

Evaluación química, fisicoquímica y sensorial de carne molida de res adicionada con hojas de chaya

Evaluation of chemical, physicochemical and sensory characteristics of beef patties with chaya leaves

DOI: 10.46932/sfjdv5n6-003

Received on: May 10th, 2024

Accepted on: May 31st, 2024

Edgar Fernando Peña Torres

Doctor en Ciencias de Alimentos

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Fraccionamiento, Tabachines, 77528 Cancún, Quintana Roo

Correo electrónico: epena@ucaribe.edu.mx

Asahel Benitez Hernández

Doctor en Ciencias en el Uso Manejo y Preservación de los Recursos Naturales

Institución: Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa

Dirección: Malecón de Mazatlán, Balcones de Loma Linda, 82000 Mazatlán, Sinaloa

Correo electrónico: asahelbenitez_facimar@uas.edu.mx

Erika Yazmín Sánchez Gutiérrez

Maestría en Ciencias de la Acuicultura

Institución: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo

Dirección: Av. Sábalo Cerritos S/N, Cerritos, 82112 Mazatlán, Sinaloa

Correo electrónico: erika.sanchez@ciad.mx

Ana Victoria Flores Vega

Maestría en Nutrición y Dietética

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Fraccionamiento, Tabachines, 77528 Cancún, Quintana Roo

Correo electrónico: aflores@ucaribe.edu.mx

Elena Xitlali Gamarra Hernández

Maestría en Cocinas de México

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Fraccionamiento, Tabachines, 77528 Cancún, Quintana Roo

Correo electrónico: egamarra@ucaribe.edu.mx

Juan Manuel Carvajal Sánchez

Maestría en Innovación y Gestión del Aprendizaje

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Fraccionamiento, Tabachines, 77528 Cancún, Quintana Roo

Correo electrónico: jcarvajal@ucaribe.edu.mx

Guillermo Eusebio Álvarez Estrada

Maestría en Innovación y Gestión del Aprendizaje

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Fraccionamiento, Tabachines, 77528 Cancún, Quintana Roo

Correo electrónico: galvarez@ucaribe.edu.mx

Nissa Yaing Torres Soto

Doctora en Salud Pública

Institución: Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo

Dirección: Av. Erick Paolo Martínez S/N, 17 de octubre, 77039 Chetumal, Quintana Roo

Correo electrónico: nissa.torres@uqroo.edu.mx

RESUMEN

La hoja de chaya (*Cnidocolus chayamansa*) es un ingrediente utilizado en la cocina regional del sureste de México y tiene un alto contenido de hierro, ácido ascórbico y compuestos fenólicos con propiedades bioactivas como antioxidante, antihipertensiva, hipoglucemiante, entre otras. El objetivo de este estudio fue evaluar las características químicas, fisicoquímicas y atributos sensoriales de hamburguesas de res con 5 y 10% de chaya (CH5 y CH10). Se prepararon tres formulaciones de hamburguesas de carne (Control, CH5 y CH10) con carne molida (80/20) y hojas de chaya finamente cortadas en partículas de 0.3 cm. Se evaluó humedad, proteína y grasa, color objetivo L*, a* y b* y una prueba sensorial con un panel entrenado. Los resultados mostraron diferencias significativas en color L* ($p > 0.05$), y mejores calificaciones de aceptación general y sabor para los tratamientos con chaya respecto al Control ($p < 0.05$). Por tanto, la adición de hojas de chaya a las hamburguesas de carne resultó en una aceptabilidad favorable para el consumidor con cambios mínimos en las propiedades fisicoquímicas. Este producto puede ser de interés para el mercado debido a los compuestos bioactivos que posee y que podrían mejorar el estado de salud del consumidor.

Palabras clave: Hojas de Chaya, Hamburguesas de Res, Calidad, Características Sensoriales.

