

EVALUACIÓN DE LA DURABILIDAD A 4° C DE FILETES DE PEJERREY (*Odonthestes bonariensis*) TRATADO CON NaCl Y ÁCIDOS ORGÁNICOS

Aguerre, R. J.^{1,2,3,4}; Serrato, G.²; y A. N., Calzetta Resio²

¹ Facultad de Agronomía y Cs Agroalimentarias, Universidad de Morón

² Facultad de Ciencias Veterinarias – Universidad Nacional de Buenos Aires

³ Departamento de Ciencias Básicas y Experimentales, U.N.N.O.B.A., Junín, Argentina, (CONICET) Bs. As.

⁴ Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad de Morón

RESUMEN

Este estudio se realizó para evaluar la vida útil, la calidad química y atributos sensoriales de filetes de pejerrey tratados por inmersión en solución acuosa de sal y distintos ácidos orgánicos (láctico, sórbico y ascórbico) durante el almacenamiento refrigerado a 4°C. Los análisis han demostrado una significativa reducción de la proliferación de mesófilos aerobios en filetes de pejerrey tratados en comparación con el control. En los ensayos realizados los mejores resultados se han obtenido usando NaCl o los ácidos orgánicos separadamente. El NaCl parece inhibir parcialmente la actividad bactericida de los ácidos ensayados.

Palabras clave: filetes pejerrey, vida útil, ácidos orgánicos, Na Cl.

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the life, chemical quality and sensory attributes of pejerrey fillets treated by immersion in aqueous solution of salt and various organic acids (lactic, sorbic and Ascorbic) during storage refrigerated at 4 °C. Analyses have shown a significant reduction in the proliferation of aerobic mesophyll in fillets of silverside treated compared with control. In the tests made the best results were obtained using NaCl or organic acids separately. NaCl seems partially inhibit the bactericidal activity of tested acids.

Key words: pejerrey fillets, life, organic acids, Na Cl.

INTRODUCCIÓN

Para garantizar la seguridad y la estabilidad de un alimento durante su vida útil se requiere el control de microorganismos y adecuada supervisión en toda la cadena productiva (Prange *et al.*, 2005).

Los alimentos acidificados, sin tratamientos térmicos, se han producido con seguridad durante muchos años y se ha vuelto evidente que los ácidos orgánicos presentes en estos productos han contribuido significativamente en este logro (Jordan, Oxford y O'Byrne, 1999).

Los ácidos orgánicos tienen una larga historia como aditivos alimentarios y conservantes para la prevención del deterioro de alimentos y extensión de la vida útil de los componentes de alimentos perecederos y han demostrado ser eficaces en una amplia variedad de condiciones de procesamiento de alimentos.

Se han aplicado en la producción de alimentos como acidulantes, antioxidantes, agentes saborizantes, ajustadores de pH e incluso nutrientes (Smulders y Greer, 1998; Bailly, 2002). La aplicación de ácidos orgánicos como conservantes ha sido investigada por diversos autores debido a su actividad bactericida y su reconocido status de aditivos seguros (Tamblyn y Conner, 1997).

En contraste con las numerosas publicaciones sobre los ácidos orgánicos, se han realizado relativamente pocos estudios sobre la actividad antimicrobiana de sus sales. Sin embargo, de estos estudios, la acción de las sales de ácido láctico y sórbico ha demostrado ser principalmente bacteriostática y se ha establecido que los

ácidos orgánicos actúan simultáneamente como bacteriostáticos y bactericidas. Las sales de sodio de los ácidos orgánicos de bajo peso molecular (por ejemplo, acético, láctico o cítrico) se utilizan para controlar el crecimiento microbiano, mejorar atributos sensoriales y extender la vida útil de carnes rojas, de aves y productos pesqueros (Juneja y Thippareddi, 2004).

El efecto de obstáculo comúnmente se aplica a los alimentos fermentados y mínimamente procesados para reducir el riesgo de intoxicaciones alimentarias. Implica la combinación de dos o más agentes inhibitorios (Sabah, Juneja y Fung, 2004). Agregar sal (NaCl) y ácido orgánico a los alimentos es una práctica común, sin embargo, el NaCl reduce el efecto inhibitorio del ácido láctico sobre *E. coli* elevando su pH citoplasmático. Sin embargo, la adición de cloruro de sodio algún tiempo después del uso del ácido no puede revertir el daño por ácido (Casey y Condon, 2002).

