

Uso de Ozono para Mejorar la Seguridad de Frutas y Vegetales Frescos

Liangji Xu

El crecimiento del consumo de frutas y vegetales frescos ha obligado a la industria a buscar métodos más eficaces para evitar el deterioro por microorganismos y mejorar la vida de anaquel. El ozono es una alternativa eficiente para ello.



Foto: Anuga 2003

La tecnología tradicional utiliza agua con o sin un agente sanitizante para lavar frutas y vegetales frescos. El cloro es el agente sanitizante más utilizado que se encuentra disponible para productos frescos, pero tiene un efecto limitado en eliminar bacterias en la superficie de las frutas y vegetales. Lo máximo que se puede esperar a concentraciones permitidas es una reducción de población de 1- a 2- log (Sapers, 1998). Además, las comunidades ambientales y de salud han expresado su preocupación por los subproductos residuales del cloro.

Se ha pensado en un tratamiento alternativo para mejorar la seguridad alimentaria. Se ha verificado científica y comercialmente que el ozono puede sustituir a agentes sanitizantes tradicionales y proporcionar otros beneficios (Bott, 1991; Cena, 1998; Graham, 1997). Están en proceso varias investigaciones y pruebas industriales para validar el uso de ozono en la industria. *Nota del Editor: En 2001 fue declarado el ozono GRAS como agente antimicrobiano para procesamiento de alimentos.*

El cloro se usa comúnmente en la industria de frutas y vegetales frescos para mejorar la calidad microbiana y controlar patógenos. Sin embargo, varios estudios han demostrado que tiene limitaciones en su capacidad para eliminar bacterias en la superficie de frutas y vegetales (Bott, 1991; Cena, 1998; Graham, 1997; Rice et al., 1982; Sapers, 1998). Organizaciones ambientales y de salud han expresado su preocupación por los agentes sanitizantes tradicionales con respecto a la formación de subproductos como los trihalometanos (THMs), y otros residuos químicos que se forman en las aguas residuales que regresan al ambiente (Anónimo, 1998; Cena, 1998; EPRI, 1997; Graham, 1997). La industria está preocupada sobre la posibilidad de futuras restricciones regulatorias sobre el uso de cloro

como agente sanitizante.

La industria de frutas y verduras es uno de los contribuidores más grandes e importantes de la economía mundial. También genera billones de galones de aguas residuales anualmente, con muy altas concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno y residuos químicos cada año en los Estados Unidos. Estas aguas residuales se han relacionado con serios problemas como el cáncer, muerte de peces, contaminación de agua, enfermedades psicológicas y fisiológicas, y daño extremo al ecosistema. Además, la industria de frutas y verduras está pagando grandes cargos y recargos por descargar aguas residuales en el agua pública y en sistemas de tratamiento de aguas residuales (Carawan, 1999).

Las investigaciones y aplicaciones comerciales han indicado que el ozono puede reemplazar el cloro con mayores beneficios. En 1997, el ozono se declaró GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro) como desinfectante de alimentos por un panel independiente de expertos patrocinados por EPRI (Graham, 1997). Esta afirmación fue oportuna para la industria de frutas y verduras según la Iniciativa de Seguridad de Frutas y Vegetales. La industria frutas y verduras está muy interesada en el uso de ozono y le gustaría saber cómo, cuándo y dónde aplicarla.

Por qué el Ozono?

El uso potencial del ozono en la industria de frutas y verduras depende del hecho de que como agente oxidativo, es 1.5 veces más fuerte que el cloro y más efectivo para un espectro más amplio de microorganismos que el cloro y otros desinfectantes. El ozono mata bacterias como *Escherichia coli*, *Listeria* y otros patógenos de alimentos mucho más rápido que los desinfectantes tradicionalmente

usados, como el cloro y está libre de residuos químicos (Langlais et al., 1991; Sapers, 1998).

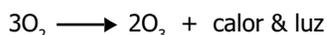
El ozono es una molécula de alta energía. Tiene edad media en agua a temperatura ambiente de sólo 20 min, y se descompone en oxígeno simple sin influir en la seguridad con respecto al consumo de ozono residual en los alimentos tratados (Graham, 1997). También se puede usar para reciclaje de agua (Anónimo, 1998; Perkins, 1997).

