتر، 13.4 ملغم/لتر،

20.43 ملغم/لتر، 96.9 ملغم/لتر،0.2 مايكروغرام/لتر،126.4 مايكروغرام/لتر، 298.3 مايكروغرام/لتر) وبنسب إزالة كلية (92.9 ،96.1 ، 1.3 ، 77.3 ، 88.5 ، 81.43 ، 80.2 ، 99.2 ، 79.9 ، 66.3)% على التوالي.

وقد تبين من النتائج ان استخدام مزيج من الطحالب الثلاثة كان له الافضلية عند المعالجة واكثر كفاءة من استخدام الطحالب كلا على حدة ما عدا المغنيسيوم فقد كانت كفاءة الطحلب الاخضر *C.sarcchophilia* في ازالته اعلى من باقي الطحالب والمزيج معا ، اما بالنسبة لاستخدام الطحالب بشكل منفرد فقد كانت اعلى نسبة ازالة للملوثات عند استخدام طحلب *Chlorella sarcchophila* ويليه طحلب *Nischia Palea* ثم طحلب *Nostoc linckia* .

وبهذا فان استخدام الطحالب في المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي قد مكنت وبشكل ملحوظ من خفض الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المطروحة من محطة المعالجة وحسنت نوعيتها بكفاءة جيدة.

المقدمة

يعد الماء المكون الأساسي للحياة وهو المركب الأكثر أهمية لكل الكائنات الحية اذ يرتبط وجودها بوجود وفرة الماء ونظرا لزيادة استخدامه وسهولة الحصول عليه من قبل الانان أصبح عرضة للتلوث من خلال النشاطات البشرية مما يسبب تغير في خواصه الطبيعية اذ تستخدم البيئات المائية وخاصة الأنهار كمواقع لتصريف المخلفات المتولدة من النشاطات المتنوعة سواء كانت بشرية، او صناعية او زراعية. (Adewoye, 2010)

تعتبر مياه الفضلات المنزلية التي تطرح مباشرة الى مياه الأنهار من المشاكل الرئيسية المسببة للتلوث في المياه السطحية والجوفية على حد سواء في الكثير من بلدان العالم نتيجة لكونها غير معالجة او معالجة بصورة جزئية ومن هذه البلدان العراق بسبب قلة او عدم كفائة محطات المعالجة فيه. (Apegbe, 2013)

ان طرح مياه فضلات الصرف الصحي في مياه الأنهار له تأثير كبير غليها لكونها تعمل على تغيير في الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه وهذا له تأثير سلبي على الاحياء المائية ابتداء بالمنتجات وصولا الى قمة السلسلة الغذائية (الانسان) لذلك أصبح الاهتمام بمعالجة هذه المخلفات امر في غاية الأهمية ومسعى اغلب مجالات البحث الحديث. (Mishra, 2013).

تختلف التقنيات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي فمنها الفيزيائية او الكيميائية وبعضها يعتمد على الدمج بين الطريقتين والبعض الاخر من العمليات يعتمد على طرق حياتية. (Pia-Bes,*etal*,2002). اذ يعد نظام المعالجة الحياتي من أفضل أنواع التقنيات المستخدمة في المعالجة لكونها طريقة امنة صحيا وقليلة الثمن. فضلا عن توفر موادها الأساسية في الطبيعة لكونها تعتمد على الكائنات الحية (البكتريا، الفطريات والطحالب) التي تعتبر المياه مواطن لها (William, 1997، حمدي،2002).

ان استخدام الطحالب في المعالجة الحوية لمياه الصرف الصحي يعتبر من أفضل الطرق المستخدمة في المعالجة لكونها ذات قابلية كبيرة على إزالة الكاربون والنيتروجين والفسفور من المياه الملوثة بها فضلا عن كونها لا تحتاج الى طاقة واستخدام مواد كيميائية وتعمل على تقليل تكوين الوحل على العكس من ذلك اذ يعتبر استخدام الطحالب في المعالجة الحيوية من التقنيات المنتجة للوقود وبعض المواد الكيميائية الفعالة اقتصاديا. (Roa, 2012).

الهدف من الدراسة: –

تهدف الدراسة الحالية الى تقدير قيم الملوثات في محطة معالجة مياه الصرف الصحي التي تطرح الى مياه نهر الديوانية وبيان إمكانية استخدام بعض الأنواع الطحلبية في معالجتها من خلال المحاور التالية:

1 -دراسة قيم الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه احواض الترسيب النهائي في محطة معالجة مياه الصرف الصحي والتي تطرح الى مياه النهر مباشرة.

2 -دراسة إمكانية بعض الأنواع الطحلبية في إزالة الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي.

3 -التعرف على كفاءة الأنواع الطحلبية قيد الدراسة في معالجة الملوثات من خلال تقدير النسبة المئوية للإزالة.

استعراض المراجع

مياه الصرف الصحي ومكوناتها

يمكن ان تعرف بانها المياه الناتجة من الاستعمالات المنزلية المختلفة والتي تختلط بمياه عادمة صناعية او زراعية. (الصفدي والظاهر، 2008).

تعد مياه الصرف الصحي من اهم المخاطر التي تواجه الصحة العامة لكونها تطرح الى المياه بدون معالجة او معالجتها جزئيا خاصة في الدول النامية مما تسبب في زيادة تلوث المياه وفقدان التنوع الحيوي في الجسم المائي فضلا عن استهلاك هذه المخلفات من قبل الاحياء المائية ودخولها ضمن السلسلة الغذائية مسببة مشاكل صحية كثيرة. (Danazumi and Bichi, 2010).

تختلف تأثيرات مياه الصرف الصحي وخاصة الغير المعالجة كليا على البيئة المائية بدرجة كبيرة على نوعية وتركيز الملوثات التي تحتويها. (Metcalf and Eddy, 2003).

اذ تحتوي مياه الصرف الصحي على نسبة كبيرة جدا من الماء تصل حوالي 99.9% اما بقية المكونات فهي مواد ملوثة تشمل المواد الصلبة العالقة ومركبات عضوية ذاتية ومواد لا عضوية صلبة والمغذيات والمعادن فضلا عن احتوائها على بعض الاحياء المجهرية الممرضة. (Templeton and Butler, 2011).

كما قد تمتزج مياه الفضلات الصناعية مع مياه الصرف الصحي في مجاري بعض المدن الكبيرة مسببة زيادة في زيادة الملوثات السامة مثل المعادن الثقيلة. (Slomkiewicz and Zdenkowski, 2003).

الملوثات مثل الأسبستوس والسيانيد وزيوت المحركات والشحوم والهيدروكربونات والحوامض وبعض الفضلات العضوية التي تصل الى شبكة المجاري عن طريق الانجرافات المدنية التي تحمل معها مخلفات عمليات البناء وفضلات الحيوانات وانجرافات الاملاح من الطرق وانبعاثات وسائل النقل بواسطة مياه الامطار، اذ تمتاز هذه الانجرافات بكونها أكثر سوءاً من الفضلات المنزلية. (Raven *etal*., 2010).

ومن المكونات الأخرى لمياه الصرف الصحي هي المنظفات التي تسبب زيادة في تركيز الفوسفات في المياه فضلا عن كونها تسبب رغوة على سطح الماء تعيق عملية التبادل الغازي. (السعدي،2006).

وتعد المواد الكيميائية التي تعمل عمل الهرمونات او التي تثبط عملها أحد المكونات التي تحتويها مياه الصرف الصحي والتي يكون مصدرها الادوية البشرية والبيطرية (مخلفات المستشفيات) والمبيدات التي تسبب حدوث سرطانات مختلفة (WHO, 2006).

وبشكل عام فان المكونات الرئيسية لمياه الصرف الصحي قد قسمت الى المجاميع الأربعة التالية (Templeton and Butler, 2011):

1 - فضلات الجسم (البراز وغيرها)

2 - نفايات غذائية

3 - المواد السلولوزية الورقية

4 - المواد الاعضوية الصلبة التي تشمل الرواسب السطحية، ودقائق التربة والاملاح والمعادن.

نظام معالجة الصرف الصحي: -

انشات العديد من الدول محطات لغرض معالجة مياه الصرف الصحي لتقليل الاضرار الناتجة من تصريف مثل هذه المخلفات الى مياه الأنهار مباشرة وتقليل نسب الملوثات التي تحويها الى النسب المسموح بها التي لا تضر الحياة المائية. اذ تعتمد درجة المعالجة على مجموعة من العوامل منها طبيعة الملوثات التي تحتويها والغرض التي تستخدم من اجله المياه بعد المعالجة والخواص النهائية التي يجب ان تتصف بها المخلفات السائلة بعد معالجتها وطريقة التخلص من هذه المياه إضافة الى عمليات التحقيق التي توفرها التي تطرح فيها هذه المخلفات. (إبراهيم، 2009).

ان اختيار طريقة المعالجة للمياه العادمة يختلف اعتمادا على خصائص تلك المياه وحسب منشائها (سواء كانت منزلية أو صناعية)، وفي كلا الحالتين يجب ان تزال المواد الصلبة العالقة قبل إطلاق المخلفات الى البيئة المائية لتفادي ترسيب هذه المواد (الأمم المتحدة، 2003).

1 -المراحل الرئيسية لنظام المعالجة

يمكن تقسيم مراحل المعالجة الرئيسية حسب درجة المعالجة الى عمليات تمهيدية واولية وثانوية وثالثيه (متقدمة). (Water Corporation, 2000).