La inmersión de rodajas de salmón fresco en soluciones acuosas de sales de sodio de ácidos orgánicos (aproximadamente 2,5%) ha demostrado su utilidad para mantener la calidad y también prolongar la vida útil del producto con sólo pequeños cambios sensoriales durante el almacenamiento refrigerado (Sallam, 2007b).

Hay escasa bibliografía disponible sobre los efectos inhibitorios de los ácidos orgánicos en la germinación y crecimiento de patógenos durante la refrigeración continua de alimentos (Thippareddi, 2004; Juneja y Thippareddi, 2004).

El principio básico fundamental del modo de acción del ácido es que en su estado no disociado es capaz de penetrar la pared

celular microbiana para interrumpir la fisiología normal de la célula (Gauthier, 2005). Los ácidos pueden acumularse dentro de la célula reduciendo el pH interno. Esta disminución del pH desestabiliza las proteínas de la célula (Gravesen *et al.*, 2004; Breidt, Jr., Hayes y McFeeters, 2004; Price-Carter y col., 2005). Se han identificado efectos específicos adicionales de ácidos orgánicos en la célula bacteriana que varían de acuerdo con el tipo y la concentración de ácido. Estos incluyen la inhibición de enzimas metabólicas celulares tales como proteínas de transporte de membrana y quelación de iones metálicos (Díez-González y Russell, 1997; Krebs, Wiggins y Stubbs, 1983; Shelef, 1994).

Las diferentes sustancias antimicrobianas disponibles afectan a una gama de actividades y estructuras celulares, que van desde la membrana citoplasmática a las funciones respiratorias, producción de enzimas y componentes genéticos (Cloete, 2003). En cualquier organismo es esencial que se mantenga un pH intracelular estable para las funciones celulares normales como la expresión génica, la actividad de síntesis de proteínas y enzimas (Plumridge y col., 2004; Barbosa-Cánovas y col., 2003; Russell, 2003; Gauthier, 2005).

Se han encontrado variaciones en el efecto antimicrobiano de ácidos orgánicos y sus sales en pescado, que dependen de varios factores, incluyendo la concentración de ácido orgánico, tiempo de inmersión, las especies de peces, grado de contaminación y la condición de almacenaje (Sallam, 2007a; Boskou y Debevere, 2000). La inmersión de rodajas de salmón en soluciones acuosas (2,5%) de sales de sodio de ácidos orgáni-

cos es generalmente útil contra la proliferación de distintos microorganismos. Esto retrasa la oxidación lipídica y por lo tanto extiende la vida útil del producto durante el almacenamiento refrigerado y puede ser utilizado como conservante orgánico seguro (Sallam, 2007a, Sallam, 2007b).

El objetivo general de este trabajo es analizar el efecto del tratamiento combinado de la salazón con aplicación de diferentes agentes acidificantes de origen orgánico de diferentes ácidos orgánicos en la conservación de pejerrey dulceacuícola (*Odontheistes bonariensis*), con caracteres sensoriales aceptables, mediante el empleo de métodos combinados de preservación. El trabajo se orienta a minimizar el crecimiento de microorganismos patógenos, controlando además el deterioro alterativo, sin una alteración negativa de la percepción sensorial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se condujeron sobre ejemplares de pejerrey fresco, adquiridos en el Mercado Central de Buenos Aires, procedentes de Trenque Lauquen Provincia de Buenos Aires. Los pescados se transportaron desde su origen conservados con hielo en escamas, en recipientes térmicos de 25 litros de capacidad cada uno. Los ejemplares se filetearon manualmente en el laboratorio y se almacenaron bajo refrigeración en recipientes con sello hermético. Para el presente trabajo, se emplearon 7 muestras.

Los filetes obtenidos fueron expuestos a diferentes tratamientos tecnológicos, para

lo cual se expusieron a sal común a dos concentraciones, 15 y 25% (p/v) y a la acción de los siguientes ácidos: ascórbico, sórbico y láctico (preparado a partir de lactato de sodio), cada uno en concentraciones

de 1 y 5% (v/v). Los métodos se realizaron en forma combinada de manera tal que los filetes se trataron con diferentes salmueras (Tabla 1).

