

Desarrollo de hamburguesas con la adición de nuez criolla pecana (*Carya illinoensis*) y fibra de trigo (*Triticum aestivum*), empleando carne de toretes alimentados con dos sistemas de engorde

Development of burgers with the addition of native pecan nut (*Carya illinoensis*) and wheat fiber (*Triticum aestivum*), using meat from bulls fed with two fattening systems

Santa Dalia Terrazas-Pérez^{1*} , Héctor Manuel Zumbado-Fernández¹ , Manuel Genovevo Roca-Argüelles² 

¹Universidad de La Habana, Instituto de Farmacia y Alimentos. Cuba.

²Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana. Cuba.

*Autor correspondencia: terrazassanty@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del empleo de nuez pecana, fibra de trigo y carne bovina obtenida de toretes engordados bajo un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de hamburguesas. Mediante un diseño de mezclas se obtuvo la mejor formulación de la hamburguesa empleando como variables independientes los porcentajes de carne de toretes engordados bajo un sistema tradicional (ST), nuez pecana, fibra de trigo, aditivos y mezcla de vegetales, considerando como variables de respuesta el color, sabor, olor, textura y contenido de grasa. La mejor formulación obtenida del diseño fue replicada empleando carne de vacuno SSPi y se elaboró además una tercera formulación control con carne ST y sustituyendo la nuez y la fibra por grasa bovina. A las formulaciones resultantes se les realizó controles físico-químicos, perfil de ácidos grasos, análisis microbiológicos y evaluación sensorial mediante análisis cuantitativo descriptivo. La mejor formulación sugerida por el diseño estuvo compuesta por 65,7 % de carne ST; 11,1 % de nuez pecana; 1,1 % de fibra de trigo; 6,1 % de aditivos y 16 % de mezcla de vegetales. Las formulaciones elaboradas con adición de nuez y fibras (HST y HSSPi) resultaron significativamente superiores desde el punto de vista físico-químico y sensorial a la hamburguesa control (HC), con menores porcentajes de grasa, mejores propiedades de cocción y mayores contenidos en ácidos grasos poliinsaturados, así como una mejor aceptación sensorial, destacándose significativamente en estos parámetros la formulación elaborada con carne SSPi. Desde el punto de vista microbiológico no se encontraron diferencias significativas y todos los productos resultaron microbiológicamente aceptables cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas.

Palabras clave: Hamburguesa; nuez pecana; fibra de trigo; diseño experimental

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of using of pecan nuts, wheat fiber, and beef obtained from bulls fattened under an intensive silvopastoral system (ISPS) on the physicochemical, microbiological, and sensory properties of hamburgers. Using a mixture design, the best hamburger formulation was obtained by using as independent variables the percentages of beef from bulls fattened under a traditional system (TS), pecan nuts, wheat fiber, additives, and vegetable mix, considering color, taste, odor, texture, and fat content as response variables. The best formulation obtained from the design was replicated using beef from the ISPS and a third control formulation was also prepared using TS beef and replacing the pecan nuts and fiber with beef fat. The resulting formulations underwent physicochemical controls, fatty acid profiling, microbiological analysis, and sensory evaluation through quantitative descriptive analysis. The best formulation suggested by the design was composed of 65.7% TS beef, 11.1% pecan nuts, 1.1% wheat fiber, 6.1% additives, and 16% vegetable mix. Formulations made with the addition of nuts and fibers (HST and HSSPi) were significantly superior from a physicochemical and sensory standpoint compared to the control hamburger (HC), with lower fat percentages, better cooking properties, higher contents of polyunsaturated fatty acids, and better sensory acceptance, with the ISPS beef-based formulation significantly standing out in these parameters. From a microbiological standpoint, no significant differences were found, and all products were microbiologically acceptable, meeting the parameters established in the standards.

Key words: Hamburger; pecan nuts; wheat fiber; experimental design

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una preocupación cada vez más evidente, por los consumidores e investigadores, debido al aumento de la obesidad y la aparición de enfermedades crónicas, como consecuencia de una alimentación y estilos de vida inadecuados [1]. En este sentido, la industria de los alimentos está experimentando importantes transformaciones como consecuencia de continuas innovaciones tecnológicas y cambios en las demandas de los consumidores, impulsados por los avances en los conocimientos en torno a la relación dieta-salud [2].

La carne y productos cárnicos son elementos esenciales de la dieta que concentran y proporcionan gran número de nutrientes (proteína, grasa, vitaminas, minerales). Si bien aportan numerosos compuestos con efectos selectivos beneficiosos sobre ciertas funciones del organismo, como cualquier alimento, también contienen diversas sustancias que, en determinadas circunstancias y en proporciones inadecuadas, pueden afectar negativamente la salud humana [3]. Algunos de estos constituyentes se encuentran ya presentes en los animales de abasto, mientras que otros son añadidos durante la elaboración del producto, o son formados a lo largo de su procesamiento, conservación o consumo [4].

Así, desde el punto de vista nutricional, un consumo excesivo de productos cárnicos no es recomendable debido fundamentalmente al elevado contenido de grasa, en la que predominan los ácidos grasos saturados y el colesterol [5, 6].

En este sentido, la reformulación de los productos cárnicos tradicionales se puede llevar a cabo mediante la modificación de la composición de ácidos grasos y/o añadiendo una serie de ingredientes funcionales tales como fibra, proteínas vegetales, vitaminas, minerales y fitoquímicos, con el propósito de desarrollar derivados cárnicos con propiedades y características físicas, sensoriales, nutricionales y funcionales mejoradas [1, 2, 4, 5].

La nuez criolla, también conocida como nuez pecana, es el miembro económicamente más importante del género *Carya* y es el cultivo más valioso de nuez nativo de América del Norte. El género *Carya* es miembro de la familia de las nueces, *Juglandaceae*, y comprende 20 especies. Más del 98 % de la producción mundial anual de pecanas se produce en el sur de los Estados Unidos y en el norte de México [7].

Las nueces pecanas son conocidas por tener un alto contenido fenólico y capacidad antioxidante [8], así como una buena composición lipídica en ácidos grasos mono y poliinsaturados [9], sin embargo, en la literatura revisada existen muy pocos reportes sobre el empleo integral de la nuez pecana (*Carya illinoensis*) en productos cárnicos, por lo que resultaría novedoso el desarrollo de un producto en el que se adicione este fruto seco conjuntamente con fibras de trigo (*Triticum aestivum*), las cuales mejoran las propiedades ligantes, la textura y el color de los derivados cárnicos en los que se adicionan [10], además de retener los sabores propios de la carne.

Otra alternativa interesante es el empleo de carne obtenida de toretes alimentados bajo sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), los cuales consisten en incorporar árboles y/o arbustos forrajeros en tierras ocupadas con pastos para la crianza de bovinos (*Bos taurus*). Esta actividad representa una alternativa de producción y conservación, contribuye a intensificar la ganadería y a liberar tierras que pueden dedicarse a la conservación de bosques. En estos sistemas, el ganado se alimenta en libre pastoreo y puede consumir forrajes de alta calidad que producen arbustos forrajeros, lo que

permite el sostenimiento de altas cargas animales por hectárea de superficie [11], favoreciendo la producción de carne en condiciones naturales, libre del uso de productos veterinarios y agroquímicos. En adición a estas ventajas, varias investigaciones reportan que los bovinos engordados bajo este sistema, con forrajes verdes, acumulan en el músculo menor cantidad de grasa y mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados [12, 13].

