

## Investigación original


**Desarrollo de una barra de chocolate con adición de harina de cáscara de zanahoria**Jorge A. Cardona [jcardona@zamorano.edu](mailto:jcardona@zamorano.edu)

Profesor Pleno

Departamento de Agroindustria

Universidad Zamorano

Honduras

Sandra K. Espinosa Velásquez [sespinoza@zamorano.edu](mailto:sespinoza@zamorano.edu)

Profesora Asistente

Departamento de Agroindustria

Universidad Zamorano

Honduras

Anna S. Valdivia [anna.valdivia.2025@alumni.zamorano.edu](mailto:anna.valdivia.2025@alumni.zamorano.edu)

Departamento de Agroindustria

Universidad Zamorano

Honduras

Edison A. Martínez [edison.martinez.2025@alumni.zamorano.edu](mailto:edison.martinez.2025@alumni.zamorano.edu)

Departamento de Agroindustria

Universidad Zamorano

Honduras

Historial del artículo:

Recibido Enero 29, 2026. Aceptado Mayo 20, 2026. Publicado Junio 30, 2026.

Cómo citar: Cardona, J. A.; Espinosa Velásquez, S. K.; Valdivia, A. S. & Martínez, E. A. (2026). Desarrollo de una barra de chocolate con adición de harina de cáscara de zanahoria. *Ceiba*, 59 (1), 40-51. <https://doi.org/10.5377/y03qtn72>

**Resumen.** El presente estudio tuvo como propósito desarrollar chocolate oscuro (68 % cacao) con inclusión de harina de cáscara de zanahoria (HCZ), aprovechando este coproducto como fuente natural de fibra dietética. La investigación se dividió en tres fases. Inicialmente (fase 1), se elaboró y caracterizó la HCZ, obteniendo un rendimiento de 8.68 %, humedad de 6.67 %, actividad de agua menor a 0.46 y un contenido de fibra dietética de 38 %. En la fase 2, se formularon barras de chocolate con diferentes niveles de inclusión de HCZ (0 %, 3 %, 6 %, 9 % y 12 %) sustituyendo el azúcar. Los resultados mostraron que la incorporación de HCZ generó tonos más anaranjados y valores menores de fuerza de corte y adhesividad. En la evaluación sensorial, el tratamiento con 3 % HCZ obtuvo una aceptación similar al control (me gusta moderadamente), manteniendo sabor, olor y consistencia agradables. Además, los tratamientos con inclusión de 3 % y 6 % HCZ fueron igualmente preferidos que el control. En la fase 3, la etiqueta nutricional de estos productos confirmó que la barra con 6 % de HCZ presentó un menor aporte calórico (170 kcal en una porción de 30 g) y alcanzó el valor óptimo para considerarse como “buena fuente de fibra” (> 3 g/100 g), según la normativa RTCA 67.01.60:23. En conjunto, los resultados demostraron que la adición de HCZ en porcentajes moderados resultó en chocolate con beneficios nutricionales y sensorialmente aceptado. Se recomienda evaluar otras fuentes de fibra en la elaboración de chocolates (oscuro y con leche).

**Palabras clave:** aceptación sensorial, carotenoides, chocolate oscuro, colorimetría, coproductos agroindustriales

## Development of a chocolate bar with added carrot peel flour

**Abstract:** The present study aimed to develop a 68% dark chocolate incorporating carrot peel flour (CPF), using this agro-industrial co-product as a natural source of dietary fiber. The research was divided into three phases. In Phase 1, CPF was produced and characterized, obtaining an 8.68% yield, moisture content of 6.67%, water activity below 0.46, and 38% of dietary fiber. In Phase 2, dark chocolate bars were formulated with various levels of CPF inclusion (0%, 3%, 6%, 9%, and 12%) by partially substituting sugar. The results showed that the incorporation of CPF generated more orange-brown tones and lower values of cutting force and adhesiveness. In the sensory evaluation, the treatment with 3% CPF obtained similar acceptance to the control (“moderately liked”), maintaining pleasant flavor, aroma, and consistency. Moreover, treatments with 3% and 6% CPF were equally preferred as the control. In Phase 3, the nutritional labelling of these products confirmed that the chocolate bar with 6% CPF presented a lower caloric value (170 kcal per 30 g serving) and reached the optimal value to be classified as a “good source of fiber” (>3 g/100 g), according to the RTCA 67.01.60:23 standards. Overall, results demonstrated that inclusion of moderate levels of CPF resulted in dark chocolate with improved nutritional properties and good sensory acceptability. Further studies are recommended to evaluate other fiber sources in the production of both dark and milk chocolates.

**Keywords:** agro-industrial co-products, carotenoids, colorimetry, dark chocolate, sensory acceptance

### Introducción

En los últimos años, las enfermedades asociadas a factores de riesgo metabólico (como la hiperglucemia, la hipertensión, el sobrepeso y la obesidad) han aumentado de forma significativa, posicionándose entre las principales causas de mortalidad a nivel mundial (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2022). Ante este panorama, uno de los mayores desafíos de la industria alimentaria es ofrecer productos que, además de ser convenientes para el consumidor, contribuyan a la salud y cubran necesidades nutricionales específicas. Paralelamente, la producción agrícola genera grandes cantidades de biomasa (Kwan et al., 2018). El aprovechamiento de coproductos de la industria alimentaria trae beneficios, tanto económicos, como ambientales. Actualmente existe un gran interés por parte de la industria de los alimentos para el aprovechamiento de coproductos de frutas y verduras para recuperar una valiosa biomasa (fibra dietética) y diversos nutrientes (Pathania y Kaur, 2022).