Tratamiento	NaCl, %(p/v)		
	0	15	25
Sin ácido	X ^(*)	X	X
A. láctico al 1% (v/v)	X	X	X
A. láctico al 5% (v/v)	X	X	X
A. sórbico al 1% (v/v)	X	X	X
A. sórbico al 5% (v/v)	X	X	X
A. ascórbico al 1% (v/v)	X	X	X
A. ascórbico al 5% (v/v)	X	X	X

(*) *Ensayo de control*

Tabla 1. Tratamiento con diferentes salmueras

Para ello, las soluciones se colocaron dentro de los recipientes conteniendo los filetes en cantidad suficiente para cubrir las piezas de manera tal de obtener una relación 1:3 entre el filet y de la salmuera de tratamiento. Para asegurar una correcta penetración del ácido, se sometieron a ciclos alternos de presión y vacío. Para ello se colocaron los filetes en desecadores de vidrio conectados a bomba de vacío y se aplicaron dos ciclos de 10 minutos de vacío a 50 mbar alternados con un ciclo de tratamiento a presión atmosférica durante 10 minutos, siendo luego almacenados bajo refrigeración a 4°C hasta su análisis microbiológico y organoléptico.

Para determinar la durabilidad del pescado se analizaron los filetes desde el punto de vista microbiológico. Para ello se pesó una muestra de 10 gramos de músculo del

pescado sin tratar y de los filetes sometidos a los diferentes tratamientos. Se colocó en bolsas con 90 ml de agua de peptona 0.1% (p/v) y se sometió el conjunto a la acción del homogenizador (Interscience, Francia) por el término de 12 segundos. Posteriormente se realizaron diluciones decimales desde 10^{-1} a 10^{-6} , las que fueron homogeneizadas con agitador vórtex (Decalab, Argentina) para luego realizar las siembras en profundidad requeridas.

Se realizó el recuento de microorganismos mesófilos aerobios: para ello se utilizó como medio de cultivo agar para recuento en placa (P.C.A) en doble capa, el que se incubó a 35°C, durante 48 h.

Las muestras se procesaron por triplicado y se realizó un seguimiento de las mismas por los períodos señalados precedentemente.

Para cada conteo, se denomina x_{tdr} al valor obtenido para el tratamiento t ($t = 1, 2, \dots, 20$), el día d ($d = 1, 2, \dots, 7$) y la réplica r ($r = 1, 2, 3$).

Se promedian las 3 replicas y se calcula el logaritmo decimal de este promedio, es decir que se define la variable:

$$y_{td} = \log_{10} \left(\frac{1}{3} \sum_{r=1}^3 x_{tdr} \right)$$

Para cada conteo se establece un tope admisible C, que es 10^6 UFC/g para mesófilos aerobios y 10^3 para coliformes (Mossel, 2003).

A efectos de complementar los estudios microbiológicos, se realizó el seguimiento de la vida útil del producto mediante la evaluación sensorial según tablas por deméritos elaboradas para esta especie. Para el desarrollo de las mismas se tomó como base el esquema de Larsen *et al.* (FAO, 1995) y se adaptó, considerando parámetros de calidad del análisis organoléptico general y particular, los que comprendieron la evaluación de la apariencia general, textura, color y consistencia. La Tabla 2 muestra los parámetros evaluados y el sistema de puntuación empleado para cada atributo.

Organolepsia general	Piel	0: Brillante resplandeciente
		1: Desvanecida o ligeramente opaca
		2: Opaca
	Línea lateral	0: Plateada
		1: Plateada desvanecida
		2: Blanquecina
	Textura	0: Elástica
		1: Firme
		2: Flácida
	Desprendimiento de escamas al pasar el dedo a contraescama	0: Escasa
		1: Manifiesta
		2: Abundante
	Olor	0: Agradable a neutro
		1: Ligeramente ácido
		2: Intenso, desagradable
Organolepsia particular	Color del músculo perivertebral	0: Blanco perlado
		1: Blanco mate
		2: Blanco grisáceo, opaco
	Textura del músculo perivertebral	0: Elástico a la tracción
		1: Firme a la tracción
		2: Se desgarran a la tracción

Tabla 2. Esquema para la evaluación sensorial de los filetes

El índice de calidad surge de la suma de los puntajes asignados por el evaluador a cada parámetro, de tal forma que en este caso el puntaje de máxima frescura corresponde a una suma de 0 puntos, en tanto que al sumar deméritos, puntajes de 12 o superior determinarían calidad inaceptable.

Para la evaluación sensorial primeramente se entrenó a cinco evaluadores en los criterios a evaluar mediante mostraciones de ejemplares fileteados a diferentes estadíos de su durabilidad y luego se condujeron ensayos a ciegas para su análisis en forma grupal. Una vez acordados los criterios de evaluación para de cada categoría, en otra instancia se sometieron las muestras a análisis individual. La puntuación se llevó a cabo en cada una de las muestras tratadas, por duplicado, a los 1, 3, 5 y 7 días. (FAO, 1995; FAO 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 puede observarse el desarrollo de los microorganismos mesófilos aerobios para el producto conservado a 4°C tratado con NaCl. A partir de las experiencias realizadas, se observó que la durabilidad mínima se registró para el filete sin tratamiento, el que resultó aceptable hasta cuatro días post fileteado manual, considerando como valor de aceptabilidad

un valor de 10⁶ UFC/g en conjunción con caracteres organolépticos de textura, aroma y color.