Las frutas y vegetales frescos se lavan primero con agua ozonizada, el agua de lavado puede recuperarse y tratarse con una combinación de ozono y filtración. El agua de lavado tratada está libre de bacteria, color y sólidos suspendidos, se puede reciclar para reducir el uso de agua. A diferencia de los sistemas de lavado basados en cloro, la descarga de agua residual por un proceso de ozonización está libre de residuos químicos, asunto relacionado con el ambiente y la contaminación de agua (Anónimo, 1998). El ozono también puede destruir pesticidas y residuos químicos, como subproductos clorinados (Langlais et al., 1991).

El ozono gaseoso es un sanitizante fuerte y agente fumigante que se puede usar para sanitizar alimentos en almacenes y durante el transporte para prevenir bacterias, hongos y levaduras en la superficie de alimentos y para controlar insectos. Puede eliminar sabores no deseados producidos por bacterias y destruir químicamente al gas etileno disminuyendo así el proceso de maduración provocado por éste, lo que permite una distribución más amplia (Rice et al., 1982).

Por décadas, se ha sabido que el ozono es un desinfectante efectivo y un sanitizante para el tratamiento de productos alimenticios. Se usa comúnmente en Europa para el tratamiento de agua pública y para el procesamiento de alimentos. Se ha usado en Estados Unidos para embotellar agua y tiene el potencial para usarse en muchas aplicaciones en el procesamiento de alimentos. Varios documentos y estudios confirman los beneficios del uso de ozono en la industria de alimentos (Graham, 1997; Rice et al., 1982). Por eso, el ozono puede reemplazarse exitosamente para sustituir agentes sanitizantes tradicionales para controlar patógenos en alimentos.

El ozono es un oxígeno triatómico, una forma natural del oxígeno que se identificó por primera vez en 1840:



Es parcialmente soluble en agua y, como la mayoría de los gases, aumenta su solubilidad conforme disminuye la



Foto: Anuga 2003

temperatura. Es efectivo para matar microorganismos a través de la oxidación de sus membranas celulares (Langlais et al., 1991). El ozono tiene una propiedad única de autodescomposición y no deja residuos tóxicos (Neff, 1998). Tiene un potencial oxidativo 1.5 veces más fuerte que el cloro y ha demostrado ser efectivos sobre un mucho más amplio espectro de microorganismos que el cloro y otros desinfectantes.

El ozono se genera naturalmente por la irradiación ultravioleta del sol y de la luz. Se puede generar comercialmente con luz UV (a 185nm) o por descarga con efecto corona. Si se desea una alta concentración de ozono, generalmente se usa una descarga con efecto corona. Existen dos formas para alimentar gas—aire, generalmente a una concentración de 1-3% (w/w), y oxígeno, generalmente a 2-12%(w/w) (Prior, 1998).

Aplicaciones en la Industria de Frutas y Verduras

Existen varias aplicaciones en la industria de frutas y verduras que son apropiadas para el uso de ozono:

- Esterilización de agua de proceso. Durante los últimos años, ha aumentado la evidencia de que el agua de proceso utilizada en la industria de alimentos no está libre de patógenos como se pensaba anteriormente. Además, hay muchas situaciones en las que el agua de

tenemos soluciones
integrales a su medida,
en tiempo record



- | | |
|-------------------------|------------------------|
| Proteínas de Soya | Gomas |
| Fibras Prebióticas | Antioxidantes |
| Fibras Insolubles | Premezclas Vitamínicas |
| Fosfatos | Dairy Lo |
| Colorantes Naturales | Enzimas |
| Conservadores Naturales | Almidones |
| Edulcorantes Acesulfame | Proteínas de Colágenos |
| Aspartame | Fructuosa Cristalina |
| Sucralosa | Gluten de Trigo |
| Ciclamato de Sodio | Azucar Orgánica |
| Carrageninas | Feculas de Papa y más |

BEBIDAS CÁRNICOS CONFITERÍA FORTIFICACIÓN LÁCTEOS PANIFICACIÓN



Soporte mercadológico, innovación y nuevos ingredientes, asistencia técnica a tu medida, presencia Internacional y en todo el Territorio Nacional.

