

Difusión de ácido cítrico en carne de conejo

Ochoa-Montes D.A*., Cerón-García A., Gómez-Salazar J.A., Sosa-Morales M.E.

Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. Campus Irapuato-Salamanca, Carretera Irapuato-Silao Km-9, Irapuato. Gto. México. C.P. 36500. dianiz_8a_090695@outlook.es
julian.gomez@ugto.mx

RESUMEN:

El consumo de carne de conejo es muy escaso en México a pesar de su sabor y buen contenido proteico. El marinado puede ser una opción para introducir esta carne en nuevos mercados y al mismo tiempo añadir valor a este alimento. El objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la difusión del ácido cítrico en muestras de carne de conejo durante el marinado ácido. Para este propósito, se prepararon soluciones ácidas de marinado con 1.5%, 2% y 0.5% de ácido cítrico. Todas las soluciones incluyeron 3 g de NaNO₂ y 140g de NaCl. Se sumergieron láminas de carne de conejo (5 x 3 x 1 cm) en cada solución (muestra 1: 5: solución) durante 120 minutos en baño estático, tomando muestras a 0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. El ácido cítrico se determinó mediante el método de piridina anhídrido acético. Las cinéticas se modelaron utilizando un modelo de difusión aplicando la segunda ley de Fick. El contenido de ácido cítrico aumentó en la carne a mayor tiempo de inmersión y concentración de ácido en las soluciones, llevando a las muestras a una deshidratación y aumento en su acidez..

Palabras clave: Cinéticas, ácido cítrico, deshidratación, marinado ácido, modelos de difusión.

ABSTRACT:

The consumption of rabbit meat is very scarce in Mexico despite its flavor and good protein content. Marinating can be an option to introduce this meat into new markets and at the same time add value to this food. The objective of this study was to investigate the effect of the diffusion of citric acid in samples of rabbit meat during the acid marinade. For this purpose, acidic marinade solutions with 1.5%, 2% and 0.5% citric acid were prepared. All solutions included 3 g of NaNO₂ and 140 g of NaCl. Rabbit meat slices (5 x 3 x 1 cm) were immersed in each solution (sample 1: 5: solution) for 120 minutes in a static bath, taking samples at 0, 15, 30, 45, 60, 90 and 120 minutes. . The citric acid was determined by the pyridine acetic anhydride method. The kinetics were modeled using a diffusion model applying the second law of Fick. The content of citric acid increased in the meat to a greater time of immersion and concentration of acid in the solutions, leading the samples to a dehydration and increase in their acidity..

Key words: Kinetics, citric acid, dehydration, acid marination, diffusion models.

Área: Cárnicos

INTRODUCCIÓN

La carne de conejo, a pesar de tener un precio altamente competitivo y alto contenido proteínico, sólo se consume de manera casual. Pese a que la Secretaría de Agricultura impulsa la producción de este producto, las empresas que producen y comercializan carne de conejo son pocas y sólo satisfacen el mercado local. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en México, del 2003 al 2013 se registró un crecimiento promedio anual de solo 0.42%, en contraste con otros países de América como Venezuela y Perú, quienes vieron aumentar su valor del 14-29% (TIERRA FÉRTIL, 2015). En México la explotación cunícola está encaminada a la producción de carne y piel, para lo cual se utilizan conejos de las razas California, Nueva Zelanda y Chinchilla, que cuando llegan a la madurez alcanzan en promedio un peso de 3 a 5 kg. Principalmente los productores cunícolas se encuentran en los estados de Hidalgo, México, Puebla, Tlaxcala, Michoacán, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, San Luis Potosí, Aguascalientes, Morelos, Veracruz y Distrito federal, entre otros (Tovar, 2013; Conchouso, 2011; SAGARPA, 2013). De allí, la importancia de que la industria cárnica mexicana pueda innovar en la elaboración de productos cárnicos del sector cunícola con mayor valor agregado, altos niveles de calidad y de competencia en los mercados internacionales.

