خفض التلوث ببكتريا القولون في مياه الصرف الصحي باستخدام الموجات فوق الصوتية

منار احمد حمود شذى جليل خلف سهاد علي شفيق شذى علي شفيق
وفاء جميل رشيد لقاء حسين عبد الرحيم
وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة البيئة والمياه
بغداد–العراق

الخلاصة

تهدف الدراسة الى استخدام الموجات فوق الصوتية لتقليل التلوث ببكتريا القولون في مياه الصرف الصحي حيث لها القدرة على قتل البكتريا المتواجدة في الاطيان . جمع ثلاثون نموذج من محطة تجميعية لمياه الصرف الصحي في جامعة بغداد/كلية العلوم للبنات ومن ثم تم عرضت النماذج للموجات فوق الصوتية لعدة فترات زمنية. اشارت النتائج تناقص في اعداد بكتريا القولون الكلي مع زيادة فترة التعرض مقارنة مع اعداد بكتريا القولون الكلي ماقبل التعرض للموجات فوق الصوتية ماعدا الفترة عشر دقائق التي اظهرت زيادة في اعداد هذه البكتريا بسبب تفتت الجسيمات والاطيان بالموجات فوق الصوتية وتحرر البكتريا المتواجدة داخلها الى الماء، اما الفترات (15، 25، 35، 45، 50، 60، 80، 90، 120) دقيقة فكانت نسبة القتل لكل فترة: 6.66%، 13.33%، 64.28%، 86.64%، 90.21%، 93.18%، 97.81%، 99%، 99.97%على التوالي. النتائج توضح كفاءة الطريقة في خفض نسبة تلوث مياه الصرف الصحي ببكتريا القولون وبالامكان استخدامها مع طرق المعالجة الاخرى لتقليل المواد الكيميائية المستخدمة في قتل هذه البكتريا.

الكلمات المفتاحية:الموجات فوق الصوتية، مياه الصرف الصحي و بكتريا القولون.

Decreasing the Pollution with Coliform in the Wastewater by Using Ultrasound Waves

Manar Ahmed Ehmud Shatha Jaleel kalaf Suhad Ali Shafiq Shatha Ali Shafiq
Wafaa Jameel Rasheed Liqaa Hussain Abed-alraheem
Ministry of Science and Technology/ Environment and Water Directorate
Baghdad-Iraq
E-Mail: manaraljebory@yahoo.com

Abstract

The aim of this study is to use Ultrasound waves in decreasing the pollution with Coliform bacteria in the wastewater which have the ability to kill bacteria exist in the clay. Thirty samples were collected from wastewater station in Baghdad University\Science Collage for Women. Samples exposed to ultrasound waves for diffrent times, the results showed decreases in the total coliform count with increasing time of exposure compared with samples before exposure, except exposure to(10) minutes that showed increases in total coliform count because of releasing bacteria from clay as a results of particles disintegration by ultrasound waves. other exposure times showed kill rate as follows: (15)min./(6.66%),25min./(13.33%),35min./(33.33%),45min./(64.28%),50min./(86.64%),60min./(90.21%),80min./(93.18%),90min./(97.81%),100min./(99%),120min./(99.97%). These results showed that using ultrasound waves has the ability to rednce wastewater pollution with the colifom and can be used with other treatment methods to reduce chemical material that be used to kill bacteria.

Key word: Ultrasound, Wastewater and Coliform.

المقدمة

لقد ازداد الاهتمام في اعادة استخدام مياه الصرف الصحي في العقود القليلة الماضية بسبب الطلب المتزايد للماء العذب، نمو سكان، ازدياد حاجة كل فرد في إستعمال الماء، طلبات الصناعة والقطاع الزراعي كلّ ذلك سلّط ضغطا على مصادر المياه، او ارجاعها الى مصادر المياه الطبيعية من دون ان تعمل على الاقل من زيادة التلوث الميكروبي (Gatel, *et al*.,2001). ان عمليات المعالجة التقليدية عادة لا تقلل من اعداد الكائنات المحددة للتلوث مثل بكتريا(القولون البرازية) الى مستويات مقبولة (Crittenden, *et al*, 2004) .