El uso de soluciones con ácido láctico al 1% (v/v), no mostró efectos significativos en la prolongación de la durabilidad, la que inclusive mostró una reducción no significativa, atribuible a error del propio método. En tanto, la aplicación de ácido láctico al 5%(v/v) permitió alargar la durabilidad por dos días, con una menor evolución de aromas amoniacales y preservación de la textura. El efecto del ácido láctico se manifestó con alargamiento de la fase lag, tal como se ha observado en otras matrices cárnicas (Prasai *et al.*, 1992) y su menor efecto pareciera deberse casi únicamente a un efecto bacteriostático, más que bactericida.

El empleo de ácido sórbico a dos concentraciones, en cambio mostró un alargamiento significativo de la durabilidad del producto al doble de su vida útil al aplicar las soluciones al 5% y en un 50% de la vida útil para la concentración más baja. En coincidencia con los efectos informados de algunos ácidos orgánicos, entre los que se halla el ácido sórbico, pudo observarse un efecto más drástico, que puede atribuirse a la acción bactericida de este tipo de compuestos (Smulders y Greer, 1998).

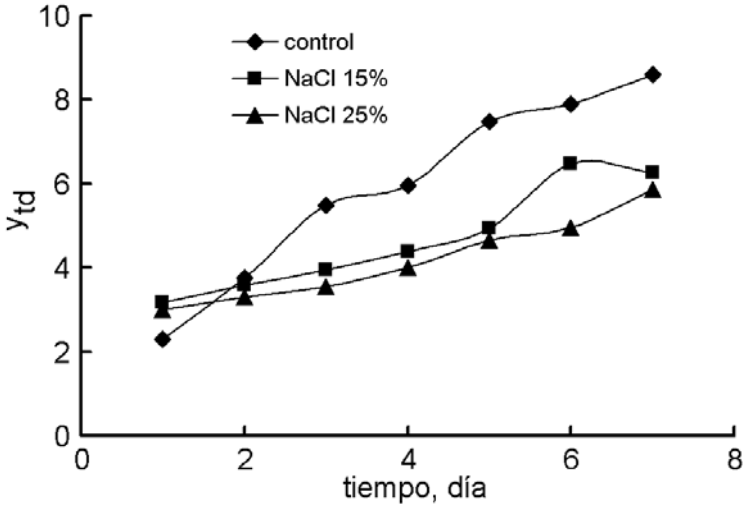


Figura 1. Recuento de mesófilos aerobios en filete fresco de pejerrey sometido a diferentes tratamientos con NaCl.

Las determinaciones de los caracteres organolépticos resultaron complementarias a la de los análisis microbiológicos (Figura 2). Resulta de especial interés indicar que los filetes tratados con ácidos, indistintamente de su naturaleza o concentración, preservaron sus caracteres organolépticos durante mayor cantidad de días a nivel aceptable, en particular para el aroma, en algunos casos manteniendo cualidades aceptables una vez definido el decomiso de la pieza por su recuento de mesófilos aerobios. A pesar de que la textura se conservó, sus características permitieron definir el

final de la vida útil el que se decidió sobre la base de los parámetros microbiológicos como criterio fundamental. Desde el punto de vista del contralor higiénico de este tipo de productos y sobre la base de los resultados obtenidos, la organolepsia no sería el criterio de elección para la definición de la vida útil para el producto tratado con ácidos en vistas que, como se señaló precedentemente, algunos ejemplares preservaron características organolépticas aceptables por mayor tiempo que un recuento tolerable de microorganismos indicadores (mesófilos aerobios y coliformes).

