CosemarOzono

TRATAMIENTOS CON OZONO

Informe emitido en

Julio, 2012

Índice

1. INTRODUCCIÓN. 2

2. QUÉ ES EL OZONO. EQUIPOS INDUSTRIALES 3

2.1. Ficha descriptiva 3
2.2. Caracterización 4
2.3. Mecanismo de acción 5
2.4. Higienización de los alimentos 7
2.5. Espectro de acción 8
2.6. El ozono como biocida seguro 9

3. VENTAJAS Y UTILIDADES 10

4. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN 13

4.1. Propuesta: 13
A. Tratamiento en continuo 13
B. Control microbiológico periódico 14
4.2. Recomendaciones 14
A. Agua de uso general de la planta 14
C. Almacenamiento. Cámaras frigoríficas 15

5. DATOS TOXICOLÓGICOS 15

1. Introducción

Cualquier alimento debería estar, en condiciones ideales, libre de la presencia de **microorganismos patógenos**. Pero conseguirlo no es fácil y, a pesar de las medidas tomadas por el sector productivo, con un demostrado alto grado de eficacia para alguno de los microorganismos más virulentos, su completa **erradicación** es **compleja**.

Los **hongos y bacterias** son lo principales enemigos en el ámbito de la panadería. En productos como el **pan** o los elaborados a base de harina de cereales, la **contaminación** se produce generalmente por los **hongos**, ya que éstos se desarrollan mejor cuando la composición del alimento está basada en hidratos de carbono.

Los hongos están presentes en el **aire de todos los ambientes** y son capaces de desarrollarse aún bajo refrigeración. En condiciones favorables (temperatura y humedad altas), los microorganismos pueden multiplicarse con la velocidad suficiente como para transformar alimentos perecederos en **productos de riesgo**.

Estas condiciones se dan en varias de las **etapas** del proceso de **panificación**, por lo que es fundamental contar con las herramientas adecuadas para asegurar una desinfección eficaz.

La tecnología del **ozono,** poderoso desinfectante apto para uso alimentario, **resuelve** eficazmente los problemas de contaminación microbiológica en los puntos problemáticos.

Riesgos

1. **Contaminación biológica**
   Contaminación de materia prima en el procesado: incorporación al suelo, cinta y maquinaria de hongos y bacterias Contaminación cruzada , Coliformes, etc.

2. **Contaminación química**
   Debida a compuestos procedentes de la materia prima, así como moléculas aromáticas que pueden interferir con los caracteres organolépticos del producto final.

Consecuencias

1. **Acortamiento de la vida media del producto**
   Debido a la presencia de microorganismos responsables de la putrefacción y enmohecimiento que, desde la superficie del producto, descomponen los alimentos.

2. **Toxiinfecciones alimentarias**
   Entre las consecuencias más graves de la contaminación química o biológica de los alimentos, se encuentran las toxiinfecciones alimentarias.

3. **Devaluación de imagen de marca**
   Además de los problemas humanos que acarrean las toxiinfecciones alimentarias, una vez determinado el foco de la intoxicación, las consecuencias económicas y de imagen son irreparables.

2. Qué es el Ozono. Equipos industriales

El ozono es un potente desinfectante utilizado desde hace décadas en muy diversos campos, tanto en agua como en aire.

La **eficacia del ozono** como biocida está de sobra probada, eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables del enmohecimiento y la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos, por lo que su uso en la conservación de estos se viene recomendando, y está regulado, hace ya tiempo en Europa y Estados Unidos, tanto en agua como en aire, a temperatura ambiente y en cámaras frigoríficas.

