DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI

ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol.12 Núm Especial 5 (2024) 111-116

Utilización de Bougainvillea glabra en polvo como colorante en emulsiones cárnicas

Use of Bougainvillea glabra powder as a colorant in meat emulsions

N. Juárez-López, J.A. Rodríguez, I.S. Ibarra, I. Sánchez-Ortega, E.M Santos*

Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

Resumen

En México, *Bougainvillea glabra*, comúnmente conocida como bugambilia es una planta con brácteas de color rojo púrpura que rodean una pequeña flor y que florece casi todo el año. Forma parte de la familia *Nyctaginaceae* y tiene pigmentos de tipo betalaínas que pueden usarse como colorantes, entre otros componentes. El objetivo de este estudio fue la aplicación de brácteas de bugambilia liofilizada o deshidratada en estufa como colorante en emulsiones cárnicas tipo salchicha. Se realizaron 6 formulaciones donde se elaboraron 2 controles, uno con nitritos y colorante rojo carmín, y otro sin nitritos ni colorantes. El resto de las formulaciones contenían bugambilia en polvo en dos concentraciones (0.1 y 0.25 %), liofilizada o deshidratada en estufa. Se evaluó color, pH, actividad del agua y humedad. En la evaluación del color los resultados indicaron que los valores de a* fueron mayores en las formulaciones control con nitritos y bugambilia al 0.25% liofilizada, mientras que, en pH, a_w y humedad hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero no relacionados con la cantidad de colorante.

Palabras Clave: Bougainvillea, sustitucion de nitritos, colorantes, emulsiones, embutidos.

Abstract.

In Mexico, the *Bougainvillea glabra*, popularly known as bougainvillea, is a vibrant plant with reddish-purple bracts that encase a small flower, blooming nearly year long. It belongs to *Nyctaginaceae* family, with betalain pigments suitable for coloring meat products. This study aimed to utilize dehydrated *Bougainvillea* bracts as a natural colorant in sausage like meat emulsions. Six formulations were developed, including two control groups: one with nitrites and carmine dye, and another without colorant additives. The other formulations incorporated bougainvillea powder at two concentrations (0.1% and 0.25%), using both lyophilization and oven drying methods. The study assessed color, pH, water activity, and moisture content. Findings revealed that formulations with nitrites and 0.25% lyophilized *Bougainvillea* exhibited higher a* values. Meanwhile, significant variations in pH, water activity, and moisture were observed across treatments but not related to colorant concentration.

Keywords: Bougainvillea, nitrites replacement, colorants, emulsions, sausages.

1. Introducción

La NOM-122-SSA-1994 define a un embutido como la mezcla de carne que contiene pierna de cerdo, azúcar, sal además se emplean aditivos, colorantes, saborizantes y conservadores que mejoran la apariencia y prolongan la vida de anaquel. Los embutidos contienen diversos aditivos que cumplen con diferentes funciones, además de su acción antimicrobiana; entre ellos los nitritos y nitratos que son fundamentales para la conservación de productos cárnicos empleando un efecto bactericida y bacteriostático previniendo el crecimiento de microorganismos patógenos como *Clostridium botulinum* bacteria causante del botulismo (Gameros-Colin et al., 2017).

Además, el nitrito de sodio (E-250) tiene la función de ayudar en la formación de color mediante la interacción con la mioglobina de la carne. El mecanismo de formación de color comienza cuando se añade nitrito de sodio ($NaNO_2$) a las emulsiones este se transforma en óxido nítrico (NO) en condición de pH ácido y calor ya que el nitrito se disocia en iones nitrito en medio ácido lo que permite que se generé óxido nítrico, posteriormente el NO se une a la mioglobina reaccionando con el hierro hemo de la mioglobina, formando nitrosomioglobina, que es un color rojo curado estable a

*Autor para la correspondencia: emsantos@uaeh.edu.mx
Correo electrónico: ju439614@uaeh.edu.mx (Nagtllely Juárez López) josear@uaeh.edu.mx (José Antonio Rodríguez), israel_ibarra@uaeh.edu.mx (Israel Samuel Ibarra), irais_sanchez5498@uaeh.edu.mx (Irais Sánchez-Ortega), emsantos@uaeh.edu.mx (Eva María Santos)

Historial del manuscrito: recibido el 01/10/2024, última versión-revisada recibida el 04/11/2024, aceptado el 04/11/2024, publicado el 12/12/2024. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial5.13899

diferencia de la oximioglobina o mioglobina reducida que acaban transformándose en metamioglobina que es un color café no deseable (Zhang et al., 2015).