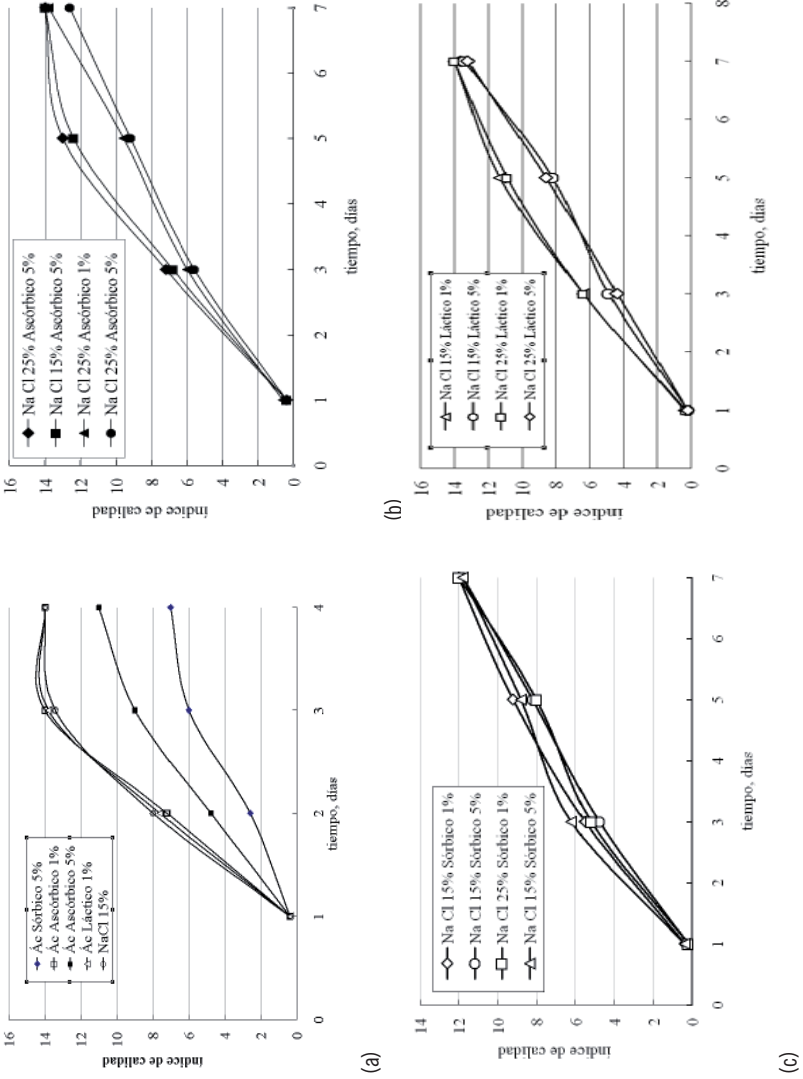


Figura 2. Evolución del índice de calidad para filete de pejerrey sometido a diferentes tratamientos: (a) Tratamiento con un solo conservante; (b), (c) y (d) Tratamientos combinados NaCl-ácido orgánico.

Se define para cada tratamiento, la duración como el tiempo T_t que tarda el conteo en alcanzar el tope C (10^6 UFC/g). En la Tabla 3 se presentan, ordenados de mayor a menor los valores de la variable T_t , resultante del recuento de bacterias mesófilas. En la misma tabla se informan los valores de la constante de la cinética de crecimiento exponencial (cinética de primer orden), que muestra la influencia de cada uno de los tratamientos sobre el desarrollo de esta etapa.

En las Figuras 3 y 4 puede verse la influencia de cada una de las sustancias

ensayadas y la combinación de las mismas sobre la cinética de crecimiento en el periodo de crecimiento exponencial. En cada caso los mejores comportamientos se observan cuando se utiliza solo NaCl, ácido sórbico y ácido ascórbico como producto conservante, lográndose reducciones de la constante cinética al aumentar la concentración utilizada en la solución. Cuando se utilizan simultáneamente alguno de los ácidos orgánicos y NaCl, el valor de k tiende a estabilizarse, sugiriendo que la presencia de NaCl reduce el efecto bactericida de los ácidos orgánicos.

Tratamiento	T_t , días	k , día ⁻¹
Ácido sórbico, 5%	9.14	0.261
Acido ascórbico, 5%	8.01	0.505
Cloruro de sodio, 25%	7.41	0.399
Cloruro de sodio, 25% con ácido sórbico, 1%	7.18	0.858
Cloruro de sodio, 25% con ácido sórbico, 5%	7.08	0.609
Cloruro de sodio, 25% con ácido ascórbico, 1%	7.06	0.882
Cloruro de sodio, 25% con ácido ascórbico, 5%	7.06	0.883
Cloruro de sodio, 15% + ácido sórbico, 1%	6.28	0.491
Cloruro de sodio, 15% + ácido sórbico, 5%	6.28	0.383
Ácido sórbico, 1%	6.14	0.850
Cloruro de sodio, 15% + con ácido láctico, 5%	6.02	0.726
Cloruro de sodio, 25% con ácido láctico, 5%	5.75	0.579
Cloruro de sodio, 15%	5.70	0.432
Cloruro de sodio, 25% con ácido láctico, 1%	5.65	0.728
Cloruro de sodio, 15% + ácido láctico, 1%	5.13	0.801
Cloruro de sodio, 15% + ácido ascórbico, 5%	4.88	0.871
Cloruro de sodio, 15% + ácido ascórbico, 1%	4.46	0.990
Control	4.03	1.254
Acido láctico, 1%	4.00	0.790
Acido láctico, 5%	3.79	0.666
Acido ascórbico al 1%	3.46	0.837