2.1. Ficha descriptiva del ozono

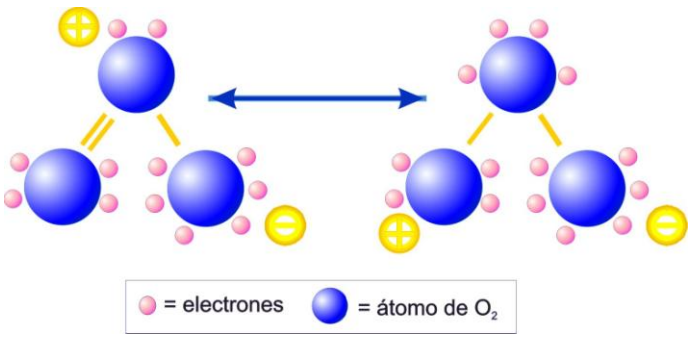
Identificación	
Nombre químico	ozono
Masa molecular relativa	48 g/L
Volumen molar	22,4 m^3 PTN/Kmol
Fórmula empírica	O_3
Número de registro CAS	10028-15-6
Referencia EINECS	233-069-2
Densidad (gas)	2,144 g/L a 0ºC
Densidad (líquido)	1,574 g/cm^3 a - 183ºC
Temperatura de condensación a 100kPa	-112ºC
Temperatura de fusión	-196ºC
Punto de ebullición	-110,5ºC
Punto de fusión	-251,4ºC
Temperatura crítica	-12ºC
Presión crítica	54 atms.
Densidad relativa frente al aire	1,3 veces más pesado que el aire
Inestable y susceptible de explosionar fácilmente	Líquido –112ºC Sólido –192ºC
Equivalencia	1 ppm = 2 mg/m^3

2.2. Caracterización

El ozono es un compuesto formado por tres átomos de oxígeno, cuya función más conocida es la de protección frente a la peligrosa radiación ultravioleta del sol; pero también es un potente oxidante y desinfectante con gran variedad de utilidades. La más destacada es la desinfección de aguas.

Se trata de un gas azul pálido e inestable, que a temperatura ambiente se caracteriza por un olor picante, perceptible a menudo durante las tormentas eléctricas, así como en la proximidad de equipos eléctricos, según evidenció el filósofo holandés Van Marun en el año 1785. A una temperatura de –112ºC condensa a un líquido azul intenso. En condiciones normales de presión y temperatura, el ozono es trece veces más soluble en agua que el oxígeno, pero debido a la mayor concentración de oxígeno en aire, éste se encuentra disuelto en el agua en mayor medida que el ozono.

La molécula presenta una estructura angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de 1,28 Å; se puede representar de la siguiente manera:



Estructura del ozono (O_3): es una forma alotrópica del oxígeno producida por la activación de la molécula de O_2 en una reacción endotérmica.

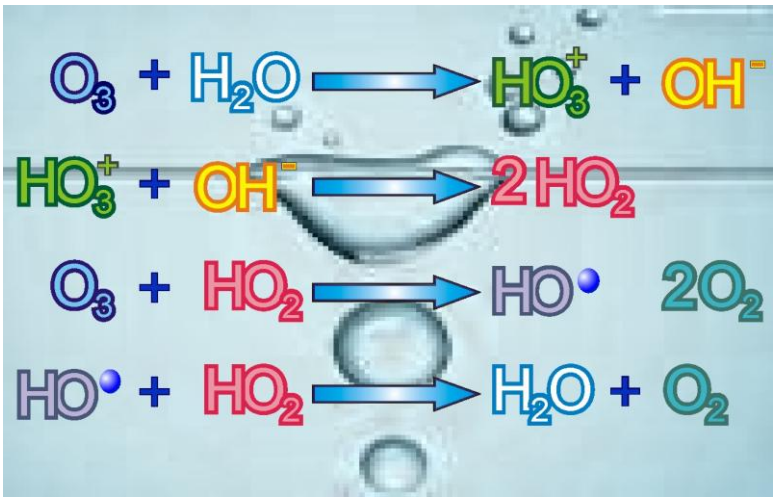
Debido a la inestabilidad del compuesto, en este tipo de aplicaciones, éste debe ser producido en el sitio de aplicación mediante unos generadores. El funcionamiento de estos aparatos es sencillo: pasan una corriente de oxígeno a través de dos electrodos. De esta manera, al aplicar un voltaje determinado, se provoca una corriente de electrones en el espacio delimitado por los electrodos, que es por el cual circula el gas. Estos electrones provocarán la disociación de las moléculas de oxígeno que posteriormente formarán el ozono.

