

ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE ALMACENAMIENTO DE CARNE DE RES Y DE CERDO CON DIFERENTE CONTENIDO GRASO

ESTIMATING SHELF LIFE ON BEEF AND PORK MEAT WITH DIFFERENT FAT CONTENT

María Isabel GONZÁLEZ H. M.Sc.^{1*}, César Augusto MESA G. I.A.¹, Oscar Albeiro QUINTERO C. I.A.¹

Recibido: Septiembre 25 de 2013. Aceptado: Octubre 20 de 2014

RESUMEN

Antecedentes: La estimación acertada de la vida útil del material cárnico es de gran relevancia para que las empresas definan su logística de abastecimiento. Conocer el efecto de la temperatura, la composición y el tiempo de almacenamiento sobre sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, permiten optimizar la gestión del almacenamiento y por lo tanto reducir pérdidas durante las etapas de suministro industrial. **Objetivos:** En el presente estudio se evaluó la vida útil de material cárnico de cerdo y res, en función de la temperatura, el tiempo de almacenamiento y su contenido graso. **Métodos:** Se desarrollaron modelos de superficie de respuesta para describir los efectos controlados de la temperatura y el tiempo de almacenamiento, sobre variables microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales, de carne deshuesada de res y cerdo con diferente contenido de grasa; el tiempo post-sacrificio fue evaluado como una covariable. Muestras con bajo contenido de grasa (entre 0 y 10%) y alto contenido de grasa (entre 20 y 30%), fueron empacadas en condiciones aeróbicas y almacenadas a temperaturas de -4, -2, 0, 4 y 8°C, entre 6 y 50 días, según la temperatura. Durante el tiempo de almacenamiento, se realizaron mediciones de variables fisicoquímicas (pH, cromas C_{ab}^* , tono h_{ab} , malondialdehído (MDA)), microbiológicas (recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales y enterobacterias) y sensoriales (olor y apariencia general). **Resultados:** El tiempo y la temperatura de almacenamiento fueron los factores más significantes, seguidos del contenido de grasa y el tiempo post-sacrificio. Las variables microbiológicas y sensoriales presentaron los cambios más significativos y se usaron para estimar la vida útil de las muestras evaluadas. A altas temperaturas de almacenamiento (8 y 4°C), no se encontraron diferencias significativas entre la estabilidad de la carne de res y cerdo, sin embargo, a bajas temperaturas (0, -2 y -4°C) la carne de cerdo fue mucho más estable que la de res. **Conclusiones:** Los abusos de temperatura (por encima de 4°C) disminuyen considerablemente la vida útil de la carne deshuesada; a bajas temperaturas de refrigeración (entre 0 y -4°C) es posible alcanzar tiempos de vida útil mayores, incluso superiores a 50 días de almacenamiento.

Palabras clave: Carne, microbiología, vida útil, fisicoquímicos, sensorial.

¹ Centro de investigación y Desarrollo Cárnico. Industria de Alimentos Zenú S.A.S. Grupo Nutresa. Cra 64C # 104-03. Medellín, Colombia.

* Autor a quien se debe dirigir la correspondencia: mgonzalez@zenu.com.co

ABSTRACT

Background: The successful estimation of the shelf life of the meat material is of great importance for the companies that define their supply logistics. Know the effect of temperature, composition and storage time on their physicochemical, microbiological and sensory characteristics, allow you to optimize the storage management and therefore reduce losses during the stages of industrial supply. **Objectives:** In the present study the material shelf life of pork and beef meat was evaluated, depending on the temperature, the storage time and its fat. **Methods:** Models were developed for response surface to describe the effects of controlled temperature and storage time on microbiological variables, physico-chemical and sensory, boneless beef and pork with a different fat content; the time post-sacrifice was evaluated as a covariate. Samples with low fat content (between 0 and 10 %) and high fat content (between 20 and 30 %), were packaged in aerobic conditions and stored at temperatures of -4, -2, 0, 4 and 8 °C, between 6 and 50 days, depending on the temperature. During the time of storage, measurements were made of physico-chemical variables (pH, Croma C[★]_{ab}, tone h_{ab}, malondialdehyde (MDA)) microbiological analysis (count of total aerobic mesophilic microorganisms and enterobacteria) and sensory evaluations (smell and general appearance). **Results:** Time and temperature of storage were the most significant factors, followed by the fat content and the time post-slaughter. The microbiological and sensory variables presented the most significant changes and were used to estimate the life of the samples. To high storage temperatures (8 and 4 °C), no significant differences were found in the stability of the beef and pork, however, at low temperatures (0, -2 and -4 °C) the pork was much more stable. **Conclusions:** The abuses of temperature (above 4 °C) significantly decrease the life of the boned meat; in addition to low temperatures of cooling (between 0 and -4 °C) it is possible to reach times of long life, even higher than the 50 days of storage.

Keywords: Meat, microbiology, shelf life, physicochemical, sensory.

INTRODUCCIÓN

La carne deshuesada refrigerada es altamente perecedera, su estabilidad depende de factores intrínsecos, como pH, Aw, composición y carga microbiana inicial; y extrínsecos, como el empaque y la temperatura de almacenamiento, que en últimas, se constituye en la condición más importante en su deterioro (1).

