

El empleo del ozono se aconseja en industria hortofrutícola al garantizar la seguridad microbiológica y la calidad de los productos.

Uso del ozono en la higienización de frutas y hortalizas

**M^a ISABEL GIL,
PAULA M^a PERIAGO,
DAVID BELTRÁN**

*Dpto. de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CEBAS-CSIC)
migil@cebas.csic.es*



El empleo del ozono se aconseja en industria hortofrutícola al garantizar la seguridad microbiológica y la calidad de los productos. Su alto poder oxidante y la no generación de residuos tiene como ventajas la reducción de la carga microbiana y de compuestos orgánicos tóxicos. No confiere olor ni sabor residual al producto y reduce la DBO y la DQO en los vertidos al medio ambiente.

Uno de los objetivos principales de productores y procesadores de frutas y hortalizas es

Ensaladas frescas cortadas y listas para consumir. La demanda de productos de IV gama, impulsa a la industria alimentaria a buscar higienizantes efectivos y seguros.

evitar la contaminación de sus productos por bacterias, virus y parásitos, además de protegerlos de agentes físicos y químicos.

La seguridad microbiológica de frutas y hortalizas es esencial para la salud, dado que generalmente estos productos frescos no sufren ningún tratamiento que destruya los microorganismos patógenos humanos.

Por ello, la industria alimentaria busca higienizantes que, además de ser efectivos contra microorganismos patógenos, sean segu-

ros para su empleo durante el proceso de elaboración de productos vegetales.

Durante manipulación, posrecolección y procesado de frutas y hortalizas de IV gama se emplean grandes cantidades de agua.

Una práctica común en las empresas de elaboración es la recirculación del agua, no sólo por razones económicas, sino también por las exigentes regulaciones sobre vertidos y depuración de aguas residuales. La recirculación incrementa el riesgo potencial de dise-

minación de microorganismos procedentes de fuentes contaminantes. El agua utilizada para lavado, en tanques o en duchas, o para transporte de productos por flotación, debe mantenerse en condiciones higiénicas adecuadas.

La desinfección del agua es una etapa fundamental en el proceso, ya que un agua insuficientemente higienizada es, en sí misma, una fuente de contaminación.

Los microorganismos patógenos pueden sobrevivir en el agua durante tiempos relativamente prolongados, o en los restos de productos vegetales para después contaminar al producto limpio que pasa a través del agua.

Las soluciones higienizantes de hipoclorito sódico o cálcico en el agua de lavado se han empleado para el control de microorganismos contaminantes durante el proceso de elaboración de vegetales frescos cortados. Sin embargo, se ha desatado una gran polémica sobre la continuidad del uso de compuestos clorados (entre ellos el hipoclorito sódico) por los riesgos potenciales que los productos de reacción de estos compuestos pueden presentar en la salud humana. Han sido calificados como cancerígenos y tóxicos para el medio ambiente y el consumidor, ya que no garantizan la inocuidad del producto y dejan restos en la superficie de los alimentos.

Esto ha llevado a la industria a buscar otros higienizantes adecuados para uso alimentario como alternativa a los compuestos clorados empleados en la actualidad.

El alto poder oxidante y el poder autodegradarse sin generar productos de reacción, hacen del ozono un desinfectante viable para garantizar la seguridad microbiológica y la calidad de los alimentos.

Antecedentes

El alto poder oxidante del ozono se conoce desde hace más de 100 años, pero hasta el comienzo del siglo pasado sólo se había empleado para conservación de ingredientes y productos alimentarios como leche y carnes.



La mayoría de las aplicaciones han estado relacionadas con el tratamiento de aguas de bebida, piscinas y deshecho municipal e industrial. Pero el descubrimiento de derivados clorados desplazó su uso y desarrollo, ya que éstos resultaban mucho más económicos.