2.3. Mecanismo de acción

Cuando este gas es inyectado en el **agua**, puede ejercer su poder oxidante mediante dos mecanismos de acción:

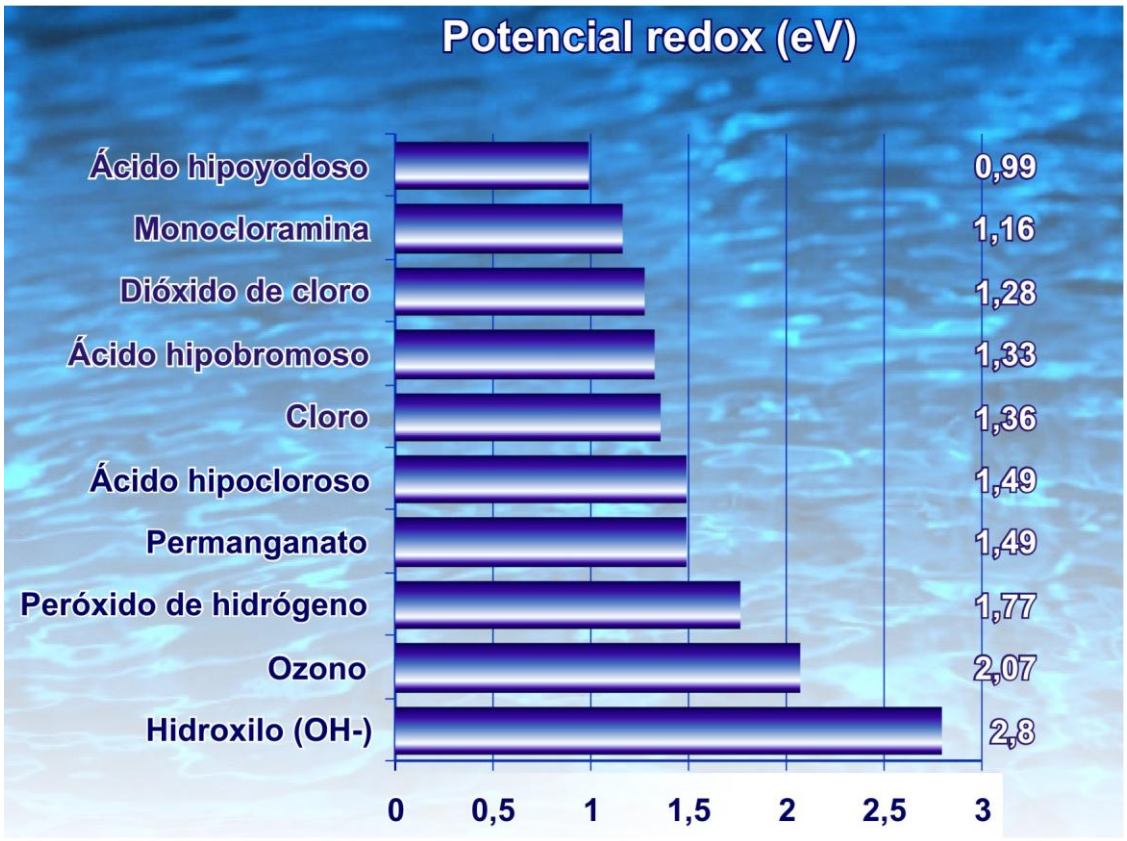
1. Oxidación directa de los compuestos mediante el ozono molecular.
2. Oxidación por radicales libres hidroxilo.

