## Reducción de la exposición al tricloruro de nitrógeno

"CAHIERS DE NOTES DOCUMENTAIRES"
I N R S - Francia

El cloro es un elemento químico profusamente empleado en razón de su bajo coste, de sus buenas propiedades bactericidas y de su facilidad de utilización.

Sectores como los establecimientos acuáticos (piscinas, parques acuáticos) o la industria manufacturera de verduras frescas, lo emplean, y sus empresas se enfrentan a concentraciones importantes de tricloruro de nitrógeno (cloramina).

El INRS ha recogido numerosas quejas provenientes de operarios que son víctimas de irritaciones ocupares y trastornos respiratorios. Un estudio más completo de las condiciones en las que tales trastornos aparecen, ha descartado al cloro como único responsable.

Desde hace 15 años el INRS ha realizado numerosos estudios destinados, por una parte, a identificar y cuantificar el riesgo químico afrontado por los trabajadores, y por otra, a proponer soluciones técnicas para la reducción de los riesgos y el control de la calidad de la atmósfera de trabajo.

Este artículo describe las soluciones técnicas de prevención desarrolladas y adaptadas a la naturaleza de estos ámbitos de actividad.

Se han montado dos instalaciones piloto en un establecimiento acuático y en una fábrica manufacturera de verduras frescas.

La presencia de materias nitrogenadas generadas por la actividad humana (sudor, saliva, orina, etc.) en las piscinas, y los desechos vegetales o animales (savia, sangre) en la industria agroalimentaria, han llevado a sospechar que las irritaciones podrían ser debidas a los derivados clorados procedentes de la reacción del cloro con el nitrógeno.

Puesto en presencia de proteínas, el cloro degrada progresivamente estas moléculas complejas para dar origen a compuestos de tipo haloforme, aldehídos y cloraminas. Algunos de estos derivados clorados, como las cloraminas, son descritos en la literatura como potentes irritantes.

Debido a su carácter muy irritante y a su muy baja solubilidad en el agua, se sospecha que la tricloroamina está en el origen de los trastornos observados. Esta molécula es la responsable del olor característico de los locales de las piscinas.

El INRS ha desarrollado un método de muestreo ambiental y de análisis de las cloraminas, en concreto de la forma dominante en la atmósfera: el tricloruro de nitrógeno. Dicho método, se basa en la transformación sucesiva de estas sustancias en hipoclorito, en presencia de carbonato de sodio, (pH elevado, del orden de 12), y después, en la reducción del hipoclorito en cloruro, mediante el trióxido de arsénico. Los cloruros son cuantificados por cromatografía líquida de alta resolución.

Este método de muestreo, no selectivo entre las sustancias cloradas minerales (a excepción de los cloruros), permite la cuantificación del tricloruro de nitrógeno, por una parte, y de las cloraminas más solubles (hipoclorito/ácido hipocloroso, mono y

dicloramina) por otra.

El método ha sido utilizado en una veintena de establecimientos acuáticos, con el objeto de evaluar el nivel de exposición del personal encargado de la vigilancia.

Este estudio ha permitido confirmar la presencia mayoritaria de la tricloramina a concentraciones muy variables, inferiores al límite de detección en ciertos casos, y próximas a los 2 mg/m³ en otros. Las concentraciones atmosféricas de otros derivados clorados (haloformes, aldehídos) son poco elevadas respecto de los valores recomendados por los higienistas.

Los niveles de polución más importantes se han observado en los centros acuáticos recreativos donde las instalaciones (toboganes, olas, chorros de agua) así como las temperaturas elevadas, favorecen la transferencia de las cloraminas desde al agua a la atmósfera.

En la industria agroalimentaria, a fin de garantizar una calidad bacteriológica satisfactoria para los consumidores, las verduras y hortalizas frescas listas para consumir, son desinfectadas con agua clorada (30 a 80 mg/litro de cloro activado). El cloro genera cloraminas al contacto con la materia nitrogenada procedente de la savia (proteínas, ácidos aminados, etc.).

Las campañas de medición han demostrado que los niveles de exposición en este sector son superiores a los registrados en los centros acuáticos no lúdicos.

Las concentraciones atmosféricas de cloraminas se aproximan a 2 mg/m³ en ciertos puestos, y en otros se llega a 5 mg/m³ para exposiciones de corta duración. Los niveles de exposición más elevados corresponden a

establecimientos que, por razones económicas y medioambientales, reciclan las aguas de proceso, y es muy probable que esta práctica se generalice en el sector, en los próximos años.

En la bibliografía científica no hay publicado ningún valor límite de exposición, por eso se realizó un estudio epidemiológico, a fin de estimar la concentración por debajo de la cual no se produce ningún trastorno respiratorio y/u ocular.

Al final de dicho estudio y basándose en las recomendaciones de los higienistas americanos, el INRS ha propuesto un valor límite ambiental de corta duración (instantáneo) de 1,5 mg/m³, y un valor límite ambiental para la exposición diaria de 0,5 mg/m³. Este último valor está próximo al que había sido estimado por comentarios del personal expuesto, en el curso de las campañas de medición realizadas en las piscinas.

