Journal of Education and Science
Vol. 27, No.2, 2018, pp. 47-60
ISSN 1812-125X
http://edusj.mosuljournals.com

قابلـية بعض الطرائق الفيزياوية والحيوية لتحسين نوعية مياه الآبـار

***عبدالعزيز يونس طليع الصفاوي** ****نور ميسر صادق السردار**
*قسم علوم الحياة / كلية التربية **قسم علوم البيئة/كلية تقنات البيئة
جامعـــة الموصـــل

تاريخ الاستلام 2013/01/13 *تاريخ القبول 2013/05/08*

Abstract

Relatively the specific high salinity ground water in Nineveh province were physically improved with freezing and melting treatment. Also, the algal treatment with *Chara vulgaris* as a biological treatment were applied, this algae have salt absorbance ability and precipitate it on the external algae surface .

The results indicated that the complete freezing and slow melting gave low concentrations of the studied parameters, which depends on the melted water quantity after freezing, the impurity reduction efficiency %E of electrical conductivity, total alkalinity and total hardness with high values at the first treatment were (95 , 96 , 95%) respectively, the previous parameters were decreased to (73 , 74.7 and 77%) after the third treatment, also, the results were reported decreasing in case of partial freezing, so, the releasing percentage of electrical conductivity, total alkalinity, chlorides and sulfates to (56 - 55 - 42 and 85%) respectively.

After six days of the biological treatment with *Chara vulgaris* algae indicates that the releasing percentage of total alkalinity and total hardness were decreased by (38.7 and 66%) respectively, finely it was found after 13 days of the treatment, the above parameters were raised to (55.1 and 92%) respectively.

الملخص

تم استخدام مياه الآبار ذات التراكيز العالية نسبيا من الأملاح والتي تعتبر كصفه مميزة للمياه الجوفية في محافظة نينوى للمعالجة باستخدام التجميد والانصهار البطئ والمعالجة الحيوية باستخدام طحلب *Chara vulgaris* الذي له القابلية على امتصاص الأملاح وترسيبها على السطح الخارجي لجسم الطحلب.

أشارت نتائج الدراسة لمعالجة المياه بالتجميد الكلي إلى انخفاض تركيز الصفات المدروسة ويعتمد ذلك على كمية الماء المذاب بعد التجميد فكانت كفاءة إزالة الملوثات E% لقيم التوصيل الكهربائي والقاعدية الكلية والعسرة الكلية عالية جداً عند المعاملة الأولى لتصل إلى (95 – 96–95%) على التوالي ثم تنخفض نسبياً إلى (73–74.7–77%) في المعاملة الثالثة، وكذلك الحال بالنسبة للتجميد الجزئي؛ إذ وصلت نسبة الإزالة لكل من التوصيل الكهربائي والقاعدية الكلية والكلوريدات والكبريتات إلى (56 – 55 – 42 – 85%) على التوالي.

أما بالنسبة لمعالجة مياه الآبار باستخدام طحلب *Chara vulgaris* فقد أشارت نتائج الدراسة إلى وصول نسبة الإزالة للعسرة الكلية والقاعدية الكلية إلى (38.7 – 66 %) على التوالي بعد مرور 6 أيام من المعالجة لتزداد إلى (55.1 – 92%) على التوالي بعد مرور 13 يوم من المعالجة.

الكلمات المفتاحية: إزالة الأملاح بالتجميد الكلي والجزئي والانصهار البطئ، معالجة المياه الآبار بطحلب الـ *Chara vulgaris*.

المقدمة

نتيجة لتدهور الخدمات العامة وصعوبة الحصول على مياه الإسالة في كثير من المناطق والقرى في محافظة نينوى مما حدا بالكثيرين من سكان القرى إلى استخدام مياه الآبار للأغراض المختلفة ومن ضمنها الشرب والتي تتميز بارتفاع تركيز الأملاح مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم (العسرة) مما يضفي على الماء طعما غير مستساغا مع زيادة استهلاك الصابون وترسيب بعض مكونات العسرة في مسخنات الماء [1 ,2].

هناك عدة طرائق لمعالجة المياه منها فيزياوية وكيماوية وحياتية ومن الشائع الدمج بين تقنيات المعالجة المختلف[3]، فتقنية التجميد والانصهار للمياه الملوثة والمالحة تؤدي إلى تحسين نوعية المياه وقد استخدمت هذه العمليات منذ القدم من قبل الاسكيمو بإذابة مياه الجليد للحصول على مياه الشرب منذ القدم، إذ أن جزيئات الماء تكون مبعثرة وتتخللها جزيئات الملوثات المختلفة وعند تكوين بلورات الثلج يتم ترتيب جزيئات الماء بانتظام واستبعاد الجزيئات الغريبة خارج الثلج مما يؤدي إلى حدوث تحسين كبير في المياه الناتجة عن إذابة الثلج[4].