ABSTRACT

The chaya leaf (*Cnidocolus chayamansa*) is an ingredient used in the regional cuisine of south-eastern Mexico with high content of iron, ascorbic acid and phenolic compounds with bioactive properties such as antioxidant, antihypertensive, hypoglycemic, among others. The objective of this study was to evaluate the chemical, physicochemical and sensory characteristics of beef patties with 5 and 10% chaya (CH5 and CH10). Three formulations of beef patties (control, CH5 and CH10) were prepared with ground beef (80/20) and chaya leaves finely cutted into 0.3 cm particles. Moisture, protein and fat, color L*, a* and b* and a sensory test with a trained panel were evaluated. The results showed significant differences in L* color ($p > 0.05$), and better ratings of general acceptance and flavor for the chaya treatments compared to the control ($p < 0.05$). Therefore, the addition of chaya leaves to beef patties resulted in favorable consumer acceptability with minimal changes in physicochemical properties. This product may be of interest to the market due to the bioactive compounds it has and that could improve the consumer's health status.

Keywords: Chaya Leaves, Beef Patties, Quality, Sensory Attributes.

1 INTRODUCCIÓN

La carne tipo hamburguesa es un producto cárnico muy popular en todo el mundo, dicho alimento aporta proteínas, vitaminas, minerales, atributos sensoriales aceptables para el consumidor, accesibilidad y es de bajo costo (Ball *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2021). Sin embargo, a pesar de todas sus ventajas, también puede ser una fuente importante de colesterol y grasas saturadas; por lo tanto, se ha sugerido una recomendación general de disminuir su consumo como estrategia preventiva para reducir la incidencia de enfermedades no transmisibles (Taylor *et al.*, 2020).

En este sentido, se ha buscado concientizar a los consumidores sobre la salud y la prevención de enfermedades abriendo un nuevo mercado a productos cárnicos modificados con ingredientes más saludables, con menos grasas saturadas, sales y conservadores artificiales (Bahmanyar *et al.*, 2021; Carvalho *et al.*, 2019; Kim, 2017). De esta forma, se han desarrollado productos cárnicos orientados a la salud incorporando nuevos ingredientes o reduciendo, eliminando o reemplazando algunos de los ingredientes tradicionales en la fórmula del producto cárnico; algunas investigaciones como inclusión de semilla de linaza, pulpa de mango, chícharo o espinaca en carne molida han reportado mejoras en características fisicoquímicas como color, textura, rendimientos y aceptabilidad en pruebas sensoriales (Ball *et al.*, 2021; Montalvo-Navarro *et al.*, 2022; Vebrianty *et al.*, 2021).

Actualmente, uno de los objetivos de la industria cárnica es desarrollar alimentos novedosos que contengan ingredientes naturales con un enfoque saludable y de aspectos sensoriales atractivos como el sabor, olor, textura y apariencia. Una alternativa es la chaya (*C. chayamansa*), ya que su hoja es un ingrediente ampliamente utilizado en la cocina regional del sureste de México, como bebidas, platillos típicos y algunos postres ya que debido a su amplia distribución en la región y de bajo costo, aporta un valor agregado a las características fisicoquímicas y sensoriales de los productos, y cuenta con compuestos bioactivos a los cuales se le atribuyen propiedades como antioxidante, antihipertensivo, hipoglucemiante, entre otras benéficas para la salud (Hernández; Munguía, 2022; Us-Medina *et al.*, 2020). Por lo que puede ser de interés su inclusión a un producto cárnico como en la carne tipo hamburguesa, ya que puede influir en realzar los aspectos sensoriales del producto y contribuir a la reducción de conservadores artificiales que pueden ser perjudiciales a la salud. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características químicas, fisicoquímicas y sensoriales de carne tipo hamburguesa de res adicionada con chaya al 5 y 10%.

