



Especiales

Feria Anuga FoodTec 2006

FoodTrack 2006

MONOGRÁFICO: CYTALIA XI.

**CONGRESO ANUAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DE LOS ALIMENTOS (III)**

**Artículos
originales**

**Desarrollo de productos marinos
deshidratados**

**Artículos
tecnicos**

**Indicadores de la calidad del tomate
conservado en atmósfera ozonizada**

**Alimentaria
informa**

**AESA
informa**

**Innovaciones
tecnológicas**

**Actualidad
legislativa**

**Leyendo
para VD.**

Agenda



DIRECTOR CIENTÍFICO:
Dr. Enrique Benítez

DIRECTOR DE PRODUCCIÓN:
C.M. Gallego
produccion@eypasa.com

REDACCIÓN:
Alicia Díaz (Redactora Jefe)
redaccion@eypasa.com

M^a Jesús Díez

PUBLICIDAD:
Natalia de las Heras
publicidad@revistaalimentaria.es

SID-Alimentaria:
Carlos Denia
legislacion@eypasa.com

DISEÑO Y MAQUETACIÓN:
lucimagen
lucimagen@lucimagen.com

ADMINISTRACIÓN:
M^a Ángeles Teruel
M^a Teresa Martínez
informacion@eypasa.com

EDITA:
EYPASA

(Ediciones y Publicaciones Alimentarias, S.A.)
C/ Concepción Bahamonde, 9 - 28028 Madrid
Tels. +34 91 446 96 59
Telefax: +34 91 593 37 44
www.revistaalimentaria.es
www.eypasa.com

IMPRIME:
Gráficas Run 100, S.A.
www.sid-alimentaria.com

DEPOSITO LEGAL: M 611-1964
ISSN: 0300-5755
Impreso en España

La empresa editora declina toda responsabilidad sobre el contenido de los artículos originales, cuya total responsabilidad es de sus correspondientes autores. Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier método, incluso citando procedencia, sin autorización previa de Eypasa. Todos los derechos reservados.

Estimado lector:

La industria alimentaria se encuentra inmersa en un proceso de cambio continuo. Las compañías que operan en el sector están realizando una importantes inversiones en **Investigación, Desarrollo e Innovación**, conscientes de que la competencia es muy dura y que la única vía para ganar terreno en el mercado es ofrecer innovadores productos y de gran calidad.

Por ello, en esta edición del mes de mayo de **ALIMENTARIA** hemos querido hacer especial hincapié a los aspectos más tecnológicos de la industria. A finales del pasado mes de abril, nuestra revista estuvo presente en uno de los certámenes tecnológicos más importantes del mundo, **Anuga FoodTec**, y desde estas páginas les hacemos llegar las más recientes novedades allí presentadas y que, sin duda, serán de gran interés para toda la industria.

Pero no podemos olvidar que toda esta innovación viene de la mano de la **investigación científica**. Las universidades, laboratorios, centros de investigación y los departamentos de I+D+i de las propias empresas trabajan sin descanso para lograr estos importantes avances, algunos de los cuales se los ofrecemos desde estas páginas, a través de las secciones Alimentaria Informa, Artículos Originales, la tercera entrega del Monográfico Especial CYTALIA XI y Artículos técnicos.

Para terminar, volvemos a centrarnos en el tema de la **trazabilidad**, tan demandado por la industria. **ALIMENTARIA** patrocinó el evento FoodTrack celebrado en marzo en Barcelona, y ofrecemos ahora una información detallada de cuanto allí se debatió.

Esperamos que todo ello le resulte de interés.

COMITÉ CIENTÍFICO Y DE PUBLICACIÓN

Dr. Antonio Bello Pérez
Profesor de Investigación
Departamento de Agroecología
Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC

Dra. M^a Luisa García López
Catedrática de Nutrición y Bromatología
Dpto. de Higiene y Tecnología de los Alimentos
Facultad de Veterinaria, Universidad de León

Dr. Buenaventura Guamís López
Director del CER Planta de
Tecnología dels Aliments UAB
Catedrático de Tecnología de los Alimentos
Facultad de Veterinaria
Universidad Autónoma de Barcelona

Dr. Antonio Herrera
Catedrático de Nutrición y Bromatología
Facultad de Veterinaria
Universidad de Zaragoza

Dr. Javier Ignacio Jáuregui
Director Técnico de Laboratorio
Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria
- CNTA - Laboratorio del Ebro

Dra. Manuela Juárez
Profesora de Investigación
Instituto del Frío (CSIC)

Dr. Abel Marín Font
Catedrático de Nutrición y Tecnología
Facultad de Farmacia
Universidad de Barcelona

D. Josep M. Monfort
Director del Centro de Tecnología de la Carne
Instituto de Investigación y Tecnología
Agroalimentarias (IRTA)

Dr. Guillermo J. Reglero Rada
Catedrático de Tecnología de los Alimentos
Facultad de Ciencias
Universidad Autónoma de Madrid

Dr. Julián C. Rivas Gonzalo
Catedrático de Nutrición y Bromatología
Facultad de Farmacia, Universidad de Salamanca

Dr. Vicente Sanchis Almenar
Catedrático de Tecnología de los Alimentos
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria
Universidad de Lleida

Dr. Francisco A. Tomás Barberán
Vicedirector Centro de Edafología y
Biología Aplicada del Segura - CEBAS

Dr. Jesús Vázquez Minguela
Doctor Ingeniero Agrónomo
Profesor titular de Universidad de Ingeniería Forestal
Director de la Escuela Técnica de Ingenieros Agrónomos
Universidad Politécnica de Madrid