Los radicales libres hidroxilo, (OH^-), se generan en el agua como a continuación se expone:



Los radicales libres así generados, constituyen uno de los más potentes oxidantes en agua, con un potencial de 2,80 V. No obstante, presentan el inconveniente de que su vida media es del orden de microsegundos, aunque la oxidación que llevan a cabo es mucho más rápida que la oxidación directa por moléculas de ozono.

De los oxidantes más utilizados en el tratamiento de aguas, los radicales libres de hidroxilo y el ozono tienen el potencial más alto, como se puede observar en la siguiente tabla:



Redox (eV)

Así, dependiendo de las condiciones del medio, puede predominar una u otra vía de oxidación:

- En condiciones de bajo pH, predomina la oxidación molecular.
- Bajo condiciones que favorecen la producción de radicales hidroxilos, como es el caso de un elevado pH, exposición a radiación ultra-violeta, o por adición de peróxido de hidrógeno, empieza a dominar la oxidación mediante hidroxilos. (EPA Guidance Manual, 1999).

2.4. Higienización de los alimentos

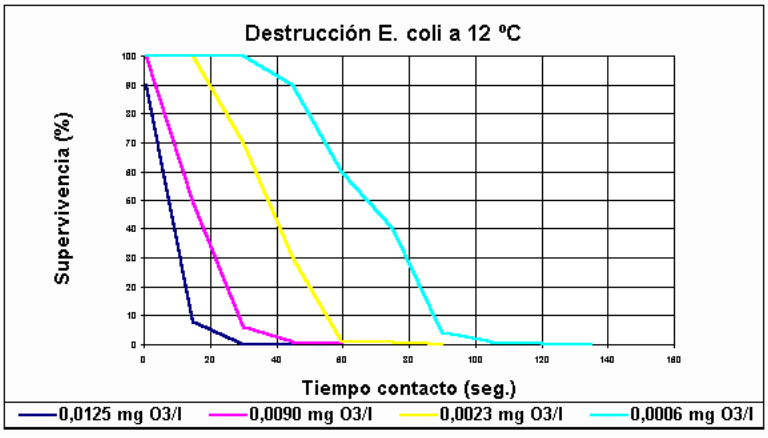
Tanto en el caso de la materia prima como en el de las superficies y utensilios en contacto con el producto en cualquier etapa de su procesado, es la desinfección de aire y ambiente lo que garantiza la calidad higiénica de los alimentos.

A fin de asegurar una correcta higienización, resulta imprescindible controlar perfectamente el proceso en las etapas que pueden constituir puntos críticos al darse las condiciones de humedad y temperatura óptimas para la proliferación de los microorganismos.

A fin de asegurar una perfecta desinfección, se debe controlar la concentración de agente bactericida o **potencial redox** del agua, garantía de la calidad total, tanto si el agua es de uso general (para los planes de limpieza, lavado de superficies y utensilios) como si se trata del agua empleada como materia prima para la fabricación del pan.

Como decíamos, un **alto potencial redox** en agua garantiza su **pureza,** al constituir éste un valor que determina el nivel de eficacia de ese agua en la eliminación de los microorganismos presentes en los alimentos o superficies lavados con ella. También se debe al alto nivel de potencial redox la escasa presencia de materia orgánica que, de esta manera, no puede servir de sustrato a los microbios.

Por lo tanto, un aspecto importante del **potencial redox** es su interrelación con el concepto de **esterilización**, habiéndose establecido el efecto esterilizante a **750 mV**. Así, el potencial redox es un indicador del grado de contaminación de un agua y del poder germicida de la misma. Un potencial redox de 200 mV, indica que toda la gama de gérmenes posibles está presente en dicho agua. Sin embargo, simplemente pasando de 200 a 300 mV, los gérmenes se reducen del 90% al 10%. Si se aumenta el potencial a 400 mV, únicamente el 1% de los gérmenes originales estará presente.



Las redes urbanas de agua potable trabajan, por ley, con valores superiores a 700 mV. El ozono, como agente oxidante, constituye uno de los más eficaces desinfectantes, al ser su potencial de oxidación de 2.070 mV frente a los 1.360 mV del cloro.