Entre estos vegetales, la zanahoria (*Daucus carota* L.) destaca por su valor nutricional. Al ser una raíz, presenta un mayor contenido de azúcares naturales en comparación con otras hortalizas, y es fuente de carotenoides, vitamina E y fibra (Sharma et al, 2012). Estos nutrientes contribuyen a la neutralización de radicales libres, y su consumo regular se asocia con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares, degenerativas y ciertos tipos de cáncer (Valero Gaspar et al., 2018). Además, la fibra dietética aumenta la saciedad, lo que facilita el control y la pérdida de peso (Akhlaghi, 2024), por lo que, se recomienda una ingesta diaria de 20 a 35 g para mejorar el control glucémico e insulínico.

Estudios recientes han evaluado la incorporación

de harina de cáscara de zanahoria (HCZ) en productos de panificación, como galletas, demostrando una alta aceptación sensorial y un aumento significativo en el contenido de fibra dietética (Quitral et al., 2023). Asimismo, se han desarrollado investigaciones que incorporaron harinas de cáscaras de frutas, como la de pitahaya (Melara, 2024) y la cascarilla de cacao (Alvarado y Cruz, 2024) en productos como chocolate y brownies, con el objetivo de aumentar su contenido de fibra y evaluar sus propiedades funcionales.

El chocolate oscuro está elaborado a partir de pasta y manteca de cacao combinadas con azúcares y es un alimento altamente energético (Puchol-Michel et al, 2021). Para ser considerado chocolate, debe contener al menos un 18% de manteca de cacao y un 14% de extracto seco de cacao (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022). A pesar de su popularidad, su alto contenido en grasas y azúcares representa un reto nutricional. La industria chocolatera brinda diversas alternativas de chocolate oscuro dependiendo del porcentaje de cacao que contengan (>60%). La demanda del chocolate negro u oscuro se incrementa cada vez más en la actualidad, no solo por su uso en gastronomía y repostería, sino por sus beneficios para la salud ya que posee más antioxidantes y micronutrientes que el propio té verde (Pinto, 2014).

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar barras de chocolate oscuro 68 % cacao enriquecidas con HCZ, con el fin de mejorar su aporte nutricional particularmente en fibra dietética, sin comprometer sus características sensoriales y fisicoquímicas. Asimismo, se buscó ilustrar el uso de un coproducto agroindustrial revalorizado en alimentación humana.

## Materiales y métodos

### Localización del estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Departamento de Agroindustria de la Universidad Zamorano, ubicada en el km 30 de la carretera de Tegucigalpa hacia Danlí (CA-6), Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras.

### Materias primas

Para la elaboración de HCZ, se utilizaron zanahorias variedad Bangor provenientes de Azacualpa, Santa Bárbara, Honduras y procesadas en Zamorano. Por otro lado, el cacao se obtuvo del Parque Clonal de la Universidad de Zamorano, Honduras. La manteca de cacao se obtuvo a través de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).

### Diseño experimental

El proyecto constó de tres fases, la primera fue la elaboración y caracterización de la HCZ. En esta fase se evaluó el rendimiento, tamaño de partícula, color, contenido de humedad, cenizas, proteína y fibra dietética. Para la primera fase se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones por cada análisis. En la segunda fase, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) al elaborar chocolates con 5 niveles de sustitución parcial de azúcar por HCZ (0, 3%, 6%, 9% y 12%) para un total de 15 unidades experimentales. Los demás ingredientes (nibs de cacao, manteca de cacao, lecitina de soya y saborizante) se mantuvieron en las mismas proporciones en todos los tratamientos. Además, se realizó una evaluación sensorial de aceptación y preferencia, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). Finalmente, en la tercera fase se elaboró la etiqueta nutricional de los tratamientos que no mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto del tratamiento control durante la evaluación sensorial de preferencia. El análisis estadístico se realizó por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación (DUNCAN) con un nivel de confianza del 95 % utilizando el software SAS versión 9.3.

### Fase 1

En esta primera fase del proyecto se elaboró y caracterizó la HCZ siguiendo los métodos descritos a continuación.

*Elaboración de harina de cáscara de zanahoria:* Zanahorias, lavadas con agua y sanitizadas para remover los

restos de materia orgánica de campo, fueron seleccionadas para la extracción de cáscara, tomando en consideración los estándares de calidad (color propio de la variedad, ausencia de podredumbre o defectos por plagas y sin cortes). Se eliminaron aquellas cáscaras con daños físicos o marcas de pudrición. Posteriormente, las cáscaras sanas fueron sometidas a otro lavado con agua, seguido de una desinfección con 100 ppm de cloro durante 5 minutos. Posteriormente, las cáscaras fueron sometidas a escaldado durante 15 segundos, con el propósito de inactivar enzimas y preservar el color (Chimborazo, 2011). Se pesó la materia prima previamente lavada y desinfectada para obtener su peso en húmedo (balanza analítica “Sartorius Practum 6100-1S”). Después se distribuyeron uniformemente los trozos de cáscara y se deshidrataron mediante el uso del deshidratador de bandejas “Lassele DY-110H” a una temperatura constante de 60°C por 11 horas (Quitral et al., 2023). Las cáscaras secas fueron molidas hasta obtener el tamaño de partícula entre 150-450  $\mu\text{m}$  (Dussán-Sarria et al., 2019). La HCZ obtenida fue almacenada en una bolsa hermética sellada al vacío para evitar su deterioro, bajo condiciones controladas de humedad y luz hasta su posterior análisis.