Dr. Juan Manuel Vieites Baptista de Sousa
Doctor de Ciencias Químicas
Director General del Centro Técnico Nacional
de Conservación de Productos de la Pesca
y de la Acuicultura (CECOPECA)
Secretario General de ANFACO

ÓRGANO DE DIFUSIÓN DE:

- Asociación Europea para el Derecho Alimentario y su Sección Española (AEDA).
- Asociación de Investigación de la Industria de Conservas Vegetales.
- Asociación Iberoamericana para el Derecho Alimentario (AIBADA).
- Unión de Ciencia y Tecnología de Alimentos de España (UCTAE).
- Asociación de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Euskadi (ACTA-E).
- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Madrid (ACTA-M).
- Asociación de Fabricantes y Comercializadores de Aditivos y Complementos Alimentarios (AFCA).

- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Galicia (ACTA-GA).
- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Navarra, Aragón y Rioja (ACTA-NAR).
- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de la Región de Murcia (ACTA-RM).
- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Alicante, Castellón y Valencia (ACTA-Valencia).
- Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Castilla y León (ACTA-CL).

Alimentaria

REVISTA DE TECNOLOGÍA E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

Alimentaria Informa	8
AESA Informa	40
Especial: Reportaje Anuga FoodTec 2006	42
Especial: Reportaje FoodTrack 2006	53
Trazabilidad: Casos Prácticos	
Megasoft	56
Especial: Foro Mundial del Vino	58
Artículos originales	
Desarrollo de productos marinos deshidratados Roberto Castelo Báez y Luisa Vega Bolaños	60
Monográfico	
CYTALIA XI. CONGRESO ANUAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS	64
Artículos técnicos	
Estudio de indicadores de la calidad de tomate conservado en atmósfera ozonizada María del Mar Pérez Calvo, Alejandro Palacios Valencia, Pablo Amigo Martín	124
M2M: la maquinaria se comunica Pedro J. Romero	130

alimentaria

REVISTA DE TECNOLOGÍA E HIGIENE DE LOS ALIMENTOS

Innovaciones tecnológicas **132**

Actualidad legislativa

Europea **136**

Nacional y Autonómica **137**

Subvenciones y ayudas **138**

Leyendo para Vd. **140**

Agenda

Ferias y congresos **141**

Eventos **143**

Formación **144**

COMITÉ DE HONOR

- **Sr. D. Francisco Artigas Bellapart.**
Ex Presidente de ACTA-VALENCIA.
- **Sr. D. Jacinto Ascorve.**
Ex Jefe del Registro de Industrias y Productos Alimenticios y Alimentarios de la AESA de España.
- **Sr. D. Alberto Ballarín Marcial.**
Presidente de la Sección Española de la AEDA.
- **Prof. Dr. D. Salvador Barber.**
Ex Presidente de UCTAE.
- **Prof. Dr. D. Carlos Barros.**
Miembro de Honor del Consejo Rector de la AEDA y Presidente de ACTA/M y UCTAE.
- **Sra. D^a. B. Blomberg.**
Administración Alimentaria de Suecia. Miembro del Consejo Rector de la AEDA.
- **Sr. D. John Byrne.**
Consultor de Temas Alimentarios.
- **Sr. D. Germán Cano.**
Presidente de ACTA/Andalucía.
- **Dr. D. Fausto Capella.**
Abogado. Director del Colegio Europeo de Parma (Italia) y miembro del Consejo Rector de la AEDA.
- **D. Jorge Carbonell.**
Químico. Censor de cuentas del Consejo Rector de la AEDA.
- **Sr. D. Charles Castang.**
Abogado. Miembro de honor del Consejo Rector de la AEDA.
- **Sr. D. Dieter Ecker.**
Miembro del Consejo Rector de la AEDA.
- **Dr. D. Peter Elías.**
Ex Jefe del Proyecto Internacional sobre Productos Alimenticios Irrradiados. Consejo del Comité Científico de la Alimentación Humana de la CEE.
- **Prof^a. R. Farré Rovira.**
Catedrática de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia en Valencia y Presidente de ACTA/V.
- **Dr. D. Francisco León Crespo.**
Ex Presidente de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Andalucía (ACTA/A).
- **Prof. Dr. D. Matías Fernández.**
Ex Presidente de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de la Alimentación de Andalucía (ACTA/A).
- **Sr. D. Michel Fondu.**
Director Asociado del Centro de Investigaciones sobre el Derecho Alimentario de la Universidad de Bruselas.
- **Dr. E. Gaerner.**
Abogado.
- **Prof. D. Alain Gérard.**
Profesor de la Universidad de Bruselas. Director del Instituto de Investigaciones sobre el Derecho Alimentario.
- **Sr. D. Luis M. González Vaqué.**
Abogado. Jefe de la División «Libre circulación de mercancías» (arts. 30-36 CE). Dirección General XV de la Comisión Europea. Vicepresidente de la Sección Española de la AEDA.
- **Prof. Dr. D. Ginés Guzmán.**
Presidente del Comité Internacional Permanente de la Conserva (CIPC) y Director de Investigación de la Asociación de Investigación de la Industria de Conservas Vegetales.
- **Prof. Dr. Enrique Hernández.**
Catedrático de Microbiología de la Escuela de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Valencia y Ex Presidente de ACTA-VALENCIA.
- **Sr. D. Jorge Jordana.**
Secretario General de la Federación de Industrias de la Alimentación y Bebidas.
- **Sr. D. Georges Jumel.**
Ex Director de la Cámara Sindical Francesa de Industrias Conserveras y Miembro de Honor del Consejo Rector de la AEDA.
- **Prof. Dr. Abel Mariné i Font.**
Catedrático de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de Barcelona y miembro del Consejo Rector de la Sección Española de la AEDA.
- **Prof. Emili Matthey.**
Comité Nacional Suizo del Codex Alimentarius.
- **Dr. Otto Messer.**
Ex Director adjunto de Asuntos Económicos y Sociales del Consejo de Europa.
- **Dr. D. Antonio Mohino.**
Experto en Industrias Cárnicas.
- **D. José María Navarro.**
Presidente de ACTA-RM.
- **Dr. D. Ramón Clotet Ballús.**
Presidente de la ACCA.
- **Dr. D. Benito Oliver-Rodés.**
Farmacéutico. Experto en análisis de aguas.
- **Dr. D. Jesús Palacios.**
Presidente de ACTA-NAR.
- **Dra. Cruz Pascual.**
Profesora de Tecnología Pesquera en la Universidad de Santiago de Compostela. Vocal del Consejo Rector de la Sección Española de la AEDA.
- **Sr. D. José Luis Perona.**
Miembro de Honor del Consejo Rector de la sección española de la AEDA.
- **Dr. Renato Piccinino.**
Miembro de honor del Consejo Rector de la AEDA.
- **Prof. Dr. Julián Rivas.**
Presidente de ACTA-CL.
- **Sr. D. José M. Romay.**
Miembro de Honor del Consejo Rector de la Sección Española de la AEDA.
- **Sr. D. Henri Roovers.**
Secretario del Comité de Sanidad en la Secretaría General del Benelux.
- **Prof.^a Dra. M. Carmen de la Torre.**
Catedrática de Nutrición y Bromatología de la Facultad de Farmacia de Barcelona.
- **Prof. Dr. René Truhaut.**
Consejero emérito del Comité Científico de la Alimentación Humana de la CEE.
- **Sr. D. Sergio Valvassori.**
Experto en industrias de bebidas alcohólicas y aromatizadas.
- **Dr. Gaston Vettorazzi.**
Director del International Toxicology Information Centre.

