استعمال تقنية المفاعلات البيولوجية ذات الأغشية الغاطسة لمعالجة المياه العادمة لمعامل الألبان ولإعادة استعمالها

أزهار قيس كيطان أسامة جورج أمين رعد عبدالله علي احمد خلف حردان هشام حميد علوان

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البيئة والمياه

بغداد – العراق

الخلاصة

تحوي مياه الصرف من معامل إنتاج الألبان على تركيز عالي من المواد العضوية مصدرها البروتينات والدهون المكونة للحليب مما يتطلب معالجتها بأسلوب متقدم من أجل التمكن من إعادة استعمالها مستقبلا. أحد هذه الأساليب في المعالجة هي طريقة المعالجة البيولوجية ذات الأغشية (Membrane Bio- Reactor, MBR).

تم في هذا البحث اختبار أداء منظومة MBR سعة 1 م^3/ يوم وباستعمال قطعة غشاء واحدة ذات الألياف المجوفة (Hollow fiber) الغاطسة. متابعة أداء المنظومة استمر أكثر من 90 يوما لمعرفة تركيز الملوثات في المياه العادمة والمياه المنتجة وكانت نسبة الازالة للملوثات كما يلي:

المواد العالقة الكلية (TSS) 93%، العكورة (Turbidity) 95%، متطلب الأوكسجين الكيمياوي(COD) 74.6% وكان تركيز النترات في المياه المنتجة بحدود 25 ملغم / لتر عند وصول المنظومة الى الحالة المستقرة. وقد أشارت نتائج البحث الى ان فرق الضغط عبر الغشاء المستخدم في المنظومة لم يتغير بشكل كبير مما يدل على عدم حدوث انسداد مؤثر في الغشاء وبالتالي استقرار عمل المنظومة .

الكلمات المفتاحية: مياه عادمة ، أغشية ، ألياف مجوفة وصناعة الألبان.

Using Membrane Bio-Reactor of Hollow Fiber Technology to Treat Wastewater of Dairy Factories for Re-Use

Azhar Qais Geetan Osama George Ameen Raad Abdalla Ali
Ahmed Khalaf Hardan Hosham Hamed Alwan

Ministry of Science and Technology / Environment and Water Directorate

Baghdad – Iraq

E-mail: Azhar.qais@yahoo.com

Abstract

Waste water produced by dairy factories contains high concentration of organic materials like proteins and fats, which require treatment in order to be reused. One of the treatment methods is (Membrane Bio-Reactor, MBR).

In this research, the test of (MBR) unit operation has been done. The capacity of the unit is 1m^3/day by using one of Hollow Fiber membrane, Experiment duration continued for more than 90 days to evaluatc the unit performance and the concentrations of impurities in wastewater and produced water.

The removal rate of Impurities as fallows Total suspended solid (TSS) 93%, Turbidity (T)95%, Chemical oxygen demand (COD) 74.6%. The concentration of itrate in produced water was 25 mg/l in steady state situation of the unit.

The results of the research also showed that the pressure differences across the used membrane in the system did not changed, and this refers that there was no effective of blockage on the working system.

Key words: Wastewater , Membranes , Hollow Fiber and Dairy Industry.

المقدمة

تشير أدبيات منظمة الصحة العالمية إلى تزايد أعداد السكان في اغلب بقاع العالم ومنها العراق في العقود الأخيرة والتناقص المستمر لموارد المياه العذبة الطبيعية مع الزمن بسبب التغيرات المناخية (WHO, 2006). مما يستدعي إصدار تعليمات حماية بيئية أكثر تشددا من تلك المعمول بها حاليا. إذ أن العديد من المخلفات المحلية والصناعية تفرغ مباشرة إلى مصادر الماء الطبيعية، من هنا تبرز الحاجة لمعالجة المياه بمنظومات كفوءة تفي بمتطلبات تقليل التلوث ولإعادة استعمال المياه المعالجة كمصدر غير تقليدي للمياه .

