ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) **FASCICULE DE BREVET**

(11) N° de publication :
MA 31942 B1

(51) Cl. internationale :
C02F 3/28; C02F 3/10

(43) Date de publication :
01.12.2010

(21) N° Dépôt :
32958

(22) Date de Dépôt :
28.06.2010

(30) Données de Priorité :
28.12.2007 BR PI 0705361-4

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/BR2008/000404 26.12.2008

(71) Demandeur(s) :
MERCOSUL COMERCIAL LTDA., RUA DOS PINHEIROS No. 870, 17o. ANDAR, CJ. 172 CEP: 05422-001 SAO PAULO, SP (BR)

(72) Inventeur(s) :
LOPES, Geraldo Nogueira, Filho

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **MÉTHODE DESTINÉE À AUGMENTER LA CONCENTRATION DE COLONIES DE MICRO-ORGANISMES DANS UN PROCÉDÉ D'ÉLIMINATION DE CONTAMINANTS PAR DIGESTION ANAÉROBIE**

(57) Abrégé : LA PRÉSENTE INVENTION CONCERNE UNE MÉTHODE DESTINÉE À AUGMENTER LA CONCENTRATION DE COLONIES DE MICRO-ORGANISMES FORMÉES SUR LA SURFACE DE GRAMINEAS BAMBUSOIDEAE DANS UN PROCÉDÉ DISCONTINU ET/OU À FLUX CONTINU FAISANT INTERVENIR UNE BIOMASSE COMME MOYEN DE FILTRAGE POUR ÉLIMINER LES NITRATES ET AUTRES CONTAMINANTS ORGANIQUES ET INORGANIQUES À PARTIR DE RÉSERVOIRS D'EAU ET D'EFFLUENTS DOMESTIQUES ET/OU INDUSTRIELS. CETTE MÉTHODE CONSISTE À RÉALISER UNE ADSORPTION, PUIS UNE DÉGRADATION BIOLOGIQUE PAR DIGESTION ANAÉROBIE DE MICRO-ORGANISMES DES TYPES PSEUDONOMAS SP (AZOBACTER, AZOTOMAS, NITROSOMONAS, NITROSOCOCUS, NITROBACTER, ET RHIXOBIUM). SELON L'INVENTION, L'ADDITION D'ENVIRON 200 À 300 PPM D'ACÉTATE DE SODIUM À LA SOLUTION ACHEMINÉE VERS LE RÉACTEUR, PARALLÈLEMENT AU MAINTIEN D'UN

RAPPORT C:N DE 2:1, PERMET D'OBTENIR UNE AUGMENTATION DE RENDEMENT COMPRISE ENTRE 80% ET 98% EN TERMES D'ÉLIMINATION DES NITRATES ET DES MATIÈRES SOLUBLES ORGANIQUES ET INORGANIQUES À PARTIR DE L'EAU.

- أ -

(عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في علمية إزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي)

المخلص

يتعلق الاختراع الحالي بعملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة التي تتكون على سطح Grimneas bambusoidea في عملية تدفق بالدفعة و/ أو تدفق مستمر تستخدم الكتلة الحيوية كوسيلة ترشيح من أجل إزالة النترتة والشوائب العضوية وغير العضوية من الماء و/ أو تيارات التدفق حيث تلي خطوة الامتزاز خطوة الانحلال الحيوي بالهضم اللاهوائي للكائنات الدقيقة من أنواع Pseudonomas SP (Nitrosomonas، Nitrossococus، Nitrobacter، Azobacter، Azotomas و Rhixobium). وطبقاً للاختراع الحالي، فإن إضافة حوالي 200-300 جزء في المليون من أسيتات الصوديوم إلى المحلول الذي تتم تغذيته إلى المفاعل، والحفاظ على تفاعل بنسبة 2: 1، C : N، يزيد الكفاءة بنسبة 80% إلى 98% فيما يخص إزالة النترتة والمادة العضوية وغير العضوية القابلة للذوبان من الماء.

MA 31942B1

N° 32958
du 28.06.2010

01 DEC 2010

(عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في علمية إزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي)

الوصف الكامل

المجال التقني

يتعلق الاختراع الحالي بعملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة التي تتكون على سطح Grimneas bambusoidea باستخدام عملية تدفق بالدفعة و/ أو تدفق مستمر تستخدم الكتلة الحيوية كوسيلة ترشيح من أجل إزالة النترتة والشوائب العضوية وغير العضوية من الماء و/ أو تيارات التدفق المترلية والصناعية حيث تلي خطوة الامتزاز خطوة الانحلال الحيوي بالهضم اللاهوائي للكائنات الدقيقة من أنواع Pseudonomas SP (Nitrosomonas، Nitrossococus، Nitrobacter، Azobacter، Azotomas و Rhixobium).