Cuando se aplica un tratamiento térmico a las emulsiones cárnicas la nitrosomioglobina da un color rosado típico de embutidos cocidos como jamón o algunas emulsiones (Hodgkins et al., 2016). Sin embargo, el tratamiento térmico también puede dar lugar a la formación de nitrosaminas, compuestos carcinógenos, que se generan cuando el nitrito de sodio residual reacciona con aminas presentes en los productos cárnicos, especialmente en presencia de altas temperaturas (Zhang & Dufour, 2018).

El uso de nitritos en productos cárnicos está en discusión por su implicación en la formación de estos compuestos potencialmente cancerígenos como son las nitrosaminas (Cohen et al., 217). La formación de nitrosaminas en emulsiones cárnicas está influenciada por ciertas condiciones además de presencia de nitritos y nitratos utilizados como conservantes, así como de aminas (Zhang & Dufour, 2018). Por ejemplo, un pH ácido (menor a 6) favorece la formación de nitrosaminas ya que convierte los nitritos en especies más reactivas (Huang et al., 2020). Así mismo, la temperatura elevada en la cocción (mayor a 280 °C) es otro factor determinante ya que incrementa la reacción de nitritos y aminas facilitando la formación de nitrosaminas (Feng et al., 2021). Por último, la presencia de azúcares y grasas puede influir en la formación de estos compuestos ya que algunos de ellos actúan como catalizadores en reacciones químicas que producen nitrosaminas (Zhang & Dufour, 2018).

Para reducir el riesgo a la salud por la presencia de nitritos, las legislaciones de cada país han establecido límites a la cantidad de nitritos residuales que son considerados seguros en un producto cárnico. En el caso de México, el límite máximo de aceptación de este aditivo en los productos es de 156 mg/kg según la Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2018 y el acuerdo al que hace referencia. (Segurondo et al., 2020; NOM-213-SSA1-2018., 2018). Además, los nitritos contienen propiedades antioxidantes por lo que previenen la oxidación de otros componentes de la carne y contribuyen a la estabilidad del color en la emulsión (Karwowska et al., 2019).

Dado el riesgo a la salud que puede darse, hay un interés creciente por el uso de fuentes naturales de nitritos en la industria cárnica. Los vegetales como el apio, lechuga y espinaca son ricos en nitratos, que pueden ser reducidos a nitritos por la acción de cultivos iniciadores específicos. Estos cultivos incluyen bacterias lácticas y otras especies para facilitar la conversión y brindar seguridad al producto final (Rodríguez-Daza et al., 2019).

Otra estrategia para limitar la utilización de nitritos como colorantes, ha sido la sustitución parcial o total de nitritos por otros colorantes sintéticos como rojo punzo curcumina (E100), ácido carmínico (E120), rojo allura (E129), extracto de pimentón (E-160c), entre otros por la capacidad, estabilidad y solubilidad ante productos cárnicos (Montiel et al., 2013; Tabar et al., 2010; Vargas et al., 2010).

También se han probado colorantes de origen vegetal tales como lo son betabel, jamaica y algunas especias como paprika, azafrán y achiote (Girón et al., 2016). La Bugambilia ha sido utilizada como colorante natural para la elaboración de jamón de carne de conejo (Vazquez, et al., 2023) sin embargo hay ciertos efectos sobre la textura y actividad de agua que se tendrían que seguir monitoreando, por lo tanto, se eligió trabajar con esta planta ya que tiene la función de actuar como colorante, antioxidante y antimicrobiano (Montiel et al., 2013). Las brácteas y flores de bugambilia florecen todo el año y son apreciadas por sus colores tan llamativos. Las brácteas se caracterizan por tener diversos colores, en este caso son de color violeta (Figura 1), las bugambilias pertenecen a la familia *Nyctaginaceae* y tiene pigmentos de tipo betacianinas de tono rojo-purpura (Hernández-Ledesma, 2020). Se ha reportado que contiene diversos compuestos tales como flavonoides, alcaloides, quinonas, ácidos fenólicos, betalaínas, entre otros. Son las betalaínas los pigmentos naturales responsables del color que además tienen propiedades antibacterianas y antioxidantes (Vázquez et al., 2023).