2.5. Espectro de acción

Se puede decir que el ozono no tiene límites en el número y especies de microorganismos que puede eliminar, dado que actúa sobre estos a varios niveles.

La **oxidación directa de la pared celular** constituye su principal modo de acción. Esta oxidación provoca la rotura de dicha pared, propiciando así que los constituyentes celulares salgan al exterior de la célula. Asimismo, la producción de radicales hidroxilo como consecuencia de la desintegración del ozono en el agua, provoca un efecto similar al expuesto.

Los daños producidos sobre los microorganismos no se limitan a la oxidación de su pared: el ozono también causa daños a los constituyentes de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), provocando la ruptura de enlaces carbono-nitrógeno, lo que da lugar a una **despolimerización**. Los microorganismos, por tanto, no son capaces de desarrollar inmunidad al ozono como hacen frente a otros compuestos.

El ozono es eficaz, pues, en la **eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes** (Rice, 1984; Owens, 2000; Lezcano, 1999).

Por otra parte, **actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto** que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monocloraminas.

Además el ozono, como indicábamos previamente, **oxida sustancias citoplasmáticas**, mientras que el cloro únicamente produce una destrucción de centros vitales de la célula, que en ocasiones no llega a ser efectiva por lo que los microorganismos logran recuperarse (Bitton, 1994).

2.6. El Ozono como biocida seguro

Por sus singulares características, el ozono cumpliría con gran parte de los ideales de un biocida como:

- Ser efectivo frente a un amplio rango de microorganismos.
- Tener un alto poder desinfectante, por lo que destruye los microorganismos de la superficie del producto, tanto aplicado en agua como en aire.
- Descomponerse rápidamente sin dejar sustancias peligrosas que puedan perjudicar la salud y el medio.
- No penetrar a través de las superficies de los alimentos, por lo que no altera sus características organolépticas.
- Actuar rápidamente y ser efectivo a bajas concentraciones en un amplio rango de pH.
- No causar deterioro de materiales.
- Tener un bajo coste, ser seguro y fácil de transportar, manejar y aplicar.
- Eliminación en lavado de contaminación química.
- Único sistema de desinfección en continuo.
- Alarga la vida útil de los productos al eliminar los hongos responsables del enmohecimiento.
- Único biocida cuyo empleo no está prohibido en presencia de personas y alimentos.

Este sistema puede, además, utilizarse tanto como **tratamiento de choque** como en pequeñas concentraciones de **manera continua**. Un tratamiento continuo asegura no sólo la ausencia de microorganismos patógenos: también elimina aquellos microorganismos que forman parte de la película biológica que se forma en los conductos de aire y agua, y que se presenta como un reservorio de patógenos a eliminar si se quiere prevenir una constante re-contaminación de las instalaciones

3. Ventajas y utilidades

A la hora de asesorar sobre un tratamiento de descontaminación de alimentos, se deben considerar los siguientes aspectos sobre el biocida a utilizar: amplia eficacia, cambios en la microflora, potencial para la introducción de otros elementos peligrosos, potencial de peligrosidad para los trabajadores, impacto sobre el medio ambiente, efectos sobre las propiedades y calidad de los productos y percepción por parte del consumidor del biocida.

Además de las ventajas que a lo largo del presente informe se han expuesto, y que responden a algunos de esos aspectos a considerar, queremos remarcar las que les pueden resultar a ustedes especialmente interesantes:

- **El O_3 es el biocida ideal para ser utilizado dentro de un programa APPCC**

  Tanto en la descontaminación de alimentos como de aire, utensilios y maquinaria. Con un adecuado diseño del tratamiento se puede evitar el deterioro y contaminación del alimento por parte de microorganismos, así como proteger contra cualquier foco de infección todos los productos que se manipulen, almacenen, envasen y transporten en las instalaciones tratadas, lo que redundaría en una mayor seguridad de los mismos. De esta manera se llegaría asimismo a la reducción de los costes ocasionados por la pérdida de productos contaminados.