ESTUDIO DE INDICADORES DE LA CALIDAD DE TOMATE CONSERVADO EN ATMÓSFERA OZONIZADA

María del Mar Pérez Calvo¹, Alejandro Palacios Valencia², Pablo Amigo Martín²

¹Responsable de I+D de Cosemar Ozono, S.L.

²Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Madrid.

RESUMEN

El ozono se utiliza habitualmente en la conservación de alimentos por su alto poder biocida. Con el fin de comprobar su efectividad en la conservación en frío del tomate (*Lycopersicon esculentum*), así como si provoca variaciones en sus características organolépticas, se ha realizado un estudio de diversos indicadores de la calidad en tomates conservados en atmósfera ozonizada. Los resultados del estudio revelan que, además de la eficacia del ozono a bajas concentraciones en la eliminación de los microorganismos de superficie de los frutos, éste aumenta el tiempo de conservación del tomate sin alterar negativamente sus parámetros de calidad.

INTRODUCCIÓN

La conservación de los alimentos constituye una preocupación para el hombre desde el inicio de las civilizaciones. Así, con el transcurso del tiempo, se han ido desarrollando distintas técnicas para soslayar el problema de su estacionalidad y preservación, al ser los alimentos sistemas muy complejos y altamente inestables, con un alto contenido en agua y sustancias nutritivas ideales como medio de cultivo para todo tipo de microorganismos que contribuyen a su descomposición. Hoy en día se siguen utilizando tratamientos tradicionales como la desecación, fermentación o salazón que, a pesar de incrementar el tiempo de conservación, varían considerablemente las características intrínsecas de los productos a ellos sometidos. Este es uno de los mayores inconvenientes que deben solventar las nuevas técnicas de conservación, ya que el mercado actual demanda alimentos de gran calidad, de consumo en fresco o de mínimo procesado, lo que obliga a la búsqueda de tecnologías limpias que mantengan, en lo posible, las caracte-

rísticas naturales de los productos. De todas las tecnologías disponibles, se ha constatado que la conservación en frío (refrigeración y congelación) presenta una gran eficacia, tanto por mantener la calidad de los productos como por ser una tecnología limpia y de coste razonable (1).

No obstante, a pesar de sus ventajas, estas técnicas no dejan de presentar inconvenientes, no siendo en algunos casos suficientes por sí mismas para alargar el periodo de conservación hasta la comercialización del producto, requiriendo tecnologías de apoyo a fin de lograr este objetivo. Una de estas tecnologías coadyuvantes es la adición de gases como el ozono.

Caracterización del ozono

El ozono es un compuesto formado por tres moléculas 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.

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 tempe-

ratura de -112°C 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. El compuesto presenta una estructura molecular angular, con una longitud de enlace oxígeno-oxígeno de $1,28 \text{ \AA}$; y se puede representar según se refleja en la figura 1.

