DOI: 10.53287/ykyu8326ds89e

Artículo Original

NUGGETS DE POLLO (*Gallus gallus domesticus*) ENRIQUECIDOS CON POLVO DE CÁSCARA DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

Chicken nuggets (*Gallus gallus domesticus*) enriched with pitahaya shell powder (*Hylocereus undatus*)

José Patricio Muñoz-Murillo[1], Jordan Javier García-Mendoza[2], Jessenia Nayely Ramírez-Cedeño[3], Melany Dayana Moreira-Sabando[4]

RESUMEN

Los residuos agroindustriales de la industria frutícola al no darles valor agregado, generan problemas de contaminación ambiental y socioeconómicos para los agricultores, no obstante, son fuentes de fibra y antioxidantes. En este estudio el objetivo fue evaluar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y perfil sensorial en nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya. Se trabajó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial. Se formularon cuatro tratamientos incluyendo una formulación control. El factor en estudio correspondió a las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya (pcp) al 4, 7 y 10 % respectivamente. Se trabajó con la prueba LSD de Fisher y Kruskal Wallis al 0.05 % de significancia. En los nuggets de pollo se determinó que los parámetros de antioxidantes, fenoles totales, pH, luminosidad, coordenadas a y b, dureza, adhesividad, cohesividad, fuerza adhesiva, gomosidad, elasticidad y masticabilidad presentaron diferencias significativas ($p < 0.05\%$). El contenido de antocianinas fue mayor en las formulaciones de nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya. A nivel sensorial el atributo de respuesta sabor presentó significancia estadística ($p < 0.05\%$), mientras que, olor, color, textura y consistencia fueron no significativos ($p > 0.05$ %). La formulación T3 (10 % pcp) presentó mejores propiedades en antocianinas (++); actividad antioxidante DPPH y ABTS 4.33 ± 0.16 - 3.66 ± 0.16 µmol Trolox y fenoles totales 10.82 ± 0.15 mg Ácido Gálico. Todos los tratamientos en estudio fueron microbiologicamente aceptables, en cuanto al tratamiento con mayor aceptación por parte de los catadores no entrenados fue el T0. El polvo de cáscara de pitahaya por su valioso aporte de compuestos bioactivos puede ser considerado como posible aditivo natural en la formulación de nuggets de pollo.

Palabras clave: antocianinas, cáscara, *Hylocereus undatus*, pollo, polvo, sensorial, textura.

ABSTRACT

Agroindustrial waste from the fruit industry, without added value, generates environmental pollution and socioeconomic problems for farmers; however, it is a source of fiber and antioxidants. In this study, the objective was to evaluate the physicochemical and functional properties and sensory profile of chicken nuggets enriched with pitahaya shell powder. A completely randomized design with a factorial arrangement was used. Four treatments were formulated, including a control formulation. The factor under study corresponded to the concentrations of pitahaya shell powder (PCP) at 4, 7 and 10 % respectively. The Fisher and Kruskal Wallis LSD tests were used at 0.05 % significance. In chicken nuggets, it was determined that the parameters of antioxidants, total phenols, pH, luminosity, a and b coordinates, hardness, adhesiveness, cohesiveness, adhesive force, gumminess, elasticity and chewiness presented significant differences ($p < 0.05$ %). The anthocyanin content was higher in chicken nuggets formulations with pitahaya shell powder. At the sensory level, the response attribute flavor presented statistical significance ($p < 0.05$ %), while odor, color, texture and consistency were not significant ($p > 0.05$ %). Formulation T3 (10 % pcp) presented better properties in anthocyanins (++); antioxidant activity DPPH and ABTS 4.33 ± 0.16 - 3.66 ± 0.16 µmol Trolox and total phenols 10.82 ± 0.15 mg Gallic Acid. All the treatments under study were microbiologically acceptable, as for the treatment with the highest acceptance by untrained tasters was T0. Pitahaya shell powder due to its valuable contribution of bioactive compounds can be considered as a possible natural additive in the formulation of chicken nuggets.

Keywords: anthocyanins, shell, *Hylocereus undatus*, chicken, powder, sensory, texture.

[1] Docente Investigador, Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9161-685X. jose.munoz@utm.edu.ec

[2] ✉ Investigador Agroindustrial Externo, Grupo de Investigación "Industrialización de Productos y Subproductos Agroindustriales", Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1204-580X. jgarcia4408@utm.edu.ec

[3] Investigadora Agroindustrial Independiente, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. jramirez2392@utm.edu.ec

[4] Investigadora Agroindustrial Independiente, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador. nmoreira1851@utm.edu.ec

INTRODUCCIÓN

La disminución del tiempo destinado a la preparación y consumo de alimentos ha llevado al consumo de productos ya preparados o semi-listos, entre los cuales destacan los nuggets de pollo (*Gallus gallus domesticus*), este producto goza de una gran aceptación en la población de forma general, su preparación se basa en piezas de carne de pechuga sólidas, troceadas en forma de triángulo, empanizadas y sometidas al freído (Ayman et al., 2020). No obstante, del proceso original se han derivado otras formas de elaboración y la creciente demanda ha provocado la necesidad continua de emplear nuevas materias primas y usar tecnologías que permitan mejorar su aspecto, su valor nutrimental y su rendimiento sin afectar a otros componentes (Muñoz et al., 2023).

La formulación y desarrollo de productos de rápida preparación como los nuggets de pollo, se encuentra en constante innovación, recientes estudios han demostrado que al agregar harina de cáscara de piña los niveles de carotenoides aumentan en este tipo de productos cárnicos (Silva et al., 2022), el extracto de cáscara de pitahaya (*Hylocereus polyrizus*) al 50 % resultó una concentración adecuada como conservante natural (Lubis et al., 2020), el polvo de cáscara de pitahaya al 3.0 % logró mejorar los niveles de antioxidantes y oxidación lipídica en nuggets de pollo (Madane et al., 2020), la harina de cáscara de granada proporcionó un mejoramiento en la calidad y propiedades nutricionales de los nuggets (Sadaf et al., 2022). En efecto, los residuos frutícolas han demostrado un mejoramiento en el producto avícola, sin embargo, existe escasa información sobre el aprovechamiento de la cáscara de pitahaya en este tipo de alimento.

La pitahaya comúnmente conocida como “fruta del dragón”, es una fruta nativa de regiones tropicales de América, perteneciente a la familia de los cactus trepadores. El fruto tiene pulpa blanca con numerosas pequeñas semillas negras y una variedad de compuestos bioactivos entre ellos, fenoles y antioxidantes (López et al., 2023). Es un cultivo de gran importancia en Ecuador, su producción se centra en varias provincias del país entre ellas Manabí con una zona de cultivo de aproximadamente 225 hectáreas y una exportación de 356.34 toneladas (Grandole y Acuría, 2022). No obstante, su consumo es mayor en fruta fresca; además, también se consume en helados, jugos, mermeladas y vinos, mientras que, la parte no comestible de la fruta como la cáscara que representa el 45 % del peso de la materia prima, particularmente se desecha o se utiliza como forraje (Flores y García 2016; Cervantes et al., 2017).

La cáscara de pitahaya es uno de los residuos de la industria frutícola con mayor volumen en desperdicio, se estima que 1 hectárea de plantaciones de pitahaya puede producir 50 toneladas de pitahaya fresca y la misma plantación podría tener hasta 11 toneladas de cáscaras de pitahaya (calculada como el 22 % de las 50 toneladas de pitaya fresca) (Taharuddin et al., 2023), además, de acuerdo a la tasa de producción de cada país por año se puede producir hasta 82.000 toneladas de cáscara de pitahaya, lo cual, puede generar una serie de problemas especialmente de contaminación, por el mal olor que se genera cuando se empiezan a descomponer las cáscaras, por lo tanto, es importante comprender la estrategia adecuada para transformar los residuos de cáscaras de pitahaya en mejores productos que permitan mitigar esta problemática de contaminación ambiental (Asep et al., 2020).

Este residuo (cáscara de pitahaya) es rico en nutrientes y sustancias bioactivas (Chi et al., 2024). Entre las sustancias de alto valor biológico que podrían aplicarse en la industria alimentaria, se encuentran los antioxidantes y fenoles totales (Jiang et al., 2023), además, se ha informado que las cáscaras secas de pitahaya son una rica fuente de pectina y fibra dietética (60 % - 80 %), también pueden proporcionar fitoquímicos como las betacianinas (Jiang et al., 2021), compuestos como el licopeno, polifenoles, así como también, se ha demostrado que poseen actividades antibacterianas, anticancerígenas y antioxidantes naturales, una forma de aprovechar este residuo para consumo humano, es mediante su transformación agroindustrial en polvo/harina (Xin et al., 2022).

