

Aprovechamiento de cáscara de huevo para la elaboración de gomitas fortificadas: evaluación fisicoquímica y microbiológica

Valorization Of Eggshell For The Development Of Fortified Gummies: Physicochemical And Microbiological Evaluation

fecha de envío: 16 de enero del 2025

fecha de aceptado: 20 de junio del 2025

fecha de publicado: 1 septiembre del 2025

Forma de citar: J. F. Dominguez Rangel, "Desarrollo de gomitas de gelatina fortificadas con cáscara de huevo: una propuesta innovadora para mejorar la calidad nutricional", Mundo Fesc, vol. 15, no. 33, pp. 246-263 Sep. 2025, doi: 10.61799/2216-0388.1864.

Jessica Ferley Dominguez-Rangel.



Magíster en Ingeniería Industrial,
jessica.dominguez@unipamplona.edu.co,
<https://orcid.org/0000-0002-1571-5952>,
Universidad de Pamplona, San José de Cúcuta, Colombia

***Autor para correspondencia:**
jessica.dominguez@unipamplona.edu.co



Aprovechamiento De Cáscara De Huevo Para La Elaboración De Gomitas Fortificadas: Evaluación Físicoquímica Y Microbiológica

Resumen

La cáscara de huevo es uno de los subproductos de origen avícola más común en Latinoamérica y representa una fuente prometedora de calcio con significativa biodisponibilidad, cuya aplicación industrial es todavía muy escasa. En este estudio se optó por incluir el calcio de cáscara de huevo en gomitas funcionales y evaluar, al mismo tiempo, su comportamiento físicoquímico, microbiológico y sensorial. El calcio fue incorporado a la fibra utilizada en gelificación de las gomitas mediante un protocolo que mezcló desinfección térmica y ultrasonido y, para ello, se empleó un diseño experimental descriptivo con réplicas independientes considerando la humedad, azúcares reductores y aceptación sensorial, además de determinar la presencia de microorganismos indicadores como coliformes, mohos, levaduras y *Escherichia coli*. Las gomitas generadas mostraron una humedad media del 12,6 % y se determinó un contenido de azúcares reductores del 9,98 %, ambos por debajo de los reportes normalmente observados para las fórmulas convencionales, acompañando la ausencia de microorganismos indicadores incluso en aquellas que se ven comúnmente involucradas en la elaboración de gomitas para evitar contaminaciones microbiológicas. El grupo de cata reportó aceptación sensorial por textura y sabor superior a la media. Los resultados validan el procedimiento para la inclusión de calcio por cáscara de huevo en matrices gelificadas sin afectar la estabilidad, seguridad o propiedades sensoriales, estableciendo esta fórmula como una vía de continuar desarrollando confitería funcional sostenible e incrementada nutricionalmente.

Palabras clave: calcio, cáscara de huevo, gelatina, gomitas, nutrición, suplemento alimenticio.

Valorization Of Eggshell For The Development Of Fortified Gummies: Physicochemical And Microbiological Evaluation

Abstract

Eggshells are one of the most common poultry byproducts in Latin America and represent a promising source of calcium with significant bioavailability, although their industrial application is still very limited. This study focused on incorporating eggshell calcium into functional gummies and simultaneously evaluating its physicochemical, microbiological, and sensory properties. The calcium was incorporated into the fiber used for gummy gelation using a protocol that combined thermal disinfection and ultrasound. A descriptive experimental design with independent replicates was employed, considering moisture, reducing sugars, and sensory acceptance, as well as determining the presence of indicator microorganisms such as coliforms, molds, yeasts, and *Escherichia coli*. The resulting gummies showed an average moisture content of 12.6% and a reducing sugar content of 9.98%, both below the levels typically observed for conventional formulas. Furthermore, there was an absence of indicator microorganisms, even those commonly used in gummy production to prevent microbiological contamination. The tasting panel reported above-average sensory acceptance for texture and flavor. These results validate the procedure for incorporating calcium from eggshell into gelled matrices without affecting stability, safety, or sensory properties, establishing this formula as a viable path for the continued development of sustainable and nutritionally enhanced functional confectionery.

Keywords: calcium, egg shell, gelatin, gummies, nutrition, dietary supplement.

Introducción

Recientemente, la industria de los dulces ha dado un paso considerable en cuanto a productos gelificados como son las gomitas, que siguen siendo consumidas a pesar de sus altos niveles de azúcares simples y su bajo contenido en valor nutricional. Esta tendencia ha propiciado el desarrollo de alimentos y de productos alternativos que contengan ingredientes funcionales que permitan mejorar el perfil nutricional de los mismos sin renunciar a la aceptación del consumidor [1]. Dentro de los ingredientes funcionales, la cáscara de huevo representa un recurso prometedor, puesto que es un subproducto con gran disponibilidad en la industria avícola y contiene cerca de un 95 % de carbonato de calcio, además de otros compuestos de interés funcional [2]. Diferentes investigaciones han propuesto que el calcio proveniente de este residuo tiene propiedades de biodisponibilidad que permiten considerarlo como un suplemento adecuado para su uso en distintas matrices alimentarias [3].