El uso industrial de carne deshuesada refrigerada, tiene varios beneficios, entre los que se destacan, ahorros energéticos en frío y reducción de las mermas por descongelación. Aunque la mayoría de países han establecido regulaciones con límites máximos de temperatura para almacenamiento en refrigeración, en la práctica, estos valores muchas veces son superados en cualquier etapa de la cadena de frío, dando lugar a una inesperada pérdida de calidad y una disminución significativa en su vida útil (2). La vida útil de alimentos, como la carne fresca, puede definirse como el tiempo máximo en el que los mismos mantienen sus cualidades nutricionales, sensoriales, microbiológicas y de inocuidad alimentaria por encima de un nivel considerado como aceptable por los consumidores (2).

El crecimiento microbiano, es la principal causa del deterioro de la carne almacenada a temperaturas de refrigeración; el tipo y el número de microorganismos, son factores importantes que inciden en la velocidad de alteración (3). Como consecuencia de ello, se presentan cambios sensoriales indeseables en el olor y la apariencia, que son determinantes en la aceptación y vida útil (4). Cuando la alteración microbiológica de la carne refrigerada es detectada por la aparición de olores, sabores o apariencia anómalos, normalmente desagradables, se dice a nivel general que tiene más de 10⁶ UFC/g; se acepta que recuentos de bacterias ácido lácticas por el orden de 10⁷ UFC/g, son el punto aproximado a partir del cual la carne presenta alteraciones (5).

La oxidación lipídica, es otra variable que puede afectar la vida útil de la carne, detectándose por cambios de sabor, color, textura, valor nutritivo y formación de posibles compuestos tóxicos (6). Esta alteración puede producirse como consecuencia no solo de los fenómenos de autooxidación (enranciamiento oxidativo), sino también como resultado de la acción de las lipasas microbianas (enranciamiento hidrolítico) (7). La preocupación sobre la oxidación de lípidos tiene relación con el hecho de

que derivados de esta reacción están implicados en el desarrollo del cáncer, disrupción de las membranas celulares (8), la inactivación de las enzimas y el daño de las proteínas (9). La oxidación de lípidos es una serie de reacciones químicas y bioquímicas que causan cambios en el tipo y concentración de especies moleculares presentes en el alimento como por ejemplo el Malondialdehído (10).

Durante los últimos años, han sido publicados un número importante de modelos matemáticos para el crecimiento de bacterias alterantes (11). Sin embargo, a pesar de este progreso, los modelos de deterioro siguen siendo una herramienta de investigación, en lugar de una aplicación industrial efectiva (12). Los modelos desarrollados se basan en observaciones realizadas con medios de cultivo y en ambientes controlados de laboratorio; estas predicciones no son necesariamente válidas en sistemas complejos de alimentos, ya que factores importantes como la estructura y la interacción entre microorganismos no son tenidos en cuenta.(13). La mayoría de los modelos han sido desarrollados y validados en condiciones estáticas de temperatura, sin embargo, en la práctica, ocurren frecuentemente fluctuaciones durante el almacenamiento y distribución (14).

En el presente estudio se desarrollaron modelos de superficie de respuesta, para describir bajo condiciones reales de procesamiento, los efectos de la temperatura, tiempo de almacenamiento y contenido de grasa, sobre el deterioro microbiológico, fisicoquímico y sensorial, de carne deshuesada de res y cerdo. Las variables más críticas en términos de estabilidad, fueron usadas para la determinación del tiempo de vida útil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de carne deshuesada

En la planta Alimentos Cárnicos S.A.S., Envidado, Colombia, se deshuesaron manualmente y con cuchillo de acero inoxidable siguiendo las normas de seguridad e inocuidad, canales de res y cerdo de tres lotes de producción independientes con tiempos post-sacrificio entre 3 y 6 días y 1 y 4 días respectivamente. Se recolectaron muestras de cortes con bajo (0-10%) y alto (20-30%) contenido de grasa. Todas las muestras presentaron condiciones de manipulación similar (sacrificio, transporte y deshuese); sin embargo, para efectos de la investigación la edad, dieta, sexo y raza se consideraron factores no controlables.

Condiciones de empaque y almacenamiento

La carne se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad (tasa de transmisión de oxígeno 2.739ml/m²/24h/atm a 30°C, 75% HR y tasa de transmisión de vapor de agua 4,7 g/m²/24h a 30°C, 90% HR), con pesos entre 250 y 300 g y se almacenaron a temperaturas de -4, -2, 0, 4 y 8°C, en cámaras Thermo Scientific, Model 815 (precisión de $\pm 0,1^\circ\text{C}$). Las muestras de 0, -4 y -2°C, fueron sometidas a un enfriamiento rápido después del deshuese. Cada tratamiento fue evaluado en 3 períodos de tiempo diferentes (Tabla 1), los tiempos fueron definidos de acuerdo a las experiencias previamente obtenidas de almacenamiento del producto y de acuerdo a los tiempos de interés de aplicación industrial, luego se realizaron evaluaciones adicionales para mejorar la estimación de los modelos en los límites.

Tabla 1. Tratamientos evaluados

T (°C)	Nivel de grasa	Frecuencia análisis (días)	
		Cerdo	Res
-4	Bajo	1, 29, 50	1, 14, 21
-2	Bajo	1, 14, 21	1, 8, 14
0	Bajo	1, 9, 14	1, 7, 9
4	Bajo	1, 6, 8	1, 5, 7
8	Bajo	1, 5, 6	1, 3, 6
-4	Alto	1, 29, 50	1, 14, 21
-2	Alto	1, 14, 21	1, 8, 14
0	Alto	1, 9, 14	1, 7, 9
4	Alto	1, 6, 8	1, 5, 7
8	Alto	1, 5, 6	1, 3, 6

Análisis microbiológico

Se hicieron conteos para el contenido de mesófilos viables (CMV) usando el equipo TEMPO® TVC de acuerdo a lo descrito en la ISO 4833 (15) en 40 horas y de enterobacterias usando el equipo TEMPO® EV, de acuerdo a la ISO 21528-2 (16) en 24 horas. Los resultados microbiológicos fueron reportados en unidades formadoras de colonias (UFC/g) y transformados en unidades logarítmicas (log UFC/g).

pH

Se homogenizaron 10 g de muestra con 100 mL de agua desionizada durante 2 min. El pH de la solución resultante se midió con un potenciómetro Microprocessor pH meter pH-211 Hanna Instruments®, provisto de una sonda de penetración

Hanna Part FC200B[®], previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4 y 7. Los resultados se reportaron como el promedio de dos lecturas.