الخلفية التقنية:

كما هو معلوم للعامة، فإن التنافس في السوق العالمي قد زاد من طلب الدول المستوردة على العمليات الصناعية المتعلقة بضمان ليس فقط جودة المنتج النهائي، وإنما أيضاً الحفاظ على البيئة.

وهذه المسألة أدت إلى تنفيذ شهادات الجودة والبيئة مثل الأيزو 9000 والأيزو 14000، التي أدت إلى زيادة الاهتمام بالصناعات المعلقة بتحسين عملياتها الصناعة مع التركيز بشكل خاص على المسألة البيئية، خاصة تلك المتعلقة بالماء.

وعلى الرغم من أن البرازيل تعد من إحدى الدول التي تحتفظ بأكبر تدفقات للمياه الداخلية، إلا أنها تواجه تفاوتاً كبيراً في توزيع هذا المورد الطبيعي بين مناطقها الجغرافية المختلفة.

ولذلك، فإنه في شمالي البلاد تكثر المياه، وفي الجنوب والجنوب الشرقي، وهي المناطق الصناعية المكتظة بالسكان، وبسبب ارتفاع الاستهلاك وتلويث الأنهار بلا رحمة، الناتج عن وضع صحي أساسي محفوف بالمخاطر وبسبب الخصوبة الزراعية، يوجد نقص حاد في المياه.

وتتسبب هذه الصورة في مشكلات خطيرة على الصحة العامة وعلى البيئة. لذلك، فإن من التحديات الحالية لتحسين هذا الوضع تطوير أنظمة معالجة مياه بسيطة، وفعالة ويمكن ملائمتها للظروف الاقتصادية والبنيوية للدولة.

خلال العقود الماضية، في البرازيل وباقي أنحاء العالم، تميزت مكافحة التلوث بجهد كبير بالنسبة لتطوير تقنيات معالجة بالكربونات لإزالة التلوث. لذلك، ففي إطار زيادة الطلب تدريجياً على مكافحة التلوث فإن التحدي هو البحث عن بدائل لإزالة المركبات النيتروجينية من المياه المتبقية من تيارات تدفق أو تيارات التدفق المترلية والصناعية.

لضمان استجابة أفضل تجاه البيئة وتجاه المجتمع، فمن الهام للغاية لمحطات معالجة المياه و/ أو التيارات و/ أو تيارات التدفق، خاصة تلك التي تعتمد على تنفيذ التقنيات التجريبية، أن يتم تخطيطها وتنفيذها بأسلوب موثوق تماماً.

وتعد المركبات النيتروجينية، بحالاتها المختلفة من الأكسدة: النيتروجين النشادري والزلالي، والنيتريت، والنيترات، من المواد التي تشكل خطراً على صحة الإنسان.

وقد توجد الأمونيا بشكل طبيعي في المياه السطحية أو الجوفية، ونمطياً بتركيز منخفض نوعاً ما بسبب سهولة امتزازه من جانب جسيمات التربة أو بسبب الأكسدة إلى نيتريتات أو نيترات. ومع ذلك، فقد توجد تركيزات أعلى نتيجة لمصادر تلوث قريبة، وكذلك اختزال النيترات بفعل البكتريا أو الأيونات المرتبطة بالحديد الموجودة في التربة. ويؤثر وجود الأمونيا

تأثيراً واضحاً في عملية تطهير المياه بالكلور من خلال تكوين الكلورامين، الذي يمثل طاقة بكتيرية منخفضة.

تعد النيترات واحدة من أكثر الأيونات الموجودة في المياه الطبيعية، بصفة عامة بمستوى منخفض جداً في المياه السطحية، ولكنها قد تصل إلى تركيزات عالية جداً في المياه العميقة. ويرتبط استهلاكها من خلال الماء المتوفر بتأثيرين سلبيين على الصحة: (1) إحداث نقص ميتيمو جلوبيولين في الدم، خاصة لدى الأطفال؛ و(2) احتمال تكوين نثروزامين، و(2) نثروزاميد.

إن تطوير ميتيمو جلوبيولين من النيترات الموجودة في مياه الشرب يعتمد على تحولها البكتيري في النيترات أثناء الهضم، وهو ما قد يحدث في اللعاب وفي الجهاز الهضمي. ويكون الأطفال، وبصفة خاصة من هم أصغر من 3 أشهر، عرضة لظهور هذا المرض بسبب زيادة القلوية في قناتهم الهضمية، وهو عامل ملحوظ أيضاً لدى البالغين الذين يعانون من التهاب المعدة والأمعاء والأنيميا، أو من تمت إزالة أجزاء من معدتهم بالجراحة، وكذلك النساء الحوامل.