En 1997, al ozono se le denominó GRAS (Generally Recognized as Safe, Sustancia reconocida de forma general como segura). Esta denominación coincidió con la inquietud generalizada de mejorar la seguridad alimentaria y con la creciente preocupación por la toxicidad de los productos de reacción de los derivados clorados.

Dado que el Departamento de Alimentos y Medicamentos de EE.UU. (FDA) no presentó objeciones a esta denominación, el

Tanque de lavado para aplicar los tratamientos con agua ozonizada.

ozono puede emplearse ahora como higienizante en el procesado de alimentos. Estos avances en la regulación dirigieron el interés de muchos investigadores y productores de alimentos hacia las posibles aplicaciones del ozono en industria agroalimentaria (Kim y col., 1999).

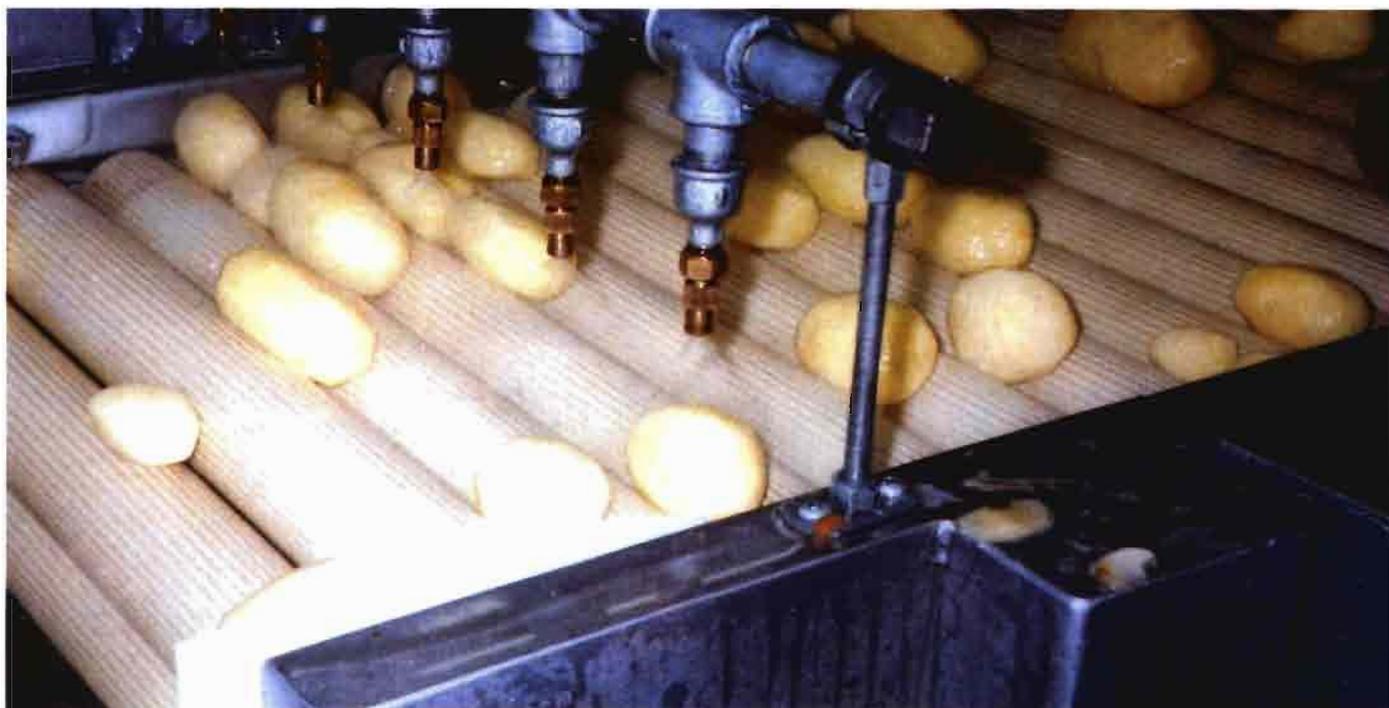
Características

El ozono es un gas azulado que se forma de manera natural en la estratosfera como resultado de la acción de los rayos solares ultravioleta sobre el oxígeno, así como después de las tormentas.