Concentración de malondialdehído (MDA)

La determinación de la concentración de malondialdehído fue realizada empleando el Kit AldeSafe-TM[®]. El Kit mide el contenido de malondialdehído por la cuantificación de un complejo coloreado entre el malondialdehído y el indol; el malondialdehído determina el nivel de oxidación y la posibilidad de enranciamiento. En este Kit, el reactivo A es un solvente y el reactivo B es una solución acidificada de indol. Las determinaciones de los niveles de las especies reactivas del ácido tiobarbiturico (TBARS) y de peróxidos se realizaron basados en lo descrito en el método mencionado por Foo et al; 2006 (17). Para los análisis se realizó una dilución de $1,00 \pm 0,05$ g de muestra en relación 1:4 con el reactivo preparador, la dilución se homogenizó agitándola en un vórtex (Gran Bio PV-1[®]) durante 1 minuto, se calentó a 40°C durante 15 min, se filtró en una membrana (Schleicher and Schuell GmbH) a 600 mBar por 1 min y se tomó una alícuota de 400 μ l; a la cual le adicionaron los reactivos de detección, se incubó a 37°C por 20 min; finalmente las soluciones fueron leídas a 550 nm en el lector óptico (Analizador MicroChem[®], fuente Scientific). La curva de calibración fue preparada con estándares de 0; 0,03; 0,07; 0,16 y 0,32 mg/Kg bajo las mismas condiciones del ensayo, teniendo en cuenta que los coeficientes de correlación tenían que ser superiores a 0,99 para ser aceptables; la curva de calibración presentó un comportamiento lineal tal como se muestra en la ecuación 1. Los resultados fueron ajustados al factor de dilución empleado al preparar la muestra. Los resultados fueron reportados como el promedio de dos lecturas, en mg de MDA/Kg de muestra.

$$CM=0,008 + 0,4Abs \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde CM es la concentración de Malondialdehído/Kg de muestra y Abs es la absorbancia de la solución.

Color Instrumental

Las determinaciones de color se hicieron por espectrofotocolorimetría sobre la superficie de las piezas cárnicas utilizando un espectrofotocolorímetro Konica Minolta[®] CM-700d/600d con iluminante

D65, observador 10°, modo SCE, 8 mm de apertura del instrumento para iluminación, siguiendo la guía para medición del color de la American Meat Science Association (18).

Se determinaron el croma (C_{ab}^*) y el tono (h_{ab}), luego de 30 min de oxigenación. El croma (C_{ab}^*) se utiliza para determinar el grado de diferencia de un color en comparación a un gris con la misma claridad, y es considerado un atributo cuantitativo de visualización de la intensidad de un color. El tono (h_{ab}) es el atributo que ubica el color en los tonos tradicionalmente definidos como por ejemplo el rojizo y verdoso, este atributo está relacionado con las diferencias de absorbancia a diferentes longitudes de onda en el espectro visible (380-770nm), y se utiliza para definir la variación de un color a la misma referencia de la escala de grises; es considerado el atributo cualitativo de color (19).

El sistema de espacio de color CIELab, se calibró con un azulejo blanco (Dc: L = 97,79, a = -0.11, b = 2.69). Los resultados se expresaron, como el promedio de 10 lecturas aleatorias (20).

Análisis sensorial

Las muestras de carne fueron evaluadas por el grupo de jueces de análisis sensorial del Centro de Investigación y Desarrollo del Negocio Cárnico - Grupo Nutresa (Medellín, Colombia), entrenados según los lineamientos establecidos en las Normas Técnicas Colombianas NTC 4129 y NTC 4130 (21,22). Los atributos estudiados fueron: apariencia general y olor. Se utilizó una escala descriptiva de cinco puntos (23). Los niveles de la escala fueron: 1 = excelente (no hay diferencia respecto al patrón fresco); 2 = bueno (pero un poco diferente al patrón fresco); 3 = aceptable; 4 = diferente (poco aceptable respecto al patrón fresco); 5 = muy diferente (inaceptable respecto al patrón fresco). Los resultados se expresaron como el promedio obtenido de la evaluación de los jueces, teniendo presente que una puntuación superior a 3, es considerada como pérdida de la estabilidad sensorial del material.

Estimación de vida útil

La estimación del tiempo de vida útil, se determinó a partir de las variables más incidentes en el deterioro de las muestras, para ello se asignaron puntos de corte en los modelos de superficie de respuesta de las variables críticas y posteriormente se determinó el tiempo de deterioro.

Análisis estadístico

Cada una de las variables de respuesta fue evaluada mediante un análisis de regresión lineal múltiple con base en la metodología de modelos mixtos (23); adicionalmente se realizó un análisis de correlación, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, el cual es la medida de asociación más común, que permite establecer el nivel de relación existente entre el comportamiento de variables con escalas de medición diferentes (24). Los datos fueron procesados en el software libre R versión 2.14.0.

