



ALLIANCE™

<https://debug.globalseafood.org>Innovation &
Investment

Tratamiento electroquímico del agua de RAS

10 February 2020

By Lars-Flemming Pedersen, Ph.D. , Anna Maria Røyset Lier, M.Sc. and David Jonathan Jensen, M.Sc.

Estudio encuentra potencial significativo para la remoción de TAN, desinfección

Vista del piloto de RAS utilizado en el estudio que demostró el potencial del proceso de oxidación electroquímica para mejorar la calidad del agua y la actividad antimicrobiana en los sistemas RAS.

La producción de pescado en sistemas de recirculación acuícola terrestre (RAS) proporciona una serie de ventajas bien conocidas. Algunos de los desafíos están asociados con los procesos biológicos centrales, la nitrificación y la desnitrificación. Ambos tipos de biofiltración están sujetos a condiciones de cría y requieren un mantenimiento constante para garantizar un rendimiento óptimo. Como la nitrificación depende de las condiciones bióticas, la puesta en marcha y la colonización, eventos imprevistos – como el uso inadecuado de desinfectantes químicos, cambios bruscos de salinidad, condiciones extremas (muy baja temperatura) o condiciones subóptimas (oxígeno o alcalinidad limitados) – pueden provocar acumulación indeseable de amoníaco.

De manera similar, puede ocurrir una eliminación insuficiente de nitrato si no se cumplen las condiciones; por ejemplo, grandes flujos y falta de fuentes de carbono fácilmente degradables (costosas). Además de eso, los riesgos potenciales de la liberación altamente tóxica de H₂S de las zonas anóxicas también deben ser considerados.

Las necesidades de una tecnología alternativa de tratamiento físico y abiótico que pueda reemplazar los procesos de tratamiento biológico más sensibles parecen obvias. Un desarrollo de alguna manera similar a la automatización del proceso laborioso y manual de lavar platos con máquinas lavaplatos.

Tratamiento electroquímico del agua

La desinfección electroquímica del agua es un proceso en el que los electrones suministrados por la corriente continua reaccionan con iones y moléculas en el agua. El requisito básico para el proceso es una fuente de alimentación y dos electrodos, un ánodo y un cátodo. Basado en los materiales del electrodo, la corriente aplicada y la composición del agua, varios procesos redox tienen lugar a diferentes velocidades. Se han usado diferentes términos para describir este tipo de **proceso de tratamiento de aguas** (<https://doi.org/10.1595/147106708X329273>), incluyendo Redox Forzado, Desinfección Electrolítica, Desinfección Electroquímica, Agua Funcional, Proceso de Oxidación Electroquímica (EOP), Agua Activa Electroquímica, Electrocoagulación y Producción de Radicales Hidroxilo.

Se producen diferentes reacciones y procesos en ambos electrodos durante la electrólisis del agua. La aplicación más común de EOP es para la **desinfección** (<http://doi.org/10.1039/c3em00679d>), basada en la generación eléctrica de especies reactivas de oxígeno (ROS). La misma tecnología también se puede aplicar para oxidar **compuestos complejos lentamente degradables** (<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.029>) y **nutrientes disueltos como amonio** (<http://doi.org/10.1016/j.watres.2010.08.020>). Recientemente se han publicado varios estudios de procesos electroquímicos de oxidación avanzada para el tratamiento de aguas de varias matrices de agua, incluidas **interesantes aplicaciones acuícolas** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.05.002>).