2 METODOLOGÍA

2.1 DISEÑO Y FORMULACIÓN

Se elaboraron tres formulaciones de hamburguesas de carne de res 80/20 (Control, chaya al 5 % y chaya al 10 %) de acuerdo con una receta base con un contenido de 80 % carne magra de res, 20 % de grasa y la inclusión de hojas trituradas de chaya (n=12/formulación). La preparación de la carne consistió en un kilogramo de carne molida mezclada con los ingredientes en una sala de procesamiento a 10 °C. Se cortaron las hojas de chaya finamente en partículas de aproximadamente 0.3 cm y se mezclaron con la carne molida de res. Los ingredientes para cada tratamiento se homogeneizaron durante 3 minutos en una mezcladora manual (LEM Products, West Chester, OH, EE. UU.), por cada kilogramo de carne se agregaron 50 g (CH5) y 100 g (CH10) de chaya. Se formaron las hamburguesas usando una máquina formadora de hamburguesas manual (9 cm de diámetro x 1 cm de espesor) con 70 g por unidad. Después, las hamburguesas de carne se cocinaron inmediatamente según la metodología de la American Meat Science Association (Colle, 2020). Las muestras se cocinaron en un sartén eléctrico (Modelo: rj02-180-R-MX), a 150 °C hasta llegar a una temperatura interna de la carne de 71 °C, posteriormente las muestras de carne se mantuvieron a temperatura ambiente por 30 min.

2.2 ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICOQUÍMICO

Se evaluó el porcentaje de humedad, proteína y contenido de grasa total, siguiendo la metodología descrita por la A.O.A.C. (1990). También se evaluó el color instrumental (modelo WR-10QC, Goyoco, China), L*, a* y b* sobre la superficie de las muestras frías sin cocinar (4 °C) en 3 diferentes posiciones de la muestra. Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro digital (Horiba, ABQ Industrial, TX, USA), realizando tres determinaciones por unidad experimental. Además, se determinó la pérdida de peso por cocinado (PPC) calculando la diferencia de las hamburguesas antes y después de ser cocinados x 100, dicho procedimiento se realizó en un sartén eléctrico (Modelo: rj02-180-R-MX) cocinando el producto hasta llegar a una temperatura interna de 71 °C (Colle, 2020).

2.3 ANÁLISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial se realizó con la participación de 15 panelistas. Previo al análisis, los panelistas recibieron un entrenamiento donde se explicaron los descriptores a calificar y la escala hedónica de evaluación que osciló de 0 a 10. Durante la evaluación sensorial, las hamburguesas de cada formulación

fueron cocinadas hasta llegar a una temperatura interna de 71°C. Cada muestra fue cortada en cuatro partes iguales y servidas inmediatamente. Las unidades experimentales fueron codificadas con claves aleatorias par su evaluación. Los atributos sensoriales se evaluaron utilizando una escala semi estructurada de 1 a 10 cm, donde 0 representa el demérito del atributo y 10 una calificación favorable para los atributos de color, apariencia, olor, sabor, jugosidad y aceptación general (Colle, 2020).

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron pruebas de normalidad para determinar la validez de los datos, posteriormente los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía a un nivel de confianza del 95% donde el efecto principal fue la inclusión de hojas de chaya, y para comparar diferencias entre los tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de medias Tukey Kramer. Todos los análisis se llevaron a cabo en el programa estadístico NCSS versión 2020.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Las características químicas y fisicoquímicas se muestran en la Tabla 1. Respecto a las variables humedad, proteína y grasa no fueron modificadas por la inclusión de hojas de chaya ($p > 0.05$) donde los valores de humedad oscilaron desde los 60.92 hasta 61.2 %, el porcentaje de proteína estuvo en un promedio de 18% para todos los tratamientos; y la grasa osciló entre 19.69 hasta 19.89 %.