RESULTADOS

Análisis Microbiológicos

En la figura 1, se observa que el tiempo y la temperatura, tuvieron un efecto significativo en los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos totales de la carne deshuesada de res y cerdo; el contenido de grasa no tuvo influencia significativa en la carne de res, pero sí en la de cerdo, a bajas temperaturas (0, -2 y 4°C), los recuentos fueron significativamente mayores para un nivel de grasa entre 20-30%. En la carne de res, se obtuvo un recuento promedio inicial de 4.2 log UFC/g con un crecimiento lineal durante todo el tiempo de almacenamiento; en la de cerdo, los recuentos iniciales fueron menores que en la de res, 3.0 log UFC/g y 3.1 log UFC/g, para los niveles de grasa alto y bajo respectivamente. A bajas temperaturas (0, -2 y -4°C) la velocidad de crecimiento fue mayor en la carne de res; a altas temperaturas (4 y 8°C) el fenómeno fue inverso con un crecimiento más rápido en la carne de cerdo.

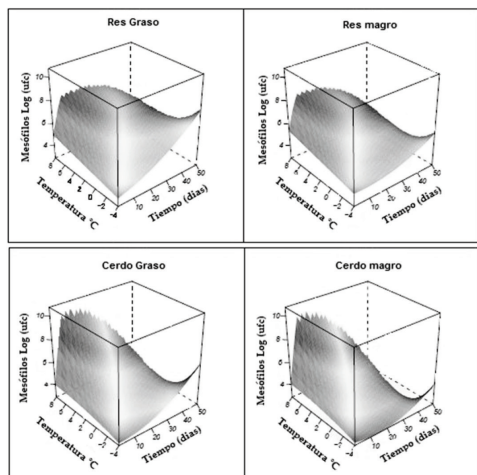


Figura 1. Superficies de respuesta. Recuento promedio de mesófilos aerobios totales en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

El tiempo y la temperatura de almacenamiento, afectaron significativamente los recuentos de enterobacterias en la carne deshuesada de res y cerdo tal como se observa en la figura 2.

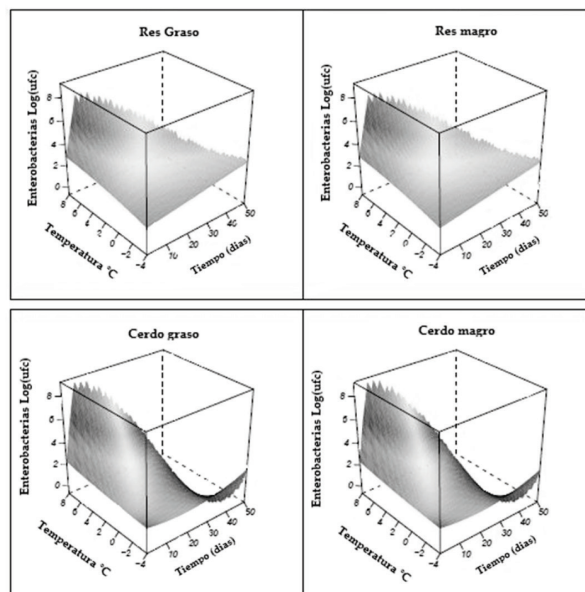


Figura 2. Superficies de respuesta. Recuento promedio de enterobacterias en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

El contenido de grasa solo tuvo efecto en la carne de res almacenada a bajas temperaturas (0, -2 y -4°C), el crecimiento fue un poco más lento en los niveles de grasa bajos (0-10%). El recuento inicial promedio de enterobacterias fue de 1.4 log UFC/g para la carne de res, 1.8 log UFC/g y 2.0 log UFC/g para la de cerdo con alto y bajo contenido de grasa respectivamente. A 8°C el crecimiento de enterobacterias fue muy acelerado y no se presentaron diferencias significativas entre la carne de res y cerdo; a 4°C, la velocidad de crecimiento fue ligeramente menor en la carne de res y almacenada a bajas temperaturas (0, -2 y -4°C), la carne de cerdo fue mucho más estable y presentó recuentos de enterobacterias significativamente menores a los encontrados en la carne de res.

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos se presenta en una análisis de superficie de respuesta como se describe en la ecuación 2.

$$\text{LOG UFC} = 4,218 + 0,258t + 0,1526T - 0,017 T^2 + 0,048 tT \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde t es el tiempo (min) y T es la temperatura de almacenamiento (°C).

Análisis sensorial

En la figura 3, se observa que el tiempo y la temperatura de almacenamiento, fueron los factores más incidentes respecto a los cambios de olor.

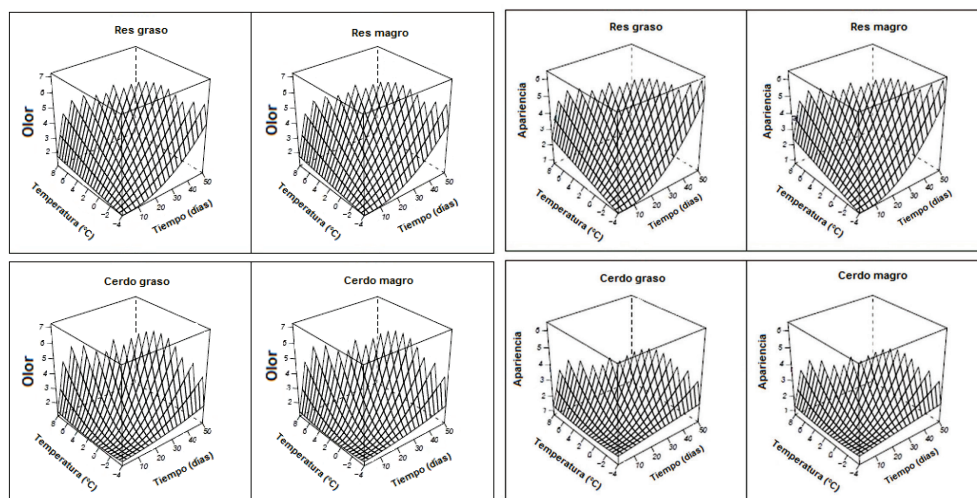


Figura 3. Superficies de respuesta. Olor y apariencia en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