De acuerdo con el estudio de Jalgaonkar et al. (2022) el polvo de cáscara de fruta pitahaya puede considerarse como un alimento elevado en fibra dietética total, además, por ser rica en compuestos bioactivos se puede utilizar como ingrediente funcional en diferentes alimentos y bebidas. Bajo este contexto, se crea la necesidad de generar valor agregado a subproductos como la cáscara de pitahaya y mejorar la formulación de nuggets de pollo para potenciar sus propiedades nutricionales, lo cual permitirá brindar un producto más saludable para los consumidores, por lo tanto, este estudio se planteó evaluar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y perfil sensorial en nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación propuesta se desarrolló en el laboratorio de procesos agroindustriales de la Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, Chone, Ecuador. Geográficamente está ubicada en el km 2½ vía Boyacá, sitio Ánima, a 0°41′ y 17″ de latitud Sur y 80° 7′ 25.60″ de longitud Oeste.

Los productos experimentales se desarrollaron en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí. La cáscara de pitahaya roja se procesó en el área de frutas/hortalizas, mientras que, los nuggets de pollo se procesaron en el área de cárnicos.

Los análisis fisicoquímicos, funcionales y microbiológicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Bioquímica, Bromatología y Microbiología de la Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí, extensión Chone. El perfil de textura se efectuó en el laboratorio de Investigación de Alimentos de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta - Ecuador.

Materiales

Para el desarrollo de la experimentación se utilizó como material experimental cáscara de pitahaya roja. La fruta se obtuvo en la Finca Chirita S.A ubicada en la vía San Vicente, Sitio Buen-Viento provincia de Manabí. La carne de pollo junto con los demás insumos requeridos para el desarrollo del producto experimental se obtuvo del supermercado local Akí del Cantón Chone, provincia de Manabí.

Metodología

Diseño experimental

Se manejó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, se formularon 4 tratamientos incluido el control con tres réplicas por cada formulación experimental, obteniendo un total de 12 unidades experimentales. El factor en estudio A, correspondió a las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya (pcp). En la Tabla 1 se detallan los tratamientos en estudio propuestos en el diseño experimental.

Tabla 1. Tratamientos en estudio.

Tratamientos	Símbolo	Factor A: % polvo de cáscara de pitahaya	Réplicas
Control	T_0	0.0	3
1	T_1	4.0	3
2	T_2	7.0	3
3	T_3	10.0	3

Unidad experimental

Se estableció 1.200 g de masa cárnica como unidad experimental. Las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya se obtuvieron en relación a la unidad experimental (Tabla 2).

Tabla 2. Formulación nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya.

Materias primas/insumos	T0		T1		T2		T3	
	%	g	%	g	%	g	%	g
Polvo de cáscara de pitahaya	0.0	0.0	4.0	48.0	7.0	84.0	10.0	120.0
Carne de pollo	70.0	840.0	66.0	792.0	63.0	756.0	60.0	720.0
Huevo	5.0	60.0	5.0	60.0	5.0	60.0	5.0	60.0
Sal	1.5	18.0	1.5	18.0	1.5	18.0	1.5	18.0
Ajo en polvo	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0
Comino	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0
Pimienta	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0	0.5	6.0
Agua	20.0	240.0	20.0	240.0	20.0	240.0	20.0	240.0
Pan rallado	2.0	24.0	2.0	24.0	2.0	24.0	2.0	24.0
Total	100.0	1200.0	100.0	1200.0	100.0	1200.0	100.0	1200.0

Procedimiento experimental

Polvo de cáscara de pitahaya: para la obtención del material experimental se tomó como referencia la metodología propuesta por Muñoz et al. (2024).

Nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya: se receptaron pechugas de pollo en buenas condiciones de calidad (sin presencia de hematomas, daños mecánicos, textura suave, color blanco). Posteriormente la carne de pollo se lavó con agua

potable con el fin de eliminar residuos de sangre, seguido se troceó en piezas pequeñas (5 cm de ancho por 7 cm de largo aproximadamente), luego se realizó la molienda de la carne en un molino industrial (marca TC22 con discos 7 mm) mediante el cual se obtuvieron fragmentos de 5/10 cm de carne de pollo.

La carne molida de pechugas de pollo se sazonó mediante la combinación de pimienta, ajo en polvo y comino, realizada la mezcla cárnica con los condimentos, se dejó marinar por 30 minutos. Luego se continuó con un amasado, para este proceso se añadió agua y se amasó durante tres minutos hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente la masa cárnica se llevó a refrigeración (temperatura de 8 °C) por un tiempo de reposo de 30 minutos, este proceso favorece la integración de sabores en la masa cárnica, y a su vez, permite que la masa adquiera firmeza necesaria para el moldeo y formación de los nuggets de pollo.

Se continuó con el moldeo de los nuggets de pollo en porciones uniformes de 5 cm de diámetro. Seguido, de acuerdo a cada formulación establecida en la Tabla 2 se procedió a espolvorear los nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya roja, en este proceso los productos experimentales deben quedar con toda la superficie externa cubierta por el material experimental pcp. Luego los nuggets se sumergieron en una mezcla de huevos batidos y posteriormente se cubrieron con pan rallado, en esta operación es recomendable asegurarse que el producto quede completamente cubierto para garantizar una capa uniforme que genere un producto crujiente luego de la cocción.

Los nuggets de pollo empanizados se colocaron en bandejas de acero inoxidable para su posterior congelamiento a temperatura de -18 °C por 24 horas. Posteriormente, los productos experimentales fueron empacados en bolsas de polietileno, las cuales fueron selladas al vacío para garantizar su calidad durante el almacenamiento. El almacenado de los nuggets de pollo congelados y empaquetados se realizó en cámaras frigoríficas a temperatura fija de -18 °C.

Análisis de laboratorio

*Parámetros fisicoquímicos, funcionales y microbiológicos en polvo de cáscara de pitahaya: s*e tomó como referencia la norma NTE INEN 616:2015. Se evaluaron los siguientes análisis: proteína (NTE INEN-ISO 20483), ceniza (NTE INEN-ISO 2171), humedad (NTE INEN-ISO 712), materia seca (NTE INEN-ISO 712), grasa (AOAC 2003.06), fibra bruta (AOAC 962.09), carbohidratos (cálculo proximal), energía (cálculo proximal), tamaño de partícula (NTE INEN 517:2012) y análisis de color por medio del método instrumental de colorimetría. Se determinó el contenido de actividad antioxidante (ABTS*) y (DPPH) mediante el método de ensayo espectrofotométrico. La calidad microbiológica se determinó mediante pruebas de *E. coli* (ISO 16649-1:2019), mohos y levaduras (NTE INEN 1529-10).

Parámetros fisicoquímicos, colorimetría, funcionales y microbiológicos en nuggets de pollo: el pH se analizó mediante el método de ensayo potenciómetro. El análisis de color se efectuó mediante el método instrumental colorímetro CR-400 Konica Minolta, previamente calibrado. Se evaluaron parámetros como L* (luminosidad) a* (saturación) y b* (tono).

En los nuggets de pollo se analizó el perfil antioxidante por medio del método de ensayo espectrofotométrico ABTS (Re et al., 1999) y DPPH (Haddouchi et al., 2014), fenoles totales (Sultana et al., 2009) mediante el método de ensayo espectrofotométrico Folin-Ciocalteu y antocianinas (Guimarães et al., 2012) según el método de ensayo cualitativo ácido/base.

Para garantizar la calidad microbiológica en el producto experimental se analizaron los siguientes microorganismos patógenos en base a lo establecido en la norma referencial NTE INEN 1338 (2016) para productos cárnicos: aerobios mesófilos (NTE INEN 1529-5), *E. coli* (AOAC 991.14) y Salmonella (NTE INEN 1529-15).

Perfil de textura en nuggets de pollo: el análisis instrumental de perfil de textura se realizó por medio de un Texturómetro Shimadzu Universal Tester EZTest EZ-LX el cual se aplicó en todas las formulaciones experimentales. Las variables analizadas fueron: dureza (N); adhesividad (N); cohesividad; gomosidad (N), elasticidad y masticabilidad (N).

Análisis de aceptabilidad sensorial en nuggets de pollo

Para el análisis sensorial de los nuggets de pollo se contó con la participación de 70 jueces no entrenados, a los cuales se les facilitó muestras codificadas y en orden aleatorio más un vaso con agua. Los catadores mediante un test hedónico con escala de cinco puntos (1 la aceptación más baja y 5 la aceptación más alta) analizaron en términos de calidad los atributos; sabor, olor, color, textura y consistencia. La evaluación del

producto experimental se desarrolló en el laboratorio de análisis sensorial de alimentos de la Facultad de Agrociencias.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se trabajó con el software estadístico InfoStat versión libre 2020.

