

Caracterización Microbiológica y Bromatológica de Hamburguesas Bajas en Grasa con Adición de Fibra de Banano Verde Integro

Microbiological and Bromatological Characterization of Burgers with Addition of Green Banana Fiber Entirety

Silvia Marcela Ospina Meneses¹; Diego Alonso Restrepo Molina² y Jairo Humberto López Vargas³

Resumen. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del reemplazo de la mitad de la grasa por fibra de banano verde íntegro reconstituido 1:1 y 1:1,38, sobre las características microbiológicas y bromatológicas de hamburguesas de carne de res, comparadas con hamburguesas con 20% de grasa como hamburguesa control, durante 60 días de almacenamiento en congelación. Los resultados muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) en el tiempo y en la adición de la fibra para las características de proteína, grasa, humedad, cenizas, luminosidad (L^*) y sobre el contenido de fibra dietaria soluble (FDS), fibra dietaria insoluble (FDI) y fibra dietaria total (FDT). Las hamburguesas con fibra mostraron niveles menores de proteína y de grasa. Los valores obtenidos de ceniza en las hamburguesas con fibra, fueron mayores que en las hamburguesas control debido al aporte hecho por la fibra de banano verde íntegro, mientras que el contenido de humedad fue mayor en las hamburguesas control. El contenido de FDT, FDS y FDI permanecieron estables durante los 60 días de almacenamiento para las hamburguesas con inclusión de fibra. Los resultados microbiológicos no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) ni en el tiempo ni en los niveles de inclusión de fibra. Tanto las hamburguesas control como las con inclusión de fibra permanecieron estables en términos de la calidad microbiológica durante 60 días de almacenamiento en congelación. Por otra parte, el nivel de oxidación no presentó diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los diferentes tratamientos, sin presentar oxidación en el tiempo. La fibra de banano verde íntegro puede ser usada satisfactoriamente como un sustituto de la grasa en hamburguesas de res "reducidas o bajas en grasa".

Palabras clave: Fibra dietaria, hamburguesas de carne, alimentos saludables, grasa, industria cárnica.

Abstract. The aim of this study was to evaluate the effect of replacing half the fat by green banana fiber reconstituted 1:1 and 1:1,38 on microbiological and qualitative characteristics of beef patties compared with patties with 20% fat hamburger control during 60 days of frozen storage. The results show significant differences ($P < 0.05$) in time and adding fiber to the characteristics of protein, fat, moisture, ash, lightness (L^*) and the content of soluble dietary fiber (SDF), fiber dietary insoluble (FDI) and total dietary fiber (TDF). The burgers fiber showed lower levels of protein and fat. The values of ash on the burgers with fiber, were higher than control patties because of the contribution made by green banana fiber integrity, while the moisture content was higher in the control patties. The content of TDF, FDS and FDI remained stable during storage for 60 days including fiber burgers. Microbiological results showed no significant differences ($P > 0.05$) or the time or the inclusion levels of fiber. Both hamburger including control as the fiber remained stable in terms of microbiological quality during 60 days of frozen storage. Moreover, the level of oxidation showed no significant difference ($P > 0.05$) between treatments, without presenting oxidation time. The full green banana fiber can be used successfully as a substitute for fat in beef patties "reduced or low fat."

Key words: Dietary fiber, meat patties, health food, fat, meat industry.

En los últimos años, se han asociado algunos problemas de salud con dietas que presentan altos contenidos de grasa, especialmente saturadas; esto sumado a cambios en las preferencias de los consumidores, han dado lugar a una amplia investigación y diversificación de los alimentos, algunos de ellos, bajos en grasa (Carrapiso, 2007; Kumar y Sharma, 2004; Yang *et al.*, 2007).

Al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha recomendado reducir el porcentaje de calorías

provenientes de esta clase de nutrientes a niveles inferiores del 30% con menos del 10% de calorías provenientes de grasas saturadas. Es así como la reducción de éstas, es una de las tendencias más fuertes en el desarrollo de los productos alimenticios de hoy. La investigación epidemiológica ha demostrado una relación entre un tipo de dieta rica en grasa y el aumento de una serie de enfermedades crónicas, incluyendo cáncer de colon, obesidad, enfermedades cardiovasculares y otros trastornos (OMS/ FAO, 2003); como consecuencia

¹ Ingeniera de Alimentos. Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos (GICTA). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. <silviao76@une.net.co>

² Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779, Medellín, Colombia. <darestre@bt.unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. ICTA. A.A. 034227, Bogotá, Colombia. <jhlopezv@unal.edu.co>

Recibido: Noviembre 08 de 2010 ; Aceptado: Junio 07 de 2011

de esto, se han derivado innovaciones alimentarias más saludables recomendando un aumento en el nivel de ingesta de fibra y disminuyendo las grasas (Anderson *et al.*, 2009; USDA, 2005). Desde el punto de vista de los derivados cárnicos, los esfuerzos se dirigen principalmente hacia su reformulación por medio de la modificación del contenido de lípidos y ácidos grasos, o por medio de la adición de una gran variedad de ingredientes funcionales (fibra, proteínas vegetales, ácidos grasos monoinsaturados o poliinsaturados, vitaminas, calcio y fitoquímicos entre otros). En algunos casos, estas aplicaciones ofrecen productos de más baja calidad sensorial y fisicoquímica (Restrepo, 2008). La inclusión de la fibra en los alimentos produce una disminución en su contenido calórico ya que por lo general se realiza un reemplazo en el porcentaje de la grasa.

Las grasas y ácidos grasos, son de vital importancia como fuente de energía, y como transportadores de vitaminas solubles en grasa (Vural *et al.*, 2004). Las grasas en los derivados cárnicos también desempeñan un papel importante en la conformación de la emulsión, en la reducción por cocción, en la capacidad de retención de agua, además de su aporte en la jugosidad (Chin *et al.*, 2004; Pietrasik y Duda, 2000; Yoo *et al.*, 2007; Jiménez *et al.*, 2001); sin embargo, teniendo en cuenta que el consumo elevado de estas grasas está asociado con varios tipos de obesidad, hipertensión, enfermedades cardiovasculares y coronarias (Ozvural y Vural, 2008; Vural *et al.*, 2004), la reducción del contenido de grasa en hamburguesas y la sustitución de la grasa animal por fibra de banano verde íntegro, debería dar lugar a un producto más saludable.

La ingesta de fibra proporciona muchos beneficios de salud. Una ingesta abundante de fibra dietética reduce el riesgo de desarrollar enfermedades tales como: accidentes cerebrovasculares, hipertensión, diabetes, enfermedades coronarias, obesidad y algunos trastornos gastrointestinales. Además, el aumento del consumo de fibra dietética mejora la concentración de lípidos en suero, reduce la presión arterial, mejora el control de la glucemia en la diabetes, promueve la regularidad intestinal, ayuda en la pérdida de peso y parece mejorar la función inmune (Anderson *et al.*, 2009). La fibra dietética es un componente natural de muchos alimentos, que puede ser considerada por poseer dos tipos de propiedades funcionales: fisiológica y tecnológica (Lario *et al.*, 2004).