El contenido de grasa no mostró ningún efecto sobre esta variable. A 8°C, los cambios en el olor fueron similares entre la carne de res y cerdo, sin embargo, en el resto de temperaturas evaluadas (4, 0, -2 y -4°C), el olor fue mucho más estable en la carne de cerdo.

La apariencia general fue afectada significativamente por el tiempo y la temperatura de almacenamiento, tal como se aprecia en la figura 3; el contenido de grasa no presentó un efecto significativo. La apariencia general de la carne de cerdo fue muy estable, incluso a altas temperaturas (4 y 8°C); la de res, por el contrario, presentó grandes cambios durante el tiempo de almacenamiento a las temperaturas de -2 y -4°C.

En la tabla 2, se reportan los coeficientes de correlación de Pearson de los cambios presentados respecto al olor y la apariencia general, se halló una correlación directa con los recuentos de microorganismos aerobios mesófilos totales y las enterobacterias; siendo un poco más alta en la carne de res.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables sensoriales y microbiológicas.

Variable	Coeficiente de Pearson	
	Mesofilos	Enterobacterias
Olor res	0,73	0,78
Olor cerdo	0,69	0,76
Apariencia res	0,75	0,80
Apariencia cerdo	0,61	0,65

Concentración de malondialdehído (MDA)

A nivel estadístico en la figura 4, se detectó que las concentraciones de malondialdehído determinadas a diferentes contenidos de grasa, temperaturas y tiempos de almacenamiento, fueron muy bajas (cercanas a 0), indicando un efecto insignificante de estas variables respecto al deterioro de las muestras.

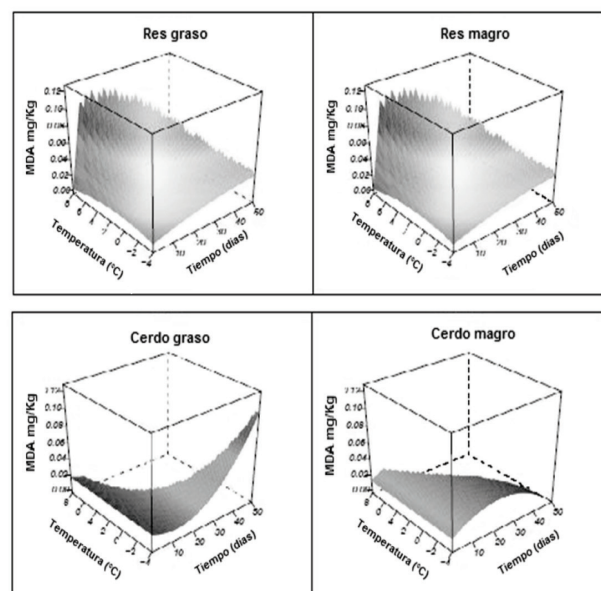


Figura 4. Superficies de respuesta. Concentración MDA en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

Color instrumental

El Croma (C^*_{ab}) obtenido en la carne de res con alto y bajo contenido de grasa, disminuyó significativamente y de manera lineal, en función del tiempo de almacenamiento; la temperatura no tuvo efecto significativo. En la carne de cerdo con alto contenido de grasa, el croma no se vio alterado significativamente por ninguno de los factores evaluados, sin embargo, la carne con bajo contenido de grasa, si presentó una disminución lineal del croma respecto al tiempo de almacenamiento; mientras que la temperatura no tuvo un efecto significativo, como se presenta en la figura 5.

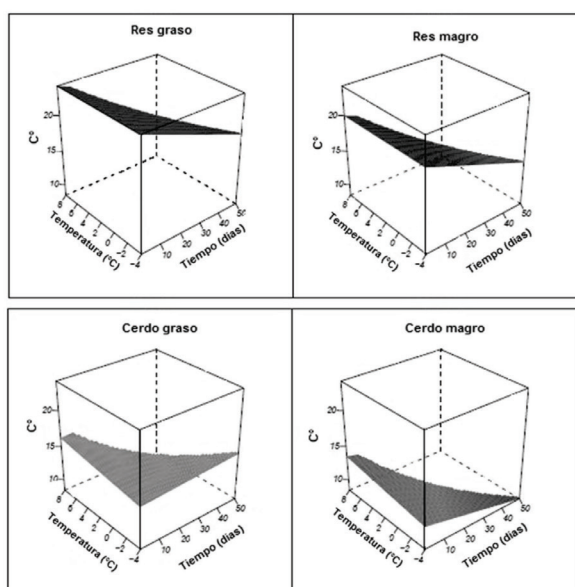


Figura 5. Superficies de respuesta. C^*_{ab} en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%)

En la figura 6, se observan las superficies de respuesta para el Tono (h_{ab}).

En la carne de res con alto contenido de grasa, el tono aumentó significativamente respecto al tiempo y la temperatura de almacenamiento; en la carne de res con bajo contenido de grasa el tiempo de almacenamiento no fue significativo y no se presentaron diferencias importantes entre las temperaturas de -4, -2 y 0°C, sin embargo, a temperaturas altas (4 y 8°C) los valores del tono si fueron significativamente mayores.