Dentro de los procesos tecnológicos más utilizados para dar valor agregado a los productos cárnicos se encuentra el marinado. El término marinado se refiere al proceso mediante el cual se incorpora en la carne una solución acuosa u oleosa, que puede contener diferentes ingredientes y/o aditivos (sal, fosfato, proteína, ácidos orgánicos, otros),

con el objetivo de mejorar el sabor, dar suavidad u otro tipo de atributos como color, jugosidad e incremento de vida útil (Balmaceda, 2016). Los factores clave del marinado son la absorción y la retención, la primera se refiere a la salmuera absorbida justo después del proceso de marinado, mientras que la segunda se refiere a la salmuera absorbida y retenida después de 24 horas. Es claro que, en el marinado, la retención debe maximizarse para aumentar el rendimiento (Maddock et. al., 2012). El sumergir el músculo en un líquido trae como consecuencia, en la mayoría de los casos, que las capas superiores se ablandan y toman sabores más rápidos que el centro de este (Ríos et. al., 2002).

En la industria, los adobos se basan en ácidos débiles (ácido acético, láctico, cítrico, entre otros), generalmente complementados con cloruro de sodio (Goli et al., 2011). En la industria alimentaria la incorporación de ácido cítrico tiene diversas funciones dependiendo de aplicación particular, tales como poder acidulante, reguladora del pH, emulsificante y efectos organolépticos (Coello, 2009). En la industria de la carne se usa el ácido cítrico encapsulado para ayudar al desarrollo de color y sabor en productos como chorizos secos, productos de carne reestructurados, productos de carne semi cocidos y cocidos (López, 2004).

Para comprender mejor estos procesos se manejan los modelos matemáticos para describirlos y los fenómenos de transporte ocurridos durante dicho proceso, esto a partir de datos determinados experimentalmente. Los modelos nos permiten predecir, de una forma aproximada a la realidad, los comportamientos del proceso bajo condiciones diferentes (Gómez et. al., 2012).

En el presente trabajo, se estudió la difusión de ácido cítrico en la carne de conejo durante el proceso de marinado durante el tiempo de marinado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia Prima

Como materia prima se utilizó carne de conejo de raza California, adquirida en el Centro Nacional de Cunicultura ubicado en la ciudad de Irapuato. Se obtuvieron muestras de las piernas traseras de los conejos, en forma paralelepípedica (5 x 3 x 1 cm), haciendo el corte en la carne previamente congelada.

Tratamientos

Las muestras fueron sometidas a diferentes tratamientos en medio líquido. Estas fueron marinadas por inmersión en soluciones que contenían diferentes concentraciones de ácido cítrico (1.5%, 2% y 0.5%), con un agregado de 3g/l de NaNO_2 y 140g de NaCl por igual a las soluciones, manteniendo una temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 5$ en baño estático. A diferentes tiempos (0, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min) las muestras fueron retiradas de las soluciones de marinado.

Obtención de la curva patrón para determinación de ácido cítrico

Para determinar el contenido de ácido cítrico se realizó una curva patrón a partir de una solución que contenía una concentración de 100 ppm de dicho ácido (solución madre). Se tomaron diferentes alícuotas (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1 ml), se diluyeron y se determinó su concentración a partir del método piridina anhídrido acético seguido por Marrier et al. (1958)

Extracción y determinación de ácido cítrico

Pasado el tratamiento de marinado, se realizaron extractos de las muestras de carne a fin de determinar su contenido de ácido cítrico con el método de piridina anhídrido acético (Marrier et al, 1958). Para ello, se tomaron 7g de muestra triturada con 100 ml de agua destilada, esta se sometió a baño maría a 70°C por 30 minutos y posteriormente se aforó a 250ml. Finalmente, se filtró la solución, obteniendo así el extracto. A 1ml del extracto final se agregaron 1.3ml de piridina y 5.7ml de anhídrido acético, dejando reposar 30 min para reducir la temperatura de la reacción y se leyó su absorbancia con un espectrofotómetro Genesys 10S UV-VIS a 420 nm. A partir de las absorbancias obtenidas y la curva patrón se calcularon las concentraciones de ácido cítrico en cada muestra.