ان ارشادات منظمة الصحة العالمية (WHO 1989)

(World Health Orginazation)

لاعادة الاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي لاغراض الزراعة او اعادتها الى المصادر الطبيعية والتي توصي بان يكون عدد بكتريا القولون البرازية (10^3 MPN\100ML) اما حسب ارشادات منظمة (US-EPA) الامريكية لعام (1992) فانها تفرض قوانين اكثر صرامة خاصة في القطاع الزراعي بالنسبة للمزروعات التي تؤكل غير مطبوخة وتوصي بان يكون عدد بكتريا القولون البرازية (10^2 MPN\100ML) (Tanaka, 1992). ان اضافة الكلور يعمل على قتل الكائنات المايكروبية الموجودة على سطح الجسيمات ويترك ما في داخلها مثل الاطيان التى تحوي على اعداد كبيرة من الكائنات الحية التي تحميها من الكلور المضاف اما الاشعة فوق البنفسجية (UV) فتحتاج الى طاقة عالية خصوصا في تعقيم مياه المجاري بسبب احتواءها على جزيئات كبيرة حجمها اكبر من (50 ما يكرومتر) والتي تكون صعبه الاختراق

(Ormeci and Linden2002)

واستبدالها بعمليات التعقيم غير الكفؤة والمضرة للبيئة.

لذلك ركزت بعض الدراسات على قدرة الموجات فوق الصوتية على تكسير الجزيئات الكبيرة الموجودة في مياه المجاري وتحويلها الى جزيئات اصغر (Antoniadis, *et al*., 2007). اما اغشية الترشيح فانها كفوءة في ازالة هذه الجزيئات وفي التعقيم ولكن بالتطبيق الواقعي فانها تعاني من الاعاقة في سحب الناتج بالاضافة الى الكلفة العالية لهذه الاغشية(Herwig, *et al*., 2000).

بسبب المشاكل التي تعاني منها هذه التقنيات تم التفكير ببدائل اخرى منها التعقيم بالموجات فوق الصوتية. ان نمو وانهيار فقاعات الغاز في السوائل والمتكونة من الموجات فوق الصوتية تسمى بالتجويف الصوتي (Cavitation) والتي ينتج عنها قوى القص (Shear Forces) وتكوين الجذور الحرة

. (Joyce, *et al*., 2002)

والتي هي اسباب مساهمة في التاثير على البكتريا

ان التاثيرات الميكانيكية للموجات فوق الصوتية على الانظمة الكيميائية في الوسط السائل تكون بسبب التجويف الصوتي وهذه القوى تؤثر بشكل كبير على الانظمة الحيوية للكائنات الميكروبية

.(Zheng, *et al*., 2005)

ان انفجار الفقاعة ينتج عنها مسارات الانحلال الحراري و الجذر الحر، وان الانحلال الحراري لجزيئات الماء والناتج من انفجار الفقاعة يعتبر تفاعل ذو اهمية كبيرة لانه ينتج عنه تكون بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) والذي يكون محددا لتكون جذر الهيدروكسيل (OH) والذي يؤثر على المذابات العضوية الاخرى ومن ضمنها الخلايا البكتيرية (Naddeo, *et al*., 2014). الهدف من البحث هو دراسة استخدام الموجات فوق الصوتية لعمليات تعقيم مياه المجاري لتميزها في تفتيت الجسيمات وقتل البكتريا بالاضافة الى انها تقنية نظيفة لا ينتج عنها اي مخلفات كيمياوية مضرة لصحة الانسان والبيئة