*Rendimiento de la cáscara a harina:* Se pesó la muestra seca de HCZ para obtener su rendimiento final (R%) en comparación a la materia prima inicial mediante un cálculo de diferencia de peso, conociendo la cantidad de cáscara fresca utilizada previo al proceso de secado, siguiendo la siguiente ecuación:

$$[1] \quad R\% = \frac{\text{kg de harina}}{\text{kg de cáscara}} * 100$$

*Contenido de humedad:* Para determinar la humedad de las muestras de harina (H%), se empleó el método estándar AOAC 950.46B. Se pesaron 5 g de muestra en crisoles previamente secados en horno para luego volver a secarlos y pesarlos nuevamente. La diferencia entre el peso inicial y final de los crisoles con la muestra indicó la cantidad de agua evaporada y se utilizó la siguiente ecuación [2] para calcular el porcentaje de humedad en la harina:

$$[2] \quad H\% = \frac{(\text{Peso del crisol+muestra}) - (\text{Peso del crisol+materia saca})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

*Actividad de agua ( $a_w$ ):* Este parámetro se midió utilizando el equipo de AQUALAB. Para llevar a cabo el análisis de actividad de agua, se pesó 1 g de muestra de HCZ y se colocó en el recipiente de muestra, asegurando que cubriera completamente el fondo de la taza antes de correr el análisis. Este procedimiento se repitió tres veces para cada lote.

*Tamaño de partícula:* Para medir el tamaño de partícula obtenido de HCZ se realizó el análisis granulométrico, utilizando los tamices “U.S.A. STANDARD TEST SIEVE” con dimensiones de 1.9 mm (No. 10), 840  $\mu\text{m}$  (No. 20), 590  $\mu\text{m}$  (No. 30), 420  $\mu\text{m}$  (No. 40), 250  $\mu\text{m}$  (No. 60) y 150  $\mu\text{m}$  (No. 100) que fueron previamente limpiados y desinfectados. Se prepararon las muestras, tomando 250 g de HCZ de tres diferentes lotes, y fueron pasados por cada tamiz, los cuales estaban ordenados de manera descendente mediante agitación durante 60 segundos. Finalmente, se tomó en cuenta el peso de cada tamiz junto con la HCZ retenida en la malla y se calculó el porcentaje de material retenido, con respecto al peso total de la muestra (ecuación [3]).

$$[3] \quad \% \text{Retenido} = \left( \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \right) \times 100$$

*Color:* El análisis de color se realizó con el colorímetro Colorflex EZ Hunter  $L^*a^*b^*$  (ASTMD6290) tomando en cuenta la escala de  $L^*a^*b^*$ . A partir de los valores medidos de  $a^*$  y  $b^*$ , se estimaron también el ángulo de matiz (h) y el croma ( $C^*$ ) mediante el análisis en el gráfico cromático, lo que permitió describir con mayor precisión la cualidad cromática y la saturación del color percibido (Praseptiangga et al., 2019).

*Cenizas:* Para este análisis se tomó en cuenta el método AOAC 923.03. Primero, se secaron los crisoles en una mufla a 550°C por cinco horas y posterior reposo (25°C). Posteriormente, se registró el peso de crisoles y muestras (3 g) y se llevaron los crisoles a la mufla (550°C) durante 12 h. Finalmente, se registró el peso y se realizaron los cálculos correspondientes para obtener contenido de ceniza, mediante la siguiente ecuación:

$$[4] \quad \% \text{Ceniza} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{ceniza}) - (\text{Peso de crisol})}{(\text{Peso de la muestra})} \times 100$$

*Proteína:* Para determinar el contenido de proteína en la HCZ, se empleó el método Kjeldahl según la norma AOAC 2001.11 (Valencia, 2022). Se pesó 1 g de la muestra en papel de parafina, se envolvió y colocó en tubos Kjeltel. Además, se pesaron 12 g de sulfato de amonio en papel encerado junto con sacarosa, los cuales se colocaron en tubos para controlar la pérdida de nitrógeno. De manera similar, se pesaron 0.3 g de acetanilida con sacarosa en otros tubos, con el fin de evaluar la eficiencia de la digestión. Las muestras se trasladaron al digestor, donde permanecieron durante 60 minutos para luego ser enfriadas. Para la destilación, se colocó un erlenmeyer de 300 ml y el tubo Kjeltel en el destilador, durante 4 minutos con 80 ml de agua, 50 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% y 30 ml de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ). Finalmente, el líquido resultante se tituló utilizando un agitador magnético y una bureta con 50 ml de ácido clorhídrico (HCl 0.1 M), registrando el

volumen consumido para calcular el contenido de proteína estimado mediante las fórmulas correspondientes.

*Fibra dietética:* La determinación de fibra dietética se realizó siguiendo el método oficial AOAC 985.29 (McCleary, 2023). El análisis se llevó a cabo por triplicado, trabajando con  $1 \pm 0.001$  g de muestra de HCZ y una prueba en blanco, los cuales fueron ingresados posteriormente al analizador de fibra ANKOM. Para ello, se realizaron tres lavados con agua destilada a 60°C durante cinco minutos, con una agitación constante de 65 rpm. Las muestras resultantes se colocaron en crisoles previamente secados, para ser transportadas a una mufla, donde permanecieron durante 24 horas (Vargas et al., 2019). Para el cálculo se utilizó la ecuación [5].

$$[5] \quad \text{Fibra dietética} = \frac{[(R_1 + R_2)/2] - P - A - B}{(M_1 + M_2)/2} \times 100$$

Donde: R= Residuo; P=Proteína; A= Cenizas; B= Blanco; M= Peso de la muestra 1 y 2= Número de muestras