في البرازيل، وفي كثير من الدول الأخرى، تتكرر حالات تلوث المياه الجوفية بالنيترات، خاصة في المناطق ذات النشاط الزراعي الكثيف.

وعندما تزيد التركيزات عن "أقصى قدر مسموح به" من مياه الاستهلاك الآدمي، مع عدم إمكانية مصدر آخر، فلا مفر من المعالجة، وإلا تعرضت الصحة العامة للخطر.

وتشتمل الطرق التي يتم استخدامها نمطياً لمعالجة الماء بهدف إزالة النترتة على خطوات الامتزاز والتطهير الحيوي.

ومن أهم الحلول لإزالة النترتة من الماء من أجل الاستهلاك الآدمي يحدث من خلال الهضم اللاهوائي، وهو تحويل المادة العضوية في الميثان وثاني أكسيد الكربون من خلال نظام نباتي معقد يعمل تحت انعدام الأكسجين. وتستهلك هذه الطريقة كمية صغيرة جداً من الطاقة، وتنتج كمية صغيرة من الطين وتولد غاز حيوي قابل للاشتعال وصالح للاستعمال في منطقة الإنتاج، ولذلك فإنه طريقة يزداد استخدامها في المياه المتبقية المياه المتخلفة لإزالة التلوث.

وعملية إزالة النترتة ذاتها هي اختزال للنيترات في ظروف نقص الأكسجين، ويشار إليها على أنها إخفاء واختزال حيوي، حيث تستخدم البكتيريا النيترات، بدلاً من الأكسجين، كمستقبلات نهائية للإلكترونات.

تتميز هذه العملية بنوعين من التفاعل: في التفاعل الأول يتم اختزال النيترات إلى نيتريت، حيث يتم اختزالها إلى منتجات غازية مثل نيتروجين جزيئي أو أكسيد نيتروز في عملية تسمى كذلك بتنفس النيترات. ويصف التفاعل التالي الخطوة الأولى من عملية إزالة النترتة:

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

ويشتمل التفاعل الثاني على اختزال النيترات إلى أمونيا عن طريق النيتريت في عملية تسمى أيضاً بتوليد الأمونيا تحدث بالاشتراك مع عملية توليد الميثان. ويمكن الحصول على مانح الإلكترونان بإضافة مصدر كربون خارجي أو باستخدام الكربون الموجود بالفعل في التيار المتدفق المارد معالجته. ويتم إجراء خطوة إزالة النترتة باستخدام البكتيريا، وبصفة خاصة من نوع *Pseudomonas*.

وهناك أنواع أخرى من بكتيريا النترتة وهي: *Nitrosomonas* ، و*Nitrosococus* ، و *Azobacter Nitrobacter* ، و*Rhizobium* . وهي بكتيريا لا هوائية غيرية التغذي تستخدم النيترات كمستقبل إلكترون، حيث تحتاج إلى مادة عضوية معينة كمانح للإلكترون.

$$NO^{3-} + 5/6\ CH_3OH \rightarrow 5/6\ CO_2 + 1/2\ H_2O + OH^-$$

تعتبر إزالة النترتة غير فعالة في علاقات تركيز المادة العضوية في النيتروجين عند حوالي 5 جم $(N\text{-}NO_3^-)\ g^{-1}\ (OCD)$ (النسبة $(N\text{-}NO_3^-)$ / OCD 1 /5). والنسب التي تحت هذه المقادير تمثل انخفاضاً في كفاءة إزالة النترتة والمقادير الأعلى تؤدي إلى إنتاج زائد في الأمونيا، وليست إزالة النيتروجين الموجود في تيارات التدفق في صورة غازات.

وتوضح دراسات أجريت مؤخراً في المجال أنه من الممكن إزالة النترتة عن طريق وجود أمونيا حرة في البيئة، طبقاً للتفاعلات التالية:

$$3NO_3^- + 5NH_4^+ \rightarrow 4N_2 + 9H_2O + 2H^+$$

وهذا التفاعل ممكن نظراً للموقف الطاقة المطلوب بالنسبة لطاقة جيب الحرة التي تساوي ناقص 197 كيلو جول/ nol. ولابد من إجراء التفاعل في وسط يزيد رقمه الهيدروجيني عن الحياد بسبب تكون أكاسيد النيتروز السامة للكائنات الدقيقة في وسط حمضي.

ويمكن تطور هذه الكائنات الدقيقة وتلقيحها باستخدام موارد الكتلة الحيوية، على سبيل المثال الخيزران، حيث يسهل العثور عليه ويكثر في مناطق عديدة من العالم.

الكشف عن الاختراع

تعد الطرق التي تستخدم الكتلة الحيوية، خاصة الخيزران (*Gramineas bambusoideae*)، في معالجة وإزالة الشوائب العضوية وغير العضوية من الماء للاستهلاك الآدمي ومن تيارات التدفق المترلية والصناعية، من الأمور المعروفة في المجال.