En la carne de cerdo, la temperatura no tuvo efecto significativo, pero el tiempo de almacenamiento y el tiempo post-sacrificio. El tono de la carne con alto contenido de grasa fue significativamente mayor al de la carne con bajo contenido de grasa.

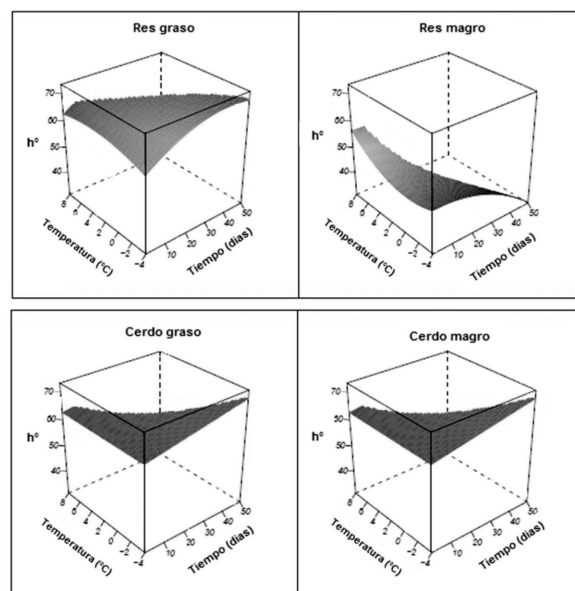


Figura 6. Superficies de respuesta. h_{ab} en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

pH

En la figura 7, se observa el comportamiento del pH. En la carne de res con alto contenido de grasa, el pH aumentó significativamente en las temperaturas altas, mientras que en las bajas (-2 y 4°C), los cambios fueron mínimos; la carne de res con bajo contenido de grasa, presentó incrementos significativos inclusive a bajas temperaturas de almacenamiento.

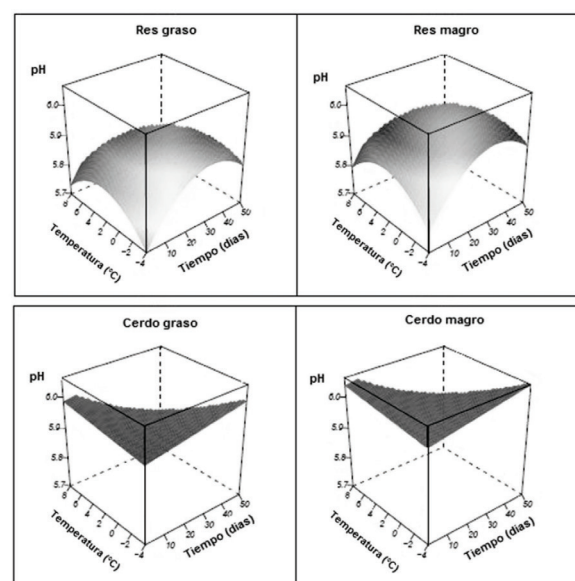


Figura 7. Superficies de respuesta. pH en carne de res y cerdo con diferente contenido de grasa: (20-30%) y (0-10%).

En la carne de cerdo, el pH se mantuvo prácticamente constante respecto al tiempo y la temperatura de almacenamiento; a nivel estadístico se presentó una diferencia poco significativa entre los niveles de grasa alto y bajo.

Estimación de vida útil

La estimación del tiempo de vida útil, se determinó a partir de las variables más influyentes en el deterioro de las muestras tales como recuento de mesófilos aerobios totales, recuento de enterobacterias, olor y apariencia general; se asignaron puntos de corte en los modelos de las variables críticas y se determinó el tiempo de vida útil. El comportamiento de la carne de res y cerdo con altos y bajos niveles de grasa, almacenadas a las diferentes se resume en la Tabla 3.

Tabla 3. Estimación de vida útil para carne de res y cerdo con alto (20-30%) y bajo (0-10%) contenido de grasa.

Muestra	T°	Variables críticas	Estimación vida útil (días)
Res	8°C	Enterobacterias y apariencia	2
Res	4°C	Enterobacterias y apariencia	4
Res	0°C	Mesófilos y Olor	> 9
Res	-2°C	Olor	17
Res	-4°C	Apariencia	36
Cerdo	8°C	Enterobacterias	2
Cerdo	4°C	Enterobacterias	4
Cerdo	0°C	Olor	> 14
Cerdo	-2°C	Olor	> 21
Cerdo	-4°C	Mesófilos y Olor	> 50

DISCUSIÓN

Análisis Microbiológico

La temperatura y el tiempo de almacenamiento presentaron efectos importantes sobre el crecimiento de microorganismos aerobios mesofilos y enterobacterias, lo cual es consecuente con estudios desarrollados en materiales cárnicos (5).

En la carne de res, el promedio inicial de mesófilos fue 4.2 log UFC/g; en la de cerdo los recuentos iniciales fueron inferiores 3.0 y 3.1 log UFC/g respectivamente. Para los niveles de grasa alto y bajo respectivamente, se reportan valores similares en carnes de res(12) y en carne de cerdo (25) . Con respecto a las enterobacterias, las determinaciones

iniciales dieron valores inferiores de 2.0 log UFC/g en todas las muestras y con una tendencia creciente durante el tiempo de almacenamiento. Recuentos iniciales similares fueron reportados por autores en diferentes estudios con materiales cárnicos. (26,27).

pH

Los pH de las carnes de res y cerdo iniciaron con valores alrededor de 5,9 y 5,7 respectivamente; similar a lo reportado por otros autores en análisis de matrices cárnicas como Franco, *et al*; 2011(28), y Juárez *et al*; 2009 (29). Durante el periodo de almacenamiento se presentó un aumento del pH que fue coherente con lo reportado por Gómez *et al*; 2012 (30). Este incremento puede atribuirse a la degradación de proteínas y la producción de aminas (31).