- **Su uso está autorizado en presencia de personas y alimentos**

  Así como en aire de cámaras frigoríficas (Norma española UNE 400-201-94, *recomendaciones de seguridad en generadores de ozono para tratamiento de aire*; Real Decreto 168/1985, de 6 de febrero, *por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria sobre condiciones generales de almacenamiento frigorífico de alimentos y productos alimentarios*; Real Decreto 140/2003, de 7 de Febrero, *por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano*; FDA -Administración Americana de Alimentos y Medicamentos-). Asimismo el ozono está incluido en la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de febrero de 1998, *relativa a la comercialización de biocidas.*

Con la instalación de un sistema eficaz de desinfección y desodorización de aire como el que Cosemar Ozono ofrece, se garantiza la existencia de un ambiente libre de microorganismos entre los que puede haber agentes patógenos de diversa naturaleza capaces de recontaminar el producto en etapas sucesivas de su procesamiento.

- **Prolonga la vida media de los productos en cámaras y almacenes**

La aplicación del ozono en cámaras, además de ayudar a garantizar la seguridad de los productos, constituye una importante **ventaja económica** al conseguir prolongar la vida media de estos: el ozono actúa en su superficie eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la descomposición y enmohecimiento que, habitualmente, estropean los alimentos.

En cámaras frigoríficas, donde puede haber contaminación con bacterias psicrófilas, capaces de crecer durante el almacenaje en frío, el uso del ozono constituye un arma eficaz, capaz de evitar la contaminación por este tipo de bacterias.

- **Evita las mermas de peso**

Otra ventaja añadida la constituye el hecho de que la **humedad relativa** óptima para la aplicación del ozono está entre el 90 y 95%, por lo que se pueden **controlar** efectivamente los **microorganismos** de superficie, evitando su crecimiento, **sin** que el producto **pierda peso**. También a este respecto, las mermas de peso son debidas a la pérdida de agua, consecuencia de la descomposición microbiana de los productos. Al paralizar el desarrollo de los microbios, las **pérdidas** de peso pueden verse **disminuidas** hasta en un **75%**

- **Desodorización absoluta**

Además de los problemas más importantes, en el aspecto sanitario, de contaminación y conservación apropiada de los alimentos, otro de los grandes inconvenientes que se plantea en el mercado de la alimentación es el de los olores.

Pues bien, el ozono actúa sobre los agentes productores de olores, moléculas químicas con dobles enlaces, rompiendo su estructura por oxidación, con lo que se evita la indeseable mezcla de olores y sabores de productos diferentes.

Además, la ozonización continua de los cuartos frigoríficos puede ser efectuada en combinación con el sistema de enfriamiento central del aire, mediante la aplicación conjunta de unidades de enfriamiento separadas para cada área de almacenamiento, y generadores de ozono independientes del sistema.

El ozono no camufla el olor, lo destruye.

La acción desodorizante del ozono no es debida a un simple efecto de camuflaje del olor, sino que se trata de una verdadera **destrucción química** de éste, al descomponerse las moléculas que lo provocan.

El ozono se revela también como oxidante de otros productos químicos muy tóxicos, como es el caso del monóxido de carbono (CO), que convierte en dióxido de carbono (CO_2) no perjudicial para la salud, o el de los plaguicidas utilizados para controlar la aparición de insectos o roedores.

El ozono, en suma, por su gran poder oxidante, destruye toda clase de olores desagradables, teniendo su mayor acción frente a los olores de procedencia orgánica.

- **Sin residuos y con plazos de seguridad cortos**

El ozono se descompone sin dejar rastro en los alimentos o el agua de elementos que puedan ser perjudiciales para la salud o el medio, además de no ceder ningún sabor al alimento.