Tabla 3. Duración del producto y constante cinética de crecimiento en el período exponencial.

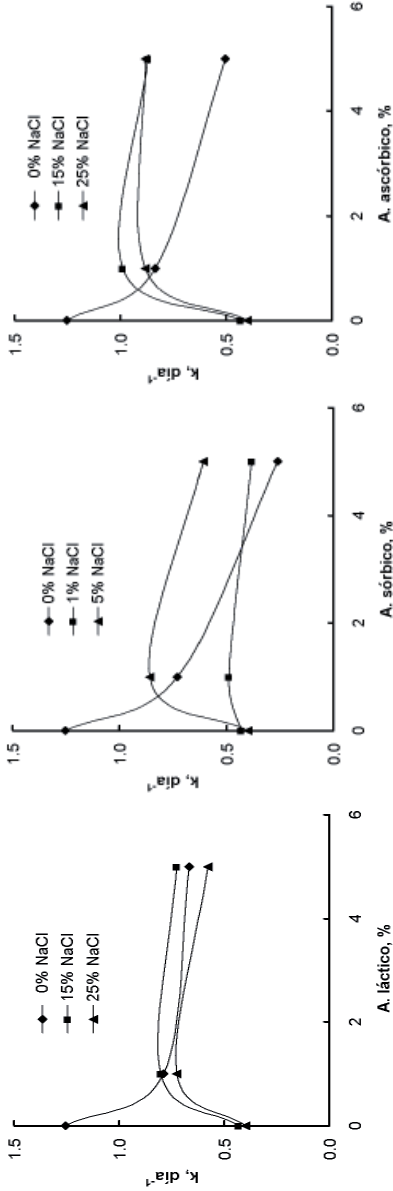


Figura 3. Influencia de la concentración de ácidos orgánicos en la cinética de crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en presencia de NaCl a distintas concentraciones.

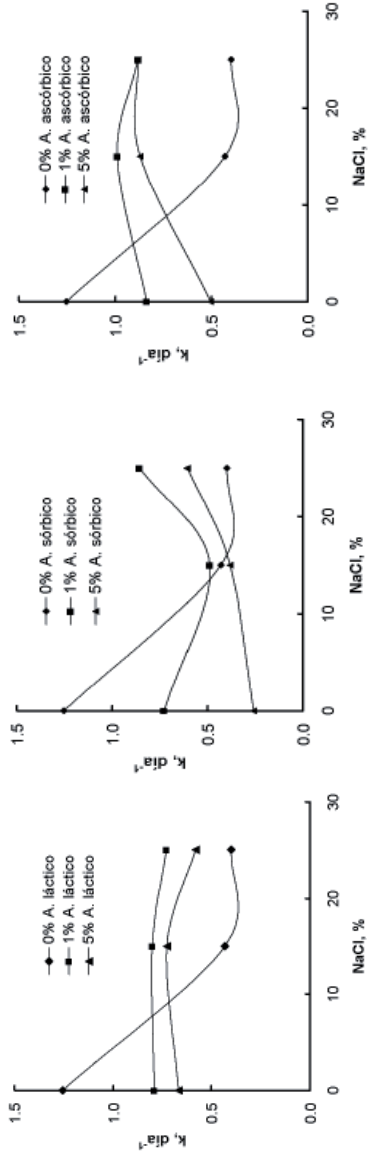


Figura 4. Influencia de la concentración de NaCl en la cinética de crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en presencia de ácidos orgánicos a distintas concentraciones.

CONCLUSIONES

Con los tratamientos ácido sórbico al 5%, ácido ascórbico al 5%, cloruro de sodio al 25% + ácido sórbico al 1%, cloruro de sodio al 25% + ácido sórbico al 5% y cloruro de sodio al 15% + ácido sórbico al 5% se obtiene una duración superior a 6 días, es decir que, con estos tratamientos, durante los primeros 6 días no se alcanzan los topes de 10^3 y 10^6 en el recuento de bacterias coliformes y mesófilas.