ومع ذلك، فإن هذه العمليات وليست العمليات المعروفة في المجال تمثل إزعاجاً من الحاجة إلى فترة طويلة لتركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة لتكوين على السطح *Gramineas bambusoideae* بحيث تصل إلى أدنى مستوى لازم لضمان كفاءة تشغيل العملية.

ويهدف الاختراع الحالي لوضع حد لذلك الإزعاج بتوفير زيادة كمية سريعة في المادة العضوية بحيث يصل تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة المتكونة على سطح *Gramineas bambusoideae* إلى أدنى مستوى ممكن لضمان كفاءة تشغيل العملية.

وطبقاً للاختراع الحالي، فإنه يتحقق الهدف بإضافة حوالي 200- 300 جزء في المليون من أسيتات الصوديوم إلى المحلول الذي تتم تغذيته إلى المفاعل، والحفاظ على تفاعل بنسبة 2: 1، N : C، مما يسرع من نمو المستعمرات المذكورة.

الوصف التفصيلي للاختراع

لتطوير عملية معالجة طبيعية تتيح اختزال النيترات وكذلك محتوى الشوائب العضوية وغير العضوية في المياه الجوفية الملوثة و/ أو تيارات التدفق المترلية و/ أو الصناعية، والتيارات المتدفقة، تمت دراسة قابلة استخدام وظروف تشغيل عملية امتزاز النيترات الفيزيائية والكيميائية، ثم إزالة نترتة الهضم الحيوي. ولتحقيق ذلك، تم استخدام مفاعلات من خيزران للتدفقات بالمكبس مع امتزاز الطين المنشط من الجدار الداخلي وبسطح الخيزران. وقد تم استخدام نفس المفاعلات كوسائل ترشيح.

وبالنسبة لخطوة الامتزاز، فإن العامل الأساسي مشروع الوحدة في المقياس الحقيقي هو الحمل الذي يقيس مقدار الملوثات التي تزيلها وحدة كتلة المادة الماصة. وتدل هذه النتيجة على زمن تشبع عمود محدد وكتلة وسائل الترشيح لإزالة الملوثات، والتي تكون في هذه الحالة هي النيترات.

إزالة النترتة بالامتزاز الفيزيائي– الكيميائي والتحلل الحيوي

هناك نوعان من المواد الماصة تم استخدامهما في قياس كفاء إزالة النترتة في المياه الطبيعية من خلال عملية امتزاز: الفحم المنشط والخيزران.

لقد تم طحن الفحم المنشط، الذي توفره شركة Carbonífera Catarinense S/A إلى أن وصل إلى قطر جسمي يساوي عيون منخل 80 و100 .

تم استخدام الخيزران في صورتين. أولاً تم تحضيره في أقراص بمتوسط كتلة قدرها 25 جم ثم تلى ذلك، الحصول على خيزران مطحون ذيي أبعاد جسيمية مشابهة لعيون المنخل حجمها 30– 100، وتم تنظيفه بمحلول NaOH، 0.1 مولار لإزالة المركبات القابلة للذوبان في الماء وتم تجفيفه في موقد عند 105 ْم لمدة ساعتين.

تم تحفيز الماء المستخدم في الاختبارات من خلال استخدام الماء المقطر مع إضافة كمية من نيترات الصوديوم تكفي لتحفيز تركيزات قدرها 10 إلى 500 مجم/ لتر من $N\text{-}NO_3$.

تم إجراء تجارب الامتزاز في عملية نظام الدفعة وكذلك في عملية تدفق مستمر. وفي كل دفعة تمت إضافة 1000 مل من الماء المحتوي على تركيز نيترات ($N\text{-}NO_3$) يتراوح من 10 إلى 500 مجم/ لتر. تم الحفاظ على الأنظمة مع الاستمرار في التقليب (100 لفة في الدقيقة) عند درجة حرارة الغرفة (20 إلى 40 ْم)، في رقم هيدروجيني 3– 9.

تم قياس قدرة الامتزاز من خلال قياس تركيز النيترات المتبقية في المحلول بعد خطوة الامتزاز بالطريقة الموصوفة في Norm NBR 12620/92 – طرق تحديد النيترات= حمض الكروموتوبيك وحمض داي سلفونيك.

من الناحية الرياضية، يتم التعبير عن سعة الامتزاز بالنسبة لحمض النيترات تحت سطح المادة الماصة من خلال المعادلة التالية:

$$\text{الكتلة المتزة} = \text{الكتلة المزالة}$$

$$q = [(C_o - C_f).V]/W$$

حيث C_o وC_f يمثلان تركيزات النيترات قبل وبعد الامتزاز، على الترتيب، وV هو حجم المحلول وW هو كتلة المادة الماصة.