Determinación de humedad

Se realizó con 5 g de muestra previamente triturada. Esta se deshidrató en un horno Shel LAB a 100°C durante 24 horas hasta llegar a peso constante. Se determinó el contenido de humedad por cálculo (AOAC. 2000).

Modelización y cálculo de la difusividad

Para la modelización y cálculo del coeficiente de difusión del ácido cítrico en las muestras de carne de conejo, se usó un modelo difusivo a partir de la segunda ley de Fick (ecuación 1). Se consideró una geometría de lámina semi-infinita, resistencia externa despreciable y que las dimensiones de las muestras permanecían constantes durante todo el experimento.

$$\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} = D_e \left[\frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2} \right] \quad (1)$$

Una vez formulado el problema se obtuvo la ecuación de gobierno (ecuación 1), la condición inicial (ecuación 2) y las condiciones de contorno (ecuación 3 y ecuación 4).

$$C(x,0) = C_0 \quad (2) ; \quad \frac{\partial C}{\partial t}(x=0) = 0 \quad (3) ; \quad C(L) = C_e \quad (4)$$

En la resolución de la ecuación 1 considerando las condiciones mencionadas (ecuación 2, ecuación 3, ecuación 4), se obtiene una ecuación que permite calcular la concentración media de ácido cítrico en toda la muestra.

$$\frac{\bar{C}(0-L,t) - C_e}{C_0 - C_e} = 2 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{\lambda n L} e^{-D \lambda n^2 t} \quad (5)$$

Donde $\lambda n L = (2n+1) \frac{\pi}{2}$, n= 0.1.2....

De donde \bar{C} es el contenido medio de la sustancia que difunde, C_0 y C_e contenido inicial y de equilibrio de la sustancia que difunde. La bondad del ajuste de los datos experimentales al modelo (ecuación 5) se calculó mediante el porcentaje de varianza explicada.

$$\% \text{ var} = \left(1 - \frac{S_{yx}^2}{S_y^2} \right) \quad (6)$$

Donde. S_y^2 y S_{yx} son las desviaciones estándar de la muestra y de la correspondiente estimación, respectivamente.

$$S_y^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (C_{i\text{exp}} - \bar{C}_{\text{exp}})^2}{N-1} \right) ; \quad S_{yx}^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (C_{i\text{exp}} - C_{i\text{calc}})^2}{N-2} \right)$$

Donde $C_{i\text{exp}}$ es el valor experimental, \bar{C}_{exp} es el promedio de los valores experimentales, $C_{i\text{calc}}$ es el valor calculado por el modelo y N es el número de determinaciones (Mercier et al. 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad

El contenido de humedad experimental de las muestras durante el proceso de marinado se muestra en la Figura.1. Como se esperaba, cuanto más largo sea el tiempo de marinado, menor será el contenido de humedad. Además, se

observa que el contenido de humedad disminuye con el aumento de la concentración de ácido cítrico en la solución de marinado.

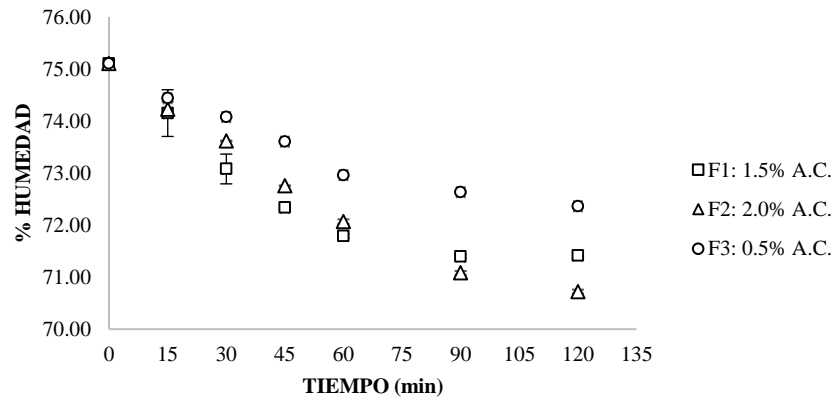


Figura 1. Contenido de humedad en láminas de carne de conejo marinadas a diferentes concentraciones de ácido cítrico