La fibra es uno de los ingredientes funcionales más comunes en los alimentos y se ha utilizado como sustituto de grasa, potenciador del volumen de grasa,

agente reductor durante la fritura, aglutinante, agente de carga y estabilizador (Aleson *et al.*, 2005a; Aleson *et al.*, 2005b; Borderías *et al.*, 2005; Fernández-López *et al.*, 2008; Sendra *et al.*, 2008; Hu *et al.*, 2009). Diferentes fuentes de fibra afectan a sus propiedades nutricionales y tecnológicas, debido a las diferencias en la estructura y la constitución de las células vegetales. Algunas fuentes de fibra son consideradas para la sustitución de ingredientes por sus propiedades nutricionales, funcionales y tecnológicas (Besbes *et al.*, 2008; Fernández-López *et al.*, 2007). Algunas aplicaciones de fibra han tenido éxito mejorando el rendimiento de cocción, reduciendo los costos de formulación y mejorando la textura en productos cárnicos (Aleson *et al.*, 2005a; Aleson *et al.*, 2005b; Fernández-Ginés *et al.*, 2003; Fernández-Ginés *et al.*, 2004; García *et al.*, 2007; Besbes *et al.*, 2008; Fernández-López *et al.*, 2008). Sus efectos tecnológicos en los alimentos varían según la cantidad y naturaleza de la fibra dietética.

Se ha utilizado fibra de salvado de centeno como sustituto de grasa en la producción de albóndigas. El consumo de esta fibra ha sido mencionado como inhibidor del crecimiento de tumores de mama y colon en animales de laboratorio, para disminuir la respuesta de glucosa en diabéticos, y para reducir el riesgo de muerte en la enfermedad coronaria cardíaca. Yilmaz (2004) concluyó que este tipo de fibra puede ser usado como fuente de fibra dietaria.

Otra fuente de fibra es la avena. Muchas de las características de la fibra de avena tales como su capacidad de absorción de agua podría potencialmente beneficiar productos tales como las salchichas Frankfurt libres de grasa y la mortadela tipo Boloña baja en grasa. Se afirma que el salvado de avena y la fibra de avena proveen sabor, textura y sensación grasa en carne bovina molida y en embutidos de carne de cerdo (García *et al.*, 2002).

Otra importante fuente de fibra son los residuos industriales de las frutas, que pueden obtenerse como subproductos de las plantas de procesamiento de alimentos. Los subproductos de los cítricos (albedo de limón y fibra de naranja en polvo) han sido adicionados en diferentes concentraciones a embutidos cocidos y a embutidos madurados, con excelentes resultados (Fernández *et al.*, 2004).

La cáscara de banano y plátano representa el 40% del peso total de la fruta fresca (Happi *et al.*, 2007), estos residuos pueden plantear un problema ambiental

si son desechados directamente (Zhang *et al.*, 2005). Algunas investigaciones indican un contenido total de fibra dietética alrededor del 50% (sobre la base de peso seco), en cáscaras de banano y plátano (Happi *et al.*, 2007), convirtiéndose en una razón de peso el plantear posibilidades que permitan utilizar la totalidad de la fruta.

El objetivo principal de este estudio fue caracterizar microbiológica y bromatológicamente una hamburguesa baja en grasa con inclusión de fibra de banano verde íntegro.

MATERIALES Y MÉTODOS

La producción de las hamburguesas se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación

y Desarrollo (CI+D) de Industrias Alimenticias Zenú S.A.S. Los análisis microbiológicos, las determinaciones de humedad, proteínas, grasa y almidón, y las mediciones de pH, Aw, color y capacidad antioxidante se realizaron en los laboratorios de microbiología, fisicoquímica y análisis sensorial de Industrias Alimenticias Zenú S.A.S. Las mediciones de cenizas y fibra se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Proceso general de elaboración. La formulación de la hamburguesa testigo y de los diferentes tratamientos del ensayo se basó en la Norma Técnica Colombiana (ICONTEC) 1325/82, quinta revisión de 2008. En la Tabla 1 se presentan las materias primas y las cantidades utilizadas en dicha formulación.

Tabla 1. Formulación estándar de la hamburguesa y niveles de adición de fibra de banano íntegro (%).

Ingredientes	Nivel 0 (Control)	Nivel 1:1	Nivel 1:1,38
Carne de res 90/10	62,57	64,62	64,62
Recorte de cerdo 25/75	16,44	4,3	4,3
Sal yodada	0,84	0,84	0,84
Monoglutamato de sodio	0,04	0,04	0,04
Cebolla en polvo	0,42	0,42	0,42
Ajo en polvo	0,12	0,12	0,12
Aislado de soya pastas	1,78	1,84	1,84
Agua	17,41	22,72	23,46
Humo Grillin 10-73	0,04	0,04	0,04
Sabor cerdo	0,24	0,24	0,24
Fibra	0	4,7	3,94

El nivel 0 se utilizó como hamburguesa control (sin inclusión de fibra), para los niveles 1 y 2 se usó como criterio el reemplazo del 50% de la grasa de un producto tradicional (con 20% aproximadamente de grasa) teniendo en cuenta la capacidad de retención de agua (CRA) de la fibra (1:1 y 1:1,38). Para diferenciar las muestras se utilizó el siguiente criterio, el nivel 0 sin inclusión de fibra se identificó como control, el nivel 1 se identificó como nivel 1:1, y el nivel 2 se identificó como nivel 1:1,38. Las materias primas y los insumos fueron suministrados por Industrias Alimenticias Zenú S.A.S. La fibra de banano verde íntegro fue suministrada por la Fundación Corbanacol (Apartadó, Antioquia, Colombia), y fue,

previo a su utilización, acondicionada al tamaño de partícula usando un molino de martillos, marca Atlas (Dinamarca).

Proceso general de la hamburguesa. En la Figura 1 se observa el proceso para la elaboración de las hamburguesas. Las muestras así obtenidas se conservaron en congelación a temperaturas de $-18 \pm 0,5$ °C, hasta el momento de su análisis.

Análisis bromatológico. La humedad, las cenizas, la proteína, la grasa y el almidón se determinaron aplicando en las hamburguesas crudas los métodos AOAC 950.46, 920.153, 981.10, y 991.36,

respectivamente (AOAC, 1998). El valor de la fibra dietética total (FDT) se midió por método enzimático-gravimétrico de la AOAC 985.29, el valor de la fibra dietética insoluble (FDI) se estableció por el método

enzimático-gravimétrico, buffer de fosfato AOAC 991.42, y la fibra dietética soluble (FDS) se calculó por diferencia $FDT - FDI = FDS$, sobre las hamburguesas crudas.