إزالة النترتة بالانحلال الكيميائي الحيوي والترشيح

تم استخدام الخيزران هنا لتعزيز إزالة النترتة بالهضم الحيوي، و/ أو بالانحلال الحيوي، و/ أو تيارات التدفق والتدفقات المترلية والصناعية، خاصة النيترات.

ولإجراء هذه التجربة، تم تحضير محلول بتركيز تقريبي قدره 20 جزء في المليون من NO_3. وقد كانت وسيلة دعم توليد الكائنات الدقيقة هو الخيزران المستخدم في التجربة بعد جمعه مباشرة. تم تحضير أربع مفاعلات تختلف في كتلة الخيزران بالنسبة لإجمالي حجم محلول النيترات كما هو موضح في جدول 1 التالي.

تكونت المفاعلات من صناديق لدائنية حرارية بسعة تقديرها قدرها 225 لتر من الماء.

تم استخدام ثلاث مفاعلات. وفي كل منها، تمت إضافة 8 كجم من الخيزران المقطع (مقطع عرضيها، في قطع 30 سم) وتم توفير 80 لتر من الماء من شركة CASAN – Companhia de

The State of Santa Catarina Company Águas e Saneamento do Estado de Santa Catarina (of Water Supply and Sanitation، في منطقة لوجونا- ولاية سانتا كاتارينا، مع كمية كافية من نيترات الصوديوم لإنتاج تركيز قدره 30 جزء في المليون من $N\text{-}NO_3^-$.

جدول 1- شحن المفاعلات الحيوي المستخدمة في إزالة النترتة

المفاعل	كتلة الخيزران	حجم المحلول (لتر)	النسبة (%) كتلة خيزران / حجم نفايات
1	0,4	80	0,5
2	0,8	80	1,0
3	4	80	5,0
4	8	80	10,0

تم تحضير نيترات الصوديوم والبوتاسيوم بحيث تكفي إنتاج تركيز نيترات يتراوح بين 10 و500 مجم/ مل وتحتوي على كتل الخيزران بنسب مختلفة (1% حتى 80%) بالنسبة لمقدار الماء المراد معالجته.

تم الحفاظ على هدوء تلك المفاعلات وتم أخذ العينات في فواصل زمنية تتراوح من 1 إلى 72 ساعة. وبعد نهاية العملية تم تقدير تركيز النيترات المتبقية. وبعد التحلل الحيوي للنيترات، تمت تنقية العينات في مرشحات جاذبية سريعة.

تكونت وسيلة الترشيح من خيزران مطحون، ورمل، وفحم منشط له ارتفاعات لسعة معدل استخدام هيدروليكي يتراوح تقريباً من 200 – 300 $م^3/ م^2$. قطر $^{-1}$. وقد كان هدف الترشيح هو إزالة الجسيمات المعلقة الموجودة في الماء الناتج عن العملية الحيوي لتقليل كمية المادة العضوية اللازمة في المفاعل الحيوي أثناء عملية الانحلال الحيوي.

لقد تقرر تقييم كفاء الترشيح من خلال قياس محتوى المادة العضوية المذابة في الماء (ODQ) في العينة التي يتم الحصول عليها من المفاعل وفي العينة التي يتم الحصول عليها من الماء الناتج عن المرشح.

وقد ارتبطت تلك التجارب بشكل نشط بهدف هو قياس التحولات التالية:

خفض تركيز النيترات بالنسبة للتنفس اللاهوائي للكائنات الدقيقة التي تستخدمه كمستقبل نهائي للإلكترونات من أجل التنفس؛ و

تغير العوامل في الماء الطبيعي: OCD (الطلب الكيميائي للأكسجين)، وOBD (الطلب الكيميائي الحيوي للأكسجين)، وإجمالي النيتروجين، واللون، والعكارة، وإجمالي المواد الصلبة المعلقة بالنبة لقابلية الذوبان و/ أو استخلاص نواتج الأيض الناتجة عن النشاط الميكروبي.

تم إجراء تحليلات النيترات، والنيتروجين، واللون، والعكارة وإجمالي المواد الصلبة المعلقة في مقياس ضوئي Merck® من طراز Spectroquant Nova 40، طبقاً لتوصيات الأيزو. وتم إجراء تحليلات OCD وOBD طبقاً للطريقة الواردة في "الطرق القياسية لفحص الماء ومياه الصرف" (APHA, 1995).

تمت تنقية تيارات التدفق الناتجة عن المفاعلات الحيوية في مرحات سريعة الجاذبية. وكما هو الحال بالنسبة للتنقية بالترشيح، تمت أكسدة تيارات التدفق باستخدام عامل مؤكسد بتركيز 0.5- 1 جزء في المليون. وزمن تلامس التطهير هو 20 دقيقة. وبعد هاتين العمليتين تم تحديد متغيرات OCD ، OBD، واللون، والعكارة وإجمالي المواد الصلبة المعلقة.

