

Inclusión de harina y aceite de semilla de moringa como sustitutos y estabilizantes de grasa en pastas cárnicas

Inclusion of flour and oil of moringa seed as replacers and stabilizers fat on meat batter

Yazmin Margarita Muñoz-Guevara*, Sugrey Ramona Sinagawa-García*, Jesús Alberto Lara-Reyes*, Alejandro Isabel Luna-Maldonado*, Zayd Eliud Rangel-Nava*, Gerardo Méndez-Zamora*✉

Muñoz-Guevara, Y. M., Sinagawa-García, S. R., Lara-Reyes, J. A., Luna-Maldonado, A. I., Rangel-Nava, Z. E., & Méndez-Zamora, G. (2021). Inclusión de harina y aceite de semilla de moringa como sustitutos y estabilizantes de grasa en pastas cárnicas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 29(84). e3318, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2021843318>

RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto de la adición de harina con aceite (HSMcA) y sin aceite de semilla de moringa (HSMsA) y aceite de semilla de moringa (ASM) como sustitutos y estabilizantes de grasa dorsal (GD) en pastas cárnicas (PaC) no cocidas y cocidas de salchichas Frankfurt. T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. La pérdida por cocción, fluido total expulsado y grasa expulsada resultaron diferentes ($P < 0.05$) en la estabilidad de las PaC no cocidas. En PaC cocidas T3 mostró valores más altos en a^* , Chroma, Hue (tonalidad), capacidad antioxidante, fuerza de corte y elasticidad; T2 obtuvo más dureza y gomosidad. La harina y aceite de semilla de moringa pueden sustituir la grasa dorsal de la formulación de pastas cárnicas para salchicha Frankfurt.

Palabras clave: estabilidad; emulsión; color; capacidad antioxidante; perfil de textura.

Recibido: 9 de agosto de 2021 Aceptado: 18 de octubre de 2021

*Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Francisco Villa s/n, Col. Ex-Hacienda El Canadá, C. P. 66050, General Escobedo, Nuevo León, México. Correo electrónico: yazmin_margarita_21@hotmail.com; sugrey.sinagawagr@uanl.edu.mx; chuy30@live.com.mx; alejandro.lunam@uanl.edu.mx; zayd.uanl.fa@gmail.com; gerardo.mendezm@uanl.edu.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4253-4943>; <https://orcid.org/0000-0002-5961-0968>; <https://orcid.org/0000-0002-8766-4461>; <https://orcid.org/0000-0002-9528-3052>; <https://orcid.org/0000-0002-0030-2565>; <https://orcid.org/0000-0002-1428-5217>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

The study evaluated the addition of moringa seed flour with oil (MSFO) and moringa seed flour without oil (MSFwO), and moringa seed oil (MSO) as replacer and stabilizer on meat batter (MB) raw and cooked of Frankfurter sausage. T1: control MB + 100% BF; T2: MB + 50% BF + 50% MSFO; T3: MB + 50% BF + 50% MSFwO; T4: MB + 0% BF + 50% MSFO + 50% MSFwO; T5: MB + 50% BF + 50% MSO. Cook loss, total fluid expelled, and fat expelled were different ($P < 0.05$) in the stability of raw MB. In the cooked MB, T3 gave the highest values on a^* , Chrome, Hue (tonality), antioxidant capacity, shear force, and springiness; T2 was higher at hardness and gumminess. Moringa seed flour and oil can replace the dorsal fat of the formulation of meat pastes for Frankfurter sausage.

Keywords: stability; emulsion; color; antioxidant capacity; texture profile.

INTRODUCCIÓN

La percepción acerca de la dieta y salud ha permitido el desarrollo de productos alimentarios saludables, como productos cárnicos bajos en grasa y sodio con antioxidantes y antimicrobianos naturales, enriquecidos con fibra dietética y ácidos grasos ω -3 y ω -6 (Hygreeva, Pandey, & Radhakrishna, 2014). Aunque algunas de las funciones principales de la grasa son la textura y aroma de los productos cárnicos, su sustitución puede ser mediante el uso de ingredientes no cárnicos, como ligadores o extensores (Al-Juhaimi, Ghafoor, Hawashin, Alsawmahi, & Babiker, 2015).

La sustitución de la principal fuente de grasa saturada en los productos cárnicos; es decir, la grasa dorsal de cerdo, por aceites vegetales y marinos en su forma líquida es interesante desde el punto de vista nutricional, pero es un desafío tecnológico; por lo que la producción de productos reformulados con características cercanas a la reformulación con grasa saturada sería una estrategia tecnológica (De Souza Paglarini et al., 2017). También la harina de semilla de *Moringa oleifera* puede usarse en la formulación de cárnicos porque tiene un alto potencial como ligador (Al-Juhaimi et al., 2015). La industria alimentaria ha encontrado en la misma una alternativa natural para mejorar la calidad de los alimentos, ya que de ella se pueden usar la harina de hojas, semillas, flores, vainas y tallos en los alimentos, los cuales contienen compuestos bioactivos; por ejemplo, la semilla de moringa puede ser fuente de compuestos fenólicos, ácidos grasos, fibra dietética y proteínas (Saucedo-Pompa et al., 2018). Al respecto, Moyo, Masika y Muchenje (2012) indicaron que las hojas y semillas de moringa contienen cantidades apreciables de minerales esenciales, vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos. De acuerdo con Anwar y Bhangar (2003), Al-Juhaimi et al. (2015) y González Garza et al. (2017), las semillas de moringa contienen 29.36-37.48% de proteína cruda, 35-40% de aceite y 5.45-6.60% de cenizas, además de su alta capacidad antioxidante.