Contenido de ácido cítrico

El contenido de ácido cítrico en las muestras de carne de conejo durante el tiempo de marinado se presenta en la Figura 2. Se observa que la concentración del ácido cítrico aumentó al incrementar el tiempo de marinado, siendo este incremento más elevado los primeros 15 minutos de tratamiento para los tratamientos 1.5% y 2.0%. Igualmente, se puede observar un efecto de la concentración de ácido cítrico en la solución de marinado sobre el contenido de este en la carne de conejo, en donde una mayor penetración de dicho ácido orgánico se presentó al aumentar la concentración de la solución, sin embargo, se nota un similar comportamiento en la solución con 1.5% y 2% de ácido cítrico, logrando una pequeña diferencia en los 120 minutos. Contrario a la salmuera con 0.5% de ácido cítrico.

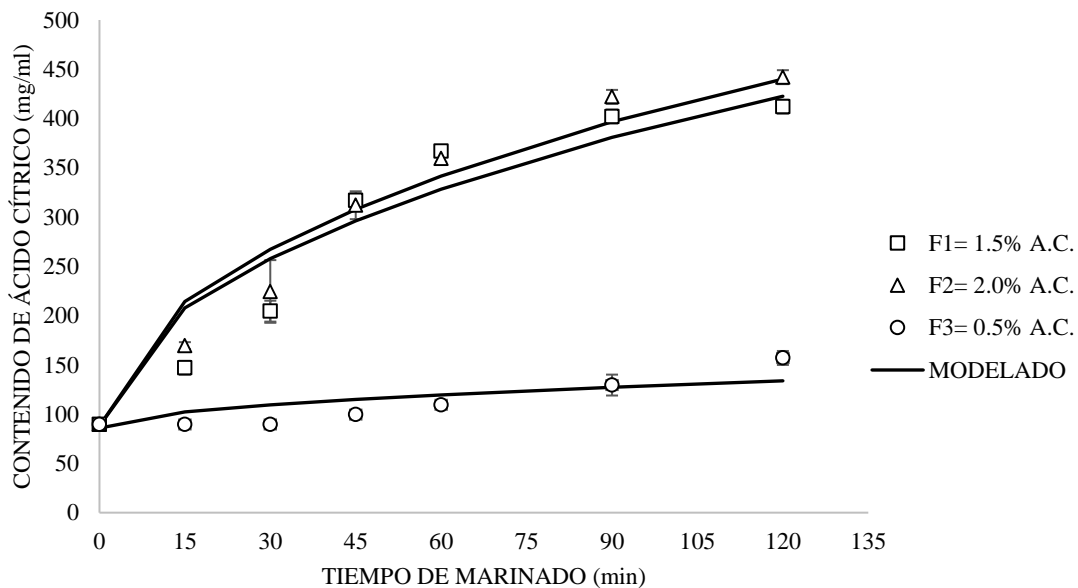


Figura 2. Cinéticas de penetración de ácido cítrico en láminas de carne de conejo marinadas a diferentes concentraciones de ácido cítrico.

Valores del coeficiente difusivo

Los valores del coeficiente difusivo se presentan en la Tabla 1, además del porcentaje de varianza para el ajuste de los modelos a los datos experimentales. Se observa que, al incrementar la concentración de ácido cítrico en las soluciones de marinado, también se incrementaron los coeficientes de difusividad efectiva de ácido cítrico. Por otro lado, se obtuvo un ajuste adecuado de los datos experimentales de ácido cítrico, en el experimental aplicando 1.5% y 2.0% de concentración, al modelo de Fick (Fig. 2), esto se confirma con los valores obtenidos en el porcentaje de varianza mayores a 90% (Tabla 1).

En la figura 3 se presentan los valores del coeficiente de difusión,

Por lo tanto, la concentración de este ácido debe ser elevada en la parte interna de las muestras de carne durante el tiempo de tratamiento.