Tabla 1. composición química y fisicoquímica de hamburguesas de res adicionadas con hojas de chaya al 5 y 10 %.

| | Control | CH5 | CH10 | EEM | Valor de P |
|------------|--------------------|--------------------|-------------------|------|------------|
| Humedad % | 61.2 | 61.16 | 60.92 | 0.58 | NS |
| Proteína % | 18.17 | 18.2 | 18.66 | 0.77 | NS |
| Grasa % | 19.69 | 19.89 | 19.73 | 0.6 | NS |
| L* | 40.12 ^a | 36.87 ^b | 35.1 ^b | 3.44 | 0.04 |
| a | 4.11 | 4.83 | 3.91 | 0.67 | NS |
| b | 8.22 | 8.36 | 8.21 | 0.94 | NS |
| pH | 6.20 | 6.19 | 6.28 | 0.09 | NS |
| PPC % | 15.91 | 16.08 | 15.92 | 1.16 | NS |

Tratamientos= Control = carne molida sin chaya; CH5 = carne molida con chaya al 5%; CH10 = carne molida con chaya al 10%. n=12

Medias con literales diferentes indican significancia estadística ($p < 0.05$)

PPC % = Pérdida de peso por cocción

EEM = Error estándar de la media.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las variables fisicoquímicas, solo L* arrojó diferencias significativas entre los tratamientos donde el grupo Control presentó valores más altos de L* respecto a los tratamientos con 5 y 10% de hojas de chaya ($p < 0.05$), por su parte las variables a* y b* no mostraron diferencias significativas entre los grupos comparados ($p > 0.05$).

El pH no se modificó por la inclusión de chaya, el cual osciló entre 6.19 a 6.28, es importante indicar que un incremento de los niveles de pH puede conllevar a la desintegración de proteínas y la separación del grupo amino que usualmente ocurre durante el almacenamiento. En la presente investigación, estos cambios no se vieron reflejados en ninguna de las formulaciones lo cual concuerda con otros estudios donde se han formulado hamburguesas de carne de res con hierba santa y otros con espinacas y no se detectan cambios en el pH inclusive a través de un periodo de almacenamiento de 9 días (Trujillo-Santiago *et al.*, 2021; Vebrianty *et al.*, 2021).

Los porcentajes de pérdida de peso por cocción (PPC) no fueron diferentes estadísticamente en las formulaciones con 5 y 10% de chaya respecto al grupo Control ($p < 0.05$), encontrándose reducciones de peso de 15% en promedio para todas las formulaciones.

3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación de las características sensoriales arrojó diferencias significativas en las variables de sabor, jugosidad y aceptación general (Tabla 2); cabe señalar que el tratamiento CH5 obtuvo calificaciones más altas en las variables de sabor y aceptación general respecto al grupo Control y CH10 ($p < 0.05$) y en el parámetro jugosidad el grupo Control mostró una mayor calificación en promedio por los panelistas respecto a la carne con inclusión de chaya ($p < 0.05$). Por su parte, las variables de color, apariencia y olor fueron ligeramente mayores en los grupos con chaya al 5 y 10% sin embargo no se detectaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$).

Tabla 2. Evaluación sensorial de hamburguesas de res adicionadas con hojas de chaya al 5 y 10 %.

| | Control | CH5 | CH10 | EEM | Valor de P |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|------------|
| Color | 7.92 | 8.06 | 7.96 | 0.16 | NS |
| Apariencia | 6.74 | 7.03 | 6.88 | 0.49 | NS |
| Olor | 8.12 | 8.03 | 8.44 | 0.13 | NS |
| Sabor | 8.31 ^b | 9.22 ^a | 8.65 ^b | 0.28 | 0.003 |
| Jugosidad | 6.46 ^a | 5.31 ^b | 4.16 ^c | 0.11 | 0.04 |
| Aceptación general | 6.92 ^b | 8.55 ^a | 6.65 ^b | 0.39 | 0.03 |

Tratamientos= Control = carne molida sin chaya; CH5 = carne molida con chaya al 5%; CH10 = carne molida con chaya al 10%. n=12

Medias con literales diferentes indican significancia estadística ($p < 0.05$)

EEM = Error estándar de la media.