Actualmente, uno de los productos cárnicos con un alto consumo es la hamburguesa, que es un alimento procesado a base de carne picada acompañada de aditivos a elección; presentada con un ligero pan en forma de sándwich y cocinada a la plancha o bien a la parrilla [14]. La carne para hamburguesa es clasificada como un producto picado (no embutido) y según los métodos de procesamiento se considera un producto cárnico fresco [15].

A partir de los elementos analizados, se plantea la presente investigación con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de nuez criolla pecana, fibra de trigo y carne bovina obtenida de toretes engordados bajo un SSPi sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de hamburguesas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal, en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Materias primas empleadas

Se empleó materia prima cárnica deshuesada obtenida de toretes engordados en un sistema tradicional (ST), basado en una concentración de cereales, y en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), el cual utiliza como fuente de alimentación forraje a libre acceso, con una base proteica de *Leucaena leucocephala* y una energética con pasto tanzania (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Las muestras se obtuvieron de los músculos *Longissimus dorsi*, entre la 12va y 13va costilla (Ld), a partir de la canal de clasificación integral Suprema, con marmoleo moderado, de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-004-SAGARPA [16].

Se utilizó nuez criolla pecana recolectada en el municipio Ignacio Allende del estado de Chihuahua, México. Se empleó además fibra de trigo (Vitacel® WF-200, 97 % de fibra, 250 µm), mezcla de vegetales [brócoli (*Brassica oleraceavar*), coliflor (*Brassica oleracea var. botrytis*), zanahoria (*Daucus carota*), pimienta roja (*Capsicum annum*) y elote (*Zea mays*)], de la firma comercial "La Huerta" y especias (sal, romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y sabor natural grill beef).

Diseño experimental

Se aplicó un diseño de mezclas D-Óptimo, con el empleo del programa Design-expert, versión 8.0. Se definieron como variables independientes: (A) carne de vacunos alimentados bajo el sistema tradicional de engorde (ST), (B) nuez criolla pecana, (C) fibra de trigo, (D) aditivos y (E) vegetales, estableciendo las restricciones que se muestran en la TABLA I y obteniendo 25 experimentos propuestos por el programa (TABLA II).

Las variables de respuesta consideradas para la evaluación de las formulaciones fueron: color, olor, sabor, textura y porcentaje de grasa.

TABLA I
Restricciones de los componentes para el diseño de mezclas

Ingredientes	Límite inferior	Límite superior
A: Carne (%)	45	94
B: Nuez pecana (%)	0	16
C: Fibra de trigo (%)	0	2
D: Aditivos (%)	1,46	15
E: Mezcla de vegetales (%)	0	16

TABLA II
Diseño de mezclas para la formulación de la hamburguesa

Formula	Corrida	Carne ST (%)	Nuez Criolla Pecana (%)	Fibra de trigo (%)	Aditivos (%)	Vegetales (%)
12	1	79,451	8,176	1,673	1,460	9,240
25	2	80,450	16,090	2,000	1,460	0,000
2	3	53,247	15,229	0,614	14,910	16,000
22	4	69,000	16,090	0,000	14,910	0,000
20	5	82,449	0,000	0,573	14,910	2,068
7	6	68,591	13,948	0,000	1,460	16,000
10	7	71,930	5,357	0,000	10,749	11,964
16	8	68,627	16,090	0,804	6,936	7,544
13	9	79,451	8,176	1,673	1,460	9,240
18	10	72,841	7,293	2,000	14,910	2,956
8	11	63,877	3,213	2,000	14,910	16,000
1	12	63,234	9,742	0,000	11,024	16,000
23	13	80,589	9,506	1,020	8,886	0,000
6	14	73,450	6,614	2,000	1,935	16,000
5	15	79,349	0,000	1,049	3,602	16,000
17	16	64,928	14,217	2,000	14,910	3,945
15	17	68,627	16,090	0,804	6,936	7,544
11	18	60,962	15,319	1,240	12,030	10,449
4	19	59,084	15,947	2,000	6,969	16,000
21	20	89,341	0,000	2,000	6,780	1,879
24	21	80,589	9,506	1,020	8,886	0,000
19	22	93,830	2,266	0,000	1,460	2,444
9	23	71,930	5,357	0,000	10,749	11,964
14	24	74,958	0,000	2,000	14,910	8,132
3	25	53,247	15,229	0,614	14,910	16,000

Tecnología de elaboración

La materia prima fue almacenada en un congelador vertical marca Torrey, modelo CVSA-4UI, México. Para la elaboración de las formulaciones, se molió la materia prima cárnica en un molino marca Torrey modelo M-12 FS, México, con un cedazo 1/8" (C112-1/8"-29); las almendras de la nuez se trituraron en un molino eléctrico de alta velocidad 36000 tipo acero inoxidable modelo Electric Kitchen Grinder 500G, China, y fueron tamizadas hasta obtener un tamaño de

partícula de 500 µm; las fibras se hidrataron en una relación 1:8 y la mezcla de vegetales fue molida en una procesadora marca Hamilton Beach®, EUA, con cuchillas de acero inoxidable hasta alcanzar un tamaño tipo grueso de 800-1.200 µm. Las materias primas fueron adicionadas, en una mezcladora eléctrica de 3,2 cuartos de galón y 6 velocidades marca Kitchen in the box, modelo HMT72M450, EUA, en el siguiente orden: carne molida, a una temperatura $-3^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, nuez criolla pecana ($1^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), fibras hidratadas ($1^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) y mezcla de vegetales ($-2^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) dando un ciclo de mezclado de un minuto. Finalmente, se adicionaron los aditivos (saborizantes, color vegetal y eritorbato de sodio) terminando con un ciclo de mezclado de un minuto. La mezcla obtenida a $-2^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, se moldeó en una placa con un diámetro de 11,5 × 11,5 cm, obteniendo un producto con un gramaje de 90 y un grosor de 15 mm, el cual se empacó en atmósfera modificada con una mezcla de gases de O₂ (2,1%), CO₂ (19,2%) y con una concentración de gases inertes de 78,7%.

La evaluación de los atributos sensoriales (color, olor, sabor y textura) de cada una de las formulaciones propuestas por el diseño, se realizó por un panel de 16 jueces adiestrados en una sala de cata, mediante una escala hedónica de nueve categorías, desde 1 (me disgusta extremadamente) hasta 9 (me gusta extremadamente) [17], mientras el contenido de grasa se determinó por NIR (Near Infrared Reflectance) empleando un equipo Foss Scan™ 2, Dinamarca, con un rango espectral entre 850-1.050 nm.

Una vez seleccionada la mejor formulación del diseño, ésta fue replicada empleando carne de vacuno SSPi. Se elaboró además una tercera formulación control sustituyendo la nuez y la fibra por grasa bovina. Las tres formulaciones se evaluaron por triplicado mediante los siguientes análisis:

Análisis proximal

Se determinó el contenido de humedad, proteínas y grasas por análisis NIR, el contenido de cenizas según NC ISO 936 [18] y la fibra dietética insoluble, siguiendo la metodología descrita por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) y [19].