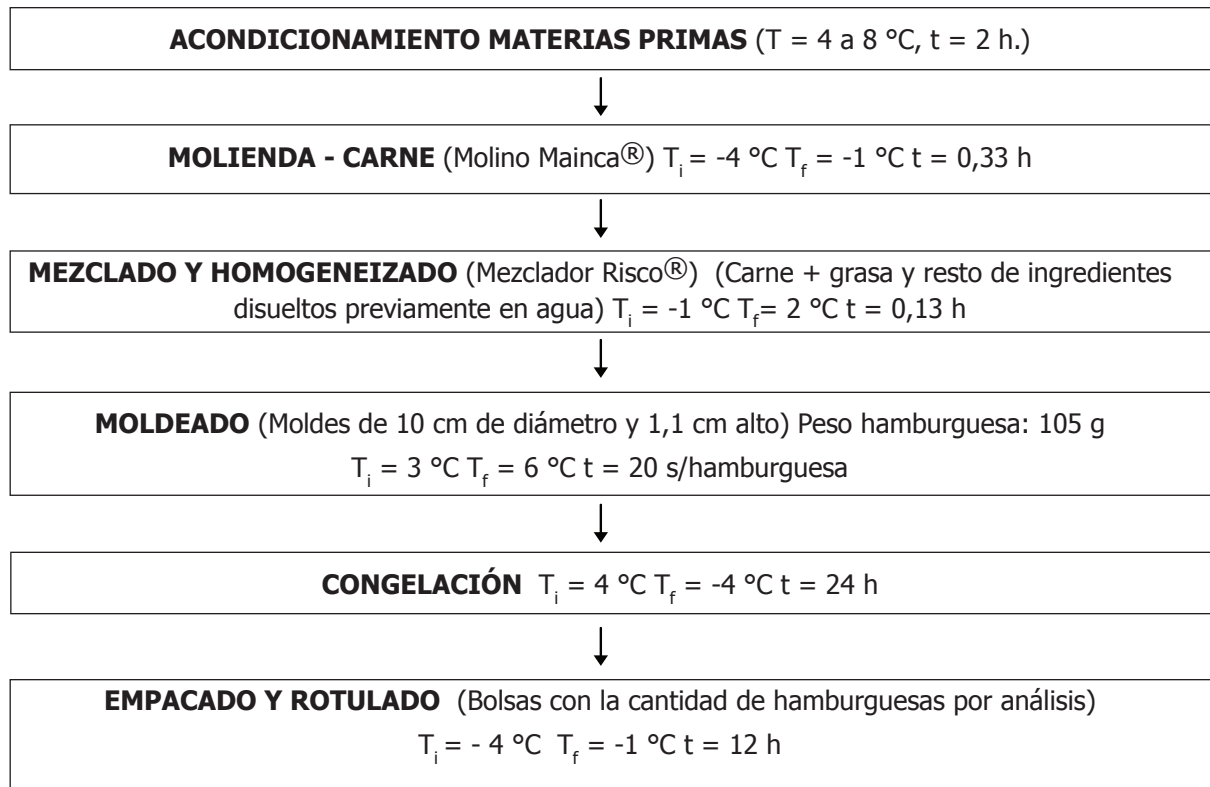


Figura 1. Flujograma de elaboración de la hamburguesa baja en grasa con inclusión de fibra de banana verde íntegro.

Color. Las mediciones del color se tomaron sobre las hamburguesas crudas y posteriormente sobre las hamburguesas cocidas, se realizó por espectrofotocolorimetría (Espectrofotómetro Stand X-Rite, Part Number DRS-80, versión Software 8.1, Modelo S/64 S/N 000676), determinándose los valores L^* , a^* y b^* . L^* indica claridad (0=negro; 100= blanco), a^* (-) matiz del verde, a^* (+) matiz del rojo, b^* (-) matiz del azul, b^* (+) matiz del amarillo (Rosell *et al.*, 2009; Garau *et al.*, 2007; Sánchez *et al.*, 2007).

pH. Se preparó una mezcla de 10 g de muestra con 100 mL de agua desionizada por 2 min. El pH de la suspensión resultante se cuantificó con un potenciómetro Metrohm® modelo 744 con sensor de temperatura termosonda PT 1000 y electrodo de vidrio.

Actividad de agua (A_w). Se utilizó el medidor Aqualab® CX-2, directamente en la muestra de hamburguesa.

Nivel de oxidación de la hamburguesa. La evaluación del malonaldehído se realizó empleando el kit AldeSafe™, el cual mide el contenido de malonaldehído por la cuantificación de un complejo coloreado entre el malonaldehído y el Indol; el malonaldehído determina el nivel de oxidación y la posibilidad de enranciamiento de la hamburguesa. En estos kits, el reactivo A es un solvente. El reactivo B es una solución acidificada de Indol. El kit AldeSafe® ha sido reconocido por la AOAC como un método confiable y fue certificado por el documento número 030405 (Saftest, 2003).

Las especies reactivas del ácido tiobarbitúrico, expresadas como malonaldehído fueron detectados

por dilución de las muestras con el reactivo preparador; donde, luego de incubarlas a 37 - 42 °C por 15 min, 150 µL de la solución preparada fueron mezclados con los reactivos AldeSafe A (1,9 mL) y B (0,7 mL). Las muestras fueron homogeneizadas y colocadas en una gradilla por 120 min. A intervalos entre 5 y 10 min el color de las muestras fue comparado con el estándar de mayor concentración (0,32 mg/kg). Diluciones adicionales fueron desarrolladas cuando el color de la muestra fue más oscuro que el estándar. Luego se realizó el filtrado de la dilución en un filtro membrana (Schleicher and Schuell GmbH) a 600 mBar por 1 min y finalmente las soluciones fueron leídas a 550 nm en el lector óptico (Analizador MicroChem®). 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 estudio. Los resultados fueron ajustados al factor de dilución empleado al preparar la muestra.

Análisis microbiológico. Se realizaron los establecidos en la norma técnica colombiana NTC 1325: *Clostridium* sulfito reductor (NMP/g), *Staphilococcus aureus* (NMP/g), aerobios mesofilos (UFC), bacterias acidolácticas (UFC), coliformes fecales y totales (UFC), *Listeria monocytogenes* /25 g de muestra, *Salmonella* sp. /25 g de muestra (NTC 1323/82, quinta revisión).