Figura 1. Flores de bugambilia, rodeadas por brácteas florales

El presente trabajo tuvo como objetivo la aplicación de brácteas de *Bougainvillea glabra* (bugambilia), luego de un proceso de secado ya sea mediante liofilización o estufa, como colorante natural en embutidos emulsionados tipo salchicha.

2. **Desarrollo experimental**

2.1 Obtención del colorante de Bougainvillea glabra

Se recolectaron las hojas de bugambilia en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo. En el día de recolección se les hizo un lavado agua del grifo para finalizar con agua destilada y posteriormente se sometieron a dos tipos de secado: liofilización en una liofilizadora (LABConco, EUA), tras congelación de las flores a -18 °C y secado en estufa (Shel Lab, Guatemala) a 40ºC/72 h. Una vez secas se molieron en un triturador de alimentos (Nutribullet ®,

México) hasta obtener un polvo fino y se conservaron a temperatura ambiente y en oscuridad hasta el momento de su aplicación.

2.2 Elaboración de formulaciones

Se elaboraron seis formulaciones con una composición general como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Formulación general para la elaboración de salchichas

Porcentaje (%)	Ingredientes
35	Magro
25	Grasa
30	Hielo
0.25	Fosfatos
1.6	Sal
2.65	Proteína de soya
3.5	Fécula de papa
0.25	Dextrosa
0.05	Sabor a humo
0.7	Aroma
0.05	Eritorbato de sodio

Dos muestras fueron control una sin nitritos ni colorante (Control) y a la otra se le añadió 150 ppm de nitritos y colorante al 0.05% rojo carmín (Control NO_2). La formulación F1 se le añadió 0.1 % de colorante de bugambilia secada en estufa sustituyendo a nitritos y colorante en la composición. A la formulación F2 se le agregó colorante de bugambilia liofilizada al 0.1%; la formulación F3 llevaba colorante de bugambilia secada en estufa al 0.25% y la formulación F4 incluía colorante de bugambilia liofilizada al 0.25%. El colorante natural se adicionó directamente en la masa.

2.3 Proceso de elaboración de las emulsiones

Para la elaboración de la emulsión se realizó la reducción de tamaño del magro y la grasa, posteriormente se pesaron las cantidades exactas de los ingredientes de acuerdo con la formulación establecida. Se añadieron los ingredientes a la cúter con el siguiente orden: la proteína de soya previamente hidratada, el magro, la sal y los fosfatos, posteriormente se le agrega agua para solubilizar las proteínas. Después se añade la grasa y los aditivos restantes dejando al final el humo, colorante (dependiendo de la formulación), el aroma y finalmente el ascorbato sódico. Se dio por terminada la emulsión cuando se obtuvo una pasta homogénea (formación de emulsión cárnica). A continuación, se realizó el embutido de la masa en tripas de celulosa y se sometieron a tratamiento térmico por 20 min a 78 ºC, se enfriaron por inmersión en agua fría y se almacenaron en refrigeración a 4 ºC.

2.4 Análisis fisicoquímicos

Tras 48 h de refrigeración se midieron los siguientes parámetros: rendimiento respecto al peso inicial, pH con un pH-metro de punción, y actividad de agua (a_w) en un AquaLab series 4 TE (EUA) a 25 °C. El color se evaluó mediante la determinación de los parámetros CIELab en un colorímetro Hunter Lab miniScan EZ 4500L (HunterLab, Reston, VA, EE.UU.) con el iluminante D65 y un ángulo de observación de 10º. Las mediciones de color se expresaron en términos de luminosidad L* representa la luminosidad del color, a* el enrojecimiento y b* la amarillez en la muestra. Posteriormente, se midió la humedad de cada muestra gravimétricamente de acuerdo con la norma AOAC (Association of Official Analytic Chemist, 2003) por diferencia de peso tras someter a la muestra a 105 °C en estufa hasta peso constante.

2.5 Análisis de datos

Los resultados obtenidos para las coordenadas de color CIELab se expresan como la medida aritmética de las 3 repeticiones para cada una de las muestras. El nivel de significancia para todos los tratamientos se determinó mediante ANOVA de un factor (formulación) y las medias se ordenaron mediante la prueba LSD (Statgraphics Centurion XVIII).

3. **Resultados y discusión**

En la figura 2 se muestran las imágenes de las diferentes formulaciones.