تعتبر تقنية المفاعلات البيولوجية ذات الأغشية النفاذة (Membrane Bio- Reactor, MBR) احد التقنيات الحديثة لمعالجة المياه العادمة كمياه الصرف الصحي والصناعي، تمثل هذه التقنية تطويرا لعملية المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة التقليدية. يتم ذلك باستعمال أغشية فائقة (Ultra Filter) لفصل المادة الصلبة عن المياه المنتجة مما يؤدي إلى الاستغناء عن المروقات الثانوية. تتميز هذه التقنية بصغر حجم منظوماتها وجودة المياه المنتجة منها مما يجعلها صالحة لإعادة الاستخدام للإغراض المختلفة كالسقي (Fane, 2007).أول استخدام لهذه التقنية كان في عام1960 كان من قبل العالم Dorr - Oliver (Judd, 2010). ومنذ ذلك الحين اكتسبت هذه التقنية العديد من التحسينات في العديد من السمات. وقد أصبح لها وخصوصا في السنوات الأخيرة أسواقا عالمية بسبب المميزات عالية الجودة في معاملة المياه العادمة. وهنالك نوعان من التطبيقات ، الأول المفاعلات البيولوجية ذات الأغشية الغاطسة Submerged Membrane Bio- Reactor (SMBR) والثاني المفاعلات البيولوجية ذات الربط الجانبي للأغشية (الخارجي) (Side Stream Membrane Bio-Reactors) ، طورت التقنية من النوع الأول SMBR عام 1990 وتتميز بالإزالة الكاملة للمواد الصلبة والمعدل العالي للجريان لوحدة المساحة وإنتاج أوحال قليلة بالإضافة إلى الحجم المضغوط واستهلاك طاقة أقل . تتمكن هذه التقنية من معالجة مياه فضلات مختلفة مثل مياه الصرف لمعامل الأدوية ومياه الصرف لمعامل الدباغة ومياه الصرف لمعامل الزيوت (Singh, 2006). تعد صناعة الألبان واحدة من الصناعات التي تنتج كميات كبيرة من مياه الصرف ، تمتاز هذه المياه باحتوائها على تركيز عالي من المتطلب الكيموحيوي (BOD) والنيتروجين بسبب التركيز العالي للمواد العضوية كالدهون والبروتينات(محمد، 2010). يهدف البحث إلى اختبار أداء منظومة تعمل بتقنية المفاعلات البيولوجية ذات الأغشية الغاطسة في معالجة المياه العادمة لمعمل ألبان أبو غريب في مدينة بغداد والتعرف على قابليتها في إزالة الملوثات الموجودة في هذه المياه.

المواد وطرائق العمل

وصف المنظومة

يبين شكل رقم (1) مكونات منظومة المعالجة البيولوجية ذات الأغشية الغاطسة SMBR من خزان التهوية MBR tank مصنع من مادة البلاستك الشفاف سعة 0.5 م^3 وأبعاد (1 م x 1 م x 0.5 م) يحوي قطعة غشاء مصنوع من مادة البولي بروبلين ومن نوع الألياف المجوفة Hollow fiber وبالمواصفات المبينة في جدول (1).