أ - المعالجة التمهيدية: – تمثل هذه المعالجة مراحل حماية لأجهزة المحطة حيث تشمل عمليات فصل الأجزاء الكبيرة وتقطيعها لمنع انسداد الانابيب وتتمثل بمناقل وأجهزة سحق وفي بعض الأحيان وجود احواض التشبع بالأوكسجين ولا تعد هذه المرحلة كافية لإعادة استخدام المياه لأي غرض اذ يتم خلال هذه المرحلة إزالة 5–10% من المواد العضوية القابلة للتحلل وحوالي 2–20% من المواد العالقة. (bes-Pia and Iborra, 2004)

ب -المعالجة الأولية: –

ويتم فيها إزالة المواد العضوية والمواد الصلبة غير العضوية القابلة للفصل من خلال عمليات الترسيب اذ تحتوي الوحدات الخاصة بهذه المرحلة على احواض ترسيب وأجهزة خلط بعض المواد الكيميائية مع المياه وتكون المياه الناتجة من هذه المرحلة غير صالحة للاستخدامات البشرية اذ يتم فيها إزالة 35–50% من المواد العضوية القابلة للتحلل وحوالي 50–70% من المواد الصلبة العالقة. (Loomis *etal*.,2003)

ويتم التخلص من المواد المزالة من المرحلة التمهيدية والاولية عن طريق الحرق او الدفن او ارجاعها الى متدفقات مياه الصرف الصحي بعد تنقيتها. (Metcalf and Van Beleen, 2007).

ج– المعالجة الثانوية: –

ويتم فيها تحويل المواد العضوية الى كتل حيوية يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب. وفي هذه المرحلة يتم إزالة 90% من المواد القابلة للتحلل وحوالي 85% من المواد العالقة. (Liang and Wong, 2000).

ويمكن تقسيم أنظمة المعالجة الثانوية حسب سرعة تحلل المواد العضوية الى عمليات عالية معدل التحلل وتشمل الحمأه المنشطة والترشيح بالتنقيط والتلامس الحيوي الدائري وعمليات منخفضة معدل التحلل تشمل برك التهوية وبرك التثبيت. (USEPA, 1998).

د- المعالجة المتقدمة أو الثالثية: -

وفي هذه المرحلة يتم إزالة الملوثات التي يصعب ازالتها بالطرق السابقة منها النيتروجين والفسفور والمواد السامة والمواد العضوية والعالقة الغير متحللة ويتم اللجوء الى هذه المرحلة عند الحاجة الى مياه عالية النقاوة. (Chen *etal*.,2005).

وتشمل عمليات المعالجة المتقدمة ما يلي:

أ - التحضير الكيميائي والترسيب: - وفيها يتم إضافة مواد كيميائية تعمل على تلاحق المواد مع بعضها وبالتالي زيادة حجمها مما يسبب ترسيبها ومن هذه المواد جزيئات الحديد والألمنيوم والكالسيوم والبوليمرات. (weber and Lepoeuf, 1999).

ب - الادمصاص الكربوني: - وفيها يتم استعمال الكاربون المنشط لإزالة المواد العضوية الذائبة بإمرار مياه الفضلات خلال خزانات حاوية على الكاربون المنشط وعند تشيعه يتم إعادة تنشيطه بالحرق. (EPA, 2000)

ت - التبادل الايوني: - ويتم فيها استعمال مبادلات ايونية لغرض إزالة المواد الغير عضوية من مياه الفضلات (Seeger, 1999).

ث - التناضح العكسي: - وفيها يتم استخدام اغشية رقيقة جداً ذات فتحات صغيرة تسمح بمرور الماء فقط دون مرور جزيئات الاملاح وتتم هذه العملية تحت ضغط عالي. (Sostar Turk and Simonic, 2005). وقد ذكر كلا من (Raven *etal*., 2010, Cunnigham and Cunnigham, 2010) بان مراحل معالجة مياه الصرف الصحي تتم بثلاث مراحل رئيسية هي:

1) المعالجة الابتدائية: وتشمل بعض العمليات الفيزيائية لغرض إزالة المواد العالقة والطافية.
2) المعالجة الثانوية أو الحيوية: ويتم فيها استخدام احياء مجهرية لغرض تكسير وتحليل المواد العضوية.
3) المعالجة الثالثية أو المتقدمة وفيها يتم تطبيق مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية لغرض تحسين نوعية المياه التي مرت بالمراحل السابقة، اذ يتم إزالة المغذيات والعناصر الثقيلة والاحياء الممرضة والهيدروكربونات.

ومما تجدر الإشارة اليه بان بعض المصادر قد تدرج استخدام بعض العمليات مثل الحمأه المنشطة ضمن المرحلة الثانوية أو ضمن المرحلة الحيوية (الثالثة) حسب اختلاف المصدر. (Shi, 2007, Ji, 2006).

المعالجة الحيوية وطرقها

تعرف المعالجة الحيوية بانها استخدام التداخلات الحيوية للكائنات الحية لإزالة او تخفيف التأثيرات الضارة للملوثات البيئية وتحويلها الى مواد اقل خطورة (Prasad, 2011). ومن الاحياء التي تستعمل لهذا الغرض هي البكتيريا والفطريات والطحالب والنباتات (Leung, 2004) اذ يتم خلال هذه المعالجة تحويل المواد الكيميائية الضارة الى ماء وغازات غير سامة بواسطة الكائنات الحية لغرض تقليل او إزالة الملوثات من التربة والماء والهواء او خلال اكسدة المواد العضوية وتحويلها الى مركبات أكثر امانا واقل خطورة. (EPA, 2001)

ان وجود الاوكسجين والكائنات الحية من اهم العوامل التي تساعد في نجاح المعالجة الحيوية إضافة الى عوامل أخرى مثل درجة الحرارة والمغذيات (Baban *etal*., 2004). اذ تقسم المعالجة الحيوية اعتمادا على وجود الاوكسجين الى نوعين.

أ – طرق المعالجة الحيوية الهوائية: وفيها يتم استخدام احياء مجهرية هوائية لغرض اكسدة وتحطيم الملوثات العضوية وهذه الطريقة تعتبر من الطرق الشائعة لمعالجة فضلات المجاري المنزلية والصناعية (Kapdan and Alparslan, 2005).

ب –طرق المعالجة الحيوية اللاهوائية: وفيها يتم استخدام احياء مجهرية لا هوائية لغرض تحطيم المواد العضوية السريعة الذوبان مسببة ارتفاع الاس الهيدروجيني وإنتاج غازي الميثان وثنائي أوكسيد الكاربون. (Bell and Buckley,2003).

ومن اهم الطرق المستعملة في المعالجة الحيوية هي؛

1. طريقة الترشيح بالتنقيط: – ومنها يتم رش المياه المراد معالجتها فوق طبقة من مسحوق الحجر او البلاستيك لغرض نمو الاحياء المجهرية التي تعمل على استهلاك المواد العضوية الموجودة في مياه الفضلات لاستمرار نموها اذ يتم فيها إزالة نسبة كبيرة من الملوثات العضوية تصل الى 99% وبهذا تكون مناسبة لطرحها بالأنهار او شبكات المجاري بعد عملية الترسيب النهائي. (Van-der Brugger and Curico, 2004).

2. طريقة الملامسات الحيوية الدوارة: وفيها يتم غمر محور تدور حوله مجموعة من الأقراص البلاستيكية المرتبطة به اذ تغمر الى حوالي نصف قطرها في مياه الفضلات وبعد خروجها من المياه يدخل الهواء ليلامس الغشاء الحيوي الذي تتم بواسطته المعالجة، وتمتاز هذه الطريقة بان نسبة إزالة الملوثات فيها تبلغ 85% (Libra and Sosath, 2003).
3. طريقة الحمأة المنشطة: وفيها يتم استخراج جزء من الحمأة المترسبة في احواض الترسيب الثانوية ويعاد وضعها في احواض المعالجة التي تحتوي على الاحياء المجهرية التي تكون بتماس مباشر مع المواد العضوية، ويساعد على استمرار هذا التماس باستعمال مراوح تعمل على توفير الاوكسجين المطلوب لسد حاجة الاحياء المجهرية ويتم في هذه المرحلة إزالة 93% من المواد العضوية. (Pala and Tokat, 2002)، وهذه الطريقة من أكثر طرق شيوعا واستخداما للمعالجة.
4. طريقة احواض التهوية: ويتم فيها ادخال مياه الفضلات في احواض التهوية لتنشيط الاحياء المجهرية الهوائية لأكسدة المواد العضوية ويساعد في عملية التهوية استعمال التهوية الميكانيكية اذ تعتبر أحد طرق الحمأة المنشطة (Stewart, 2000).
5. طريقة برك الاكسدة: تتم المعالجة في هذه الطريقة اعتمادا على نشاط مشترك ما بين الطحالب والبكتريا وجود اشعة الشمس وبعض المواد الموجودة في مياه الفضلات، اذ يتم فيها إزالة الشوائب السامة والقضاء على الاحياء الممرضة وبيوض الديدان نظرا لبقاء المياه في البرك لمدة زمنية طويلة مع ارتفاع الاس الهيدروجيني (Ledakowicz *etal*., 2001).

وما هو جدير بالذكر ان استخدام المعالجة الحيوية من أفضل طرق المعالجة وهي ليست بالمر الجديد، اذ ان اول معمل انشا لمعالجة مياه الفضلات كان في عام 1891 في بريطانيا، لكن استعمال مصطلح المعالجة الحيوية Bioremediation كان حديثا اذ بدء يظهر بالبحوث والمصادر العالمية عام 1987. (NABIR, 2003).