Análisis de Varianza: determinó la significancia estadística entre los tratamientos en estudio, al 5 % de significancia y 95 % de confianza.

Prueba de LSD de Fisher: determinó la magnitud de diferencia entre el tratamiento control frente a los tratamientos con factor en estudio.

Prueba de contraste Kruskal Wallis: estadística no paramétrica que se aplicó a los datos de perfil sensorial con un nivel de confianza de 95 % y significancia del 5 %.

Los datos se presentaron en media $\bar{X}$ ± desviación estándar D.E.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Polvo de cáscara de pitahaya

Parámetros fisicoquímicos y funcionales

En la Tabla 3 se muestra la composición proximal fisicoquímica y funcional de la muestra en polvo de cáscara de pitahaya.

Tabla 3. Resultados fisicoquímicos y funcionales del polvo de cáscara de pitahaya.

Parámetros fisicoquímicos y funcionales	Resultados
Proteína	4.72 %
Ceniza	7.53 %
Humedad	16.39 %
Grasa	0.11 %
Fibra bruta	18.15 %
Carbohidratos	41.80 %
Energía	4.72 %
Materia seca	92.46 %
Tamaño de partícula	354 µ
Luminosidad (L*)	68.61
Saturación (a*)	23.54
Tono (b*)	-0.93
Antioxidantes DPPH	1.4166 µmol g^{-1} de muestra en polvo
Antioxidantes ABTS*	3.2676 µmol g^{-1} de muestra en polvo

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 3, el polvo de cáscara de pitahaya presentó un contenido en proteínas de 4.72 %, valor cercano al reportado por Subhash et al. (2020) de 6.89 ± 0.02 % para polvos de cáscara de pitahaya. Los resultados expuestos en este estudio se encuentran por debajo del límite exigido en la norma de referencia NTE INEN 616 (2015) para harina de trigo. Esto se debe, a que los vegetales y frutas, así como sus subproductos (cáscaras, orujos, semillas) poseen un porcentaje de proteínas inferior al de los cereales, tal como se demostró en la investigación de Espinoza et al. (2018) quienes determinaron un contenido de 12 % en harina de trigo y 11.9 % en harina de quinua, valores superiores a los expuestos en este estudio.

El contenido de ceniza para el polvo de cáscara de pitahaya roja fue de 7.53 %, de acuerdo con Cosme et al. (2023) las cáscaras de pitahaya pueden contener niveles más altos de ceniza, lo que sugiere la capacidad de proporcionar más minerales en su composición. Torres (2023) determinó diferentes valores en cenizas para dos tipos de harina de cáscara de pitahaya *H. polyrhizus* y *H. costaricensis* (17.56 ± 0.29 - 19.23 ± 0.87 g 100 g^{-1} MS). El valor expuesto en este estudio se encuentra por encima del límite establecido en la normativa de referencia NTE INEN 616 (2015) la cual indica un máximo de 3.5 % de cenizas para harina de trigo.

Respecto a la humedad en el polvo de cáscara de pitahaya roja su contenido fue de 16.39 %. La humedad superó el máximo permitido por la norma NTE INEN 616 (2015) de 15 % de humedad para harina de trigo. Otros estudios como el de Muñoz et al. (2024) obtuvieron una humedad de 9.89 % en polvo de cáscara de pitahaya variedad *Hylocereus undatus*. Es recomendable una humedad inferior al 15 % para asegurar la vida útil del producto y evitar una posible proliferación de microorganismos patógenos como la presencia de mohos.

El contenido graso en el polvo de cáscara de pitahaya fue de 0.11 % valor que estuvo dentro del límite exigido por la normativa ecuatoriana (3 % grasa) NTE INEN 616 (2015). De acuerdo con Muñoz et al. (2024) los subproductos de cáscaras de pitahaya roja (polvos) presentan en su composición cantidades inferiores de grasa (1.13 %), lo cual, las hace atractivas para una alimentación saludable. Cacatian y Guittap (2018) mencionan que los polvos de cáscaras de pitahaya por su bajo aporte de grasa (1.28 %) podrían ayudar a disminuir problemas cardíacos en pacientes con enfermedad crónica.

El polvo de cáscara de pitahaya presentó un valor en fibra bruta de 18.15 %, esto se debe, a que los subproductos son una rica fuente de fibra dietética de importancia para alimentación, ya que ayudan a mejorar el sistema digestivo favoreciendo la salud del consumidor, además, un alimento con gran contenido en fibra también puede ayudar a disminuir riesgos de diabetes y sobrepeso. Estudios como el de Shafira et al. (2021) han demostrado que al obtener polvos de cáscara de pitahaya roja bajo diferentes temperaturas de deshidratación (50 °C, 60 °C y 70 °C) el subproducto puede presentar hasta un 28.58 ± 0.18 % - 27.99 ± 0.43 % y 27.81 ± 0.16 % de fibra cruda. Subhash et al. (2020) establecieron un porcentaje en fibra cruda de 15.7 ± 0.06 % para polvos de cáscara de pitahaya, valor inferior al reportado en este estudio.

Los carbohidratos y energía para el polvo de cáscara de pitahaya presentaron un valor de 41.80 % y 4.72 %, aquellos resultados se encuentran inferiores a los expuestos por Torres (2023) quien determinó un valor de 73.38 ± 0.76 g 100 g^{-1} MS para carbohidratos en harina de cáscara de pitahaya *H. costaricensis* y 30.8 kcal 100 g^{-1} MS de energía en harina de cáscara de pitahaya *H. monacanthus*, estos parámetros de calidad fisicoquímica varían según el tipo de especie y condiciones de cultivo de la fruta de pitahaya.

La materia seca comprendió un valor de 92.46 %, resultado cercano al presentado por Muñoz et al. (2024) de 90.10 % en materia seca para polvo de cáscara de pitahaya. Respecto al tamaño de partículas en la harina de cáscara de pitahaya roja se presentó un valor de 354 µ valor que se encuentra dentro de lo estipulado en la normativa NTE INEN 517 (2012).

De acuerdo a los valores obtenidos en la Tabla 3 para los parámetros fisicoquímicos del análisis de colorimetría instrumental, las coordenadas L*, a* y b* presentaron resultados de 68.61; 23.54 y -0.93 lo cual indicó que el polvo de cáscara de pitahaya roja manifestó una luminosidad más oscura, esto se debió probablemente al oscurecimiento que se genera en las cáscaras durante el secado producto de la reacción de Maillard, en cuanto a la saturación y tono estos presentaron una degradación de los colores rojo y amarillo. Los resultados expuestos en esta investigación se encuentran similares a los reportados por Chia y Chong (2015) quienes obtuvieron valores de L: 37.32 ± 0.27; a: 13.56 ± 0.23 y b: 0.97 ± 0.09 en polvo cáscara de pitahaya.

Los resultados de análisis funcional de polvo de cáscara de pitahaya roja demostraron un contenido de actividad antioxidante para DPPH de 1.4166 µmol g^{-1} de muestra en polvo y ABTS de 3.2676 µmol g^{-1} de muestra en polvo. Thaiudom et al. (2020) determinaron una actividad antioxidante de 11.44 ± 0.98 mg GAE 100 ml^{-1} (DPPH) y 5.87 ± 0.75 mg GAE 100 ml^{-1} (ABTS) en colorante en polvo de cáscara de pitahaya roja. De acuerdo con Jalgaonkar et al. (2022) las cáscaras de pitahaya son una rica fuente de compuestos funcionales entre ellos los fenoles, los cuales se encuentran presente hasta en un 28.16 - 36.12 mg 100 g^{-1}, este subproducto puede ser considerado como posible alternativa saludable en la formulación de alimentos de consumo humano.

Parámetros microbiológicos

El conteo de microorganismos *E. coli*, mohos y levaduras evaluados en el polvo de cáscara de pitahaya se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados microbiológicos en polvo de cáscara de pitahaya.

Microorganismos	Resultados
E. coli	Ausencia UFC g^{-1}
Mohos y levaduras	4.55×10^1 UFC g^{-1}

El polvo de cáscara de pitahaya roja presentó ausencia de *E. coli*, mientras que, el contenido de mohos y levaduras fue de 4.55 x 10^1 UFC g^{-1}. De acuerdo a la norma NTE INEN 616 (2015) las harinas deben presentar un máximo de 1 x 10^3 UFC g^{-1} en mohos y levaduras, por otra parte, para *E coli* se establece una cantidad < 10 UFC g^{-1} como límite de aceptación. En este estudio, los micoorganismos *E. coli*, mohos y levaduras, se encuentran dentro del límite exigido por la normativa de referencia, lo cual permitió garantizar un material experimental inocuo para el desarrollo de la investigación. Muñoz et al. (2024) en su estudio lograron obtener calidad microbiológica en polvo de cáscara de pitahaya. La inocuidad durante el proceso de elaboración de subproductos agroindustriales es importante para garantizar un producto inocuo al consumidor.

Nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya

Perfil fisicoquímico y funcional

En la Tabla 5 se detalla el análisis de varianza aplicado a las variables de perfil fisicoquímico y funcional en

nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya roja, se determinó que todos los parámetros fisicoquímicos y funcionales presentaron significancia estadística ($p < 0.05$ %). Los resultados de antocianinas se interpretaron en base a la siguiente valoración: - = nulo; + = moderado; ++ = notable y +++ = viraje total. Seguido de la Tabla 5 se describe, para cada variable, la comparación de promedios según la prueba de comparación múltiple LSD de Fisher.

Tabla 5. Resultados fisicoquímicos y funcionales en nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya.

Parámetros fisicoquímicos y funcionales	Tratamientos				Sig. LSD	Coeficiente de variación
	T0	T1	T2	T3		
pH	5.83 ± 0.04 ^{A}	5.49 ± 0.04 ^{A}	5.50 ± 0.04 ^{A}	5.54 ± 0.04 ^{B}	0.0017	1.36
L*	58.38 ± 0.85 ^{A}	42.46 ± 0.85 ^{B}	41.83 ± 0.85 ^{B}	40.86 ± 0.85 ^{B}	0.0001	3.22
a*	4.32 ± 0.63 ^{A}	20.90 ± 0.63 ^{B}	22.45 ± 0.63 ^{B}	22.46 ± 0.63 ^{B}	0.0001	6.18
b*	11.84 ± 0.36 ^{A}	2.71 ± 0.36 ^{B}	2.03 ± 0.36 ^{B}	1.92 ± 0.36 ^{B}	0.0001	13.62
A.A – DPPH µmol Trolox	1.39 ± 0.16 ^{A}	3.06 ± 0.16 ^{B}	3.83 ± 0.16 ^{C}	4.33 ± 0.16 ^{C}	0.0001	8.77
A.A – ABTS µmol Trolox	1.44 ± 0.16 ^{A}	2.88 ± 0.16 ^{B}	2.67 ± 0.16 ^{B}	3.66 ± 0.16 ^{C}	0.0001	10.68
F.T mg Ácido Gálico	4.53 ± 0.15 ^{A}	8.31 ± 0.15 ^{B}	9.73 ± 0.15 ^{C}	10.82 ± 0.15 ^{D}	0.0001	3.19
Antocianinas	-	+	+	++	------	------

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). A.A: Actividad antioxidante. F.T: Fenoles totales.

pH

La prueba de comparación de promedios LSD de Fisher estableció que el tratamiento T0 frente al T1 y T2 no presentaron significancia estadística entre sí, no obstante, el tratamiento T3 sí presentó diferencias significativas frente a los demás tratamientos en estudio. El tratamiento experimental que presentó mayor nivel de pH fue el T0 con 5.83 ± 0.04, mientras que, la formulación con menor contenido de pH fue el tratamiento T1 con 5.49 ± 0.04, lo cual indica que, a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya se generó un ligero aumento de pH, siendo el valor de 5.50 ± 0.04 en el tratamiento T2 y de 5.54 ± 0.04 para el tratamiento T3. Aquello se pudo deber por el pH ácido de la cáscara de pitahaya, el cual se encuentra en un rango de 5.06 ± 0.01 - 5.13 ± 0.02 (Dos Santos et al., 2017).

Madane et al. (2020) demostraron una disminución de pH en nuggets de pollo con harina de cáscara de pitahaya roja en fórmula al 1.5 % y 3.0 % cuyos resultados se encontraron entre 6.31 ± 0.01 y 6.18 ± 0.01 para el producto cárnico. Lubis et al. (2020) reportaron que al añadir extracto de cáscara de fruta del dragón rojo (*Hylocereus polyrhizus*) en nuggets de pollo los niveles de pH pueden variar entre 4.88 a 5.35, resultados cercanos a los expuestos en esta investigación.

Colorimetría CIELab

La prueba de comparación de promedios LSD de Fisher determinó para los parámetros L*, a* y b* que los tratamientos T1, T2 y T3 no presentaron significancia estadística entre sí, no obstante, el tratamiento T0 sí presentó significancia estadística frente a los tratamientos T1, T2 y T3. En este estudio se pudo corroborar que, los valores de L* (luminosidad) disminuyeron a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya en fórmula. En cuanto a la coordenada a* (saturación) sus valores aumentaron, siendo el T3 el tratamiento con mayor saturación de 22.46 ± 0.63. Mientras que, para la coordenada b* entre mayor cantidad de polvo de cáscara de pitahaya en fórmula, menor será la tonalidad de los nuggets de pollo, siendo el T3 el tratamiento con menor valor (1.92 ± 0.36).

De acuerdo a la escala CIELab la formulación de nuggets de pollo que presentó mejor L* fue el T0 con 58.38 ± 0.85, en cuanto a saturación (a*) y tono (b*) el tratamiento T3 fue considerado el mejor a nivel de color rojizo ligeramente amarillo por la concentración del 10 % de polvo de cáscara de pitahaya. Rahman et al. (2024) determinaron valores en L* 55.73 ± 0.36; a* 5.10 ± 0.27 y b* de 21.10 ± 1.77 para nuggets de pollo con setas de hongos Phoenix. Al contrario, Yeater et al. (2017) obtuvieron valores de L* 76.04; a* 0.42 y b* de 19.17 en nuggets de pollo con harina de soya texturizada. Teruel et al. (2015) presentaron una L* de 67.69 ± 1.85; a* -0.59 ± 0.34 y b* de 12.23 ± 6.88 en nuggets de pollo con extracto de romero. El color los nuggets puede variar entorno a los pigmentos naturales que se encuentren en las materias primas, los cuales pueden incidir en la colorimetría del producto cárnico.

Actividad antioxidante DPPH y ABTS

La prueba de Fisher determinó que en la variable de actividad antioxidante DPPH, el tratamiento T0 presentó significancia estadística frente al tratamiento

T1, T2 y T3, de igual forma, el tratamiento T3 fue significativamente diferente frente a los demás tratamientos. En cuanto al parámetro ABTS el tratamiento T1 y T2 no fueron estadísticamente diferentes entre sí, mientras que, el tratamiento T0 si fue significativamente diferente frente a los demás tratamientos (T1, T2 y T3).

De acuerdo a los resultados, para ambas variables de actividad antioxidante (DPPH y ABTS) el tratamiento T0 presentó un menor valor entre 1.39 ± 0.16 - 1.44 ± 0.16 µmol Trolox/ equivalente g, en cuanto a las formulaciones con mayor contenido de actividad antioxidante se encuentra el tratamiento T3 con 4.33 ± 0.16 - 3.66 ± 0.16 µmol Trolox/ equivalente g. Aquello permitió indicar que, a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya roja en fórmula, mejor será el aporte de propiedades funcionales en los nuggets de pollo.

Sadaf et al. (2022) demostraron que al añadir polvo de cáscara de granada en nuggets de pollo se puede obtener hasta un 61.92 ± 2.00 % de actividad antioxidante. Ratulangi et al. (2022) reportaron un contenido de actividad antioxidante entre 2398.30 - 3356.99 µg ml^{-1} en nuggets de pollo con harina de batata morada (camote), de acuerdo con el autor, los antioxidantes pueden detener la reacción en cadena de la formación de radicales libres en el cuerpo, que se cree, es la mente maestra detrás del envejecimiento prematuro y varias enfermedades acompañantes como el cáncer.

Fenoles totales

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 5 para la variable de fenoles totales, la prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher determinó que, el tratamiento T0 fue significativamente diferente frente al tratamiento T1, T2 y T3, por otra parte, el T3 presentó significancia estadística frente a los demás tratamientos en estudio. El tratamiento con menor contenido de fenoles totales fue el T0 con 4.53 ± 0.15 mg Ácido Gálico Equivalente/ g, por otra parte, se determinó que, a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya roja en la formulación de nuggets de pollo los niveles de fenoles totales aumentan significativamente, siendo el T3 (10 % pcp) el producto experimental con mayor valor de 10.82 ± 0.15 mg Ácido Gálico Equivalente/g.