## Fase 2

*Elaboración de chocolate:* La elaboración de la barra de chocolate con HCZ inició con la selección de cacao seco fermentado de manera manual para descartar aquellos que no cumplieron con los estándares de calidad. Posteriormente, el cacao fue sometido a un proceso de tostado (130 °C por 20 minutos) haciendo volteos cada tres minutos (Estufa eléctrica Mabe) con el objetivo de desarrollar compuestos responsables del aroma y sabor característicos del chocolate. Posteriormente se quebraron los granos (nibs) y se removió la cáscara (testa) con la ayuda de la descascarilladora (Cocoatown 1.5' SS304 HT). Posteriormente, los nibs tostados fueron molidos hasta obtener una pasta espesa y fluida. Se realizó el mezclado de los ingredientes incluyendo la HCZ en la refinadora “Cocoatown ECGC-12SLTA”. La masa obtenida fue refinada durante 24 h para reducir el tamaño de las partículas de los ingredientes incorporados. Durante el conchado, la masa de chocolate fue sometida a agitación constante a temperaturas controladas (50-60 °C). La mezcla fue atemperada mediante un ciclo de enfriamiento y recalentamiento controlado con un termómetro infrarrojo tipo pistola “EXTECH 42500”, promoviendo la formación de cristales estables de manteca de cacao (Beckett, 2008). Finalmente, el chocolate atemperado fue vertido en moldes plásticos y sometido a vibración para eliminar burbujas de aire y nivelar la superficie. Luego, los moldes fueron refrigerados para lograr la solidificación completa del producto. Finalmente, las barras de chocolate fueron almacenadas en refrigeración (8°C) hasta su posterior evaluación fisicoquímica y sensorial.

*Análisis sensorial:* Se llevaron a cabo tres pruebas afectivas de aceptación y preferencia, una por cada repetición del experimento, con el objetivo de evaluar las características sensoriales del chocolate con distintos porcentajes de HCZ. En cada sesión se evaluaron los atributos de color, textura, olor, sabor y aceptación general. Se contó con la participación de 120 panelistas y a cada panelista se le entregó una boleta con instrucciones específicas para el análisis. Se incluyó el orden de degustación de las muestras, las cuales fueron codificadas con tres dígitos y posicionadas de manera aleatoria en la bandeja. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, en la que 1 correspondía a “Me disgusta mucho”, 5 a “Indiferente” y 9 a “Me gusta mucho”. Finalmente, se pidió a los panelistas que ordenaran las muestras según su nivel de preferencia, indicando si ya habían probado con anterioridad algún chocolate oscuro.

*Color:* El color de las barras de chocolate elaboradas con HCZ fue evaluado siguiendo el mismo procedimiento previamente descrito en la fase I, garantizando así la uniformidad en la metodología aplicada y la comparabilidad de los resultados obtenidos.

*Perfil de textura:* El método instrumental empleado en este estudio fue la prueba de flexión de tres puntos, un método destructivo que simula el proceso de masticación, aunque no está directamente relacionado con las sensaciones percibidas en boca. La evaluación se realizó con un texturómetro Brookfield CT3, operado mediante el software TexturePro CT V1.2 y equipado con una plataforma de aluminio sobre la cual se colocaron las muestras. Se estableció una velocidad de ensayo de 2 mm/s, determinada mediante pruebas preliminares. La variación en la dureza del producto fue evaluada a los cinco días de haber realizado las barras de chocolate con cada uno de los tratamientos, mientras que las barras se mantuvieron almacenadas a temperatura ambiente (22-25°C).

### Fase 3

*Etiquetado nutricional:* La elaboración de la etiqueta nutricional se llevó a cabo en el laboratorio de nutrición utilizando el software “Food Processor”, declarando la composición de la barra de chocolate con 68 % de cacao. En dicha etiqueta se indicaron los porcentajes de macronutrientes y micronutrientes, conforme a los resultados de los análisis de proteína y fibra dietética. Para realizar la declaración del contenido de energía, carbohidratos, hierro y sodio en la etiqueta nutricional, se utilizaron valores teóricos reportados por Charles (2024), quien declaró la composición nutricional de la zanahoria. Asimismo, se obtuvo el dato de grasa a partir de análisis

bromatológicos realizados a cáscaras de algunos frutos por Vargas et al. (2019), en el cual se resaltó el potencial de la cáscara de zanahoria como subproducto al ser fuente de compuestos bioactivos. Asimismo, se especificó el porcentaje del valor diario (%VD) de estos componentes, de acuerdo con el tamaño de porción sugerido por el RTCA .67.01.60:23.

## Resultados y discusión

### Fase 1

*Elaboración y caracterización de la harina de cáscara de zanahoria:* La evaluación fisicoquímica de coproductos es fundamental dentro de la industria de alimentos, especialmente cuando se busca su incorporación en matrices complejas como el chocolate. En este estudio se caracterizó la HCZ con el objetivo de determinar su potencial como insumo para el desarrollo de barras de chocolate con valor agregado, evaluando parámetros que inciden tanto en la estabilidad como en la aceptabilidad del consumidor.

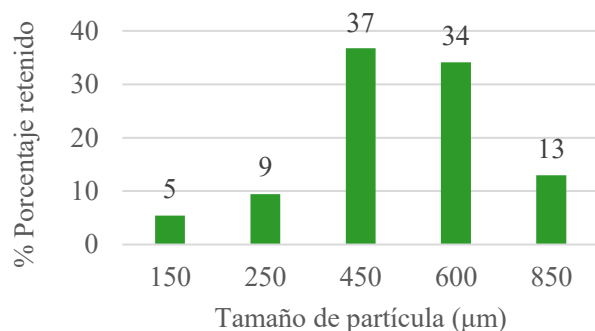
*Rendimiento, humedad y actividad de agua:* El aprovechamiento de la cáscara de zanahoria para la obtención de harina representa una oportunidad para la incorporación de coproductos que generalmente son desechados, conteniendo nutrientes y compuestos que son considerados beneficiosos para la salud. En este estudio, se logró obtener 8.68 g de HCZ a partir de 100 g de cáscara fresca. Estos resultados pueden atribuirse principalmente al alto contenido de agua de la zanahoria (85–90%), lo que genera una drástica reducción de peso tras el secado (Sharma et al., 2012). Además, la cáscara concentra una elevada proporción de fibra dietética insoluble y compuestos estructurales que retienen humedad y reducen la eficiencia de secado (Luca et al., 2021). Estas características explican que la conversión a harina sea limitada en comparación con harinas de cereales o tubérculos, que presentan mayores contenidos de almidón (Osei Tutu et al., 2024).

