

El Ozono y su Aplicación en la Conservación de Alimentos

Luis A. Seminario ¹, José F. Acuña ² y Sandra Williams³

¹ Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Unidad Académica Los Ángeles, Universidad de Concepción.
Fax (56)-43-405223, e-mail: lseminario@udec.cl.

² Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Campus Chillán.
Email: joacuna@udec.cl.

³ Colegio Instituto de Humanidades Alfredo Silva Santiago, Concepción.
Email: swilliams@ihcass.cl

Introducción

El ozono es un gas que posee relevante importancia en virtud de su presencia en la estratosfera, actuando como un filtro invisible, que bloquea el paso de la dañina radiación ultravioleta hacia la tierra. Fue descubierto en 1840 por el químico alemán Christian Schönbein, de la Universidad de Basilea. Lo nombró así para referirse a la raíz griega *Ozein* (exhalar un olor, sentir). [1]

La molécula de ozono O₃, como se aprecia en la Figura 1, se forma a partir de la unión de una molécula de oxígeno con otro átomo libre de oxígeno.

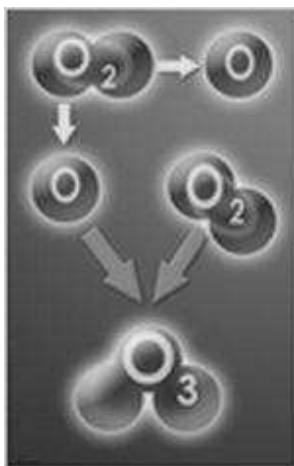


Figura 1. Formación de la molécula de ozono

Consecuentemente el ozono y los átomos libres, son el resultado de la disociación de las moléculas de oxígeno cuando estas se ven sometidas a una fuerte descarga eléctrica. Por ejemplo, en los tiempos lluviosos después de una tormenta eléctrica se percibe, en el aire ambiental, un aroma más fresco que es característico y que evidencia la presencia de este compuesto.



Dado que la energía libre estándar de formación del ozono (ΔG_f^0) es una cantidad grande positiva, no es sorprendente que el ozono sea menos estable que el oxígeno molecular[2].

De acuerdo con su potencial de oxidación, esta molécula, según se aprecia en la figura 2, constituye uno de los oxidantes más poderosos que se conocen después del fluoruro, con una velocidad de reacción tres mil veces superior a la del cloro. Debido a esto, el ozono oxida hierro, manganeso y otros metales pesados.