El uso de la cáscara de huevo también tiene en cuenta la necesidad de reducir los impactos contaminantes que genera la mala disposición de los residuos orgánicos. En ciertas zonas de Latinoamérica en las cuales el consumo de huevo es alto, esto genera una acumulación también alta de cáscaras que conllevan cargas contaminantes si no se ejecutan unas adecuadas acciones de valorización [4]. De paralelo, la literatura reciente también está tomando nota de la creciente tendencia de utilizar ingredientes naturales, funcionales y sostenibles para el desarrollo de nuevos productos de confitería saludables, ricos en valor nutricional [5]. Por otro lado, la utilización de algunos subproductos agroindustriales: los residuos de la avicultura y de la fruticultura, por ejemplo, conllevan limitaciones de este tipo. El aprovechamiento de estos residuos es escaso y la falta de gestión lleva a desperdiciar biomasa y recursos subutilizados en general [6].

La utilización de la cáscara de huevo como recurso de calcio permite satisfacer de manera simultánea dos demandas actuales: la búsqueda de alternativas económicas y prácticas para paliar las deficiencias de este mineral y la transformación de un residuo agroindustrial en un ingrediente funcional con potencial de ser empleado en productos alimenticios. Su incorporación en matrices gelificadas es la estrategia tecnológica idónea para poder transformar un residuo con mucha salida en un insumo de valor agregado que justificaría el creciente interés por desarrollar gomitas fortificadas mediante este recurso.

El comportamiento del mercado colombiano refleja esta tendencia de transformación. Se encontró una industria de las gomitas que llega a vender más de 1.900 toneladas al mes, una cifra que demuestra un sector dinámico/competitivo, con oportunidades claras para el desarrollo de productos que generen valor en términos nutricionales, sostenibilidad y funcionalidad [7]. Recientes investigaciones han mostrado que las matrices gelificadas presentan estabilidad físicoquímica y buena aceptación sensorial incluso en el caso de que contengan ingredientes no convencionales, como extractos vegetales, compuestos antioxidantes o minerales [8]. Así mismo, las tendencias nutricionales han puesto de manifiesto la conveniencia de incrementar el aporte de calcio de los alimentos de consumo cotidiano, sobre todo en poblaciones vulnerables o con requerimientos específicos y en las que productos como las gomitas podrían ser una forma práctica y aceptable de presentar la suplementación mineral [9].

Sin embargo, la adición de calcio mediante cáscaras de huevo tiene un protocolo de unos

pasos que representarán la inocuidad y calidad del mismo. La higienización, estandarización granulométrica y validación microbiológica son factores en los que se situarán para justificar la seguridad del producto final. La literatura muestra que los tratamientos térmicos y ultrasónicos son procedimientos adecuados para garantizar la calidad microbiológica y fisicoquímica de los materiales biológicos recuperados para su aprovechamiento en los alimentos funcionales. Éste es un enfoque que responde a la necesidad de analizar formulaciones con ingredientes que provengan de residuos agroindustriales con funcionalidades y éstas al mismo tiempo pueden ofrecer respuestas al marco de la economía circular.

En esta línea de trabajo, el objetivo de este estudio lo constituye desarrollar una formulación de gomitas ultrablandas con calcio de las cáscaras de huevo, a la vez que establecer el proceso de elaboración y caracterizar fisicoquímicamente, microbiológicamente y sensorialmente este producto como demostración de viabilidad tecnológica del mismo, así como su nivel innovador dentro de la confitería funcional.

De forma adicional, la investigación también incluyó el reconocimiento de los principales componentes nutricionales hallados en la cáscara de huevo a fin de garantizar su aporte funcional en la formulación; la averiguación del proceso más adecuado para su concentración y tratamiento, buscando el equilibrio entre la eficiencia de la fortificación y la calidad tecnológica del producto final; la ejecución de ensayos sensoriales enfocados en caracterizar las propiedades físicas, texturales y de sabor de las gomitas enriquecidas, asegurando su aceptación; así como el diseño de una formulación innovadora de gomitas gelatinosas en la cual la cáscara de huevo cumpliera el papel de ingrediente principal de valor añadido.

Materiales y métodos

Diseño de investigación

El presente estudio se organizó como un estudio experimental descriptivo con miras a formular y evaluar gomitas enriquecidas con calcio de cáscara de huevo. Este proceso forma parte de la investigación y su diseño incluía una réplica doble ($n = 2$ por lote), así se pudo trabajar con dos muestras independientes en cada determinación y garantizar la reproducibilidad de los resultados. Por otro lado, todos los procesos se llevaron a cabo bajo los procedimientos analíticos estandarizados y con un estricto control de las condiciones del laboratorio, garantizando así una adecuada trazabilidad del proceso y la estabilidad de las condiciones experimentales. Esta estrategia permitió comprobar el posible efecto de las variaciones del proceso sobre las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del producto final [11].

VARIABLES DEL ESTUDIO

El desarrollo del experimento se centró en un conjunto de variables con el propósito de poder ayudar a comprender cómo el calcio añadido y el proceso de fabricación alteran la calidad de nuestro alimento. En este sentido, se consideran como variables independientes aquellos factores que están completamente relacionados con la formulación y el proceso de fabricación, a saber: la cantidad de calcio añadido, el porcentaje de los ingredientes utilizados, el tiempo de secado, la temperatura de extracción, etc. Estas variables son aquellos factores que se podían modificar para poder ver cómo afectaban la matriz gelificada. [22]