Sin embargo, son limitados los estudios que han reportado el uso de la harina de semilla de moringa (HSM) en los productos cárnicos. Por ejemplo, Al-Juhaimi et al. (2015) evaluaron el efecto de 2, 4 y 6% de HSM para reemplazar carne de bovino en la elaboración de hamburguesas. Estos autores encontraron que al incrementar el contenido de moringa aumentaban los valores de color (luminosidad, color amarillo) y perfil de textura (dureza,

cohesividad, elasticidad y masticabilidad) e indicaron que la HSM tiene potencial como ligador. Adicionalmente, la HSM puede ser ingrediente funcional en productos cárnicos debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, siendo 3% útil en la mortadela de pollo para reducir y estabilizar los lípidos (Auriema et al., 2019). Estos resultados pueden ser útiles para experimentar el desarrollo de productos cárnicos emulsionados y evaluar su estabilidad.

En esta investigación se evaluó el efecto de la adición de harina y aceite de semilla de moringa en la formulación de pastas cárnicas de salchicha Frankfurt sobre la estabilidad de la emulsión, propiedades fisicoquímicas, antioxidantes y textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ingredientes de la formulación de las pastas cárnicas (PaC)

Las semillas de *Moringa oleifera* se obtuvieron del Centro de Agricultura Protegida, en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. La harina de semilla de moringa con y sin aceite se procesaron en el Laboratorio de Biotecnología, en la Facultad de Agronomía de la UANL. La grasa y la carne de cerdo y bovino se adquirieron en una tienda comercial especializada; mientras que los polifosfatos, nitritos, ascorbato y condimentos en la empresa PIASA (Proveedores de Ingeniería, S. A. de C. V., Apodaca, Nuevo León, México).

Diseño experimental

Cinco tratamientos se establecieron para adicionar la harina de semilla de moringa con aceite (HSMcA; pH= 5.92) y sin aceite (HSMsA; pH= 6.33) y aceite de semilla de moringa (ASM; pH= 5.10) para sustituir 50% de grasa dorsal (GD) en la formulación de pastas cárnicas (PaC; tabla 1): T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; y T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. Esto se estableció con base en el estudio de Silva-Vazquez, Flores-Giron, Quintero-Ramos, Hume y Mendez-Zamora (2018).

Obtención de harina y aceite de semilla de moringa

La cáscara de las semillas se retiró, después las semillas se molieron en una licuadora (Oster, Monterrey, México) y la harina se tamizó a través de una malla de 70 µm. Esta harina fina se desgrasó con relación 1:3 (hexano) mediante agitación durante 1 h y luego se centrifugó a 6000 r. p. m. durante 10 min a temperatura ambiente para eliminar los residuos grasos. La harina recuperada se secó y lavó tres veces con agua para remover los polisacáridos solubles. Finalmente, la harina se secó en un horno a 60 °C durante 24 h y se obtuvo el polvo fino. En el caso del aceite de la semilla de moringa se obtuvo desgrasando la harina de semillas con hexano en una relación 1:3 p/v, después el aceite se recuperó con tratamiento térmico a 60 °C por 4 h para evaporar el hexano y se almacenó a 4 °C.

Tabla 1
Formulación para pastas cárnicas de salchicha Frankfurt

Ingredientes (g/kg) ¹	Tratamientos ²				
	T1	T2	T3	T4	T5
Carne de bovino	144.50	144.30	1443.0	144.30	144.30
Carne de cerdo	546.00	546.00	546.00	546.00	546.00
GD	253.00	126.75	126.75	126.75	126.75
Hielo	265.20	265.20	265.20	265.20	265.20
Almidón	57.20	57.20	57.20	57.20	57.20
ASM	0.00	0.00	0.00	0.00	126.75
HSMcA	0.00	126.75	0.00	63.38	0.00
HSMsA	0.00	0.00	126.75	63.38	0.00
NaCl	23.83	23.83	23.83	23.83	23.83
Polifosfatos	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
NO ₂ (156 p. p. m.)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Ascorbato de sodio	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Condimento salchicha	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50

Nota: ¹ GD: grasa dorsal; ASM: aceite de semilla de moringa; HSMcA: harina de semilla de moringa con aceite; HSMsA: harina de semilla de moringa sin aceite; NaCl: cloruro de sodio; NO₂: nitrito de sodio.

² T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; y T5: PaC + 50% GD + 50% ASM.
Elaboración propia.