Protón 2 Parq. Ind. Naucalpan Estado de México, Tel. (+52 55) 52 28 9900 Fax: (+52 55) 5300 5731

helm@helm-mexico.com.mx

www.helm-mexico.com.mx

proceso genera una contaminación cruzada ya sea antes o durante el proceso. En estos casos, la desinfección y tratamiento de esterilización se debe aplicar para mantener niveles bajos aceptables de microorganismos que pueden estar en contacto directo con el alimento. Más aún, existen ciertos niveles de pesticidas y compuestos orgánicos tóxicos en el proceso de suministro de agua debido a actividades industriales.

Generalmente, el agua de procesamiento se desinfecta y esteriliza usando cloro. Sin embargo, el cloro no puede reducir el nivel de compuestos orgánicos y producirá compuestos clorinados. El ozono ha demostrado ser un sustituto ideal para el cloro para desinfectar y esterilizar agua de proceso (Geering, 1999; Langlais et al., 1991; Rice, 1999).

De acuerdo con la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA), el ozono es el desinfectante más efectivo disponible para agua de consumo. De hecho, es más efectivo que el cloro contra microorganismos, incluyendo a *Cryptosporidium* y *Giardia* los cuales han contaminado alimentos y suministros de agua causando muertes en años recientes (EPRI, 1997; Of., 1997). El valor Ct para un 99% de inactivación de *Cryptosporidium* es menor a 2mg min/l para ozono y mayor de 30 para cloro. Ct se define como el producto de la concentración de desinfectante y el tiempo requerido para lograr un nivel dado de microorganismos expuestos bajo condiciones definidas (Langlais et al., 1991).

El ozono también puede destruir subproductos del cloro, pesticidas y compuestos orgánicos tóxicos en el agua de procesamiento sin dejar residuos tóxicos (Langlais et al., 1991). Aplicaciones prácticas de ozono para el agua de procesamiento fluctúan entre 0.5 y 5 ppm (dependiendo de la fuente del agua), con menos de 5 min de tiempo de contacto.

El ozono también se utiliza para eliminar hierro, manganeso, azufre y controlar el sabor y olor del agua fresca. Esta aplicación mantendrá una buena calidad del agua; libre de microorganismos y de químicos tóxicos para la industria de frutas y verduras.

- Lavado de Frutas y Vegetales. Una manera de mantener o hasta mejorar la seguridad de productos frescos es lavando las frutas y vegetales con agua ozonizada (Hampson y Fiori, 1997). Dos tipos de sistemas de lavado, aspersión y en canal, se pueden utilizar para reducir la cuenta microbiana en la superficie del producto. Kim et al. (1999) usó agua ozonizada para lavar

lechuga en tiras. Inyectaron 1.3 mM de ozono a una velocidad de flujo de 0.5L/min dentro de una mezcla agua/lechuga (1:20, w/w) batiendo a alta velocidad o antes de la homogenización peristáltica por 3 min para obtener una reducción de cerca de 2 log ufc/g en la cuenta total en placa. Kondo et al., (1989) obtuvo > 90% de reducción en las cuentas bacterianas totales para col China con este método. El ozono es particularmente efectivo contra *E.coli*, la bacteria patógena de mayor interés para la industria frutas y verduras.

- Almacenamiento de Frutas y Vegetales. El ozono se puede emplear a concentraciones muy bajas en almacenamiento en frío para proteger contra bacterias y hongos. No sólo puede destruir hongos y bacterias en el aire y en la superficie de las frutas y verduras sino también deodorizar (Rice et al., 1982).

En estudios anteriores usaron ozono gaseoso para prevenir la actividad microbiana en la superficie de alimentos y extender la vida de anaquel de frutas y verduras. Desde 1933, se han elaborado varios experimentos sobre una amplia variedad de frutas y verduras, incluyendo manzanas, papas, jitomates, fresas, brócoli, peras, naranjas, duraznos, arándano, uvas, maíz, soya (Perkinsm 1997; EPRI, 1997).