A partir de estas, se definieron las variables dependientes; es decir, que son las respuestas del producto que se pudo obtener respecto a: el contenido de humedad, los azúcares reductores, los recuentos microbiológicos, y la respuesta sensorial. Esas medidas nos permitieron evaluar la estabilidad, la inocuidad y el comportamiento organoléptico de nuestra goma. Los equipos empleados fueron descritos en relación a su función y parámetros operativos: espectrofotómetro calibrado (lectura a 540 nm), horno de convección (fijado a 50 °C para el secado final), baño ultrasónico (potencia registrada y frecuencia), molino de cuchillas y sistema de tamizado; todas las condiciones de calibración y parámetros operativos (temperatura, tiempo, potencia, tamaños de malla) se recogieron en el cuaderno de laboratorio, de manera que se garantiza la trazabilidad. [23] [24]

Por último y de forma genérica el trabajo mantuvo constantes varias de las variables de control imprescindibles si quiso evitar interferencias externas tales como la temperatura de secado, los tiempos de desinfección térmica y ultrasónica, las granulometrías del polvo de cáscara, las condiciones ambientales durante la estabilización o el uso sistemático de utensilios esterilizados. El control de todos estos factores garantizó que tanto la situación fuera homogénea en el desarrollo del proceso como que la interpretación de los resultados fuera objetiva. [25]

Materiales

El producto se formuló en presencia de una combinación variada de cáscara de huevo, pulpa de fruta, colapez, azúcar, colágeno, ácido cítrico; tal y como se reporta para la industria de confitería.

Tabla I. Formulación por lote (g/mL)

INGREDIENTES	CANTIDAD
Pulpa de Fruta	40 gr
Azúcar	40 gr
Gelatina	15 gr
Colágeno	2,5 gr
Calcio	2,5 gr
Ácido cítrico	3 gr
Agua	35 mL

Nota: La Tabla I muestra la formulación por lote (g/mL). La Tabla II recoge los límites microbiológicos (UFC·g⁻¹) estipulados por la normativa y la Tabla III los criterios fisicoquímicos (% base seca).

Procedimiento experimental

Elaboración de las gomitas

La preparación del producto fue llevada a cabo de acuerdo a los parámetros técnicos del proceso para obtener mezclas homogéneas, estables y con características organolépticas deseadas [12]. El proceso completo se representa en la Figura 1, donde se puede observar el proceso de preparación de la materia prima hasta el moldeado y secado.

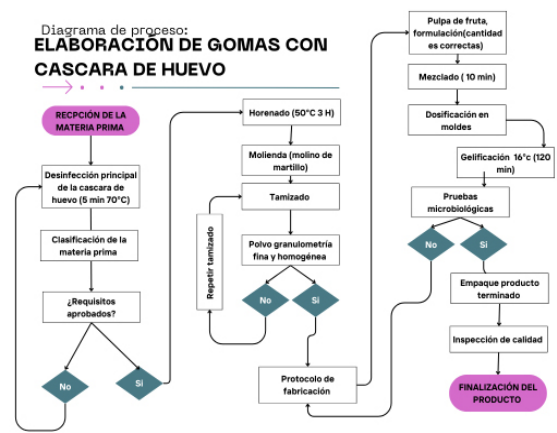


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de gomas de gelatina

Nota: La Figura 1 incorpora el diagrama de flujo completo del proceso, así como la leyenda descriptiva

Descripción del proceso:

Preparación del huevo

La preparación del huevo se llevó a cabo mediante un protocolo de acondicionamiento cuya finalidad fue garantizar no sólo inocuidad microbiológica sino también estabilidad fisicoquímica y homogeneidad granulométrica del ingrediente funcional., siguiendo los lineamientos que han sido reportados para el tratamiento seguro de materias primas de origen biológico utilizadas como alimentos funcionales [13]

a) Recepción y preselección

Las cáscaras de huevo fueron examinadas visualmente y se eliminaron las cáscaras con restos de la parte frontal del huevo adheridos, las cáscaras que presentaban fracturas con muestras evidentes de contaminación o las que presentaban materias extrañas. Esta preselección garantizó la ausencia de variabilidad en la calidad microbiológica del material a tratar. [26]

b) Fase 1 Desinfección térmica

Las cáscaras se sumergieron completamente en agua potable a 70 °C durante 5 min. Este tratamiento térmico controlado propicia una disminución de la carga microbiana superficial, que tiene lugar gracias a la coagulación proteica y a la desnaturalización de las membranas microbianas y constituye una primera barrera sanitizante. [27]

c) Fase 2 Limpieza ultrasónica

Después de proceder a estimular el proceso de desinfección térmica, las cáscaras se colocaron en un baño ultrasónico a 45 °C durante un tiempo de 10 minutos, utilizando agua destilada como medio de transferencia. La cavitación que se produce al realizar dicho proceso favorece la eliminación de los residuos muy finos adheridos y de los microorganismos remanentes que se hallen en los poros microscópicos que puede llegar a tener la propia superficie, incrementando de esta forma la eficiencia que puede llegar a tener el proceso de saneamiento. [28]

d) Secado controlado por el aire en dos etapas

Secado inicial: Se expusieron las cáscaras al aire, en bandejas de secado previamente sanitizadas, evitando de esta forma la recontaminación por contacto. [29]