تمت تنقية التيارات المتدفقة الناتجة عن المفاعلات الحيوية في مرشحات سريعة الجاذبية تحتوي على تركيبة من وسائل الترشيح الموضحة في جدول 2.

جدول 2: تركيبة وسيلة الترشيح المستخدمة في تنقية تيارات التدفق الناجمة عن المفاعل الحيوي.

المادة	ارتفاع الوسيلة (الوسائل)
الرمل	0.15
الفحم المنشط	0.35
الحصى	0.15

وكما هو الحال مع التنقية من خلال الترشيح، تمت أكسدة تيارات التدفق باستخدام هيدرو كلوريد الصوديوم كعامل مؤكسد بتركيز يساوي 0.15- 1 جزء في الساعة. وكان زمن التطهير هو 20 دقيقة. وبعد هاتين العمليتين، تم تحديد متغيرات OCD ، OBD، واللون، والعكارة وإجمالي المواد الصلبة المعلقة.

جدول 3: حدود العوامل التي تم تحليلها

العامل	أقصى قيمة مسموح بها	المرجع
اللون (هرتز)	15	الإخطار الرسمي رقم 518 لـ MS
العكارة	5	الإخطار الرسمي رقم 518 لـ MS
إجمالي المواد الصلبة المعلقة (مجم/ لتر)	لا يوجد	الإخطار الرسمي رقم 518 لـ MS
OBD_5 (مجم/ لتر^{1})	3	CONAMA(*) قرار رقم 357- الماء العذب من

		الدرجة الأولى
NO_3^- - N –(مجم/ لتر)	10	الإخطار الرسمي رقم 518 لـــ MS

(*)CONAMA = Conselho Nacional de Meio Ambiente (المجلس القوي للبيئة).

بالنظر إلى زيادة كمية المادة العضوية المتاحة في الوسط، طبقاً للاختراع، تمت إضافة اسيتات الصوديوم إلى المحلول الذي تتم تغذيته إلى المفاعلين ، باختلاف أنه في المفاعل 6 تم إغلاق الرقم الهيدروجيني للوسط بـــ $NaHCO_3$ من أجل استبعاد أي تداخل لحامضية الوسط في نشاك الكائنات الدقيقة التي تمر خلال عملية إزالة النترتة.

طبقاً لدراسات أخرى معروفة في المجال، فإن أفضل حالة لحدوث الهضم الحيوي في وسط محفز بكائنات دقيقة هي عندما تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين (N:C) هي اثنان إلى واحد (2: 1).

لذلك، فباعتبار أن الكربون الموجود في الأسيتات والنيتروجين في النيترات، فإن الاتزان متكافئ العناصر للتفاعل 1 يدل على الحاجة إلى إضافة حوالي 204 جزء في المليون من الأسيتات مقابل كمية النيترات التي تم تحفيزها في التجارب (برجاء الرجوع إلى الجداول).

دلت التجارب التي تم إجراءها بالتفاعل المولاري السابق 2: 1 (N:C) على أن حركيات التفاعلات مفيدة نوعاً ما، على الأقل حتى تكون العلاقة المولارية 350 جزء في المليون. وأعلى من هذا القدر، تدل التجارب على أنه عند زيادة تركيز الأسيتات، تبدأ المشكلة في الظهور مثل زيادة المادة العضوية في الماء مع نهاية العملية.

من ناحية أخرى، تدل التجارب مع تنوع كمية الأسيتات مع الكيمات التي تقل عن 220 جزء في المليون على أن الهضم الحيوي أبطأ، ومن ثم ليس مناسباً للهضم.

تم الحصول على أفضل قيم للحركيات بعلاقات موارية تتراوح بين 200 و300 جزء في المليون، بعبارة أخرى مع هذه التركيزات أمكننا الحصول على أفضل أزمنة للاحتجاز الهيدروليكي للتفاعلات.

تم استخدام مفاعل ثالث كاختبار فارغ لمقارنة تأثير إضافة الأسيتات والبيكربونات في علمية إزالة النترتة. ويوضح جدول 4 مقارنة المفاعلات 5، و6، و7.