Soluciones

Debido a la inestabilidad del compuesto, 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. (Fig. 2)

Espectro de acción del ozono

Debido a su alto poder oxidante, se puede decir que el ozono no tiene

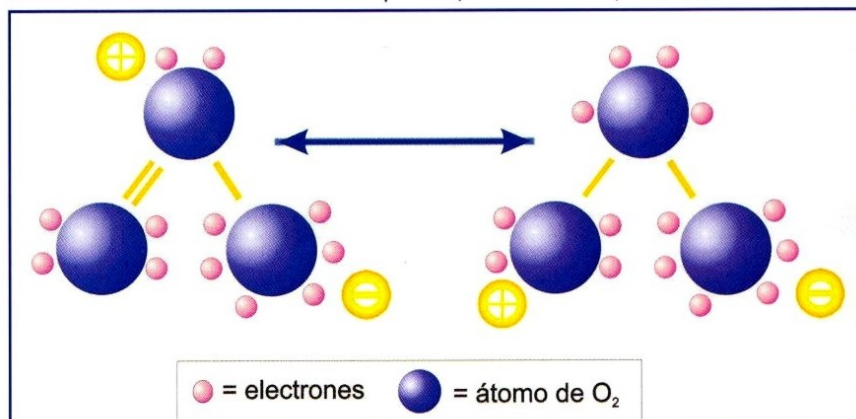


Fig. 1.- Estructura molecular del ozono.

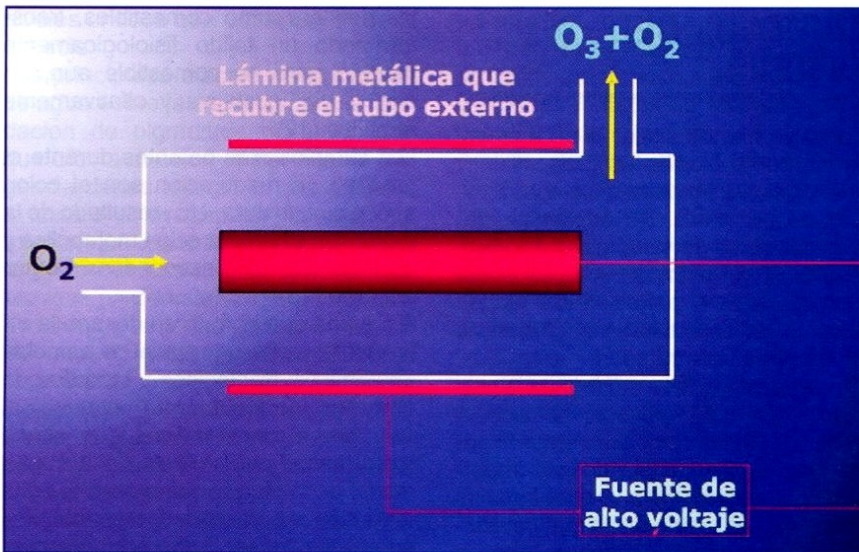


Fig.2.- Generación artificial de ozono.

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 (2).

El ozono es eficaz, pues, en la eliminación de bacterias, virus, protozoos, nemátodos, hongos, agregados celulares, esporas y quistes (3), (4), (5), (6), siendo capaz de destruir incluso esporas de *Bacillus subtilis* (7). Por otra parte, actúa a menor concentración y con menor tiempo de contacto que otros desinfectantes como el cloro, dióxido de cloro y monocloraminas (8). (Figura 3)

El ozono, al poder ser aplicado en aire, asegura la destrucción de los numerosos microorganismos, que se encuentran en la superficie de los productos alimenticios al introducirlos en las cámaras frigoríficas (9). Esta contaminación empieza inexorablemente al iniciarse las operaciones de manipulado y transporte. Manteniendo la cámara de esta manera, en las condiciones más asépticas posibles, se dificulta en gran medida el riesgo de contagio de una pieza a otra dentro de la misma cámara ya que, como es sabido, la refrigeración tan sólo impide la multiplicación de los microorganismos, pero no los destruye.

Además el ozono, añadido a la atmósfera del almacén, elimina los olores causados por materia orgánica y productos químicos.

Los productos vegetales, por su bajo pH (3-5) y elevado contenido en azúcares, son especialmente sensibles al ataque fúngico, siendo las principales especies responsables de podredum-

ALGAS <i>Chlorella vulgaris</i>	BACTERIAS (II) <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Salmonella typhosa</i> <i>Sarcina lutea</i> <i>Serratia marcescens</i> <i>Shigella dysenteriae</i> <i>Shigella flexneri</i> <i>Shigella paradysenteriae</i> <i>Shigella sonnei</i> <i>Spirillum rubrum</i> <i>Staphylococcus albus</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Staphylococcus faecalis</i> <i>Streptococcus hemolyticus</i> <i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus salivarius</i> <i>Streptococcus viridans</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Vibrio comma</i>	NEMÁTODOS Huevos
BACTERIAS (I) <i>Achromobacter</i> <i>Aeromonas hydrophilia</i> <i>Agrobacterium tumefaciens</i> <i>Bacillus anthracis</i> <i>Bacillus megaterium</i> (esporas y vegetativa) <i>Bacillus mesentericus</i> <i>Bacillus paratyphosus</i> <i>Bacillus spores</i> <i>Bacillus subtilis</i> (esporas y vegetativa) <i>Clostridium tetani</i> <i>Corynebacterium diphtheriae</i> <i>Eberthella typhosa</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Legionella bozemanii</i> <i>Legionella dumoffii</i> <i>Legionella gormanii</i> <i>Legionella longbeachae</i> <i>Legionella micdadei</i> <i>Legionella pneumophila</i> <i>Leptospira canicola</i> <i>Leptospira interrogans</i> <i>Micrococcus candidus</i> <i>Micrococcus sphaeroides</i> <i>Mycobacterium avium complex</i> <i>Mycobacterium leprae</i> <i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Neisseria catarrhalis</i> <i>Nocardia corallina</i> <i>Phytomonas tumefaciens</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Rhodospirillum rubrum</i> <i>Salmonella enteritidis</i> <i>Salmonella paratyphi</i>	PARÁSITOS <i>Cryptosporidium</i> <i>Giardia lamblia</i>	
	HONGOS <i>Microsporon audoaini</i> <i>Microsporon lenosum</i> <i>Monilia albicans</i> <i>Trichophyton</i> <i>Mentagrophytes</i> <i>Trichophyton purpureum</i>	PROTOZOOS Paramecium Patógenas y no patógenas
	ESPORAS DE HONGOS <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus glaucus</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Mucor racemosus A</i> <i>Mucor racemosus B</i> <i>Oospora lactis</i> <i>Penicillium digitatum</i> <i>Penicillium expensum</i> <i>Penicillium roqueforti</i> <i>Rhizopus nigricans</i>	VIRUS <i>Adenovirus</i> <i>Bacteriophage</i> <i>Coliphage</i> <i>Corona</i> <i>Coxsackie</i> <i>Cytomegalovirus</i> <i>Echovirus</i> <i>Epstein Barr</i> <i>Flavivirus</i> <i>Herpes</i> (todos los tipos) <i>Hepatitis</i> <i>Influenza</i> <i>Orthomyxoviridae</i> <i>Paramyxoviridae</i> <i>Poliomieltis</i> <i>Retroviridae</i> (VIH) <i>Rhabdoviridae</i> (Rabia) <i>Rotavirus</i> <i>Syphilis</i> <i>Tobacco mosaic</i> <i>Toga</i>
		LEVADURAS Levadura de panadería <i>Candida</i> (todas las formas) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Saccharomyces var.</i> <i>Ellipsoideus</i> <i>Saccharomyces sp.</i>