Secado final: Las cáscaras fueron transferidas a un horno de convección, que se programó a una temperatura de 50 °C durante un tiempo de 3 horas. En esta etapa se consigue una reducción de la humedad residual hasta niveles que permiten la no proliferación microbiana y la estabilidad del polvo final. [30]

e) Molienda y estandarización granulométrica

Las cáscaras secas se introdujeron en un molino de cuchillas, logrando obtener un material particulado. Posteriormente se tamizaron, asegurando un acabado de una granulometría muy fina, homogénea y adecuada para su dispersión en la matriz gelificada. Esta uniformidad es importante ya que previene precipitación del calcio, mejora la textura y asegura la reproducibilidad de la formulación. [31]

Preparación de la pulpa de mango

La selección del mango se realizó según criterios de madurez fisiológica de los frutos; además de ausencia de daños mecánicos y requerimientos de condiciones sanitarias. Los frutos fueron lavados, pelados y troceados procediendo a un triturado controlado, por cuanto se obtuvo pulpa muy espesa. [32]

La pulpa se tamizó en el fin de retirar fibras gruesas o partículas que no sean para el fin propuesto, habiendo quedado con texturas muy homogeneizadas para que una integración eficiente en la formulación. Este tratamiento responde a recomendaciones de buenas prácticas de procesamiento de matrices frutales en productos de confitería funcional.

Controles experimentales

El protocolo experimental contó con controles que permitieron la validación interna y la trazabilidad:

a) Réplicas internas

Todas las determinaciones microbiológicas; además de las físicoquímicas se realizaron por duplicado a 24 h y 48 h, dado que esto aceptaba la comprobación de repetibilidad; además de la estabilidad del producto.

b) Control normativo

Se corroboraron los valores con los obtenidos por la norma NTC 5592:2008 para gomas, jaleas y marmelos que establece requisitos de inocuidad, humedad, composición y límites microbianos del producto [15].

c) Condiciones estandarizadas

Durante todo el procedimiento los parámetros se mantuvieron estables:

- temperatura de sala
- utensilios esterilizados
- equipos calibrados
- manipulación aséptica
- almacenamiento en recipientes sellados

De esta forma, se evitaron oscilaciones externas que podrían dificultar la interpretación de los resultados.

Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico de acuerdo a lo planteado en la NTC 5592:2008, incluyendo el recuento de aerobios mesófilos, coliformes totales, *Escherichia coli*, hongos y levaduras. El manejo higiénico de la cáscara en su incorporación se realizó de acuerdo con recomendaciones establecidas para asegurar la seguridad, cuando son utilizadas matrices con antecedentes biológicos.

Tabla II. Requisitos microbiológicos para gomas, jaleas y marmelos.

Requisitos	n	M	M	C
Recuento bacterias aerobias mesófilas, UFC/g	3	500	5 000	1
Recuento de coliformes en placa UFC/g	3		< 3	0
Determinación de <i>Escherichia coli</i> UFC/g	3	Ausente		0
Recuento de Mohos y levaduras, UFC/g	3	50	100	1

Fuente: Adaptado de ICONTEC (2008).

en el que:

n: cantidad de muestras que se van a examinar

m: índice mínimo permitido para determinar un nivel de alta calidad

M: índice más alto que se permite para determinar el nivel de calidad aceptable

c: cantidad máxima de muestras permitidas cuyos resultados estén entre M y m

Tabla III. Requisitos fisicoquímicos de gomas, jaleas y marmelos.

Requisitos	Mínimo	Máximo
Humedad en % en fracción de masa en base seca		25,0
Azúcares reductores totales en % en fracción de masa en base seca		34,0

Fuente: Adaptado de ICONTEC (2008).

Procedimiento practicado

Se usó el método de siembra en superficie, técnica muy utilizada para cuantificar microorganismos en superficies de medios sólidos, ya que logra que el inóculo se distribuya homogéneamente.[15]

Materiales y análisis

Los materiales que se usaron se encuentran en la Tabla IV, todos ellos manipulados en condiciones asepticas.

Tabla IV. Material utilizado para pruebas microbiológicas.

Requisitos	Medios	Cantidad gr	Cajas Petri	Vol. mL
Recuento de coliformes totales	Caldo Brilla	80	8	--
Recuento de mohos y levaduras	YGC	80	8	--
Recuento de E – coli	EMB	80	8	
Recuento de aerobios mesófilos	PCA	80	8	
Agua peptona	--	--	650	

Análisis físicoquímicos

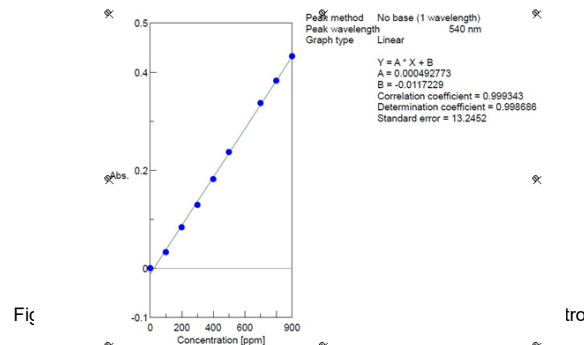
Determinación de humedad

Para obtener el contenido de humedad se realizó un secado en horno a 105 °C hasta peso constante utilizando dos crisoles por duplicado, comparándose los resultados con los valores máximos de humedad indicados por la legislación colombiana [15].

Este análisis sirvió para verificar la estabilidad del producto y su habilidad para evitar situaciones de cristalización del azúcar u de reblandecimiento estructural.

Determinación de azúcares reductores

Se pesaron 5 g de muestra, los cuales se disolvieron en 500 mL de agua destilada para proceder a la lectura espectrofotométrica a la longitud de onda de 540 nm. La curva de calibración, realizada con patrones conocidos, permitió convertir las absorbancias en ppm y posteriormente a % en base seca [16].



