

EMPLEO DE AGUA OZONIZADA EN EL MANEJO POSCOSECHA DE TOMATES

Sandra Santa-Cruz^{1*}, Irán Fernández², Mayra Bataller², Eliet Veliz², Mario García¹
y Raúl Díaz¹

¹Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana, Ave. 23 No. 21425,
La Habana, Cuba. C.P. 13600. E-mail: sandra@ifal.uh.cu

²Centro de Investigaciones del Ozono, Centro Nacional de Investigaciones Científicas,
La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se evaluó el efecto del ozono en fase acuosa para la desinfección de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar FA-180. Los tomates maduros fueron inoculados con *Escherichia coli* ATCC 25922 y posteriormente lavados con agua ozonizada bajo dos sistemas de agitación durante 15 y 30 min a concentraciones de ozono disuelto de 0,5 y 1,0 mg/L y se evaluó la concentración del microorganismo en los tomates tratados y no tratados. Se comprobó que el ozono en fase acuosa ejerce un marcado efecto en la desinfección de tomates contaminados, resultando el sistema de lavado con zaranda el más adecuado. Se recomienda una concentración de ozono disuelto de 1 mg/L y un tiempo de tratamiento de 15 min para lograr un grado de desinfección satisfactorio en tomates maduros.

Palabras clave: ozono, efecto antimicrobiano, tomates.

ABSTRACT

Use of ozoned water in the postharvest treatment of tomatoes

The aim of this study was to evaluate the effect of the ozoned water for the disinfection of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) FA-180. The ripened tomatoes were inoculated with *Escherichia coli* ATCC 25922 and washed with ozoned water under two systems of agitation during 15 and 30 min in concentrations of dissolved ozone of 0.5 and 1.0 mg/L, and it was evaluated the concentration of the microorganism in the treated and non treated tomatoes. It was demonstrated that ozone in aqueous phase has a marked effect in the disinfection of polluted tomatoes, and the washing system with a lab shaker was the more appropriated. A concentration of dissolved ozone of 1 mg/L and a time of treatment of 15 min are recommended to achieve a satisfactory disinfection in ripened tomatoes.

Key words: ozone, antibacterial effect, tomatoes.

***Sandra Santa-Cruz Broche:** Licenciada en Ciencias Alimentarias (U.H. 2007). Profesora de pregrado de Química-Física y Estadística (IFAL). Ha trabajado en la aplicación de ozono en la conservación de alimentos. Ha recibido varios cursos de posgrado. Actualmente se encuentra realizando estudios para la obtención del grado de Máster en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el aumento en las exigencias de las regulaciones ha obligado a una selección más rigurosa de los desinfectantes utilizados en los procesos de lavado de frutas y hortalizas (1). Estos lavados cumplen un objetivo importante, pero generan un agua con alta carga de microorganismos y productos químicos que no se puede reutilizar, lo que provoca un consumo muy alto de agua (2-4).

Sin embargo, la ozonización del agua de lavado permite que esta sea reutilizada en el propio proceso. Parámetros de calidad del agua, como las demandas química y biológica de oxígeno, disminuyen por la acción del ozono. Se recomienda la instalación de filtros en el ciclo de recirculación del lavado para retener los sólidos suspendidos y aumentar la efectividad del proceso (2,4,5). De esta forma se logra un ahorro en el consumo de agua y se garantiza que la que se vierte tenga un menor impacto en el medio ambiente. Por otra parte, una aplicación adicional es el empleo del agua ozonizada en la higienización o desinfección de las líneas de producción (3,6).

Los productos cosechados suelen estar contaminados en su superficie por pesticidas, herbicidas y microorganismos, por lo que deben ser lavados con agua que contenga algún desinfectante. El lavado puede efectuarse por inmersión del producto, empleo de duchas, tanques o canales. En el caso del empleo del ozono por el método de inmersión, el agua puede ozonizarse previamente o se burbujea una corriente gaseosa con ozono directamente en el agua del tanque de tratamiento; respecto a las duchas, el agua es ozonizada previamente. En todos los casos es importante garantizar un adecuado contacto (2,3,7).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del ozono en fase acuosa para la desinfección de tomates maduros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados con tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar FA-180 cultivados en condiciones de casas de cultivo. Esta es una variedad modificada genéticamente que se caracteriza por presentar madurez tardía y larga vida poscosecha. Los tomates fueron cosechados en la etapa de rompimiento (8) y seleccionados teniendo en cuenta que todos tuvieran de manera general las mismas características de tamaño, ausencia de defectos visibles y estado de madurez uniforme.