لقد ازداد الاهتمام بتقنيات التجميد مؤخراً لمعالجة المياه الملوثة باعتبارها من التقنيات الاقتصادية في الدول الاسكندنافية بسبب الانخفاض الكبير بدرجات الحرارة والاستفادة منها في المعالجة [5] ، وهناك العديد من الدراسات في هذا المجال منها دراسة [4] لمعاملة المياه الملوثة بعمليات التجميد الجزئي والانصهار والتي أشارت إلى انخفاض تركيز الأملاح من 1600 ملغم/ لتر إلى 950 ملغم/ لتر في الماء الناتج عن ذوبان الثلج وبالمقابل ازدادت في المحلول المتبقي (ماء غير متجمد)، كما لاحظ[6] ارتفاع كفاءة الإزالة لكل من الحمل العضوي والأملاح وايونات

الكلوريدات والكبريتات عند معالجة مياه المجاري بتقنية التجميد والانصهار البطئ؛ إذ وصلت نسبة الإزالة إلى 50 و 50 و 50 و 80% على التوالي، ودراسة [7] لمعالجة مياه الفضلات السائلة باستخدام التجميد الكلي وإيجاد معامل نسبة الإزالة EC % حيث أشارت النتائج إلى كفاءة نسبة الإزالة للتوصيل الكهربائي والتي وصلت إلى 78% وايونات الكبريتات والكلوريدات إلى 64-67% على التوالي إضافة إلى إزالة اللون والمواد العضوية والتي وصلت إلى 65-70% على التوالي، كما اعتبر[5] طريقة التجميد والانصهار البطيء من التقنيات الكفؤة والاقتصادية لمعالجة المياه الملوثة، فضلاً عن دورها في الإضرار بالخلايا البكتيرية عن طريق تحطيم بعض مكونات الغشاء الخلوي وفقدان الإنزيمات الموجودة في الفسحة حول البلازمية Periplasmic والسايتوبلازم ، وهذا ما أكده[8] في دراسته لتأثير عمليات التجميد والإذابة على بكتريا *E. coli* والتي أشارت إلى وجود أضرار كبيرة في خلايا البكتريا عند التجميد واختزال أعدادها لتأثير عمليات التجميد على الغشاء الخلوي وتحطيمه ثم موت الخلية.

أما بالنسبة للمعالجة الحيوية Bioremediation والمتمثلة باستخدام النباتات أو البكتريا أو الفطريات للسيطرة على التلوث وإزالة الملوثات من المخلفات السائلة الصناعية والصحية عن طريق أكسدة المواد العضوية المختلفة؛ إذ تلعب الطحالب الخضراء دوراً فعالاً في عمليات الإزالة للملوثات المائية خلال مدة زمنية قصيرة [9]، فقد استخدم[10] طحلبي *Chlorella pyrenoidosa* و*Scenedesmus spp* لإزالة النترات والفوسفات من المياه الملوثة وقد وصلت نسبة الإزالة إلى 90% و80% على التوالي حتى نهاية اليوم العاشر من المعاملة، كما قام[11] بمعاملة مياه المخلفات لمعامل الألبان (أبي غريب والرشيد في بغداد) باستخدام *Chlorella vulgaris* وكانت نسبة الإزالة لـ NO_3^- , PO_4^{-3} , Cl^- , COD, BOD_5 (89.5 , 97.7 , 77.9 , 89.2, 94.1)% على التوالي. وتم استخدام طحلب الكارا *Chara vulgaris* لما يتميز به من قابلية على امتصاص وتجمع العديد من الملوثات المائية وبخاصة أملاح كاربونات الكالسيوم إذ تقوم بتجميعها بشكل بلورات على السطح الخارجي للطحلب ولذلك تسمى بالحشائش الصخرية كذلك قدرتها على المعيشة في مدى واسع من الملوحة enryhalic [13, 12]؛ فضلاً عن قابليتها على تحسين نوعية المياه بخفض تركيز بعض المغذيات كالنترات والفسفور كذلك فإن وجودها في البيئة المائية تعتبر موطناً وملجأً للكثير من اللافقاريات والتي بدورها تتغذى على المواد العضوية العالقة مما يسهم في عمليات التنقية الذاتية للمياه، كما تتميز بتأثيرها الاليلوباثي على بعض أنواع الطحالب الخضر المزرقة وبالتالي السيطرة على نموها والحد من تأثيراتها على النظام البيئي المائي[14]؛ إذ أن نمو الطحالب الخضر المزرقة خاصة في حالات الإثراء الغذائي تشكل خطورة على المجاميع السكانية بسبب إمكانية إنتاج السموم Cyanotoxins إذ تعد ذات خطورة بالغة على حياة الكائنات الحية [15]، وقد سجلت ارتفاعاً

بنسبة الوفيات بسرطان الكبد في الصين والذي يعتقد بأنه حدث نتيجة لتجهيز السكان بمياه حاوية على سموم الطحالب الخضر المزرقة وخصوصاً سموم Microcystic كذلك تأثير هذه السموم الخطيرة على الكبد؛ إذ تؤدي إلى تدمير أنسجة الكبد ثم الوفاة كذلك تعد سموم بعض الأجناس كمحفزات للسرطان مثل جنس (*Microcystis, Oscillatoria, Phormidium and Lyngbya*) [16].

المواد وطرائق العمل

تم جمع عينات مياه الآبار من ناحيتي بعشيقة والفاضلية والتي تستخدم للأغراض المختلفة والشرب في بعض الأوقات كما تتميز بارتفاع تركيز الأملاح فيها كما في الجدول (1)،

الجدول (1) يوضح مواصفات آبار قيد الدراسة.