الطحالب وأهميتها: –

وهي كائنات حية البعض منها مجهرية ذاتية التغذية اذ لها القابلية على استخدام اشعة الشمس مصدرة للطاقة واكسدة المواد العضوية. مصدرا للكاربون وبهذا فهي تلعب دور مهم في دورة العناصر

في البيئة. وتمتاز الطحالب بمجموعة من المميزات التي جعلتها تدخل في تطبيقات الحياة المتنوعة منها:

- تعد مصدر غذائي مهم للأحياء البحرية والمائية واعلافا للماشية والدواجن لاحتوائها على الفيتامينات والاحماض الامينية والبروتينات (Yun and Park, 2003).
- تعمل على زيادة خصوبة التربة فهي مصدر مهم للأسمدة بعد تجفيفها لاحتوائها على نسبة عالية من المواد النتيروجينية كما لها دور في تكوين الصخور المرجانية. (Benedetti-Cecchi, 2000).
- تعد مصدر أساسي للأوكسجين على سطح الأرض، اذ تستطيع المحافظة على نسبته في الجو من خلال استهلاك Co_2 الزائد في الجو بنسبة 3% وتحرير O_2 وبذلك تمنع التلوث. (Tsukahara.*etal*., 2000)
- تستخدم الطحالب في تطوير العلوم الأخرى مثل علم الخلية، الوراثة، الفسلجة كما تستخدم في الكثير من الصناعات ومنها الصناعات الغذائية. (tam and Wong, 2000). كما تستخدم في انتاج المواد الطبيعية وصناعة الادوية وتنظيم مستويات الهرمونات (المالكي 2004، والعوضي 2005)، كما أدخلت الطحالب في تجارب الهندسة الوراثية لزيادة قدراتها على الإنتاج وخاصة انتاج الهيدروجين. (الخطيب، 2005).
- تلعب الطحالب دور مهم في معالجة مياه الفضلات بشكل منفرد او بشكل مشترك مع البكتريا اذ تعمل على تزويد البكتريا بالأوكسجين اللازم لتحليل المواد العضوية واستمرار المعالجة الحيوية. (Nandini *etal*.,2004).

المعالجة الحيوية باستخدام الطحالب

استخدمت الطحالب في المعالجة الحيوية لعدد من الملوثات المختلفة وتشمل هذه الملوثات المغذيات وبعض المواد الأخرى الموجود في مياه المجاري وتحويلها حيويا الى مواد أكثر امانا واقل خطورة من الناحية الصحية، فضلا عن استخدام الطحالب لإزالة غاز ثنائي أوكسيد الكاربون، ومعظم المعالجات كانت تحض مياه الصرف الصحي لإزالة وتحليل المغذيات والملوثات العضوية وغير العضوية بكفاءة عالية. (Muthukmaran, 2005, Olguim, 2003).

ان استخدام الطحالب في المعالجات يجنبنا استخدام المواد الكيميائية الخطرة، مما يجنبا تكوين كيماوية ثانوية قد تكون سامة وقد تكون أكثر خطورة من المواد الاصلية. (Sivasubramanian, 2012).

تعد المعالجة الحيوية باستخدام الطحالب وجهة بيئية جديدة ذات طابع اقتصادي غير مكلف لكونها تستهلك بعض الملوثات كالمغذيات وبعض العناصر في انتاج البروتين الذي يشكل نسبة كبيرة من وزنها الجاف لذلك ازدادت الدراسات والبحوث التي تتضمن استعمال الطحالب في معالجة مياه الفضلات. (Hoffman, 1998).

بهذا يمكن بيان مجموعة من الفوائد التي يمكن الحصول عليها عند استخدام الطحالب في المعالجة الحيوية وهي:

1. انتاج كميات كبيرة من الاوكسجين الناتج من عملية البناء الضوئي الى البيئة المائية عند استعمال الطحالب في المعالجة.
2. يمكن إزالة المغذيات بسهولة وبكفاءة عالية لكونها ضرورية لنمو الطحالب.
3. لا يحصل في هذه المعالجة أي تلوث إضافي.
4. عدم الحاجة الى استخدام الكاربون عند عمليات المعالجة.
5. إمكانية إعادة استخدام المغذيات داخل الكتلة الحية وبهذا يمكن خفض تكاليف المعالجة.
6. تعتبر هذه المعالجة اقل كلفة اقتصادية من غيرها.

دراسات استعمال الطحالب في معالجة مياه الفضلات

لقد استعملت الطحالب في الكثير من الدراسات المتعلقة بمجال معالجة مياه الصرف الصحيّ واستعادة المغذيات وتدويرها ، والسيطرة على الفضلات من جهة ، وتحقيق فوائد اقتصادية من جهة أخرى(المشهدانيّ، 2002).

لقد تطورت أساليب المعالجة باستعمال مزارع الطحالب الدقيقة لإزالة المغذيات من مياه الفضلات الغنية بالنتروجين والفسفور وإنتاج الأوكسجين (Tang *etal*., 1997 و Gonzalez *etal*., 1997)، فضلا عن تحطيم واختزال الملوثات العضوية والمنظفات والصابون والكبريت والزيوت والقاعدية العالية والمواد الصلبة العالقة والذائبة اذ حققت نسب إزالة وصلت إلى 86% (Pala & Tokat, 2002). ويرى الباحثون أهمية استعمال الطحالب في المعالجات الحياتية للمنظفات ومن الطحالب المستعملة لهذا الغرض *Chlorella Sorokinana* و *Chlorella pyrenoidosa* و *C. vulgaris* (Kosaric, 1992) . كما أشار الكثير من العلماء على استعمال Chlorella

وScendesmus في معالجات مياه الصرف الصحي والصناعيّ (Van-Coillic *etal*., 1990 و Polec *etal*., 1992). اذ سجلت البحوث أن الإزالة للنترات كانت أكثر من 90% لمياه الصرف الصحي و80% من الفوسفات حتى نهاية اليوم العاشر عند استعمال طحلب *Chlorella pyrenoidosa* و*Scenedesmus sp.* (Lau et al., 1995)

كما لوحظ ان طحلب Chlorella vulgaris ذو كفاءة في إزالة 100% من الامونيا خلال 16 ساعة و94% للفوسفات خلال 8 ساعات من مياه الفضلات. (Tam & Wong, 2000). وقد درست إمكانية نوعين من الطحالب الخضراء *C. vulgaris* و *Chlorella miniata* في إزالة الامونيا والنيكل من مياه الفضلات وأشارت نتائج الإزالة بتفوق *C. miniata* بنسبة 99% بالمقارنة مع *C. vulgaris*. (Wong *etal*., 2000)

كما اجريت دراسات حول استخدام مزارع طحلبية مجتمعة مع البكتريا لغرض زيادة كفاءة المعالجة الحيوية فقد لوحظ ان طحلب *C. vulgaris* مع بكتريا *Azospirillum brasilense* تتمكن من إزالة كميات كبيرة من الفسفور والنتروجين بنسب اكفأ مما لو كانت وحدها تحت الظروف المختبرية لفضلات المياه الصحية والمنزلية (De- Bashan *etal*., 2002 ; 2005).

وفي دراسات أخرى اكدت أن الطحالب لها امكانية في تحطيم واختزال سمية الأصباغ ومنها طحلب *Spirogyra sp*. وطحلب *Oscillatoria tenuis* وطحلب*Chlorella vulgaris* اذ لا تقوم بتحطيم الأصباغ فقط بل تستعملها كمصدر للكاربون والنتروجين(Jingi & Houtian, 1992؛ Lima *etal*., 2003؛ Shaw *etal*., 2002 Acuner & Dilek, 2004 Aksu &؛ Tezer, 2005؛).

الدراسات المحلية:

أجريت مجموعة من الدراسات المحلية حول إمكانية استخدام الطحالب بصورة منفردة في معالجة مياه الفضلات سواء كانت منزلية او صناعية تركزت اغلبها حول كيفية التخلص من المغذيات ومنها دراسة (نصر الله، 1997) اذ أكد على استخدام بعض أنواع الطحالب الخضر *Oedogonum sp*, *Scenedesmus Quadricauda* في معالجة مياه الفضلات في مرحلة المعالجة الثالثية اذ سجلت نسب إزالة بلغت 47.9% و 64.7% لكل من النترات والفسفور على التوالي، تلتها دراسة (Kassim and Al-Lami, 1999) والتي تضمنت استخدام الطحالب الخضر أيضا

S.abundance, S.quadricauda في إزالة المغذيات (النيتروجين والفسفور) وسجلت الدراسة اعلى نسب إزالة للفسفور 85% وللنترات 50%.

بينما استعمل المشهداني (2002) طحلب *Chlorella Vulgaris* في معالجة المخلفات الصناعية لمعملي الالبان والزيوت النباتية وسجل نسب إزالة 94.1% بالنسبة للمتطلب الحيوي للأوكسجين و 94.1% بالنسبة للمتطلب الكيمياوي للأوكسجين وحوالي 77.9% للكلور وحوالي 97.7% و 89.5% لكل من الفوسفات والنترات على التوالي.

وقد استعملت الربيعي (2003) طحلب *Oscillatoria Psendogeniuta* و*Spirulina Major* في إزالة المغذيات وبعض العناصر الثقيلة من مخلفات محطة الرستمية وسجلت نسب إزالة 100% للأمونيا و 70% للنتريت و 80% للنترات و 100% للفسفور و 100% للعناصر الثقيلة.

وبينت الصابونجي (2002) ان الطحالب الخضر المزرقة لها الأفضلية في إزالة العناصر الثقيلة من مياه المجاري وتفوق باقي المجاميع الطحلبية من حيث نسب الازالة.

تلتها دراسات في المعالجة الكيمياوية لمياه المخلفات الصناعية منها دراسة العادلي (2003) والجبوري (2003) وتاج الدين (2004).

وعند دراسة كفاءة بعض الطحالب في إزالة العناصر الثقيلة من مياه مخلفات محطة طاقة الناصرية لوحظ بان نسب إزالة العناصر لمياه الفضلات غير المعقمة أكثر كفاءة من عينات المياه المعقمة (عيد الجبار، 2008).

كما أشارت العزاوي (2006) الى أهمية استخدام الطحالب عند معالجة مياه الصرف الصحي لمعمل نسيج الحلة لغرض إزالة الملوثات وتحسين نوعية المياه.

اما الاسدي (2014) فقد استخدم مجموعة من الطحالب *Oscillatoria Vauchera* و*Stigonema Agard* من الطحالب الخضر المزرقة و *S. dimorphus* و *Cladophora sp.* من الطحالب الخضر لغرض معالجة مياه الفضلات لمعل نسيج الديوانية ومياه الصرف الصحي واستنتج بان المعالجة الحيوية باستخدام الطحالب الحرة والمفيدة قد حسنت بشكل كبير من نوعية المياه العادمة.

وفي دراسة اجراها الجبوري وجماعتهُ (2017) حول استخدام الطحالب المجهرية *Chlamydomonas reinharditii* و *S. obliquas* و *Botryococcus braunii* و *C.*

vulgaris في معالجة مياه الفضلات المنزلية، واظهرت النتائج بان الطحالب قيد الدراسة قابلية كبيرة على خفض معدل الملوثات في مياه الفضلات.