المواد وطرائق العمل

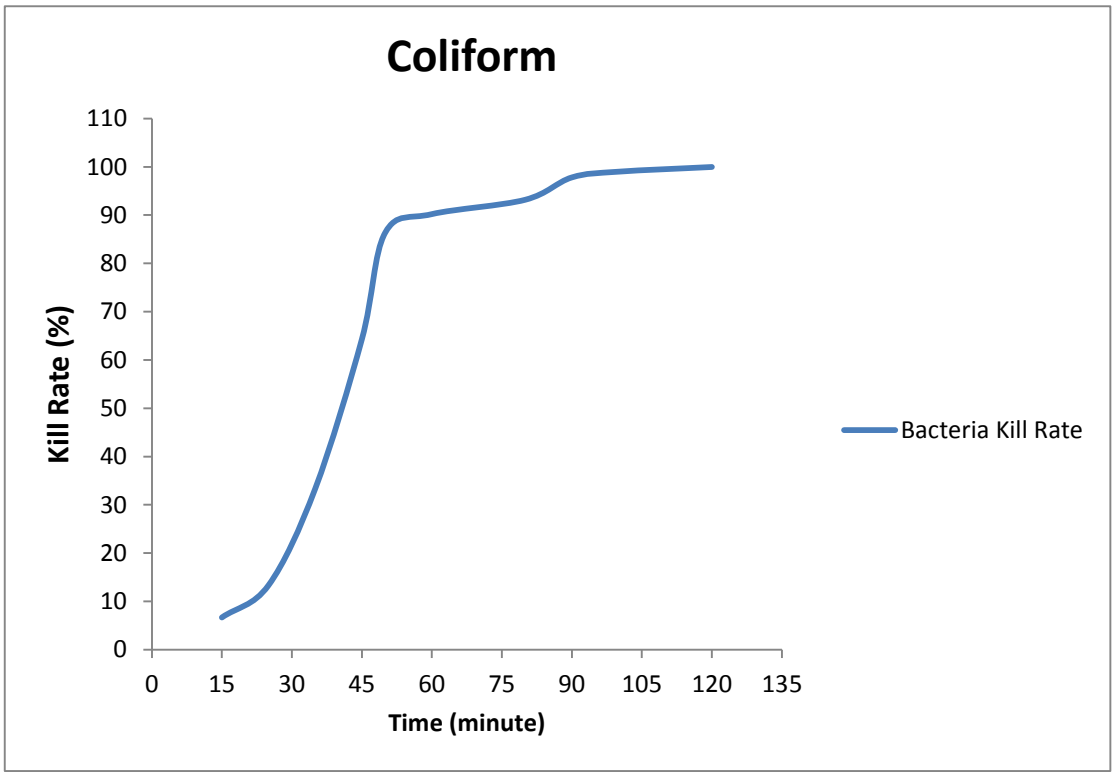
جلب ثلاثون نموذجا من مياه الصرف الصحي من محطة تجميعية لمياه الصرف الصحي في من جامعة بغداد/ كلية العلوم للبنات كما في الصورة (1) بواقع نموذج كل اسبوع. حيث عمل (3) مكررات لكل فترة واخذ معدل نتائج المكررات والنسبة المئوية للقتل من خلال استخدام برنامج (Excel 2003).

صفيت هذه المياه بواسطة مشبك معدني قطر فتحاته (1) مليمتر للتخلص من الجزيئات الكبيرة والتي حجمها اكبر من قطر فتحات المشبك.استعملت طريقة العد الاكثر احتمالا (Most Probable Number) (MPN) في الكشف عن بكتريا القولون كدليل على التلوث في المياه حسب تعليمات منظمة الصحة العالمية (WHO, 1998)، باستخدام وسط الماكونكي السائل (Macckoncy Brorth). اجريت طريقة (MPN) لعينات مياه المجاري قبل وبعد التعريض للموجات فوق الصوتية، حيث توضع العينات في حوض مائي موجود في جهاز توليد الموجات فوق الصوتية من نوع (Power Sonic 405) بتردد واحد هو42Khz. ان حجم النموذج الذي تم تعريضه لحمام الموجات فوق الصوتية هو250 مل. بعد اجراء الفحص للعينات حضنت بدرجة 37 م° لمدة 48 ساعة، ان تغير لون الوسط مع وجود غاز في انبوبة درهم يكون دليل على النتيجة الموجبة، حيث ان بكتريا القولون لها القدرة على تخمير سكر اللاكتوز الموجود في الوسط وتكوين حامض وغاز وتغيير لونه. بعد ظهور النتيجة يتم حساب اعداد البكتريا في انابيب الزرع الموجبة ومقارنتها بالجداول الخاصة لهذه الطريقة.