Figura 2. Imagen de los cortes transversales de las diferentes formulaciones

Los resultados obtenidos de la determinación del color para cada formulación se presentan en la tabla 2. Las muestras presentaron en general valores altos de luminosidad y valores positivos de a* y b* como corresponde a un producto cárnico de color rojizo (Ferreira et al., 2024).

Tabla 2: Parámetros de color para cada formulación de las emulsiones cárnicas.

Formulación	**L***	**a***	**b***
Control	79.22 ± 0.31^{e}	2.29 ± 0.06^{a}	16.95 ± 0.16^{e}
Control NO_2	70.04 ± 0.17^{c}	16.22 ± 0.15^{e}	10.24 ± 0.04^{d}
F1	72.80 ± 0.01^{d}	8.04 ± 0.06^{b}	9.6 ± 0.11^{c}
F2	70.76 ± 0.11^{c}	8.18 ± 0.08^{b}	9.45 ± 0.02^{c}
F3	67.55 ± 0.73^{a}	12.88 ± 0.33^{c}	3.81 ± 0.59^{b}
F4	68.47 ± 0.44^{b}	15.57 ± 0.07^{d}	2.39 ± 0.40^{a}

^{abc}: valores en la misma columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P<0.05$)

Respecto al valor de L o luminosidad las muestras que incluyeron colorante presentaron valores significativamente inferiores a la formulación control. Las muestras Control NO_2 y F2 presentaron valores similares (P>0.05). Por otro lado, las muestras con mayor concentración de bugambilia (0.25%) fueron las muestras con un menor valor de luminosidad, F3 presentó un valor 67.55±0.73 y F4 de 68.47±0.44, respectivamente. La diferencia entre los valores se aprecia también en la figura 3.

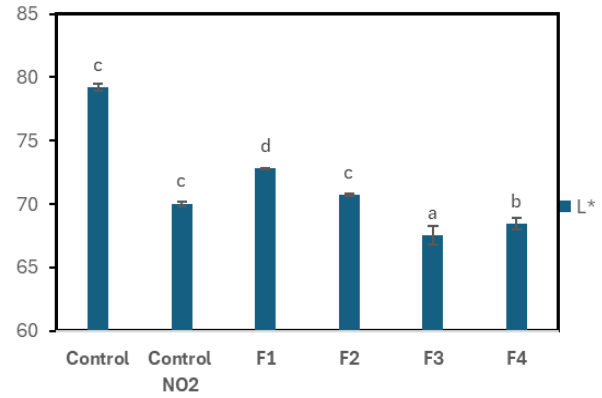

Figura 3. Resultados de luminosidad (L*). [abc]: valores diferentes letra son significativamente diferentes (P<0.05)

Al examinar los valores del parámetro a* (verde-rojo) se observa que todas las formulaciones presentaron valores positivos como corresponde a una formulación cárnica (Figura 4) (Deda et al., 2007). De nuevo se observó una notable diferencia de las muestras con colorante (nitritos o bugambilia) en comparación con la muestra control que tuvo un valor de a* de 2.29±0.06. La muestra con nitritos y rojo carmín presentó el valor significativamente más alto (P<0.05), seguido por las formulaciones con 0.25 % de bugambilia, siendo la muestra con 0.25 % de bugambilia liofilizada la cual presentó el valor más próximo a la muestra Control NO_2. El proceso de secado por liofilización permite una mejor conservación de las moléculas responsables del color, así como otros compuestos bioactivos, al usarse temperaturas de congelación, a diferencia de los procesos de secado en estufa que implican temperaturas por encima de los 40-50 °C (Sánchez et al., 2024).

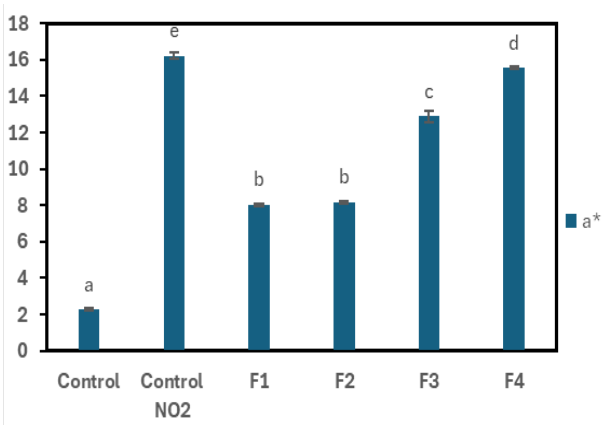

Figura 4. Resultados del parámetro a*. [abc]: valores diferentes letra son significativamente diferentes (P<0.05)