Análisis físico-químicos

Se determinó el pH con un potenciómetro de punción marca Hanna, MD-HI98130, EUA, previamente calibrado a pH 4.0 y 7.0. Para la capacidad de retención de agua (CRA) se utilizó la metodología propuesta por Tsai & Ockerman [20], mientras que el color se analizó con un espectrofotómetro MINOLTA, modelo CM 2002, Japón, midiendo L* (luminosidad), a* (tendencia a rojo) y b* (tendencia a amarillo), realizando la medición bajo el sistema de referencia CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).

Propiedades de cocinado

El análisis se realizó en una plancha de teflón sobre una cocina eléctrica (Torrey®, modelo # 60176532, México), hasta alcanzar una temperatura interna final de 71°C, correspondiente al término de cocción "Bien cocida" [21]. Se determinó el rendimiento de cocción, la retención de humedad y la fuerza de corte Warner-Bratzler, según la metodología descrita por González-Ríos y col. [22], mientras que la reducción del diámetro se realizó por medición directa en cm. Los resultados de la fuerza de corte se expresaron en kilogramo-fuerza (kgF) y el resto de los análisis en términos de porcentaje.

Perfil de ácidos grasos

Los lípidos de la muestra se extrajeron y convirtieron en ésteres metílicos siguiendo la metodología descrita por Castillo y col. [23]. La determinación de los ésteres metílicos de ácidos grasos se realizó por medio de cromatografía de gases con un equipo Perkin Elmer Precisely Clarus 400, EUA, con un detector de flama ionizable, empleando una columna analítica de sílica fundida SP™ 2380 de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,2 µm de grosor de película y un estándar Supelco™ 37 FAME mix. La temperatura inicial del horno Supelco™ fue configurada a 140 °C, aumentándose 4 °C cada 8 min hasta llegar a 240 °C, con un tiempo de espera por 30 min; la temperatura del puerto de inyección fue de 220 °C a 12 psi de presión y la temperatura del detector fue 220 °C. Se inyectó 1 µL de muestra de los ésteres de los ácidos grasos en un puerto splitless-split, con un tiempo de corrida de 36 min por cada inyección, utilizando Helio (He) como gas portador con un caudal de 1 mL·min⁻¹. La identificación de los ácidos grasos obtenidos en la muestra se realizó de acuerdo a los tiempos de retención y al patrón de elución Supelco™ 37 FAME mix, mientras que para la cuantificación se empleó el método de normalización de áreas [23].

Análisis microbiológico

Se prepararon las muestras conforme a lo establecido en la norma NC ISO 6887-1 [24], y se realizaron las determinaciones de aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* ssp. y *Escherichia coli* O157:H7, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1 [25].

Análisis cuantitativo descriptivo

Se realizó con un panel de 16 jueces adiestrados en una sala de cata, evaluando la intensidad de 13 descriptores (aparición general, tamaño de hamburguesa, color marrón, olor a carne bovino, olor a grasa bovina, sabor a carne bovino, sabor a grasa bovina, sabor a nuez, sabor a especias, sabor salado, ternura, jugosidad y textura fibrosa) mediante una escala no estructurada de 10 puntos, acotada en los extremos, desde 0 (ausencia del atributo) hasta 10 (marcada intensidad del atributo) [17, 26, 27].

Análisis estadístico

Los resultados del análisis proximal y físico-químico de las formulaciones evaluadas se procesaron mediante análisis de varianza de clasificación simple. En los casos en que se encontraron diferencias significativas se aplicó el test de rangos múltiples de Duncan. Para el análisis de los resultados del análisis cuantitativo descriptivo se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Los análisis se realizaron utilizando el paquete SPSS versión 15.0 (Statistical Package for the Social Sciences), con un nivel de significación del 95 % ($P < 0,05$).

Las variables de respuesta del diseño (color, olor, sabor, textura y porcentaje de grasa), fueron evaluadas con los modelos lineal, cuadrático y cúbico especial. Para seleccionar el modelo de mejor ajuste se utilizó el coeficiente de determinación (R^2).

La significación estadística de los factores estudiados en el diseño de mezcla (carne ST, nuez criolla pecana, fibras, aditivos y vegetales), se determinó mediante análisis de varianza con un nivel de significación del 95 % ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño de mezclas para el desarrollo de la hamburguesa

Las variables de respuesta resultaron significativas en todos los casos ajustándose a modelos lineales o cuadráticos, tal y como se muestra en la TABLA III.

Con respecto al color, el efecto más importante lo tuvo la nuez pecana (B) con un coeficiente de 0,264 lo que sugiere incrementar su porcentaje si se desea mejorar la aceptación del producto en relación con este atributo. Sin embargo, el bajo valor de R^2 , obliga a evaluar con cautela estos resultados y centrarse en el resto de las variables.

Al analizar las ecuaciones correspondientes a los atributos olor, sabor y textura, el contenido de fibra (C) resultó ser la variable de mayor influencia negativa (-88,015C; -99,339C y -139,82C, respectivamente) lo que sugiere minimizar el contenido de este componente en aras de maximizar la aceptación de estos atributos. Finalmente, el contenido de grasa se ajustó a un modelo lineal evidenciando el coeficiente de determinación más elevado (0,9879). Para la grasa es lógico pensar que se deben reducir los contenidos de carne (+0,197A) y nuez (+0,611B) pues son los que aportan este componente y aumentar el contenido de fibra (-0,104 C).

La optimización numérica del diseño de mezcla se realizó empleando las restricciones que se muestran en la TABLA IV y arrojó cuatro formulaciones, las cuales se representan en la TABLA V

De las formulaciones propuestas por el programa se seleccionó la formulación 2, por tener el menor contenido de carne y un mayor porcentaje de nuez y fibras, mientras que su conveniencia estadística es muy similar a la formulación 1.

TABLA III
Significación del análisis de varianza para las variables de respuesta analizadas en las 25 formulaciones iniciales propuestas por el diseño de mezclas

Atributos	Modelo (valor P)	R ²	Ecuación del modelo considerando las variables significativas
Color	Lineal (P= 0,0087)	0,4777	$Color = 0,055A + 0,264B - 0,123C - 9,64 \times 10^{-3}D + 1,88 \times 10^{-3}E$
Olor	Cuadrático (P= 0,0223)	0,8372	$Olor = 0,038A - 2,504B - 88,015C - 0,69D + 1,277E + 0,032AB + 0,039BD$
Sabor	Cuadrático (P= 0,0156)	0,8507	$Sabor = 0,033A - 2,899B - 99,339C - 0,79D + 0,196E + 0,039AB + 1,014AC + 1,027BC + 0,036BD + 0,032BE + 1,094CD + 1,031CE$
Textura	Cuadrático (P= 0,0317)	0,8223	$Textura = 0,041A - 1,342B - 139,82C + 1,01D - 1,02E + 0,019AB + 1,435AC + 1,413BC + 0,027BE + 1,426CD + 1,466CE$
Grasa (%)	Lineal (P< 0,0001)	0,9879	$Grasa = 0,197A + 0,611B - 0,104C + 0,039D + 0,016E$