Nota: la Figura 2 contempla la curva de calibración utilizada para el análisis de azúcares reductores, contemplando la ecuación lineal y el valor de R^2 utilizado para la validación de la linealidad del método.

La determinación del % de azúcares reductores en las muestras se llevó a cabo usando (1):

$$(1) \frac{2.5g}{500ml} = 436.316 \text{ ppm}$$

2,5 gramos de las gomas, los cuales se disolvieron en 500 mililitros de agua. El espectrofotómetro, que cuenta con un software específico, daba en el resultado un valor de 436,316 ppm (partes por millón). Este valor de 436,316 ppm sirve para los cálculos finales cuando se analice la concentración del analito que interesa.

Para saber el % de azúcares reductores se debe tomar la goma como base seca y esto se obtiene restando la humedad que dio de la goma. Haciendo la resta, el total que da es de 2.185 gr de goma en base seca o deshidratada. La fórmula que se utilizó para calcular el porcentaje de azúcares reductores fue:

$$(2) \frac{0.2182gr \text{ azúcares reductores}}{2.185gr \text{ goma base seca}} * 100 = 9.98\%$$

El análisis de este contenido, confirmando la aparición y presencia, así como la estabilidad de la presencia de carbohidratos reductores como importantes para la textura, el dulzor o la propia forma de la matriz gelificada.

Evaluación sensorial

El panel sensorial estaba compuesto por cinco jueces entrenados, quienes evaluaban el sabor, la textura, el aroma y la estabilidad a temperatura ambiente. La evaluación se realizó bajo condiciones controladas para obtener una misma muestra y una interpretación de los resultados que fuera consistente.

Los datos revelaron una preferencia muycida para la muestra N° 4, en continuidad con los datos que determinan que la adición de agentes fortificantes puede mejorar a la vez el valor nutricional y la percepción sensorial del producto final [16]. Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar. La normalidad de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro–Wilk; para comparar formulaciones se aplicaron ANOVA de una vía o su equivalente no paramétrico (Kruskal–Wallis) cuando no se cumplió normalidad. Las comparaciones de post hoc se llevaron a cabo con Tukey ($\alpha = 0,05$). El análisis estadístico se realizó mediante software estadístico.

Rigor técnico. Para ello, se corrigieron erratas tipográficas de todo el documento, se concretaron los cálculos utilizados para determinar los azúcares reductores y se introdujeron los parámetros instrumentales que garantizan la reproducibilidad del estudio (temperatura, tiempos, mallas, potencia del ultrasonido y masa en base seca). Las afirmaciones fueron acompañadas de datos verificables o de los soportes normativos correspondientes y evitaren expresiones generales sin base técnica.

Resultados y discusión

de la humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó por duplicado para poder asegurar la reproducibilidad del procedimiento analítico. Las muestras fueron tratadas de forma previa a la determinación mediante la estabilización térmica de los crisoles, los cuales estuvieron a 105 °C durante 20 minutos para despojarse de la humedad residual y garantizar una línea base aplicable en el cálculo posterior. Hecho que resulta ser crítico para obtener medidas correctas, ya que hasta pequeñas variaciones en el peso inicial desembocan en un porcentaje final diferente. Como apuntas Fragoso et al. [17], un secado controlado en las etapas iniciales no solo permite dar más fiabilidad al análisis, sino también da una respuesta a las exigencias actuales del mercado de gomitas funcionales, ya que es la humedad la que regula la textura, durabilidad y estabilidad del producto. Sometidos a este proceso de secado, los crisoles fueron pesados en balanza analítica a fin de poder obtener el peso de referencia necesario para el cálculo de humedad.

Tabla V. Análisis físicoquímico % humedad — masas de crisoles (muestras).

No. Muestra	Tipo de Muestra	Masa Crisol Vacío
1	Gomitas nutricionales	22,506
2		22,444

La Tabla V recoge los pesos en vacío de los crisoles que se han utilizado como base del análisis. Conducen con el valor sobre el que se calcula la pérdida de agua tras el secado.

Tabla VI. Análisis físicoquímico % humedad — masas de muestras (g).

No. Muestra	Tipo de Muestra	Masa Crisol Vacío	Masa muestra (g)
1	Gomitas nutricionales	22,506	3,792
2		22,444	4,484

La Tabla VI expone los valores de masas utilizadas para calcular la masa total inicial antes del secado, necesaria para el cálculo del contenido de agua que existe en cada muestra.

Una vez anotados los pesos iniciales, las muestras fueron sometidas a calor hasta una temperatura de 105 °C durante 3 h, y posteriormente colocadas en el desecador hasta llegar a la temperatura ambiente para evitar el reabsorbido de la humedad; posteriormente se registro el peso final para determinar la pérdida de agua.

La aceptación analítica de los resultados se realizará mediante el coeficiente de variación HORWITZ, método de validación muy utilizado en los procesos de validación analíticos [19], siendo los valores obtenidos dentro de los valores aceptables, indicando precisión en las mediciones.

Tales resultados permiten consolidar valores de humedad de 12,47 % (muestra 1) y 12,72 % (muestra 2), con valores medios de 12,6 %, mostrando buenos valores reproductivos entre las

réplicas y entre unos valores que son aceptables de humedad para matrices gelificadas ya que los Pineda et al. [18] argumentan que contribuyen tanto a la textura como a la estabilidad.