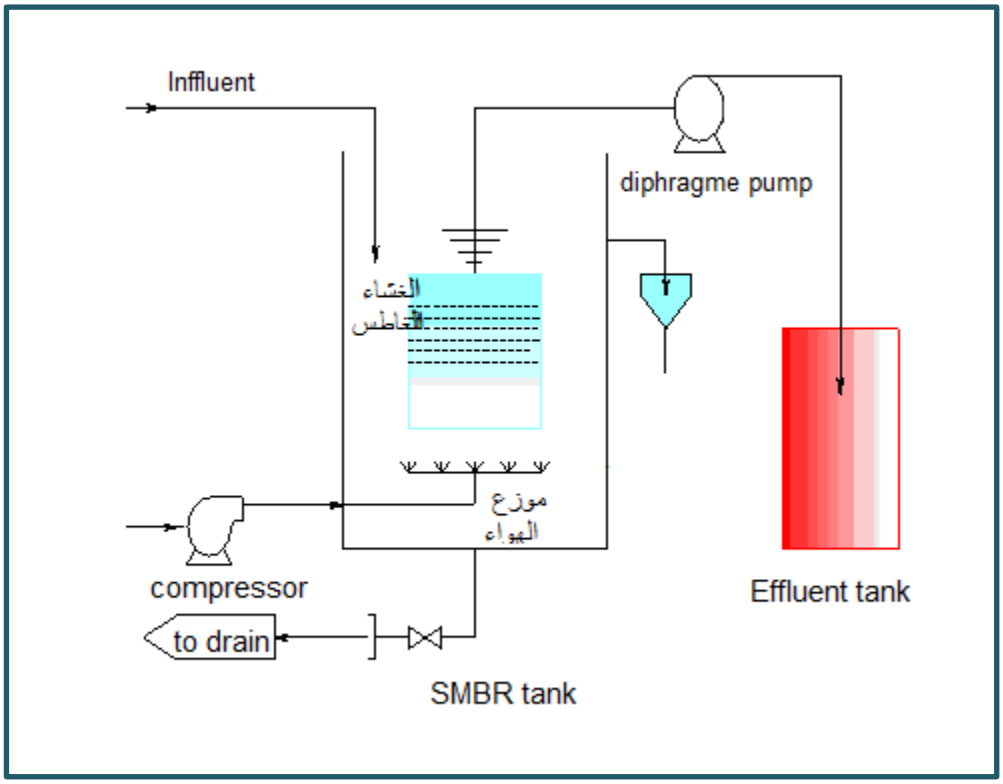
جدول (1) مواصفات الغشاء الغاطس

القياسات	مواصفات الغشاء
النوع	ليف مجوف
مادة الصنع	بولي بروبلين
المسامية	0.1 (µm)
سمك الغشاء	40 (µm)
القطر الخارجي	400 (µm)
مساحة الغشاء	8 m^2
الابعاد(الطول× العرض)	(790 x 580) mm

جهز الخزان من الأسفل بموزع للهواء وهو عبارة عن أنبوب مثقب من مادة ال PVC وبحجم "1/2 وعن طريق ضاغط الهواء لضمان التهوية المستمرة داخل

الخزان . بعد الوصول إلى التركيز المطلوب للحمأة المنشطة داخل الخزان سحب الماء المنتج من الغشاء عن طريق مضخة السحب نوع Diaphragm بمعدل جريان 40 لتر/ ساعة وضخه إلى خزان تجميع الماء المنتج Effluent water tank أضيفت المياه العادمة للألبان إلى خزان التهوية.

بحيث يبقى مستوى الماء فيه ثابتا وتم مراقبة فرق الضغط للغشاء والذي يعتبر علامة دالة على انسداده. يتم مراقبة أداء المنظومة من خلال مراقبة نوعية المياه الداخلة إلى المنظومة والمياه المنتجة منها وباستعمال الأجهزة وطرق التحاليل المبينة في جدول (2).



شكل (1) مخطط لمنظومة SMBR

جدول (2) الاختبارات ونوع الأجهزة وطرق القياس المستخدمة في البحث

الاختبارات	نوع الاجهزة وطرق القياس
متبقي الأوكسجين الحيوي (BOD_5)	Oxitop-meter (OC100 – Germany)
متبقي الأوكسجين الكيميائي (COD)	The titration method according to standard method No.5220B
العكورة (T)	Turbidimeter (TURBO550, WTW, Germany)
النتروجين (Nitrate)	Colorimetric method, spectrometer (uv754, CANY, China)
الكربون العضوي الكلي (TOC)	UV 9200 (LTD,UK, biotech engineering)
متبقي الأوكسجين (DO)	DO electrometer (pH, Oxi340i, WTW, Germany)
خليط المواد الصلبة العالقة الذائبة (MLSS	The drying method according to standard method No.2540D
الدالة الحامضية (pH)	pH 110 (Senso Direct, Lovibond, Type 330)

النتائج والمناقشة

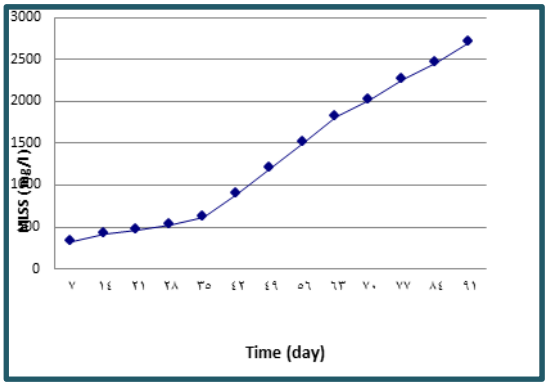
شغلت المنظومة لمدة امتدت أكثر من 90 يوما. مع ملاحظة فرق الضغط عبر الغشاء المستخدم في المنظومة (0.2 Bar) والذي لم يتغير بشكل ملحوظ مما يدل على عدم وجود انسداد مؤثر على عمل المنظومة. يبين جدول (3) معدل نوعية مياه الصرف من معمل ألبان أبو غريب (مخلفات تصنيع الجبن الطري التي تجمع بخزان منفصل عن خزان المخلفات السائلة لبقية المنتجات)، مقارنتها مع المحددات الوطنية إطلاق هذه المياه إلى البيئة ، (عباوي و حسن,1990)