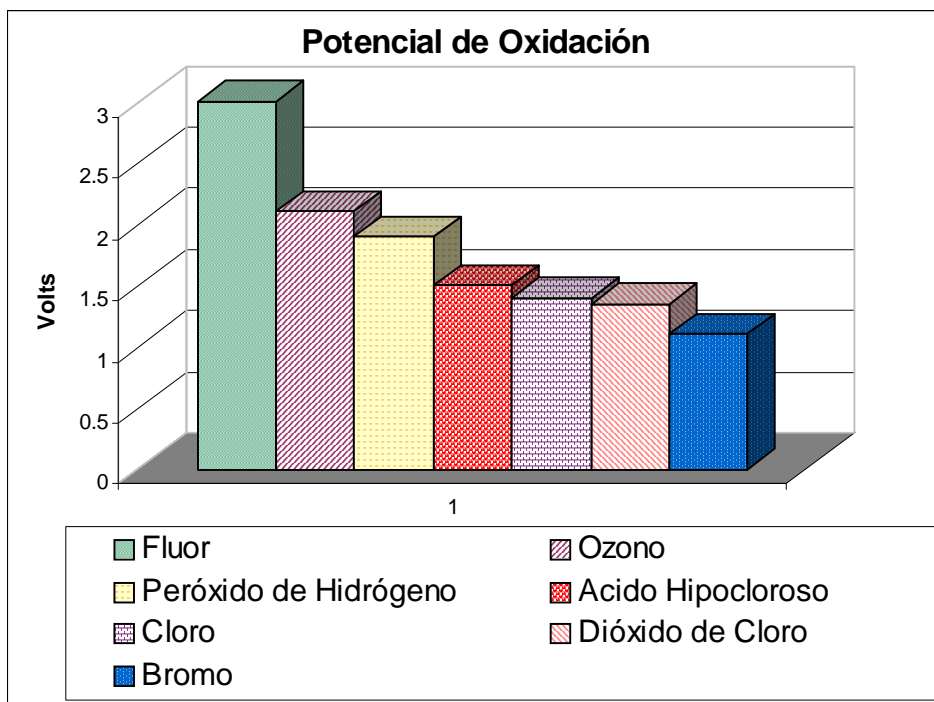


Figura 2. Potencial de oxidación de diferentes sustancias

Toxicidad del Ozono

En altas concentraciones, el ozono es un gas bastante tóxico, con un olor punzante [3]. Cuando este se concentra en la troposfera, asociado con otros contaminantes, daña las funciones pulmonares lo que puede conducir a severas dolencias. Varios grupos de personas son particularmente sensibles al ozono, especialmente cuando realizan actividades al aire libre, porque la actividad física causa que las personas respiren más rápida y profundamente. Las personas con asma u otras enfermedades de las vías respiratorias son más vulnerables a los efectos del ozono y, por lo general, sienten efectos en la salud de manera más temprana y a niveles de ozono más bajos que los individuos menos sensibles [4].

Existe numerosa literatura donde se cita el efecto tóxico y dañino de este gas. Los reportes [5] y [6] son particularmente instructivos, pues demostraron que ratones expuestos a una concentración de ozono de 1,00 ppm durante 8 horas consecutivas por tres noches, sobrerregulan la síntesis de

proteínas pulmonares las que de manera concomitante subregulan la síntesis de proteínas hepáticas relacionadas con el metabolismo de los ácidos grasos y carbohidratos.

Existen aspectos favorables de este gas y son los que se obtienen de la ozono-terapia [7], la cual, mediante la adecuada mezcla de ozono con oxígeno, aceite o anticoagulantes, penetra al plasma sanguíneo el cual tiene un potente efecto antioxidante y muestra importantes efectos benéficos. Así la ozonoterapia ha demostrado su efectividad en el tratamiento de enfermedades tales como: osteomielitis crónica, peritonitis, abscesos con fístulas infectadas, úlceras crónicas, gangrena inicial, pie diabético, ataque bacteriano y viral de la piel, boca, recto o vagina; infecciones fúngicas y quemaduras [8], [9]; en odontología, también se ha demostrado que regenera la raíz primaria de lesiones, particularmente en niños. El Ozono esteriliza la lesión dental y mejora la remineralización.

El Ozono en la industria alimentaría

Dos son los objetivos esenciales de la ozonización en la conservación de alimentos:

1. La asepsia de los locales de manipulación, de conservación y de distribución de alimentos.
2. La desodorización de los locales y supresión de la trasmisión de olores.

En lo que se refiere al primer objetivo, el ozono asegura la destrucción de los numerosos microorganismos que pululan en la superficie de los productos alimenticios, antes de introducirlos en las cámaras frigoríficas. Situación que se inicia con las operaciones de manipulación y transporte.

El segundo objetivo consiste en la supresión de olores. Es bien sabido que cualquiera que sea la mercancía almacenada, la cámara desarrollará olores que pueden ser transmitidos a la nueva mercadería que entra en ella, lo cual resulta, en la mayoría de los casos como una condición contraproducente.

En un principio las cámaras se deodorizaban o desinfectaban por medio de productos químicos, entre los que se utilizaban con mayor frecuencia el trioximetileno y el azufre, que daban resultados tangibles, pero difícilmente controlables. La operación de deodorización y purificación no era posible más que después de desalojar las mercancías almacenadas. En efecto, el modo de operación consistía en hacer quemar azufre por las pastillas de trioximetileno en la cámara a desinfectar. Pero, debido a lo altamente tóxico de los gases desprendidos, era necesario tomar precauciones especiales, y el local quedaba herméticamente cerrado durante 48 horas por lo menos, a fin de que el gas producido tuviera tiempo necesario para actuar eficazmente. A continuación de esta operación era indispensable una aireación activa, para eliminar los gases de combustión, lo que prolongaba aún más el tiempo de inmovilización del local. En cambio el ozono presenta grandes ventajas acerca de la destrucción eficaz de los microorganismos y puede ser aplicado mientras la mercadería está almacenada, puesto que el gas, después de reaccionar oxidando al contaminante, en la mayoría de los casos, recupera la forma de oxígeno.

Conservación de frutas y vegetales mediante ozono

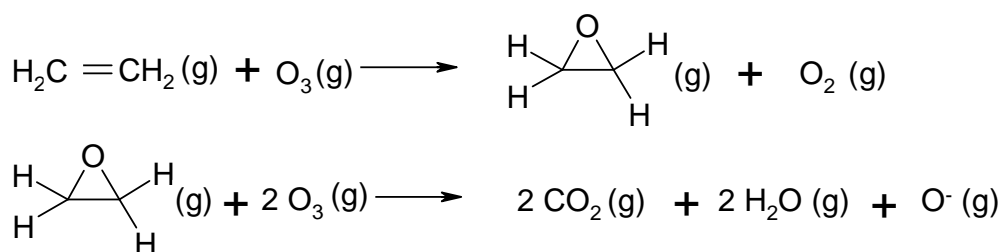
La fruta es uno de los alimentos más delicados en lo que a su conservación y almacenaje se refiere. Esta perecibilidad se debe a su alto contenido de agua, alrededor de un 90%, lo que en el momento del almacenamiento genera un ambiente con humedad relativa elevada, creando en consecuencia, las condiciones necesarias para el desarrollo y proliferación de microorganismos.