Además, se determinó un contenido de humedad de 6.67 % en la HCZ. Este resultado de humedad coincide con otros autores que reportan humedades inferiores a 10 % en harinas obtenidas mediante métodos de secado convectivo (Ayua et al., 2017). Según Vera Zambrano et al. (2019), el contenido de humedad de los alimentos es un factor clave que influye en la calidad durante el almacenamiento y contribuye significativamente a reducir las pérdidas poscosecha, al limitar el crecimiento microbiano y mantener la integridad del producto. Por otro lado, Adejumo (2013) indicó que, mantener la humedad de

las harinas por debajo del 14.5 % es fundamental para reducir el riesgo de proliferación de hongos, insectos o deterioro oxidativo durante el almacenamiento.

Otro indicador importante es la actividad de agua ( $a_w$ ) siendo más preciso para evaluar la seguridad microbiológica, que el contenido de humedad. La HCZ de este estudio resultó en una  $a_w$  de 0.46. Jangam y Law (2010), señalan que cuando la  $a_w$  se mantiene por debajo de 0.85, se inhibe el crecimiento bacteriano y a niveles inferiores a 0.62, se restringe el desarrollo de mohos y levaduras.

**Granulometría:** El análisis granulométrico de la HCZ mostró que la mayor proporción de partículas quedó retenida en los tamices intermedios, principalmente en el segundo tamiz (840  $\mu\text{m}$ ) con un 34 % y en el tercer tamiz (590  $\mu\text{m}$ ) con un 37 % (Figura 1). Esto indica que la harina presenta una distribución predominante de partículas gruesas a medianas, mientras que los tamices de menor apertura (250–150  $\mu\text{m}$ ) registraron porcentajes más bajos. Este comportamiento sugiere que el proceso de molienda aplicado no generó una harina completamente refinada. De acuerdo con Tian et al. (2022), para que un material sea denominado harina debe tener fracciones con tamaño inferior a 250  $\mu\text{m}$ , superior a este valor corresponden a partículas más gruesas (*grits* o *semolina*) que aportan una textura arenosa y menor homogeneidad.



**Figura 1.** Porcentaje de harina de cáscara de zanahoria (HCZ) retenida en los diferentes tamices.

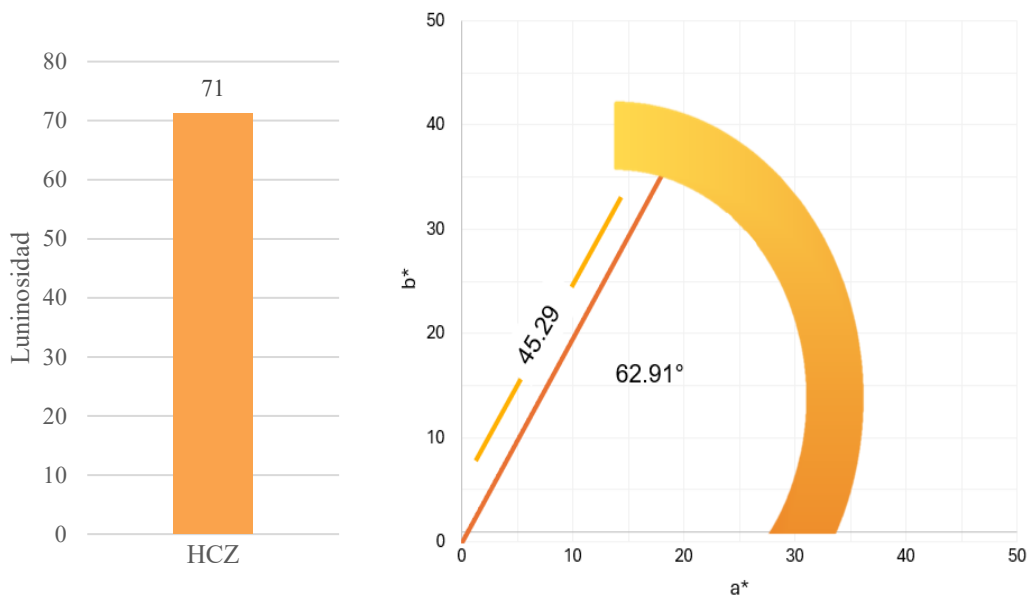
De acuerdo con un estudio de harina a partir de pulpa de zanahoria y manzana, las fracciones de mayor tamaño ( $> 0.7 \text{ mm}$ ) tienden a concentrar compuestos estructurales como fibra dietética y vitaminas, mientras que las fracciones más finas ( $< 0.18 \text{ mm}$ ) presentan mayor concentración de azúcares, fenoles y actividad antioxidante (Salari et al., 2024). En este sentido, el perfil granulométrico obtenido en la HCZ sugiere un alto

potencial como fuente de fibra dietética insoluble, característica valiosa para su incorporación en alimentos, que podría generar beneficios para la salud (Akhlaghi, 2024).

**Color:** El valor promedio de luminosidad obtenido (71.2) indica que la HCZ presentó un color relativamente claro (Figura 2). Resultados similares fueron reportados por Alam et al. (2013), quienes observaron que la harina de pulpa de zanahoria conservó un color estable tras el secado y una luminosidad entre 63 y 75. Por otro lado, el croma con un promedio de 45.3 indicó una saturación moderada, lo que se traduce en un naranja definido y visualmente atractivo. Paralelamente, el ángulo de matiz ( $\sim 63^\circ$ ) se situó en la región rojo-amarillo, confirmando el color característico de este vegetal. El color naranja de la zanahoria se debe a la elevada acumulación de carotenoides, en especial  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno (Ngamwonglumlert et al., 2020). Estos compuestos no sólo determinan la intensidad del color, sino que además poseen relevancia nutricional al actuar como precursores de la vitamina A, lo que refuerza el valor funcional de este vegetal (Song et al., 2024). Estos valores de luminosidad, croma y ángulo de matiz sugieren que, tras el proceso de secado, se mantuvo una buena retención de pigmentos que generan la coloración anaranjada de la zanahoria. El secado por convección con aire caliente a temperaturas moderadas ( $\sim 60^\circ\text{C}$ ), favoreció la conservación de estos compuestos, manteniendo la calidad nutricional y cromática de la harina obtenida (Md Saleh et al., 2020).