Tabla VII. Análisis fisicoquímico % humedad — resultados finales y CV.

No. Muestra	Tipo de Muestra	Fecha de Análisis	Masa Crisol Vacío (g)	Masa Muestra (g)	Masa Crisol + Muestra (g)	% Humedad	Promedio % Humedad	CV	CV Horwitz	Criterio
1	Gomitas	18/07/2024	22,497	3,16	25,263	12,47	12,6	1,43	3,08	aceptable
2	Gomitas	18/07/2024	21,188	3,183	23,966	12,72				

Los resultados confirman homogeneidad en la formulación y control adecuado de la humedad, un atributo indispensable para evitar sinéresis, pegajosidad y degradación microbiológica.

Análisis de azúcares reductores

El análisis se desarrolló por duplicado, siguiendo un método ya estandarizado, de tal forma que se realizaron pesadas de 5 g de muestra que se disolvieron en 500 mL de agua destilada, garantizando de esta manera la homogeneidad de la solución. También realizó el espectrofotómetro las lecturas en ppm a través de la curva de calibración previamente construida.

La determinación de azúcares reductores es de suma importancia en la evaluación de la estabilidad y capacidad funcional del producto. En términos de Calderón Carranza y Cruz Aponte [20], formulaciones enriquecidas por ingredientes funcionales requieren de una caracterización exacta que permite un perfil químico adecuado y atributos saludables.

Para poder lograr la cuantificación se utilizó la curva de calibración validada, cuya linealidad fue comprobada a partir del coeficiente de correlación (0,999343) y coeficiente de determinación (0,998686). Los valores obtenidos corroboran la calidad de dicho método, compatible con los resultados por Cando-Pullupaxi et al. [21] para formulaciones funcionales emergentes.

Resultado base del espectrofotómetro: 436,316 ppm.

Tras corregir los valores en base seca (2,185 g), el porcentaje de azúcares reductores fue:

$$(2) \frac{0.2182 \text{ gr azúcares reductores}}{2.185 \text{ gr goma base seca}} * 100 = 9.98\%$$

El mismo da un valor muy inferior para el contenido azucarado en comparación con las gomitas convencionales, en las que el contenido azucarado es más elevado; lo que puede aportar ventajas nutricionales y sensoriales sin restar calidad.

Microbiología

Las mediciones se realizaron siguiendo las especificaciones de los equipos previamente calibrados. Las muestras se procesaron siguiendo los protocolos de manipulación que nos permitieran minimizar las interferencias, asegurar la reproducibilidad de los resultados y mantener las condiciones iguales a lo largo del estudio.

Se realizaron los ensayos en duplicado a 24 y 48 h. Todos los parámetros (mohos, levaduras, coliformes, aerobios mesófilos y E. coli) se mantuvieron por debajo de los límites establecidos, lo que muestra la inocuidad del producto así como un buen manejo de la materia prima.

Tabla VIII. Resultados microbiológicos

Requisito	Muestra	Recuento	Promedio	Calidad
Mohos y levaduras	1	0	0	BUENA
	2	0		
E-coli	1	0	0	BUENA
	2	0		
Aerobios mesófilos	1	5	5	BUENA
	2	5		
Coliformes totales	1	0	0	BUENA
	2	0		

Los resultados son coherentes con la formulación y los procesos que respetan criterios estrictos de inocuidad.

Discusión

La adición de calcio proveniente de la cáscara de huevo no fue capaz de alterar en particular la dinámica de gelificación, lo que viene a corroborar su compatibilidad frente a la matriz utilizada. La estabilidad del resultado en el contenido de humedad (12,6 %) es el mismo que el que ya se ha dado por Fragoso et al. y Pineda et al. (12,4 % y 12,9 % respectivamente), donde indicaban valores muy similares para productos gelificados enriquecidos, demostrando así que la presencia de minerales no interfiere con la retención de agua ni con la textura final lograda. El bajo coeficiente de variación enfatiza la capacidad de reproducir este sistema y es contrario también a los resultados que se indican a lo largo del proceso.

En lo que respecta a la composición, el valor de azúcares reductores (9,98 %) es menor que el obtenido para las formulaciones convencionales, coincidiendo con las conclusiones que se dan por Calderón Carranza et al. (2012) donde la reducción parcial de azúcares puede dar lugar a perfumes más saludables sin que esto suponga una pérdida del rendimiento analítico ni que interfiere con la linealidad de la curva de calibración. La correlación que se obtuvo (>0,998) reitera la robustez del sistema y su eventual aplicación.

En la esfera de la microbiología, la nula presencia de microorganismos indicadores corrobora la efectividad del tratamiento térmico y del tratamiento ultrasónico aplicado a las cáscaras de los tubérculos, así como del manejo que sigue a la aplicación de estos tratamientos sobre el producto. Esto se alinea con las observaciones previamente comentadas acerca del uso dado a los residuos agroindustriales, en donde los tratamientos combinados permiten disminuir los riesgos asociados a la carga microbiana inicial. El registro del comportamiento observado corrobora que el procedimiento analizado es correcto para matrices gelificadas destinadas al consumo directo.