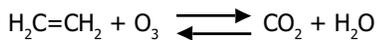
Barth et al. (1995) experimentaron exponiendo moras al ozono. Las moras se cosecharon y almacenaron a 2°C en aire con 0.3 ppm de ozono. Se contuvo el desarrollo de hongos, mientras 20% de las frutas control mostraron descomposición. El tratamiento con ozono no causó defectos observables y el color de la superficie se mantuvo por 12 días.

El tratamiento con ozono gaseoso puede ser una buena opción para extender la vida de anaquel de las fresas porque son fáciles de dañar con agua. Ewell (1940) indicaron que la vida de anaquel de las fresas, frambuesas y uvas se puede duplicar si se aplica 2-3 ppm de ozono gaseoso durante algunas horas por día. Sin embargo, Norton et al. (1968) concluyó que 0.6 ppm de ozono a 60°C causó daño en variedades de arándano Early Black y Howes. Estudios posteriores son necesarios para usar bajas temperaturas y confirmar si el ozono controla el desarrollo de hongos con un mínimo efecto.

Kuprianoff (1953) encontró que la vida de anaquel de manzanas puede aumentar en varias semanas si se aplican 2-3 cm³ de ozono/m³ de aire por algunas horas al día. Sin embargo, una concentración de ozono de 10 cm³/m³ dañó a las manzanas.

Baranovskaya et al. (1979) señalaron que la vida de anaquel de papas se puede extender hasta 6 meses a 6-14°C y 93-% de humedad relativa con 3 ppm de ozono, sin afectar la calidad de la papa.

Uno de los efectos importantes del ozono en el almacenamiento en frío es que disminuye el proceso de maduración de las frutas y verduras. Durante la maduración, varias frutas como los plátanos y manzanas liberan gas etileno lo que acelera el proceso de maduración. El ozono es muy efectivo para eliminar etileno por medio de una reacción química para extender la vida de almacenamiento de varias frutas y verduras (Rice et al., 1982):



- **Proceso de Reciclado de agua.** Se estima que más de 50 billones de galones de agua fresca se usan anualmente en la industria de frutas y verduras (Carawan, 1999). Existe una necesidad de disminuir la cantidad del uso de agua, por el aumento de costos para el uso agua de riego y tratamiento de aguas residuales, por la dificultad de obtener volúmenes grandes de agua, por la gran variabilidad de suministros de agua

y problemas en el tratamiento de aguas residuales y de desecho.

El ozono es un candidato perfecto para el tratamiento de agua para reciclar, ya que es un agente oxidante poderoso que se ha utilizado para desinfectar, eliminar color, olor y turbidez, así como para reducir la carga orgánica de las aguas residuales (Geering, 1999; Langlais et al., 1991; Rice, 1999).

Williams et al (1995) reportaron que se logró una reducción de bacterias de 3-log cuando se trató el agua de lavado de zanahorias con ozono. Piper (1998) de-mostró que el lavado de tomate usando agua ozonizada mejoró dramáticamente la calidad bacteriana del vegetal. El agua de lavado se recicló con una mayor calidad (transmisión de luz >95%, formación de incrustaciones <0.01 pulg./año, y los índices de corrosión fueron menores a 5 m/año para acero templado).

Existen varios estudios y aplicaciones que usan ozono para el procesamiento de reciclado de agua en otras industrias, particularmente en la industria avícola. Varias tecnologías comerciales están actualmente disponibles como la de Praxair y Zentox Water-Treatment

Pone a su disposición métodos confiables, rápidos y competitivos para el monitoreo eficaz de:

FISICOQUÍMICOS

MICROBIOLÓGICOS ▶ Cuenta Estándar Hongos y Levaduras Coliformes / E.Coli

PATÓGENOS ▶ Salmonella Listeria Campylobacter Staphylococcus Pseudomonas

ALERGENOS

TRANSGÉNICOS

PLAGUICIDAS

ANTIBIÓTICOS EN LECHE

VALIDACIÓN DE LIMPIEZA







METODOS RAPIDOS, S.A. DE C.V.
 PASEO ALEXANDER VON HUMBOLDT NO. 8 OFNA. 202
 COL. 3a. SECCION LOMAS VERDES
 53120 NAUCALPAN, ESTADO DE MEXICO

TELS: (55) 5343-2314, (55) 5343-1739, (55) 5343-2171
 FAX: (55) 5343-6085

www.metodosrapidos.com
 e-mail: info@metodosrapidos.com

Alliance. Se necesita mayor investigación sobre aguas residuales de la industria de frutas y verduras.