**Proteína, fibra dietética y cenizas:** Durante este estudio, la HCZ obtuvo un valor de proteína del 0.68 % (Tabla 1). Esto es congruente con lo reportado por Vargas et al. (2019), quienes evaluaron el contenido de proteína de diferentes frutas y verduras, obteniendo un valor de proteína de 0.67 % en cáscaras de zanahoria. Sin embargo, este resultado es significativamente inferior al reportado por Giang et al. (2024), quienes determinaron que el contenido de proteína a partir de cáscara de zanahoria era de 7.03 %. Diversos estudios han demostrado que la composición nutricional de la zanahoria no es uniforme, sino que depende en gran medida de la variedad genética cultivada (Djoufack et al., 2023).

La fibra dietética desempeña un papel esencial en la salud humana. Su consumo regular está asociado con una menor incidencia de enfermedades crónicas y procesos inflamatorios. Además, mejora la función digestiva, alivia el estreñimiento y ayuda en la regulación del peso corporal (Akhlaghi, 2024). La HCZ desarrollada en este estudio tuvo un contenido de 38 % de fibra dietética (Tabla 1). Quitral et al. (2023), evaluaron el contenido de fibra dietética de la



**Figura 2.** Resultados de colorimetría basados en la luminosidad (izquierda), el ángulo de matiz (hue) y croma (derecha) de la harina de cáscara de zanahoria (HCZ)

**Tabla 1.** Resultados de caracterización de la harina de cáscara de zanahoria (HCZ).

Parámetros evaluados	Media ± D.E. <sup>1</sup>	C.V. <sup>2</sup> (%)
Proteína (%)	0.68 ± 0.04	6.27
Fibra dietética (%)	38.1 ± 2.58	6.78
Cenizas (%)	13.0 ± 0.60	4.64

<sup>1</sup>Desviación estándar. <sup>2</sup>Coefficiente de variación.

HCZ utilizada para la elaboración de galletas, reportando valores similares a los de este estudio.

Los minerales cumplen funciones esenciales en el organismo, como el desarrollo óseo, la función enzimática, la transmisión nerviosa y la respuesta inmunológica (Weyh et al, 2022). Sin embargo, tanto su déficit como su exceso pueden provocar efectos adversos significativos en la salud, por lo que mantener un equilibrio adecuado es fundamental (Razzaque y Wimalawansa, 2025). Durante esta investigación se obtuvo 13 % de cenizas en la HCZ, valor similar a los reportados en otros estudios (Giang et al., 2024) que indicaron que el secado sirvió para concentrar estos compuestos inorgánicos. De acuerdo con Hernández y Blanco (2015), harinas derivadas de zanahoria presentaron valores de cenizas levemente menores, al utilizar todo el tubérculo y no sólo la cáscara. Se ha demostrado que el contenido de minerales en hortalizas varía significativamente según las condiciones agronómicas; factores como la calidad y fermentación del compost aplicado al suelo pueden elevar sustancialmente la concentración de minerales en la raíz comestible al mejorar la salud del suelo y la disponibilidad de elementos esenciales (Lesmana et al., 2022).

**Fase 2**

*Elaboración y caracterización de chocolate con adición de HCZ:* Durante la segunda fase de la investigación se llevó a cabo la evaluación sensorial de barras de chocolate elaboradas con diferentes niveles de inclusión de HCZ (0- 12%), previamente evaluada (fase 1). Este análisis tuvo como objetivo determinar el grado de aceptación y preferencia de consumidores a productos menos dulces y más saludables. De manera complementaria, se realizaron análisis instrumentales para caracterizar propiedades físicas (textura y color) de las barras de chocolate elaboradas. Estos parámetros son importantes, dado que influyen en la aceptación sensorial y en la percepción de valor por parte del consumidor (Hřivna et al, 2021).

*Análisis sensorial de aceptación:* El análisis de aceptación permitió evaluar la percepción de consumidores sobre cinco atributos sensoriales (apariencia, color, olor, sabor y consistencia) y la aceptación general de chocolates con HCZ (Tabla 2). El olor fue el único atributo evaluado que no presentó diferencias debido a la presencia de HCZ en las formulaciones. Los datos de apariencia, percibida principalmente a través de la vista y el tacto (Lawless y Heymann, 2010), mostraron un gusto moderado (7.3-7.7) por los chocolates elaborados. Esto sugiere una buena aceptación de los panelistas a barras de chocolate con los niveles más bajos de HCZ (3 % y 6 %) que no presentaron diferencias contra el control (0 % HCZ). El mismo comportamiento fue observado en color con un gusto moderado y similar aceptación para tratamientos con

**Tabla 2.** Resultados de análisis sensorial de aceptación de chocolate con adición parcial de harina de cáscara de zanahoria (HCZ).