Los atributos Color, Olor, Sabor y Textura fueron evaluados sensorialmente por un panel de 16 jueces adiestrados. El porcentaje de Grasa se evaluó por NIR. A: Carne ST, B: Nuez pecana, C: Fibra de trigo, D: Aditivos, E: Mezcla de vegetales

TABLA IV
Criterios para la optimización del diseño de mezcla

	Meta	Límite Inferior	Límite superior
A: Carne ST (%)	En rango	51	93,83
B: Nuez pecana (%)	En rango	0	16,09
C: Fibra de trigo (%)	En rango	0	2
D: Aditivos (%)	En rango	1,46	14,91
E: Mezcla de Vegetales (%)	En rango	0	16
Color	Máximo	3	9
Olor	Máximo	3	9
Sabor	Máximo	5	9
Textura	Máximo	5	9
Grasa (%)	En rango	19	24

Los atributos Color, Olor, Sabor y Textura son variables de respuesta, que se evalúan sensorialmente por un panel de 16 jueces adiestrados. El porcentaje de Grasa se evalúa por NIR.

TABLA V
Formulaciones optimizadas propuestas

	Formulación			
	1	2	3	4
Ingredientes (%)				
A: Carne ST	70,769	65,743	66,721	73,531
B: Nuez pecana	10,680	11,061	10,148	8,464
C: Fibra de trigo	1,091	1,106	0,734	1,052
D: Aditivos	1,460	6,090	6,397	8,536
E: Vegetales	16,000	16,000	16,000	8,417
Respuestas				
Color	6,60383	6,38049	6,23644	6,09394
Olor	8,44607	8,56536	8,45656	7,77648
Sabor	8,47353	9,07042	8,93444	9,0957
Textura	7,3797	7,04286	6,70594	7,85705
Grasa (%)	20,664	20,0867	19,7724	20,0191
Conveniencia estadística	0,806	0,791	0,780	0,742

Los atributos Color, Olor, Sabor y Textura son variables de respuesta, que se evalúan sensorialmente por un panel de 16 jueces adiestrados. El porcentaje de Grasa se evalúa por NIR.

Con estos resultados se elaboraron tres formulaciones para evaluar el efecto de la adición de nuez pecana y fibras y de la sustitución de la carne ST por carne SSPi (TABLA VI).

Evaluación de las formulaciones

Análisis físico-químicos

El efecto de la adición de nuez pecana y del tipo de carne sobre los parámetros físico-químicos y las propiedades de cocción de las dos formulaciones evaluadas se muestran en la TABLA VII.

TABLA VI
Formulaciones a evaluar

Ingredientes (%)	HC	HST	HSSPi
Carne ST	65,7	65,7	0,00
Carne SSPi	-	-	65,7
Grasa bovina	12,2	-	-
Nuez pecana	-	11,1	11,1
Fibra de trigo	-	1,1	1,1
Aditivos	6,1	6,1	6,1
Vegetales	16	16	16

HC: Hamburguesa control, elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional; HST; Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional y nuez pecana; HSSPi: Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo y nuez pecana; Carne ST: Carne obtenida de toretes alimentados con el sistema tradicional, Carne SSPi: Carne obtenida de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo

TABLA VII
Características fisicoquímicas y propiedades de cocción de las formulaciones de hamburguesas evaluadas

Parámetros	HC	HST	HSSPi
Análisis proximal			
Humedad (%)	60,57 ± 0,64	60,56 ± 1,28	60,65 ± 1,30
Proteína (%)	16,34 ± 0,61 ^c	18,96 ± 0,17 ^b	20,13 ± 0,68 ^a
Grasa (%)	23,39 ± 0,25 ^a	20,85 ± 0,39 ^b	18,32 ± 0,77 ^c
Cenizas (%)	1,51 ± 0,34	1,66 ± 0,18	1,90 ± 0,23
Fibra dietética insoluble (%)	0,38 ± 0,01 ^b	2,67 ± 0,04 ^a	2,65 ± 0,08 ^a
Análisis físico-químico			
pH	5,97 ± 0,05	5,87 ± 0,58	5,70 ± 0,05
CRA (%)	54,33 ± 1,06 ^c	58,33 ± 2,02 ^b	62,07 ± 1,15 ^a
Color			
L*	53,44 ± 0,73 ^a	48,42 ± 0,65 ^a	45,91 ± 0,38 ^b
a*	11,64 ± 0,28 ^a	8,56 ± 0,19 ^b	8,24 ± 0,56 ^b
b*	15,72 ± 0,08 ^b	15,33 ± 0,70 ^b	16,25 ± 0,89 ^a
Propiedades de cocinado			
Rendimiento de cocción (%)	65 ± 0,07 ^b	73 ± 2,10 ^b	81 ± 1,89 ^a
Retención de humedad (%)	39 ± 2,09 ^b	40 ± 2,17 ^b	49 ± 1,17 ^a
Reducción del diámetro (%)	13,8 ± 1,58 ^a	11,3 ± 1,14 ^b	9,1 ± 1,12 ^c
Fuerza de corte (kgF)	1,78 ± 0,02 ^a	1,04 ± 0,04 ^b	1,03 ± 0,03 ^b

HC: Hamburguesa control, elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional; HST; Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional y nuez pecana; HSSPi: Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo y nuez pecana. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas ($P < 0,05$)

El porcentaje de proteínas resultó significativamente mayor en la HSSPi, lo cual puede atribuirse al hecho de que los animales criados en libre pastoreo presentan una carne con un mayor contenido en proteína, debido a que el músculo *Longissimus dorsi* ha estado más ejercitado gracias a la libertad de movimiento que han tenido estos animales [28]. Por otra parte, las diferencias estadísticas encontradas

entre la HST y la HC pueden ser atribuirse a la presencia de nuez pecana que aporta también este nutriente.

Al analizar los contenidos de grasa de las tres formulaciones evaluadas se obtuvieron diferencias significativas entre ellas en el orden HC (23,39%) > HST (20,85%) > HSSPi (18,32%), lo cual resulta lógico en función de la composición de las mismas. En el caso de la HSSPi, se obtuvo el menor porcentaje lipídico en concordancia con el menor contenido de grasa, reportado por varios estudios, en las carnes de animales criados en libre pastoreo [13, 29, 30, 31], debido al efecto de la densidad energética de la dieta suministrada y la mayor posibilidad de actividad física que tienen estos animales [32, 33].

Los resultados del contenido de fibra dietética insoluble muestran valores estadísticamente equivalentes entre las formulaciones HST y HSSPi (2,67 y 2,65%, respectivamente) y superiores a la HC (0,38), como resultado de la adición de 11% de nuez y 1% de fibras. En cuanto a los resultados de humedad, cenizas y pH, no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas.