استناداً لما تقدم جاءت الدراسة الحالية باختيار مجموعة من الطحالب لغرض تقدير كفاءتها في معالجة مياه الصرف الصحي بشكل منفرد كلا على حدة وبشكل مزيج من الطحالب

المواد وطرائق العمل

1 -وصف محطة معالجة مياه الصرف الصحي

تقع محطة المياه العادمة في جنوب مركز الديوانية على طريق رقم (8) المحاذي لمجرى مياه نهر الديوانية، بعد ان تم التخطيط لإنشائها عام 1980 من قبل الشركتان Continental Construction Limited الهندية و Passavant الألمانية وبدء العمل فيها فعليا عام 1984 بطاقة تصميمية بمقدار 12000م^3/ يوم (إدارة المحطة،2018)، تعمل المحطة على معالجة فضلات 80000 الف شخص بتصريف نهائي ذو نوعية مطابقة للمواصفات العراقية رقم (25) لسنة 1967 من حيث قيم المتطلب الحيوي للأوكسجين والبالغة 20ملغم/لتر والمواد العالقة TSS بمقدار 30ملغم/لتر، وبسبب الزيادة السكانية المستمرة، أصبحت المحطة تؤمن متطلبات معالجة الفضلات بنسبة 20% فقط من حاجة المدينة (Palmer, 2004) في الوقت الحالي يدخل المحطة حوالي 41000م^3/يوم من فضلات المدينة ليتم معالجتها داخل المحطة (مديرية مجاري الديوانية، 2018).

وتتضمن عملية المعالجة فيها مرحلتين فقط هما المعالجة الابتدائية والتي تشمل بعض العمليات الفيزيائية كإزالة المواد الصلبة والرمال باستعمال المصافي واحواض إزالة الرمل، لتبدأ المرحلة الثانية وهي المعالجة الحيوية المتمثلة بالحمأة المنشطة Activated Sludge في احواض خاصة تدعى احواض التهوية بعدها تنتقل المياه المعالجة الى احواض الترسيب النهائية ليتم طرحها الى مياه النهر مباشرة.

2 -جمع العينات

تم جمع العينات من محطة معالجة مياه الصرف الصحي لغرض اجراء الفحوصات الفيزيائية والكيمياوية والمعالجة الحيوية باستخدام بعض أنواع الطحالب من احواض الترسيب النهائية التي تطرح مباشرة الى مياه النهر بواسطة قناني من البولي ايثلين سعة 5 لتر بعد غسلها بمياه الفضلات ونقلت الى المختبر لغرض اجراء التجارب الخاصة لمعالجة الملوثات بمدة لا تتجاوز 30 دقيقة كما جمعت العينات لقياس الاوكسجين المذاب باستعمال قناني وتكلر سعة 250 ملم.

3 -العزلات الطحلبية المستعملة في التجارب.

تم الحصول على عزلات نقية من الطحالب *Nostoc linckia* و *Chlorella sacchrophila* و *Palea Nitzschia* من قسم علوم الحياة /كلية العلوم للبنات/جامعة بغداد، اذ يعود النوع الأول الى شعبة الطحالب الخضر المزرقة Cyanophyta من رتبة Nostocales عائلة Nostocaceae وهو طحلب خيطي يتألف من سلسلة من الخلايا الكروية او قرصية الشكل تتخللها خلايا أكبر حجما منها وهي خلايا الحويصلة المغايرة Heterocystis التي تحتوي على عقدتين قطبيتين اذا كانت وسطية الموقع وعقدة واحدة اذا كانت طرفية الموقع يتواجد بشكل مستعمرات خيطية ويتكاثر الطحلب بواسطة الخلايا الساكنة Akinetes التي تمتاز بكونها مقاومة للظروف البيئية الغير ملائمة وتنبت لتعطي خيطا طحلبيا جديدا عند توفر الظروف الملائمة لها. (Wehranel Sheath, 2003)

اما النوع الثاني فيعود الى شعبة الطحالب الخضراء Chlorellaceae من رتبة Chlorococcales عائلة Chlorellaceae وهو طحلب احادي الخلية صغير الحجم غير متحرك كروي الشكل يتواجد بشكل تجمعات غير منتظمة ويتكاثر بتكوين سبورات قد تكون متحركة او غير متحركة تدعى Autospores، ويعتبر هذا الطحلب من الطحالب المهمة اقتصاديا لاحتوائه على نسبة عالية البروتينات تصل الى 50% من وزنه الجاف بالإضافة الى احتوائه على معظم الحوامض الامينية الأساسية (Graham and Wilcox, 2000).

بينما يعود النوع الثالث الى شعبة الطحالب العصوية Chrysophyta من رتبة Bacillariales عائلة Bacillariaceae وهو من الدايتومات الرئيسية Pannales ويمتاز بكونه متطاول ذو نهايات ضيقة وزخارف جانبية ويحتوي على عقدتين طرفيتين يربط بينهما Raphe بشكل واضح، يتواجد هذا الطحلب بشكل منفرد او تجمعات في بعض الأحيان بالإضافة الى قابليته الواسعة على تحمل الظروف البيئية القاسية، يتكاثر هذا الطحلب جنسيا بواسطة تكوين الامشاج Gametes التي غالبا ما تكون غير متحركة. (Lowe, 1974).

4 -تنمية وادامة العزلات

تم زراعة العزلات الطحلبية باستعمال الوسط الزراعي Chu10 (Chu, 1942). جدول (1)، اذ تم تحضير كل وسط زرعي بشكل محاليل أساسية خزينة Stock Solution حفظت في الثلاجة بدون تعقيم لحين استعمالها.

ثم حضر الوسط الزرعي السائل Chu 10 يخلط كميات محددة من المحاليل الأساسية الخزينة (2-5 ملم) ويكمل الحجم الى 1 لتر بالماء المقطر وضبط قيم PH المحلول بين (8-6-7) بإضافة قطرات من HCL او محلول NaoH، بعد ذلك يعقم الوسط الزرعي السائل بواسطة الموصدة Autoclave ويترك بعد ذلك الى يوم التالي لغرض استعماله في التنمية. اذ تم زراعة الطحالب المستعملة في التجربة في مزارع الوجبة Batch Culture في أوساط زرعية سائلة بحجم 250 ملم في دوارق زجاجية حجم 500 ملم اذ اضيف لها 50 ملم من العزلات الطحلبية النقية ثم حضنت بظروف نمو ملائمة لها من

حرارة 2 $^{+}$−25 وشدة إضاءة 50 ميكرو انشتاين م^{2}/ثا في حاضنة خاصة بالطحالب تدعى غرفة الزرع Plant Cabinate. (Weideman *etal*., 1984)

الفحوصات الفيزيائية والكيميائية

1. التوصيلة الكهربائية Electrical Conductivity

1. تم قياس التوصيلية الكهربائية بواسطة جهاز E.C. meter بعد معايرته بالمحاليل القياسية وعبر عن النتائج بوحدة مايكروسبمينز/سم.
2. الاوكسجين المذاب Dissolved Oxygen

تم تقدير الاوكسجين المذاب لعينات الدراسة باتباع طريقة ونكلر، بعد تثبيت العينات حقليا والتسحيح مع محلول ثايوسلفات الصوديوم (0−025M) وعبر عن النتائج بوحدة ملغم/لتر. (APHA,2003).

3− الاس الهيدروجيني PH

تم قياس الهيدروجيني لعينات المياه باستخدام جهاز PH Meter بعد معايرته بالمحاليل القياسية.

4− القاعدية الكلية Total Alkalinity

تم تسحيح 100 مل من العينة مع محلول حامض الكبريتيك واستخدام المثيل البرتقالي ككاشف، وعبر عن النتائج بوحدة ملغم $CaCo_3$/لتر. (Maiti, 2004)

5− العسرة الكلية Total Hardness

تم تقدير العسرة الكلية بتسحيح 50 ملم من العينات مع محلول Na_2 EDTA القياسي واستخدام صيغة Eriochrome Black T ككاشف، وعبر عن النتائج بوحدة ملغم $Caco_3$/لتر. (APHA,2003)

6− عسرة الكالسيوم والمغنيسيوم Calcium and Magnesium Hardness

تم تقدير عسرة الكالسيوم بتسحيح 50 ملم من العينة مع محلول Na_2 EDTA القياسي واستخدام صيغة الميروكسايد ككاشف، وعبر عن النتائج بوحدة ملغم $Caco_3$/لتر. (APHA,2003)

اما عسرة المغنيسيوم فقد تم تقديرها حسابيا اعتمادا على المعادلة التالية. (APHA,2003)

Mg mg/L= (Total Hardness – Ca Hardness) * 0.243.

وعبر عن النتائج بوحدة ملغم $Caco_3$/لتر.

7- الكبريتات

تم تقدير الكبريتات في العينة باتباع طريقة الكدرة وذلك بإضافة 20 مل من الحلول المنظم A الى 100 مل من العينة ثم يضاف اليها ملعقة من بلورات كلوريد الباريوم، ثم تقاس امتصاصية العينة على طول موجي 420 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer، وعبر عن النتائج بوحدة ملغم/لتر. (APHA,2003)

8- المغذيات النباتية (النترات، النتريت، الفوسفات)

Nitrite, Nitrate, Phosphate (Nutrients)

تم قياس المغذيات النباتية اعتمادا على الطريقة الموضحة من قبل (APHA, 2003)

اذ يتم قياس النتريت في العينة بعد ترشيحها من خلال ورق الترشيح لقطر 45-0 مايكرومتر واضافة 2 مل من محلول Color reagent الى 50 مل من العينة المرشحة، ثم تقاس الامتصاصية على طول موجي 543 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer، وعبر عن النتائج بوحدة مايكرو غرام /لتر.

بينما قيست النترات بعد اختزالها في العينة المرشحة الى نتريت باستخدام عمود الكادميوم، ثم قيست العينة المختزلة كما في طريقة تقدير النتريت الموضحة أعلاه.