Análisis estadístico. El diseño experimental empleado fue análisis multifactorial donde los factores a estudiar para determinar efectos significativos ($P < 0,05$) fueron el tiempo y el nivel de inclusión de fibra; se definieron 4 tiempos (0, 30, 45 y 60 d) para las características microbiológicas y para las bromatológicas. La Aw y el pH se determinaron en 10 tiempos (0, 10, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 d) y la FDT, FDS y FDI se determinaron en 3 tiempos (0, 30 y 60 d). Para la inclusión de la fibra, los niveles fueron: Nivel 0 (control), Nivel 1 (Nivel 1:1) y Nivel 2 (Nivel 1:1,38). El total de tratamientos realizados fueron 3 con 3 repeticiones. Se determinaron diferencias significativas entre los niveles de los factores, por contrastes (Prueba de Tukey) y entre medias. Se utilizó el paquete Statgraphics Centurión XIV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos y bromatológicos. Las características fisicoquímicas y bromatológicas de las hamburguesas con adición de fibra de banano verde íntegro durante el tiempo de almacenamiento son presentadas en la Figura 2. La adición de fibra

en la hamburguesa tuvo efecto significativo ($P < 0,05$) sobre el porcentaje de proteína, el porcentaje de grasa, el porcentaje de humedad y cenizas y diferencia significativa en el tiempo entre la hamburguesa control y las hamburguesas con inclusión de fibra, presentando mayores valores de proteína ($> 15\%$), grasa ($> 16\%$) y humedad ($> 68\%$) y menores valores en cenizas ($< 1,7\%$) para la hamburguesa control (sin adición de fibra); estos resultados reflejan el efecto de la formulación, ya que la hamburguesa control tenía más cantidad de proteína como materia prima cárnica y más cantidad de material graso; al disminuir este material en los niveles 1:1 y 1:1,38 con inclusión de fibra, disminuyen sus porcentajes.

La disminución de proteína después de los 45 d de almacenamiento puede explicarse por la desnaturalización de las mismas por el tiempo de almacenamiento en congelación ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los aspectos tecnológicos asociados con el procesamiento de productos cárnicos bajos en grasa, incluyen aquellos relacionados con textura, apariencia y sabor. El uso de carnes más magras genera productos que son firmes, secos, menos succulentos y menos sabrosos que los productos con uso de carnes con mayor contenido de grasa (García *et al.*, 2002; Piñero *et al.*, 2008; Crehan *et al.*, 2000; Tokusoglu y Ünal 2003; Vandendriessche, 2008; Ayo *et al.*, 2007).

La pérdida de humedad en la hamburguesa control fue mayor debido a que tiene más agua disponible y susceptible a eliminarse o a perderse durante su almacenamiento, contrariamente a lo que sucede en las hamburguesas con inclusión de fibra, en donde la capacidad de retención de agua que tiene el material utilizado para reemplazar la grasa eliminada direcciona el comportamiento de esta variable. El porcentaje de cenizas fue mayor en las hamburguesas con inclusión de fibra debido al contenido de este material en la fibra utilizada (4,32%), estos resultados coinciden con otras investigaciones (García *et al.*, 2002), donde el contenido de cenizas era mayor en la salchicha tipo Frankfurt reducida en grasa con adición de fibra de nuez. El almidón, el pH y la Aw no presentaron efecto significativo ni diferencia en el tiempo ni para la hamburguesa control ni para las hamburguesas con adición de fibra.

Los resultados en el porcentaje de humedad y de grasa fueron similares a los obtenidos por (Piñero *et al.*, 2008), quienes reemplazaron grasa ($< 10\%$) en hamburguesas con fibra de β glucano. El contenido

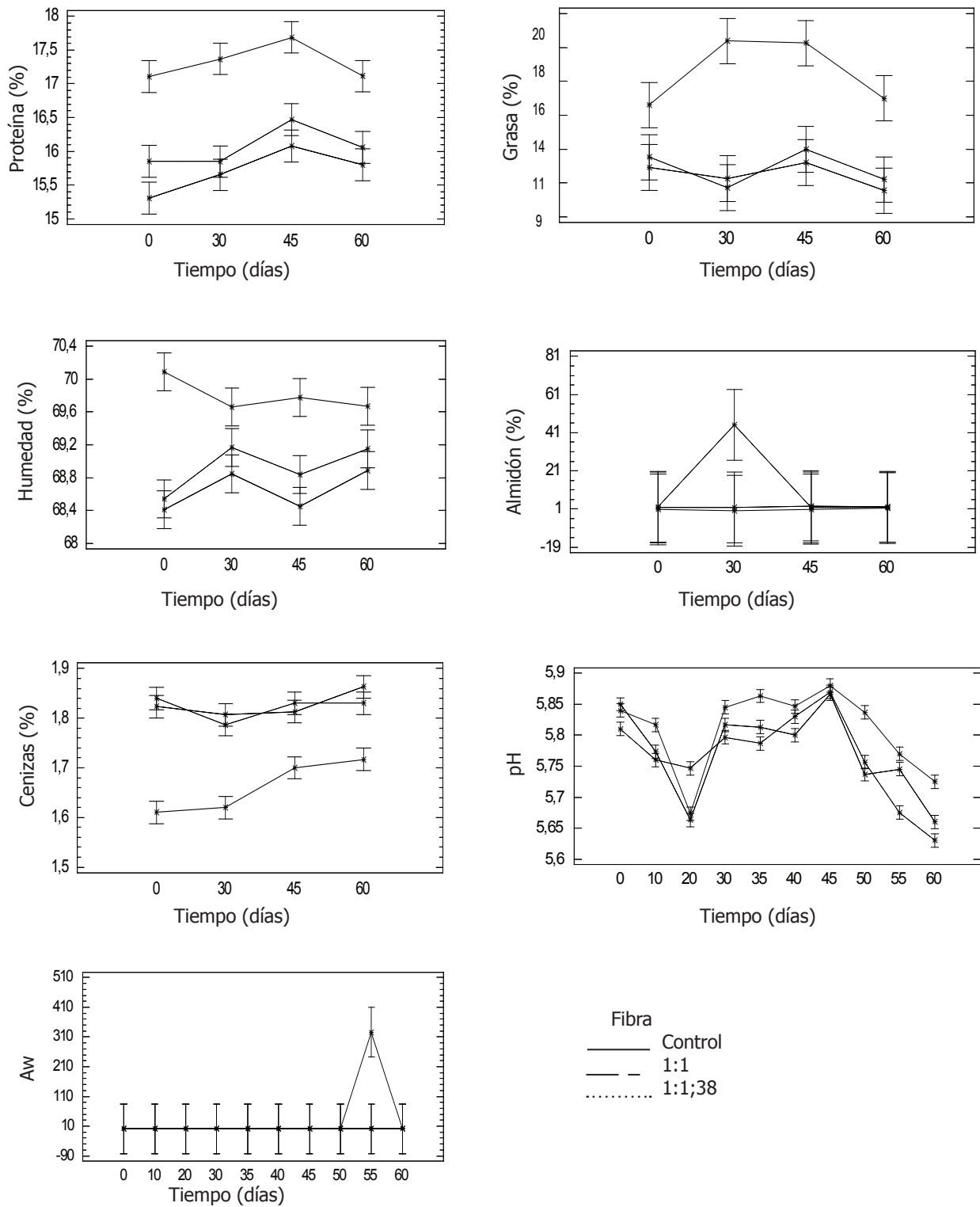


Figura 2. Características bromatológicas y fisicoquímicas de las hamburguesas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro.

de humedad en las hamburguesas con fibra fue atribuido a la mayor cantidad de agua adicionada y a la capacidad ligante de la fibra. Otros investigadores han señalado resultados similares (Troy *et al.*, 1999; Kummar y Sharma, 2004) cuando se utilizaron distintos sustitutos de la grasa. En este estudio, los resultados de porcentaje de humedad, alrededor del 66%, fueron similares a los obtenidos para hamburguesas adicionadas con cascarilla de avellana (Turhan *et al.*, 2005).