تركيز الحمأة المنشطة

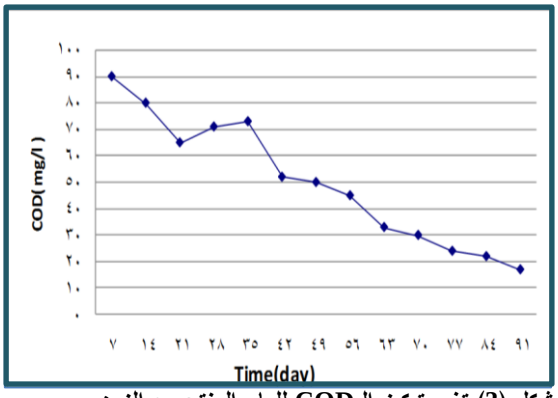
يبين شكل (2) تغيير تركيز الحمأة المنشطة في خزان التهوية مع الزمن. أستغرق وصول تركيز الحمأة المنشطة للدخول إلى الحالة المستقرة مدة 60 يوما.ويمكن تمييز فترتان لنمو الحمأة المنشطة. الفترة الأولى وتمتد من بداية تشغيل المنظومة وحتى اليوم 35 وتتميز ببطء تزايد تركيز الحمأة المنشطة في خزان التهوية. والثانية تبدأ بعد ذلك إلى 90 يوم و تتميز بالتزايد السريع نسبيا لتركيز الحمأة المنشطة في خزان التهوية ليصل إلى حوالي 2700 ملغم/لتر.

إزالة COD

يبين شكل (3) تغير تركيز متطلب الأوكسجين الكيميائي COD مع الزمن للماء المنتج ، يبين الشكل الانخفاض التدريجي في نسبة الCOD حيث يتناقص بفعل الكائنات الحية المجهرية داخل خزان التهوية ، ولقد كان تركيز الCOD في الماء المنتج ضمن المدى 18–90 ملغم/لتر، ويعزى السبب في



شكل (2) تغير تركيز الحمأة المنشطة داخل خزان التهوية مع الزمن



شكل (3) تغير تركيز الCOD للماء المنتج مع الزمن

جدول (3) معدل مواصفات مياه الصرف من معمل ألبان أبو غريب بالمقارنة مع المحددات الوطنية

الاختبارات	مخلفات صناعية (معمل البان ابو غريب)	المحددات الوطنية لتصريف المياه إلى المصادر المائية
متبقي الأوكسجين الحيوي (BOD5)	400 mg/l	<40 mg/l
متبقي الأوكسجين الكيميائي (COD)	700 mg/l	<100 mg/l
المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS)	170 mg/l	60 mg/l
النتروجين الكلي (TN)	75 mg/l	50 mg/l nitrate
الفسفور الكلي (TP)	7 mg/l	3ppm phosphate
العكورة (T)	350 NTU	
الدالة الحامضية (pH)	6-8	6-9.5

ذلك إلى تغيير التركيز القليل للحمأة المنشطة في خزان التهوية في فترة البحث وكما بين Fitzke (2009) لكون للحمأة المنشطة الدور الأساس في إزالة ال COD من المياه في خزان التهوية ، وصل تركيز ال COD إلى حوالي 18 ملغم/ لتر وهذه النتيجة تؤكد على أن الفصل بالأغشية يلعب دورا مهما في إنتاج نوعية ممتازة ومستقرة للمياه.

إزالة العكورة

يوضح شكل (4) تناقص العكورة للماء المعالج مع مرور الزمن ، ويبين أن قيمة العكورة في الأسبوع الاول كانت مرتفعة 35 NTU (بداية تشغيل الغشاء) ، ربما يعزى ذلك إلى وجود بعض التكسرات في الألياف المجوفة ، بعد ذلك بدأت تتناقص تدريجيا بسبب زيادة النمو البيولوجي داخل الخزان وتكون طبقة من الهلام على سطح الغشاء بسبب التصاق جزء من البكتريا عليه مما يقلل من النفاذية الحقيقية للغشاء الذي بدوره يؤدي إلى نقصان العكورة لتصل إلى اقل من 5 NTU. (Cui, *et al*. 2003)