Para evaluar la desinfección de tomates maduros, se utilizó la cepa de *Escherichia coli* ATCC 25922. Para la confección del inóculo se partió de un cultivo puro en Agar Triptona Soya incubado de 18 a 20 h a 37 °C, se tomaron de tres a cinco colonias y se resuspendieron en caldo *Mueller Hinton*, manteniendo el pH entre 7,2 y 7,4. Se incubaron durante 3 h a 37 °C en zaranda y posteriormente se centrifugó durante 5 min a 6 000 rev/mim. El *pellet* resultante fue resuspendido en 4 L de agua, donde fueron sumergidos los tomates durante 30 min en zaranda.

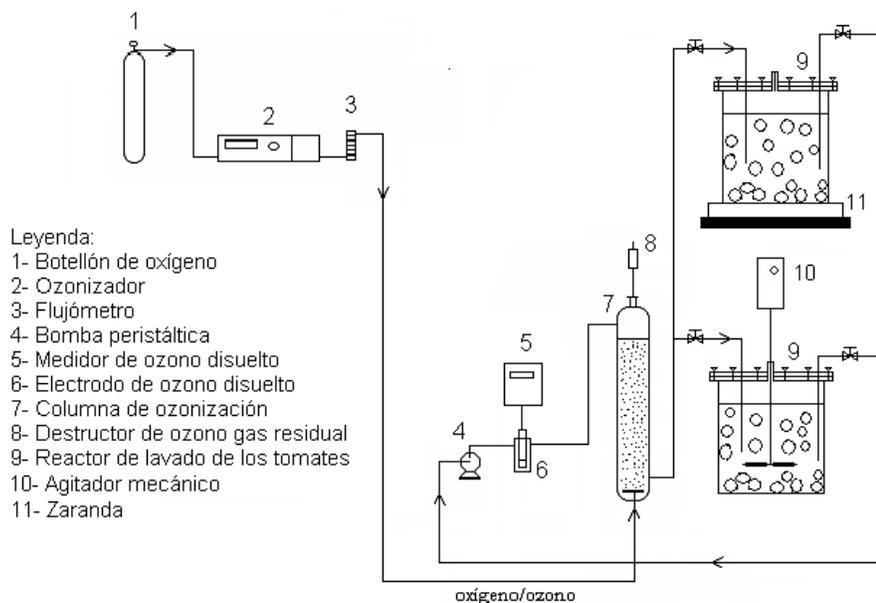


Fig. 1. Esquema de la instalación para el tratamiento de los tomates en fase acuosa.

Para el lavado de los tomates se utilizó agua de acueducto, a la cual se le midió el pH y el cloro libre residual (mg/L) por el método del DPD (N,N dietil-p-fenilendiamina) (9). Se utilizaron dos variantes de homogenización, agitación mecánica con un agitador de paleta a 124 rev/min (Experimento 1) y agitación en zaranda (Experimento 2). En ambas experiencias se tuvo en cuenta un diseño experimental 2² con réplicas en el centro del plan. Las variables independientes establecidas fueron la concentración de ozono disuelto en el agua (0,5 y 1 mg/L) controlada con un dulcómetro (Prominent, Girona) y el tiempo de contacto (15 y 30 min). Por otra parte, la variable dependiente fue el valor de N, correspondiente a la concentración del microorganismo patógeno evaluado. La Fig. 1 muestra un esquema de la instalación.

Para la determinación de la concentración de *E. coli* se tomaron dos tomates sin lavar y dos tomates tratados con cada alternativa de lavado, los cuales se introdujeron cada uno en un *beaker* con 200 mL de agua destilada estéril durante 30 min en zaranda. Se realizaron diluciones seriadas y se sembró por el método de placa vertida en Agar para conteo en placa. Se dejó reposar a temperatura ambiente hasta la solidificación del medio y se incubó por 48 h a 37 °C. Posteriormente se procedió al conteo mediante un contador de colonias Retomed S.C., tomándose como positivas las placas que tuvieran más de 10 y menos de 250 colonias. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 muestra los resultados de la inactivación de *E. coli*, después de lavar los tomates con agua bajo diferentes condiciones experimentales correspondientes a los experimentos 1 y 2.

En el experimento 1 la homogeneidad de la concentración de ozono disuelto en el agua contenida dentro del recipiente, donde se realizó el lavado de los frutos, se garantizó con el empleo de un agitador de paletas. Este aspecto fue verificado realizando un perfil de concentración en diferentes puntos. La temperatura del agua fue 27 °C, con pH 7,2 y concertación de cloro libre 0,3 mg/L. Existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los valores de inactivación alcanzados durante el lavado con ozono respecto a los obtenidos cuando los tomates son lavados con agua de acueducto y cuando no reciben ningún tratamiento, lo cual indica el efecto del ozono. Los valores de inactivación entre las condiciones de ozonización también fueron significativamente diferentes ($p \leq 0,05$), al obtener reducciones de hasta 4 log para la aplicación de una concentración de ozono disuelto de 1 mg/L durante 15 y 30 min.