Estudios como el de Madane et al. (2020) han demostrado que al añadir polvo de cáscara de pitahaya en nuggets de pollo la presencia de compuestos fenólicos es más notable, siendo uno de los principales componentes el ácido ferúlico. Al contrario, Kadakadiyavar et al. (2017) determinaron un contenido fenólico total entre 0.120 ± 0.002 – 0.161 ± 0.003 mg kg^{-1} en nuggets de pollo con harina de cáscara de mango, resultados inferiores al expuesto en este estudio. De acuerdo a la materia prima utilizada en la formulación de productos cárnicos como los nuggets de pollo, los niveles de fenoles totales pueden aumentar o disminuir, esto se debe a que las concentraciones de compuestos fenólicos presentes en los subproductos de la industria frutícola pueden variar entorno a la fruta, así como, varios factores incluidos la variedad, madurez, tipo de suelo, clima y métodos de procesamiento (entre los cuales se debe tomar en cuenta los tiempos y temperaturas durante la deshidratación de residuos agroindustriales, ya que pueden disminuir sus propiedades funcionales).

Antocianinas

Los resultados expuestos en la Tabla 5 demostraron que el tratamiento T0 presentó un valor de – (nulo) es decir, ausencia de antocianinas en la formulación control (0 % pcp). Por otra parte, el tratamiento T1 y T2 manifestaron un valor de + (moderado), lo cual indicó que concentraciones de 4 y 7 % de polvo de cáscara de pitahaya en fórmula generan una moderada presencia de antocianinas en el producto cárnico. No obstante, la formulación con 10 % polvo de cáscara de pitahaya roja (T3) fue el tratamiento con mejores resultados, presentando un contenido de ++ (notable) para los nuggets de pollo. El polvo de cáscara de pitahaya, aportó de manera significativa la presencia de antocianinas en los nuggets de pollo. Benavides y Zambrano (2023) determinaron un viraje total (+++) de antocianinas en carne de hamburguesa con 9 % de harina de cáscara de pitahaya. Resultados cercanos a los expuestos en esta investigación, aquello permitió corroborar que el subproducto de cáscara de pitahaya puede mejorar y enriquecer el perfil funcional de los alimentos cárnicos.

Perfil de textura

En la Tabla 6 se detalla el análisis de varianza paramétrico aplicado a las variables de respuesta del perfil de textura, se determinó que los parámetros, dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad, elasticidad y masticabilidad presentaron significancia estadística entre los tratamientos ($p < 0.05$). De acuerdo a los resultados de ANOVA se procedió a realizar la comparación de promedios según la prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher.

Tabla 6. Resultados de análisis de perfil de textura en nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya.

Perfil de textura	Tratamientos				Sig.
	T0	T1	T2	T3	LSD
Dureza (N)	2.26 ± 0.46 ^{A}	11.96 ± 0.46 ^{B}	13.67 ± 0.46 ^{C}	12.01 ± 0.46 ^{B}	0.0001
Adhesividad (N)	-2.03 ± 1.10 ^{A}	-0.01 ± 1.10 ^{B}	-0.01 ± 1.1 ^{B}	-0.01 ± 1.1 ^{B}	0.0004
Cohesividad	0.14 ± 0.04 ^{A}	0.33 ± 0.04 ^{B}	0.23 ± 0.04 ^{AB}	0.16 ± 0.04 ^{A}	0.0231
Gomosidad (N)	0.41 ± 0.29 ^{A}	3.90 ± 0.29 ^{C}	3.12 ± 0.29 ^{C}	1.84 ± 0.29 ^{B}	0.0001
Elasticidad	0.00 ± 0.03 ^{A}	0.44 ± 0.03 ^{BC}	0.50 ± 0.03 ^{C}	0.36 ± 0.03 ^{B}	0.0001
Masticabilidad (N)	0.00 ± 0.22 ^{A}	1.66 ± 0.22 ^{C}	1.42 ± 0.22 ^{BC}	0.73 ± 0.22 ^{B}	0.0026

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05).

Dureza

Para la variable dureza la prueba de comparación de promedios según LSD de Fisher logró determinar que, el tratamiento T0 presentó significancia estadística frente al tratamiento T1, T2 y T3, mientras que, el tratamiento T1 y T3 no fueron significativamente diferentes entre sí, sin embargo, el tratamiento T1 y T3 si presentaron diferencias significativas frente al tratamiento T2. El polvo de cáscara de pitahaya influyó de manera significativa en este parámetro de perfil de textura en los nuggets de pollo. El tratamiento con menor dureza fue el T0 con 2.26 ± 0.46 N, por otra parte, se logró establecer que, en los productos experimentales de nuggets de pollo, al añadir polvo de cáscara de pitahaya los niveles de dureza aumentaron entre un 11.96 ± 0.46 - 13.67 ± 0.46 N, aquello se pudo deber al contenido de fibra presente en la cáscara de pitahaya.

Shanthi y Kalaikannan (2014) en su estudio de nuggets de pollo con harina de avena obtuvieron valores en dureza entre 1383.80 ± 39.30 - 1507.28 ± 58.10 g, al contrario, Biswas et al. (2022) demostraron que al añadir polvo de cáscara de pitahaya al 1.0 % y 1.5 % en nuggets de pescado, los niveles en dureza (45.43 ± 0.46 - 45.97 ± 0.19 N/^{cm2}) fueron similares al control (45.29 ± 1.11 N/^{cm2}), aquello permitió corroborar que, concentraciones menores al 2 % de polvo de cáscara de pitahaya roja no generan un aumento significativo de dureza en el producto cárnico. De acuerdo a los resultados, en este estudio el tratamiento con una dureza más suave fue el tratamiento control.

Adhesividad

La prueba de comparación de múltiple de LSD de Fisher, determinó que el tratamiento T0 fue significativamente diferente frente a los tratamientos T1, T2 y T3, no obstante, los tratamientos T1, T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre así. De acuerdo a los resultados, el tratamiento con mayor adhesividad fue el tratamiento control T0 con -2.03 ± 1.1 N, por otra parte, se pudo apreciar que, las formulaciones con factor en estudio, presentaron una adhesividad igual de -0.01 ± 1.1 N.

En este estudio, el polvo de cáscara de pitahaya al 4, 7 y 10 %, en fórmula disminuyó la adhesividad de los nuggets de pollo. No obstante, todas las formulaciones presentaron resultados negativos, lo cual, según García et al. (2021) es favorable, ya que valores superiores pueden aumentar la adhesión del producto cárnico en el paladar del consumidor, así como un aumento de desgaste energético al retirarlo.

Rajkumar et al. (2019) también encontraron un valor de adhesividad negativo en nuggets de carne de cabra con 3 % harina de semilla de amaranto y 3 % harina de quinua cuyos resultados fueron entre -0.20 ± 0.06 y -0.07 ± 0.04, cercanos a los expuestos en esta invetigación. No obstante, Faloye et al. (2024) determinaron que al añadir almidón de maíz, batata, yuca y trigo la adhesividad en los nuggets de pollo pasa a ser positiva, siendo sus resultados de 0.25 ± 0.01; 0.26 ± 0.02; 0.26 ± 0.02 y 0.22 ± 0.01 Ns, es decir, en los nuggets la presencia de almidón aumentan ligeramente la adhesividad de los productos cárnicos.

Cohesividad

La prueba de comparación de promedios según LSD de Fisher estableció que el tratamiento T0 no presentó significancia estadística frente a los tratamientos T2 y T3, por otra parte, los tratamientos T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, sin embargo, el T1 si fue significativamente diferente frente al T0 y T3. El tratamiento con menor cohesividad fue la formulación T0 (0 % pcp) la cual presentó un valor de 0.14 ± 0.04. En cuanto a los tratamientos con factor en estudio, se pudo apreciar que, a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya, los niveles de cohesividad disminuyen, sin embargo, todas las formulaciones presentaron una cohesividad superior al control, siendo el T1 el tratamiento con mayor cohesividad 0.33 ± 0.04.

Pratap et al. (2019) determinaron una cohesión entre 0.33 ± 0.01 - 0.34 ± 0.01 en nuggets de pollo con polvo de flor de *Moringa oleífera* como fuente de fibra dietética y antioxidante. Otros estudios, como el de Verma et al. (2013) lograron obtener resultados en cohesividad de 0.29 ± 0.01 a 0.31 ± 0.01 en nuggets de carne ovina con 0.5 % y 1.0 % polvo de guayaba (*Psidium guajava* L.), valores cercanos a los expuestos en esta investigación.