También se forma en la troposfera por reacciones fotoquímicas entre oxígeno y nitrógeno con los hidrocarburos que desprenden, entre otros, los coches y las industrias. Su potencial de oxidación es alto comparado con los derivados del cloro como el hipoclorito, el ácido hipocloroso o el cloro.

Una de sus ventajas es que no presenta algunos problemas asociados al hipoclorito, como olor y sabor residual. Además, puede autodeseccionarse y no genera residuos en el agua, por lo que se puede reciclar sin problemas de residuos químicos y medioambientales (Benítez y col., 1999) o de seguridad.

■ Hay poca información sobre el efecto del ozono en disolución acuosa. No obstante, se ha demostrado su efectividad para eliminar microorganismos en lechuga y en el tratamiento de peras fue efectivo, inhibiendo el crecimiento de *Alternaria spp.*, *Cladosporium* y *Penicillium spp.*



Su solubilidad aumenta conforme disminuye la temperatura del agua.

Sin embargo, las bajas temperaturas del agua conllevan la reducción en la velocidad de reacción, luego para conseguir la máxima efectividad se debe hallar el equilibrio entre menor temperatura con mayor solubilidad y máxima velocidad de reacción.

El aumentar la solubilidad del ozono en agua fría tiene la desventaja de que puede ser difícil mantener una dosis constante, ya que evoluciona a oxígeno de forma muy rápida. El pH ejerce una influencia moderada en las reacciones en las que participa el ozono, de forma que es más estable a valores de pH bajos que altos. Pero el ozono se descompone a valores de pH altos y los radicales resultantes contribuyen a su eficacia como desinfectante.

El ozono puede generarse en sistemas cerrados y en el lugar y momento de su utilización, por lo que no necesita almacenamiento. Los higienizantes utilizados hasta ahora, como compuestos clorados, han de transportarse y almacenarse en las empresas, lo que conlleva un riesgo para los manipulado-

Lavado convencional en ducha de patata fresca cortada.

res, además del gasto y el peligro de tener que deshacerse de las aguas residuales con productos de reacción peligrosos.

Una de las limitaciones de uso del ozono es que, a ciertas concentraciones resulta tóxico. La agencia americana que regula la seguridad y la salud en el trabajo (OSHA) ha fijado que la exposición de los trabajadores no debe exceder de 0.1 ppm durante la jornada laboral y la exposición límite es de 0.3 ppm durante 15 minutos.

Para evitar la exposición al ozono se debe trabajar con sensores en el ambiente que detecten fugas o una concentración ambiental superior a la aconsejada. Si se cumplen las normas de seguridad y se optimizan los pro-

cesos, la toxicidad del ozono no debe ser un problema.

Modo de acción

El ozono se descompone en solución produciendo los radicales hidroperoxil, hidroxil y superóxido. La alta reactividad del ozono se atribuye al gran poder oxidante de estos tres radicales libres. La molécula de ozono se descompone espontáneamente en oxígeno y, por ello, su empleo minimiza la acumulación de desechos inorgánicos en el ambiente.

La descomposición del ozono es tan rápida en la fase acuosa de los alimentos que su acción antimicrobiana puede tener lugar principalmente en la superficie de éstos. Es estable durante unos 10-20 min, por lo que el riesgo de ingestión de ozono por el consumidor no existe.

El ozono es muy reactivo con la mayoría de los constituyentes que se encuentran en paredes celulares y membranas que sirven de barreras protectoras a las bacterias, originando la oxidación de la pared celular bacteriana que conlleva la ruptura celular.