Fig. 3.- Microorganismos estudiados frente a los cuales es efectivo el ozono.

bres los géneros *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Botrytis* y *Rhizopus*. Las hortalizas, con pH próximo a la neutralidad y con moderado contenido en azúcares, son más sensibles a hongos como *Fusarium*, *Sclerotinia*, y *Diploidia*, y presentan una mayor sensibilidad al desarrollo de bacterias como *Erwinia carotovora*, responsables de las podredumbres húmedas.

La eficacia del ozono como biocida está de sobra probada, eliminando o impidiendo la multiplicación de los microorganismos responsables de la putrefacción que, habitualmente, descomponen los alimentos, por lo que su uso en la conservación de alimentos se viene recomendando hace ya tiempo en Estados Unidos y Europa, tanto a temperatura ambiente como en cámaras frigoríficas (10), (11).

De hecho el ozono viene definido en el *Codex alimentarius* 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, y en el año 2001 la FDA (Administración Americana de Alimentos y Drogas), lo incluyó como agente antimicrobiano de uso alimentario, estando clasificado como seguro para alimentos (GRAS: Generally Recognized as Safe). Esta autorización permite que el ozono pueda ser utilizado en forma gaseosa o líquida en el tratamiento, almacenaje y procesado de alimentos, incluyendo carne y pollo.

Así pues, el ozono posee unas características muy interesantes aplicables a la conservación de alimentos, en particular en vegetales:

- Tiene un alto poder desinfectante, por lo que destruye los microorganismos de la superficie del producto.
- Reacciona rápidamente con el etileno (gas que aumenta la velocidad de maduración) que producen los frutos climatéricos, transformándolo en CO₂ y agua, beneficiosos para la conservación de frutas y hortalizas.
- No penetra a través de los tejidos, por lo que no contamina el fruto.
- Se descompone rápidamente en oxígeno, por lo que el tratamiento es seguro tras la aplicación.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Como ya hemos dicho, la eficacia del ozono como biocida es indiscutible y está de sobra probada en la conservación de alimentos. No obstante, además del punto de vista microbiológico, resulta de suma importancia constatar que su uso no perjudica en ningún aspecto las características intrínsecas de los productos tratados.

El producto vegetal elegido para la realización de este proyecto ha sido el tomate (*Lycopersicon esculentum*), por ser una de las hortalizas más importantes a nivel mundial y poseer unas características intrínsecas muy relacionadas con las propiedades del ozono:

- Tiene un cambio muy significativo de color en su proceso de maduración.
- Tiene una alta tasa de producción de etileno.
- Tiene un tiempo de conservación escaso (aproximadamente 15 días).

Así pues se ha realizado, en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Madrid, un estudio exhaustivo de los indicadores de la calidad de tomate fresco (*Lycopersicon esculentum*) conservado mediante la tecnología de frío en atmósfera ozonizada a diferentes concentraciones, comparándolos con los de tomates conservados en las mismas condiciones pero en atmósfera normal.

Los objetivos de esta investigación fueron comprobar si el uso de ozono elimina a simple vista los ataques fúngicos que suelen aparecer en la conservación del tomate, así como comprobar si las características químicas y organolépticas de los tomates se mantienen inalteradas tras el tratamiento con ozono, mediante el estudio de distintos indicadores de calidad.

Caracterización del ozono

El concepto de calidad en frutas y verduras ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, habiendo en la actualidad más coincidencia entre los sectores implicados, que tienden a acercar sus criterios a los que impone el consumidor, en los que el estado de maduración del producto juega un papel fundamental.

La maduración organoléptica es un proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que

las definen como comestibles, transformando un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible aún, en otro visual, gustativo y olfativamente atractivo (12).

Los cambios más patentes durante el proceso de maduración son el color, sabor, olor, textura, etc., resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto (13).