Gomosidad

Los resultados de ANOVA paramétrico determinaron un p<0.05 % en la variable gomosidad. Se determinó por medio de la prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher que el tratamiento T0 presentó significancia estadística frente a los tratamientos T1, T2 y T3, por otra parte, el tratamiento T1 y T2 no fueron significativamente diferentes entre sí. De acuerdo a los valores de gomosidad en los nuggets de pollo, se logró establecer que, a medida que aumentan los niveles de polvo de cáscara de pitahaya en fórmula, menor será la gomosidad en el producto cárnico, lo cual indicó, que el factor en estudio, influyó sobre este parámetro de perfil de textura. El tratamiento con mayor gomosidad fue el T1 con 3.90 ± 0.29 N, en forma descendente se encuentra el T2 con 3.12 ± 0.29 N, seguido del T3 con 1.84 ± 0.29 N y en menor valor el T0 con 0.41 ± 0.29 N. Resultados similares reportaron Richa et al. (2020) registraron un valor en gomosidad de 0.952 ± 0.60; 0.930 ± 0.01 y 0.919 ± 0.01 N en nuggets de pollo con harina de arroz negro. Valores inferiores a los expuestos en este estudio.

Elasticidad

El análisis de varianza paramétrico determinó un p < 0.05 % para la variable de perfil de textura elasticidad. Se logró determinar mediante la prueba de comparación múltiple de LSD de Fisher que el tratamiento T0 presentó significancia estadística frente a los tratamientos T1, T2 y T3, no obstante, el tratamiento T1 y T2 no fueron significativamente diferentes entre sí, de igual forma el T1 y T3 no presentaron diferencias significativas. El tratamiento con menor elasticidad fue el T0 con 0.00 ± 0.03, por otra parte, la formulación de nuggets de pollo que presentó mayor elasticidad fue el tratamiento T2 con 0.50 ± 0.03. Otros hallazgos como el Gutiérrez et al. (2023) demostraron que al añadir una mezcla del 50 % harina de trigo, 10 % harina de coco, 20 % harina de garbanzos, 10 % concentrado de soya y 10 % bagazo cervecero para empanizar nuggets de pollo obtuvieron un resultado en elasticidad de 0.9 ± 0.1. Nadeem et al. (2022) determinaron valores superiores de elasticidad entre 5.34 ± 0.06 - 5.48 ± 0.03 en nuggets de pollo con aceite esencial de albahaca.

Masticabilidad

La prueba de comparación de promedios LSD de Fisher logró establecer que el tratamiento T0 presentó significancia estadística frente al tratamiento T1, T2 y T3, por otra parte, el tratamiento T1 y T2 no presentaron diferencias significativas entre sí, de igual forma el tratamiento T2 y T3 no fueron significativamente diferentes. De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 6 se determinó que, el tratamiento T0 presentó la menor masticabilidad con 0.00 ± 0.22 N, a diferencia de los tratamientos con factor en estudio, los cuales presentaron una masticabilidad superior al tratamiento control, siendo el T1 el de mayor valor con 1.66 ± 0.22 N. En este estudio se logró apreciar que, a medida que aumentan las concentraciones de polvo de cáscara de pitahaya roja menor serán los niveles de masticabilidad en el producto cárnico.

Otros hallazgos como el de Sabikun et al. (2021) determinaron una masticabilidad de 11.4 ± 1.2 N para nuggets de pollo con 8 % grasa láctea y 2 % pure de papa. Al contrario, Yadav et al. (2018) obtuvieron una masticabilidad mayor entre 31.21 ± 2.05 - 34.44 ± 0.87 N para nuggets de pollo con 3 y 6 % de polvo de pulpa de manzana deshidratada. De acuerdo con Sharima et al. (2018) la masticabilidad comprende la energía necesaria para masticar un alimento, es decir, que valores altos en masticabilidad podrían generar un mayor desgaste energético al consumidor al momento de masticar el producto, los autores determinaron una masticabilidad entre 1.52 - 2.39 N cm^{-1} para nuggets de pollo con harina de garbanzo y proteína vegetal texturizada.

Perfil microbiológico

En la Tabla 7 se detallan los resultados de análisis microbiológicos en los nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya, se determinó ausencia de *E. coli* y *Salmonella*, mientras que, para el parámetro de calidad microbiológica aerobios mesófilos se presentó una mayor carga microbiana para el tratamiento T2 con 6.29 x 10^2 Ufc g^{-1}, y en menor valor el T0 con 2.74 x 10^2 Ufc g^{-1}, sin embargo, todas las formulaciones experimentales se encontraron dentro de los límites permisibles por la norma ecuatoriana NTE INEN 1338 (2016) la cual establece un rango aceptable de

1.0×10^6 Ufc g^{-1} en aerobios mesófilos, 1.0×10^2 Ufc g^{-1} para *E. coli* y ausencia en *Salmonella*. El-Sohaimy et al. (2022) determinaron una carga microbiana aceptable de Enterobacteriaceae 5.8×10^3 Ufc g^{-1} en nuggets de pollo con harina de quinua. De igual forma, Abiala et al. (2022) obtuvieron productos microbiológicamente aceptables de nuggets de pollo con harina de legumbres (soya y maní).

Tabla 7. Resultados de análisis microbiológicos de nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya.

Microorganismos	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
Aerobios mesófilos (Ufc g^{-1})	2.74×10^2	5.50×10^2	6.29×10^2	4.27×10^2
E. coli (Ufc g^{-1})	0	0	0	0
Salmonella	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Perfil sensorial

De acuerdo al análisis de varianza no paramétrico (Tabla 8) se determinó que los atributos de respuesta sensorial; olor, color, textura y consistencia, no presentaron significancia estadística entre los tratamientos ($p > 0.05$ %), lo cual indica, que el polvo de cáscara de pitahaya roja no influyó de manera significativa en la percepción organoléptica de los nuggets de pollo por parte de los catadores no entrenados. Respecto al atributo sabor, el ANOVA no paramétrico presentó significancia estadística entre los tratamientos en estudio.

Tabla 8. Resultados de análisis sensorial en nuggets de pollo enriquecidos con polvo de cáscara de pitahaya.

Atributos sensoriales	Tratamientos				Sig.
	T0	T1	T2	T3	K. Wallis
Sabor	4.10 ± 0.92 ^{B}	3.51 ± 1.07 ^{A}	3.90 ± 1.09 ^{B}	3.93 ± 1.12 ^{B}	0.0093
Olor	4.06 ± 1.02 ^{A}	3.67 ± 1.09 ^{A}	3.76 ± 1.04 ^{A}	3.83 ± 1.14 ^{A}	0.1113
Color	4.04 ± 1.00 ^{A}	3.96 ± 0.86 ^{A}	4.03 ± 0.88 ^{A}	3.94 ± 0.98 ^{A}	0.7756
Textura	4.11 ± 0.86 ^{A}	3.80 ± 1.12 ^{A}	3.99 ± 0.92 ^{A}	3.86 ± 1.11 ^{A}	0.4390
Consistencia	4.07 ± 1.07 ^{A}	3.81 ± 1.17 ^{A}	3.90 ± 1.02 ^{A}	3.86 ± 1.09 ^{A}	0.4736

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Sabor

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 8, el tratamiento T1 fue significativamente diferente frente a los tratamientos T0, T2 y T3, mientras que, los tratamientos T0, T2 y T3 no presentaron significancia estadística entre sí. El tratamiento con mayor aceptación por parte de los catadores no entrenados fue el tratamiento control (T0) con una puntuación de 4.10 ± 0.92 y calificación según escala hedónica de me gusta poco. En cuanto al tratamiento con menor aceptación fue el T1 (4 % harina de cáscara de pitahaya roja) con una puntuación de 3.51 ± 1.07 (ni me gusta - ni me disgusta).

Los tratamientos T2 y T3 presentaron una puntuación ligeramente mayor al T1 con un promedio de 3.90 ± 1.09 - 3.93 ± 1.12. Concentraciones mayores de polvo de cáscara de pitahaya roja podrían generar un mejor grado de aceptación en sabor de los nuggets de pollo. Das et al. (2016) demostraron que al añadir 1.0 y 1.5 % de polvo a partir de cáscara de fruta de Litchi (*Litchi chinensis Sonn*) la aceptación sensorial en sabor de nuggets de carne ovina se mantuvo en una puntuación de 7.00, es decir, fue deseable para los catadores. Olvera (2023) determinó que, al incluir polvo de cáscara de pitahaya en nuggets de pollo los catadores manifestaron una aceptación en sabor de 4.03 puntos (me gusta mucho).

CONCLUSIONES

El polvo de cáscara de pitahaya presentó excelentes propiedades de fibra y actividad antioxidante de interés para la alimentación humana. Además, también fue microbiologicamente aceptable, no obstante, de los análisis fisicoquímicos solo el parámetro de grasa estuvo dentro de los límites permisibles por la normativa de referencia NTE INEN 616.