النتائج والمناقشة

نتائج الدراسة اظهرت ان انعدام فعالية بكتريا القولون بدأ بالظهور عند الفترة 45 دقيقة كما هو واضح في الشكل (1) وذلك لان الفترة التي تسبق الزمن 45 دقيقة كانت مرحلة تفتيت للاطيان و الجسيمات الحاوية على الاحياء المجهرية بالاضافة الى نسبة قتل قليلة كما اوضحا (Neis and Blume, 2002)، حيث كانت نسبة القتل 64.3% بتردد 42 KHz وازدادت نسبة القتل بزيادة فترة التعرض للموجات فوق الصوتية مع نقصان عملية تفتيت الاطيان والجسيمات بمرور الوقت وتحرير البكتريا المتواجدة فيها، وهذا ما يفسر نسب القتل القليلة للفترات 15 ،25 و35 دقيقة فكانت نسبة القتل6.66% ،13.33% و33.33% مقارنة ببقية الفترات (الجدول1). ان الوقت اللازم لقتل البكتريا هو 60 دقيقة حيث كانت نسبة القتل 90.2% وكلما ازدادت فترة تعرض النموذج للموجات فوق الصوتية كلما كانت نسبة القتل اكبر الى ان تصل النسبة الى 99.97% في الفترة 120 دقيقة. نسبة القتل هذه تعود الى تاثيرين الاول هو تأثيرين فيزياوي سببه تكوين فقاعات الغاز (التجويف الصوتي) في الماء والتي لها تأثير

صورة(1) محطة تجميع لمياه الصرف الصحي في كلية العلوم للبنات/جامعة بغداد



شكل(1) زيادة نسبة القتل بمرور الزمن

جدول (1) تأثير زيادة وقت التعريض للموجات فوق الصوتية في قتل بكتريا القولون

الزمن (min)	عدد البكتريا قبل تعرضها للموجات فوق الصوتية MPN\100	عدد البكتريا بعد تعرضها للموجات فوق الصوتية MPN\100	نسبة قتل البكتريا بعد تعرضها الى الموجات فوق الصوتية (%)
15	1.5×10^6	1.4×10^6	6.66
25	2.1×10^6	1.3×10^6	13.33
35	2.1×10^6	1.4×10^6	33.33333333
45	2.1×10^6	7.5×10^5	64.28571429
50	1.1×10^7	1.5×10^6	86.36363636
60	9.2×10^6	9×10^5	90.2173913
80	1.1×10^7	7.5×10^5	93.18181818
90	1.1×10^7	2.4×10^5	97.81818182
100	1.1×10^7	1.1×10^5	99
120	9.2×10^6	2.4×10^3	99.97391304

جدول (2) الزيادة في عدد البكتريا في الفترة (10) دقائق

الزمن (min)	عدد البكتريا (الكلية) قبل تعرضها الى الموجات فوق الصوتية MPN/100 ml	عدد البكتريا (المتبقية) بعد تعرضها الى الموجات فوق الصوتية MPN/100 ml
10	1.5×10^6	2.1×10^6