Algunas bacterias pueden formar esporas en condiciones ad-

■ Un objetivo principal de productores y procesadores de fruta y hortaliza es evitar la contaminación de sus productos además de protegerlos de agentes físicos y químicos. El ozono tiene cada día más aceptación como alternativa eficaz para este fin



versas, siendo éstas 10-15 veces más resistentes, pero se pueden destruir si se exponen al ozono durante el tiempo necesario. La envoltura proteica de los virus es también sensible a la oxidación por ozono, por lo que puede ser efectivo contra virus que se pueden a través de la cadena alimentaria, como la hepatitis.

En caso de tratamientos con ozono gaseoso, Rice y col. (1997) recopilaron una amplia revisión de sus efectos. Entre estos estudios se incluyen el uso del ozono gaseoso retardando la maduración de plátanos.

A partir de los 80 se realizan estudios sobre el efecto del ozono en la conservación de frutas como manzana, uva y moras, observándose en todos los casos que mejoraba su calidad final (Kim y col., 1999). Lo mismo sucedió con hortalizas y tubérculos como cebolla, patata, caña de azúcar, remolacha azucarera, zanahoria y lechuga.

Pérez y col. (1999) estudiaron el efecto del ozono gaseoso en fresas, observando un contenido tres veces superior en vitamina C y que no tenía efectos indeseables sobre la coloración. Trabajos similares se llevaron a

cabo sobre el empleo del ozono gaseoso en el control del desarrollo fúngico durante la conservación de grosellas negras (Barth y col., 1995). Los frutos tratados con una dosis de 0.3 ppm tenían un contenido en antocianinas similar al del control y mostraron mejor calidad y menor actividad peroxidasa (enzima relacionada con la aparición de procesos de pardeamiento y pérdida de calidad).

Tampoco se observaron efectos negativos en la pigmentación de uvas (Sarig y col., 1996). En un estudio clásico, Phippen y col. (1975) evaluaron el efecto de los tratamientos con ozono sobre el contenido en vitaminas, sales minerales y fibra de un buen número de hortalizas y frutas, siendo el resultado más notable, el aumento

Envases comerciales de frutas frescas cortadas.

observado en el contenido en vitamina C.

Existe poca información sobre el efecto del ozono en disolución acuosa. No obstante, en productos hortofrutícolas se ha demostrado su efectividad para eliminar microorganismos en lechuga (Kim y col., 1999a) y en el tratamiento de peras fue tan efectivo como el hipoclorito inhibiendo el crecimiento de *Alternaria spp.*, *Cladosporium* y *Penicillium spp.*

En un estudio en zanahorias se observó una reducción en el recuento bacteriano de 3 unidades logarítmicas. Según estudios preliminares, el lavado con agua ozonizada (10 ppm) no tiene efecto perjudicial sobre la provitamina A del brócoli, aunque el color debido a las clorofilas se podría ver afectado negativamente (Zhuang y col., 1996).

En el tratamiento de aguas residuales, el ozono puede ayudar a degradar compuestos difíciles de eliminar, obteniéndose buenos resultados en combinación con otros procesos (Beltrán y col., 1999; Benítez y col., 1999).

Aplicaciones

El ozono es una alternativa para la higienización de frutas y hortalizas, pudiendo además degradar plaguicidas presentes en la superficie de los frutos (Ong y col., 1996) y para tratamiento de aguas residuales (Benítez y col., 1999).

Así, el empleo del ozono en la industria de alimentos es aconsejable por su capacidad de reducción de carga microbiana, disminución del nivel de compuestos orgánicos tóxicos y reducción de la demanda química y biológica en el ambiente.

Es un potente agente antimicrobiano de amplio espectro, activo frente a bacterias, virus, hongos filamentosos, protozoos y esporas bacterianas y fúngicas. Es generalmente más efectivo contra células vegetativas bacterianas que frente a esporas bacterianas y fúngicas. Disuelto en agua, es efectivo en el control de *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas putrefaciens*, *Pseudomo-*

■ El ozono no presenta algunos problemas asociados al hipoclorito, como olor y sabor residual. Puede autodescomponerse y no genera residuos en el agua, por lo que se puede reciclar sin problemas de residuos químicos y medioambientales o de seguridad

nas fluorescens, *Leuconostoc mesenteroides* y *Cryptosporidium parvum*. Cuando existe una elevada concentración de sólidos en el agua reciclada, algunos microorganismos pueden cubrirse ellos mismos y resultar aislados de la acción del ozono.