La evaluación sensorial positiva indica que la integración de calcio no influyó en los atributos sensoriales principales de aceptación. Tal como afirman las investigaciones más recientes

acerca de la reformulación funcional, la inyección de ingredientes provenientes de subproductos puede ser implementada para no restar presentación de la calidad percibida, lo que otorga espacio a la búsqueda de alternativas de valor introducidas con foco en la sostenibilidad.

Aunque los resultados son positivos, hay algunas limitaciones que restringen la extensión de las conclusiones: no se llevó a cabo un estudio de vida útil, no se llevaron a cabo técnicas de caracterización estructural avanzadas, el panel sensorial realizado es reducido y no se evaluó la biodisponibilidad del calcio incorporado. Dichas limitaciones establecen líneas claras para futuras investigaciones enfocadas en validar la estabilidad a largo plazo y profundizar en las interacciones moleculares que presenta el sistema y poder cuantificar el verdadero impacto nutricional.

En lo que respecta a las implicaciones, el estudio pone de manifiesto que se puedan transformar los residuos avícolas en ingredientes funcionales con potencial industrial, proporcionando de este modo una opción en línea con tendencias de sostenibilidad, economía circular y reformulación saludable, lo que posiciona a la matriz desarrollada como una plataforma válida para el diseño de confitería funcional con un valor nutricional mejorado.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación mostraron que la cáscara de huevo sistematizada se puede incorporar a la formulación de gomitas ultrablandas como un ingrediente funcional y se puede usar en su formulación, ya que dicha adición no alteró la estabilidad fisicoquímica del producto ni la inocuidad del mismo. La humedad y el comportamiento de azúcares reductores se equipararon con los parámetros esperados para matrices gelificadas enriquecidas, dando cuenta de la adecuación tecnológica existente entre el mineral y la estructuración de su formulación. Este comportamiento pone en claro que es posible la incorporación de un residuo agroindustrial en un sistema gelificado que no influya sobre sus propiedades primordiales lo cual constituye un aporte significativo al desarrollo de alimentos funcionales sostenibles. La composición mineral característica de la cáscara de huevo respalda su aporte nutricional dentro de la formulación.

La aceptación sensorial obtenida también da cuenta de que el componente fortificante no influyó sobre atributos de percepción esenciales y permite proyectar esta formulación como una potencial alternativa para consumidores que necesitan recurrir a productos con valor nutricional agregado. El adecuado comportamiento microbiológico descrito asegura, por otra parte, tanto la efectividad del protocolo de higienización aplicado como la operatividad de ingredientes derivados de subproductos avícolas en aplicaciones alimentarias.

Si bien los resultados constituyen una evidencia sólida de la viabilidad técnica de la propuesta de investigación, el trabajo que reporta los resultados refleja líneas de investigación que deberían ser exploradas para validar el producto. La falta de pruebas de la caducidad y de las propiedades estructurales y biodisponibilidad del producto, por ejemplo, impide cualquier extrapolación de los resultados en términos de consumo real. Profundizar en esos aspectos permitirá determinar el aporte nutricional del calcio del producto, la estabilidad del sistema tras las condiciones de almacenamiento o la respuesta de un panel más amplio en términos sensoriales, productividad y aceptabilidad. De forma integrada el trabajo aporta una base científica sólida para el aprovechamiento funcional de la cáscara de huevo en productos de confitería, al tiempo

que da cuenta de un camino claro para su optimización y validación en fases posteriores.

Referencias

- [1] M. A. A., “Valorization of bio-waste eggshell as a viable source of die-products,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 102, no. 8, pp. 3193–3203, 2022.
- [2] J. Kobus-Cisowska, A. Korczak, A. Sosnowska, and M. Kaczmarska, “Effect of fortification with calcium from eggshells on selected physicochemical and nutritional properties of a food matrix,” *Journal of Dairy Science*, vol. 103, no. 8, pp. 6501–6512, 2020.
- [3] N. P. Caceres, M. Gonzales Iquira, P. Tanco Fernandez, and I. Acosta Gonzales, “Obtención de citrato de calcio a partir de cáscaras de huevo...,” *Industrial Data*, vol. 28, no. 1, pp. 35–59, 2025.
- [4] M. A. A., “Egg waste valorization: challenges and opportunities for food industry,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2024.
- [5] J. S. Kobus-Cisowska, “Effect of fortification with calcium from eggshells on bioavailability: in vitro digestion study,” *Applied Food Research*, 2020.
- [6] M. Roudbari, M. Barzegar, M. A. Sahari, and H. A. Gavlighi, “Formulation of functional gummy candies containing natural antioxidants and stevia,” *Heliyon*, vol. 10, no. 11, e31581, 2024.
- [7] F. Aiello, A. Tavaglione, G. L. Gorga et al., “Formulation of antioxidant gummies enriched with citrus peel extract,” *Foods*, vol. 13, no. 2, p. 320, 2024.
- [8] M. Ganea et al., “Gelatin-based gummy jellies enriched with oregano oil: impact on functional properties,” *Foods*, vol. 14, no. 3, p. 479, 2025.
- [9] S. Arif and M. I. Azmi, “Effects of eggshell powder supplementation on nutritional and sensory attributes of biscuits,” *Czech Journal of Food Sciences*, 2022.
- [10] ICONTEC, *Productos alimenticios: Gomas, jaleas y masmelos (NTC 5592)*, 2024.
- [11] L. S. Ramírez Aristizábal, L. F. Ospina Ocampo, and Á. M. Arango Londoño, *Manual de microbiología: Guías prácticas de laboratorio*, 2022.
- [12] J. Teixeira-Lemos et al., “Healthy gummy jellies containing natural fruits,” *Food Chemistry*, 2021.
- [13] L. Ge, Y. Chen, and S. Zhu, “Effects of hydrocolloids, acids and nutrients on gelatin networks in gummies,” *Journal of Food Engineering*, 2021.
- [14] A. Pereira, T. Santos, and M. C. Silva, “Physical and sensory evaluation of gummy candies produced with acid-thinned starch,” *LWT*, vol. 163, 113602, 2022.