El equipo usado para la aplicación de ozono en la industria de frutas y verduras es relativamente simple. Sistemas completos de ozono con reciclaje de agua incluyen generadores (el tamaño depende de las aplicaciones), tanques de contacto, sistema de gas, unidades de destrucción de ozono, filtros, monitores de ozono y extractores. El sistema se puede diseñar para adaptarse a pequeñas áreas y se puede instalar muy fácilmente sin mayores modificaciones en las líneas de proceso.

Seguridad del Ozono

El ozono se forma naturalmente en la atmósfera superior por el oxígeno expuesto a la luz UV y por las descargas eléctricas como relámpagos o auroras boreales. También se encuentra en niveles más bajos de la atmósfera, principalmente como resultado de la oxidación fotoquímica de hidrocarburos de las emisiones automovilísticas e industriales. También se produce coincidentalmente por fotocopiadoras, transformadores eléctricos y otros aparatos eléctricos. Los humanos están expuestos a bajos niveles de ozono diariamente (Prior, 1998).

Como todos los gases oxidantes, es muy dañino cuando la exposición humana ocurre a concentraciones altas durante suficiente tiempo. El valor umbral límite de exposición a largo plazo (TLV-LTEL por sus siglas en inglés) para la exposición de ozono en un ambiente de trabajo es de 0.1 ppm para una semana normal de trabajo de 8-hr al día/40-hr, como lo recomienda la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y aprobado por OSHA. El TLV-LTEL es de 0.3 ppm por 15 min. Este es el nivel a los cuales los individuos pueden exponerse por un periodo corto de tiempo (15 min) sin sufrir irritación física u otros efectos extremos, cuando no se excedan los TLV-LTEL proporcionados.

El ozono tiene el valor TLV-LTEL más bajo comparado con otros gases comúnmente utilizados como el CO₂, N₂ y O₂. Es más seguro usarlo que otros gases (Prior, 1998) porque:

- ❑ Tiene reacciones cinéticas más rápidas por su alto poder oxidativo. Se necesitan ya sea menores o reducidos tiempos de contacto químico para completar las reacciones de oxidación deseadas, comparado con agentes oxidantes más débiles.
- ❑ Se genera in situ, a concentraciones y presiones (<15 psig) relativamente bajas. Se consume inmediatamente

en el proceso y no se puede almacenar como un gas comprimido. A diferencia de otros gases, no es posible una liberación no controlada y repentina de grandes cantidades de ozono.

- ❑ Tiene un corto tiempo medio de vida, generalmente medido en minutos en la fase acuosa y de hora en la fase gaseosa. Cualquier liberación accidental de ozono no persistirá en el ambiente por un periodo largo de tiempo, comparado con la liberación de un gas tóxico más estable.
- ❑ Se descompone en oxígeno diatómico simple al romperse. No formará un ambiente dañino o compuestos persistentes al reaccionar con hidrocarburos comunes, tampoco resultará en la formación de hidrocarburos clorinados como el THMs.
- ❑ Tiene un olor fuerte característico. Se puede percibir a concentraciones tan bajas como 0.01 ppm, o un décimo de TLV-LTEL permitido. Se detecta fácilmente por un individuo a concentraciones muy bajas antes de llegar a una situación peligrosa. Se considera que el ozono está libremente disperso en la atmósfera de acuerdo con los modelos EPA. No va a aumentar su concentración cerca del suelo como lo hacen otros gases, en donde la exposición humana es mayor.
- ❑ Causa síntomas agudos en humanos sólo temporalmente, excepto en casos muy raros de sobreexposición extendida (por varias horas >2-3 ppm). Los síntomas físicos debidos a la exposición al ozono son agudos y transitorios por naturaleza. Estos síntomas incluyen ojos llorosos, opresión en el pecho, disminución de aliento y garganta irritada. Dolor de cabeza o sensibilidad a la luz son posibles. El tratamiento recomendado a una exposición excesiva incluye sacar al personal de la zona de exposición y reposo, excepto en casos severos, en una sobre-exposición se recomienda aplicar oxígeno. Los síntomas generalmente comienzan disminuir en minutos una vez que la exposición haya terminado y la recuperación completa ocurre dentro de horas o días, aún en el caso de exposiciones severas.