جدول 4 شحن المفاعلات الحيوية المستخدم

رقم المفاعل	كتلة الحيزران (كجم)	حجم المحلول (لتر)	النسبة (%)	تركيز NaAc (جزء في المليون)	تركيز $NaHCO_3$ (جزء في المليون)
		30 جزء في المليون $N\text{-}NO_3^-$	كتلة الحيزران/ حجم تيار التدفق		
5	8	80	10	204	-
6	8	80	10	204	324
7	8	80	10	-	-

النتائج والمناقشة

يمكن ملاحظة النتائج التي تم الحصول عليها في التجارب السابقة في جدول 5 التالي:

جدول 5: جودة المياه التي تم الحصول عليها بعد المعالجة في المفاعلات 5، 6، و7

	المفاعل 5			المفاعل 6			المفاعل 7		
الزمن (ساعة*)	0	20	40	0	20	40	0	20	40
NO_3^- (مجم. لتر$^{-1}$)	139,2	128,9	72,8	131,2	130,8	114	129,7	126,8	110
$N\text{-}NO_3^-$	31,6	29,3	16,5	29,8	29,7	25,9	29,5	28,8	25,0

(مجم. لتر $^{-1}$)									
اللون (هترز)	21,4	35,9	50,6	0,7	12,6	27,1	4,0	13,1	23
العكارة (NTU)	7	11	17	1	4	10	4	5	8
SST (جزء في الملون)	2	4	10	0	12	7	0	0	0

تم استخدام الحيزران للمفاعلين 5 و6 في التفاعل الأول لمدة 40 ساعة، وتم استخدامه مرة أخرى في دورة تفاعل جديدة. وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم مدى إمكانية تسريع طور التكيف للكائنات الدقيقة مع البيئة في حالة استخدام الحيزران مع نشاط ميكروبي موجود بالفعل. ويوضح جدول 6 تركيب المفاعل 8، و9.

الجدول رقم 6: تحميل المفاعلات الحيوية المستخدمة في إزالة النترتة عن طريق إضافة المواد المغذية.

	المفاعل رقم 8			المفاعل رقم 9		
الزمن (بالساعة)	0	20	40	0	20	40
NO_3^- (مجم/اللتر $^{-1}$)	135.9	65.3	0.6	133.9	86.9	3.3
$N\text{-}NO_3^-$ (مجم نيوتن/اللتر $^{-1}$)	30.9	14.8	0.13	30.4	19.7	0.75

88.9	47	1.1	119.9	61.3	15.1	اللون (Hz)
48	24	2.0	58	24	5	العكارة (NTU)
44	21	0	48	16	5	SST (جزء في المليون)

وعن طريق النظر للنتائج يمكن ملاحظة أن إضافة مواد من أسيتات الصوديوم تعمل على تحسين تفاعل إزالة النترتة إذا قارنا ذلك مع النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق المفاعل رقم 5 فيما يتعلق بالمفاعل رقم 7 مع عدم إضافة الأسيتات.

وبعد 40 ساعة من زمن التفاعل من الممكن أن يتم تقليل تركيز النيترات ($N- NO_3^-$) في المفاعل رقم 5 من 31.6 إلى حوالي 16.5 جزء في المليون مما يؤدي إلى تحقيق اختزال يصل إلى حوالي 48% بينما يقوم المفاعل رقم 7 فقط بتقليل تركيز النيترات ($N- NO_3^-$) من 29.5 إلى 25 جزء في المليون وبالتالي تمثل تقليل يصل على حوالي 13% من نفس الفترة الزمنية الفاصلة.

إن إضافة بيكربونات الصوديوم (المفاعل رقم 6) تتفاعل مع الحركيات الخاصة بالتفاعل عند الاستخدام الأول لعود الخيزران فيما يتعلق بالحركيات التي تمت ملاحظتها في التفاعل بدون البيكربونات (المفاعل رقم 5)، إن تقليل التركيز في مفاعل النيترات رقم 6 يكون مشابهاً إلى حد كبير لما تمت ملاحظته في المفاعل رقم 7. وعندما يم استخدام الخيزران في تجربة جديدة نلاحظ أن حركيات إزالة النترتة قد تم تحسينها.

في المفاعل رقم 5، يكون التركيز النهائي للنيترات هو 0.13 جزء في المليون بالوزن وتكون فعالية إزالة النترتة حول 99.5%.

في الاستخدام الثاني للخيزران في المفاعل الذي استقبل إضافة البيكربونات لاحظنا وجود اختلاف صغير عند المقارنة مع المفاعل رقم 5، ولكن إزالة النترتة تكون فعالة في المفاعل رقم 5 في الاستخدام الثاني والتي تكون إلى حوالي 97.5%.

وبالتالي، يمكن أن نصل إلى أن إضافة الأسيتات في تلك الوسائل لا تعمل على تسريع إزالة النترتة التي يتم قياسها عن طريق الكائنات الدقيقة التي تم توليدها عن طريق الخيزران.