Los niveles de grasa son menores para las hamburguesas con adición de fibra (1:1 y 1:1,38), por lo que se espera también una disminución en el valor energético del alimento. En hamburguesas, en las que se hizo el reemplazo del 50% de grasa por cascarilla de avellana, el valor energético se redujo con relación a la muestra control, entre 31 y 34% (Kummar y Sharma, 2004). En embutidos fermentados secos, adicionados con fibras de fruta y cereal, la reducción de grasa del 60%, produjo disminución en el valor energético de 35% (Happi *et al.*, 2007).

Fibra. Hay efecto estadísticamente significativo ($P < 0,05$) para la FDT, FDS y FDI en el tiempo y en la inclusión de la fibra presentando valores FDT, FDS y FDI $<$ de 1% para la hamburguesa control y valores de FDT entre 4 y 8%; FDS entre 1,8 y 3,8% y FDI entre 2 y 5% para las hamburguesas con adición de fibra durante el tiempo de almacenamiento. Hay diferencia estadísticamente significativa entre el control y los niveles de fibra (1:1 y 1:1,38) y entre los tiempos 0 d, 30 d mostrando una tendencia a su disminución a partir de los 31 d hasta los 60 d de almacenamiento, esta merma puede explicarse por la formación de una red tridimensional en las matrices cárnicas (Briceño *et al.*, 2002). Se observa una tendencia a reducir los porcentajes de FDT, FDS y FDI en el tiempo, en las hamburguesas con fibra de banano verde íntegro, con una marcada tendencia a aumentar la FDS en el nivel 1:1,38 durante los últimos 30 d de almacenamiento.

Las fibras insolubles pueden influir en la textura de los alimentos, estas pueden aumentar la consistencia de los productos cárnicos a través de la formación de estructuras más firmes (Briceño *et al.*, 2002) capaces de modificar las propiedades reológicas de la emulsiones cárnicas, sumado a que se puede generar un efecto sobre el contenido de humedad de las hamburguesas por los niveles de inclusión de materiales que absorban el agua presente en la formulación. En mortadelas con adición de fibra

de soya Jiménez (2001), atribuye este fenómeno al nivel de grasa.

Color: La Figura 3 presenta la evolución de los parámetros de color de las hamburguesas crudas con adición de fibra de banano verde íntegro durante el tiempo de almacenamiento, y en la Figura 4 se muestra la evolución de color de las hamburguesas cocidas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro. La adición de la fibra tuvo efecto significativo ($P < 0,05$) sobre los parámetros L^* y a^* en el tiempo y en la adición de la fibra, presentando diferencias entre el control y los niveles 1:1 y 1:1,38 pero no entre los niveles con inclusión de fibra. Se observa una disminución en L^* en el tiempo y una diferencia entre las hamburguesas crudas y cocidas que puede deberse a las reacciones ocurridas en el calentamiento (reacción de Maillard, desnaturalización de las proteínas y grasas).

En la muestra control se esperaría que el valor de L^* fuera mayor por la cantidad de grasa, pero no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$). Los valores de L^* no estuvieron influenciados por las diferencias en la cantidad de fibra de banano verde íntegro. Algunos autores han señalado que la reducción de luminosidad durante el proceso de cocción de productos cárnicos podría estar relacionada con los cambios en la mioglobina (Mb), los estados y también a la liberación de agua (Restrepo, 2008). Probablemente también la formación de productos durante la reacción de Maillard y la combustión durante el calentamiento tiene un papel que desempeñar (Sánchez *et al.*, 2010). El proceso de cocción no modificó las diferencias en los valores de a^* observado en hamburguesas crudas, debido a la presencia de fibra de banano verde íntegro. Cabe señalar que algunos cambios de tonalidades observadas en hamburguesas crudas pueden atribuirse a la adición de fibra de banano íntegro que quedaron enmascarados después de la cocción.

El valor de L^* para las muestras cocidas disminuyó significativamente ($P < 0,05$) con relación a las crudas. El parámetro L^* es el que más información proporciona para los cambios de color en carnes y productos cárnicos (Ayo *et al.*, 2007; Gimeno *et al.*, 2000). Los valores de a^* fueron más altos para las muestras crudas. La cocción disminuyó la intensidad del rojo característico de las carnes por la reacción de Maillard, que ocurre cuando el alimento es sometido a tratamiento térmico (Chua *et al.*, 2001). Se registraron

diferencias significativas ($P < 0,05$) para los valores de a^* entre las muestras crudas y las cocidas, la muestra del nivel 1:1,38 mostró mayores valores a^* , esto pudo deberse a que la fibra, que posee matices de verde, está aplicada en ésta en mayor proporción. Para

el parámetro b^* no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) en los niveles y en el tiempo, siendo el valor más bajo para la control. Los matices amarillos de la fibra, pudieron influir para que este valor fuera un poco más alto en las muestras donde se adicionó.