Concentración de malondialdehído (MDA)

Los niveles de concentración de malondialdehído de las carnes de res y cerdo a diferentes temperaturas, no presentaron cambios importantes durante el periodo de almacenamiento, con valores inferiores a 0,15 mg malondialdehído/Kg carne, lo cual es similar a lo observado en estudios de carne de cerdo fresca, (25) y carne de cerdo molida refrigerada y congelada (32). La concentración de malondialdehído no fue tomada como referente para definir el tiempo de vida útil ya que el límite de aceptación es de 1 a 2 mg malondialdehído por Kg de muestra (33).

Color Instrumental

Se considera que el color de la carne fresca es el atributo sensorial más importante de calidad del producto, ya que los consumidores utilizan el nivel de decoloración como un indicador de frescura y salubridad (34).

En la carne de res en general, se presentó en el tiempo una reducción del croma y un aumento del tono, esto implica que en el espacio CIELAB el vector, presentó disminuciones de la intensidad del color característico del material, además de sufrir un desplazamiento del tono rojizo hacia los pardos, este fenómeno ha sido frecuentemente asociado a la formación de metamioglobina que causa cambios importantes en el color (6) y (35).

Por su parte la carne de cerdo con alto contenido de grasa no presentó variaciones importantes, mientras que la de bajo contenido graso reportó una reducción del croma y un aumento del tono en el tiempo de almacenamiento.

El aumento de la temperatura favoreció el incremento del valor del tono.

Análisis sensorial

El análisis sensorial presentó una dependencia importante de la temperatura y el tiempo de almacenamiento. La carne de res a 8, 4 y -4°C presentó rechazo por apariencia en los días 2, 4 y 36 respectivamente.

En cuanto a la evaluación del olor se encontró que la carne de res almacenada a 0 y -2°C presentó un tiempo de vida útil de 9 y de 17 días, mientras que en la de cerdo de 14 y 21 días respectivamente.

Las alteraciones en apariencia y olor de la carne han sido también reportadas por autores como Zakrys *et al*; 2010 (35) y Esmer *et al*; 2011 (6).

En las muestras, el olor y la apariencia no se establecieron como puntos de corte ya que previamente presentado deterioro de tipo microbiano, lo cual es consecuente con estudios realizados por Camo *et al*; 2008 (36), Gómez *et al*; 2012 (30).

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Debido a que en algunos de los materiales cárnicos almacenados a bajas temperaturas no fue posible establecer con exactitud el tiempo de vida útil, por no presentar alteraciones significativas, este se determinó como una estimación. Sería importante a futuro, realizar nuevos estudios en los cuales se incrementen los periodos de seguimiento y las frecuencias de muestreo para obtener información precisa.

CONCLUSIONES

La utilización del método de superficies de respuesta como herramienta para la determinación del tiempo de vida útil en material cárnico, permitió encontrar dentro de la superficie de respuesta, la región óptima para hacer los cortes de acuerdo a la dependencia directa de los factores y las variables estudiadas.

Se encontró que el crecimiento microbiano es el que mayor impacto tiene en la determinación del tiempo de vida útil de materiales cárnicos de res y cerdo con alto y bajo contenido de grasa; siendo el material de res el más susceptible en cualquiera de sus condiciones al deterioro.

Se observó una dependencia importante del crecimiento microbiano respecto a variables físico-

químicas y sensoriales, como consecuencia de ello, se presentaron cambios indeseables en el pH, color y la apariencia, que fueron a su vez determinantes en el tiempo de vida útil.

Se concluye que los abusos en la temperatura de almacenamiento (por encima de 4°C) disminuyen considerablemente la vida útil de la carne de res y cerdo, además que a bajas temperaturas de refrigeración (entre 0 y -4°C) es posible alcanzar tiempos de vida útil largos, incluso superiores a los 50 días.

La metodología empleada en este trabajo para la estimación del tiempo de vida útil de materiales cárnicos de res y cerdo, en función del contenido graso así como del tiempo y la temperatura de almacenamiento, se constituye en una buena herramienta que permite obtener información específica, precisa y útil a través de la cual es posible garantizar la calidad final del producto.