Preparación de pastas cárnicas

Cada tratamiento se formuló para 1.3 kg de PaC, realizando dos réplicas por cada tratamiento. El procedimiento de la elaboración de las PaC se realizó de acuerdo con Silva-Vazquez et al. (2018). Para los tratamientos T2 a T4 la HSMcA y la HSMsA se agregaron con el condimento para salchichas. El ASM (T5) se agregó después de incorporar la GD.

Estabilidad de la emulsión

En esta prueba, 500.0 g de PaC se colocaron en 20 tubos Eppendorf® (50 ml) con 25.0 g de PaC por réplica. La pérdida por cocción (PC) de las pastas cárnicas se evaluó de acuerdo con el método de Álvarez y Barbut (2013); los tubos con pasta se calentaron en un baño en agua a 72 °C por 90 min, enfriados en agua fría a 15 °C por 5 min y se colectaron los exudados; la siguiente ecuación se usó: $PC = [(peso\ crudo - peso\ cocido) / peso\ crudo] \times 100$. La estabilidad de la emulsión se evaluó y calculó de acuerdo con el método de Miklos, Xu y Lametsch (2011) para determinar el fluido total expulsado (% FTE) y el porcentaje de grasa.

Análisis fisicoquímicos en pastas no cocidas y cocidas

El pH de las PaC no cocidas y cocidas se midió introduciendo un electrodo de punción conectado al potenciómetro (HANNA; HI99163, Woonsocket RI, USA). El color se determinó directamente en las pastas no cocidas y en la parte interna de las pastas cocidas con el colorímetro (SADT®, Chin Spec®, Color Difference Meter, Colorimeter-SC20, Beijing, China) y se registró L* (luminosidad), a* (tendencia al rojo), b* (tendencia al amarillo), ángulo Hue (tonalidad) y Chrome (saturación). Estos análisis se determinaron en seis PaC no cocidas y muestras cocidas (25 g de PaC embutida en tubos Eppendorf® (50 ml), calentados a 72 °C por 90 min y enfriados a temperatura ambiente).

Actividad antioxidante (ABTS) de la pasta cárnica cocida

Para determinar la actividad antioxidante de las PaC cocidas de salchicha Frankfurt, 5.0 g de muestra se molieron en un mortero con agua en una relación 1:3 p/v, después se centrifugó a 6,000 r. p. m. por 10 min a 22 °C. El sobrenadante se colocó en un tubo de 2 ml y almacenó a -20 °C hasta su uso. La actividad antioxidante se estimó con base al método de Re et al. (1999) y algunas modificaciones. Una curva de Trolox a diferentes concentraciones: 0, 100, 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 $\mu\text{M} \pm (0.02)$ se preparó con 125 μl , donde 10 μl de cada concentración se mezcló con 1 ml de reactivo ABTS se mezclaron y posteriormente se midió la absorbancia a 732 nm al inicio de la reacción y después de 6 min de reacción. Las muestras se determinaron por triplicado y se graficaron las absorbancias de la curva para obtener la ecuación $y = mX + b$. Finalmente, el porcentaje de inhibición se usó para estimar los equivalentes Trolox (ET) en $\mu\text{M/g}$ de producto.

Análisis de textura

Para llevar a cabo el análisis de textura, 10 tubos Eppendor® (50 ml) se usaron para colocar 40.0 g de PaC en cada uno y se calentaron a 72 °C por 90 min, enfriados a temperatura ambiente y almacenados a 4 °C por 12 h hasta el análisis. La fuerza de corte (FC) y el análisis de perfil de textura (APT) se realizaron en un analizador de textura (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems Serrey, England) en diez secciones de 2.5 cm de diámetro y 3.0 cm de largo a una temperatura de 4 °C (figura 1). Para la FC (N), una navaja Warner-Bratzler se adaptó en el texturómetro y se establecieron velocidades de 2 mm/s en pre-prueba y prueba, 10 mm/s post-prueba y una distancia de 30 mm.

El APT se realizó de acuerdo con lo establecido por Méndez-Zamora et al. (2015); 10 muestras cilíndricas, 3.0 cm de alto y 2.5 cm de diámetro. Se comprimieron dos veces a 60% de la altura original de los cilíndricos; se usó en la prueba un plato de compresión de 75 mm de diámetro. Curvas de deformación tiempo-fuerza se obtuvieron con las siguientes condiciones: velocidad preprueba 1.0 mm/s, en prueba y postprueba 5 mm/s. La dureza (Dur; N), adhesividad (Adhes; g s^{-1}), elasticidad (Elast; mm), cohesividad (Cohe), gomosidad (Goms; g), masticabilidad (Mast; g mm) y resistencia (Resist) se evaluaron en esta prueba.



Figura 1. Prueba del análisis de textura de las salchichas realizado en el Laboratorio de Ingeniería, en la Facultad de Agronomía de la UANL.
Fotografía tomada por el equipo de investigación.