Por el contrario, al analizar los resultados del parámetro b* (azul-amarillo), si bien todas las muestras presentaron valores de b* positivos, la muestra control presentó el valor de b* significativamente más alto (P<0.05), mientras que las formulaciones F3 y F4, presentaron los valores más bajos, 3.81±0.59 y 2.39±0.40, respectivamente. Las formulaciones con 0.1% de bugambilia presentaron valores de b* ligeramente inferiores a la muestra Control NO_2 (P<0.05).

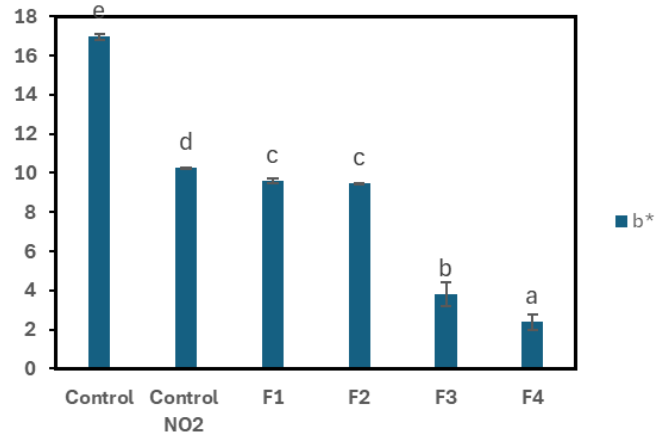

Figura 5. Resultados del parámetro b*. [abc]: valores diferentes letra son significativamente diferentes (P<0.05)

De acuerdo con los resultados obtenidos, la adición de 0.25 % de bugambilia en polvo proporciona una coloración roja, próxima a la utilización de nitritos junto con rojo carmín, aunque el valor b* fue significativamente más bajo, dando una tonalidad más hacia el violeta. En el trabajo de Jiménez-Vazquez et al. (2023) que utilizaron un extracto acuoso de bugambilia en la elaboración de jamón de carne de conejo observaron resultados similares al comparar con la muestra control, ya que los valores de L* y b* disminuyeron, mientras que el valor rojo (a*) presentó un valor más alto. Deda et al. (2007) evaluaron la adición de pasta de tomate y nitritos en la elaboración de salchichas, encontrando que las salchichas elaboradas con 150 mg/kg de nitrito de sodio y pasta de tomate presentaron valores más altos en luminosidad y en la coordenada a* (color rojo), mientras que los valores de la coordenada b* (color amarillo) fueron más bajos.

La adición de bugambilia liofilizada al 0.25 % apenas presentó diferencia significativa en términos de color rojo (a*) en comparación con el colorante rojo carmín. Estos hallazgos son consistentes con lo que se menciona en el trabajo de García-Lomillo et al. (2017), quienes indicaron que el proceso de cocción de la emulsión puede provocar la pérdida de pigmentos amarillentos en los productos cárnicos, lo que contribuye a las variaciones observadas en el color de los jamones elaborados con extracto de bugambilia.

Ferreira et al. (2024) han utilizado *Bougainvillea spectabilis* en polvo como alternativa a los nitritos en jamón cocido con resultados muy prometedores. De acuerdo con los autores, la adición de bugambilia ofreció valores muy próximos de L* y a*, mientras que el valor b* fue ligeramente superior a la muestra con nitritos. Hay que considerar que, en el caso de las

emulsiones, la presencia de grasa (entre 20 y 25 %) podría estar contribuyendo a la disminución del valor de b* en las muestras con bugambilia, mientras que, en el caso del jamón cocido, la presencia de grasa es mínima, por debajo del 3 %.