A medida que el fruto se desarrolla en la planta, sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. Así, hay algunos índices que sirven tanto para el seguimiento de la maduración en la planta, como para el de la evolución de la calidad organoléptica durante la conservación en frío y posterior maduración a temperatura ambiente (14).

Los índices de calidad más utilizados son el color de fondo, la firmeza, el contenido en sólidos solubles (°Brix) y nivel de pH, siendo todos ellos de empleo muy práctico.

pH

Es un valor que indica la acidez o basicidad de una sustancia. En el caso del tomate, el valor normal de pH se sitúa entre 4,2 y 4,4, siendo muy raro que se sobrepasen estos valores. Valores superiores pueden ocasionar problemas en la esterilización del zumo, que sería necesario acidular.

Firmeza

La evaluación de firmeza es una de las técnicas más utilizadas en el control de la maduración de los frutos. Se trata de una técnica muy sencilla cuyos resultados se obtienen en cuestión de segundos.

La firmeza es uno de los métodos físico-químicos que mejor se correlaciona con el estado de maduración de los frutos, ya que la dureza de la pulpa está directamente relacionada con la madurez de la muestra.

Los frutos de tomate deben ser consistentes para soportar el transporte y la manipulación mecánica sin la aparición de grietas ni magulladuras.

Mermas de peso

Producidas por las pérdidas de agua pueden incidir directamente sobre la calidad comercial al superar unos

niveles críticos que dependerán de la especie.

Los principales efectos de la pérdida de agua sobre la calidad son la degradación de pigmentos clorofílicos, lo que afecta al color; la pérdida de turgencia de los tejidos, lo que afecta a la textura; el arrugamiento o marchitamiento, que atañe al envejecimiento y la plasmolisis o muerte celular, que provoca pardeamientos.

En la mayoría de las especies vegetales, unas pérdidas de peso superiores al 6 u 8% producen una alteración irreversible de la calidad sensorial.

Debido a la amplitud del estudio llevado a cabo, de entre los parámetros de calidad analizados, expondremos a continuación los resultados observados con la menor concentración de ozono aplicada en:

- Mermas de peso
- pH
- Firmeza
- Análisis visual de enfermedades

MATERIAL Y MÉTODOS

Cámaras frigoríficas

La cámara utilizada para aplicar el tratamiento con ozono, de 2 x 2 x 2 m³, es una cámara de conservación estándar con sistema directo de refrigeración y muy buena estanqueidad. La cámara testigo es una cámara de congelación de 2 x 2 x 2,4 m³, que se puede usar asimismo para conservación. Posee un equipo de refrigeración directo compacto.

Generador de ozono

Generador tipo descarga de alta tensión sobre un gas que contiene oxígeno, en este caso el aire, con producción de 1g/h y reloj programable en intervalos de 15 minutos, al que se añadió un programador electrónico para intervalos menores.

A fin de que el nivel de O₂ tras el tiempo de estabilidad del ozono no fuera mayor que el inicial, la toma de aire se realizó en el interior de la cámara.

Procedimiento

Se utilizaron 60 tomates de las variedades Tavira, Kalyma y Caramba, dividiéndose estos a partes iguales entre las dos cámaras, previa pesada de cada ejemplar en balanza electrónica. En una de las cámaras se aplicó un

tratamiento de ozono a dosis de 0,01g/m³ cada 4 horas; en la otra no se aplicó tratamiento alguno, constituyendo los tomates en ella almacenados el control o testigo.

Ambas cámaras se mantuvieron a 12°C con una humedad relativa comprendida entre 85 y 95%.

Tras 21 días de almacenamiento, y dado que los tomates de la cámara testigo empezaban a tener problemas degradativos (ablandamientos, mohos, etc.), se procedió al vaciado de las dos cámaras a fin de analizar los parámetros de calidad establecidos.

- Para calcular las mermas de peso se procedió a la pesada de los tomates una vez fuera de la cámara, comparando los valores resultantes con los tomados al principio de la experiencia.
- Para el estudio de variaciones de pH se licuaron los tomates individualmente a fin de separarlos de la piel y las semillas, se homogeneizó el zumo resultante y se midió el pH con un pHmetro electrónico calibrado.
- Para el estudio de firmeza se utilizó un penetrómetro que mide la dureza de la pulpa.
- El análisis visual de enfermedades se realizó in situ tanto en la cámara testigo como en la ozonizada, observando la posible presencia de signos externos de ataque fúngico o bacteriano.

RESULTADOS

Las siguientes figuras muestran gráficamente los resultados de los parámetros

de *mermas de peso*, pH y firmeza, según las variedades de tomate, expresados como media ± desviación estándar.

Mermas de peso

Los resultados del estudio de la variación de peso durante la experiencia se muestran en el gráfico de la figura 4. Durante la experiencia, la pérdida de peso sufrida a lo largo de 21 días varía sobre el peso inicial, según las variedades, entre un 3 y un 4% en la cámara testigo, y entre 2 y 4% en la cámara ozonizada (una merma ligeramente menor). La variedad Caramba presenta la mayor pérdida de peso, siendo la Tavira la que menos peso pierde en el almacenaje.

pH

En la figura 5 se reflejan los resultados obtenidos al estudiar el pH final de los tomates conservados en atmósfera ozonizada frente a los del grupo control. El almacenamiento en atmósfera ozonizada no varía el pH respecto del que se observa tras almacenamiento en atmósfera normal.

Firmeza

La figura 6 plasma el resultado de la parte del estudio referida a la firmeza de la pulpa de los tomates, comparando la muestra tratada con ozono con el grupo de la cámara testigo.

