تحسين معالجة حمأة مياه الصرف وانتاج الغاز الحيوي باستخدام تقنيتي التحفيز الضوئي والهضم اللاهوائي

مزمل انجم

المرشد/المشرف العلمي

الدكتور محمد ابوالفتوح بركات حسن عبدالله

بحث تكميلي مقدم لنيل درجة الدكتوراه في العلوم البيئية

كلية الارصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة
جامعة الملك عبد العزيز
جدة- المملكة العربية السعودية

1439 ربيع الثاني ه - يناير ٢٠١٨م

المستخلص

مع النمو الصناعي والإقتصادي المتسارع. تم إنشاء عدد من محطات معالجة المخلفات السائلة يتراكم عنها كميات هائلة من الحماة النشطة. وقد أحرز القطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية تقدما هاما خلال العقود الاربعه الماضية حيث زاد عدد وحدات التشغيل من ١٩٨ إلى ٧٠٠٧ بين أعوام ١٩٧٤م إلى ٢٠١٥م. و مثل هذه الصناعات تستخدم كميات هائله من المياه العذبة ≈ 7.1×10^8 m^3 في السنه ، مما ينتج عنه كمية ضخمة من المخلفات السائلة والحماة النشطة ≈ ١٢٣٨ طن من الحماة النشطة/يوم من محطات المعالجة. وكانت المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة تمارس ضغطا كبيرا للتخلص منها وتثبيتها. وينطوي تجهيز الحماة والتخلص منها علي نفقات باهظة تمثل ٥٠ في المائة من إجمالي تكلفه تشغيل محطه معالجه المخلفات السائلة. وتعتبر إداره الحماة الناتجة عن المخلفات السائلة واحده من أهم المشاكل البيئية في السيناريو الحالي.

ومن بين الطرق المختلفة للتخلص من الحماة ، يعتبر الهضم اللاهوائي خيارا مفضلا للعلاج ، وقد اجتذب الكثير من الاهتمام نظرا لانخفاض نفقاته والمردود المرتفع للطاقة الناتجة في شكل غاز حيوي. غير ان كفاءه هذه العملية قد تتأثر سلباً بسبب وجود مركبات عضويه معقده ، والعوائق التي تحد من نمو المستعمرات الميكروبية ، بالأضافة الى وجود المواد البوليمريه الناتجة عن الخلايا ، والمركبات السمية المختلفة. ، لذلك كان التفكير في تطبيق خطوه تنشيطية ما قبل المعالجة لزيادة كفاءة عمليه الهضم اللاهوائى . وتعتبرتقنية التحفيز الضوئي الأكثر فعاليه وملاءمة للبيئة ضمن تقنيات الاكسده المتقدمة والتي يمكن استخدامها كعلاج مسبق لتفكك الحماة. وهو خيار يبشر بالخير في سياق الاحتياجات المنخفضة من الطاقة بسبب استخدام الضوء الشمسي والجدوى الاقتصادية العالية.

في هذه الدراسة تم تحضير أنواع مختلفه من متراكبات كيميائية متناهية في الصغر (نانو) لتحفيز عملية تجهيز الحمأة للهضم بإستخدام الضوء المرئى. وقد تم تحضير بعض المتراكبات لهذا الغرض مثل ZnO/ZnS@PANI, C_3N_4/TiO_2 Cr_2O_3/C_3N_4, ZnO-ZnS/Ag_2O-Ag_2S كما تم عمل التوصيف والتحليل المورفولوجي لها باستخدام تقنيات مختلفة مثل

XRD, SEM, EDS, XPS , FTIR. . الخ، وجري تقييم كل ماده من المواد المحضرة لتطبيقات بيئية متعددة ، اي لتحلل ماده ٢-كلوروفينول كملوث نموذجي للملوثات العضوية في محاليل مخلقة، ثم لتطبيقها لزيادة كفاءة تحلل الحمأة النشطة و لتحسين إنتاج الغاز الحيوي (ميثان) خلال عمليه الهضم اللاهوائى . وقد أظهرت النتائج ان المواد المتراكبة قد حققت درجه عالية من تكسير مادة ٢-الكلوروفينول (أكبر من % 80) من . وقد تحققت ظروف التشغيل المثلي بالنسبة لتركيز الملوثات الذي يبلغ ٣٠-٥٠ ملغم/لتر، و جرعه من المحفز قدرها ٠,٥ غرام/لتر عند درجة أس هيدروجين7-3 pH. وقد تحقق التحلل الفعال بسبب تشكيل المتراكبات النشطة الضوئية والتي حولت فجوه الطاقة العالية إلى المنطقة المرئية. وعلاوة علي ذلك ، اظهر المحفز استقرارا عاليا واحتفظ بنشاطه الضوئي حتى المستوي الأقصى حتى بعد إعاده الاستخدام المتعددة.

وبالنسبة لإستخدام المتراكبات في معالجة حماة المخلفات السائلة، فقد عجلت هذه المتراكبات التي تستخدم الضوء المرئي بالتحلل المائي للحماة كما زادت نسبة وتحويل الأحتياج الكيميائي للأكسجين إلى الأحتياج الكيميائي للأكسجين المتاح بيولوجيا بما يزيد عن ٦ مرات بعد ٦ ساعات. وفي عمليه الهضم اللاهوائية اللاحقة للحماة المعالجة المسبقة ، تم التخلص بشكل كبير من المادة العضوية و الأحتياج الكيميائي للأكسجين في الحماة المعالجة بالصورة الضوئية بالمقارنة مع الحماة الخام. كما تم تحسين إنتاج الميثان بما يصل إلى ١,٦ ضعف اعلي بالمقارنة مع الحماة الخام.