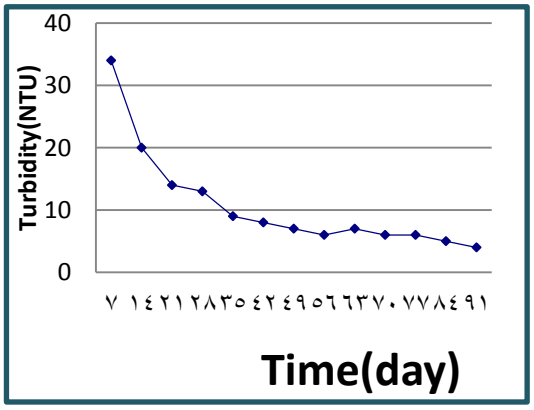
تركيز النترات والفسفور

وضعت المحددات الوطنية حدا أعلى لتركيز النترات بحدود 50 ملغم/لتر وكما موضح في جدول (3) في المياه المصرفة إلى الموارد المائية. تم تتبع تركيز النترات مع مرور الزمن في المياه المنتجة من المنظومة. يتبين من الشكل 5 تناقص في تركيز النترات مع الزمن حيث وصل تركيز النترات إلى 25 ملغم / لتر وهو أقل من الحد الأعلى المسموح به عند وصول تركيز الحمأة المنشطة الى الحالة المستقرة (Kraume, *et al*. 2005)

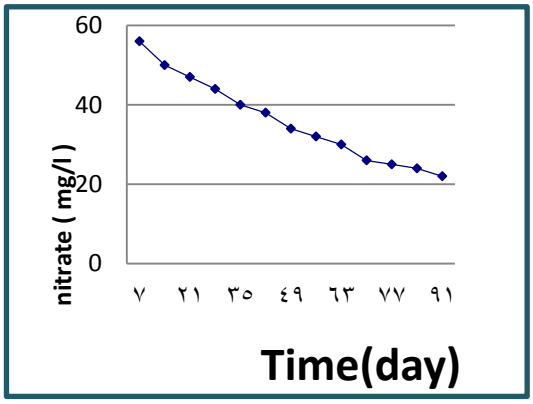
الاستنتاجات

يستنتج من نتائج البحث إلى أمكانية استخدام الغشاء البيولوجي نوع Hollow fiber ضمن العملية البيولوجية MBR في معالجة المياه المصرفة من مخلفات معامل الألبان وذلك بتقليل العكورة و المواد العضوية وتقليل نسبة النترات للحدود الوطنية المسموح بها مما يجعل المياه المنتجة قابلة للصرف الى الموارد المائية وتصلح للاستعمالات الزراعية والصناعية. كما لوحظ أن عدم تغير فرق الضغط عبر الغشاء المستخدم في المنظومة بشكل ملحوظ يجعلها مناسبة مما يدل على عمل المنظومة بصورة ملائمة نتيجة عدم انسداد الغشاء.

أن استخدام الأغشية ضمن حوض المعالجة البيولوجية SMBR لسحب المياه المعالجة بالضغط السالب يلغي الحاجة لأحواض الترسيب الثانوية بالإضافة إلى حجزه الشوائب والكائنات الدقيقة ضمن الحوض البيولوجي مما يعطي مياه معالجة ذات جودة عالية ومناسبة جدا لإعادة الاستخدام بالإضافة إلى تخفيض المساحة اللازمة لمحطة المعالجة إلى حد كبير مقارنة مع طرق المعالجة التقليدية.



شكل (4) تغير تركيز العكورة للماء المنتج مع الزمن



شكل (5) تغير تركيز النترات في المياه المنتجة مع الزمن

المصادر

عباوي ، سعاد عبد و حسن ، محمد سليمان، (1990) الهندسة العملية للبيئة وفحوصات الماء ، دار الحكمة للطباعة والنشرة/ الموصل شارع ابن الأثير، 248-253.

عزيزي، محمد، (2010) تقييم الأثر البيئي لصناعة الألبان والأجبان ، المجموعة الهندسية للأبحاث www.env-gro.com.22-15، .

Cui, Z.F. ; Chang, S. and Fane, A.G. ,(2003) The Use of Gas Bubbling to Enhance Membrane Process. J. Membrane Science. 2211, 1-35

Fane, A.G.,(2007) Sustainability and Membrane Processing of Wastewater for Reuse. Desalination. 202(156), 53-60.

Fitzke, B. , (2008) Membrane Bio-Reactors (MBR) for Dairy Effluent Treatment IDF World Dairy Summit. First Published in Dairy Industries International Magazine www.wehrle-env.co.uk.

Judd, S. ,(2010) Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment.1st Ed, Great Britain. , 225-229

Kraume, M.; Bracklow, U.; Vocks, M. and Drews, A. ,(2005) Nutrients Removal in MBRs for Municipal Wastewater Treatment. Water Science Technology. 51,391-402.

Singh, R. ,(2006) Hybrid Membrane Systems for Water Purification. 1stEd, Elsevier Science and Technology Books., 27-30.

WHO. ,(2006) Guigelines for Drinking Water Quality, 1st Addendum to 3rd Ed.