El polvo de cáscara de pitahaya roja influyó sobre las propiedades fisicoquímicas en los nuggets de pollo. El pH fue similar en todas las formulaciones cárnicas, en cuanto al color de los nuggets de pollo, la formulación control presentó mejor luminosidad, mientras que, en saturación y tono el T3 fue el tratamiento más apreciable presentando un color rojizo ligeramente amarillo por la presencia de antocianinas que se

encuentran en el subproducto agroindustrial de cáscara de pitahaya.

En los productos experimentales de nuggets de pollo se determinó que al añadir 10 % de polvo de cáscara de pitahaya roja los niveles de actividad antioxidante, fenoles totales y antocianinas fueron superiores a los tratamientos con menor cantidad de factor en estudio, lo cual indicó, que los subproductos de cáscara de pitahaya pueden enriquecer de propiedades funcionales al alimento cárnico.

El tratamiento con mejores propiedades a nivel de perfil de textura en cuanto a dureza, cohesividad, fuerza adhesiva, gomosidad, elasticidad y masticabilidad fue la formulación control (0 % polvo de cáscara de pitahaya), mientras que, para el parámetro de adhesividad, las formulaciones con polvo de cáscara de pitahaya presentaron una mejor característica. A nivel microbiológico, todas las formulaciones de nuggets de pollo fueron microbiologicamente aceptables.

A nivel sensorial los catadores no entrenados manifestaron un mayor grado de aceptación por la formulación control, al contrario, las formulaciones de nuggets de pollo con polvo de cáscara de pitahaya presentaron menor aceptabilidad sensorial por parte de los catadores.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Manabí - Ecuador, por facilitarnos el uso de los laboratorios de procesos de alimentos para el desarrollo de la experimentación.

BIBLIOGRAFÍA

Abiala, O; Abiala, M; Omojola, B. 2022. Quality attributes of chicken nuggets extended with different legume flours (en línea). Food Production, Processing and Nutrition 4:1-10. Disponible en https://fppn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s43014-022-00099-9

Asep, D; Rina, M; Meli, F; Risti, R; Usdiyana, D; Sri, A; Mahdi, A. 2020. Synthesis of carbon microparticles from red dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel waste and their adsorption isotherm characteristics (en línea). Molekul 15(3):199-209. Disponible en http://dx.doi.org/10.20884/1.jm.2020.15.3.657

Ayman, E; Rehab, A; Akram, E. 2020. Nutritional and quality characteristics of chicken nuggets incorporated with different levels of frozen white cauliflower (en línea). Italian Journal of Food Science 32(1):45-59. Disponible en https://doi.org/10.14674/IJFS-1550

Benavides, R; Zambrano, M. 2023. Efecto de harina de cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) como pigmentante sobre las propiedades fisicoquimícas y sensoriales en carne de hambuerguesas de conejo (*Oryctolagus cuniculus*). Tesis Ing. Chone, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 88 p.

Biswas, O; Kandasamy, P; Kumar, S. 2022. Effect of dragon fruit peel powder on quality and acceptability of fish nuggets stored in a solar cooler (5 ± 1 °C) (en línea). Jorunal of Food Science and Technology 59:3647-3658. Disponible en https://doi.org/10.1007/s13197-022-05377-5

Cacatian, S; Guittap, L. 2018. Production, proximate analysis and functional properties of dragon fruit peel powder. Agricultural and Food Sciences 25(1):1-10.

Cervantes, M; Huicab, J; García, J; Vanoye, M. 2017. Obtaining a natural dye from the pitahaya (*Hylocereus undatus* haworth, britton and rose) from the southern region of the state of Campeche (en línea). Mexican Journal of Biotechnology 2(2):65-73. Disponible en https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.2.65

Chi, Z; Tong, L; Ya, T; Lu, T; Meng, W; Jian, S; Zhu, Z. 2024. Structural and functional investigation on stem and peel polysaccharides from different varieties of pitaya (en línea). International Journal of Biological Macromolecules 259(1):1-14. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.129172

Chia, S; Chong, G. 2015. Effect of drum drying on physico-chemical characteristics of dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) (en línea). Int. J. Food Eng, 11(2):285–293. Disponble en https://doi.org/10.1515/ijfe-2014-0198

Cosme, V; Castro, L; Sganzerla, W; Saragiotto, L; Forster, T. 2023. An updated review of recent applications and future perspectives on the sustainable valorization of pitaya (*Hylocereus* spp.) by-products (en línea). Sustainable Chemistry and Pharmacy 33:1-11. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101070

Das, A; Rajkumar, V; Nanda, P; Chauhan, P; Pradhan, S; Biswas, S. 2016. Antioxidant efficacy of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) pericarp extract in sheep meat nuggets (en línea). Antioxidants 5(2):16-23. Disponible en https://doi.org/10.3390/antiox5020016

Dos Santos, F; Figueirédo, R; Queiroz, A; Santos, D. 2017. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed 'pitaya' peels (en línea). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 21(12):872-877. Disponible em https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p872-877

El-Sohaimy, S; El-Wahab, M; Oleneva, Z; Toshev, A. 2022. Physicochemical, organoleptic evaluation and shelf life extension of quinoa flour-coated chicken nuggets (en línea). Journal of Food Quality 1-9. Disponible en https://doi.org/10.1155/2022/9312179

Espinoza, Y; Gamarra, E; Tarazona, R. 2018. Sustitución de la harina de trigo por harina de quinua y puré de espinaca en la elaboración de una pasta enriquecida y fortificada (en línea). Revista de Investigación Cientifica TAYACAJA 1(1):69-80. Disponible en

https://doi.org/10.46908/rict.v1i1.5

Faloye, O; Sobukola, O; Shittu, T; Bakare, H; Adebukola, T; Akinlade, F; Bamidele, O. 2024. Effect of different starches in batter formulation on oil content and associated quality attributes of fried chicken nuggets (en línea). Food Production, Processing and Nutrition 6(40):1-13. Disponible en https://doi.org/10.1186/s43014-023-00214-4

Flores, J; García, M. 2016. Perfil fitoquímico y actividad antioxidante de extractos de pitahaya *Hylocereus undatus*. Jóvenes en la Ciencia Revista de Divulgación Científica 2(1):29-33.

García, J; Zambrano, M; Vargas, P; Muñoz, J; Párraga, R. 2021. Almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta Cranzt*) como agente ligante en la producción de mortadela tipo bologna (en línea). Manglar 18(1): 61-69. Disponible en https://doi.org/10.17268/manglar.2021.008

Grandole, P; Acuría, J. 2022. La producción de pitahaya roja "*Hylocereus undatus*" incide en su exportación en el de Manabí (en línea). Revista E-Idea 4.0 Multidisciplinar 4(12):14-32. Disponible en https://doi.org/10.53734/mj.vol4.id241

Gutiérrez, G; Vásquez, F; Heredia, N; Islas, A. 2023. Effect of high-protein and high-fiber breaders on oil absorption and quality attributes in chicken nuggets (en línea). Foods 12(24):1-13. Disponible en https://doi.org/10.3390/foods12244463

Guimarães, W; Ribeiro, M; Antoniosi, N. 2012. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas (em línea). Química Nova 35(8):1673-1679. Disponible en https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000800030

Haddouchi, F; Chaouche, T; Ksouri, R; Medini, F; Sekkal, F; Benmansour, A. 2014. "Antioxidant activity profiling by spectrophotometric methods of aqueous methanolic extracts of Helichrysum stoechas sobsp rupestre and Phagnalon saxatile subsp. Saxatile" (en línea). Chinese Journal of Natural Medicines 12(6):415-422. Disponible en https://doi:10.1016/S1875-5364(14)60065-0

Jalgaonkar, K; Kumar, M; Bibwe, B; Kannaujia, P. 2022. Postharvest profile, processing and waste utilization of dragon fruit (*Hylocereus* Spp.): A Review (en línea). Food Reviews International 38(4):733-759. Disponible en https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1742152

Jiang, H; Zhang, W; Li, X; Chang, S; Jiang, W; Cao, J. 2021. Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review (en línea). Trends in Food Science & Technology 116:199-217. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.040

Jiang, H; Zhang, W; Yijing, P; Luyao, C; Jiankang, C; Weibo, J. 2023. Development and characterization of a novel active and intelligent film based on pectin and betacyanins from peel waste of pitaya (*Hylocereus undatus*) (en línea). Food Chemistry 404:1-14. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134444

Kadakadiyavar, P; Krishnarao, R; Sheshrao, K. 2017. Assessment of quality of chicken nuggets treated with mango peel extract (en línea). International Journal of Livestock Research 7(2):1-8. Disponible en https://doi.org/10.5455/ijlr.20170203064726

López, A; Barriada, L; Rodríguez, J; Méndez, L. 2023. Characterization of pitahaya (*Hylocereus undatus*) mucilage -based films (en línea). Applied Food Research 3(1):1-14. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100266

Lubis, N; Agustiono, J; Gilang, I. 2020. Effect of red dragon fruit peels (*Hylocereus polyrhizus*) as a natural dye and preservatives on chicken nuggets (en línea). International Journal of Research and Review 7(3):168-174.