Análisis estadístico

El efecto de la HSMcA, HSMsA y ASM para sustituir la grasa dorsal en la formulación de las PaC se realizó mediante análisis de varianza para rechazar H_0 (igualdad de tratamientos) con un valor de probabilidad menor a 0.05 ($P < 0.05$); se consideró el modelo estadístico $y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$, donde los tratamientos representaron el efecto fijo (τ_i) y los tiempos de elaboración de réplicas se consideraron como efecto bloque (β_j). Cuando existió efecto significativo ($P < 0.05$) de los tratamientos, la prueba estadística Tukey se usó para comparar las medias a un nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS

Estabilidad de las pastas cárnicas no cocidas

La PC, FTE, %FTE y %Grasa resultaron diferentes ($P < 0.05$) entre los tratamientos (tabla 2). El T3 (50% GD y HSMsA) presentó los valores más altos en FTE, %FTE y %Grasa, mientras que T1 (PaC control + 100% GD) obtuvo los valores más bajos en estas variables (menor pérdida de fluidos), seguido de T5 (PaC + 50% GD + 50% ASM).

Tabla 2
Estabilidad de pastas cárnicas de salchichas Frankfurt reducidas en grasa formuladas con harina y aceite de semilla de moringa

Tratamientos ¹	Variables ²			
	PC (%)	FTE (g)	%FTE	%Grasa
T1	1.42 ^b	0.45 ^c	1.80 ^c	4.73 ^d
T2	5.80 ^a	1.25 ^b	4.99 ^b	11.94 ^b
T3	8.06 ^a	1.94 ^a	7.76 ^a	14.98 ^a
T4	7.30 ^a	1.73 ^a	6.91 ^a	14.11 ^{ab}
T5	2.74 ^b	0.59 ^c	2.35 ^c	8.63 ^c
EEM	0.53	0.11	0.46	0.64
P-value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

Nota: ¹ T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. EEM: error estándar de la media.

² PC: pérdida por cocción; FTE: fluido total expulsado; %FTE: por ciento de fluido total expulsado; %Grasa: por ciento de grasa expulsada.

°= Medias en la misma columna con diferente letra, difieren estadísticamente ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Elaboración propia.

Fisicoquímica de las pastas cárnicas no cocidas

En relación con la evaluación de pH y color se observaron diferencias ($P < 0.05$; tabla 3) en pH, L*, a*, b*, Chroma y Hue de los tratamientos. El pH más alto se presentó en T1, mientras que L*, b* y Hue* aumentaron para T5; a* y Chroma incrementaron en T3 y disminuyeron en T1; asimismo, el pH, L* y Hue decrecieron en T3.

Tabla 3
pH y color de pasta cárnica (cruda) de salchicha Frankfurt usando harina y grasa de semilla de moringa como sustitutos de grasa

Tratamientos ¹	Variables ²					
	pH	L*	a*	b*	Chroma	Hue
T1	5.93 ^a	71.92 ^b	5.17 ^b	12.25 ^a	13.47 ^c	66.92 ^a
T2	5.72 ^b	68.98 ^c	11.22 ^a	13.23 ^a	17.39 ^a	49.83 ^b
T3	5.63 ^c	68.63 ^c	11.55 ^a	13.10 ^a	17.52 ^a	48.62 ^b
T4	5.69 ^b	70.34 ^{bc}	11.14 ^a	12.96 ^a	17.13 ^a	49.18 ^b
T5	5.90 ^a	81.92 ^a	5.36 ^b	13.55 ^a	14.64 ^b	67.99 ^a
EEM	0.01	0.57	0.26	0.32	0.26	1.21
P-value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0714	< 0.0001	< 0.0001

Nota: ¹ T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. EEM: error estándar de la media.

² pH: potencial de hidrógeno; L*: luminosidad; a*: tendencia al color rojo; b*: tendencia al color amarillo; Chroma: índice de saturación; Hue: ángulo Hue (índice de tono).

°= Medias en la misma columna con diferente letra, difieren estadísticamente ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Elaboración propia.

Fisicoquímica de las pastas cárnicas cocidas

Los resultados de la evaluación de pH, color y CA (ABTS) presentaron diferencia estadística ($P < 0.05$) entre los tratamientos (tabla 4). El pH aumentó para T1, L* incrementó en T5; mientras que T3 mostró valores altos en a*, b*, Chroma, Hue y CA. Por otro lado, el T1 obtuvo los valores más bajos en a*, b*, Chroma, Hue* y CA (ABTS); pero T4 tuvo valores bajos en pH y L*.

Tabla 4
pH, color y capacidad antioxidante en pastas cocidas de salchicha Frankfurt usando harina y grasa de semilla de moringa

Tratamientos ¹	Variables ²						
	pH	L*	a*	b*	Chroma	Hue	CA (ABTS ^{•••} ; ET μM/g)
T1	6.14 ^a	70.98 ^{cb}	9.59 ^c	8.13 ^d	12.63 ^d	40.58 ^c	1.04 ^c
T2	5.90 ^c	71.48 ^b	10.87 ^{ab}	11.63 ^b	15.94 ^b	46.93 ^{ab}	1.12 ^{bc}
T3	5.80 ^d	70.39 ^{bc}	11.17 ^a	12.90 ^a	16.95 ^a	49.80 ^a	1.30 ^c
T4	5.80 ^d	70.21 ^c	10.98 ^{ab}	12.41 ^{ab}	16.58 ^{ab}	48.53 ^a	1.15 ^{abc}
T5	6.01 ^b	76.84 ^a	10.24 ^{bc}	9.95 ^c	14.32 ^c	44.21 ^b	1.27 ^{ab}
EEM	0.01	0.29	0.19	0.24	0.18	0.82	0.04
P-value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0004

Nota: ¹ T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. EEM: error estándar de la media.