El efecto del tipo de carne y la adición de nuez también se vio reflejado en la CRA, que fue significativamente menor para la HC (54,33%), seguida de la HST (58,33%) y con un mayor valor para la HSSPi (62,07%), lo que pudiera deberse a la presencia de la fibra dietética (proveniente de la nuez y la propia fibra de trigo adicionada) en las formulaciones de HST y HSSPi, que tienden a incrementar este parámetro [34]. Las diferencias estadísticas encontradas entre estas dos últimas formulaciones pudieran asociarse a factores relacionados con los niveles de estrés de los animales previo al sacrificio [35], sin embargo, la ausencia de información sobre esta etapa dificulta sacar conclusiones firmes.

Con respecto al color (TABLA VII), la luminosidad (L*) decreció significativamente en el orden HC > HST > HSSPi, lo cual puede justificarse por el contenido de grasa que decrece en ese mismo orden. En este sentido, estudios señalan que el valor de L* es menor en la carne de los animales criados a base de pasto en comparación al ganado alimentado con alimento concentrado debido a la menor cantidad de grasa [36]. Otros investigadores plantean que las dietas basadas en pasto promueven el metabolismo oxidativo a favor de las fibras musculares rojas en lugar del metabolismo anaeróbico produciendo menor grado de luminosidad de la carne [37].

En intensidad a rojo (a*) se observan diferencias significativas entre la HC y las formulaciones HST y HSSPi, pero no entre estas dos últimas. Ello puede atribuirse a la presencia, en estos productos, de nuez y fibras que interfieren con el color natural de las carnes disminuyendo la intensidad de la coordenada a* en el producto final.

La intensidad del color amarillo (b*) fue significativamente mayor en la HSSPi, lo que puede atribuirse a las características de la carne empleada. Resultados de otros trabajos refieren que los animales de producción ecológica basada en el aprovechamiento de los pastos presentan mayor pigmentación amarilla debido a la alta concentración de carotenos de la grasa, en comparación con los animales criados en sistemas basados en el aporte de cereales [38]. Generalmente, a la grasa se le atribuye un color más amarillo por la acumulación de pigmentos carotenoides de carácter lipófilo que provienen del forraje consumido [39, 40].

El rendimiento de cocción y la retención de humedad (TABLA VII), fueron significativamente superiores en la hamburguesa HSSPi, no encontrándose diferencias significativas entre la HC y la HST. Estos parámetros dependen de la pérdida de grasa y humedad durante la cocción, lo cual está condicionado por los contenidos de grasa inicial de los productos. Otros estudios han reportado incrementos

en el rendimiento de cocción en carnes para hamburguesas de res bajas en grasas [21, 41, 42] así como en albóndigas bajas en grasa con adición de harinas de leguminosas [43] y en salchichas fermentadas en las que se sustituyó la grasa de res por aceite de avellana (*Corylus avellana*) [44]. Por otra parte, la reducción del diámetro evidenció una menor afectación para la HSSPi, seguido por la HST que tuvo menor reducción del tamaño que la HC. Estos resultados son esperados dada la relación de este parámetro con el rendimiento de cocción y la retención de humedad.

Referente a la fuerza de corte, la HSSPi y la HST requirieron una fuerza significativamente menor a la HC, lo cual pudiera ser atribuido a la CRA, que fue mayor en la HSSPi, seguida de la HST y la HC, como resultado de la adición de nuez y fibras [34]. En este sentido, Jiménez Colmenero y col. [45] encontraron que el empleo de 10% o más, de nuez de Castilla (*Juglans regia*) en la elaboración de reestructurados cárnicos, produjo una disminución significativa de la fuerza de corte en los productos cocidos, lo que sugiere que la nuez interfiere con la formación de estructuras de redes de proteínas.

Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos de las tres formulaciones de hamburguesas evaluadas se muestra en la TABLA VIII.

Con relación a los ácidos grasos saturados (mirístico, palmítico y esteárico), se observa un predominio significativo de los mismos en HC, mientras que al analizar los contenidos de ácido oleico y el resto de los ácidos grasos poliinsaturados (linoleico, linolénico, araquidónico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico) se denotan diferencias significativas en el orden HSSPi > HST > HC. Las diferencias entre HC y HST pueden atribuirse a la adición de nuez pecana en esta última formulación, dado los numerosos reportes de la literatura sobre el alto contenido en ácidos grasos mono y poliinsaturados en las nueces, en particular el oleico y el linoleico, mientras que el mirístico y el palmítico se encuentran en menores proporciones [9, 46, 47, 48].

TABLA VIII
Perfil de ácidos grasos de las formulaciones de hamburguesas evaluadas

Ácidos grasos (%)	HC	HST	HSSPi
Mirístico C _{14:0}	0,90 ± 0,02 ^a	0,60 ± 0,02 ^b	0,53 ± 0,03 ^b
Palmítico C _{16:0}	24,31 ± 0,15 ^a	23,75 ± 0,80 ^{ab}	22,75 ± 0,61 ^b
Esteárico C _{18:0}	25,49 ± 0,35 ^a	23,46 ± 0,64 ^b	14,63 ± 0,33 ^c
Miristoleico C _{14:1}	0,12 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,01 ^b	0,08 ± 0,02 ^b
Palmitoleico C _{16:1}	0,91 ± 0,02 ^a	0,75 ± 0,01 ^b	0,69 ± 0,03 ^b
Oleico C _{18:1 n-9}	25,15 ± 0,24 ^c	31,95 ± 1,56 ^b	39,86 ± 0,84 ^a
Linoleico C _{18:2 n-6}	3,61 ± 0,16 ^c	4,61 ± 0,38 ^b	6,46 ± 0,20 ^a
Linolénico C _{18:3 n-3}	0,16 ± 0,02 ^c	1,09 ± 0,01 ^b	3,26 ± 0,29 ^a
Eicosapentaenoico C _{20:5 n-3}	0,18 ± 0,01 ^c	0,39 ± 0,07 ^b	0,95 ± 0,04 ^a
Araquidónico C _{20:4 n-6}	0,21 ± 0,03 ^c	0,35 ± 0,02 ^b	0,53 ± 0,04 ^a
Docosahexaenoico C _{22:6 n-3}	0,23 ± 0,01 ^c	0,38 ± 0,02 ^b	0,44 ± 0,02 ^a

HC: Hamburguesa control, elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional; HST: Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional y nuez pecana; HSSPi: Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo y nuez pecana. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas (P<0,05)

Por otra parte, la mayor concentración de mono y poliinsaturados encontrada en la HSSPi con respecto a HST, puede explicarse por el efecto de la carne. En este sentido, son varias las investigaciones que describen el efecto favorecedor de los sistemas silvopastoriles sobre la composición lipídica de la carne, observándose un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con el ganado alimentado con grano [30, 32, 49, 50, 51].

Un creciente cuerpo de evidencia respalda el potencial terapéutico de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3, principalmente docosahaexenoico (DHA) y ácido eicosapentaenoico (EPA), en enfermedades metabólicas en función de sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias [52]. Por otra parte, los ácidos grasos omega-3 han demostrado reducir significativamente el riesgo de muerte súbita causada por arritmias cardíacas y todas las causas de mortalidad en pacientes con enfermedad coronaria conocida y también se usan para tratar la hiperlipidemia y la hipertensión [53].