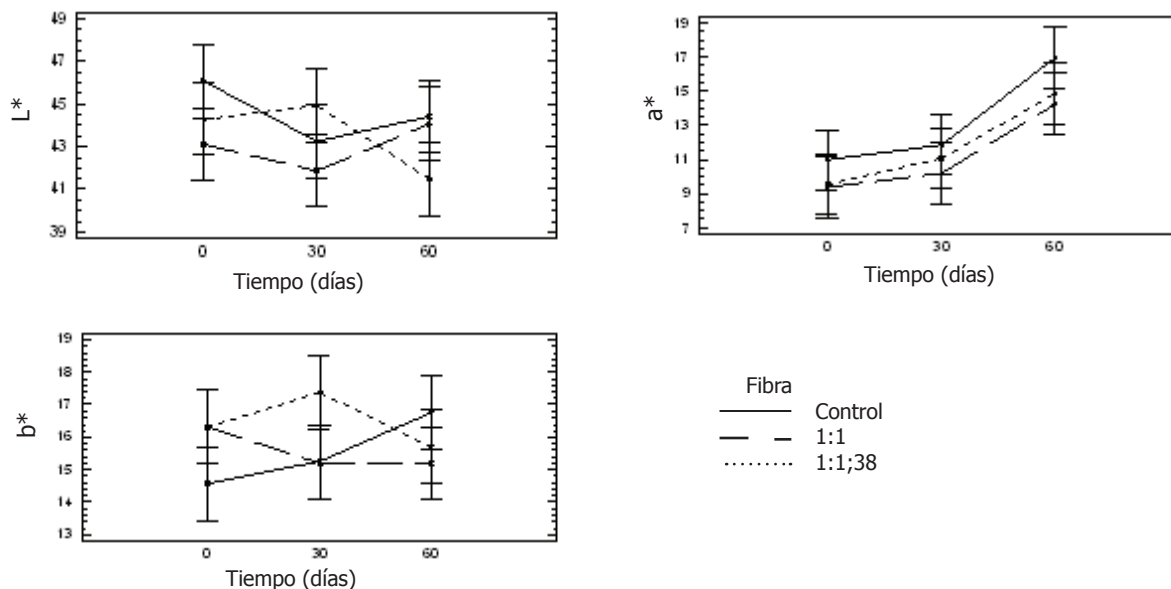


Figura 3. Parámetros de color de las hamburguesas crudas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro a través del tiempo de almacenamiento.

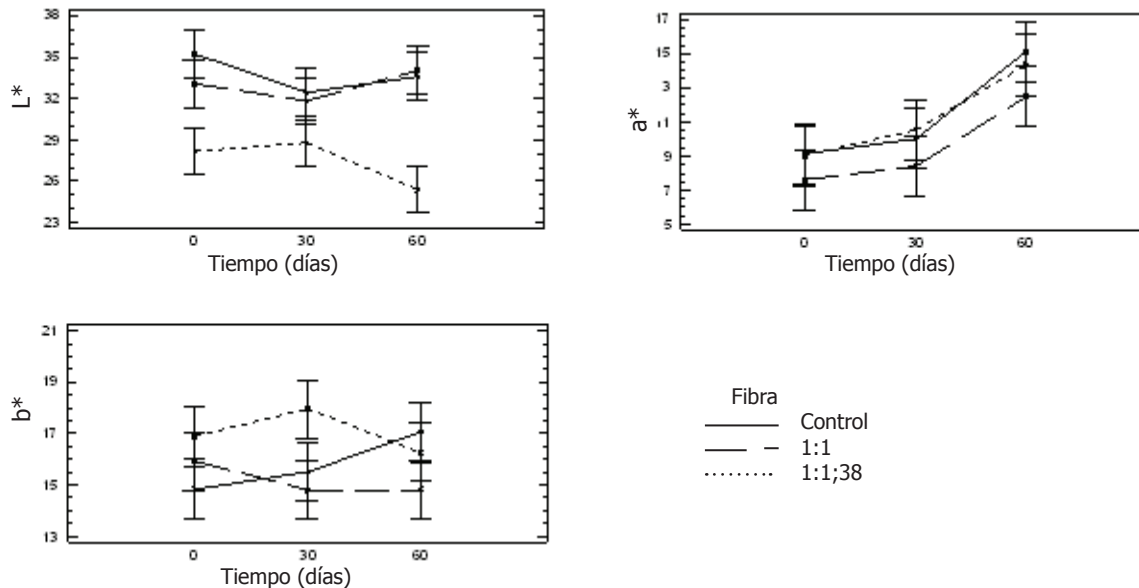


Figura 4. Parámetros de color de las hamburguesas cocidas bajas en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro a través del tiempo de almacenamiento

Durante el calentamiento de los productos cárnicos se producen varias reacciones, incluyendo la reacción de Maillard, desnaturalización de las proteínas y grasa y pérdida de agua y estas reacciones son responsables del color y el desarrollo de sabor de los productos cocidos (Piñero *et al.*, 2008). Los productos alimentarios presentan un comportamiento diferente durante el calentamiento, dependiendo de su composición. Además, los cambios de color inducidos por el proceso de cocción pueden enmascarar algunos cambios indeseables en éste inducidos por la formulación. Por lo tanto, es importante evaluar el efecto del proceso de cocción en el color de la hamburguesa de carne de cerdo.

Nivel de oxidación de la hamburguesa. En la Figura 5 se observa el comportamiento del estado de oxidación de la hamburguesa cruda baja en grasa. Hay diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) en el tiempo y en la proporción de la fibra incluida. Existe diferencia significativa entre los tiempos 0 y 30 d con una tendencia al aumento de 0 mg de malonaldehído/g de muestra hasta alcanzar valores aproximados a 0,48 para el nivel 1:1; 0,5 para el nivel 1:1;38 y valores cercanos a 0,59 para el control; con una tendencia a la

disminución después del día 30 de almacenamiento en congelación hasta los valores de 0,19 para el nivel 1:1; 0,21 para el nivel 1:1;38 y valores cercanos a 0,24 para el control. Se observa una tendencia a aumentar los niveles de malonaldehído durante los primeros 30 d de almacenamiento pero se aprecia una notoria disminución de los 30 días en adelante hasta los 60 d.

El valor de malonaldehído fue incrementando notoriamente desde el día 0 de almacenamiento, obteniendo su máximo entre 0,48 y 0,59 mg de malonaldehído/g de hamburguesa, a los 30 d; este último valor alcanzado por la hamburguesa control, cifras muy similares a los encontrados en salchichas Frankfurt con extracto de romero, las cuales iniciaron con valores de malonaldehído cercanos a 0,5, a comienzos del almacenamiento, llegando a valores cercanos a 1,2 para el control y a valores de 0,8 para las salchichas con mayor adición de extracto de romero (Estevez y Cava, 2006). Sin embargo, otros autores reportan valores superiores a los encontrados en este estudio al final del almacenamiento, ya sea para el control o para los productos con adición de antioxidantes, encontrándose por encima de cantidades aceptables (Ahn *et al.*, 2002; Miliuskas *et al.*, 2007; Nieto *et al.*, 2009).