La dureza de la pulpa de los tomates conservados en atmósfera con ozono alcanza valores ligeramente por encima

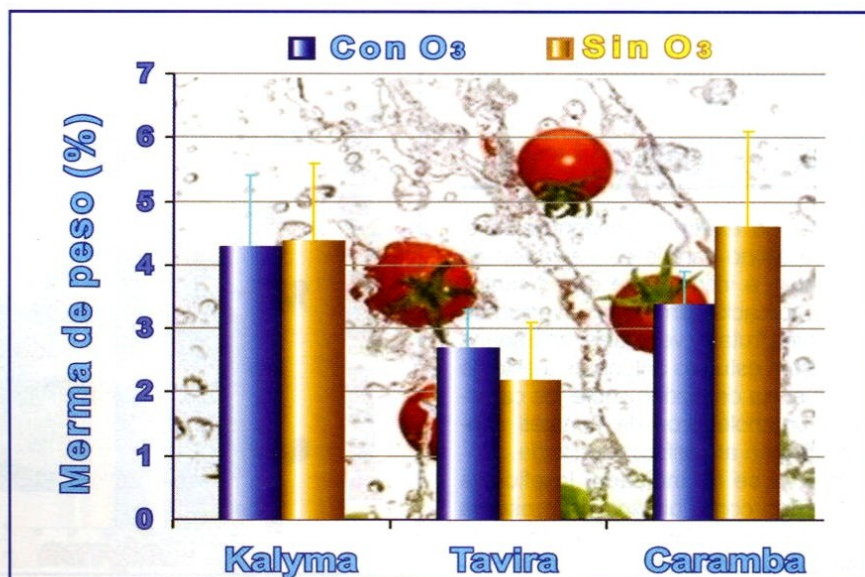


Fig. 4.- Estudio de la merma de peso (%) tras 21 días de almacenamiento.

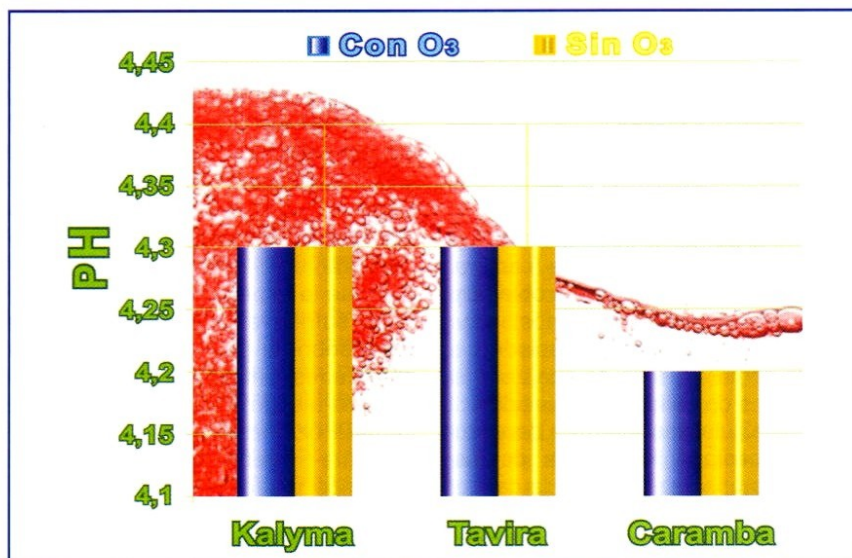


Fig. 5.- Estudio de variación en el pH tras 21 días de almacenamiento.

ma (entre 0,1 y 0,4 Kg/cm²) de la que resulta en atmósfera normal. La atmósfera de O₃ mantiene mejor la dureza que la atmósfera normal a la concentración aplicada.

Análisis visual de enfermedades

Realizado *in situ*, tanto en la cámara testigo como en la ozonizada, observando la posible presencia de signos externos de ataque fúngico o bacteriano durante el tiempo de conservación. Teniendo en cuenta las grandes propiedades desinfectantes del ozono, se observó que en la cámara ozonizada, como era de esperar, ninguno de los tomates presentaba signos externos de ataque fúngico o bacteriano, no ocurriendo lo mismo en la cámara testigo en alguna de las experiencias, debido al alto grado de humedad relativa existente que favorece la aparición de hongos.

CONCLUSIONES

A pesar de existir antecedentes en el uso de ozono para la conservación de alimentos, e infinidad de experimentos de su aplicación en la preservación de diferentes frutas y vegetales, en España no existen estudios anteriores a este de la influencia del ozono sobre los caracteres organolépticos de tomates conservados en atmósfera ozonizada. Como ya se ha indicado, la eficacia del ozono como biocida no presenta ninguna duda, siendo un potente oxidante capaz de destruir la forma bacteriana más resistente: las esporas

de *Bacillus subtilis*.

A la luz de los datos obtenidos en el estudio descrito tras su correspondiente tratamiento estadístico, se llega a las siguientes conclusiones:

- La conservación del tomate en atmósfera ozonizada no provoca cambios significativos en las propiedades organolépticas del producto, por lo que no perjudica su calidad sensorial.
- El tratamiento post-cosecha con ozono en la conservación del tomate determina que enfermedades fúngicas que aparecen en la cámara testigo no aparezcan en la cámara ozonizada, sea cual sea el nivel de ozono aplicado.

- En los tomates tratados con ozono se observa al tacto una mayor firmeza en la piel, a pesar de que las medidas de dureza son análogas.