Análisis microbiológico

Los resultados del análisis microbiológico de las formulaciones de hamburguesas analizadas mostraron que, en todos los casos, los parámetros evaluados cumplen con las especificaciones sanitarias establecidas por la norma NOM-034-SSA1 [54]. Los aerobios mesófilos reportaron valores de 1×10^4 ufc·g⁻¹ para HC y HST y $1,2 \times 10^4$ ufc·g⁻¹, para HSSPi; el conteo de coliformes totales fue menor a 10 nmp en todas las formulaciones y los resultados para *Staphylococcus aureus* no superaron las 10 ufc·g⁻¹; así mismo, los ensayos para *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* O157:H7, fueron negativos en los tres casos, por lo que las muestras analizadas pueden considerarse inocuas con respecto a estos microorganismos.

Evaluación sensorial

Análisis cuantitativo descriptivo

En la FIG. 1 se observan los resultados del análisis cuantitativo descriptivo de las tres formulaciones elaboradas.

La prueba de Kruskal Wallis no arrojó diferencias significativas entre las muestras para los atributos color, sabor a especias y sabor salado. En este sentido debe señalarse que los valores asignados por los jueces para cada uno de estos atributos (color entre 7,54 y 7,54; sabor a especias entre 5,32 y 5,51; sabor salado entre 4,99 y 5,04; son adecuados para este tipo de producto.

Con relación al tamaño y la apariencia se obtuvieron diferencias significativas entre las tres formulaciones en el orden HSSPi, (8,81; 8,91, respectivamente) > HST (8,03; 8,68, respectivamente) > HC (6,78; 7,55, respectivamente), lo que guarda cierta correspondencia con los resultados obtenidos para las propiedades de cocción (TABLA VII) dado que la reducción del diámetro se comportó de manera similar y en el caso del rendimiento, si bien no se obtuvieron diferencias significativas entre la HST (73 %) y la HC (65 %), existe una tendencia al aumento de este parámetro en la formulación con nuez y fibras.

El análisis de los atributos olor y sabor a grasa bovina evidenciaron diferencias significativas entre las tres formulaciones en el orden HC (6,85 y 7,00, respectivamente) > HST (5,94 y 5,79, respectivamente) > HSSPi (5,58 y 5,26, respectivamente), lo que se justifica por la reducción de grasa bovina en estas dos últimas formulaciones y el menor contenido de este macronutriente en la carne SSPi. Por su parte el olor y sabor a carne bovina mostraron resultados significativamente superiores de

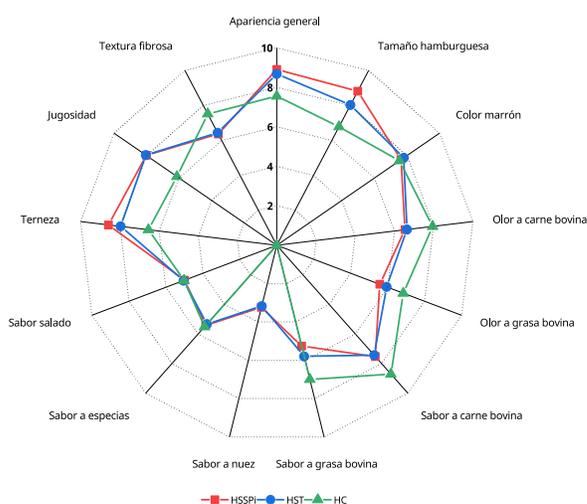


FIGURA 1. Análisis cuantitativo descriptivo (QDA) de las hamburguesas elaboradas. HC: Hamburguesa control, elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional; HST; Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema tradicional y nuez pecana; HSSPi: Hamburguesa elaborada con carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo y nuez pecana

intensidad para la HC (7,94 y 8,71), pero en este caso no se encontraron diferencias estadísticas entre la HST (6,64 y 7,43) y la HSSPi (6,54 y 7,52); comportamiento que puede explicarse por la presencia de nuez pecana en estas dos últimas formulaciones, que enmascaran el olor y el sabor a bovino. En concordancia con este resultado, el sabor a nuez no fue detectado en la HC y no se evidenciaron diferencias significativas entre la HSSPi (3,24) y la HST (3,18).

Con respecto a la terneza y a la jugosidad se encontró que la HSSPi (8,58 y 8,02, respectivamente) y la HST (7,96, 8,04, respectivamente) resultaron significativamente más tiernas y jugosas que la HC (6,54 y 6,13, respectivamente) no existiendo diferencias significativas entre las dos primeras formulaciones. Consecuentemente, para el atributo textura fibrosa, la HC mostró valores de intensidad significativamente más elevados (7,51) que para la HST (6,44), y HSSPi (6,36). En este sentido la adición de nuez y fibras, que incrementan la capacidad de retención de agua del producto, unido a los resultados de las propiedades de cocción (TABLA VII), en particular la fuerza de corte, son los factores más influyentes de este comportamiento.

No se encontraron reportes en la literatura sobre evaluación sensorial de productos cárnicos elaborados con adición de nuez pecana, así como tampoco estudios en los que se emplee carne de toretes alimentados en libre pastoreo, lo que dificulta la contrastación de los resultados del análisis cuantitativo descriptivo realizado en la presente investigación.

No obstante, puede citarse un estudio en el que se evaluó el efecto de diferentes proporciones (0, 5, 10 y 15 %) de nueces de Castilla añadidas sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de filetes de res reestructurados, en el cual se obtuvo que, aunque el sabor, la textura y las puntuaciones generales de aceptabilidad no fueron estadísticamente diferentes del control, tendieron a ser mejorados en presencia de nuez [45].

Por otra parte, otra investigación evaluó las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de salchichas de Frankfurt con un 25 % de nuez de Castilla añadida frente a salchichas bajas en grasa (6 % de

grasa de cerdo) y salchichas tradicionales (18 % de grasa de cerdo) y encontró que las salchichas con nuez añadida presentaron valores de dureza y masticabilidad más altos y puntuaciones más bajas en las preferencias de textura, aunque todas las salchichas obtuvieron el mismo puntaje de aceptabilidad general [55]. El elevado porcentaje de nuez utilizado (25 %) y la diferencia de variedad del fruto seco (nuez de Castilla), pudieran ser los factores responsables de ese comportamiento sensorial, en contraste con los valores obtenidos en el presente estudio.

En general se puede afirmar, que el análisis cuantitativo descriptivo realizado, evidencia buenas propiedades sensoriales a favor de los productos elaborados con nuez pecanera, lo que unido al beneficio para la salud que aportan los componentes de estas formulaciones, constituye una opción viable para la elaboración de hamburguesas más saludables.