El ozono no se considera carcinogénico o mutagénico. No se acumula en el tejido graso o causa efectos crónicos de largo plazo (Prior; 1998).

De la discusión anterior, es claro que el ozono es seguro. Sin embargo se deben tomar medidas cuando se trabaje con ozono para prevenir exposiciones innecesarias. Se debe usar equipo de protección para el personal, sistemas

de extracción, unidades de destrucción y monitoreo.

Implementar la Tecnología de Ozono

Para adoptar en forma segura la tecnología del ozono, la compañía deberá hacer lo siguiente antes de realizar grandes inversiones:

- ❑ Entender el flujo de proceso para saber exactamente en dónde va a aplicarse el ozono y por qué.
- ❑ Hacer pruebas piloto antes de comenzar la aplicación comercial, porque cada aplicación de ozono es única. La eficiencia del ozono se afectará por muchos factores, tales como la calidad de agua, temperatura, pH y composición de los productos. Una prueba piloto ayudará al ingeniero a determinar el tamaño del generador y los costos del sistema.
- ❑ Saber los parámetros de agua y agua de desecho. Si los procesadores quieren reciclar el agua de proceso (es siempre una buena práctica usar agua ozonizada para lavar frutas y verduras, si se va a reciclar), saber de la planta de agua y los parámetros del agua residual, serán muy útiles para diseñar el sistema.

- ❑ Trabajar con una compañía que tenga experiencia en el ozono y su aplicación en la industria de las frutas y verduras, ya que las aplicaciones de ozono son significativamente diferentes comparada con otras industrias como las de tratamiento de agua y lavandería. El proveedor con el que se elija trabajar debe ser capaz de identificar oportunidades, ayudar a las pruebas con ozono; proporcionar tecnologías adecuadas para las frutas y hortalizas; análisis de costos; suministrar equipo confiable; recomendar niveles de ozono y tiempos de contacto; tener la experiencia en la producción e inyección de ozono; tener la habilidad de diseñar e instalar un sistema comercial; y entender las normas de seguridad, la salud pública y ambiental.

Fuente:

Food Technology
USA. Octubre 1999.

Traducción: I.A. Violeta Morales Vértiz.





Soluciones a la Medida para el Proceso de Alimentos

En Maquinaria Jersa desarrollamos soluciones de maquinaria para la industria alimenticia, desde equipos hechos a la medida, hasta líneas completas de proceso para conservas, empaque fresco, congelado, hidrotatamiento y deshidratación. Contamos con la más alta tecnología para diseñar y fabricar maquinaria de acuerdo a sus necesidades de automatización, capacidad de producción, tipo de proceso, envase, espacio disponible y presupuesto, así como de sus requerimientos de higiene y seguridad.

Entre nuestros principales equipos se encuentran: **lavadoras, clasificadoras, marmitas, escaldadoras, mezcladoras, rajadoras, despulpadores, deshidratadores, orientadoras, agregadoras, llenadoras, autoclaves, cocedores, pasteurizadores, esterilizadores, transportadores, elevadores, etc.**

Ofrecemos servicios de instalación, capacitación y mantenimiento en sitio y en su propio idioma. Más de 30 años de experiencia y 15,000 equipos fabricados y entregados nos respaldan.



Emiliano Zapata 51, Col. San José Buenavista
Cuautlán Izcalli, Edo. de México, C.P. 54710
Tel.: (52) 55-5889-0006, Fax: (52) 55-5889-0234
ventas@jersa.com.mx, www.jersa.com.mx