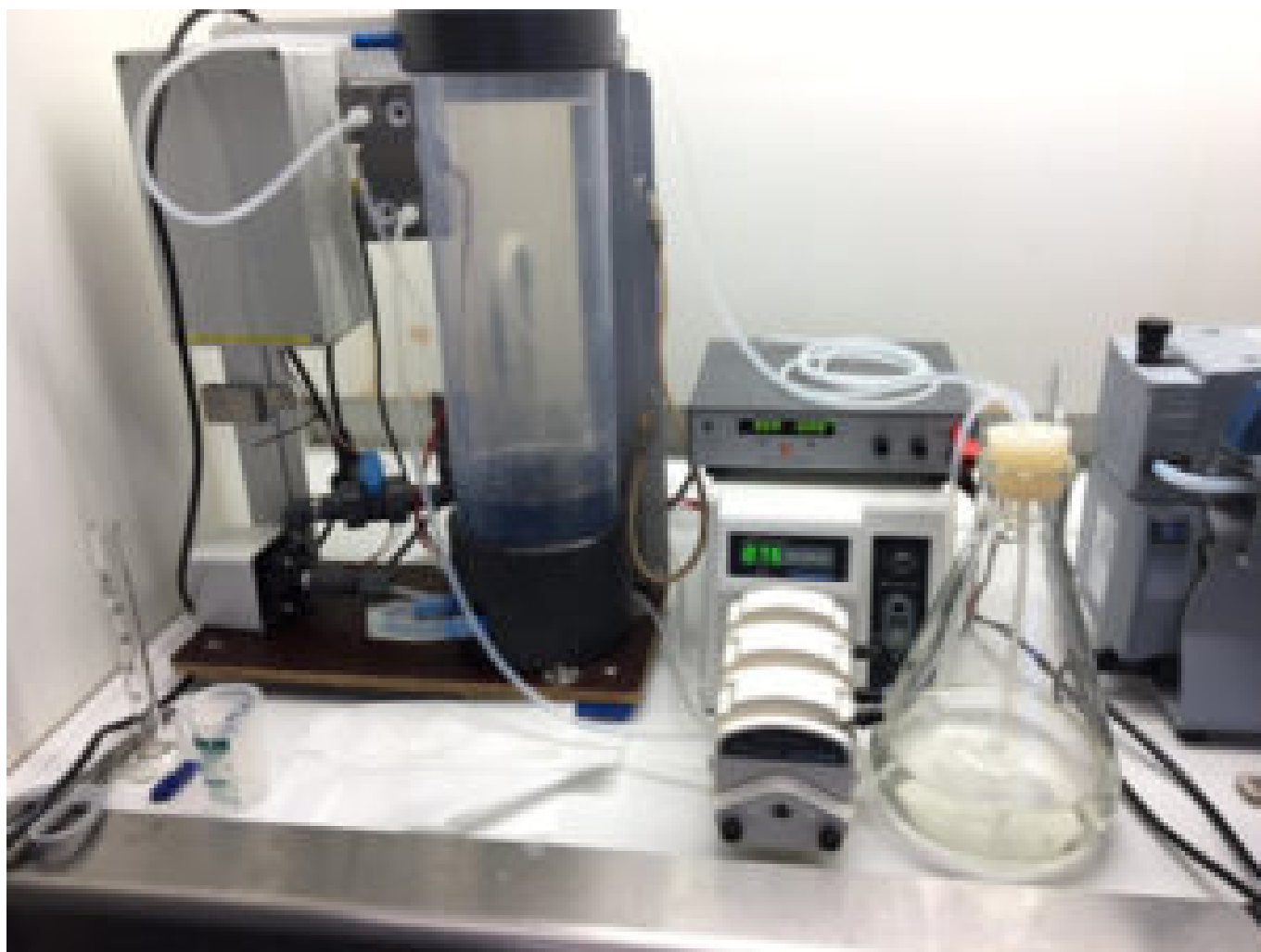
En nuestro estudio, probamos el EOP usando micro celdas de flujo (ElectroCell) en una configuración a escala de banco usando agua de sistemas de recirculación acuícola (RAS). Los dos objetivos fueron probar el potencial de EOP para oxidar el nitrógeno de amonio y reducir la cantidad de N disuelto; e investigar la capacidad de desinfección de EOP.

Este estudio fue una subtarea de un paquete de trabajo sobre el tratamiento abiótico de la descarga de la acuicultura como parte de un proyecto europeo de innovación, Bonus CleanAq financiado por la UE y el Fondo de Innovación de Dinamarca. Agradecemos a Ulla Sproegel, Brian Møller, Carine B. Jensen (DTU Aqua, Sección de Acuicultura) por el apoyo de laboratorio.

Remoción electroquímica de TAN

Para evaluar la eliminación electroquímica del nitrógeno amoniacal total (TAN), probamos diferentes combinaciones de electrodos en una configuración a escala de banco (ver imagen a continuación) con agua dulce y agua salobre de 8 ppt de salinidad. Las muestras de agua, ya fueran una mezcla de agua del grifo y agua de mar, o agua de RAS mezclada con agua de mar, se añadieron con NH_4Cl a una concentración equivalente a 30 ppm de TAN y se usaron en la configuración cerrada. La configuración incluyó un volumen de 1-L con una velocidad de flujo de 920 ml/min que pasaba por una celda de microflujo con dos electrodos con un área de contacto de 10 cm^2 (0.001 m^2), con un potencial eléctrico de 5 voltios y una densidad de corriente de 22 mA/cm^2 .