Fuente: Elaboración Propia

4 DISCUSIÓN

Los resultados de las variables humedad, grasa y proteína son similares con los porcentajes reportados para carne molida de res (Davis *et al.*, 2021). El color de los productos de origen cárnico es dependiente de diferentes factores que incluyen la cantidad y estado óxido-reducción de la mioglobina, las características fisicoquímicas de la carne, el tipo y concentración de ingredientes no cárnicos incluidos en la formulación del producto (Cofrades *et al.*, 2004). A pesar de no encontrarse cambios significativos en el color instrumental, las medias de las formulaciones con chaya mostraron que la hamburguesa tenía menos luminosidad y enrojecimiento. Un resultado similar se ha reportado en otras investigaciones donde se ha probado hoja de espinacas, polvo de hojas de loto en carne molida de res y hojas de moringa, donde la luminosidad y el valor a^* se reducen (Choi *et al.*, 2011; Muthukumar *et al.*, 2014; Vebrianty *et al.*, 2021).

Se puede inferir que la disminución del nivel de luminosidad y enrojecimiento de los productos cárnicos procesados se debe a la presencia de clorofila en el caso cuando se incluyen trozos de hojas o en forma de harina. Adicionalmente, se puede sugerir evaluar la estabilidad del color en hamburguesas con la inclusión de chaya, ya que se ha reportado un efecto protector a través del tiempo en otros compuestos similares como la espinaca, esto debido a una menor oxidación gradual de la mioglobina, inhibición de oxidación de lípidos y crecimiento bacteriano (Mancini y Ramanathan, 2020). Los resultados de PPC contrastan con otros estudios donde muestran una menor pérdida de peso al adicionar extractos y derivados de plantas en carne molida de res y cerdo, esto debido a la capacidad de retención y absorción de agua de los carbohidratos presentes en los ingredientes vegetales (Martínez *et al.*, 2020; Muthukumar *et al.*, 2014; Ogundipe *et al.*, 2023; Pérez-Báez *et al.*, 2020; Vebrianty *et al.*, 2021).

Los hallazgos en las evaluaciones sensoriales son interesantes y dan una evidencia favorable para la inclusión de chaya en carne molida de res, ya que este ingrediente anteriormente no se ha implementado en la industria cárnica y se desconocen las características de calidad y sensoriales que provocan en el producto; es importante destacar que la chaya es un ingrediente que se ha probado en otras matrices alimenticias como bebidas, y presenta altos niveles de aceptación por parte del consumidor (Jaroennon y Manakla, 2021); similarmente en otras formulaciones cárnicas combinadas con harinas vegetales, hojas de espinaca o jamaica como ingredientes en carne molida han sido calificados positivamente sus aspectos sensoriales como sabor, olor, color y aceptabilidad (Kim, 2017; Ogundipe *et al.*, 2023; Pérez-Báez *et al.*, 2020).

Por lo tanto, la sustitución parcial de carne por productos vegetales es considerada una estrategia emergente para reducir el consumo de carne y mejorar el aporte saludable de los productos cárnicos. Esta estrategia ha sido aceptada por los consumidores porque no tiene como objetivo eliminar la carne de la dieta, sino que apunta a la implementación de cambios o adiciones de ingredientes sin comprometer atributos importantes deseables en la carne (Lang, 2020). En este sentido las propiedades sensoriales de

los productos cárnicos adicionados con ingredientes vegetales son importantes para la aceptabilidad de los productos, en particular, el sabor y la textura son características muy importantes para la aceptación. Por lo que, la evaluación sensorial de productos cárnicos adicionados con extractos de plantas, como cáscara, hoja, semillas o tallos deben seguir investigándose con el fin de potencializar el producto y lograr mismo nivel de aceptabilidad por parte de los consumidores, a pesar de las diferencias de mercado, localización geográfica y edad (Taylor *et al.*, 2020).