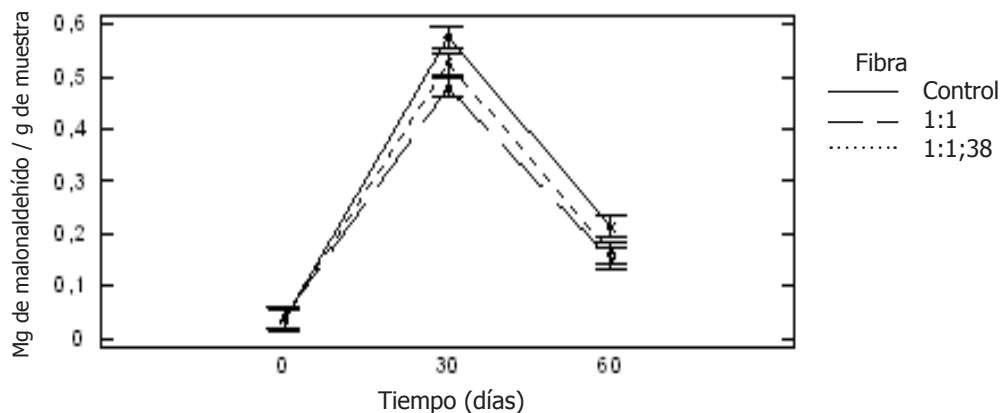


Figura 5. Capacidad antioxidante de la hamburguesa cruda reducida en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro.

Sheard *et al.* (2000), indican concentraciones mayores de 0,5 mg de malonaldehído/kg de muestra como valores umbral para la rancidez percibida por los consumidores, mientras que otros investigadores (Ockerman, 1976), señalan el valor de 1 mg/kg como límite para la percepción de rancidez por parte de consumidores. Desde esta óptica, se podría decir que las hamburguesas no presentaron síntomas de rancidez

que pudieran ser percibidas por los consumidores, ofreciendo un producto con buena calidad sensorial, por lo menos desde este punto de vista.

Características microbiológicas. Todos los tratamientos cumplen con los requisitos microbiológicos exigidos por la Norma Técnica Colombiana (NTC) 1325, incluso a los 60 días de almacenamiento, en cuanto

a: *Clostridium* sulfito reductor (NMP/g), *Staphylococcus aureus* (NMP/g), aerobios mesófilos (UFC), bacterias acidolácticas (UFC), coliformes fecales y totales (UFC), *Listeria monocytogenes* /25g de muestra, *Salmonella* sp. /25 g de muestra, demostrando que la adición de fibra no aporta carga microbiana adicional.

CONCLUSIONES

La caracterización bromatológica de la hamburguesa baja en grasa con adición de fibra de banano íntegro indicó que la inclusión de fibra en la formulación, afecta los contenidos de proteína, grasa y humedad, siendo mayores en el control que en los tratamientos con fibra; mientras que las cenizas fueron mayores en estos últimos. Sin embargo, todos los tratamientos estuvieron ajustados a la legislación vigente.

La calidad microbiológica de la hamburguesa baja en grasa con adición de fibra de banano verde íntegro se ajusta a las estándares internacionales, particularmente a la norma NTC 1325/82; demostrando que la fibra no aporta carga microbiana adicional a las hamburguesas.

La hamburguesa, con adición de fibra, cubren por porción (de 100 g), más del 20% de los requerimientos diarios de fibra, con lo cual podría ser considerado como alimento con excelente fuente de fibra, teniendo en cuenta la resolución 288 de 2008, del Ministerio de la Protección Social de Colombia.

Los niveles obtenidos entre 0,4 y 0,6 mg malonaldehidos/g de muestra, indican una diferencia significativa en el tiempo, pero por el rango de sus valores no es un indicador de rancidez de las hamburguesas control, ni con inclusión de fibra.

La disminución de la grasa en las hamburguesas la ubicaría en el nivel de aquellos alimentos a los cuales se le ha reducido la cantidad de grasa en valores próximos al 50%, lo que daría pie a una posible declaración nutricional.

Los cambios de color en las hamburguesas cocidas se pueden atribuir a la reacción de Maillard, ocurrida durante el proceso de cocción, presentándose mayores niveles (menor luminosidad L*) en las hamburguesas control, después de la cocción, por la mayor cantidad de azúcares presentes en la mayor cantidad de proteína que ésta contenía.

Con el reemplazo del 50% de grasa en una hamburguesa con una formulación estándar, se obtuvo un derivado cárnico excelente como fuente de fibra, bromatológicamente estable dentro de parámetros establecidos y microbiológicamente seguro durante 60 días de almacenamiento. La fibra de banano verde íntegro puede ser usada efectivamente como un ingrediente funcional.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigación y Desarrollo (CI+D) de Industrias Alimenticias Zenú, S.A.S. Al Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, y a la Fundación Corbanacol.

BIBLIOGRAFÍA

Ahn, J., I. Grün, and N. Fernando. 2002. Antioxidant properties of natural plant extract containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. *Journal of Food Science* 67(4): 1364-1369.

Aleson, L., J. Fernández, J. Pérez and V. Kuri. 2005a. Functional and sensory effects of fibre-rich ingredient on breakfast fresh sausages manufacture. *Food Science and Technology International* 11(2): 89-97.

Aleson, L., J. Fernández, J. Pérez and V. Kuri. 2005b. Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 6(2): 247-255.

Anderson, J.W., P. Baird, R. Davis Jr., S. Ferreri, M. Knudtson, A. Koraym, V. Waters and C. Williams. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* 67(4): 188-205.

International Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1998. Official methods of analysis. 16th edition. Washington, D.C.

Ayo, J., J. Carballo, J. Serrano, B. Olmedilla, C. Ruiz and F. Jiménez. 2007. Effect of total replacement of pork backfat with walnut on the nutritional profile of frankfurters. *Meat Science* 77(2): 173-181.

Besbes, S., H. Attia, C. Deroanne, S. Makni and C. Blecker. 2008. Partial replacement of meat by pea fiber and wheat fiber: Effect on the chemical composition, cooking characteristics and sensory