Con los tratamientos ácido láctico al 1%, ácido láctico al 5% o ácido ascórbico al 1% se obtienen los peores resultados, con duraciones de a lo sumo 4 días para el recuento de mesófilas y de menos de 3 días para el recuento de coliformes.

Los tratamientos solo con ácido sórbico al 5%, ácido ascórbico al 5%, cloruro de sodio al 25% están entre los que han dado mejores resultados, sugiriendo que la presencia de NaCl reduce el efecto bactericida de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bailly, M. 2002. Production of organic acids by bipolar electrodialysis: Realizations and perspectives. *Desalination* 144:157–162.
- Barbosa-Cánovas, G.V., Fernández-Molina, J.J., Alzamora, S.M., Tapia, M.S., López-Malo, A. y Chanes, J.W. 2003. General considerations for preservation of fruits and vegetables. In: *Handling and Preservation of Fruits and Vegetables by Combined Methods for Rural Areas*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Bjornsdottir, K., Breidt, F., Jr., and McFeeters, R.F. 2006. Protective effects of organic acids on survival of *Escherichia coli* O157:H7 in acidic environments. *Applied and Environmental Microbiology* 72:660–664.
- Boskou, G. y Debevere, J. 2000. Shelf life extension of cod fillets with an accurate buffer spray prior to packaging under modified atmosphere. *Food Additives and Contaminants* 17:17–25.
- Breidt, F., Jr., Hayes, J.S. y McFeeters, R.F. 2004. Independent effects of acetic acid and pH on survival of *Escherichia coli* in simulated acidified pickle products. *Journal of Food Protection* 67:12–18.
- Brul, S., Klis, F.M., Oomes, S.J.C.M., *et al.* 2002. Detailed process design based on genomics of survivors of food preservation processes. *Trends in Food Science and Technology* 13:325–333.
- Chikthimmah, N., LaBorde, L.F. y Beelman, R.B. 2003. Critical factors affecting the destruction of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider treated with fumaric acid and sodium benzoate. *Journal of Food Science* 68:1438–1442.
- Cloete, T.E. 2003. Resistance mechanisms of bacteria to antimicrobial compounds. *International Biodeterioration and Biodegradation* 51:277–282.

- Diez-Gonzalez, F. y Russell, J.B. 1997. The ability of *Escherichia coli* O157:H7 to decrease its intracellular pH and resist the toxicity of acetic acid. *Microbiology* 143:1175–1180.
- Doores, S. 1993. Organic acids. In: A.L. Branen y P.M. Davidson (Eds.), *Antimicrobials in Foods* 2nd ed., pp. 95–136. New York: Marcel Dekker.
- El-Ziney, M.G., De, M.H. y Debevere, J.M. 1997. Growth and survival kinetics of *Yersinia enterocolitica* IP 383 0:9 as affected by equimolar concentrations of undissociated short-chain organic acids. *International Journal of Food Microbiology* 34:233–247.
- Fang, T.J. y Tsai, H.C. 2003. Growth patterns of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef treated with nisin, chelators, organic acids and their combinations immobilized in calcium alginate gels. *Food Microbiology* 20:243–253.
- FAO, 1995. Code of conduct for responsible fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-103834-5
- FAO, 1998. El pescado fresco: su calidad y cambios en su calidad. Documento Técnico de Pesca nº 348. Huss, H. (Ed.) ISBN 92-5- 303507- 2.
- Food Additives World. 2008. Preservatives. <http://www.foodadditivesworld.com/> (Accessed 15 June 2009).
- Gauthier, R. 2005. Organic acids and essential oils, a realistic alternative to antibiotic growth promoters in poultry. I Forum Internacional de avicultura 17–19 August 2005, pp. 148–157.
- Gravesen, A., Diao, Z., Voss, J., Budde, B.B. y Knochel, S. 2004. Differential inactivation of *Listeria monocytogenes* by D- and L-lactic acid. *Letters in Applied Microbiology* 39:528–532.
- Jordan, K.N., Oxford, L. y O’Byrne, C.P. 1999. Survival of low-pH stress by *Escherichia coli* O157:H7: Correlation between alterations in the cell envelope and increased acid tolerance. *Applied and Environmental Microbiology* 65:3048–3055.
- Juneja, V.K. y Thippareddi, H. 2004. Inhibitory effects of organic acid salts on growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula during chilling of marinated ground turkey breast. *International Journal of Food Microbiology* 93:155–163.
- Jung, Y.S. y Beuchat, L.R. 2000. Sensitivity of multidrug-resistant *Salmonella typhimurium* DT104 to organic acids and thermal inactivation in liquid egg products. *Food Microbiology* 17:63–71.
- Krebs, H.A., Wiggins, D. y Stubbs, M. 1983. Studies on the mechanism of the antifungal action of benzoate. *Biochemical Journal* 214:657–663.
- Lambert, R.J.W. y Bidlas, E. 2007. An investigation of the Gamma hypothesis: A predictive modelling study of the effect of combined inhibitors (salt, pH and weak acids) on the growth of *Aeromonas hydrophila*. *International Journal of Food Microbiology* 115:12–28.
- Livingston, M., Brewer, M.S., Killifer, J., Bidner, B. y McKeith, F. 2004. Shelf life characteristics of enhanced modified atmosphere packaged pork. *Meat Science* 68:115–122.
- Mollaret, H.E. y Thal, E. 1974. “*Yersinia*”. In *Bergey’s Manual of Determinative Bacteriology*, ed. R.E. Buchanan y N.E. Gibbons, pp. 330-332. Baltimore, MD: Williams and Wilkins.
- Mossel, D. A.A.; Moreno, B.; Struijk, C. B. 2003. *Microbiología de los Alimentos*, 2da edición. Editorial Acribia, Zaragoza.