Madane, P; Das, A; Nanda, P; Bandyopadhyay, S; Jagtap, P; Shewalkar, A; Maity, B. 2020. Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets (en línea). J Food Sci Technol 57(4):1449-1461. Disponible en https://doi.org/10.1007/s13197-019-04180-z

Muñoz, P; García, J; Arévalo, L; Cedeño, J. 2024. Galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) (en línea). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales 11(1):18-30. Disponible en https://doi.org/10.53287/kdgc7623aq78f

Muñoz, J; Cabrera, E; García, V; Guerrrero, J; Manríquez, J; Ortiz, C; Sosa, M. 2023. Desarrollo de nuggets de pollo con camote (en línea). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos 8(1):509-518. Disponible en https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.68

Nadeem, H; Akhtar, S; Ismail, T; Qamar, M; Sestili, P; Saeed, W; Esatbeyoglu, T. 2022. Antioxidant effect of *Ocimum basilicum* essential oil and its effect on cooking qualities of supplemented chicken nuggets (en línea). Antioxidants 11(10):1882-1889. Disponible en https://doi.org/10.3390/antiox11101882

NTE INEN 1338. 2016. Carne y productos cárnicos. Productos cárnicos crudos, productos cárnicos curados – madurados y productos cárnicos precocidos – cocidos (en línea). Requisitos. Disponible en https://www.studocu.com/ec/document/universidad-agraria-del-ecuador/tecnologia-en-carnicos/normas-inen/10798251

NTE INEN 517. 2012. Tamaño de partículas. Harina de origen vegetal (en línea). Disponible en https://dokumen.tips/documents/nte-inen-517-2012tamano-de-partifula-hrina.html

NTE INEN 616. 2015. Harina de trigo (en línea). Requisitos. Disponible en https://docplayer.es/32084179-Nte-inen-616-cuarta-revision.html

Olvera, P. 2023. Aprovechamiento de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en la elaboración de nuggets vegetal como aporte de fibra para el consumo humano. Tesis Ing. Guayaquil, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador. 64 p.

Pratap, M; Das, A; Pateiro, M; Pramod, N; Bandyopadhyay, S; Jagtap, P; Lorenzo, J. 2019. Drumstick (*Moringa oleífera*)

flower as an antioxidant dietary fibre in chicken meat nuggets (en línea). Foods 8(8):307-316. Disponible en https://doi.org/10.3390/foods8080307

Rahman, A; Kongraksang, K; Kaewsiri, K; Keawnualborvornnij, S; Nenjatee, W; Kaur, L; Radwkuen, S. 2024. Mushroom-legume-based alternative chicken nuggets: Physico-chemical and sensory properties (en línea). Food Chemistry Advances 5:1-10. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100777

Rajkumar, V; Verma, A; Kumar, S. 2019. Effect of amaranth and quinoa seed flour on rheological and physicochemical properties of goat meat nuggets (en línea). Journal of Food Science and Technology 56:5027-5035. Disponible en https://doi.org/10.1007/s13197-019-03975-4

Ratulangi, F; Soputan, J; Rimbing, S; Rumondor, D. 2022. Study of addition of purple sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L) on antioxidant activity and quality chemistry of chicken nuggets as functional food. Scientific Papers. Series D. Animal Science, LXV(2):317-321.

Re, R; Pellegrini, N; Proteggente, A; Pannala, A; Yanga, M; Rice, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay (en línea). Free Radical Biology and Medicine, 26(10):1231-1237. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3

Richa, K; Laskar, S; Das, A; Choudhury, S; Hazarika, M; Sonowal, S; Upadhyay, S. 2020. Effect of black rice (*Oryza sativa* L.) flour on proximate composition, texture profile and microbiological qualities of chicken nuggets (en línea). Journal of Entomology and Zoology Studies 8(6):412-416. Disponible en https://doi.org/10.22271/j.ento.2020.v8.i6f7886

Sabikun, N; Bakhsh, A; Rahman, S; Hwa, Y; Seon, J. 2021. Evaluation of chicken nugget properties using spent hen meat added with milk fat and potato mash at different levels. Journal of Food Science and Technology *58*, 2783–2791. Disponible en https://doi.org/10.1007/s13197-020-04787-7

Sadaf, B; Muhammad, S; Waseen, K; Ahmad, G; Al, O; Mohammad, J; Loannis, K. 2022. Effect of antimicrobial and antioxidant rich pomegranate peel based edible coatings on quality and functional properties of chicken nuggets (en línea). Molecules 27(14):1-11. Disponible en https://doi.org/10.3390/molecules27144500

Shanthi, D; Kalaikannan, A. 2014. The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets (en línea). Journal Nutrition & Food Sciences 4(1):1-5. Dsiponible en https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000260

Shafira, N; Abdul, A; Nurhayati, Y; Yusof, N. 2021. Effect of blanching and drying temperatures on physicochemical properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder (en línea). Journal of Agrobiotechnology 12(1):62-73. Disponible en https://doi.org/10.37231/jab.2021.12.1S.271

Sharima, N; Hassan, C; Norlelawati, A; Huda, N. 2018. Physicochemical properties and consumer preference of imitation chicken nuggets produced from chickpea flour and textured vegetable protein. International Food Research Journal 25(3):1016-1025.

Silva, D; Silva, I; Sousa, J; Gomes, V; Calandrini, A; Almedia, B. 2022. Preparation of chicken nuggets breaded with tropical fruit peel flours: physicochemical and sensory evaluation (en línea). Food Science and Technology 42:1-9. Disponible en https://doi.org/10.1590/fst.62422

Subhash, P; Talib, M; Parate, V. 2020. Development of fiber-rich biscuit by incorporating dragon fruit powder (en línea). International Journal of Fruit Science 20:1-12. https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1822267

Sultana, B; Anwar, F; Ashraf, M. 2009. Effect of extraction solvent/technique on the antioxidante activity of selected medicinal plant extracts (en línea). Molecules 14(16):2167-2180. Disponible en https://doi.org/10.3390/molecules14062167

Taharuddin, N; Jumaidin, R; Mansor, M; Hazrati, K; Tarique, J; Asyraf, M; Razman, M. 2023. Unlocking the potential of lignocellulosic biomass dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in bioplastics, biocomposites and various commercial applications (en línea). Polymers 15(12): 1-12. https://doi.org/10.3390/polym15122654

Teruel, M; Garrido, D; Espinosa, M; Linares, B. 2015. Effect of different format-solvent rosemary extracts (*Rosmarinus officinalis*) on frozen chicken nuggets quality (en línea). Food Chemistry 172:40-46. Dsiponible en https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.018

Thaiudom, S; Oonsivilai, R; Thaiwong, N. 2020. Production of colorant powder from dragon fruit (*Hylocerecus polyrhizus*) peel: Bioactivity, heavy metal contamination, antimutagenicity, and antioxidation aspects (en línea). Journal of Food Processing and Preservation 45(1):1-15. Disponible en https://doi.org/10.1111/jfpp.15044

Torres, R. 2023. Elaboración y aceptabilidad general de panes de masa madre con harina de cáscara de *Hylocereus monacanthus* “pitahaya roja”. Tesis. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 74 p.

Verma, A; Rajkumar, V; Banerjee, R; Biswas, S; Das, A. 2013. Guava (*Psidium guajava* L.) Powder as an antioxidant dietary fibre in sheep meat nuggets (en línea). Asian-Australas J Anim Sci 26(6):886-895. Disponible en https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12671

Xin, K; Xiao, J; Zonglin, G; Yu, Q; Bo, H. 2022. Pitaya peel extract and lemon seed essential oil as effective sodium nitrite replacement in cured mutton (en línea). LWT - Food Science and Technology 160:1-9. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113283

Yadav, S; Malik, A; Pathera, A; Islam, R; Sharma, D. 2018. Development of fibre enriched chicken nuggets by incorporating wheat bran anddried apple pomace (en línea). Indian Journal of Poultry Science 51(3):312-316. https://doi.org/10.5958/0974-8180.2016.00052.0

Yeater, M; Casco, G; Miller, R; Alvarado, C. 2017. Comparative evaluation of texture wheat ingredients and soy proteins in the quality and acceptability of emulsified chicken nuggets (en línea). Poultry Science 96(12):4430-4438. Disponible en https://doi.org/10.3382/ps/pex250

Artículo recibido en: 31 de enero del 2025
Aceptado en: 11 de abril del 2025