ت	موقع البئر	عمق البئر م	ملاحظات حقلية	استخدامات البئر
1	ناحية الفاضلية	250	ــــــــــــــــ	جميع الاستخدامات
2	ناحية بعشيقة	85		جميع الاستخدامات
3	ناحية بعشيقة	26		جميع الاستخدامات

وقد تم استخدام بعض التقنيات البسيطة التي من السهولة تطبيقها من قبل السكان في القرى والنواحي لتحسين نوعية المياه للأغراض المختلفة ومنها الشرب والمتمثلة:

1- التجميد والانصهار البطيء:

تم إجراء التجارب على نوعين مختلفين من المياه باستخدام تقنيات مختلفة وهي:

أ- التجميد الكلي للمياه: إذ تم تجميد نوعين مختلفين من المياه في أوعية بلاستيكية وبعد ذلك تم تركها في المختبر للذوبان وأخذ الماء الناتج من الذوبان على فترات كما مبين:

- معاملة 1 الماء الناتج عن إذابة 5% من الثلج الكلي.
- معاملة 2 الماء الناتج عن إذابة 10% من الثلج.
- معاملة 3 الماء الناتج عن إذابة 30% من الثلج.

وتم قياس كل من التوصيل الكهربائي والعسرة الكلية والقاعدية وقد تم تقدير كفاءة إزالة الملوثات %E impurity Reduction Efficiency وحسب[7].

$$EC\% = 100 \times (1 - \frac{CiVi}{CoVo})$$

إذ أن:

Ci= تركيز المعيار في الثلج المذاب.

Vi= حجم الثلج المذاب في المعاملة.

Co= تركيز المعيار الأصلي (للماء قبل المعالجة).

Vo= حجم الماء الكلي المتجمد.

ب- التجميد الجزئي:

إذ تم تجميد نوعان من المياه ذات تراكيز مختلفة مع مراقبة مرحلة التجميد الجزئي وأخذ أو فصل الثلج المتجمد عن الماء بحدود 40% من الماء الكلي وبعد الذوبان تم قياس بعض الخصائص النوعية لكل من العينات الأصلية والماء الناتج عن ذوبان الثلج والماء المتبقي بدون تجميد في الوعاء (المحلول) وقد تم إيجاد النسبة المئوية للإزالة.

2- المعالجة النباتية Phytoremediation:

تم اختيار ثلاثة آبار ذات تراكيز مختلفة للأملاح والتي تشمل على ثلاثة أنواع من مياه الآبار مختلفة التركيز الملحي باستخدام طحلب الكارا *Chara vulgaris*، إذ تم وضع 25 غم من الطحلب في إناء زجاجي سعة 2 لتر وللأنواع الثلاثة واستمرت المتابعة وإجراء التحاليل لمدة 12 يوم وقد تم إجراء القياسات الدورية لكل من القاعدية الكلية والبيكاربونات والعسرة بأنواعها مع قياس التوصيل الكهربائي والملوحة والأس الهيدروجيني وفق الطرق القياسية المعتمدة عالميا [17].

النتائج والمناقشة

أ- التجميد والانصهار البطيء:

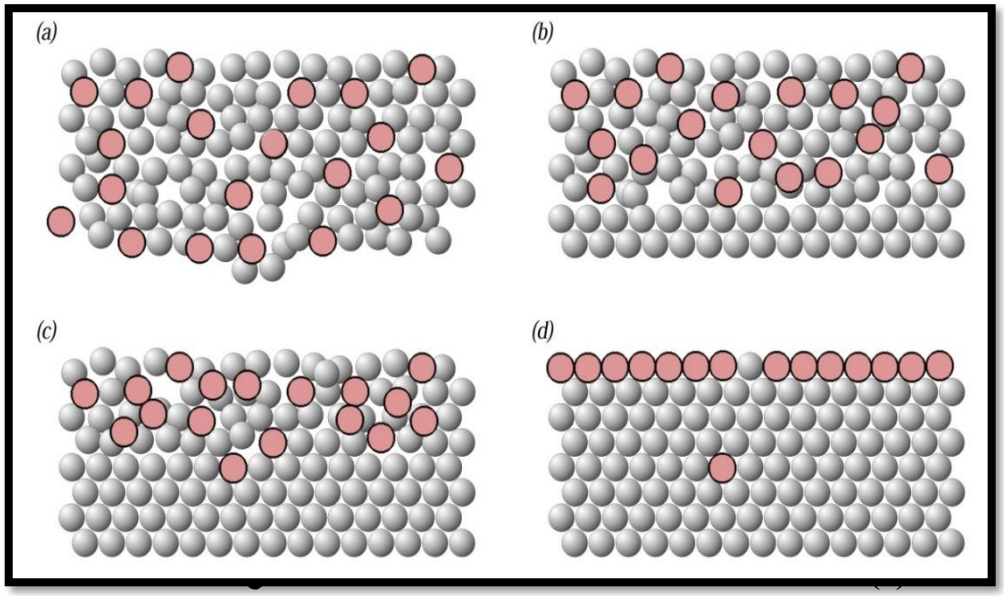
زاد الاهتمام مؤخرا على استخدام تقنيات التجميد لمعالجة المياه المويلحة والتي تعد من الطرق الاقتصادية لمعالجة المياه الملوثة، وبالنسبة لمعالجة المياه بالتجميد الكلي فتشير النتائج المبينة في الجدول (1) إلى انخفاض تركيز الصفات المدروسة ويعتمد ذلك على كمية الماء المذاب بعد التجميد فكانت كفاءة إلازالة E% لقيم التوصيل الكهربائي عالية جداً عند المعاملة الأولى لتصل إلى 95% وتنخفض نسبياً إلى 73% في المعاملة الثالثة، وقد يعود إلى أن

جدول (1): (كفاءة إزالة الملوثات E%) لبعض خصائص المياه باستخدام التجميد الكلي.