5 CONCLUSIÓN

La inclusión de hojas de chaya al 5 y 10% en carne tipo hamburguesa de res no provocó cambios a nivel químico y fisicoquímico, encontrándose dentro de parámetros normales y aceptables para este producto; sin embargo, cabe señalar que las características sensoriales de aceptación general y sabor fueron mejor calificadas en la formulación con 5% de chaya lo que conlleva a una decisión favorable en la elección de una carne de hamburguesa de calidad en el mercado, y se sugiere que esta planta puede ser una alternativa saludable como materia prima al ser incluida en un producto cárnico y podría ser considerada como un alimento funcional. Así, la chaya puede convertirse en una excelente fuente de antioxidantes y componentes bioactivos para coadyuvar en la prevención de algunos padecimientos crónicos en población con problemas como diabetes, hipertensión, hipercolesterolemia, entre otros.

REFERENCIAS

- Association of Official Agricultural Chemist (A.O.A.C.). (1990). *Official methods of analysis* (15th ed.). Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Bahmanyar, F., Hosseini, S. M., Mirmoghtadaie, L., & Shojaee-Aliabadi, S. (2021). Effects of replacing soy protein and bread crumb with quinoa and buckwheat flour in functional beef burger formulation. *Meat Science*, *172*, 108305. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108305>
- Ball, J. J., Wyatt, R. P., Lambert, B. D., Smith, H. R., Reyes, T. M., & Sawyer, J. T. (2021). Influence of plant-based proteins on the fresh and cooked characteristics of ground beef patties. *Foods*, *10*, 1971. <https://doi.org/10.3390/foods10091971>
- Carvalho, F. A., Pateiro, M., Domínguez, R., Barba-Orellana, S., Mattar, J., Rimac Brnčić, S., Barba, F. J., & Lorenzo, J. M. (2019). Replacement of meat by spinach on physicochemical and nutritional properties of chicken burgers. *Journal of Food Processing and Preservation*, *43*, e13935. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13935>
- Choi, Y. S., Choi, J. H., Kim, H., Kim, H., Lee, M., Chung, H., Lee, S., & Kim, C. (2011). Effect of lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf powder on the quality characteristics of chicken patties in refrigerated storage. *Food Science of Animal Resources*, *31*, 9–18. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2011.31.1.009>
- Cofrades, S., Serrano, A., Ayo, J., Solas, M. T., Carballo, J., & Jiménez Colmenero, F. (2004). Restructured beef with different proportions of walnut as affected by meat particle size. *European Food Research and Technology*, *218*, 230–236. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0808-y>
- Colle, M. (2020). Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. American Meat Science Association, Champaign, IL. Bekhit, AEDA, DL Hopkins, FT Fahri, and EN Ponnampalam. 2013. Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. *Post-Harvest Influences on Beef Flavor Development and Tenderness*, *110*, 127.
- Davis, S. G., Harr, K. M., Farmer, K. J., Beyer, E. S., Bigger, S. B., Chao, M. D., Tarpoff, A. J., Thomson, D. U., Vipham, J. L., & Zumbaugh, M. D. (2021). Quality of plant-based ground beef alternatives in comparison with ground beef of various fat levels. *Meat and Muscle Biology*, *5*, 1-15 <https://doi.org/10.22175/mmb.12989>
- Hernández, Y. V. V., & Munguía, A. R. 2022. Chaya: fuente emergente de potencial nutraceutico y funcional. *Tlatemoani: Revista Académica de Investigación*, *13*, 140–151.
- Jaroennon, P., y Manakla, S. (2021). Evaluation of physicochemical, sensory, antioxidant and nutritional properties of latte drinks from Chaya (*Cnidioscolus aconitifolius*) leaves. *Thai Journal of Public Health*, *51*, 25–32.
- Kim, H. (2017). Effect of Spinach on the quality of beef hamburger patties. *The Korean Journal of Community Living Science*, *28*, 403–413. <https://doi.org/10.7856/kjcls.2017.28.3.403>
- Lang, M. (2020). Consumer acceptance of blending plant-based ingredients into traditional meat-based foods: Evidence from the meat-mushroom blend. *Food Quality and Preference*, *79*, 103758. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103758>