El ozono reacciona rápidamente con moléculas orgánicas complejas perdiendo eficacia para la destrucción de microorganismos, por tanto, la presencia de materias orgánicas con alta demanda de ozono no es deseable. Los productos indeseables generados por la acción del ozono sobre compuestos orgánicos podrían acortar la vida útil del producto final y modificar su calidad organoléptica o poner en peligro su inocuidad.

La asociación de microorganismos o sus componentes intracelulares con la materia en suspensión podría obstaculizar la accesibilidad del ozono. Éste transforma gran parte de la materia orgánica no biodegradable en biodegradable y es un oxidante poderoso que descompone y coagula la materia orgánica en el agua de procesado, mejorando su claridad.

Perspectivas

Aunque es posible reducir el número de microorganismos en los productos hortofrutícolas mediante un lavado con agua, no se pueden eliminar los patógenos humanos con la aplicación de ninguna tecnología que no sea la cocción. Con la aplicación del ozono como tratamiento higienizante se pretende sustituir el lavado de frutas y hortalizas con otros desinfectantes.

Es una buena alternativa para el sector hortofrutícola, donde la demanda de productos de IV gama continúa en aumento.

Se debe reducir el riesgo de contaminación por microorganismos patógenos y producir vegetales frescos cortados más seguros y saludables. La seguridad alimentaria y la preocupación por el medio ambiente son las principales razones que han llevado a que se aborde de nuevo la investigación sobre este uso y aplicación.



Generador de ozono y analizadores de ozono disuelto en agua y en aire.

En productos frescos cortados se ha demostrado su efectividad para controlar la carga microbiana manteniendo la calidad organoléptica y nutritiva. Estos trabajos son parte de los resultados del proyecto de investigación financiado por el Plan Nacional de In-

■ **El ozono puede generarse en sistemas cerrados y en el lugar y momento de su utilización, por lo que no necesita almacenamiento. El transporte y almacenamiento conllevan un riesgo para los manipuladores, además del gasto y el peligro de tener que deshacerse de las aguas residuales con productos de reacción peligrosos**

vestigación (AGL2001-1269) del grupo de investigación del CEBAS.

Existe una empresa que ha integrado un generador de ozono en la línea de procesado en continuo de productos de IV gama. El producto es lavado con agua ozonizada mientras se transporta a través de un túnel cerrado unido a un sistema de secado que elimina el exceso de humedad y queda listo para la dosificación y envasado.

El equipo posee potentes extractores y destructores del ozono remanente. Sin embargo, la tecnología del ozono en disolución acuosa debe ser estudiada en mayor profundidad incluyendo su efecto nutricional.

Conclusiones

La aplicación de un sistema eficaz de higienización durante el lavado es una necesidad en la industria hortofrutícola dada la mayor preocupación por la seguridad microbiológica del producto y del agua de lavado.

La garantía de limpieza del agua es esencial en el programa de seguridad alimentaria. El mecanismo de acción de medida y monitorización es muy importante en el funcionamiento de los sistemas de higienización y fundamental para que el programa sea eficaz y rentable.

En este sentido, el ozono podría ser considerado como una alternativa segura para la higienización de frutas y hortalizas.

Bibliografía

■ www.horticom.com?53758

Para saber más...

Relación de empresas de equipos comerciales de ozono:

- Ozono Electrónica Ibérica SL: www.ozonoiberica.es
- Osmonics, Inc: www.osmotics.com
- Ozonia North America, Inc: www.ozonia.com
- Praxair, Inc: www.praxair.com/food
- Pure Ox Sterilization & Fumigation Services: www.pureox.com