وعلاوة علي ذلك ، فان التحفيز الضوئي يقلل من ظهور الميثان بما يصل إلى ١٢ يوما في الوقت الذي يحقق فيه معدل التحويل الأقصى للحد من السكريات إلى الأحماض العضوية (المكونات الاولية للميثان). وتشير هذه النتائج إلى ان التحفيز الضوئي يعتبر طريقه فعاله للمعالجة المسبقة وان المتراكبات النشطة في وجود الضؤ المرئ يمكن ان تحلل الحماة بكفاءة لتعزيز إنتاج الغاز الحيوي في عمليه الهضم اللاهوائية. وإجمالا ، فقد أظهرت هذه الدراسة اهميه التحفيز الضوئي لمعالجه الحماة وإنتاج طاقة نظيفة، مع توفير مرجع مفيد لتطبيقاتها الصناعية.

IMPROVEMENT OF WASTEWATER SLUDGE TREATMENT AND BIOGAS PRODUCTION USING INTEGRATED PHOTOCATALYSIS- ANAEROBIC DIGESTION

By

Muzammil Anjum

Supervised By

Prof. Dr. Mohamed Abu El-Fetouh Barakat

A thesis submitted for the partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in

Environmental Sciences

FACULTY OF METEOROLOGY, ENVIRONMENT AND ARID LAND AGRICULTURE

KING ABDULAZIZ UNIVERSITY

JEDDAH-SAUDI ARABIA

Rabi'II 1439 H – January 2018 G

Abstract

With rapid industrialization and economical growth, reasonable numbers of wastewater treatment plants have been established, producing a huge amount of waste activated sludge (WAS). Industrial sector in Saudi Arabia, has made momentous progress during last four decades where the number of operating units has increased from 198 to 7007 between 1974 to 2015. Industries are using enormous amount of fresh water $\approx 7.1 \times 10^8$ m^3/year, and generating an excess of wastewater ≈1238 tons of WAS per day from treatment plants. The WAS from secondary treatment of wastewater exerts a significant pressure to its disposal and stabilization. WAS processing and disposal entails high expenditure that accounts 50 % of the total operating cost of wastewater treatment plant. The management of WAS is considered as one of the most significant environmental problems in the current scenario.

Among various approaches to WAS disposal, anaerobic digestion is a prefered treatment option and has attracted much attention due to its low expenditure and high energy recovery in the form of biogas. However, the efficiency of this process in WAS is hindered due to the presence of complex organics, rate limiting microbial flocs, extracellular polymeric substances, and various toxic compounds. To overcome these rates limiting factors, a pretreatment step can be applied prior to the anaerobic digestion process. Photocatalysis is considered the most effective, environmentally friendly, and advanced oxidation technology that can be used as a pre-treatment for WAS disintegration. It is a promising option in the context of low energy requirement due to the use of solar light, and high economic feasibility.

In the present study various types of novel visible light active photocatalysts composites such as ZnO-ZnS@PANI, ZnO-ZnS/Ag_2O-Ag_2S, Cr_2O_3/C_3N_4 and C_3N_4/TiO_2 NTs were successfully fabricated and analysed for their morphology and structure characteristics by using various techniques i.e. XRD, SEM, EDS, XPS, Raman spectroscopy and FTIR etc. Each material was evaluated for multiple environmental applications i.e. degradation of organic pollutants (to analyse photocatalytic activity of the material using the 2-Chlorophenol as model pollutant) and disintegration (solubilization) of WAS by photocatalysis (visible light + catalyst) to improve biogas production during the aerobic digestion process. The results showed that the composite materials achived the highest degradation (>80 %) of 2-Chlorophenol as compared to the respective parent materals. The optimum operating conditions were achieved for pollutant concentration of 30-50 mg/l. catalyst dose of 0.5 g/l and pH 3-7. The efficient degradation was achieved due to the formation of composites of photocatalysts that shifted the high energy band gap to the visible region. Moreover, the catalyst showed high stability and retained its photocatalytic activity up to the maximum level even after multiple reuses.

In case of sludge, photocatalysis using visible light catalyst accelerated the hydrolysis of WAS and increased the sCOD by > 6 times after 6 h and transform tCOD into bioavailable sCOD. In a subsequent anaerobic digestion of pretreated sludge, a significant removal of organic matter and tCOD was achieved in photocatalytic pretreated sludge as compared to raw sludge. Similarly, the methane production was improved as much as 1.6 folds higher compared to the raw sludge. Moreover, the photocatalysis decrease the onset of methanogenesis by up to 12 days while achieve the maximum conversion rate of reducing sugars into organic acids (precursor of methane) at that time. These results suggested that photocatalysis is an efficient pretreatment method and visible light composites photocatalysts can degrade sludge efficiently for enhance biogas production in anaerobic digestion process. Overall, this study determined the significance of photocatalysis for sludge treatment and cleaner energy production, while providing a useful reference for its industrial applications.