اما بالنسبة للفوسفات فقد تم تقديرها باتباع طريقة كلوريد القصديروز وذلك بإضافة 4مل من محلول مولبيدات الامونيوم، 10 قطرات من محلول كلوريد القصديروز الى 100 مل من العينة المرشحة تم تقاس الامتصاصية باستخدام جهاز Spectrophotometer على طول موجي 690 نانومتر، وعبر عن النتائج بوحدة ميكروغرام/لتر.

المعالجة الحيوية باستخدام الطحالب. Bioremediation by using Algae

1 معالجة مياه الفضلات بالطحالب المنفردة.

وزعت عينة مياه الصرف الصحي في دوارق زجاجية معقمة سعة 250 مل بواقع 170 مل لكل دورق زجاجي واضيف اليها 30 مل من اللقاح الاولي للطحالب بشكل منفرد ووضعت في غرفة

الزرع وسحب حوالي 100 مل من المزرعة بشكل يومي لغرض اجراء فحوصات فيزيائية وكيميائية لمدة عشرة أيام. (Weidman *etal*., 1984 ; Fogg, 1975)

2 معاملة مياه الفضلات بمزيج من الطحالب وضعت 170 مل من عينة المياه في دوارق زجاجية سعة 250مل ويضاف اليها خليط يتكون من 10 مل من طحلب *N. linckia* و10مل من طحلب *C. sarcchophila* و10مل من طحلب *N. Palea* لعينة المياه.

ثم وضعت جميع المعاملات أعلاه في غرفة الزرع وسحب منها 100مل من كل مزرعة لغرض اجراء الفحوصات الفيزيائية والكيميائية ولمدة عشرة أيام على التوالي (الربيعي، 2003)

3 –معاملة السيطرة Control

تم وضع عينة مياه الصرف الصحي المسحوبة من حوض الترسيب النهائي غير معاملة باي نوع من الأنواع الطحلبية وبواقع 1000مل في دورق زجاجي سعة لتر ووضعت في غرفة الزرع وسحب منها 100مل يوميا لغرض اجراء الفحوصات الفيزيائية والكيميائية ولمدة عشرة أيام. (الربيعي، 2003).

4 – النسبة المئوية للإزالة

حسبت النسبة المئوية للإزالة الكلية بالإضافة الى النسبة المئوية للإزالة الصافية من خلال تطبيق المعادلات التالية واعتمادا على. (العادلي، 2003)

وكالاتي: –

النسبة المئوية للازالة الكلية = [(تركيز الملوث قبل المعالجة– تركيز الملوث بعد المعالجة)/تركيز الملوث قبل المعالجة] * 100

النسبة المئوية للإزالة الصافية = النسبة المئوية للإزالة الكلية – النسبة المئوية للإزالة في معاملة السيطرة.

النتائج والمناقشة

1 –الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي

يبين الجدول رقم (2) قيم الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي في احواض الترسيب النهائية التي تطرح بعدها مباشرة الى مياه النهر

1– التوصيلية الكهربائية

أظهرت النتائج ارتفاعا ملحوظا في قيم التوصيلية الكهربائية لمعاملة السيطرة اذ بلغت 1996.9 مايكرو سيمنز/سم مع انخفاضها بشكل تدريجي بسيط جدا بعد مرور عشرة ايام من الدراسة اذ بلغت 1580.5 مايكروسيمنز/سم ، اذ ان هذا الارتفاع في قيم التوصيلية الكهربائية ناتجا من احتواء مياه الصرف الصحي على كميات كبيرة جدا من الايونات والاملاح التي تزيد من قابلية الماء على توصيل التيار الكهربائي (Akan *etal*., 2008) اما انخفاضها بنسب ضئيلة جدا بعد مرور عشرة ايام فقد يكون ناتجا من نشاط الاحياء المجهرية المتواجدة في مياه الفضلات فضلا عن ترسيب بعض المواد العالقة (العزاوي، 2006).

2- الاوكسجين المذاب

سجلت النتائج انخفاض واضح في قيم الاوكسجين المذاب في احواض الترسيب النهائي لمياه الصرف الصحي لمعاملة السيطرة اذ بلغت 1.26 ملغم / لتر مع استمرار الانخفاض بمرور الوقت اذ بلغت 0.4 ملغم/لتر بعد مرور عشرة ايام وهذا يعود الى احتواء مياه الصرف الصحي على كميات كبيرة من المواد العضوية التي يسبب تحللها استهلاك كميات كبيرة من الاوكسجين المذاب (Ibanez, 2007). وهذه القيم كانت اقل من المحددات العراقية.

3- الاس الهيدروجيني

كانت قيم الاس الهيدروجيني تميل الى القاعدية اذ بلغت 7.8 وقد لوحظ من النتائج انخفاض قيم الاس الهيدروجيني لمعاملة السيطرة مع مرور الوقت اذ بلغت 6.3 وهي ضمن المحددات العراقية للمياه، قد يكون هذا ناتجا من الزيادة في تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في مياه الصرف الصحي والناتجة من التحلل الحيوي للمواد العضوية يؤدي الى زيادة الحامضية وبالتالي انخفاض قيمة الاس الهيدروجيني (الامارة وآخرون، 2008). وهذا ما يفسر انخفاض قيم الاس الهيدروجيني بعد مرور عشرة ايام من معاملة السيطرة. وهذا يتفق مع دراسة (التميمي، 2006؛ Mustafa, 2006).

4- القاعدية الكلية

واظهرت النتائج تاثير واضح ومباشر لمياه الصرف الصحي في زيادة القاعدية اذ بلغت 368.3 ملغم / لتر وهذا ناتج من احتوائها على البيكربونات والفوسفات في المنظفات اللذان يزيدان من القاعدية. (علكم,APHA, 2003, 2001) وقد يعزى هذا الارتفاع في قيم القاعدية لمياه الصرف الصحي الى زيادة عمليات التحلل التي تزيد من تركيز Co_2 في المياه وبهذا تزداد البيكربونات الذائية (الفتلاوي، 2011).

5- العسرة الكلية وايوني الكالسيوم والمغنيسيوم

لوحظ ارتفاع قيم العسرة الكلية لمياه الصرف الصحي اذ بلغت 849.7 ملغم $Caco_3$/لتر وكانت اعلى بكثير من قيم القاعدية مما يدل على وجود ايونات غير ايونات الكربونات والبيكربونات مسببة العسرة مثل ايونات الكلوريد والكبريتات والنترات (علكم، 2001) وقد يفسر وجود هذه الايونات زيادة العسرة الكلية في مياه الصرف الصحي . وهذا ما ذكره العزاوي (2008) والغانمي واخرون (2009).

بينما كانت قيم الكالسيوم والمغنيسيوم (394.7 و 110.56) ملغم / لتر اذ ان مياه الصرف الصحي تحتوي على تراكيز عالية من ايونات العسرة الأساسية (Mg, Ca) وهذا يعود الى طبيعة المخلفات التي تطرح الى المياه وتحلل المواد العضوية والاحياء المجهرية (Baghapour, 2013) .

6- الكبريتات

لوحظ ارتفاعا واضحا في قيم الكبريتات في مياه الصرف الصحي اذ كانت 489.4 ملغم/لتر وهذا يعود الى تحليل الفضلات المنزلية الحاوية على كميات كبيرة من المواد العضوية وبقايا الاغذية التي يدخل الكبريت في تركيبها (حسين وجماعته، 2006).

7- المغذيات (النتريت والنترات والفوسفات)

تعتبر من اهم العناصر الأساسية لنمو الكائنات الحية في الأنظمة المائية (Ambasht and Ambasht, 2008). لوحظ من النتائج ان قيم النترات والنتريت كانت مرتفعة جدا وقد تجاوزت المحددات العراقية اذ بلغت قيم النتريت 31.8 مايكرو غرام/لتر و قيم النترات 629.6 وقد يعزى زيادة تركيزها الى احتواء الفضلات على المواد العضوية التي تحلل مسببة تكوين الامونيا بشكل اولي ثم تتحول الى نتريت بواسطة عملية الاكسدة والتي بدورها تتحول الى نترات ومسببة استهلاك كميات من الاوكسجين المذاب والتي تعتمد بالدرجة الأساس على كميات الاوكسجين التي يمكن ان توفرها وحدة المعالجة (WHO, 1997).

اما الفوسفات فقد أظهرت النتائج ارتفاع قيمها في مياه الصرف الصحي والتي بلغت 887.4 مايكروغرام / لتر، وان هذا الارتفاع في قيم الفوسفات في مياه الفضلات ناتجة من وجود كميات كبيرة

من المنظفات الحاوية على الفوسفات (علي،2009) فضلا عن تحلل المواد العضوية والفضلات الحاوية على الفسفور في تركيبها (Ibazen *etal*., 2007).

بشكل عام هذه النتائج كانت تتفق مع دراسة كل من (العزاوي، 2006) في مخلفات معمل نسيج الحلة والربيعي (2003) في معالجة مخلفات محطة الرستمية والاسدي (2014) في مخلفات معمل نسيج الديوانية ومحطة معالجة مياه الصرف الصحي والجبوري واخرون (2017) بالنسبة لجميع الخصائص الفيزيائية والكيميائية المدروسة.

2 – معالجة مياه الصرف الصحي بالطحالب.