Durante un período de dos horas, se eliminaron hasta 28 mg/L de TAN utilizando una combinación de cátodos de cobre y electrodos de diamante dopado con boro (BDD). También se descubrió que las combinaciones de BDD-estaño (Sn; ánodo y cátodo, respectivamente) también eran efectivas (23 mg de TAN/L eliminado), mientras que los electrodos BDD-BDD solo mostraban una capacidad limitada de eliminación de TAN.



Configuración de laboratorio para probar la eliminación electroquímica de amonio y nitrógeno disuelto total.

Cuando se extrapolaron a escalas más grandes, se determinaron las tasas de eliminación de TAN de hasta 0,45 kg de TAN por día por metro cuadrado para un electrodo de cobre-BDD. Se encontraron tasas similares en RAS salobre con un nivel de TAN más bajo (3,5 ppm), donde la misma célula oxidó el 70 por ciento del TAN agregado en 7 minutos y redujo la concentración de TAN a 0,5 ppm, que permaneció estable durante un período de prueba de 20 min. La eliminación de TAN específico de la superficie electroquímica aquí correspondió a aprox. 0,48 kg de N por día por metro cuadrado. Estos hallazgos se confirmaron con medidas de N disuelto total, que siguió la misma tasa de degradación. Se descubrió que la eliminación electroquímica de N en el rango de 40 KW/kg N.

Se encontró una reducción lineal de amonio y N disuelto total a concentraciones altas y bajas de TAN (Fig. 1). El electrodo de cobre eliminó el amonio a una velocidad mayor en comparación con el electrodo de estaño. A niveles más bajos de TAN, las combinaciones cobre-BDD mostraron una eliminación inmediata y constante de amonio hasta 0,5 mg N/L.

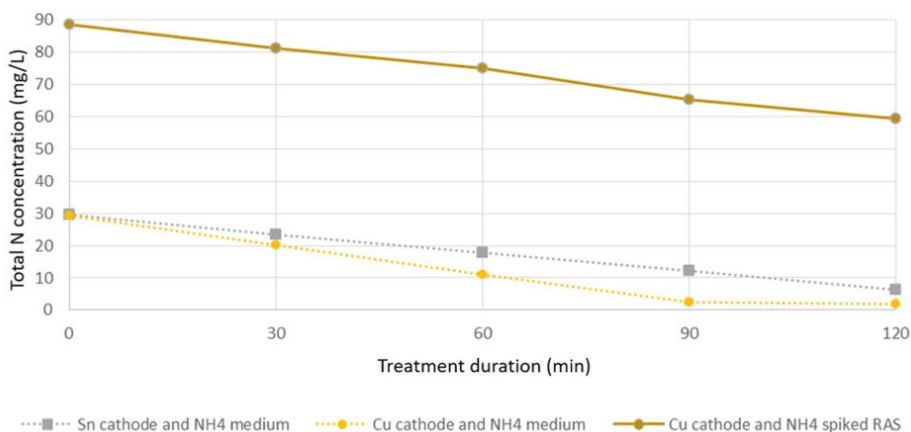


Fig. 1: Concentración total de N disuelto a lo largo del tiempo durante el tratamiento de oxidación química con un ánodo de diamante dopado con boro y cátodos de estaño (Sn) o cobre (Cu). El agua salobre probada (salinidad de 8 ppt) consistió en agua del grifo y agua de mar enriquecida con 30 mg/L de NH4-N, y agua de RAS con un nivel elevado de nitrato y agua de mar enriquecida con 30 mg N/L. El área del electrodo era de 10 cm², con 5 voltios y 0,22 A aplicados con un flujo de 15 ml/s.