A continuación, se muestran los resultados respecto a los parámetros de pH, a_w y humedad (ver Tabla 3)

Tabla 3: Resultados de los parámetros de pH, a_w y humedad en emulsiones cárnicas

Formulación	pH	a_w	Humedad (%)
Control	6.35 ± 0.01^{a}	1.004 ± 0.001^{c}	52.94 ± 3.11^{ab}
Control NO_2	6.56 ± 003^{c}	1.002 ± 0.001^{bc}	52.11 ± 0.54^{ab}
F1	6.54 ± 0.02^{bc}	0.999 ± 0.001^{ab}	49.61 ± 1.03^{a}
F2	6.54 ± 0.09^{bc}	1.002 ± 0.002^{c}	54.11 ± 1.11^{bc}
F3	6.53 ± 0.03^{bc}	0.999 ± 0.001^{a}	53.74 ± 0.83^{bc}
F4	6.44 ± 0.06^{ab}	0.997 ± 0.001^{a}	53.40 ± 5.39^{c}

^{abc}: valores en la misma columna con diferente letra son significativamente diferentes ($P<0.05$)

Los valores de pH oscilaron entre 6.35 y 6.56, próximos a la neutralidad, siendo las muestras control y control NO_2, las que estuvieron en los extremos. La adición de *Bougainvillea* no está modificando los valores de pH obtenidos por lo que la estabilidad de las emulsiones no se ve afectada. Algunos colorantes del espectro rojo como *Hibiscus sabdariffa* disminuyen el pH por el contenido en ácido hibiscus (Bermúdez et al., 2023) a valores por debajo de 6, lo cual podría afectar al desarrollo de las emulsiones y limitar su uso en este tipo de productos.

Respecto a los valores altos de actividad de agua (a_w) son propios de un producto cocido este valor indica una alta disponibilidad de agua, lo cual es característico de muchos alimentos cocidos, ya que el proceso de cocción puede liberar agua y alterar la estructura del alimento, afectando el mencionado parámetro (Fennema, 1996). Los valores de humedad se presentaron en el rango entre 49.61 y 54.11 %. Este resultado es comparable al de García et al. (2018), quienes evaluaron parámetros fisicoquímicos de *Hibiscus sabdariffa* L. en embutidos cárnicos, obteniendo valores de humedad que oscilaron entre 63.60% y 68.0%. Las diferencias entre las formulaciones parecen estar más relacionadas con la heterogeneidad de la muestra que con la adición del colorante. La pequeña concentración adicionada permite que las modificaciones en parámetros de pH, aw o humedad sean pequeñas. Esto también ha sido reportado por Ferreira et al. (2024) al usar bugambilia en polvo en jamón cocido donde los valores de composición apenas se vieron modificados por el colorante. Además del color, se hace necesario profundizar en los compuestos bioactivos presentes en la bugambilia como compuestos fenólicos que podrían además ejercer un efecto antioxidante y antimicrobiano, contribuyendo a la conservación y funcionalidad de los productos cárnicos.

4. Conclusiones

Se puede concluir que la bugambilia en polvo se puede emplear en la elaboración de emulsiones cárnicas como colorante vegetal brindando una tonalidad similar a las salchichas que contienen nitritos y colorantes comerciales, en especial la bugambilia secada por liofilización a concentración de 0.25 %. Los resultados podrían contribuir al desarrollo de alternativas sostenibles en la industria alimentaria. El uso de la bugambilia podría contribuir a reducir la oxidación por la presencia de compuestos antioxidantes ofreciendo beneficios a la salud del consumidor que buscan productos naturales y funcionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unidad Central de Laboratorios de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo el apoyo para la realización de las mediciones de color.

Referencias

AOAC. (2003). *Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar humedad, fibra, cenizas, grasa y proteína*. Washington, U.S.A., Chapter 32: 1, 2, 5 y 14.

Bermúdez, R.; Rangel-Vargas, E.; Lorenzo, J.M.; Rodríguez, J.A.; Munekata, P.E.S.; Teixeira, A.; Pateiro, M.; Romero, L.; Santos, E.M. Effect of Partial Meat Replacement by Hibiscus sabdariffa By-Product and Pleurotus djamor Powder on the Quality of Beef Patties. Foods 2023, 12, 391. https://doi.org/ 10.3390/foods12020391

Cohen, L. A., et al. (2017). Nitrite and the risk of cancer. *Journal of Food Science*, 82(3), 548-556.

Deda, M. S., Bloukas, J. G., & Fista, G. A. (2007). Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76(3), 501-508.

Feng, Y., et al. (2021). The impact of cooking temperature on nitrosamine formation in cured meats. *Journal of Food Science*, 86(7), 3018-3026.

Fennema, O. R. (1996). *Food Chemistry*. New York: Marcel Dekker.