En el experimento 2 la homogeneidad de la concentración de ozono disuelto en el agua del recipiente de lavado se garantizó colocando este sobre una zaranda. La temperatura del agua fue 28 °C, con pH 7,0 y concertación de cloro libre 0,4 mg/L. Los resultados de la inactivación indicaron que existieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las condiciones experimentales evaluadas durante el lavado con ozono. Al igual que en el experimento 1 los valores de inactivación del microorganismo con el empleo del ozono fueron significativamente diferentes al resto de las condiciones del diseño experimental y en esta ocasión se alcanzaron hasta 6 log de reducción de *E. coli* durante 15 y 30 min de lavado, a una concentración de ozono disuelto de 1 mg/L.

Tabla 1. Efecto del lavado de tomates maduros en la inactivación de *E. coli* bajo diferentes condiciones experimentales

Tratamientos	Concentración de ozono disuelto (mg/L)	Tiempo de lavado (min)	Log N	
			Experimento 1	Experimento 2
Sin lavar	-	-	5,86 a	8,84 a
Lavado con agua de acueducto	-	15	5,22 b	8,87 a
		30	5,24 ab	8,39 b
Lavado con agua ozonizada	0,50	15	4,88 bc	6,81 c
		30	4,50 c	5,95 d
	0,75	22	3,32 d	5,57 e
		22	3,81 d	4,93 f
1,00	15	1,50 e	2,15 g	
	30	1,17 e	2,24 g	

N: Concentración de *E. coli* (UFC / mL).

Valores con letras diferentes en una misma columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

Por lo tanto, ambos experimentos reflejan la efectividad del ozono en fase acuosa para la desinfección de los tomates, los cuales presentaron al inicio una carga elevada del microorganismo patógeno evaluado, del orden de 10^6 y 10^8 UFC/mL para cada experimento, respectivamente y que el efecto de la concentración de ozono disuelto en la reducción de la concentración de la población bacteriana es mayor respecto al efecto del tiempo de lavado del tomate, sobre todo cuando se aplica 1 mg/L.

Tomando en consideración que los tomates recién cosechados presentaron una concentración de mesófilos aerobios del orden de 10^2 UFC/mL, se recomienda emplear un tratamiento de lavado con agua ozonizada con una concentración de ozono disuelto de 1 mg/L durante 15 min para tener un factor de seguridad. Esto garantizaría la desinfección de aquellos tomates que presentaran una contaminación más alta al ser cosechados y transportados, así como una contaminación por un microorganismo más resistente que el evaluado.

Las Fig. 2 y 3 presentan la comparación de los resultados de la inactivación obtenidos para ambos experimentos. El valor de N_0 corresponde a la concentración de microorganismos en los tomates sin lavar y N a la concentración al final de cada tratamiento de lavado. Existió una tendencia a obtener mejores valores de inactivación en el experimento 2. Así, para una concentración de 0,5 mg/L en el experimento 2 se obtuvo, con respecto al experimento 1, una reducción en el número de bacterias viables superior en un orden logarítmico, esto indica que no solo es necesario garantizar una concentración uniforme de ozono disuelto en el agua del recipiente de lavado, sino también es muy importante un contacto eficiente entre los frutos y el ozono disuelto, lo cual se logra con el movimiento de rotación de los tomates en el seno del agua, dado por las condiciones del sistema de lavado. El sistema de contacto durante el lavado del experimento 2 simula el llamado lavado *water flume*, del cual se han reportado resultados satisfactorios a escala piloto e industrial (5,3,11) y es, por tanto, el que se recomienda según los resultados obtenidos en este estudio.

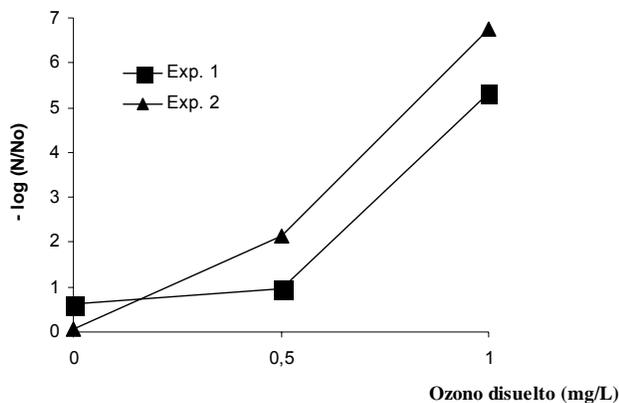


Fig. 2. Inactivación de *E. coli* durante 15 min de lavado bajo diferentes concentraciones de ozono disuelto.