Tanto en la industria manufacturera de verduras frescas, como en los centros acuáticos, las formas de prevención clásica (ventilación general de los locales, sustitución de productos) no son operativas, porque conllevan elevadas inversiones y ocasionan trastornos que convierten en incómodos los puestos de trabajo.

El enfoque preventivo alternativo consiste en tratar el problema en su fuente. En este contexto, son posibles dos orientaciones: por una parte limitar la formación de cloraminas en el medio acuoso, y por otra, extraerlas de las aguas de proceso (de lavado) o de baño.

La primera vía parece poco realista en razón de que son inevitables la presencia de materias nitrogenadas en las cubas de lavado de verduras y en los vasos de las piscinas, y la consecuente formación de cloraminas, por lo que el segundo procedimiento, el de la extracción de cloramians, resulta más viable.

En efecto, la eliminación de las cloraminas por "strippage" parece ser la forma más simple que se puede poner en práctica sin provocar modificaciones importantes en los procesos existentes. Esta tecnología, por su principio, es la que mejor se adapta a las piscinas y a la industria agroalimentaria.

El INRS, en colaboración con dos escuelas de ingeniería, ha realizado un estudio técnico en los dos sectores de actividad mencionados, para proponer soluciones tecnológicas adaptadas a las características de cada uno.

De esta forma se han dimensionado los dispositivos de strippage para estos dos sectores, con el objetivo de alcanzar un valor límite ambiental para la exposición diaria medio de 0,25 mg/m³ de NCl₃ en los ambientes de trabajo, es decir, la mitad del valor límite.

Después de la puesta en funcionamiento de los dispositivos de strippage, las mediciones de la concentración de NCI<sub>3</sub> en el aire ambiental y en el agua, a la entrada y la salida de los depósitos reguladores, tanto de la **piscina deportiva como de la lúdica**, han puesto de manifiesto **una reducción de un 75**% de la tricloramina disuelta.

En el caso de la **fábrica manufacturera de verduras**, la torre de strippage ha conseguido excelentes resultados. Así, el flujo de cloraminas extraído puede alcanzar, en el curso de periodos de fuerte producción, 10 ó hasta 15 g/h. Por otra parte, el buen funcionamiento de la instalación ha sido confirmado por una evaluación de la exposición a las cloraminas de los operarios de la nave de producción.

Los muestreos del ambiente de trabajo han sido realizados durante dos días con la torre de strippage parada, y durante otros dos con la torre en funcionamiento.

Con las cantidades de materia tratada, similares en el curso de los diferentes días de campaña de medición, la reducción de la cantidad de NCl<sub>3</sub> gaseoso en el taller, es significativa.

Así, a partir de la puesta en marcha de la torre de strippage, hacia las 9 horas, la concentración del tricloruro de nitrógeno decrece hasta valores próximos a 0,25 mg/m³; cantidades previstas durante el estudio previo.

Es importante resaltar que esta tecnología no provoca más que un calentamiento moderado del agua de proceso (unos 2 °C) y no engendra consumo del agente desinfectante (hipoclorito sódico).

La eficacia de la torre es satisfactoria incluso si el valor de 0,5 mg/m³ es ligeramente sobrepasado en el curso de una jornada con una producción muy fuerte. Esta concentración puede darse cuando los filtros se saturan porque el agua de lavado llega a la torre muy cargada de materia orgánica.

Teniendo en cuenta la simplicidad de su utilización, su eficacia y su bajo costo, puede suponerse que el cloro seguirá siendo muy empleado durante los próximos años. La existencia de buenas prácticas de uso de productos clorados así como la mejora de los procedimientos, permitirán limitar los riesgos ligados a esta utilización.

Tanto en el sector agroalimentario como en los establecimientos acuáticos, adaptaciones sencillas de las instalaciones existentes, basadas en el strippage, permiten mantener concentraciones ambientales de tricloruro de nitrógeno del orden de 0,25 mg/m³.

Las inversiones y los costos de funcionamiento de este tipo de instalaciones son generalmente inferiores a los de otros sistemas de tratamiento de aguas (UV, carbón activo). La

limitación de la concentración de Cl<sub>3</sub>N, en un valor de 0,15 mg/m3 sería un logro preventivo satisfactorio para los higienistas. Además, más allá de los buenos resultados de eliminación del Cl<sub>3</sub>N, es muy probable que los contadores gas/líquido utilizados en estos dos sectores de actividad contribuyan a reducir la exposición del personal a otros contaminantes nocivos como las sustancias haloformes.

Por último, algunas empresas intentan dejar de utilizar el cloro como desinfectante de las aguas de proceso y sustituirlo por ozono. El INRS ha realizado el seguimiento de un procedimiento de lavado de verduras con agua ozonada y ha puesto en evidencia la fuerte exposición de los operarios durante las fases de limpieza de la instalación.

En este momento no existe un procedimiento seguro, en términos de higiene laboral, y la adaptación de las líneas de fabricación existentes para la utilización de ozono necesita importantes mejoras.



PREVENCIÓN EXPRESS Nº 368 - MAYO 2006 / 11