- Mancini, R. A., y Ramanathan, R. (2020). Chapter 8 – Molecular basis of meat color. In A. K. Biswas y P. K. Mandal (Eds.), *Meat Quality Analysis* (pp. 117–129). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00008-2>
- Martínez, L., Jongberg, S., Ros, G., Skibsted, L. H., y Nieto, G. (2020). Plant derived ingredients rich in nitrates or phenolics for protection of pork against protein oxidation. *Food Research International*, 129, 108789. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108789>
- Montalvo-Navarro, C., Cumplido-Barbeitia, G., González-Ríos, H., Montoya-Ballesteros, L. del C., Pérez-Báez, A. J., Zamorano-García, L., & Valenzuela-Melendres, M. (2022). Usage of a mixture design for the development of beef patties, with an improved nutritional profile with flaxseed flour, mango pulp, and dried plum. *Biotecnia*, 24, 97–106 <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i1.1534>
- Muthukumar, M., Naveena, B. M., Vaithiyathan, S., Sen, A. R., & Sureshkumar, K. (2014). Effect of incorporation of Moringa oleifera leaves extract on quality of ground pork patties. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3172–3180 <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0831-8>
- Ogundipe, O. O., Fasogbon, B. M., Ayeke, A. O., Nwosu, P. N., Adebayo-Oyetero, A. O., & Faloye, O. R. (2023). Quality evaluation of beef patties formulated with wheat and sweet potato flour blends. *Food Science and Applied Biotechnology*, 6, 187–199. <https://doi.org/10.30721/fsab2023.v6.i2.245>
- Pérez-Báez, A. J., Camou, J. P., Valenzuela-Melendres, M., González-Aguilar, G., Viuda-Martos, M., Sebranek, J. G., & Tortoledo-Ortiz, O. (2020). Effects and interactions of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), potato peel flour, and beef fat on quality characteristics of beef patties studied by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14659. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14659>
- Taylor, J., Ahmed, I. A. M., Al-Juhaimi, F. Y., & Bekhit, A. (2020). Consumers' perceptions and sensory properties of beef patty analogues. *Foods*, 9, 63. <https://doi.org/10.3390/foods9010063>
- Trujillo-Santiago, E., Villalobos-Delgado, L. H., Guzmán-Pantoja, L. E., López, M. G., Zafra-Ciprián, D. I., Nevárez-Moorillón, G. V., & Santiago-Castro, J. T. (2021). The effects of Hierba Santa (*Piper auritum* Kunth) on the inhibition of lipid oxidation in beef burgers. *LWT Food Science and Technology*, 146, 111428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111428>
- Us-Medina, U., Millán-Linares, M. del C., Arana-Argaes, V. E., & Segura-Campos, M. R. (2020). Actividad antioxidante y antiinflamatoria in vitro de extractos de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*). *Nutrición Hospitalaria*, 37, 46–55. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02752>
- Vebrianty, E., Hajrawati, H., Hatta, W., & Suharyanto, S. (2021). The effect of addition of water spinach (*Ipomoea aquatica* forsk) on physico-chemical characteristics and antioxidant activity of Bali beef meatballs. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788. <https://dx.doi.org/012112.10.1088/1755-1315/788/1/012112>
- Wang, X., Wang, Z., Zhuang, H., Nasiru, M. M., Yuan, Y., Zhang, J., & Yan, W. (2021). Changes in color, myoglobin, and lipid oxidation in beef patties treated by dielectric barrier discharge cold plasma during storage. *Meat Science*, 176, 108456. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108456>