

Reducción de Amoniaco a través de Bioaumentación

Por Hiren K. Trivedi, MSChE

Microorganismos especialmente seleccionados combinan la digestión de carbono orgánico con la eliminación de nitrógeno inorgánico en un solo paso durante el tratamiento de aguas residuales

El agua limpia es una prioridad en nuestra sociedad industrializada. Hay una creciente necesidad de procesar y purificar los líquidos provenientes de las operaciones de la industria y fuentes municipales antes de su descarga en los sistemas de agua naturales. Se han utilizado ampliamente plantas de tratamiento de aguas residuales de lodos activados para tratar este problema.

El tratamiento de aguas residuales es una de las primeras aplicaciones a gran escala de la biotecnología. Se diferencia de otros procesos microbiológicos industriales en que hay poco o ningún control sobre la materia prima y sólo un control moderado de las condiciones de operación, sin embargo, se espera un producto final uniforme. Los objetivos del proceso normalmente incluyen la eliminación de contaminantes y nutrientes orgánicos (es decir, nitrógeno y fósforo).

La eliminación de compuestos nitrogenados es fundamental ya que los niveles de amoníaco y nitritos / nitratos excesivos son perjudiciales para la calidad del agua. El amoníaco ejerce una demanda de oxígeno en el ambiente acuático; se requieren 4,7 gramos de oxígeno para oxidar un gramo de amoníaco. El nitrito es tóxico para la vida marina y puede inducir metahemoglobinemia (una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre) en los seres humanos.

Estos factores exigen la eliminación eficaz de nitrógeno de las aguas residuales antes de su descarga a los sistemas naturales de agua. Plantas de procesamiento de aves y carnes, plantas de procesamiento de alimentos y refinerías se enfrentan constantemente a este reto de cumplir con los niveles de amoníaco en la descarga de agua.

Un problema recurrente

Una gran planta de procesamiento de aves de corral en los EE.UU. tenía un problema recurrente, niveles excesivos de amoníaco en su descarga de efluentes.

El flujo diario de aguas residuales a la planta de tratamiento es 0,85 millones de galones. Los niveles de amoníaco de entrada típicos son de 80 a 120 ppm como nitrógeno.

Después del tratamiento primario, el flujo de equalización desemboca en una laguna anaeróbica de 7,5 millones de galones seguida de una serie de tres lagunas aireadas de 0,6 millones de galones. El agua residual alimenta a cuatro reactores discontinuos secuenciados (SBRs). Al final del ciclo de sedimentación, el sobrenadante (la parte superior, capa de agua tratada) se descarga a un arroyo. La planta tuvo que luchar para cumplir con los límites de descarga debido a problemas con la elevada concentración de amoníaco.

Después de la aplicación sin éxito de varias técnicas para eliminar amoníaco, la planta optó por la bioaumentación con Munox, un producto bacteriano liofilizado patentado, seguro, capaz de reducir los niveles de nitrógeno (amoníaco, nitrito y nitrato) a través de una digestión biológica natural.

La siembra inicial se hizo en el tanque de aireación, así como en los SBRs. El producto microbiano disponible comercialmente está compuesto de cepas de origen natural no patógenas de bacterias *Pseudomonas* con capacidades excepcionales de metabolizar compuestos orgánicos persistentes. Los productos finales son dióxido de carbono (CO₂) y agua; otros productos intermedios no tóxicos se quedan atrás en el sistema.

Estos microorganismos especialmente seleccionados consumen una amplia gama de sustratos orgánicos de manera eficiente. Esto resulta en un aumento de la captación de carbono y, en consecuencia, un aumento de la absorción de nutrientes, por lo que la absorción de amoníaco como fuente de nitrógeno (nutriente para el crecimiento) es mayor que la de la población microbiana natural en el sistema de lodos activados. Además, son capaces de utilizar nitrito y nitrato para la respiración (desnitrificación) y como fuente de nitrógeno para el crecimiento. Por lo tanto, la bioaumentación con *Pseudomonas* resulta en la reducción inmediata de los niveles de amoníaco-nitrógeno combinado con una eliminación más eficiente de la demanda bioquímica de oxígeno (BOD).

La bioaumentación resuelve el problema

La planta de procesamiento de alimentos experimentó una reducción del 40% de amoníaco en 48 hs y una descarga de efluentes con parámetros por debajo de los niveles de cumplimiento. Una posterior inoculación constante con Munox ha mantenido la calidad uniforme del agua de salida y el problema del amoníaco se ha resuelto de manera rentable. La planta inició el programa de bioaumentación en verano de 1996 y no ha excedido los límites de descarga de amoníaco incluso en condiciones de clima frío.

Enfoque convencional de la eliminación de amoníaco

El enfoque convencional para la eliminación de amoníaco sólo convierte una forma de nitrógeno (amoníaco) a otro (nitrito o nitrato).

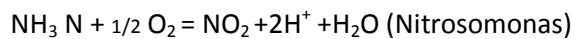
El método convencional de eliminación de nitrógeno de las aguas residuales comienza con la oxidación de amoníaco a nitrito / nitrato (nitrificación) y termina con la reducción de nitrito y nitrato a gas nitrógeno (desnitrificación).