Por otro lado, es el etileno, el más sencillo de todos los compuestos orgánicos que influye en los procesos fisiológicos de los vegetales, considerado como una hormona de la maduración, siendo fisiológicamente activo a la iniciación del “ripening” y en el establecimiento de la senescencia y marchitamiento de los productos hortícolas, incluso a muy bajas concentraciones, normalmente inferiores a 1 p.p.m.

Entre los efectos perjudiciales del etileno, en cuanto a su facilitación de las fisiopatías, se destacan las siguientes:

- Senescencia acelerada y amarillamiento de algunos frutos inmaduros
- Aceleración de la maduración de los frutos durante la manipulación y conservación.
- Manchas foliares.
- Caída de hojas.
- Pardeamiento de pulpa y semillas de berenjenas.
- Acumulación de metabolitos de estrés.

El ozono, como agente altamente oxidante, no solo preserva a la fruta de la formación de mohos y colonias de bacterias, sino que también retrasa la maduración en un 20 a 30% prolongando el tiempo de almacenaje de ésta. Esto se consigue mediante la destrucción del etileno, transformándolos en dióxido de carbono y agua, siguiendo la reacción química siguiente:



El óxido de etileno intermediario resultante de la primera reacción, es a su vez un inhibidor eficaz del crecimiento de microorganismos. Por lo tanto, se evidencia la acción sinérgica del ozono con otros compuestos. De este modo, la eliminación del etileno y otros volátiles ha encontrado recientemente la solución práctica mediante el empleo del ozono.

En el caso de las verduras y hortalizas, el surgimiento de los productos de cuarta gama o mínimamente procesados, no solo ha brindado la ventaja para el consumidor de contar con un

producto fresco, sino también al procesador se ha visto enfrentado a la necesidad de resolver el problema de entregar un producto seguro e inocuo, con la calidad optima, que dicho consumidor demanda.

Las fuentes de contaminación para vegetales y hortalizas provienen del suelo, de las heces de los animales y de las aguas de regadío que transportan los nutrientes y contaminantes que se encuentran y que son lavados por cauces por donde estas aguas discurren. Como la mayoría de hortalizas y vegetales crecen en el suelo o al ras del mismo, todo contaminante que se encuentre en el suelo o cerca de este y que es fuente de potenciales daños o perjuicios para la salud del consumidor, va a terminar depositándose sobre su superficie y finalmente va a pasar al producto terminado, si durante la manipulación y procesamiento de los mismos no se cuenta con un medio desinfectante - esterilizante. En estos casos el ozono activo es un poderoso agente germicida que asegura la destrucción de una gran variedad de microorganismos que crecen y pululan sobre la superficie del alimento.

El ozono en el tratamiento de la carne de vacuno

Para la conservación y almacenamiento de la carne se requiere el frío y la congelación, pero no basta con esto. Los gérmenes y mohos que habitan en la superficie y que han sido paralizados mediante el frío, vuelven a recobrar su vigor cuando retoman la temperatura ambiente.

El ozono destruye estos agentes dañinos, garantizando una asepsia total en la carne. Además, se obtiene un mejor aspecto y presentación, así como la desodorización de las cámaras y eliminación de los agentes nitrogenados originados por la descomposición de la urea $\{CO(NH_2)_2\}$. Además, estimula la acción digestiva de las enzimas, con lo que se consigue una carne más blanda.

La concentración más conveniente es de 5 a 6 mg O_3/m^3 aire, a una temperatura entre $1^\circ C$ a $3^\circ C$ y una humedad relativa del 90%. De esta forma se obtiene un considerable aumento en el tiempo de almacenaje y una disminución en las pérdidas de peso. El «enranciamiento» de la carne no se produce hasta alcanzar unas concentraciones muy elevadas, del orden de 60 mg O_3/m^3 aire, en relación con nuestro sistema y cálculo.