الصفات	نـــوع المياه	التركيز قبل المعالجة	معاملة (1)	معاملة (2)	معاملة (3)
التوصيل الكهربائي	1	809	%95	%93.5	%73
	2	1617	%95.8	%92.8	%72
القاعدية	1	164	%96	%94	%78.8
	2	252	%96	%93.9	%74.7
العسرة	1	420	%95	%93	%78.5
	2	1030	%95.7	%93.7	%77

جزيئات الماء تكون مبعثرة وتتداخل بينها ايونات الأملاح ولكن عند بدء عمليات الانجماد

وتشكل البلورات الثلجية تترتب جزيئات الماء طاردة الجزيئات والايونات الغريبة كما موضح في الشكل (1). وهذه النتائج مقاربة نسبياً للنتائج التي توصل إليها [7] لمعالجة المياه الملوثة؛ إذ وصلت نسبة الإزالة لقيم التوصيل الكهربائي إلى 78%، كذلك الحال مع النتائج التي توصل



الشكل (1): يوضح مراحل استبعاد الجزيئات والايونات الغريبة من بلورات الثلج خلال مراحل التجميد.

إليها[4] عند معاملته للمياه بالتجميد والتي والتي أشارت إلى انخفاض تركيز الأملاح، إذ وصلت كفاءة الإزالة إلى 92%، كما يلاحظ الارتفاع الكبير في معامل نسبة الإزالة للقاعدية الكلية للمياه المستخدمة والتي وصلت إلى حدود 96- 93.9% للمعاملتين 1-2 على التوالي، ولكنها تنخفض نسبياً عند المعاملة (3) لتصل ما بين (74.7-78.8%) ورغم هذا الانخفاض فإن معامل نسبة الإزالة ضمن الحدود المقنعة، كذلك الحال بالنسبة لمعامل نسبة الإزالة EC% للعسرة الكلية فقد كانت مرتفعة جداً للمعاملتين 1-2 لتصل إلى (95-93%) على التوالي وتنخفض نسبياً عند المعاملة (3) لتصل إلى (77%) على التوالي، ويعود ذلك إلى استبعاد الايونات المسببة للعسرة عند تكوين بلورات الثلج[5]، وعموماً فإن الدراسات تشير إلى أن عملية التجميد تعمل ايضا على إزالة نسبة كبيرة من المواد العضوية وغير العضوية من الملوثات وتختلف هذه النسبة باختلاف أنواع الملوثات الموجودة في المياه، فضلا عن دورها الفعال في القضاء على العديد من الكائنات الدقيقة؛ إذ أشار [8] إلى التأثير الكبير لعملية التجميد والانصهار البطيء على بكتريا *E.coli* ، بسبب تحرر بعض المكونات المتعددة السكريات الدهنية وفقدان للإنزيمات الموجودة في الفسحة حول البلازمية وانزيمات السايتوبلازم وتختلف هذه التأثيرات من نوع لأخر حسب درجة مقاومتها لهذه الظروف القياسية [18].

أما بالنسبة للتجميد الجزئي لنوعين مختلفين من المياه فقد كان هناك انخفاض ملحوظ في معظم الصفات المدروسة، ويشير الجدول (2) إلى انخفاض قيم التوصيل الكهربائي من (1044 و1450) uS/cm لتصل إلى (494 و1072) uS/cm على التوالي وبمعدل نسبة إزالة ما بين 53-26% على التوالي، بسبب استبعاد ورفض الجزيئات والايونات الغريبة إلى المحلول (الماء غير متجمد) عند تكوين بلورات الثلج، وهذا ما تؤكدهُ قيم التوصيل الكهربائي للمحلول المتبقي (ماء غير متجمد)؛ إذ ترتفع فيها قيم التوصيل الكهربائي لتصل إلى 1100- 1887 uS/cm على التوالي ويعود الاختلاف في نسب الإزالة إلى إن هذه العملية معقدة لتأثير وتداخل كثير من العوامل عند تكوين بلورات الثلج، كذلك فإنها تعتمد على بعض خصائص ومصادر

جدول (2): نتائج المعالجة باستخدام التجميد الجزئي.

الصفات	نوع المياه	قبل المعالجة	الماء غير المتجمد	الثلج المذاب
EC*	1	1044	1100	494
	2	1450	1887	1072
TDS	1	668	704	316
	2	928	1207	686
T.Alk.	1	188	216	76
	2	276	292	124
HCO_3	1	229	264	93
	2	337	356	151
T.H	1	460	500	150
	2	1020	1080	500
Ca.H	1	350	360	110
	2	670	700	300
Mg.H	1	110	140	40
	2	350	380	200
Cl	1	130	150	75
	2	165	170	140
SO_4	1	212	116	32
	2	571	488	130

جميع النتائج هي mg/l ما عدا المؤشر إزائها (*) هي بـ µS/cm.