² pH: potencial de hidrógeno; L*: luminosidad; a*: tendencia al color rojo; b*: tendencia al color amarillo; Chroma: índice de saturación; Hue: ángulo Hue (índice de tono); CA: capacidad antioxidante.

^{a-c} Medias en la misma columna con diferente letra, difieren estadísticamente ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Elaboración propia.

Análisis de la textura de pastas cárnicas cocidas

La fuerza de corte (FC), dureza (Dur), elasticidad (Elast), cohesividad (Coe), gomosidad (Goms) y resistencia (Resist) se afectaron ($P < 0.05$) por los tratamientos (tabla 5). La FC y Elast aumentaron en T3 (PaC + 50% GD + 50% HSMsA); mientras que Dur, Goms y Mast incrementaron en T2 (PaC + 50% GD + 50% HSMcA). Por otra parte, Coeh y Resist aumentaron para T1 (PaC control + 100% GD); pero FC, Dur y Elast disminuyeron.

Tabla 5
Análisis de textura de pastas cárnicas cocidas con harina y grasa de semilla de moringa

Tratamientos ¹	Variables ²							
	FC (N)	Dur (N)	Adh (g s)	Elast (mm)	Coeh	Goms (g)	Mast (g mm)	Resist
T1	8.60 ^b	81.46 ^c	-89.57 ^a	0.827 ^b	0.643 ^a	52.19 ^b	43.19 ^b	0.308 ^a
T2	14.06 ^a	138.78 ^a	-70.18 ^a	0.848 ^{ba}	0.540 ^b	74.98 ^a	63.36 ^a	0.224 ^b
T3	14.68 ^a	132.01 ^a	-62.96 ^a	0.867 ^a	0.524 ^b	70.02 ^{ba}	60.90 ^a	0.201 ^b
T4	13.13 ^a	123.11 ^{ba}	-66.99 ^a	0.830 ^b	0.466 ^b	59.63 ^{ba}	49.62 ^{ba}	0.171 ^b
T5	10.59 ^b	103.97 ^{bc}	-84.37 ^a	0.838 ^{ba}	0.640 ^a	66.04 ^{ba}	55.58 ^{ba}	0.283 ^a
EEM	0.56	6.69	11.97	0.008	0.020	4.86	4.22	0.013
P-value	< 0.0001	< 0.0001	0.3536	0.0056	< 0.0001	0.0196	0.0097	< 0.0001

Nota: ¹ T1: PaC control + 100% GD; T2: PaC + 50% GD + 50% HSMcA; T3: PaC + 50% GD + 50% HSMsA; T4: PaC + 0% GD + 50% HSMcA + 50% HSMsA; T5: PaC + 50% GD + 50% ASM. EEM: error estándar de la media.

² FC: fuerza de corte; Dur: dureza; Adh: adhesividad; Elast: elasticidad; Coeh: cohesividad; Goms: gomosidad; Mast: masticabilidad; Resist: resistencia.

^{a-c} Medias en la misma columna con diferente letra, difieren estadísticamente ($P < 0.05$) entre los tratamientos. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Estabilidad de las pastas cárnicas no cocidas

La habilidad para mantener la humedad y otros jugos en el producto antes y después del tratamiento térmico es un atributo importante de la salchicha y otros productos cárnicos emulsionados (Tahmasebi, Labbafi, Emam-Djomeh, & Yarmand, 2016). Hughes, Cofrades y Troy (1997) encontraron comportamientos similares a T3 y T4 en PC y %FTE cuando incorporaron 1% de fibra de avena, además de 12 y 30% de grasa en salchicha Frankfurt;

esos autores indicaron que la fibra de avena puede compensar parcialmente algunos cambios en salchichas de bajo contenido graso. En el presente estudio con HSMcA y HSMsA presentaron la mayor inestabilidad en las PaC; es decir, la harina de la semilla de moringa no tiene capacidad para ligar agua.