Tabla 1. Coeficiente de difusión efectiva de ácido cítrico en carne de conejo. Efecto de la concentración de ácido cítrico.

Tratamiento (%/L)	De X 10 ⁷ (m ² /s)	±std X 10 ⁸	% Varianza
F1 1.5	0.102	0.0028	85
F2 2.0	3.598	1.096	90
F3 0.5	3.842	2.284	96

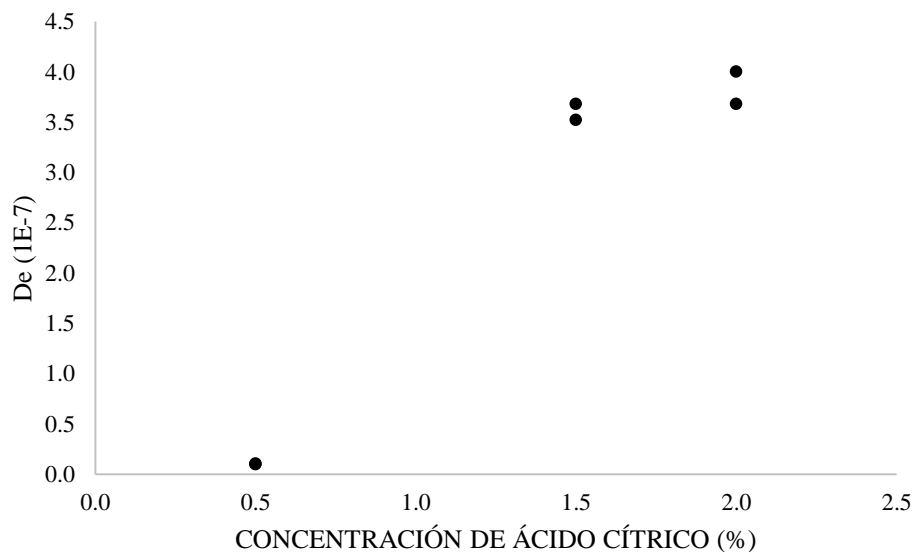


Figura 3. Coeficiente de difusión calculado a partir de las cinéticas realizadas con el marinado de conejo a diferentes concentraciones de ácido cítrico. Coeficiente de difusión del ácido cítrico.

Determinación de pH de la carne de conejo

En la Figura 4 se muestra el cambio de pH de las muestras de carne durante el marinado a diferentes concentraciones de ácido cítrico. Se observó el efecto del tiempo de marinado en el pH de la carne, este aumentó conforme se incrementó el tiempo de marinado. De igual forma la concentración de ácido cítrico en la solución de marinado afectó el pH de la carne, esto incrementó a mayor concentración de ácido cítrico, estos resultados se relacionan con los obtenidos de la Figura 3 mostrando que al momento de la difusión de ácido cítrico acidifica el interior de las muestras de carne.