Ferreira, T.A.; Rodriguez, J.A.; Sánchez-Ortega, I.; Lorenzo, J.M.;Santos, E.M. (2024). Antioxidant Activity of *Bougainvillea spectabilis* Bracts as an Alternative to Nitrites in Cooked Pork Ham. Foods 2024, 13, 3070. https://doi.org/10.3390/foods13193070

Gameros-Colin, M., Monroy-García, A. P., Morales-Sánchez, Y., Alanís-García, E., & Ramírez-Moreno, E. (2017). El consumo de carne procesada y su impacto en la dieta. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 6(11).

García, E. M. H., de la Cruz, J. U. G., de la Cruz Leyva, M. C., Sánchez, C. D. C. P., Ceferino, J. G., Muñoz, I. Y. R., & Mendoza, T. D. (2018). Hibiscus sabdariffa L. en un embutido cárnico y su efecto en las características fisicoquímicas, nutritivas, microbiológicas, y aceptación sensorial. *Nacameh*, 12(2), 15-29.

García-Lomillo, J., González-SanJosé, M. L., Del Pino-García, R., Ortega-Heras, M., & Muñiz-Rodríguez, P. (2017). Efecto antioxidante de los condimentos derivados del orujo de vino sobre la oxidación de lípidos en hamburguesas de carne de res refrigeradas y congeladas. *LWT*, 77, 85-91.

Girón, J. M., Martínez, J. A., Hurtado, L. G., Cuaran, J. D., & Ocampo, Y. A. (2016). Pigmentos vegetales y compuestos naturales aplicados en productos cárnicos como colorantes y/o antioxidantes: Revisión. *Inventum*, 11(21), 51-62.

Hernández-Ledesma, P. (2020). Bugambilias: muchos colores en pocas especies. *Elementos*, 120, 43-46.

Hodgkins, C. E., McCarthy, S. N., & O'Neill, E. E. (2016). The effects of nitrite and nitrate on color and safety in cured meats. *Meat Science*, 122, 128-138.

Huang, Y., et al. (2020). pH and nitrite concentration influence nitrosamine formation in meat products. *Food Control*, 112, 107086.

Karwowska, M., Kononiuk, A., & Wójciak, K. M. (2019). Impact of sodium nitrite reduction on lipid oxidation and antioxidant properties of cooked meat products. *Antioxidants*, *9*(1), 9.

Montiel-Flores, E., López-Malo, A., & Bárcenas-Pozos, M. E. (2013). Vegetales como fuentes de nitritos: una alternativa para el curado de carnes. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 57-67.

NOM-122-SSA1-1994. (1994). Bienes y servicios. Productos de la carne. Productos cárnicos y curados y cocidos, y curados emulsionados y cocidos. Secretaría de Salud, México.

NOM-213-SSA1-2018. (2018). Productos y servicios. Productos cárnicos procesados y los establecimientos dedicados a su proceso. Secretaría de Salud, México.

Rodríguez-Daza, M. C., Restrepo-Molina, D. A., & Arias-Zabala, M. E. (2019). Obtaining nitrite from vegetable sources by fermentative process using nitrate-reducing bacteria Staphylococcus carnosus and S. xylosus. *Dyna*, 86(210), 254-261.

Sánchez, J. E. G., Orozco-Villafuerte, J., González, L. B., Ramírez, J. Á., & Jaimes, C. H. (2024). Effect of temperature on the stability of *Cosmos bippinatu*s pigments encapsulated by freeze-drying. *Biotecnia*, *26*, 432-442.

Segurondo Loza, R., Lina Trigo, O. M., & Céspedes Valeros, L. (2020). Vigilancia de nitritos y nitratos presentes en salchichas expendidas en los mercados: Rodríguez y Villa Fátima de la ciudad de La Paz. *Revista CON-CIENCIA*, 8(1), 67-78.

Tabar, A. I., Acero, S., Arregui, C., Urdánoz, M., & Quirce, S. (2003). Asma y alergia por el colorante carmín. In *Anales del Sistema Sanitariode Navarra (Vol. 26, pp. 65-73). Gobierno de Navarra. Departamento de Salud.*

Vázquez, E. J., Simental, S. S., Tenorio, R. G., & Martínez, M. A. (2023). Uso de extracto acuoso de buganvilia (Bougainvillea spectabilis) en la elaboración de jamón de carne de conejo. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8(1), 400-407.

Zhang, Z ., & Dufour J. (2018). Formation of nitrosamines in cured meats: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(1), 83-102.