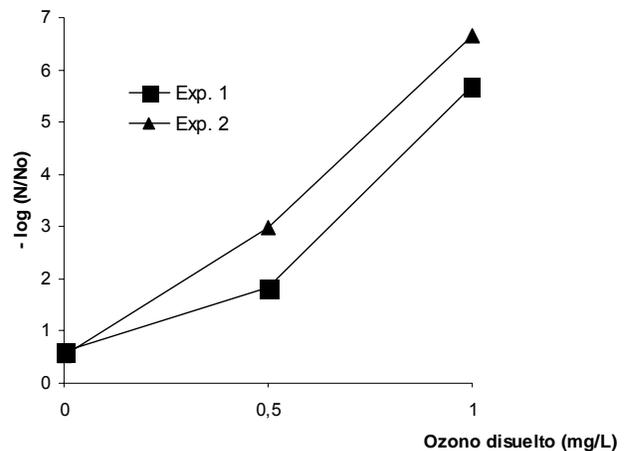


Fig. 3. Inactivación de *E. coli* durante 30 min de lavado bajo diferentes concentraciones de ozono disuelto.

Utilizando todos los valores experimentales del diseño planteado se realizó el ajuste a un modelo que permitiera describir la relación entre log N y las dos variables independientes en cada experimento. Los modelos fueron ajustados por una regresión lineal múltiple y se realizó la simplificación de términos no significativos, quedando:

$$\text{Log N} = 7,43 - 4,74 \text{ CO}_{3\text{L}} \quad R^2 = 84,6 \% \\ \text{Experimento 1} \quad (1)$$

$$\text{Log N} = 9,67 - 6,11 \text{ CO}_{3\text{L}} \quad R^2 = 93,6 \% \\ \text{Experimento 2} \quad (2)$$

Donde, $\text{CO}_{3\text{L}}$ es la concentración de ozono disuelto (mg/L) y N la concentración de microorganismos (UFC/mL).

Los coeficientes negativos de los términos lineales de ambos modelos, indican físicamente que un incremento del valor de la concentración de ozono disuelto favorece la inactivación microbiana, por lo que se verifica lo expuesto anteriormente. Para los tiempos de contacto durante el lavado con dos niveles (15 y 30 min), los coeficientes resultaron no significativos, por lo que ese término se eliminó de los modelos.

CONCLUSIONES

El tratamiento con ozono en fase líquida constituye un método alternativo para la desinfección de tomates de acuerdo a la carga inicial del microorganismo patógeno evaluado, siendo el sistema de agitación con zaranda el de mayor eficiencia.

REFERENCIAS

1. Wei, K.; Zhou, H.; Zhou, T. y Gong, J. *Ozone: Science & Engineering* 29 (2): 113-120, 2007.
2. Suslow, T. *Ozone application for postharvest disinfection of edible horticultural crops* [en línea]. ANR Publication 8133. Consultado 2007 en <http://anrcatalog.ucdavis.edu>. Fecha de actualización: 2004.
3. Rice, R. *User successes with ozone for agricultural products and food treatment*. IOA 17th World Ozone Congress, Strasbourg, Francia. 2005.
4. Yuan, J.; Novak, J. y Steiner, E. *Bactericidal efficacy of washing fruits and vegetables using ozone*. IOA/PAG Convenience Vancouver, Canadá. 8-11, 1998.
5. EPRI. *Electronic Power Research Institute* [en línea]. Consultado 2007 en www.epri.com. Fecha de actualización: 1998.
6. Rice, R.; Graham, D. y Charles, D. *Ozone as antimicrobial agent for the treatment, storage and processing of food in the gas and aqueous phases supporting of data for a food additive petition*. IOA 15th World Ozone Congress, Londres, Inglaterra. 2001.
7. Qiang, Z.; Demirkol, O.; Ercal, N. y Adams, C. J. *Agric. Food Chem.* 53: 9830-9840, 2005.
8. U.S.D.A. *United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes* [en línea]. U.S. Dept. Agric./AMS, Washington, DC. Consultado 2007 en <http://www.ams.usda.gov/standards/vegfm.htm>. Fecha de actualización: 1991.
9. APHA. AWWA. WPC. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed., Washintong D.C., 1995.
10. Graham, D. *Ozone antimicrobial applications in food processing*. Ozone III Conference, Fresno, Canadá. 2002.