- Namazian, M. y Halvani, S. 2006. Calculations of pKa values of carboxylic acids in aqueous solution using density functional theory. *The Journal of Chemical Functional Dynamics* 38:1495–1502.
- Nykänen, A., Lapveteläinen, A., Kallio, H. y Salminen, S. 1998. Effects of whey, whey-derived lactic acid and sodium lactate on the surface microbial counts of rainbow trout packed in vacuum pouches. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 31:361–365.
- Piper, P., Calderon, C.O., Hatzixanthis, K. y Mollapour, M. 2001. Weak acid adaptation: The stress response that confers yeasts with resistance to organic acid food preservatives. *Microbiology* 147:2635–2642.
- Plumridge, A., Hesse, S.J., Watson, A.J., Lowe, K.C., Stratford, M. y Archer, D.B. 2004. The weak acid preservative sorbic acid inhibits conidial germination and mycelial growth of *Aspergillus niger* through intracellular acidification. *Applied and Environmental Microbiology* 70:3506–3511.
- Prange, A., Birzele, B., Hormes, J. y Modrow, H. 2005. Investigation of different human pathogenic and food contaminating bacteria and moulds grown on selenite/selenate and tellurite/tellurate by X-ray absorption spectroscopy. *Food Control* 16:723–728.
- Prasai, R.K., Accuff, G.R., Lucia, L.M., Morgan, J.B. & Savell, J.W.(1992) Microbiological effects of acid decontamination of pork carcasses at various locations in processing. *Meat Science*, 32, 413-423.
- Price-Carter, M., Fazio, T.G., Vallbona, E.I. y Roth, J.R. 2005. Polyphosphate kinase protects *Salmonella enterica* from weak organic acid stress. *Journal of Bacteriology* 187:3088–3099.
- Russell, J. 2003. Swiping pathogens. *National Provisioner* 217:63–69.
- Sabah, J.R., Juneja, V.K. y Fung, D.Y. 2004. Effect of spices and organic acids on the growth of *Clostridium perfringens* during cooling of cooked ground beef. *Journal of Food Protection* 67:1840–1847.
- Sallam, K.I. 2007a. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control* 18:566–575.
- Sallam, K.I. 2007b. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. *Food Chemistry* 101:592–600.
- Shelf, L.A. 1994. Antimicrobial effects of lactates: A review. *Journal of Food Protection* 57:4445–4450.
- Smulders, F.J. and Greer, G.G. 1998. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programmes for muscle foods: Prospects and controversies. *International Journal of Food Microbiology* 44:149–169.
- Smulders, F.J. y Greer, G.G. 1998. Integrating microbial decontamination with organic acids in HACCP programmes for muscle foods: Prospects and controversies. *International Journal of Food Microbiology* 44:149–169
- Tamblyn, K.C. y Conner, D.E. 1997. Bactericidal activity of organic acids in combination with transdermal compounds against *Salmonella typhimurium* attached to broiler skin. *Food Microbiology* 14:477–484.
- Zhuang, R-Y, Huang, Y-W. y Beuchat, L.R. 1996. Quality changes during refrigerated storage of packed shrimp and catfish fillets treated with sodium acetate, sodium lactate or propyl gallate. *Journal of Food Science* 61:244–261.