كبير في تدمير جـدار الخلية البكتـيريـة (Elliott and Winder, 1995). عندما تنهار فقاعة التجويف تكون تيارات دوامية ودورانية في السائل محيطة بالخلايا والتي تسمى قوى القص (Shear Forces)، تخضع العضيات الخلوية الداخلية للخلايا البكتيرية لهذه الحركة الدورانية والتي تعمل على تكسير الروابط الكيميائية في جدار وغشاء الخلية البكتيرية (Dubbs, 1996; Macomber, *et al*., 2007). اما السبب الثاني هو كيمياوي يعود الى تكون العوامل المؤكسدة وهو بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) وجذر الهيدروكسيل(OH). ان تكون جذر الهيدروكسيل (OH) في المحاليل المائية يعتبر ذو تأثير قاتل للكائنات الدقيقة المتواجدة فيها، حيث يهاجم جذر الهيدروكسيل (OH) الفجوات الموجودة في جدران الخلية البكتيرية والتي تعمل على تدميرها من خلال عمليـة تعرف بتحلل الخـليـة (Linley, *et al*., 2012) اذ يعمل جذر الهيدروكسيل (OH) على تدمير كل انواع الجزيئات الكبيرة مثل الكربوهيدرات والدهون والاحماض الامينية (Asad, *et al*., 2004). ان جذر الهيدروكسيل (OH) له عمر صغير جدا تقريبا10^{-9} ثانية و بفعالية عالية وهذا ما يجعله مركب خطير جدا على الكائنات الدقيقة (Cabiscol, *et al*., 2000) . لقد تم ملاحظة ان الزمن 10 دقائق حصلت فيه زيادة في النمو كما في جدول (2)، اذ تحوي مياه الصرف الصحي على جسيمات كبيرة تكون حاوية في داخلها على بكتريا او قد تكون الجسيمة نفسها هي عبارة عن تجمعات بكتيرية. لذا فان تعريض مياه الصرف الصحي للموجات فوق الصوتية تعمل على اهتزاز الوسط السائل وتزيد من امتزاج السائل وكذلك تعمل على تكسير هذه الجسيمات مما يؤدي الى تحرر البكتريا المتواجدة فيها وبذلك سيزداد العدد البكتيري في الوسط السائل بما لا يتناسب مع قدرة الموجات فوق الصوتية على القتل وهذا ما يفسر الزيادة في عدد البكتريا في الدقائق العشر الاولى بعدها يبدأ التأثير القاتل للبكتريا على الرغم من قلة النسبة في الفترات التي مابعد العشر دقائق وهي 15 ،25 و35 دقيقة بسبب عدم اكتمال تفتيت كل الجسيمات الكبيرة المتواجدة. فكانت نسبة القتل66.6% ،13.33% و33.33%) الى ان تصل نسبة القتل الى 99.97% في الزمن 120 دقيقة .

الاستنتاجات

ان الموجات فوق الصوتية تعمل على اهتزاز الوسط السائل وتفتيت وتكسير الجسيمات الكبيرة والصغيرة الى جسيمات اصغر محررة بذلك البكتريا الملتصقة في داخل هذه الجسيمات لذلك فان الفترات الاولية 10 ،15 ،25 ،35 دقيقة حصلت فيها زيادة قليلة في نسب القتل . اما الزيادة الاكبر في نسب القتل فانها حصلت في الفترات التي اعقبت الفترة 45 دقيقة بسبب انحسار عملية التفتيت بالتالي ثبات عدد البكتريا في الوسط السائل مع وضوح لنسب القتل لمابعد الفترة 45 دقيقة الى ان تصل لاعلى مستوياتها في الفترة 120 دقيقة.

التوصيات

ان الموجات فوق الصوتية تقنية لها تأثير قاتل على الكائنات الدقيقة وكذلك لها القدرة على تفتيت و تكسير الجسيمات التي قد تتواجد في المياه، لذلك تعتبر من انسب التقنيات في تعقيم مياه المجاري. ان

الوصول الى نسبة تعقيم 100% يحتاج الى زمن اكثر من الساعتين، وهذا يجعل عدم امكانية استعمال هذه التقنية وحدها لتعقيم مياه المجاري من الناحية الاقتصادية لكن تعتبر مجدية وذو فائدة كبيرة عند ربطها مع تقنيات اخرى غير قادرة على تعقيم مياه المجاري بكفاءة.