تبين الجداول (3,4,5,6) الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي بعد معاملتها بالطحالب بشكل منفرد ومزيج من الطحالب، بينما يشير الجدول رقم (7) الى النسب المئوية الكلية والصافية لإزالة الملوثات من مياه الفضلات في معاملة السيطرة والمياه المعاملة بالطحالب. اذ ظهرت النتائج بوجود انخفاض تدريجي في قيم الخواص بصورة عامة عدا الاوكسجين المذاب التي شهدت ارتفاعا ملحوظا ولمدة عشرة أيام اذ بلغت قيم كل من التوصيلية الكهربائية والاوكسجين المذاب والاس الهيدروجيني والقاعدية الكلية والعسرة الكلية والكالسيوم والمغنسيوم والكبريتات والنتريت والنترات مما يلي (147.2مايكرو سيمنز/سم، 24.85 ملغم/لتر و 8.5، 113.9 ملغم/لتر و 189.5 ملغم $CaCo_3$ / لتر، 30.6 ملغم / لتر، 38.6 ملغم/لتر و 189.4 ملغم / لتر و 1.2 مايكروغرام/لتر، 269.5 مايكروغرام/لتر، 463.8 مايكروغرام /لتر على التوالي بالنسبة لطحلب *N.Palea* وبنسب إزالة كلية (92.6 ، 94.9 ، 8.2 ، 69.1 ، 77.7 ، 92.9 ،65.08 ،61.3 ،96.2 ، 57.2 ،47.7) % على التوالي اما نسب الازالة الصافية فقد كانت(71.7، 26.6، 1.8، 52.5، 66.8، 83.5، 52.1 ، 49.1 ، 8.2، 49.9، 37.2) %على التوالي، بينما بلغت(156.9مايكروسيمنز/سم، 25.49 ملغم/لتر، 8.1 ، 98.6ملغم/لتر ، 29.8ملغم/لتر ، 18.6ملغم/لتر، 104.6 ملغم/لتر، 0.9 مايكروغرام/لتر، 184.7مايكروغرام/لتر ، 386.4 مايكروغرام/لتر) على التوالي للطحلب *C.Sarcchophila* وبنسب إزالة كلية (92.1 ،95.1،3.7 ، 73.2 ،87.4، 92.4 ، 83.17 ، 78.6 ، 97.2 ،69.9، 56.5)% على التوالي اما نسب الازالة الصافية فقد كانت (71.2 ، 26.8 ، 2.7 ، 56.6 ،76.5، 83.7، 70.19، 66.4، 83، 46،62.6) % على التوالي اما المعاملة بطحلب *N. Linckia* فقد كانت النتائج بعد مرور عشرة ايام(152.6 مايكروسيمنز/سم، 24.2 ملغم/لتر، 8.2 ، 136.4 ملغم/لتر،165.2 ملغم/لتر، 39.7 ملغم/لتر، 20.53 ملغم/لتر، 177.2 ملغم/لتر، 2.4 مايكروغرام/لتر، 285.6

مايكروغرام/لتر، 417.9 مايكروغرام/لتر) وبنسب إزالة كلية (92.4 ، 94.7 ، 4.8 ، 63.2 ، 80.5، 89.9 ، 72.42 ، 63.9 ، 92.5 ، 54.6 ، 52.9) % على التوالي ، اما نسب الازالة الصافية فقد بلغت (71.5، 26.3، 1.6، 46.6 ، 69.6، 81.2، 59.4، 51.7، 78.3، 47.3، 42.7) %على التوالي.

وعند معاملة مياه الفضلات بمزيج ثلاثي من الطحالب بلغت النتائج بعد مرور عشرة ايام (139.8 مايكروسيمنز/سم ،31.6 ملغم/لتر، 7.9 ، 83.5 ملغم/لتر، 97.9 ملغم/لتر، 13.4 ملغم/لتر، 20.43 ملغم/لتر، 96.9 ملغم/لتر،0.2 مايكروغرام/لتر،126.4 مايكروغرام/لتر، 298.3 مايكروغرام/لتر) وبنسب إزالة كلية (92.9 ،96.1 ، 1.3 ، 77.3 ، 88.5 ، 81.43 ، 80.2 ، 99.2 ، 79.9 ، 66.3)% على التوالي. اما نسب الازالة الصافية فقد بلغت (72، 27.3، 5.1 ، 60.7، 77.6، 78.9،81.43، 68 ،85.1 ، 72.6 ، 55.8)% على التوالي.

كانت نتائج المعالجة عند استخدام مزيج من الطحالب الثلاثة لها الافضلية في ازالة او تقليل الملوثات في عينات الدراسة، بينما كان الطحلب الاخضر *C.sarcchophilia* اكثر كفاءة في تقليل الملوثات وسجل نسب ازالة اعلى من الطحلبين الاخرين عند استخدامها بشكل منفرد ويليه بذلك الطحلب العصوي *N.palea* ثم الطحلب الاخضر المزرق *N.linckia* .

بينت النتائج قابلية الطحالب على خفض قيم التوصيلية الكهربائية بنسبة ما يقارب 72.92% من مياه الفضلات وهذا يعود الى استهلاك الطحالب لمعظم الايونات والاملاح الموجودة في مياه الفضلات كعناصر مغذية لها (APHA, 2003 والمشهداني 2002)

كما لوحظ قدرتها على زيادة نسب الأوكسجين المذاب بنسب تراوحت ما بين (94–96) % وهذه الزيادة ناتجة من انتاج الاوكسجين خلال عملية البناء الضوئي (الاسدي، 2014) (Pitt, 2000)

وأشارت النتائج الى ارتفاع قيم الاس الهيدروجيني خلال فترة المعالجة. اذ تتراوح ما بين (7.3–8.8) وقد فسر ذلك باستهلاك الطحالب Co_2 لبناء الكتلة الحية في عملية البناء الضوئي بشكل أسرع من الناتج بعملية تنفسها. (De la Noue *etal*., 2008 ; Liang and Wong, 2000).

بالنسبة للقاعدية فقد أظهرت النتائج وجود انخفاض في قيمها وبنسب تراوحت ما بين (63–77.3) % اذ كانت اعلى نسبة إزالة عند استخدام مزيج من الطحالب الثلاثة وهذا الانخفاض

يعزى الى قابلية الطحالب على خفض القاعدية من خلال تكوين كاربونات الكالسيوم فضلا عن استهلاك Co_2 بعملية البناء الضوئي (Abdel-Raouf *etal*., 2012).

كما لوحظ من النتائج انخفاض عسرة المياه بشكل كبير وبنسب تراوحت ما بين (25-77)% اذ كان اعلاها عند استخدام مزيج من الطحالب ويعزى ذلك الى زيادة نمو الطحالب اثناء عملية المعالجة وهذه الزيادة أدت الى ترسيب كاربونات الكالسيوم التي تعمل على تقليل العسرة من خلال استهلاك Co_2 بعملية البناء الضوئي مما يسبب زيادة الاس الهيدروجيني وهذا بدوره يعمل على ترسيب كاربونات الكالسيوم وبالتالي قلة عسرة المياه (Alhattab,2014).

اما عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم فقد ساهمت الطحالب بانخفاض عنصري الكالسيوم والمغنسيوم في مياه الفضلات وبنسب وصلت الى 96% لكونها عناصر مغذية أساسية بالنسبة للطحالب اذ ان زيادة نموها يسبب زيادة في استهلاك المغنسيوم لغرض بناء صبغة الكلوروفيل وبالتالي تنخفض عسرة المغنيسيوم (العزاوي،2004) ، وهذا ما يفسر استهلاك للمغنيسيوم باعلى نسبة للطحلب الاخضر اذ بلغت 83.17 ملغم/لتر لكونه يحتوي على صبغة الكلوروفيل بنسب اعلى من باقي طحالب الدراسة ، اما انخفاض الكالسيوم فيعود الى زيادة استهلاك Co_2 وبالتالي زيادة ترسيب كاربونات الكالسيوم (De-Fabricius *etal*., 2003).

بالنسبة للمغذيات (نتريت، نترات، فوسفات) فقد لوحظ ان للطحالب قابلية كبيرة على اختزال المغذيات من مياه الفضلات واستخدامها في عملية النمو والتغذية (Richmond, 2009) (Derrick and Kin, 2008)فهي من العناصر الاساسية لنمو وتكاثر الطحالب، كما ان كفاءة الطحالب في إزالة المغذيات تزداد مع زيادة القاعدية (Guolon and Yuan, 2003) . وقد أشار المشهداني (2002) بان للطحالب قابلية على سحب الفوسفات من الوسط الذي تعيش فيه بكميات أكبر مما تحتاجهُ لغرض النمو وتخزنه في خلاياها.

لوحظ من النتائج ان الطحالب تعمل على إزالة المغذيات وإنتاج الاوكسجين وهذا مما يسبب تحسين نوعية المياه (Chevalier *etal*., 2000) لهذا يفضل استخدم الطحالب كخطوة أولى في المعالجة الحيوية او خطوة إضافية بعد المعالجة.

جاء نتائج هذه الدراسة متفقه مع دراسة نصر الله (1997) والمشهداني (2002) والربيعي (2003) والعزاوي (2006) والاسدي (2014) والجبوري واخرون (2017).

الاستنتاجات

1. بينت النتائج ان بعض خصائص مياه الصرف الصحي من محطة المعالجة قد تجاوزت المحددات المسموح بها وهذا ناتج عن ضعف كفاءة محطة المعالجة في ازالة الملوثات او عدم وجود معالجة في بعض الاحيان.

2. كانت كفاءة الطحلب الاخضر Chlorella sarcchophilia في إزالة الملوثات من مياه الصرف الصحي أفضل من الطحلب العصوي Nitzschia palea ثم يليه الطحلب الاخضر المزرق Nostoc linckia .

3. أثبتت الدراسة بأن استخدام مزيج من الطحالب الثلاثة له قابلية على إزالة بعض الملوثات من مياه الصرف الصحي بكفاءة اعلى من استخدامها بشكل منفرد.

التوصيات

1. اختبار أنواع أخرى من المجاميع الطحلبية التي من الممكن أن تحقق كفاءة أفضل في المعالجة.

2. بناء منظومات تجريبية لاختبار كفاءة الطحالب بصورة حقلية عند ظروف بيئية مختلفة في معالجة مياه الصرف الصحي.

3. اجراء دراسات تكميلية للتحري عن قابلية هذه الطحالب وغيرها ومدى كفاءتها في ازالة العناصر الثقيلة والهايدروكاربونات المحتمل تواجدها في مياه الصرف الصحي.