- properties of beef burgers. *Journal of Food Quality* 31(4): 480-489.
- Borderías, A.J., I. Sánchez and M. Pérez. 2005. New applications of fibres in foods: Addition of fishery products. *Trends in Food Science and Technology* 16(10): 458-465.
- Briceño, R., C. Gómez, M. Consuelo y M. Dadan. 2002. Fibra dietaria. *Temas Pediátricos. Nestle Nutrition* 19(1): 5-24
- Carrapiso, A. 2007. Effect of fat content on flavor release from sausages. *Food Chemistry* 103(2): 396-403.
- Chin, K.B., H. Lee, S. Kook and S. Yoo. 2004. Evaluation of various combinations of pork lean and water added on the physicochemical, textural and sensory characteristics of low fat sausages. *Food Science and Biotechnology* 13(4): 481-485.
- Chua, K, Mujumdar A, Hawlader M, Chou S, Ho J. 2001. Batch drying of banana pieces-effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour. *Food Research International* 34(8): 721-731.
- Crehan, C., E. Hughes, D. Troy and D. Buckley. 2000. Effects of fat level and maltodextrin on the functional properties of frankfurter formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science* 55(4): 463-469.
- Estevez, M. and R. Cava. 2006. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. *Meat Science* 72(2): 348-355.
- Fernández-Ginés, J., J. Fernández-López, E. Sayas, E. Sendra and J. Pérez. 2003. Effects of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. *Journal of Food Science* 68(2): 710-715.
- Fernández-Ginés, J., J. Fernández-López, E. Sayas, E. Sendra and J. Pérez. 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fibre: Application to bologna sausage. *Meat Science* 67(1): 7-13.
- Fernández-López, J., J. Fernández-Ginés, L. Alerón, E. Sayas, E. Sendra, and J. Pérez. 2004. Application of functional citrus by-products to meat products. *Trends in Food Science and Technology* 15(3-4): 176-185.
- Fernández-López, J., M. Viuda, E. Sendra, E. Sayas, C. Navarro and J. Pérez. 2007. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology* 226(1-2): 1-6.
- Fernández-López, J., E. Sendra, E. Sayas, C. Navarro and J. Pérez. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of "salchichón" (Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science* 80(2): 410-417.
- Garau, M., S. Simal, C. Rossello and A. Femenia. 2007. Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. Canoneta) by-products. *Food Chemistry* 104(3): 1014-1024.
- García, M., R. Domínguez, M. Gálvez, C. Casas and M. Selgas. 2002. Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science* 60(3): 227-236.
- García, M., E. Cáceres and M. Selgas. 2007. Utilization of fruit fibres in conventional and reduced-fat cooked-meat sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87(4): 624-631.
- Gimeno, O., D. Ansorena, I. Astiasaran and J. Bello. 2000. Characterization of chorizo of Pamplona: Instrumental measurements of colour and texture. *Food Chemistry* 69(2): 195-200.
- Hu, G., S. Huang, S. Cao and Z. Ma. 2009. Effect of enrichment with hemicelluloses from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chemistry* 115(3): 839-842.
- Happi, T., R. Andrianaivo, B. Wathélet, J. Tchango and M. Paquot. 2007. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry* 103(2): 590-600.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y de Certificación (ICONTEC). 2008. Industrias alimentarias. Productos cárnicos procesados no enlatados. No. NTC 1325. Quinta actualización. Icontec, Bogotá.
- Jiménez, F., J. Carballo and S. Cofrades. 2001. Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Science* 59(1): 5-13.
- Kumar, M. and B. Sharma. 2004. The storage stability and textural, physico-chemical and sensory quality of

- low-fat ground pork patties with carrageenan as fat replacer. *International Journal of Food Science and Technology* 39(1): 31-42.
- Lario, Y., E. Sendra, J. García, C. Fuentes, E. Sayas, J. Fernández and J. Pérez. 2004. Preparation of high dietary fibre powder from lemon juice byproducts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5(1): 113-117.
- Miliauskas, G., E. Mulder, J. Linsen, J. Houben, T. Van Beek and P. Venskutonis. 2007. Evaluation of antioxidative properties of *Geranium macrorrhizum* and *Potentilla fruticosa* extracts in Dutch style fermented sausages. *Meat Science* 77(4): 703-708.
- Nieto, G., M. Castillo, Y. Xiong, D. Álvarez, F. Payne and M. Garrido. 2009. Antioxidant and emulsifying properties of alcalase-hydrolyzed potato proteins in meat emulsions with different fat concentrations. *Meat Science* 83:24-30.
- Ockerman, H. 1976. Quality control of postmortem muscle and tissue. Ph.D Thesis. The Ohio State University, Columbus, OH. USA. pp. 220-265.
- Ozvural, E. and H. Vural. 2008. Utilization of interesterified oil blends in the production of frankfurters. *Meat Science* 78(3): 211-216.
- Pietrasik, Z. and Z. Duda. 2000. Effects of fat content and soy protein/carragenan mix on the quality characteristics of comminuted, scalded sausages. *Meat Science* 56(2): 181-188.
- Piñero, M., K. Parra, N. Huerta, L. Arenas, M. Ferrer, S. Araujo and Y. Barboza. 2008. Effect of oat's soluble fibre (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science* 80(3): 675-680.
- Restrepo, D. 2008. Reporte proyecto de investigación. Los productos cárnicos como alimentos funcionales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Rosell, C. Santos E, Collar C. 2009. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. *Food Research International* 42(1): 176-184.
- Safest. 2003. Certificate N° 030405: FaSafe™ Standard test kit. Arizona, <http://www.aoac.org/testkits/certificates/030501certificate.pdf>; pp. 223-230. consulta: marzo 2010.
- Sánchez, I., R. Haji, A. Borderias. 2007. Wheat fiber as a functional ingredient in restructured fish products. *Food Chemistry* 100(3): 1037-1043.
- Sánchez, E., C. Muñoz, E. Fuentes, J. Fernández, E. Sendra, E. Sayas, C. Navarro, J. Pérez. 2010. Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. *Meat Science* 85(1): 70-76.
- Sendra, E., P. Fayos, Y. Lario, J. Fernández, E. Sayas and J. Pérez. 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology* 25(1): 13-21.
- Sheard, P., M. Enser, J. Wood, G. Nute, B. Gill and R. Richardson. 2000. Shelf life and quality of pork and pork products with raised n-3 PUFA. *Meat Science* 55(2): 213-221.
- Troy, D., E. Desmond and D. Buckley. 1999. Eating quality of low-fat beef burgers containing fat-replacing functional blends. *Journal of the Science Food and Agriculture* 79(4): 507-516.
- Tokusoglu, Ö. and K. Ünal. 2003. Fat replacers in meat products. *Pakistan Journal of Nutrition* 2(3): 196-203.
- Turhan, S., I. Sagir and N. Ustun. 2005. Utilization of hazelnut pellicle in low-fat beef burgers. *Meat Science* 71(2): 312-316.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2005. Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. Washington, D.C. 70 p.
- Vural, H., I. Javidipour and O. Ozbas. 2004. Effects of interesterified vegetable oils and sugarbeet fiber on the quality of frankfurters. *Meat Science* 67(1): 65-72.
- World Health Organization - Food And Agriculture Organization Of The United Nations (OMS/FAO). 2003. Diet nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of the joint WHO/FAO experts consultation. WHO Technical Report Series, No. 916. Geneva, Switzerland.
- Yilmaz, I. 2004. Effects of rye bran addition on fatty acid composition and quality characteristics of low-fat meatballs. *Meat Science* 67(2): 245-249.

Yoo, S., S. Kook, S. Park, J. Shim, and K. Chin. 2007. Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *International Journal of Food Science and Technology* 42(9): 1114–1122.

Vandendriessche, F. 2008. Meat products in the past, today and in the future. *Meat Science* 78(1-2): 104–113.

Yang, H., S. Choi, J. Jeon, G. Park and S. Joo. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture modifying agents. *Meat Science* 75(2): 283–289.

Zhang, P., R. Whistler, J. BeMiller and B. Hamaker. 2005. Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers* 59(4): 443–458.