- [15] N. Cedeño-Pinos et al., “Sage by-products as antioxidant source for jelly candies,” *Food Hydrocolloids*, vol. 141, 108829, 2023.
- [16] S. Charoen, P. Pongsetkul, and T. Klaichoi, “Antioxidant-fortified gummy jelly using plant extracts: formulation and stability,” *International Journal of Food Science & Technology*, 2023.
- [17] V. Gómez, C. López, and L. R. Almeida, “Mineral–gel interaction in fortified gummy systems,” *Food Hydrocolloids*, vol. 142, 108950, 2024.
- [18] M. Torres, F. B. Santos, and L. Vieira, “Calcium-enriched gel matrices for fortified confectionery,” *Food Structure*, vol. 34, 100338, 2024.
- [19] K. Onotse and R. Anih, “Safety and microbiological stability in functional gummy formulations,” *Journal of Food Safety*, vol. 45, e13012, 2025.
- [20] M. Roudbari et al., “Formulation of functional gummy candies containing natural antioxidants and stevia,” *Heliyon*, 2024. (Se mantiene solo una vez: referencia depurada)
- [21] K. E. Cando-Pullupaxi, D. S. Yugcha-Andino, and W. X. Carrera-Borja, “Desarrollo de gomas saludables con adición de CBD no psicoactivo,” *MQR Investigar*, vol. 9, no. 1, 2025.
- [22] E. M. Ochoa-Flórez, Álvaro E. Suárez-Quiñones, and B. A. Sierra-Ortíz, “Desafíos y oportunidades de la economía circular en la industria alimenticia: evolución teórica hacia la sostenibilidad”, *Mundo Fesc*, vol. 12, no. S3, pp. 43–61, Dec. 2022, doi: 10.61799/2216-0388.1298.
- [23] F. . Rodríguez-Fonseca, H. F. Castro-Silva, and M. C. Cordero-Díaz, “Responsabilidad social corporativa: un análisis de caso en asociaciones del sector de restaurantes en Colombia”, *Mundo Fesc*, vol. 11, no. s4, pp. 261–277, Dec. 2021, doi: 10.61799/2216-0388.968.
- [24] L. C. Ovalles-Pabón and A. D. Tovar-Quiroz, “Análisis prácticas asociadas a la sostenibilidad en la cadena de valor del turismo en Norte de Santander”, *Mundo Fesc*, vol. 12, no. S1, pp. 22–35, Dec. 2022, doi: 10.61799/2216-0388.1092.
- [25] S. M. Castro-Escobar, L. Jaimes-Cerveleón, Z. Peñaranda-Ayala, and Z. Nieto-Sánchez, “Seis sigma para la solución de problemas de la calidad. Caso de estudio proceso de envasado de café molido ”, *Mundo Fesc*, vol. 11, no. s4, pp. 170–189, Nov. 2021, doi: 10.61799/2216-0388.953.
- [26] N. A. . Beltrán-Moncada, «Análisis de la Contabilidad Ambiental como Herramienta de Desarrollo Sostenible en Colombia », *reflex. contab.* , vol. 4, n.º 2, pp. 59–72, jul. 2021 doi:10.22463/26655543.3591

[27] A. K. Rojas-Pérez, K. D. Capacho-Rodríguez, y Y. R. Casadiego-Duque, «La Prospectiva de la Gerencia Estratégica y la Responsabilidad Social Empresarial de las Empresas en Colombia», *reflex. contab.* , vol. 3, n.º 1, pp. 95–109, ene. 2020. doi:10.22463/26655543.2898

[28] L. F. . . Mora-Hernández y M. C. Cordero-Díaz, «Contabilidad gerencial y su incidencia en la supervivencia de las Pymes», *reflex. contab.* , vol. 6, n.º 1, pp. 78–90, ene. 2023. doi:10.22463/26655543.3601

[29]A. M. . Díaz– Garzón, «Reportes medioambientales para las empresas y su desarrollo en la contabilidad», *Rev.Investig. Gest*, vol. 2, n.º 1, pp. 20–28, ene. 2019. doi:10.22463/26651408.3741

[30] I. A . Rodríguez Uparela, «Gestion estrategica contable y financiera en Colombia », *Rev.Investig. Gest*, vol. 2, n.º 1, pp. 06–19, ene. 2019. doi: 10.22463/26651408.3748

[31] E. . Santiago-Santiago, «Apalancamiento financiero en tiempo de pandemia por covid-19 como estrategia de sostenibilidad de las empresas en Colombia», *Rev.Investig. Gest*, vol. 5, n.º 1, pp. 06–20, ene. 2022. doi: 10.22463/26651408.3746

[32]L. E. . Quintero – León, «Efectos de la pandemia por covid-19 en las Pymes en Colombia», *Rev.Investig. Gest*, vol. 5, n.º 1, pp. 21–32, ene. 2022. doi:10.22463/26651408.3747