CONCLUSIONES

Las formulaciones elaboradas con adición de nuez y fibras (HST y HSSPi) resultaron significativamente superiores desde el punto de vista físico-químico y sensorial a la hamburguesa control (HC), con menores porcentajes de grasa, mejores propiedades de cocción y mayores contenidos en ácidos grasos poliinsaturados, así como una mejor aceptación sensorial. El efecto de tipo de carne empleada fue también evidenciado por la superioridad de la formulación elaborada con carne SSPi, en los parámetros anteriormente mencionados. Desde el punto de vista microbiológico no se encontraron diferencias significativas y todos los productos resultaron microbiológicamente aceptables cumpliendo con los indicadores establecidos en las normas.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no presentan conflictos de interés en el presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Beriain MJ, Gómez I, Ibáñez FC, Sarriés MV, Ordóñez AI. Chapter 1. Improvement of the Functional and Healthy Properties of Meat Products. En: Holban AM, Grumezescu AM. (eds.). Food Quality: Balancing Health and Disease. Handbook of Food Bioengineering. [Internet]. Academic Press: 2018 [Consultado 14 Dic 2022]. p 1-74. <https://doi.org/kh6v>
- [2] Ursachi CS, Perța-Crișan S, Munteanu FD. Strategies to Improve Meat Products' Quality. Foods. [Internet]. 2020; 9(12):1883. <https://doi.org/kh6w>
- [3] Peña MA, Méndez BO, Guerra MA, Peña SA. Desarrollo de productos cárnicos funcionales: utilización de Inulina y harina de quinua. Alimentos. Cien. Investig. 2015; 23(1):21-36.
- [4] Jiménez-Colmenero F, Sánchez-Muniz FJ, Olmedilla-Alonso B. Design and development of meat-based functional foods with walnut: Technological, nutritional and health impact. Food Chem. [Internet]. 2010; 123(4):959-67. <https://doi.org/d49zd4>
- [5] Domínguez R, Agregán R, Gonçalves AA, Lorenzo-Rodríguez JM. Effect of fat replacement by olive oil on the physico-chemical properties, fatty acids, cholesterol and tocopherol content of pâté. Grasasaceites. [Internet] 2016; 67(2):e133. <https://doi.org/f86d95>
- [6] Totosaus A. Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. Nacameh. 2007; 1(1):53-66.
- [7] Thompson TE, Conner PJ. Pecan. En: Badenes ML, Byrne DH. (eds.). Fruit Breeding. Handbook of Plant Breeding. [Internet]. Boston: Springer US; 2012 [Consultado 16 Dic 2022]. p 771-801. <https://doi.org/fox5w5>
- [8] Poerne-Rodrigues N, Rocha-Pechina B, Ribeiro-Sarkis J. A comprehensive approach to pecan nut valorization: Extraction and characterization of soluble and insoluble-bound phenolics. J. Am. Oil Chem. Soc. [Internet] 2022; 99(10):843-54. <https://doi.org/kh6x>
- [9] Rivera-Rangel LR, Aguilera-Campos KI, García-Triana A, Ayala-Soto JG, Chavez-Flores D, Hernández-Ochoa L. Comparison of Oil Content and Fatty Acids Profile of Western Schley, Wichita, and Native Pecan Nuts Cultured in Chihuahua, Mexico. J. Lipids. [Internet] 2018; 2018:e4781345. <https://doi.org/kh6z>
- [10] Zinina O, Merenkova S, Tazeddinova D, Rebezov M, Stuart M, Okuskhanova E, Yessimbekov ZH, Baryshnikova N. Enrichment of meat products with dietary fibers: a review. Agron. Res. [Internet] 2019; 17(4):1808-22. <https://doi.org/kh63>
- [11] Murgueitio E, Naranjo J, Cuartas C, Molina C, Lalinde F. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) una herramienta de desarrollo rural sustentable con adaptación al cambio climático en regiones tropicales de américa. En: Memorias II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos, en camino hacia núcleos de ganadería y bosques: 3, 4 y 5 de Noviembre de 2009; Morelia y Tepalcatpec. México: Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán; 2009. p 1-8.
- [12] French P, Stanton C, Lawless F, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Moloney AP. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. J. Anim. Sci. [Internet] 2000; 78(11):2849-55. <https://doi.org/kh64>
- [13] Jaturasitha S, Norkeaw R, Vearasilp T, Wicke M, Kreuzer M. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maximum*) or Guinea grass-legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. Meat Sci. [Internet] 2009; 81(1):155-62. <https://doi.org/bvn479>
- [14] Edge J. Hamburgers & Fries: An American Story. New York: G.P. Putnam's Sons. 2005; p 55.
- [15] Fernández-Ramírez A, Izquierdo-Córser P, Valero-Leal K, Allara-Cagnasso M, Piñero-González M, García-Urdaneta A. Efecto del Tiempo y Temperatura de Almacenamiento Sobre la Calidad Microbiológica de Carne de Hamburguesa. Rev. Científ. FCV-LUZ. [Internet] 2006 [Consultado 14 Dic 2022]; 16(4):315-24. Disponible en: <https://bit.ly/46R74Wu>.
- [16] Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAGARPA-2018. Carne de bovino. Clasificación de canales conforme a sus características de madurez fisiológica y marmoleo. 2018; 4 p.
- [17] Oficina Nacional de Normalización de Cuba. NC ISO: 11035. Análisis Sensorial. Identificación y selección de descriptores para el establecimiento de un perfil sensorial mediante un enfoque multidimensional. 2015; p 16-18.
- [18] Oficina Nacional de Normalización de Cuba. NC ISO 936. Carne y productos cárnicos. Determinación de Ceniza total. 2006; p 3-7