En resumen, se puede concluir que la aplicación del ozono en pequeñas concentraciones resulta eficaz en la eliminación de los problemas de enfermedades fúngicas y bacterianas que se dan normalmente en la conservación de vegetales, a la vez que alarga la comercialización del producto durante unos días (de 4 a 6), sin llegar a alterar negativamente sus parámetros de calidad.

Bibliografía

- 1.- Amigo Martín, P., *Tecnología del frío y frigo-conservación de alimentos*, AMV Ediciones, 2005.
- 2.- Fiessinger, F.; Richard, Y.; Montiel, A.; Musquere, P., *Advantages and disadvantages of chemical oxidation and disinfection by ozone and chlorine dioxide.*, *Sci. Total Environ.*, 18: 245-261, 1981.
- 3.- Vaughn, J.M.; Chen, Y.S.; Lindburg, K.; Morales, D., *Inactivation of human and simian rotaviruses by ozone.*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 53(9): 2218-2221, 1987.
- 4.- Yamayoshi, T.; Tatsumi, N. (Department of Environmental Microbiology, Osaka Prefectural Institute of Public Health, Japan), *Microbicidal effects of ozone solution on methicillin-resistant Staphylococcus aureus.*, *Drugs Exp. Clin. Res.*, 19(2):59-64, 1993.

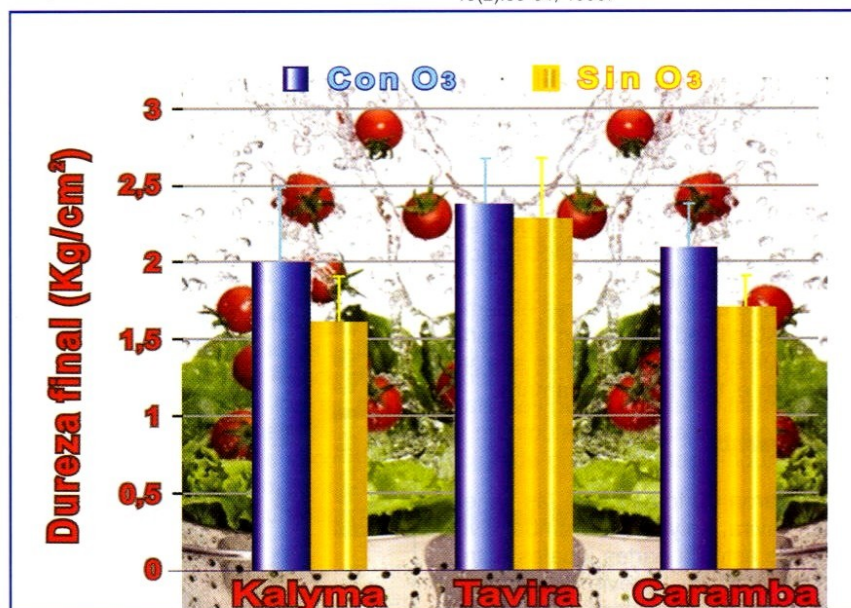


Fig. 6.- Estudio de dureza (Kg/cm²) tras 21 días de almacenamiento.

- 5.- Kowalski, W.J.; Bahnfleth, W.P.; Striebig, B.A.; Whittam, T.S.; *Demonstration of a hermetic airborne ozone disinfection system: studies on E. coli.*, AIHA J (Fairfax, Va), 64: 222-227, 2003.
- 6.- Shin, G.A.; Sobsey, M.D. (Department of Environmental Sciences and Engineering, University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, NC 27599-7400, USA), *Reduction of Norwalk virus, poliovirus 1, and bacteriophage MS2 by ozone disinfection of water.*, Appl. Environ. Microbiol., 69(7):3975-3978, 2003.
- 7.- Li, C.S., Wang, Y.C. (Graduate Institute of Environmental Health, College of Public Health, National Taiwan University), *Surface germicidal effects of ozone for microorganisms.*, AIHA J., (Fairfax, Va), 64(4):533-537, 2003.
- 8.- Korol, S.; Fortunato, M.S.; Paz, M.; Sanahuja, M.C.; Lázaro, E.; Santini, P.; D'Aquino, M., *Water disinfection: comparative activities of ozone and chlorine on a wide spectrum of bacteria.*, Rev. Argent. Microbiol., 27(4): 175-183, 1995.
- 9.- Moore, G.; Griffith, C.; Peters, A. (University of Wales Institute, Cardiff (UWIC), Food Safety Research Group, School of Applied Sciences, UK), *Bactericidal properties of ozone and its potential application as a terminal disinfectant.*, J. Food Prot., 63(8):1100-1106, 2000.
- 10.- Restaino, L.; Frampton, E.W.; Hemphill, J.B.; Palnikar, P., *Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms.*, Appl. Environ. Microbiol., 61(9):3471-3475, 1995.
- 11.- Kim, J.G.; Yousef, A.E.; Khadre, M.A. (Department of Food Science and Technology, Ohio State University, Columbus, OH43210, USA), *Ozone and its current and future application in the food industry.*, Adv. Food Nutr. Res., 45:167-218, 2003.
- 12.- Rhodes, M.J.O., *The Climacteric and Ripening of Fruits, in The Biochemistry of Fruits and their Products*, Ed. Hulme, A.C., Academic Press, London, U.K., 1(17): 521-532, 1970.
- 13.- Hobson, G.E., *Enzymes and Texture Changes During Ripening, in Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables*, Eds. Friend, J. and Rhodes, M.J.C., Academic Press, 6: 123-132, 1981.
- 14.- Knee, M.; Hatfield, S.; Smith, S.M., *Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruits intended for long-term storage.*, J. Hortic. Sci., 64: 403-411, 1989.