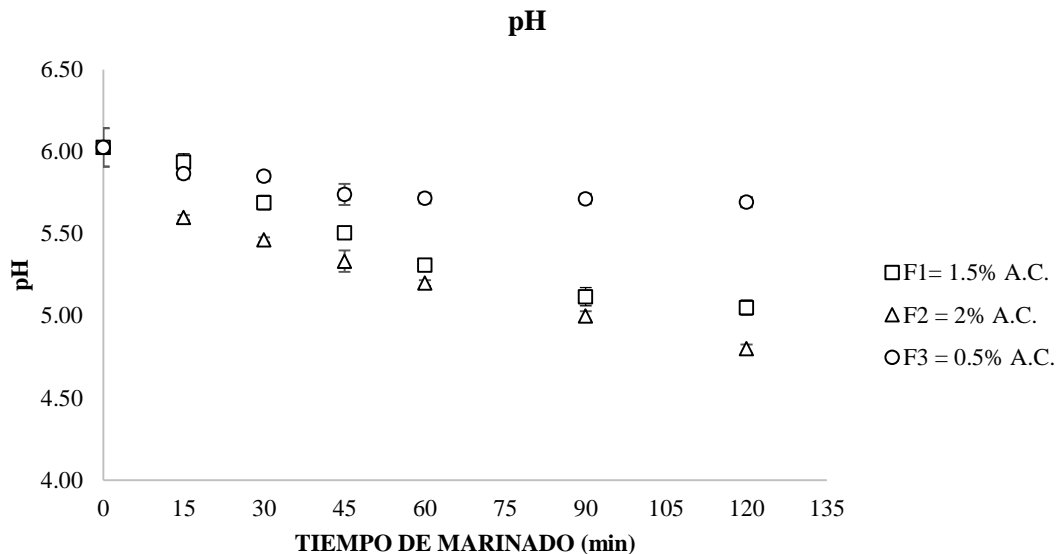


Figura 4. Cambio de pH durante el tiempo de marinado en carne de conejo a diferentes concentraciones de ácido cítrico.

CONCLUSIONES

- Cuanto más largo sea el tiempo de marinado, menor será el contenido de humedad. El contenido de humedad disminuye conforme va aumentando la concentración de ácido cítrico en la solución.
- La concentración del ácido cítrico aumentó al incrementar el tiempo de marinado. Se incrementó el contenido de ácido cítrico en el interior de las muestras de carne de conejo al aumentar la concentración de ácido en la solución de marinado.
- La concentración de ácido cítrico incremento los valores del coeficiente de difusión en el modelo. Se ajustó a los datos experimentales satisfactoriamente al modelo utilizado.
- El pH disminuye con el incremento de la concentración de ácido cítrico en la solución del tratamiento mostrando la acidificación interna de la carne durante los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. Official Methods of Analysis. (2000). EUA.
- Balmaceda, F. (2016) Desarrollo de un producto de fácil implementación para la empresa Rabbits de costa Rica a partir de carne cunícola (*Oryctolagus cuniculus*) empacada al vacío y listo para cocinar, con sus costos estimados y su ficha técnica confeccionada, Facultad de ciencias agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- Coello, J. (2009) Efecto de adición de ácido cítrico encapsulado y tiempo de ahumado en las propiedades sensoriales y físicas de chorizo semi seco, Zamorano, Honduras.
- Conchouso, P. (2011), Alternativa para la comercialización de la carne de conejo, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México.
- Goli, T., Bohuon, P., Ricci, J., Trystram, G., Collignan, A. (2011) Mass transfer dynamics the acidic margination of turkey meat, *Journal of Food Engineering*, Montpellier, France, pp 161-168.
- Gómez, J. (2012). Modelización de las cinéticas de difusión de nitrato de sodio y nitrato de sodio durante el salado de carne. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

- López, A. 2004 Biotecnología alimentaria, 1era edición, Limusa editorial. Mexico pp. 555.
- Maddock. M. (2012). Carnes marinadas. otra alternativa de carnes maduradas en el mercado. contexto ganadero.
- Marier J., Boulet M. (1958), Direct determination of citric acid in milk with an improved pyridine-acetic anhydride method, Division of Applied Biology, Ottawa, Canada.
- Mercier. S.. Villeneuve. S.. Mondor. M.. Moresoli. C.. Marcos. B. 2015. Modeling of the water absorption during the steeping of yellow peas. Food and Bioproducts Processing. 94. 20-28
- Ríos (2002), Marinadas en aves. tecnología e industria, (p. 1). Valera.
- SAGARPA (2013), Buscan productores tecnificar las granjas de conejo. Fecha de consulta: 04/04/18 <https://www.gob.mx/sagarpa/michoacan/es/articulos/buscan-productores-tecnificar-las-granjas-de-conejo-sagarpa?idiom=es>
- TIERRA FÉRTIL* (2015). Producción de conejo estancada en México. [Consulta el 18 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.tierrafertil.com.mx/produccion-de-conejo-estancada-en-mexico>
- Tovar, X., Sánchez S., Rodríguez N., Noguez J. (2013), Valor agregado en la cadena de producción cunícola, Ingeniería Agroindustrial/Laboratorio de Microbiología, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Tepatepec, Hidalgo, México, pp (84-89)