المياه المراد معالجتها[6]. وجاءت النتائج أقل مما توصل إليه[4] عند استخدامه طريقة التجميد الجزئي لإزالة الأملاح؛ إذ وصلت نسبة الإزالة إلى حدود 90% لقيم التوصيل الكهربائي وقد يعود الاختلاف بين الدراستين إلى **الاختلاف** في درجات الحرارة المستخدمة أثناء التجميد ونوعية المياه المعاملة، كما ويلاحظ أيضاً انخفاض تركيز القاعدية الكلية والبيكاربونات؛ إذ وصلت نسبة الإزالة إلى (55-60%) وهذا ما أكده ارتفاع تركيزهما في المحلول المتبقي، وجاءت هذه النتائج أقل مما توصل إليه [4]؛ إذ وصلت نسبة الإزالة للقاعدية الكلية إلى 88%، وهذا الاختلاف قد يعود إلى تركيز الملوثات في المياه المعاملة وإلى تقنيات عمليات التجميد. أما

بالنسبة للعسرة الكلية وعسرة الكالسيوم والمغنسيوم فقد انخفضت التراكيز من (460 و1020) إلى (150 و500) ملغم/ لتر من (350 و670) إلى (110 و300) ملغم/ لتر ومن(110-350) إلى (40 و200) ملغم/ لتر على التوالي، وبمعدل نسبة إزالة (67- 69-64%) على التوالي، وجاءت هذه النتائج أقل مما توصل إليه[4]؛ إذ انخفضت قيم العسرة الكلية ومسبباتها من (946- 564- 382) ملغم/ لتر لتصل إلى (163-151-12) ملغم/ لتر على التوالي، وبمعدل نسبة إزالة وصل إلى (82%). وكذلك الحال بالنسبة لأيوني الكلوريدات والكبريتات إذ وصلت نسبة الإزالة إلى(42-85%) على التوالي، وهذا الارتفاع في معدل نسبة الإزالة للكبريتات قد يعود إلى حدوث عمليات الترسيب أثناء الانجماد، وهذا ما يؤكده تركيز الكبريتات في المحلول والذي قد يعود إلى حدوث عمليات الترسيب، وجاءت هذه النتائج مقاربة نسبياً للنتائج التي توصل إليها الباحثين[4] عند دراستهما لمعاملة المياه الملوثة بالتجميد والتي وصلت فيها نسبة الإزالة للكلوريدات والكبريتات إلى 98-91% على التوالي.

المعالجة النباتية Phytoremediation:

لقد زاد الاهتمام في استخدام تقنيات المعالجة الحيوية Bioremediation ومن ضمنها المعالجة النباتية لمعالجة مشاكل التلوث البيئي، وكذلك استخدام اكثر من تقنية للمعالجة عند الضرورة [19]. وقد تم استخدام طحلب *Chara vulgaris* الموضح في الصورة (1) لمعالجة ثلاثة أنواع من مياه الآبار مختلفة التركيز، إذ تشير النتائج المبينة في الجدول (3) إلى حدوث انخفاض واضح في أغلب المعايير المدروسة، فبالنسبة لقيم الأس الهيدروجيني يلاحظ ارتفاع القيم مع مرور الوقت؛ إذ وصل إلى 8.88 وهذا الارتفاع يعود إلى عمليات البناء الضوئي الذي تقوم بها الطحالب واستهلاك غاز CO_2 لإنتاج سكر الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$، وإن زيادة نشاطات الطحالب قد يعمل على استنزاف هذا الغاز مما يؤدي إلى انتزاعه من ايونات

الصورة (1): توضح طحلب الـ *Cara vulgaris*

جدول (3): يبين نتائج تحليل المياه المعالجة باستخدام طحلب الكارا مع مرور الوقت.

الصفة	الأيام / نوع المياه	بداية التجربة	(1) يوم	(2) يوم	(6) يوم	(13) يوم
EC_2s µS/cm	1	883	848	823	818	691
	2	1584	1505	1385	1346	1152
	3	2352	2282	1946	1874	536
pH	1	7.185	7.905	8.032	8.363	8.850
	2	6.870	7.981	8.372	8.577	8.883
	3	6.713	8.052	8.400	8.600	8.734
T.AlK. mg/ml	1	188	156	116	112	100
	2	272	120	96	94	88
	3	320	128	108	100	92
T.H mg/ml	1	460	440	400	350	330
	2	1040	880	830	690	670
	3	1630	1490	1330	1000	980
Ca.H mg/ml	1	300	250	220	160	160
	2	690	540	460	320	310
	3	840	720	660	450	450