En cuanto a las pérdidas de peso, podemos afirmar que en general las carnes conservadas en atmósfera sin ozono experimentan unas pérdidas de peso superiores a las ozonizadas, con una media de 0,7% a 3%, según el tipo de la carne, nivel de humedad, carga de las cámaras, temperatura, etc. Como la pérdida de peso es directamente proporcional a la superficie de la carne, cuando la conservación se realiza sobre canales enteras, la ozonización arroja unos resultados todavía más sorprendentes en cuanto a pérdidas de peso se refiere.

El siguiente cuadro comparativo muestra algunas propiedades del ozono

CARNE OZONIZADA	CARNE SIN OZONIZAR
<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de hongos - Carne tersa, limpia - Color blanco rosáceo - Pocas manchas de metaglobina en superficie y ninguna en corte profundo - Estabilización del pH 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de hongos - Carne con mal aspecto - Coloración roja negruzca - Presencia abundante de manchas de metaglobina en superficie y aumento en corte profundo - Aumento del Ph

CARNE OZONIZADA	CARNE SIN OZONIZAR
<ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de mezcla de olores y ausencia de los mismos - Mayor duración de la conservación <ul style="list-style-type: none"> - Inhibición del crecimiento bacteriano 	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de olor de diferentes carnes - Menor tiempo de conservación - Crecimiento bacteriano en aumento

Los mohos de la superficie pueden ser controlados fácilmente, pero como también crecen dentro de la carne, el ozono llega a ser mucho menos eficiente en su acción. La dosis recomendada de 3 mg O₃/m³ de aire aplicada durante cinco horas al día a 4°C - 5 °C inhibirá el crecimiento de los mohos si éstos están ya establecidos. Con esta concentración, el ozono sólo detendrá parcialmente el crecimiento de microorganismos de la superficie de la carne. Para destruir el crecimiento total se necesitan mayores dosis de ozono y éstas pueden dañar la carne.

Es muy importante mantener el ambiente ligeramente ozonizado desde el principio hasta el final del proceso: despique, almacenaje-conservación, transporte, cámara, almacén del local de venta y vitrinas de exposición. [10]

El Ozono en productos lácteos

En productos lácteos se puede mencionar la acción del ozono para la fabricación de quesos madurados. Pues durante el periodo de maduración se requiere humedades relativas elevadas, en el rango de 80 a 97%. En estas condiciones el queso es especialmente propenso a la formación de mohos, que posteriormente será necesario quitar mediante el lavado y raspado de fondo, para que no decaiga su aspecto. Estas circunstancias ponen límite a la humedad relativa, que es fundamental en su maduración.

El ozono, al impedir la aparición de mohos, permite trabajar con humedades elevadas con la consiguiente disminución de la pérdida de peso y economía en mano de obra al suprimir el raspado. Hace posible una mayor densidad en el almacenaje, al mismo tiempo que suprime los olores evitando las molestias al personal.

La concentración del ozono requerida en estos casos es de 1 p.p.m... Diversos ensayos han mostrado que con esta dosificación, a una temperatura de 16°C y H.R. del 80 al 85%, se ha prolongado el tiempo de depósito más de 11 semanas sin que se manifieste la presencia de mohos visibles [11] .

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Enciclopedia Wikipedia, la enciclopedia libre, <http://es.wikipedia.org/wiki/Ozono>.
- [2] Chang, R. Química, Cuarta Edición. Editorial Mc Graw Hill España 1992.
- [3] Medline Plus <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ozone.html>
- [4] Lippmann, M., 1989. Health effects of ozone, a critical review. J. Am. Air Pollut. Control Assoc 39, 672-695.
- [5] Gohil, K., Cross, C.E., Last, J. A., 2003. Ozone-induced disruptions of lung transcriptones. Biochem. Biophys. Res. Commun. 305, 719-728.
- [6] Last, J. A., Gohil, K., Mathrani, V. C., Kenyon, N. J., 2005. Systemic response to inhaled ozone in mice: cachexia and down-regulation of liver xenobiotic metabolizing genes. Toxicol. Appl. Pharmacol. 208, 117-126.
- [7] Bocci, V., 2006. Is it true that ozone is always toxic? The end of a dogma. Toxicol. Appl. Pharmacol. 216, 493-504.
- [8] Matsumoto, A., Sakurai S., Shinriki, N., Suzuki, S., Miura, T., 2005. Therapeutic effect of ozonized olive oil in the treatment of intractable fistula and wound after surgical operation. Proceedings of the 15 th ozone world congress, London U. K. 11th – 15th September 2001.
- [9] Mendez, S., Falcon, L., Simón, D. R., Landa, N., 2002. Efficacy of ozonized sunflower oil in the treatment of tinea pedis. Mycoses 45, 329-332.
- [10] <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=248> .
- [11] Triozon, Manual de conservación de alimentos con ozono.