Por otra parte, Lin y Huang (2003) encontraron resultados altos en %Grasa (12.15-12.82) cuando usaron 18% de grasa en la formulación de Frankfurt con goma konjac y gelano, similares a T2 (50% HSMcA) del presente estudio, superados por T3 y T4. Esta posible inestabilidad puede ser atribuida a la reducción del pH en las PaC cuando se usó harina de semilla de moringa con y sin grasa (HSMcA y HSMsA; tabla 3) que afecta las proteínas miofibrilares y disminuye la absorción de agua durante la emulsificación (Lin & Huang, 2003). Ogunsina, Radha y Govardhan Singh (2010) indicaron que la solubilidad mínima de la harina de moringa ocurre en un rango de pH de 4.0 a 9.0 (27.82 y 29.20%) donde mostraron dos puntos isoeléctricos. De modo similar Mune Mune, Bakwo Bassogog, Nyobe y René Minka (2016) encontraron menor capacidad de emulsificación (CE) cuando usaron 2 y 4% de harina de semilla de moringa (HSM) (CE 2%: 3.70 y 4.89%; CE 4%: 13.04 y 8.70%) y mejoraron estabilidad de la emulsión (EE; 2% de HSM: 23.91 y 15.22%; 4% de HSM: 39.67 y 53.84). Esto puede ser atribuido para los resultados obtenidos en T2 a T4, que presentaron los valores más altos de %FTE y %Grasa, indicando que la CE se afecta en un pH cercano a 5.7 (tabla 3).

Los resultados obtenidos por Miklos et al. (2011) cuando emplearon diacilgliceroles de la grasa de cerdo (10, 50 y 100%) indicaron una mejora en la estabilidad de la emulsión, como se obtuvo en el presente estudio para T2 y T5. De acuerdo con estos autores, el FTE consiste de agua y grasa no ligada por la red proteica formada durante el tratamiento térmico, que influye sobre el estado físico de la grasa a 70 °C, el cual causa la fusión de la grasa y desestabiliza las proteínas (Miklos et al., 2011). En este estudio se notó que T1 resultó más estable seguido de T5, donde se usó 50% ASM; esto indica que el ASM es más estable en condiciones térmicas que la HSMcA y la HSMsA.

Fisicoquímica de las pastas cárnicas no cocidas

Silva-Vazquez et al. (2018) obtuvieron diferencias en pH y color entre los tratamientos cuando evaluaron la sustitución de GD en la formulación de PaC con 15 y 30% de inulina y 7.5% pectina, atribuyendo que la disociación de grupos -COOH y ácidos orgánicos de la pectina causa la reducción de pH y los cambios en color puede deberse a la dilución de la mioglobina en la carne. En este estudio con HSMcA y HSMsA (T2-T4), los grupos funcionales -COO⁻ de las proteínas (22 a 36.7 g/100 g; Saucedo-Pompa et al., 2018) pudieron influenciar en los valores bajos de pH obtenidos en las PaC no cocidas; en contraste con a* para T2 a T4, incrementaron más que T1 y T2. Esto podría deberse a la presencia de componentes fenólicos antioxidantes (medioresinol, quercetina, luteolina y ácido feruloilquínico) que se encuentran en las semillas de la moringa (Saucedo-Pompa et al., 2018), los cuales mejoraron el color rojo (a*) y el tono (Hue) de las PaC. Esto fue corroborado con los resultados obtenidos de capacidad antioxidante en las PaC (tabla 4), donde los tratamientos T2 a T5 presentaron valores altos respecto al grupo control (T1).

En relación con L*, la incorporación de harina de semilla de moringa (con y sin grasa) disminuyó los valores de esta variable; esto es atribuible al incremento de la absorción de las moléculas de agua que disminuyen la reflexión de la luz; sin embargo, el valor alto de L* en T5 podría deberse a la dispersión de la luz causada por la formación de la emulsión cuando el aceite mezcló con la proteína muscular (Zhuang et al., 2016) y esto provocó una

mayor reflexión de la luz cuando el color se midió en las PaC no cocidas; por tanto, se obtuvo un valor más alto de L*.

Fisicoquímica de las pastas cárnicas cocidas

En contraste con el pH de las PaC cocidas de T2 a T4, estos resultaron ser más bajos respecto a los resultados obtenidos por Choi et al. (2009; 2010; 2015) cuando evaluaron aceites vegetales (10%) de oliva, maíz, soya, canola y semilla de uva, aceite de semilla de uva (0, 5, 10 y 15%) y 2.0% fibra de arroz en emulsiones cárnicas bajas en grasa. Estos autores atribuyeron sus resultados a la alcalinidad de la fibra de arroz, que contrario a este estudio, la harina de semilla de moringa resulta ser más ácida, lo que pudo provocar una reducción del pH en las PaC cocidas. Asimismo, los resultados en L* y b* son similares a Choi et al. (2009; 2010); pero contrastan con a*, por lo que la sustitución de grasa en la formulación de salchichas puede afectar L*, a* y b*. Con los resultados de la presente investigación en T2 y T5 puede indicarse que el ASM mejora L* debido a la dispersión de los glóbulos de grasa en la red proteica. Esto también puede atribuirse a los resultados obtenidos en a*, b*, Chroma y Hue que resultaron ser más altos de T2 a T4. Mismos comportamientos se obtuvieron en CA, donde las formulaciones de las PaC cocidas con HSMcA, HSMsA y ASM aumentaron respecto al tratamiento control (T1). Esto demostró que los ingredientes de la semilla de moringa aportan compuestos antioxidantes como lignanos, flavonoides, ácidos fenólicos y sus derivados (Saucedo-Pompa et al., 2018) en las PaC cocidas.