البيكاربونات وتحولها إلى كاربونات وإطلاق ايونات الهيدروكسيل، مما يؤدي إلى رفع قيمة الـ pH كما موضح في المعادلات الآتية[20]:

$$2HCO_3^- \Leftrightarrow CO_2 + CO_3^- + H_2O$$

$$CO_3^- + H_2O \Leftrightarrow CO_2 + 2OH^-$$

وهذا ما أكده كل من [21]؛ إذ أشارا إلى أن النشاط العالي للنباتات المائية يمكن أن يؤدي إلى رفع الـ pH إلى أكثر من 10 بسبب هذه التحولات تكوين ايونات الهيدروكسيل أو بسبب عمليـــات التهوية وارتـفاع تركيز الأوكسجين المذاب نتيـجة لعمـليات البناء الضوئي والذي ممكن أن يؤدي إلى حدوث تفاعلات مع بعض الأملاح الموجودة في مياه الآبار مؤدية إلى تكوين مركبات الهيدروكسيل كما في المعادلة [22] الآتية:

$$4Fe(HCO_3)_2 + O_2 + H_2O \longrightarrow 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$$

وهذه النتائج تتفق مع النتائج التي توصلت إليها [23] في دراستها للمعالجة النباتية لمياه الفضلات باستخدام أنواع من الطحالب والتي وصلت قيم الـ pH إلى (9) كذلك الحال مع النتائج التي توصل إليها[24] والتي أشارت إلى تأثير الطحالب في رفع قيم الـ pH إلى (10.4)، ورغم كون قيم الـ pH ملائمة نسبياً لنمو الطحالب الخضر المزرقة ذات التأثيرات السلبية على البيئة المائية عن طريق تكوينها للسموم المختلفة كذلك ارتفاع درجات الحرارة صيفاً ستنشط نمو أنواع

من الطحالب الخضر المزرقة وهذا ما تؤكده العديد من الدراسات لقابليتها على تحمل درجات الحرارة العالية نسبياً[25].

إن وجود طحلب *Chara* sp. له تأثيرات اليللوباثية بتكوينه بعض المركبات (حوامض دهنية) تحد من حدوث الازدهار للطحالب الخضر المزرقة [23]، أما بالنسبة لقيم التوصيل الكهربائي فيلاحظ من الجدول (3) الارتفاع النسبي لقيم التوصيل الكهربائي لمياه الآبار الخام والتي تراوح بين (883– 2352) uS/cm، ورغم ذلك فإن طحلب *Chara vulgaris* له القابلية على التكيف والمعيشة في بيئات مائية مختلفة الملوحة euryhaline، وهذا ما أشار إليه العديد من الباحثين[13 ,26]؛ إذ لوحظ انتشار أجناس charceae ومن ضمنها *Chara vulgaris* في بيئات مختلفة التركيز الملحي ، ويلاحظ من الجدول حدوث الانخفاض في تركيز الأملاح بعد مرور 12 يوم من المعالجة بطحلب الـ *Chara vulgaris* وقد يعزى ذلك إلى عملية الامتصاص ونشاط الكائنات الدقيقة الأخرى الموجودة في المياه، إذ تشير الدراسات[27] إلى أن وجود البكتريا مع الطحالب قد تؤدي دوراً مهماً في التعاون بعمليات التنقية، إذ تجهز الطحالب الأوكسجين الناتج في عمليات البناء الضوئي للبكتريا الهوائية الموجودة في الماء لكي تقوم بنشاطاتها الحيوية في عمليات التحليل والأكسدة والاختزال، كذلك فإن البكتريا يمكنها تحفيز نمو الطحالب عن طريق تحرير بعض الفيتامينات والهرمونات أو عن طريق تجهيز الطحالب بغاز CO_2 اللازم لعمليات البناء الضوئي خاصة عند انخفاض المحتوى الكاربوني مما ينشط الطحالب للقيام بفعالياتها الحيوية وإزالة الملوثات بدرجة أكبر مما لو كانت لوحدها. وهذه النتائج مقاربة للنتائج التي توصلت إليها [23] في دراستها لمعالجة مياه الفضلات بأنواع من الطحالب *Scenedesmus quadricanda* و*Nitella patea* والتي تراوحت فيها نسبة إزالة الملوحة (قيم التوصيل الكهربائي) ما بين (46% و21%) على التوالي، وهذه الاختلافات في نسبة الإزالة قد تكون عائدة إلى طبيعة ونوعية المياه المستخدمة والظروف البيئية أثناء مدة المعالجة فضلاً عن الصفات الخاصة بنوع الطحلب المستخدم، وبما أن التوصيلية الكهربائية عبارة عن مجموع الايونات الموجبة والسالبة الذائبة في الماء (NO_3, Ca, Mn, PO, SO_4, HCO_3) وهذه الايونات بحد ذاتها هي عناصر مغذية للنبات إذ تستخدمها الطحالب لأغراض التغذية والنمو [11].

أما بالنسبة للقاعدية الكلية فيلاحظ انخفاض كبير في قيم القاعدية الكلية منذ مرور اليوم الثاني للمعالجة إذ وصلت نسبة الإزالة للقاعدية الكلية لمياه الآبار المستخدمة ما بين 38% إلى 66%، وتزداد هذه النسب لتصل ما بين 47%– 92% بعد مرور 12 يوم من المعالجة، وهذا الانخفاض يعود إلى عمليات البناء الضوئي التي تقوم بها الطحالب واستنزاف غاز CO_2 أو بسبب انتزاعه من ايونات البيكاربونات والتي هي المسبب الرئيس للقاعدية الكلية في المياه