Sustitución HCZ	Apariencia	Color	Olor <sup>NS1</sup>	Sabor	Consistencia	Aceptación general
0%	7.68±1.25 <sup>ab</sup>	7.70±1.21 <sup>a2</sup>	7.27±1.48	7.14±1.86 <sup>a</sup>	7.33±1.51 <sup>a</sup>	7.38±1.42 <sup>a</sup>
3%	7.72±1.19 <sup>a</sup>	7.80±1.15 <sup>a</sup>	7.27±1.44	7.21±1.69 <sup>a</sup>	7.11±1.61 <sup>ab</sup>	7.31±1.45 <sup>a</sup>
6%	7.49±1.28 <sup>bc</sup>	7.70±1.15 <sup>a</sup>	7.27±1.38	6.52±1.96 <sup>b</sup>	6.49±1.77 <sup>d</sup>	6.67±1.71 <sup>b</sup>
9%	7.42±1.40 <sup>c</sup>	7.56±1.36 <sup>b</sup>	7.16±1.42	6.03±2.02 <sup>c</sup>	6.84±1.56 <sup>bc</sup>	6.58±1.61 <sup>bc</sup>
12%	7.26±1.49 <sup>c</sup>	7.52±1.32 <sup>b</sup>	7.18±1.49	5.98±2.11 <sup>c</sup>	6.67±1.72 <sup>cd</sup>	6.44±1.65 <sup>c</sup>
C.V. <sup>3</sup> (%)	12.61	11.36	14.23	24.56	20.45	17.98
Pr>F <sup>4</sup>	<.0001	<.0001	<.0621	<.0001	<.0001	<.0001

<sup>1</sup>No existen diferencias significativas. <sup>2</sup>Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (p<0.05).

<sup>3</sup>Coefficiente de variación. <sup>4</sup>Probabilidad y valor F.

niveles más bajos de inclusión de HCZ. Altos niveles de HCZ (9-12 %) resultaron en una aceptación menor. El color del chocolate se ve principalmente afectado por el proceso de tostado, en el que las reacciones de Maillard producen melanoidinas que determinan su tonalidad característica (Afoakwa, 2016). Este color oscuro, típico de los chocolates con alto contenido de cacao, resulta atractivo para los consumidores al asociarse con sabores intensos y amargos (Dias et al, 2023).

El sabor del chocolate, esencial para su aceptación, requiere un equilibrio entre dulzor, amargor y notas aromáticas que influyen en su calidad sensorial (Konar et al., 2016). En la evaluación sensorial realizada, el tratamiento con un 3 % HCZ obtuvo una aceptación similar al control (Tabla 2), demostrando que el sabor de la barra con incorporación baja de HCZ no afectó negativamente la percepción de los panelistas. El sabor del chocolate está influenciado por compuestos volátiles, el contenido de cacao y procesos como el tostado y la conchadura, que determinan su perfil sensorial (Afoakwa, 2010). Adicionalmente, al incrementar el nivel de sustitución de HCZ en la formulación (≥6%), la aceptación sensorial disminuyó. Esto puede ser explicado por la reducción de azúcar en la formulación de chocolate al introducir HCZ, reduciendo así la dulzura.

Según los resultados obtenidos, la mayor aceptación de consistencia fue observada en el control y en la muestra con menor inclusión de HCZ (Tabla 2). Estos datos sugieren que la incorporación moderada de HCZ (≥6%) modificó la percepción de consistencia. A nivel general, los panelistas otorgaron aceptación moderada a los tratamientos presentados, especialmente al control y al tratamiento con 3 % HCZ y estos no presentaron diferencias en ningún atributo sensorial evaluado (p>0.05). Por otro lado, los tratamientos con mayores concentraciones de ingredientes sólidos (9 % y 12 %) presentaron las menores evaluaciones en todos los atributos clasificados como “me gusta poco” en la escala hedónica. El impacto de concentraciones más altas de ingredientes sólidos puede

afectar negativamente las propiedades sensoriales del chocolate, alterando la percepción de los evaluadores debido a cambios en la textura y el sabor (Ordoñez et al, 2023). Estos hallazgos destacan la importancia de optimizar las concentraciones de coproductos y su tamaño de partícula para mantener la calidad sensorial del chocolate y aportar valor nutricional adicional.

*Análisis sensorial de preferencia:* Se contó con 120 respuestas para esta prueba. Con el apoyo del cuadro de valor crítico de la suma de categorías, se determinó que los chocolates con inclusión de 3 % y 6 % de HCZ no presentaron diferencias significativas respecto al control, lo que indica igual preferencia para estas tres opciones. El tratamiento con 3 % HCZ y el control también tuvieron igual aceptación y el tratamiento con 6 % HCZ tuvo puntuaciones similares en tres de los 6 atributos de aceptación evaluados.

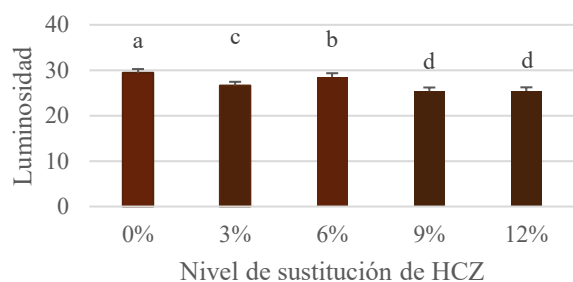
*Color:* La medición del color en productos alimenticios se ha utilizado como una medida indirecta de otros atributos de calidad, como el sabor y el contenido de pigmentos, debido a su mayor simplicidad, rapidez y buena correlación con otras propiedades fisicoquímicas del producto (Pathare et al., 2013). El análisis del color en chocolates con diferentes concentraciones de HCZ reveló variaciones leves en luminosidad (L\*) dado que los valores oscilaron entre 25 y 29 (Figura 3), indicando un color oscuro característico de chocolate. Estos resultados se atribuyen a los polifenoles y productos de la reacción de Maillard formados durante el tostado del cacao, que generan tonos cálidos y densos, con valores de luminosidad bajos (Escoto, 2014). Asimismo, la presencia de taninos juega un rol importante en el color del chocolate, dado que participa en las reacciones de pardeamiento enzimático, contribuyendo en la formación de pigmentos oscuros que generan ese marrón profundo (Ackar et al., 2013).