وبالتالي، وانطلاقاً من هذه الحقيقة تصل الفعالية المتحققة من العملية إلى حوالي 99.5% بالنسبة للخيزران المستخدم في المرة الثانية، ويُحتمل أن يرجع ذلك لحقيقة أن الكائنات الدقيقة تكون قد نمت بالفعل على الخيزران الذي تم استخدامه في المرة الثانية. تم إجراء إحدى التجارب باستخدام الخيزران من المفاعل رقم 5 في المرة الثالثة. وقد تم توضيح النتائج في الجدول التالي رقم 7.

الجدول رقم 7: النتائج التي تم الحصول عليها في المفاعل رقم 5 بعد الاستخدام الثالث للخيزران

المفاعل رقم 5			
الزمن (بالساعة)	صفر	20	40
NO_3^- (مجم/اللتر $^{1-}$)	135.9	70	0.7
$N\text{-}NO_3^-$ (مجم نيوتن/اللتر $^{1-}$)	30.9	15.9	0.7
اللون (Hz)	13.9	50.3	110.6
العكارة (NTU)	3	21	58
SST (جزء في المليون)	صفر	14	54

وعن طريق استعراض النماذج التي تم توضيحها أعلاه ، من الممكن أن يتم التثبت من أن النتائج التي تم الحصول عليها في الاستخدام الثاني من الخيزران تكون مشابهة إلى حد كبير لتلك التي تمت ملاحظتها في الاستخدام الثالث للخيزران في المفاعل رقم 5.

وبمجرد أو عندما يتم اكتمال تفاعل إزالة النترتة، فإن خصائص الماء لا تتغير، وعلى نحو محدد اللون الذي يصل إلى قيمة أعلى من 100 هيرتز.

وبالإضافة إلى العكارة فإن تركيز المواد الصلبة المعلقة يزيد من تفاعل إزالة النترتة. تم استخدام العينة التي تم الحصول عليها بعد اكتمال التفاعل في المفاعل رقم 5، بمجرد اكتمال تفاعل إزالة النترتة، وبالتالي نستطيع التأكد من فعالية المرشح الذي تم وصفه في الجزء السابق في تهيئة الماء لأغراض الشر. تم توضيح النتائج في الجدول رقم 9:

الجدول رقم 9: النتائج التي تم الحصول عليها عن طريق ترشيح المواد المتدفقة التي تم توليدها عن طريق المفاعل 5 في الاستخدام الثاني بعد المرور على الرمل والفحم وحصوات المرشح

المتغير	المفاعل رقم 5	
	الدخول إلى المرشح	الخروج من المرشح
اللون (بالهرتز)	119.5	24.5
العكارة	58	21
SST(جزء في المليون)	48	صفر

ومن البيانات السابقة، من الممكن ملاحظة أن المرشح المستخدم في تنقية الماء الذي تم الحصول عليه من المفاعل 5 يعمل على زيادة التقليل في المتغيرات التي تم أخذها في الاعتبار أثناء الدراسة. وبالرغم من ذلك، فإن القيم السابقة تحدد الشروط المطلوبة لمياه الشرب وتعني

أيضاً ضرورة إجراءات دراسات جديدة لزيادة كفاءة المرشح و/أو إيجاد عملية جديدة مثل التلبيد والأكسدة التي يمكن أن يتم وضعها في الاعتبار.

توضح نتائج العملية التي تم الحصول عليها طبقاً للاختراع الحالي أن كمية الخيزران، وبعبارة أخرى، النسبة المئوية بالحجم في مقابل كمية الماء أو مادة التدفق المراد معالجتها يمكن أن تؤثر بشكل فعال في نوعية الماء الذي يتم الحصول عليه بعد العملية، بغض النظر عما إذا كانت العملية تتم من خلال الامتزاز أو التحلل الحيوي.

عناصر الحماية

1- عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في عملية لإزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي في مفاعل يستخدم الكائنات الدقيقة التي تتكون على سطح Grimneas bambusoidea كوسيلة ترشيح، حيث تتميز بأنها تشتمل على إضافة كمية من أسيتات الصوديوم المقبولة من حيث تكافؤ العناصر للمحلول الذي تتم تغذيته إلى المفاعل.

2- عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في عملية لإزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي طبقاً لعنصر الحماية 1، حيث تتميز بأن الكمية المقبولة من حيث تكافؤ العناصر المذكورة تتراوح بين حوالي 200- 300 جزء في المليون من أسيتات الصوديوم.

3- عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في عملية لإزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي طبقاً لعنصر الحماية 2، حيث تتميز بأن الكمية المقبولة من حيث تكافؤ العناصر المذكورة تحتفظ على نسبة مولارية قدرها 2: 1 من C: N.

4- عملية لزيادة تركيز مستعمرات الكائنات الدقيقة في عملية لإزالة الشوائب بالهضم اللاهوائي طبقاً لعنصر الحماية 3، حيث تتميز بأن المفاعل المذكور عبارة عن مفاعل تدفق بالمكبس.