Por otra parte, al ser su vida media tan corta por su alta reactividad, los plazos de seguridad para su aplicación sólo son necesarios en el caso de tratamientos con altas concentraciones del gas (tratamientos de choque), siendo del orden de media hora.

- **No afecta las características organolépticas de los alimentos**

El ozono no altera las características organolépticas de los alimentos tratados con él, ya que actúa únicamente en superficie. Hay varios estudios llevados a cabo por Universidades españolas, en los que se ha demostrado que su uso no afecta a las características organolépticas de los alimentos.

4. Propuestas de actuación

El caso que nos ocupa afecta a la calidad final de alimentos de una empresa que, evidentemente, no debe permitirse descuidar detalles tan relevantes como la seguridad y excelencia de sus productos, cuestión que puede comportar pérdidas de género, con las consiguientes consecuencias económicas y de logística que implica el más mínimo fallo en la calidad de sus productos.

Tras el análisis y diagnóstico para diseñar la instalación que mejor se adapte a sus necesidades, esta es nuestra propuesta, junto con algunas recomendaciones en las zonas problemáticas que hemos observado, a saber:

4.1.-PROPUESTA

A. Tratamiento de aire en continuo

Ozonización del aire ambiente en las zonas de riesgo, realizando un tratamiento en continuo a lo largo del día y tratamiento de choque durante la noche mediante inyectores, de manera que se cubra por completo el perímetro de las instalaciones, sobre todo en los puntos donde las condiciones de humedad y temperatura favorecen la aparición de una alta carga de microorganismos, que hace insoslayable la contaminación del aire interior sin una correcta desinfección de este.

Esta colonización del aire por parte de diversos gérmenes (bacterias y hongos, así como sus esporas) provoca fenómenos de contaminación cruzada que afectan a las superficies de las distintas líneas, a las que se adhieren los microorganismos para su posterior proliferación.

Mediante el sistema de desinfección en continuo actuamos eficazmente sobre el aire y las superficies contaminadas, impidiendo o dificultando la acumulación de microorganismos en el producto.

Esta actuación implica asimismo la desinfección del aire proveniente de los sistemas de climatización, focos frecuentes de contaminación microbiológica.

B. Control microbiológico periódico

A fin de comprobar la eficacia del tratamiento, así como la calidad del aire interior, se llevan a cabo controles microbiológicos. El aire es un reservorio importante de microorganismos, un vector que los transporta, procedentes del exterior o de la actividad desarrollada en el local, por lo que la instauración de un control microbiológico del aire constituye una herramienta de supervisión imprescindible para la prevención de riesgos de bio-contaminación.

Cosemar ozono ofrece dicho control como parte integrante de sus tratamientos, tanto para brindar un servicio más completo, como con el fin de llevar a cabo una verificación interna del correcto funcionamiento y la eficacia de nuestro sistema, procediéndose a aplicar las correcciones oportunas en caso de reflejar los resultados de las analíticas alguna inconformidad en la calidad del aire respirable en cuanto a su carga microbiológica.

4.2. RECOMENDACIONES

A. Agua de uso general de la planta

El agua es uno de los ingredientes principales para la obtención de la masa. Es imprescindible que sea potable y no contenga sabores anormales o desagradables. Los tanques y tuberías deben ser higienizados periódicamente con un agente que no aporte sustancias ni sabores extraños. Recomendamos por ello el ozono para llevar a cabo una limpieza y desinfección rigurosas de los depósitos y la red de distribución de agua.

Efectuar un tratamiento de desinfección adecuado para conseguir una calidad del agua elevada, tanto desde el punto de vista físico-químico como microbiológico (tolerancia cero).

A tal fin, realizar una instalación de tratamiento del depósito de agua de uso general, de manera que se asegure la eliminación total de microorganismos que el agua pueda llevar, así como un potencial redox suficiente para dotar al agua de la capacidad desinfectante necesaria.