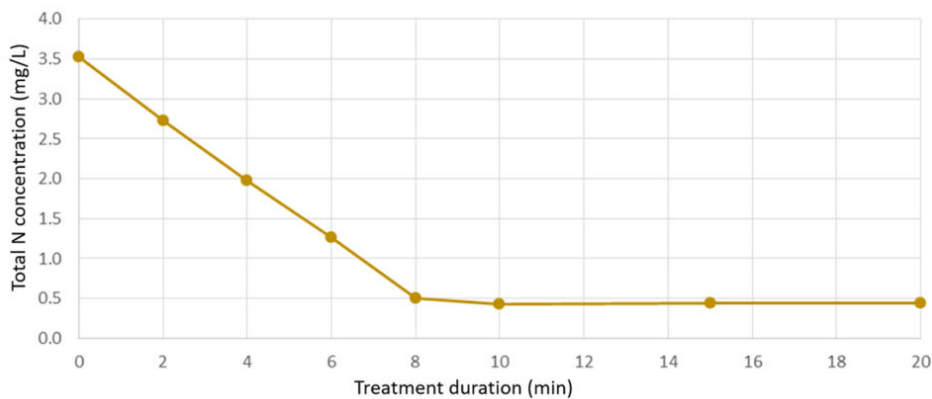


Fig. 2: Concentración de nitrógeno disuelto total en la muestra de agua de acuicultura enriquecida con NH_4Cl antes del tratamiento electroquímico. El volumen fue de 1000 ml; ánodo = BDD; cátodo = cobre; aplicado con 5 voltios.

Desinfección electroquímica

La capacidad potencial de desinfección de una celda de flujo con electrodos BDD-BDD combinados se probó en agua dulce y en agua de RAS salobre. Además, también se evaluó un dispositivo de tratamiento con ozonizador llamado "Doctor Chihiro" en experimentos a escala de lotes. Las muestras de agua se originaron a partir de un RAS de agua dulce a escala piloto y de un RAS comercial de agua salada o mezclas de estas. Los estudios no cuantificaron la composición de radicales y oxidantes formados durante la oxidación electroquímica, pero midieron la cantidad total de oxidantes (también conocidos como oxidantes residuales totales, TRO) como equivalente de cloro (Cl_2). Aquí, encontramos correlaciones lineales positivas entre la densidad de corriente, la salinidad y el tiempo de exposición en la formación de oxidantes.

Además, las eficacias de desinfección electroquímica se evaluaron mediante el uso de nuevos ensayos microbianos que cuantifican la actividad bacteriana en el agua. La actividad microbiana en el agua se probó en muestras de agua de RAS antes, durante y después del tratamiento electroquímico. Los grados de inhibición bacteriana fueron proporcionales a los oxidantes producidos en los experimentos por lotes y mostraron que se podía lograr una reducción de 1,000 veces (Log_3) dentro de los 5 minutos de la oxidación electroquímica (Fig. 3).

Fig. 3: Desinfección electroquímica del agua de RAS salobre. Se tomaron muestras de agua a diferentes tiempos de exposición y se midió la actividad microbiana en el agua mediante un ensayo microbiano, BactiQuant®.

Uso potencial en acuicultura

Resumiendo nuestros hallazgos generales, es posible eliminar el nitrógeno amoniacal total (TAN) por electroquímica, y se encontró que las especies reactivas de oxígeno (ROS) se formaron en agua dulce, y particularmente en agua salobre, con un alto efecto antimicrobiano. El estudio no abordó la cuantificación de los oxidantes formados, por lo que los efectos tóxicos en los peces y los problemas de inocuidad necesitan más atención antes de una implementación adicional potencial y de alto nivel.

Siempre que estos problemas se puedan abordar de manera efectiva, la oxidación electroquímica puede ser una técnica de tratamiento alternativa futura que se puede considerar, por ejemplo, durante el transporte de peces vivos donde la excreción y acumulación de amoníaco es crítica y los volúmenes de agua son bajos. Además, el proceso de oxidación electroquímica (EOP) puede reducir potencialmente el tiempo de arranque requerido para instalaciones RAS de agua (muy) fría, donde la maduración del biofiltro puede requerir meses antes de que se establezca la nitrificación.

El EOP puede aplicarse potencialmente para la desinfección de los sistemas acuícolas. En situaciones donde se requiere una desinfección severa (esterilización) para erradicar los patógenos o si se necesita una limpieza entre lotes (todo en todo), el EOP puede producir oxidantes potentes que pueden circular dentro del RAS y, por lo tanto, desinfectar microorganismos en el agua y en superficies, incluidas las biopelículas.

Authors



LARS-FLEMMING PEDERSEN, PH.D.

Corresponding author
Technical University of Denmark
DTU Aqua, Section for Aquaculture
The North Sea Research Centre
P.O. Box 101, DK-9850 Hirtshals, Denmark

lfp@aqu.dtu.dk (<mailto:lfp@aqu.dtu.dk>).



ANNA MARIA RØYSET LIER, M.SC.

University of Life Sciences
Faculty of Chemistry, Biotechnology and Food Science
Ås, Norway



DAVID JONATHAN JENSEN, M.SC.

Technical University of Denmark
DTU Aqua, Section for Aquaculture
The North Sea Research Centre
P.O. Box 101, DK-9850 Hirtshals, Denmark

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.