Existe nitrógeno en las aguas residuales en cuatro formas diferentes:

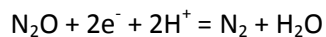
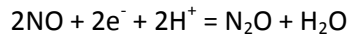
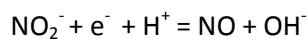
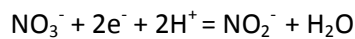
- * El nitrógeno orgánico (aminoácidos, proteínas, purinas, pirimidinas y ácidos nucleicos)
- * El nitrógeno amoniacal (NH_3N)
- * El nitrito de nitrógeno (NO_2N)
- * El nitrato de nitrógeno (NO_3N)

En una muestra de aguas residuales no tratadas, la principal fracción es generalmente nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico. Estos se oxidan a nitrito y después a nitrato en el medio ambiente. La nitrificación biológica, un proceso de dos pasos, comienza con amoníaco siendo convertido a nitrito por las bacterias Nitrosomonas, seguido por oxidación de nitrito a nitrato por bacterias Nitrobacter.

Estas especies bacterianas son ejemplos típicos para el proceso de nitrificación. Son autótrofas en la naturaleza y usan dióxido de carbono como su fuente de carbono celular.



Este proceso normalmente requiere largo tiempo de retención celular media (MCRT) de hasta unos días y, por tanto de enormes volúmenes de tanques. Es muy sensible a las temperaturas bajas así como a la presencia de químicos tóxicos en el sistema. La velocidad de nitrificación baja significativamente durante las épocas frías. El nitrito y nitrato son secuencialmente reducidos a gas nitrógeno y agua por procesos de desnitrificación como los siguientes:



Método de Bioaugmentación usando Pseudomonas

La planta de tratamiento de aguas residuales se basa en la nitrificación para convertir el amoníaco a nitrito utilizando las bacterias autótrofas como se explicó anteriormente.

Debido a la sensibilidad del proceso se presentaban violaciones recurrentes en los parámetros de descarga de amoníaco y, por tanto, se optó por bioaugmentación con Munox. Las bacterias Pseudomonas usadas en este producto son heterotróficas y utilizan carbono orgánico como fuente de alimento y energía. Primero, el material orgánico es oxidado por las células bacterianas para obtener energía. Simultáneamente, el carbono orgánico es asimilado en las nuevas células utilizando la energía producida y en la mayoría de los casos usando amoníaco como fuente preferida de nitrógeno.

Material orgánico + O₂ + nutrientes (nitrógeno, fosforo) = nuevas células

Durante este proceso, la eliminación global de nitrógeno se produce a través de tres mecanismos separados.

- 1) Las cepas de *Pseudomonas* especialmente seleccionados son muy eficientes en una amplia gama de sustrato orgánico (incluyendo muchos compuestos tóxicos). En consecuencia, su absorción de carbono es superior a lo que normalmente se encuentran en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Con una mayor absorción de carbono también se incrementa el requerimiento de nutrientes. Si el amoníaco está disponible como una fuente de nitrógeno, el consumo de amoníaco se incrementa también, y los niveles de amoníaco de descarga se reducen en el agua tratada.
Además, con el aumento de la captación de carbono, los niveles de descarga de la demanda biológica de oxígeno (BOD) - así como la demanda química de oxígeno (DQO) - caen por debajo de los valores normales, lo que resulta en una mayor eficiencia operativa.
- 2) Las bacterias *Pseudomonas* son consideradas una de las más activas desnitrificadoras presentes en el mundo. Ellas utilizan el nitrito / nitrato para la respiración si el oxígeno disuelto cae por debajo del nivel crítico en el tanque de aireación. Esto también resulta en la eliminación de amoníaco debido, en parte, a la conversión en nitrito y nitrato por acción de la población bacteriana autótrofa de origen natural. Al igual que el oxígeno, la desnitrificación permite una oxidación completa de sustrato orgánico en CO₂ y agua.
- 3) El tercer mecanismo implica el uso de nitrito y nitrato como fuentes de nutrientes durante el proceso de asimilación. Los estudios de laboratorio sobre estos productos han revelado que las *Pseudomonas* son capaces de utilizar nitrito, así como nitrato para los propósitos de crecimiento si el amoníaco ya no está disponible en el sistema.

Conclusiones:

Resultados similares se han visto en otras plantas de procesamiento de carne de aves de corral así como en refinerías de petróleo. Las cepas seleccionadas especialmente de *Pseudomonas*, capaces de la eliminación eficiente de amoníaco junto con la digestión natural de compuestos orgánicos tóxicos, proporcionan una solución efectiva para un problema muy común en plantas de tratamiento de aguas residuales tanto industriales como municipales.

La Bioaumentación con bacterias *Munox* da resultados en la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales en lugar de una conversión de una forma de nitrógeno (por ejemplo, amoníaco) a otra forma (nitrito o nitrato).

Los productos *Munox* son seguros en el manejo y no patógenos para los seres humanos.