4. وجوب اجراء معالجة حيوية كفوءة لمياه الصرف الصحي باستخدام مزيج من الطحالب والبكتريا او النباتات المائية كخطوة اضافية للمعالجة الفيزياوية والكيمياوية والحيوية الموجودة في المحطة قبل طرحها الى مياه النهر.

المصادر

- إبراهيم، اسلام محمود (2009). اعمال تنقية المياه. مكتبة المجتمع العربي. عمان–الاردن.
- ادارة محطة المعالجة (2018). حوار مع المسؤولين في ادارة محطة المعالجة.
- الاسدي، رائد كاظم عبد.(2014). استعمال بعض انواع الطحالب والنباتات المائية في المعالجة الحيوية لمياه محطات المعالجة في مدينة الديوانية/العراق. اطروحة دكتوراه ، جامعة القادسية.
- الامارة، فارس جاسم محمد؛ السعد، حامد طالب وخلف، طالب عباس (2008). بعض الخصائص الكيمياوية والفيزياوية والاملاح المغذية في مياه ساحل المخا/ اليمن ومقارنتها بالخليج العربي. مجلة ابحاث البصرة، 34(1):16–27.
- الامم المتحدة(2003). تكنولوجيا معالجة المياه العادمة. نيويورك .
- التميمي، عبد الناصر عبد الله (2006). استخدام الطحالب ادلة احيائية لتلوث الجزء الاسفل من نهر ديالى بالمواد العضوية. اطروحة دكتوراه. كلية التربية/ابن الهيثم– جامعة بغداد.
- الجبوري، مهند حمد صالح ؛ الجنابي، جهاد ذياب محل و اسماعيل، يوسف عبد الجبار(2017). دراسة حول استخدام بعض الطحالب الدقيقة في معالجة مياه الفضلات المنزلية. مجلة تكريت للعلوم الصرفة ،22(10) :84–94.
- حسين، صادق علي؛ الصابونجي، ازهار علي و فهد، كامل كاظم (2006). الخصائص البيئية لنهر الفرات عند مدينة الناصرية الاختلافات الفصلية في العوامل الفيزيائية والكيميائية. مجلة جامعة ذي قار،2(2):2–6.
- حمدي، عبد الحميد علي. (2002). الطحالب تلتهم مخلفات الصناعة، قسم المنتجات الطبيعية والمايكروبية، المركز القومي للأبحاث، القاهرة، مصر.
- الخطيب، ماجد. (2005). محركات خلايا الوقود من الطحالب، الشرق الأوسط جريدة العرب الدولية السعودية ص 1–4.
- الربيعي، غيداء حسين (2003). استخدام بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات المنزلية. رسالة ماجستير. كلية العلوم – جامعة بغداد.
- السعدي، حسين علي (2006). اساسيات علم البيئة والتلوث. دار اليازوري. عمان–الاردن.
- الصفدي، عصام حميد والظاهر، نعيم (2008). صحة البيئة وسلامتها. دار اليازوري العلمية. عمان–الاردن.
- العادلي، بتول محمد حسن. (2003). دراسة تراكيز الكبريتات في مياه الشركة العامة للصناعات النسيجية في الحلة وطرائق معالجتها. رسالة ماجستير. جامعة بابل. ص: 7–5.

- العزاوي، احمد جاسم محمد(2004).دراسة بيئية للعوالق النباتية في بعض مبازل الجزء الشمالي للمصب العام.رسالة ماجستير جامعة بغداد.
- العزاوي، سعد غالي كاظم(2006). استعمال بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة. رسالة ماجستير – كلية العلوم– جامعة بابل. ص151
- العزاوي، اثير سايب ناجي (2008). دراسة بعض العوامل البيئية الملوثة لمياه نهر شط الحلة في محافظة بابل/ العراق. مجلة القادسية، 13(3):1–9.
- علكم، فؤاد منحر (2001). دراسة لمنولوجية لنهر الديوانية–العراق. مجلة القادسية، 6(2):68–81.
- علي، مياده حازم محمد (2009). تاثير نوعية مياه الخوصر على نهر دجلة والمعالجة الاولية لها. مجلة الرافدين، 17(3):17–27.
- العوضي، سارة. (2005). ماهي الطحالب المتعددة الخلايا ... ؟. مركز الأبحاث، جامعة الكويت، الكويت.
- الغانمي، حيدر عبد الواحد؛ علكم، فؤاد منحر والاسدي، رائد كاظم (2009). دراسة بيئية للطحالب الملتصقة على نباتي القصب والبردي في نهر الديوانية. مجلة القادسية، 14(1):83–93.
- الفتلاوي، حسن جميل (2011). دراسة بيئية لمجتمع الطحالب في نهر الفرات بين قضاء الهندية وقضاء المناذرة –العراق. اطروحة دكتوراه. كلية العلوم– جامعة بابل.
- المالكي، سعود. (2004). أهمية الطحالب، مجلة علوم الأحياء، جامعة السعودية، ص: 3–1.
- مديرية مجاري الديوانية (2018). حوار مع المسؤولين في شعبة التشغيل في مديرية المجاري.
- المشهداني، يحيى كريم صال خضير. (2002). دراسة مختبرية لاستخدام طحلب *Chlorella vulgaris* في معاملة مياه الصرف الصحي الصناعي لمعامل الألياف والزيوت. رسالة ماجستير. كلية العلوم. جامعة بغداد.
- نصر الله، إسراء كريم. (1997). قابلية بعض أنواع الطحالب الخضراء على إزالة الفوسفات والنترات في مجال مياه الصرف الصحي. رسالة ماجستير. كلية التربية – جامعة بغداد. ص88.

- Abdel-Raouf, N. and Homaidan, A.A. and Ibraheem, I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. King Saud University, Saudi Journal of Biological Sciences.vol.19: 257–275.
- Acuner, E. and Dilek, F. (2004). Treatment of toctilon yellow 2G by *Chlorella vulgaris*. Journal of process Biochemistry, 39(5): 623-631.

- Akan, J. C. ; Abdulrahman, F. I.; Dimari, G. A. and Ogugbuaja, V. O. (2008). Physicochemical determination of pollutants in wastewater and vegetable samples along the Jakara wastewater channelin Kano Metropolis, Kano State, Nigeria. European journal of scientific research. 23(1):122-133.
- Aksu, Z. and Tezer, S. (2005). Biosorption of reactive dyes on the green algae *Chlorella vulgaris*. Process Biochemistry,40: 1347-1361.
- Alhattab, M. (2014). Production of Oil from Freshwater and Marin water microalgae for biodiesel production. Master of Applied Science.Dalhousie University , Halifax, Nova Scotia. Canada
- Ambasht, R. S. and Ambasht, P. K. (2008). Environment and pollution. 4th ed. CBS publishers. New Delhi.
- APEGBC (Association of Professional Engineers and Geoscientists British Columbia). (2013). Professional Practice Guidelines Onsite Sewerage Systems. British Columbia. Version 1.2.
- APHA, American Public Health Association (2003). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington DC, USA.
- Baban, A.; Yediler, A.; Ciliz, N. and Kettrup, A. (2004). Biodegradability oriented treatability studies on high strength segregated waste water of woolen textile dyeing plant. Journal of chemosphere, 57: 731-738.
- Baghapour, M.A.; Nasseri, S and Djahed, B.(2013). Evalution of shiraz wastewater treatment plant effluent quality for agricultural irrigation by Canadian Water Quality Index(CWQI).Iranian Journal of Environmental Health Sciences and Engineering.10(1):1-10.
- Bell, J. and Buckley, C. (2003). Treatment of a textile dye in the anaerobic baffled reactor. Journal of water research, 29(2): 129-134.
- Benedetti-Cecchi, L. (2000). Priority effect taxonomic resolution, and the prediction of variable patterns of colonization of alga in littoral rock pools. Journal of Oecolgia, 123: 265-274.
- Bes-Pia, A. and Iborra-Clar, A. (2004). Nanofilteration of biologically treated textile effluents using ozone as apre-treatment. Journal of desalination, 167: 387-392.

- Chevalier, D.P.; Lessard, P.; Vincent, W.F. and De la Nour, J. (2000). Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cynobacteria for potential use in tertiary wastewater treatment, J. Appl. Phycol. 12, 105-112.
- Chu, S.P. (1942). The influence of mineral composition of the medium on the growth of phytoplanktinic algae. J. Ecol. 30: 284-325.
- Cunningham, W. P. and Cunnigham, M. A. (2010). Environmental science: A global concern. 11th ed. MacGraw Hill, USA.
- Danazumi, S. and Bichi, M. (2010). Industerial pollution and heavy metals Profile of Challawa river in Kano, Nigeria. J. of applied Science in environmental sanitation, 5(1): 23-29.
- De la Noue, J. and De Pauw, N. (2008). The potential of microalgal biotechnology. A review of production and uses of microalgae. Biotechnol. Adv.
- De-Bashan, L.E.; Antoun, H. and Bashan, Y. (2005). Cultivation factors and population size control the uptake of Nitrogen by the microalgae *Chorella vulgaris* when interacting with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. J. of microb. ecology, 54: 197-203.
- De-Bashan, L.E.; Moreno, M.; Hernandez, J. and Bashan, Y. (2002). Removal of ammonium and phosphorus ions from synthetic wastewater by the microalgae *Chlorell vulgaris* coimmobilized in alginate beads with the microalgae growth- promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Journal of water research, 36: 12: 2941-2948.
- De-Fabricius, M.; Maidana, N.; Gouez, N. and Sabater, S. (2003). Distribution patterns of benthic diatoms in a pampean river exposed to seasonal floods: the cuarto. River (Argentina). Biodiversity and conservation, 12: 2443-2454.
- Derrick, Y. F. L and Kin, C. L. (2008). Phosphorus retention and release by sediments in the eutrophic. Mai Po Marshes, Hong Kong. Marine Pollution Bulletin 57 : 349–356.