Análisis de la textura de pastas cárnicas cocidas

Al-Juhaimi et al. (2015) encontraron incrementos en Dur, Elast y Coeh al incrementar niveles de harina de semilla de moringa (HSM; 2, 4 y 6%) para reemplazar carne de bovino en la carne para hamburguesa e indicaron que la HSM tiene potencial como ligador. Estos resultados pueden atribuirse a lo indicado por Zhuang et al. (2016); las proteínas solubles en sal, como emulsificantes, son los principales componentes de la interfase proteica de las membranas, estabilizando el sistema emulsión y formando más interacciones proteína-proteína durante el cocinado considerando la fibra incorporada que inmoviliza el agua, por lo que el gel formado presenta mejoras en las propiedades de textura.

Zhuang et al. (2016) obtuvieron incrementos en Dur, Goms y Mast cuando incorporaron 10% aceite sésamo y 3% fibra dietética de azúcar de caña en PaC bajas en grasa. Kim, Setyabrata, Lee, Jones y Kim (2016) obtuvieron incrementos en estas variables cuando evaluaron harina de larvas de gusano no tratada, desgrasada y ácido-hidrolizada para sustituir 10% de grasa en la formulación de emulsiones de salchichas. En este estudio, las HSMcA y HSMsA (T2, T3 y T4) incrementaron los valores de FC y Dur; pero al considerar la estabilidad de la emulsión (tabla 2) de estos tratamientos puede indicarse que las harinas de la semilla de moringa (T2-T4) no mejoraron la solubilidad de las proteínas en presencia de la sal, ni ligar moléculas de agua; lo que causó resistencia al corte y deformación debido a la pérdida de fluidos.

T1 y T5 aumentaron en Cohe y Resist pero disminuyeron en Elast, Goms y Mast; ya que estos tratamientos presentaron el mayor contenido de grasa dorsal (GD) y aceite de semilla moringa (ASM). Esto porque la grasa interviene en la estabilización de las pastas cárnicas, reduce la pérdida por cocción, mejora la capacidad de retención de agua, provee sabor, jugosidad y dureza (Choi et al., 2009; 2010; 2015); esto ocurre cuando el glóbulo de grasa queda atrapado en la red proteica del producto (Tahmasebi et al., 2016; Youssef & Barbut, 2009) y es sometido al tratamiento térmico, cuya consecuencia es que los glóbulos de grasa quedan fijados debido a la desnaturalización de las proteínas. Asimismo,

Herrero, Carmona, Pintado, Jiménez-Colmenero y Ruiz-Capillas (2012) indicaron que las diferencias en la textura de las salchichas Frankfurt son determinadas por las características de cada fase lipídica y su función en la matriz proteica de la carne, ya que la grasa animal y emulsión aceite de oliva en agua determinan las propiedades de textura del producto cárnico cocido. En el presente estudio con ASM (T5) mejoró la fuerza de corte y dureza de la PaC porque los glóbulos de grasa permanecieron en la red proteica del producto.

CONCLUSIONES

La harina de semilla de *Moringa oleifera* con y sin grasa no estabiliza las pastas cárnicas porque presentaron mayor cantidad de fluido total expulsado y grasa expulsada. La grasa de semilla de moringa logra estabilizar las pastas cárnicas porque tiene menos pérdida de fluidos. La harina de semilla de la planta estudiada, tanto con aceite como sin él, mejora el color rojo en las pastas cárnicas no cocidas; pero las harinas combinadas incrementan la luminosidad.

En las pastas cárnicas cocidas la sustitución de grasa dorsal por harinas y aceite de semilla de moringa mejoran el color rojo y la capacidad antioxidante. La textura de las pastas cárnicas cocidas con harina y aceite de semilla de moringa y tuvieron efectos negativos al incrementar la fuerza de corte, dureza, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Estos elementos pueden incorporarse como sustitutos de grasa en la formulación de productos cárnicos.

REFERENCIAS

- Al-Juhaimi, F., Ghafoor, K., Hawashin, M. D., Alsawmahi, O. N., & Babiker, E. E. (2015). Effects of different levels of Moringa (*Moringa oleifera*) seed flour on quality attributes of beef burgers. *CyTA - Journal of Food*, 14(1), 1-9. doi: 10.1080/19476337.2015.1034784
- Álvarez, D., & Barbut, S. (2013). Effect of inulin, β -Glucan and their mixtures on emulsion stability, color and textural parameters of cooked meat batters. *Meat Science*, 94(3), 320-327. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.02.011
- Anwar, F., & Bhangar, M. I. (2003). Analytical characterization of *Moringa oleifera* seed oil grown in temperate regions of Pakistan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(22), 6558-6563. doi: 10.1021/jf0209894
- Auriema, B. E., Dinalli, V. P., Kato, T., Yamaguchi, M. M., Marchi, D. F., & Soares, A. L. (2019). Physical and chemical properties of chicken mortadella formulated with *Moringa oleifera* Lam. seed flour. *Food Science and Technology*, 39(Suppl. 2), 504-509. doi: 10.1590/fst.25018
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., ... Kim, C.-J. (2009). Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Science*, 82(2), 266-271. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.01.019
- Choi, Y.-S., Choi, J.-H., Han, D.-J., Kim, H.-Y., Lee, M.-A., Kim, H.-W., ... Kim, C.-J. (2010). Optimization of replacing pork back fat with grape seed oil and rice bran fiber for reduced-fat meat emulsion systems. *Meat Science*, 84(1), 212-218. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.08.048