REFERENCIAS

- Málave AM. Determinación del largo de vida útil de masitas de cerdo marinadas y empacadas al vacío [Internet]. Mayagüez, (P.R): Universidad de Puerto Rico, Departamento de ciencia y tecnología de alimentos; 2006 Junio 19 [actualizada 2009 Oct 13; citad.
- Giannakourou M, Koutsoumanis K, Nychas G, Taoukis P. Development and assessment of an intelligent shelf life decision system (SLDS) for quality optimization of the food chill chain. *J. Food Prot.* 2001; 64 (7): 1051-1057.
- Hedrick W, Parker M, Lee R. Using microsatellite and MHC variation to identify species, ESUs, and MUs in the endangered Sonoran topminnow. *Mol. Ecol.* 2001; 10 (6): 1399-1412.
- Nalan G. A Descriptive method for sensory evaluation of mussels. *Food Sci Technol-Leb.* 2002 Nov; 35(7): 563-567.
- Dainty H, Mackey M. The relationship between the phenotypic properties of bacteria from chill-stored meat and spoilage processes. *J. Appl. Bact.* 1992; 21: 103-114.
- Esmer K, Irkin R, Degirmencioglu N, Degirmencioglu A. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat. *Meat Sci.* 2011 Jun; 88(2): 221-226.
- Lorenzo J, Gómez M. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Sci.* 2012 Dec; 92(4): 610-618.
- Niki E. Lipid peroxidation: physiological levels and dual biological effects. *Free Radic Biol Med* [Internet]. 2009 Sep 1 [cited 2014 Jul 11];47(5):469-84. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S089158490900330X>
- Gutteridge JMC. Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. *Clin Chem.* 1995;41(12): 819-1828.
- Akoh, C. C., & Min DB. *Food lipids: Chemistry, nutrition, and biotechnology.* CRC Press.; 2008.
- Cayré M, Vignolo G, Garro O. Selección de un modelo primario para describir la curva de crecimiento de bacterias lácticas y *brochothrix thermosphacta* sobre emulsiones cárnicas cocidas. 2007; 18(3): 23-29.
- McDonald K, Sun D. Predictive food microbiology for the meat industry: a review. *Int. J. Food Microbiol.* 1999 Nov; 52(1-2): 1-27.

13. Pin C, Baranyi J. Predictive models as means to quantify the interactions of spoilage organisms. *Int. J. Food Microbiol.* 1998 May; 41(1): 59-72.
14. Koutsoumanis K, Stamatiou A, Skandamis P NG. Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under dynamic temperature conditions. *Appl Environ Microbiol.* 2006; 124-34.
15. International Organization for Standardization. Norma ISO 4833. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de microorganismos. Técnica de recuento de colonias a 30°C. Madrid: AENOR; 2003; 9-10.
16. International Organization for Standardization. Norma ISO 21528-2. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 2: Colony-count method Madrid: AENOR; 2004. 5-7.
17. Foo S, Cuppett, Schlegel V. Evaluation of SafTest™ Methods for Monitoring Frying Oil Quality. *J Am Oil Chem Soc.* 2006; 83(1): 15-20.
18. Hunt, MC, Acton J, Benedict R, Calkins C, Cornforth D, Jeremiah L, Olson D, Salm C, Savell J, and Shivas S. Guidelines for meat color evaluation. Proceedings 44th Reciprocal Meat Conference. Chicago, United States: American Meat Science Association; 1.
19. Antonio J, Martínez M, Vicario I, Heredia F. Correlation between visual and instrumental colour measurements of orange juice dilutions: effect of the background. *Food Quality and preference.* 2005 Jul; 16 (5): 471-478.
20. CIELAB. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms, CIE publication no. 15 (E-1.3.1) 1971, Supplement 2. Viena: Bureau Central de la CIE. 1978.
21. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4130. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 2: Expertos. Bogotá, ICONTEC; 1997, 13p.
22. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4129. Análisis sensorial. Guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de evaluadores. Parte 1: evaluadores seleccionados. Bogotá, ICONTEC; 1997, 25p.
23. Márquez E. Análisis estadístico mediante modelos de efectos mixtos funcionales [Master Thesis]. [Granada, España]: Universidad de Granada; 2012.112p.
24. Puth M-T, Neuhäuser M, Ruxton GD. Effective use of Pearson's product-moment correlation coefficient. *Anim Behav* [Internet]. 2014 Jul [cited 2014 Jul 15];93:183-9. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003347214002127>
25. Rahman S, Wang J Deog-Hwan O. Synergistic effect of low concentration-electrolyzed water and calcium lactate to ensure microbial safety, shelf life and sensory quality of fresh pork. *Food-Control.* 2013 Mar; 30(1): 176-183.
26. Chouliara E, Karatapanis A, Savvaidis N, Kontominas G. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. *Food Microbiol.* 2007 Sep; 24(6): 607-617.
27. Karabagias I, Badeka A, Kontominas G. Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Sci.* 2011 May; 88(1): 109-116.
28. Franco D, Rodríguez E, Purriños L, Crecente S, Bermúdez R, Lorenzo M. Meat quality of "Galician Mountain" foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Sci.* 2011 Jun; 88(2): 292-298.
29. Juárez M, Polvillo O, Gómez D, Alcalde J, Romero F, Varela M. Breed effect on carcass and meat quality of foals slaughtered at 24 months of age. *Meat Science.* 2009; 83(2): 224-228.
30. Gómez M, Lorenzo J. Effect of packaging conditions on shelf-life of fresh foal meat. *Meat Sci.* 2012 Aug; 91(4): 513-520.
31. Tan W, Shelef A. Effects of sodium chloride and lactates on chemical and microbiological changes in refrigerated and frozen fresh ground pork. *Meat Sci.* 2002 Sep; 62(1): 27-32.
32. Witte C, Krause F, Bailey E. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci.* 1970 Sep; 35(5): 582-585.
33. Mancini A, Hunt C. Current research in meat colour. *Meat Sci.* 2005 Sep; 71 (1): 100-121.
34. Jeremiah E. Packaging alternatives of fresh meats using short or long term distribution. *Food Res Int.* 2001; 34(9): 749-772.
35. Zakrys I, O'Sullivan G, Allen P, O'Neill E, Kerry P. Investigation of the effects of commercial carcass suspension (24 and 48 h) on meat quality in high oxygen modified atmosphere packed beef steaks during chill storage. *Food Res Int.* 2010; 43(1): 277 p.
36. Camo J, Beltrán A, Roncalés P. Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Sci.* 2008 Dec; 80(4): 1086-1091.