C. Almacenamiento. Cámaras frigoríficas

Los productos terminados deben ser almacenados hasta su salida al destino final; hay que tener en cuenta que tras el tratamiento térmico no hay más etapas en las que exista la posibilidad de eliminar los hongos o bacterias que puedan llegar al producto, por lo que el ambiente de almacenes y cámaras debe estar perfectamente higienizado a fin de evitar la contaminación. Cualquier contaminación en estos puntos hará que el producto llegue al cliente en malas condiciones. En el mejor de los casos ocurrirá que la vida útil disminuya; en el peor, un problema de contaminación puede provocar el brote de una toxiinfección alimentaria.

Al poder ser aplicado en aire, el ozono proporciona una atmósfera en la que los microorganismos contaminantes, tanto de superficie como suspendidos en el aire, son eliminados. Por otra parte, la descomposición rápida del ozono, debido a la elevada humedad relativa, permite que en cámaras de almacenamiento donde sean necesarias altas concentraciones de este elemento, el personal pueda trabajar sin peligro alguno inmediatamente después de haber cesado la producción de O_3.

5. Datos toxicológicos

En cuanto a su ficha toxicológica, el ozono está clasificado únicamente como AGENTE IRRITANTE X_i en aire, no estando clasificado como carcinogénico.

Esta clasificación como agente irritante se refiere **exclusivamente a sus concentraciones en aire**, es decir, a los problemas derivados de su inhalación, que dependen de la concentración a la cual las personas están expuestas, así como del tiempo de dicha exposición.

La normativa emitida por la OMS recomienda una concentración máxima de ozono en aire, para el público en general, de 0,05 ppm (0,1 mg/m^3).

Datos de toxicidad por inhalación

- TLV: 0,1 ppm
- Recomendaciones de seguridad de la norma UNE 400-201-94: <100 µg/m^3
- Los Valores Límite Ambientales (VLA) (año 2000), establecen para el ozono límites de exposición en función de la actividad realizada, siendo el valor más restrictivo 0,05 ppm (exposiciones de 8 horas) y 0,2 ppm para periodos inferiores a 2 horas. La EPA establece un estándar de 0,12 ppm para 1 hora de exposición y la OMS propone un valor de referencia de 120 µg/m^3 ó 0,06 ppm para un periodo máximo de 8 horas

Por otra parte, salvo que se almacene líquido a altas presiones, el ozono es generado *in situ,* no pudiendo existir escapes superiores a la producción programada en los generadores, ya que estos únicamente producen el gas, no lo acumulan. Los valores para producir efectos agudos letales son muy altos, de 15 ppm, concentraciones prácticamente inalcanzables en tratamientos convencionales.

Disuelto **en agua, el ozono resulta completamente inocuo**, dado que su acción sobre la materia orgánica provoca su rápida descomposición. De hecho, **el ozono se encuentra autorizado como coadyuvante en el tratamiento de aguas potables** según la resolución de 23 de Abril de 1984 del Ministerio de Sanidad y Consumo (BOE Núm. 111 de 9 de Mayo del mismo año), estando asimismo reconocido como desinfectante en la potabilización de aguas por la norma UNE-EN 1278:1999.

En palabras textuales de la norma española:

El ozono se auto-descompone en el agua. Por tanto, a las dosis habitualmente aplicadas, no se requiere generalmente ningún proceso de eliminación. [...]

Asimismo, el real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incluye el ozono como *sustancia para el tratamiento del agua*, ya que cumple con la norma UNE-EN correspondiente y en vigencia (incluida en el Anexo II del RD, *normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano*: UNE-EN 1278:1999- Ozono).

En el *Codex Alimentarius*, el ozono viene definido por tener un uso funcional en alimentos como agente antimicrobiano y desinfectante, tanto del agua destinada a consumo directo, del hielo, o de sustancias de consumo indirecto, como es el caso del agua utilizada en el tratamiento o presentación del pescado, productos agrícolas y otros alimentos perecederos.

María del Mar Pérez Calvo
Dr. en CC. Biológicas
Director Técnico de Cosemar Ozono