- Choi, Y.-S., Kim, H.-W., Hwang, K.-E., Song, D.-H., Jeong, T.-J., Kim, Y.-B., ... Kim, C.-J. (2015). Effects of fat levels and rice bran fiber on the chemical, textural, and sensory properties of frankfurters. *Food Science and Biotechnology*, 24(2), 489-495. doi: 10.1007/s10068-015-0064-5
- De Souza Paglarini, C., de Figueiredo Furtado, G., Paulo Biachi, J., Silva Vidal, V. A., Martini, S., Soares Forte, M. B., ... Pollonio, M. A. R. (2017). Functional emulsion gels with potential application in meat products. *Journal of Food Engineering*, 222, 29-37. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.10.026>
- González Garza, N. G., Chuc Koyoc, J. A., Torres Castillo, J. A., García Zambrano, E. A., Betancur Ancona, D., Chel Guerrero, L., & Sinagawa García, S. R. (2017). Biofunctional properties of bioactive peptide fractions from protein isolates of moringa seed (*Moringa oleifera*). *Journal of Food Science and Technology*, 54(13), 4268-4276. doi: 10.1007/s13197-017-2898-8
- Herrero, A. M., Carmona, P., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F., & Ruiz-Capillas, C. (2012). Lipid and protein structure analysis of frankfurters formulated with olive oil-in-water emulsion as animal fat replacer. *Food Chemistry*, 135(1), 133-139. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.04.114
- Hughes, E., Cofrades, S., & Troy, D. J. (1997). Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat. *Meat Science*, 45(3), 273-281. doi: 10.1016/S0309-1740(96)00109-X
- Hygreeva, D., Pandey, M. C., & Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*, 98(1), 47-57. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.04.006
- Kim, H. W., Setyabrata, D., Lee, Y. J., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2016). Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38(Part A), 116-123. doi: 10.1016/j.ifset.2016.09.023
- Lin, K.-W., & Huang, H.-Y. (2003). Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. *Meat Science*, 65(2), 749-755. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00277-2
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., & Quintero-Ramos, A. (2015). Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology*, 35(1), 25-31. doi: 10.1590/1678-457X.6417
- Miklos, R., Xu, X., & Lametsch, R. (2011). Application of pork fat diacylglycerols in meat emulsions. *Meat Science*, 87(3), 202-205. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.10.010
- Moyo, B., Masika, P. J., & Muchenje, V. (2012). Effect of supplementing crossbred Xhosa lop-eared goat castrates with *Moringa oleifera* leaves on growth performance, carcass and non-carcass characteristics. *Tropical Animal Health and Production*, 44(4), 801-809. doi: 10.1007/s11250-011-9970-6
- Mune Mune, M. A., Bakwo Bassogog, C. B., Nyobe, E. C., & René Minka, S. R. (2016). Physicochemical and functional properties of *Moringa oleifera* seed and leaf flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1-9. doi: 10.1080/23311932.2016.1220352
- Ogunsina, B. S., Radha, C., & Govardhan Singh, R. S. (2010). Physicochemical and functional properties of full-fat and defatted *Moringa oleifera* kernel flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 2433-2439. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02423.x

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Saucedo-Pompa, S., Torres-Castillo, J. A., Castro-López, C., Rojas, R., Sánchez-Alejo, E. J., Ngangyo-Heya, M., & Martínez-Ávila, G. C. G. (2018). Moringa plants: Bioactive compounds and promising applications in food products. *Food Research International*, 111, 438-450. doi: 10.1016/j.foodres.2018.05.062
- Silva-Vazquez, R., Flores-Giron, E., Quintero-Ramos, A., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. (2018). Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meat batters. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 306-310. doi: 10.1080/19476337.2017.1403490
- Tahmasebi, M., Labbafi, M., Emam-Djomeh, Z., & Yarmand, M. S. (2016). Manufacturing the novel sausages with reduced quantity of meat and fat: The product development, formulation optimization, emulsion stability and textural characterization. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 76-84. doi: 10.1016/j.lwt.2015.12.011
- Youssef, M. K., & Barbut, S. (2009). Effects of protein level and fat/oil on emulsion stability, texture, microstructure and color of meat batters. *Meat Science*, 82(2), 228-233. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.01.015
- Zhuang, X., Han, M., Kang, Z.-L., Wang, K., Bai, Y., Xu, X.-L., & Zhou, G.-H. (2016). Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure. *Meat Science*, 113, 107-115. doi: 10.1016/j.meatsci.2015.11.007



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material
La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.