- [19] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official method 991.42 Insoluble Dietary Fiber in Foods and Food Products. Enzymatic-Gravimetric Method, Phosphate Buffer. AOAC International. 2005; p 1-2
- [20] Tsai TC, Ockerman HW. Water Binding Measurement of Meat. J. Food Sci. [Internet] 1981; 46(3):697-701. <https://doi.org/dnmg5r>
- [21] American Meat Science Association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Champaign IL. Amer. Meat. Sci. Assoc. 1995; p 1-48.
- [22] González-Rios H, Valenzuela-Grijalva NV, Valenzuela-Melendres M, Torrescano G. Efecto de la estrategia de implante con Zeranol y maduración *post-mortem* sobre la fuerza de corte de la carne de corderos mestizos de pelo corto. Rev. Científ. FCV-LUZ. [Internet] 2012 [Consultado 15 Ene 2023]; 22(3):238-44. Disponible en: <https://bit.ly/305XPKI>.
- [23] Castillo F, Díaz Y, Islas A, Martínez F, Dupas N, Soto I. Effect of level of dry distillers grains plus soluble and supplementation of organic copper of fatty acid composition in feedlot lambs. J. Anim. Sci. 2011; 2(E-Suppl.):196.
- [24] Oficina Nacional de Normalización de Cuba. NC ISO 6887-1:2002. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Preparación de la muestra de ensayo, la suspensión inicial y las diluciones decimales para pruebas microbiológicas. Parte 1: Reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y las diluciones decimales. 2002; p 1-5
- [25] Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. 2014; p 9-19
- [26] Espinosa J. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Universitaria (Cuba). 2020; p 129.
- [27] Terrazas-Pérez SD, Roca-Argüelles M, Zumbado-Fernández H, Tejedor-Arias R. Implementación de una comisión sensorial para evaluar productos de carne molida. Cien. Tecnol. Alimentos. [Internet] 2016 [Consultado 21 Dic 2022]; 26(1):53-6. Disponible en: <https://bit.ly/3rlsTx5>.
- [28] López-Gajardo A. Parámetros de calidad y características sensoriales de la carne de terneros de raza Retinta criados en dos modelos de producción ecológica [Tesis Doctoral]. España: Universidad de Sevilla; 2018; 78 p.
- [29] Orellana C, Peña F, García A, Perea J, Martos J, Domenech V, Acero R. Carcass characteristics, fatty acid composition, and meat quality of Criollo Argentino and Braford steers raised on forage in a semi-tropical region of Argentina. Meat Sci. [Internet] 2009; 81(1):57-64. <https://doi.org/dvfw9b>
- [30] Padre R das G, Aricetti JA, Moreira FB, Mizubuti IY, do Prado IN, Visentainer JV, de Sousa NE, Matsushita N. Fatty acid profile, and chemical composition of *Longissimus* muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. Meat Sci. [Internet] 2006; 74(2):242-8. <https://doi.org/ck8d48>
- [31] Santos-Silva J, Bessa RJB, Santos-Silva F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. Livest. Product. Sci. [Internet] 2002; 77(2):187-94. <https://doi.org/cr794g>
- [32] Alfaia CPM, Alves SP, Martins SIV, Costa ASH, Fontes CMGA, Lemos JPC, Bessa RJB, Prates JAM. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. Food Chem. [Internet] 2009; 114(3):939-46. <https://doi.org/bmw7kg>
- [33] Priolo A, Micol D, Agabriel J, Prache S, Dransfield E. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. Meat Sci. [Internet] 2002; 62(2):179-85. <https://doi.org/cff993>
- [34] Rivera-De Alba JA, Flores-Girón E. La fibra dietética como ingrediente funcional en la formulación de productos cárnicos: TecnoCiencia Chihuahua. [Internet] 2022; 16(1):1-15. <https://doi.org/kh66>
- [35] Ferguson DM, Warner RD. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? Meat Sci. [Internet] 2008; 80(1):12-19. <https://doi.org/bmfh2x>
- [36] Priolo A, Micol D, Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res. [Internet] 2001; 50(3):185-200. <https://doi.org/c65vfk>
- [37] Vestergaard M, Therkildsen M, Henckel P, Jensen LR, Andersen HR, Sejrsen K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. Meat Sci. [Internet] 2000; 54(2):187-95. <https://doi.org/ckvc74>
- [38] Casasús I, Ripoll G, Alberti P. Use of maize silage in beef heifers fattening diets: effects on performance, carcass and meat quality. ITEA [Internet] 2012 [Consultado 1 Ene 2023]; 108(2):191-206. Disponible en: <https://bit.ly/46BRuxD>.
- [39] Dunne PG, Rogalski J, Moreno T, Monahan FJ, French P, Moloney AP. Colour, composition and quality of *M. longissimus dorsi* and *M. extensor carpi radialis* of steers housed on straw or concrete slats or accommodated outdoors on wood-chips. Meat Sci. [Internet] 2008; 79(4):700-8. <https://doi.org/ffvzjt>
- [40] Nozière P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. Animal Feed Sci. Technol. [Internet] 2006; 131(3):418-50. <https://doi.org/fps6xb>
- [41] Gök V, Akkaya L, Obuz E, Bulut S. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. Meat Sci. [Internet] 2011; 89(4):400-4. <https://doi.org/cn93mk>
- [42] Piñero M, Ferrer M, Arela de M. L, Huerta N, Parra K, Barbosa Y. Evaluación de las propiedades físicas de carne para hamburguesas de res bajas en grasas elaboradas con β -glucano. Rev. Científ. FCV-LUZ. [Internet] 2004 [Consultado 15 Ene 2023]; 14(6):1-11. Disponible en: <https://bit.ly/3XFGfjR>.
- [43] Serdaroğlu M, Yıldız-Turp G, Abrodímov K. Quality of low-fat meatballs containing Legume flours as extenders. Meat Sci. [Internet] 2005; 70(1):99-105. <https://doi.org/d2hz2g>

- [44] Yıldız-Turp G, Serdaroğlu M. Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk – A Turkish fermented sausage. *Meat Sci.* [Internet] 2008; 78(4):447–54. <https://doi.org/fcwmwk>
- [45] Jiménez Colmenero F, Serrano A, Ayo J, Solas MT, Cofrades S, Carballo J. Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Sci.* [Internet] 2003; 65(4):1391–7. <https://doi.org/bpxwzs>
- [46] Bouali I, Trabelsi H, Abdallah IB, Albouchi A, Martine L, Grégoire S, Bouzaïen G, Gandour M, Boukhchina S, Berdeaux O. Changes in Fatty Acid, Tocopherol and Xanthophyll Contents During the Development of Tunisian-Grown Pecan Nuts. *J. Am. Oil Chem. Soc.* [Internet] 2013; 90(12):1869–76. <https://doi.org/f5g7g9>
- [47] Fernandes GD, Gómez-Coca RB, Pérez-Camino M del C, Moreda W, Barrera-Arellano D. Chemical Characterization of Major and Minor Compounds of Nut Oils: Almond, Hazelnut, and Pecan Nut. *J. Chem.* [Internet] 2017; 2017:1–11. <https://doi.org/kh67>
- [48] Wakeling LT, Mason RL, D'Arc BR, Caffin NA. Composition of Pecan Cultivars Wichita and Western Schley [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] Grown in Australia. *J Agric Food Chem.* [Internet] 2001; 49(3):1277–81. <https://doi.org/b3x6gk>
- [49] Montoya C, García JF, Barahona R. Contenido de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano. *Vitae.* [Internet] 2015; 22(3):205–15. <https://doi.org/kh68>
- [50] Pordomingo AJ, García TP, Volpi-Lagrecia G. Effect of feeding treatment during the backgrounding phase of beef production from pasture on: II. *Longissimus* muscle proximate composition, cholesterol and fatty acids. *Meat Sci.* 1 de abril de 2012; 90(4):947–55 [citado 16 de diciembre de 2022]. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.038>.
- [51] Teira G, Perlo F, Bonato P, Tisocco O. Calidad de carnes bovinas: Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Cien. Docencia Tecnol.* [Internet] 2006 [Consultado 12 Dic 2022]; (33):173–93. Disponible en: <https://bit.ly/3pMV2fQ>.
- [52] Yang J, Fernández-Galilea M, Martínez-Fernández L, González-Muniesa P, Pérez-Chávez A, Martínez JA, Moreno-Aliaga MJ. Oxidative Stress and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Effects of Omega-3 Fatty Acid Supplementation. *Nutrients.* [Internet] 2019; 11(4):872. <https://doi.org/ghhgxr>
- [53] Jain A, Aggarwal K, Zhang P. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2015; 19(3):441–5.
- [54] Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. Norma Oficial Mexicana NOM-034-SSA1. Norma oficial mexicana, bienes y servicios. Productos de la carne. Carne molida y carne molida moldeada. Envasadas. Especificaciones sanitarias. México D.F. 1993; p 3–4.
- [55] Ayo J, Carballo J, Solas MT, Jiménez-Colmenero F. Physicochemical and sensory properties of healthier frankfurters as affected by walnut and fat content. *Food Chem.* [Internet] 2008; 107(4):1547–52. <https://doi.org/b5h4cf>