References

Antoniadis, A.; Poulios, I.; Nikolakaki, E. and Mantzavinos, D., (2007), Sonochemical disinfection of Municipal Wastewater, Journal of Hazardous Materials, **146**, 492-495.

Asad, N.R.; De Almeida, C. E. B.; Felzenszwalb, I.; Cabral J.B. and Leitão A.C., (2004). Several Pathways of HydrogenP Action that Damage the *E. coli* Genome. Genetics and Molecular Biology. 27, 2, 291-30.

Cabiscol, E.; Tamarit, J. and Ros, J., (2004). Oxidative Stress in Bacteria and Protein Damage by Reactive Oxygen Species. Internatl Microbil. 3,3–8.

Crittenden, J.C.; Trussell, R.R.; Hand, D.W. and Tchobanglouse,G, (2004). Water Treatment Principles and Design. 2nd Ed, John Wily and Sons.

Dubbs, C.A., (1996). Ultrsonic Effects on Isoenzymes. Clinical Chemistry. 12,181-186.

Elliott, T. A., and Winder, M.C., (1995). Effect of Ultrasonic Wave on Bacterial Flora of Milk. J. Dairy Science 38,598.

Gatel, D.; Janex, M.L.; Cervantes, P. and Laine, J.M., (2001): Water and Wastewater Disinfection. France National Report. 2nd IWA World Water Congress, Berlin. 10,15-19.

Herwig, V.; Tiehm, A. and Neis, U., (2000): Particle Size Analysis for Improved Deep Bed Filtration in Wastewater Treatment. World Filtration Congress 8, Brighton (UK). 2,827-830.

Joyce, E.; Mason, T.J.; Phull, S.S., and Lorimer, J.P., (2002). The Development and Evaluation of Ultrasound for The Treatment of Bacterial Suspension. Ultrason Sonochem, 20(10), 183-185.

Linley, E.; Denyer, S.P. and McDonnell, G., (2012). Use of Hydrogen Peroxide as a Biocide: New Consideration of its Mechanisms of Biocidal Action. Journal of Antimicrobial Chemotherapy. (Linley, *et al*., 2012)

Macomber, L.; Rensing, C. and Imlay, J.A., (2007). Intracellular Copper Does not Catalyze the Formation of Oxidative DNA Damage in Escherichia Coli. J Bacteriol; 189: 1616–26.

Naddeo, V.; Cesaro, A.; Mantzavinos, D.; Fatta-kassinos, D. and Belgirono, V., (2014). Water and Waste Water Disinfection by Ultrasound Irradiation- a Critical Review. Global Nest Journal, Vol 16, No 3, pp 561-577.

Neis, U., and Blume, T., (2002) Ultrasonic Disinfection of Wastewater Effluents for High-quality Reuse. IWA Regional Symposium on Water Recycling in Mediterranean Region, Iraklio, Greece, 17, 28.-29.

Ormeci, B., and Linden, K.;G., (2002). Comparison of UV and Chlorine Inactivation of Particle and Non Particle

Associated Coliform. 3rd IWA World Water Congress, Melbourne.3, 7-9

Tanaka, H.; USEPA, and USAID, (1992). Guidelines for Water Reuse. Technical Report No. EPA/625/R-92/004. Washington, DC : Environmental Protection Agency (Office of Wastewater Enforcement and Compliance).

World Health Organization, W.H.O., (1989). Health Guidelines for the Safe Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.

Zheng, W.; Maurin, M., and Tarr, M.A., (2005). Enhancement of Sonochemical Degradation of Phenol Using Hydrogen Atom Scavengers. Ultrason Sonochem, 12, 17-21.