المدروسة [لكون قيم الـ pH لم تتجاوز قبل عمليات المعالجة (8.3) للقيام بعمليات البناء الضوئي كما موضح في المعادلة الآتية[21]:

$$CO_2 + H_2O \Longrightarrow C_5H_{12}O6 + O_2$$

وهذه النتائج أعلى نسبياً من النتائج التي حصلت عليها [23] في دراستها للطحالب *N.palea* و*S.quadricauda* و*Chlorella vulgaris* والتي وصلت نسبة الإزالة (65، 59، 36)% على التوالي وعزت السبب إلى عمليات استهلاك الطحالب لغاز Co_2 الموجود في الماء. واستهلاك الكاربون الموجود بصورة أخرى لعمليات البناء الضوئي ، أما بالنسبة لقيم العسرة الكلية وعسرة الكالسيوم فيلاحظ من الجدول الانخفاض النسبي للقيم بعد مرور (6) أيام من المعالجة لتصل نسبة الإزالة إلى (23.9، 33.7، 38.7)% وعسرة الكالسيوم (46.7، 53.6، 46.4)% لتزداد نسبة الإزالة للعسرة الكلية لتصل إلى (28.3، 35.6، 39.8)% وعسرة الكالسيوم (46.7، 55.1، 46.4)% بعد مرور 12 يوم من المعالجة وهذا الانخفاض في تركيز العسرة يعود إلى قابلية طحلب *Chara vulgaris* المستخدم في المعالجة على تجميع بلورات كاربونات الكالسيوم على السطح الخارجي لتشكل طبقة بيضاء لذلك تسمى بالحشائش الصخرية Stonewort's [26] ، والموضحة في الصورة (2) وهذه النتائج مقاربة لما توصلت إليها [23] حيث وصلت نسبة الإزالة إلى (28، 27، 11)% لطحلب *C.vulgaris* و*S.quadricanda* و*N.palea* على التوالي، كما أشارت إلى قدرة طحلب *Anabena* sp. على خفض العسرة الكلية من 120 ملغم/ لتر إلى 90 ملغم/ لتر، كذلك فان استخدام طحلب الكارا في معالجة المياه للبرك الطبيعية؛ إذ تكون كملاجئ للافقاريات المائية والتي تؤدي دوراً في معالجة المياه

الصورة (2): قابلية الحشائش الصخرية على تجمع طبقة من بلورات الملح البيضاء.

وتقليل المواد العضوية والمواد العالقة عن طريق عمليات التغذية الترشيحية Filter feeder. كذلك إزالة الصبغات بعمليات الأكسدة والاختزال وتكوين نواتج غير ضارة للبيئة [28]. وأخيراً، تعد طحالب *Charace* ذات تأثير الاليلوباثي على الطحالب الخضر المزرقة *Cyanobacteria* مما يحد من حدوث حالات المروج الخضراء Blooms، وبالتالي الحد من وجود التوكيسنات Toxins التي تطلقها الطحالب الخضر المزرقة أو التي تنطلق بعد موتها وتحللها والتي تعد ذات تأثير خطير على المستهلكين والحياة المائية والتي تشمل على: السموم الكبدية والسموم العصبية والسموم الخلوية والسموم الداخلية متعددة السكريات الدهنية والسموم الجلدية والسموم المحسسة [14 ,25].

تستنتج الدراسة إلى كفاءة عملية التجميد والانصهار البطئ في عملية إزالة الأملاح وتحسين نوعية المياه, كذلك الدور الفعال لطحلب *Chara vulgaris* في إزالة الأملاح وبخاصة الأملاح الكاربوناتية, لذالك نوصي سكان القرى والأرياف تطبيق عملية التجميد والانصهار في حياتهم اليومية لتحسين نوعية مياه الآبار لأغراض الشرب وكذالك تطبيق المعالجة بالطحالب في أحواض المياه للبساتين والحقول مما لها دورا ايجابيا في تحسين نوعية المياه للأعراض الري وسقي المواشي وإجراء برامج التوعية للمواطنين في هذا المجال.

المصادر

1.الصفاوي, عبد العزيز يونس طليع (2007). دراسة صلاحية المياه الجوفية لمنطقة الكونسية ناحية حميدات للأغراض الزراعية. مجلة التربية والعلم. 10 (20): 191− 24.

2.الشنونة، ريم عدنان عبد الرزاق عبد الله (2012). دراسة بيئية وبايولوجية عن نوعية المياه الجوفية في جنوب شرق الموصل. رسالة ماجستير, كلية التربية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

3.Pia-Bas, A.; Roca-Mendoza, J.A.; Alcaina-Miranda, M.I.; Clar-Iborra, and Iborra-Clar, M.I. (2002). Reuse of wastewater of the textile industry after in treatment with a combination of physic chemical treatment and membrane technologies. J. Desalination Boysen, J.E. and Harju. J.A. (1999). Evaluation of the natural freeze- thaw process for the desalination of ground water of north Dakota water treatment technology prog. Report No.23 Energy and Environmenta . research center University of North Dakata.

4.Boysen, J.E. and Harju. J.A. (1999). Evaluation of the natural freeze- thaw process for the desalination of ground water of north Dakota water treatment technology prog. Report No.23 Energy and Environmenta . research center University of North Dakata.