- EPA, August, (2000). The environmental technology verification program. Physical removal of microbiology particulate and organic contaminants in drinking water in Escondido, California.
- EPA, Environmental Protection Agency(2001).Wastewater treatment Manuals Primary,Secondary and Tertiary treatment. Environmental Protection Agency, Ireland Espinoza.
- Fogg, G.E. (1975). Algal culture and phytoplankton Ecology. The university of Wisconsin press. Wisconsin.
- Gonzalez, L.E.; Canizares, R.O. and Baena, S. (1997). Efficiency of ammonia and phosphorus removal from Colombian agroindustrial wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Senedesmus dimorphus*. Bioresource Technol, volum. 60: 259-262.
- Graham, L.E. and Wilcox, L.W. (2000). Algae. Prentice-Hall, Inc. upper Suddle River, NJ07458. Wisconsin University.
- Guolan, H. and Yuan, W. (2003). Nitrate and phosphate removal by co-immobilized Chlorella pyrenoidosa and activated sludge at different pH. Values. Water Qual. Res. J. Canada, 38: 451-551.
- Ibanez, J. G.; Esparza, M. H.; Serrano, C. D.; Infante, A. F. and Singh, M. M. (2007). Environmental chemistry fundamentals. Springer, New York, USA.
- Ji, C., J. Legrand, J. Pruvost, Z. Chen and W. Zhang, (2010). Characterization of hydrogen production by Platymonas subcordiformis in torus photobioreactor. Int. J. Hydrogen Energy, 35: 7200-7205.
- Jingi, L. and Houtian, L. (1992). Degradation of azo dyes by algae. Journal of environmental pollution, 75(3): 273-278.
- Kapdan, I.K. and Alparslan, S. (2005). Application of anaerobic-aerobic sequential treatment system to real textile waste water for color and COD removal. Journal enzyme and microbial technology, 36: 273-279.
- Kosaric, N. (1992). Biosurfactants in industry. Journal of pure and applied chemistry, 64(11): 1731-1737.
- Lau, P.S.; Tam, N.F. and Wong, Y.S. (1995). Effect of algal density on nutrient removel from primary settled waste water. Journal of Environmental pollution, 89: 59-66.

- Ledakowicz, S.; Solecka, M. and Zylla, R. (2001). Biodegradation, decolourisation and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. Journal of Biotechnology, 89: 175-189.
- Liang, Y. and Wong, H. (2000). Reclamation of wastewater for polyculture of frechwater fish: Bioassays Using Chlorella and Gambusia. Environ. Contam. Toxicol. 39: 506-514.
- Liang, Y. and Wong, H. (2000). Reclamation of wastewater for polyculture of frechwater fish: Bioassays Using Chlorella and Gambusia. Environ. Contam. Toxicol. 39: 506-514.
- Liang, Y. and Wong, H. (2000). Reclamation of wastewater for polyculture of frechwater fish: Bioassays Using *Chlorella* and *Gambusia*. Environ. Contam. Toxicol. 39: 506-514.
- Libra, J.A. and Sosath, F. (2003). Combination of biological and chemical processes for the treatment of textile wastewater containg reactive dyes. Journal of chemical technology and biotechnology, 78: 1149-1156.
- Lima, S.A.; Castro, P.M. and Morais, R. (2003). Biodegradation of P-Nitrophenol by microalgae. Journal of Applied phycology 15: 137-142.
- Loomis, G.W.; Bow, D.B.; Green, L.T. and Gold, A.J. (2002). Evaluation of Innovative onsite wastewater treatment systems in the green Hill pond watershed, Rhode island- A Nodp II project update. University of Rode Island, Kingston, Rhode Island.
- Lowe, R.L. (1974). Environmental requirements and pollution tolerance of fresh water diatoms U.S. Environmental protection Agency, Cininati, Ohio.
- Maiti, S. K. (2004). Handbook of methods in environmental studies, Vol. 1. ABD publisher, India.
- Metcalf and Eddy [Ed]. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th. G.Tchobanoglous, F. L. Burton and H. D. Stensel [Ed.] McGrawHill, New York,1848 p
- Mishra, F. K. P. (2012). Characterization of sewage and design of sewage treatment plant. Dep. Civil Eng., National Institute of Technology, Rourkela.

- Mustafa, O. M. (2006). Impact of sewage wastewater on the environment of Tanjero river and its basin within Sulaimani City/ NE- Iraq. M.sc. thesis. Science college- Baghdad university.
- Nandini, S.; Lara-Aguilera, D.; Sarma, S. and Garcia-Ramirez, P. (2004). The ability of selected cladoceran species to utilize domestic wastewaters in Mexico city. Journal of Environmental Management 71: 59-65.
- Pala, A. and Tokat, E. (2002). Color removal from cotton textile industry wastewater in an actived sludge system with various additives. Journal of water research, 36: 2920-2925.
- Pala, A. and Tokat, E. (2002). Color removal from cotton textile industry wastewater in an actived sludge system with various additives. Journal of water research, 36: 2920-2925.
- Palmer, S. J. (2004). AL-Diwaniyah wastewater treatment plant, process description. Bechtel international system. Project No. 24910-602
- Pia-Bes, A.; Roca-Mendoza, J.A.; Alcaina-Miranda, M.I.; Clar-Iborra, A. and Iborra-Clar, M.I. (2002). Reuse of Wastewater of the textile industry after in treatment with a combination of physico-chemical treatment and membrane technologies. Journal of Desalination, 149: 169-174.
- Pitt, R.E. (2000).Water Quality Conditions in the Cahaba River and Likely Pollution Sources. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Alabama .
- Polec, B; Ska, M. and Gozdek, A. (1992). Trials of self cleaning intensification of sugar factory in accumulation reservoirs with the regard of algae biomass. Gazeta. Cukrownicza: 153-157.
- Prasad,M.N.V.(2011). Bioremediation, its Applications to Contaminated Sites in India. Ministry of Environment & Forests,NewDelhi.88pp
- Raven, P. H.; Berg, L. R. and Massenzahl, D. M. (2010). Environment. 7th ed. John Wiley & Sons, USA.
- Richmond, A. (2009). Handbook of microalgal mass culture. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp.528 .
- Roa, D.V. (2012). Algae Biofule for wastewater treatment .http://environicspr.com/us/wpcontent/uploads/2012/08/Roa_Algae-Biofuel-forWastewater-Treatment-3.pdf.

- Seeger, H. (1999). The history of German waste water treatment. European water management, 2(5): 51-56.
- Shaw, C.B.; Carliell, C.M. and wheatley, A.D. (2002). Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencing batch reactors. Water Research, 36: 1993-2001.
- Shi, J.; Bjoem, P.. and Michael, M(2007). Removal of nitrogen and phosphorus from waste water microalgae immobilized on twin layer: an experimental study .Journal of Applied Phycology. 19(5):417-423.
- Slomkiewicz, P. M and Zdenkowski, J. A. (2003). Modification of the processes of heavy metals immobilization in wastewater sludge. Polish J. of Environ. Studies, 12(2):231-237.
- Sostar-Turk, S. and Simonic, M. (2005). Wastewater after reactive printing. Journal of Dyes and pigments, 64(2): 147-152.
- Stein, L.R. (1973). Hand book physiological methods culture, methods and growth measurements. Camdridge university press.
- Stewart, D.J. (2000). Treatment of wastewater from bluff with a high salt content. MWH New Zealand Ltd, Dunedin, New Zealand.
- Tam, N.F. and Wong, Y.S. (2000). Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. Journal of environmental pollution, 107: 145-151.
- Tam, N.F. and Wong, Y.S. (2000). Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. Journal of environmental pollution, 107: 145-151.
- Tang, E.P.; Vicent, W.F.; Proulx, D.; Lessard, P. and De la Noue, J. (1997). Polar cyanobacteria versus green algae for tertiary wastewater treatment in cool climates. J. Appl. Phycol., 9: 371-381.
- Templeton,M.R and Butler,D.(2011). An Introduction to Wastewater Treatment. Ventus Publishing ApS. ISBN 978-87-7681-843-2.
- Tuskahara, K.; Kimura, T.; Minowa, T.; Swayama, ; Yagishita, T.; Inoue, S.; Hanaoka, T.; Usui, Y. and Ogi, T. (2000). Microalgal cultivation in a solution recovered from the low-temperature catalytic gasification of the microalga. Journal of Broscience and Bio engineering, 91(3): 311-313.

- USEPA, Environmental Protection Agency(1998).Wastewater treatment Manuals Primary,Secondary and Tertiary treatment. Environmental Protection Agency, Ireland
- Van-Coillic, R.; Dela Noue, J.; Thallen, C. and poulitory, Y. (1990). Tertiary domestics waste water treatment by *Scenedesmus* sp. Pilot scal culture. Revu-des-sciecde-laux France. 3(4): 441-455.
- Van-der Bruggen, B. and Curcio, E. (2004). Process intensification in the textile industry: the role of membrane technology. Journal of environmental management, 73(3): 267-274.
- Water Corporation, (2000). Waste water treatment. Journal of bulletin, No. pp. 1-5.
- Weber, W.J. and Leboeuf, E.J. (1999). Processes for advanced treatment of water, environmental science and technology, 40(4-5): 11-19.
- Wehr, J.D., and Sheath, R.G., (2003). Freshwater algae of North America— Ecology and classification: San Diego,Calif., Academic Press, 918 pp.
- Weideman, V. E.; Walne, P. R. and Tainor, F. R.(1984). Anew technique for optaining axenic cultures of algae. Can. J. Bot. 42:95-959.
- WHO, world health organization (1997). Guidelines for drinking – water quality. Vol. 2. 2ed ed. Amman, Jordan.
- WHO, world health organization (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol.2, Wastewater use in agriculture. Geneva.
- William, H.C. (1997). Microbiology. Study Guide to accompany microbiology, Harcourt Brace collage publishers, University of Hatford.
- Wong, J.P.; Wong, Y.S. and Tam, N.F. (2000). Nickel biosorption by two chlorella species, C. vulgaris (a commercial species) and C. miniata (a local isolate). Journal of Bioresource technology, 73: 133-137.
- Yun, Y-S and Park, J.M. (2003). Kinetic Modeling of the light. Dependent photosynthetic activity of the green microalga Chlorella vulgaris. Applied of Microbiology and Biotechnology, 55: 765-770.