5. Dai, y.; Zhang. Y.; Liu. B.; Teduka, M.; Lin. Y. and Tanaka, S. (2011). Separation of pollutants from water using the freeze- concentration process. J. Environ. Eng. Sci. 10(7): 955- 958.
6. Gao, W. and Smith, D.W (2003). Stud of the Ice-Making Op eration in the Inversion Desalination Freezing Process, I & EC, Process Design and Development. 8:347-356.
7. Gao, W.; Smith, D.W. and Sego, D.C. (2004). Treatment of pulp mill and oil sands industrial waste water by the partial spray freezing process. Wat. Res 38: 579- 584.
8. Gao, W.; Smith, D.W. and Liy (2006). Natural freezing as a wastewater treatment method *E.coli* Inactivation Capacity. Water research. 40 (12): 2321-2326.
9. Tam, N.F. and Wong, Y.S. (2000). Effect of immobilized microalgal bead concentration on wastewater nutrient removal. J. Environ. Pollution, 107: 145- 151.
10. Lau, P.S.; Tam, N.F. and Wong, Y.S. (1995). Effect of algal density on nutrient removal from primary settled waste water. J. Environ. Poll., 89: 59- 66. In: Pia-Bas, 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 physic chemical treatment and membrane technologies. J.Desalination 149: 169- 174 .
11. المشـهداني, يحيـى كريم صـالح خضـر (2002). دراسـة مختبريـه لاستخدام طحلب *Chlorella vulgaris* فـي معاملـة ميـاه الصـرف الصـناعي لمعامـل الألياف والزيـوت. رسـالة ماجسـتير، كليـة العلوم، جامعة بغداد، العراق.
12. Torn, K; Martin, G and Paalme, T. (2006). Seasonal changes in biomass, elongation growth and primary production rate of *chara tomoentosa* in the NE Baltic sea. ANN. Bot. FENNICI 43:276-283.
13. Langangen, A. (2004). Charophtes form four cyclade Islands (My- konos, Naxos, paros and Antiparos). in Greece. J. Biol. Res.1: 31- 38.
14. Zhang, T. T, N; Hewu; A.P and NIE, L. W (2009). Allelopathic effects of submerged macrophyte *chara vulgaris* on toxic *Microcystis aeruginosa*.J. Allelopathy. 23(2): 391- 402.
15. WHO (2009). Toxictuence cyanobacteria in water. Aguide to their public health consequences monitoring and management. 2ed.
16. عيسـى، محسـن ايـوب وأمـين، غيـداء أحمـد (2011). انتشـار وتواجـد البكتريـا الخضـراء المزرقـة Cyanobacteria في مصـادر مائيـة مختلفة لمحافظـة نينوى وعلاقتها بالعوامل البيئيـة لتلك المياه ودراسـة أفضـل الظـروف الملائمـة لعزلها. وقائع المؤتمر العلمـي الـدوري الثـاني لمركز بحوث البيئـة والسيطرة على التلوث، جامعة الموصل. 141– 158.
17. APHA, AWWA and WEF (1998). Standard methods for the examination of water and waste water, American public health association, 20th. Ed., Washington D.C, USA. 1268.

18. الراوي، أميرة محمود محمد (1996). دراسات في اظهار الضرر بالحفظ بالتجميد على مركزات بعض أنواع البكتريا. اطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة الموصل، العراق.

19. EPA. (2000).Introduction to phytoremediation U.S. Environmental protection Ageney. Cincinnati, Ohio.

20. الشاهري، يوسف جبار؛ اسماعيل، محمد بشير والصوفي، بلقيس يحيى (2009). تأثير الإضاءة وتركيز النتروجين والفسفور على النمو والمحتوى البروتيني لطحلب *Oscillatoria angustissima*. مجلة التربية والعلم. 22(2): 174−186.

21. Welch, E.B. and Jacoby, J.M.(2004). Pollutant effects in fresh water, In: Martin, G and Paalme, T. (2006). Seasonal changes in biomass, elongation growth and primary production rate of *chara tomoentosa* in the NE Baltic sea. ANN. Bot. FENNICI 43:276-283.

22. De la Noue and De pauw, N. (1988). The potential of microalgal biotechnology: Areview of production and uses of microalgae: Adv. Biotechnol. 6:725-770.

23. العزاوي , سعاد غالي كاظم (2006). استخدام بعض الطحالب في معالجة مياه الفضلات الصناعية لمعمل نسيج الحلة. رسالة ماجستير. كلية العلوم, جامعة بابل، بابل، العراق.

24. Blier, R.; Laliberte, G. and De la None, J. (1996). Production of the Cyanobacterium *Phormidium bohneri* in parall with equation of a dairy anaerobic effluent. Process Biochem. 31(6): 587-593.

25. الجلبي، غيداء أحمد أمين (2010). عزل وتشخيص وإمراضية البكتريا الخضراء المزرقة المنتجة للسموم من مصادر المياه المختلفة في محافظة نينوى. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

26. Mccourt, R.M.; Delwiche, C.F. and Karol, K.G. (2004). Charophyte algae and land pland origins. Trends in Ecology and Evolution. 19(12):661-666.

27. 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.

28. Ostroumov, S.A.(2006). Biomachinery For maintaining Water quality and natural Water Self-purification. in marine and estuarine systems: elements of a qualitative theory. Int. J. Oceans Oceanograph, 1(1).,111-118.