Las formulaciones con 9 % y 12 % de HCZ presentaron valores de luminosidad (L\*) significativamente menores, lo que indica una pérdida de brillo y una mayor opacidad de la barra. Este efecto puede explicarse por la alta

**Tabla 3.** Resultados de análisis de perfil de textura aplicado a los tratamientos con adición parcial de harina de cáscara de zanahoria (HCZ).

Sustitución HCZ	Fuerza de corte (N)	Adhesividad (N)	Trabajo (mJ)
0%	58.65±0.83 <sup>a1</sup>	0.58±0.09 <sup>a</sup>	10.5±0.71 <sup>b</sup>
3%	50.65±1.27 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>b</sup>	7.98±0.75 <sup>c</sup>
6%	50.25±2.00 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>b</sup>	6.14±0.61 <sup>d</sup>
9%	49.82±0.65 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>b</sup>	8.85±0.50 <sup>c</sup>
12%	49.72±0.19 <sup>b</sup>	0.49±0.01 <sup>b</sup>	13.4±1.10 <sup>a</sup>
C.V. <sup>2</sup> (%)	1.77	1.67	8.13
Pr>F <sup>3</sup>	0.0001	0.0001	0.0001

<sup>1</sup>Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (p<0.05). <sup>2</sup>Coefficiente de variación. <sup>3</sup>Probabilidad y valor F.



**Figura 3.** Resultados de luminosidad de las barras de chocolate con inclusión de harina de cáscara de zanahoria (HCZ).

densidad de partículas fibrosas y pigmentos, que incrementan la absorción y la dispersión interna de la luz, lo que reduce la reflexión superficial. Asimismo, la acumulación de carotenoides y compuestos fenólicos puede intensificar las reacciones de pardeamiento no enzimático durante el conchado, lo que da lugar a tonos más oscuros y mates (Vasugi et al., 2019).

*Perfil de textura:* Se evaluaron parámetros de fuerza (N), pico de deformación (mm), trabajo (mJ) y adhesividad (N) del chocolate al 68 % de cacao bajo los diferentes tratamientos con adición de HCZ (Tabla 3). El control presenta la fuerza más alta (59 N), superior a los tratamientos con HCZ (~50 N). La incorporación de fibra vegetal, como el bagazo de frutas, en productos alimenticios reduce la firmeza estructural, probablemente debido a la fibra insoluble que interfiere con la matriz del producto y aumenta la retención de agua, suavizando su textura (Dhingra et al., 2015). En formulaciones de chocolate oscuro con sustitutos como inulina o fibra vegetal, se observó una reducción similar en dureza, atribuida a la interrupción de la red cristalina de la manteca de cacao (Berk et al., 2024).

La adhesividad mostró una media alta en el control (0.58 N) y disminuye a un valor constante con la inclusión

de HCZ en la formulación, independientemente del nivel de sustitución (0.49 N). Esto sugiere que la HCZ estabilizó la pegajosidad de los chocolates. Esto se explica por la capacidad de la fibra (soluble e insoluble) para absorber humedad, reduciendo interacciones entre manteca de cacao y azúcares. En chocolates oscuros fortificados con subproductos vegetales, la baja adhesividad se relaciona con una menor retención de humedad superficial, lo que ayuda a prevenir defectos como el *blooming* durante el almacenamiento (Verbeke et al., 2024)

El trabajo osciló entre 6.14 y 13.4 mJ sin un patrón definido entre tratamientos. En el caso del tratamiento con 6% HCZ, la baja deformación combinada con fuerza moderada resultó en menor energía absorbida, ideal para texturas frágiles. Por su parte, en el tratamiento con 12 % HCZ, mayor deformación indicó ductilidad aumentada. La fortificación de productos alimenticios, como el chocolate, con subproductos vegetales ricos en fibra muestra que la cohesión estructural disminuye en niveles intermedios de incorporación debido a la dilución de sólidos, mientras que en niveles altos la retención de humedad fortalece la matriz del producto (Elleuch et al., 2015). En chocolates con aditivos vegetales, el trabajo se incrementa ligeramente, reflejando mayor masticabilidad. En formulaciones modernas, como pasteles con harina de zanahoria, la textura se optimiza en niveles intermedios (10%), logrando un equilibrio entre crujiente y masticable sin comprometer la percepción sensorial (Kausar et al., 2024).

**Fase 3**

*Elaboración de la etiqueta nutricional:* La tercera fase de este estudio se centró en el diseño y elaboración de etiquetas nutricionales para barras de chocolate con adición de HCZ que presentaron mejores resultados en la evaluación sensorial (aceptación y preferencia), para cuantificar sus beneficios nutricionales y contrastarlos con la barra control (0 % HCZ). La elaboración de etiquetas nutricionales no solo responde a un requisito normativo

**Tabla 4.** Resultados del etiquetado nutricional del tratamiento control y las barras con inclusión al 3% y 6% de harina de cáscara de zanahoria (HCZ).

Energía y nutrientes	HCZ 0% (control)		HCZ 3%		HCZ 6%	
	Aporte	VD <sup>1</sup> (%)	Aporte	VD (%)	Aporte	VD (%)
Calorías (kcal)	180	-	180	-	170	-
Grasa total (g)	12	15	12	15	11	14
Proteína (g)	0	0	0	0	1	2
Fibra dietética (g)	0	0	1	4	3	11
Azúcares añadidos (g)	9	18	8	16	7	14

<sup>1</sup>Valor diario.

para su comercialización, sino que además permite traducir la información técnica para que los consumidores conozcan la composición de los alimentos que ingieren, favoreciendo una comunicación clara sobre el aporte nutricional del producto (Miller y Cassady, 2015). En este contexto, la incorporación de HCZ en la formulación de chocolates resaltó su potencial como ingrediente funcional, particularmente por su contribución al contenido de fibra dietética y reducción de azúcares añadidos (Tabla 4).

En este estudio se observaron cambios nutricionales mínimos debido a la inclusión de 3 % HCZ. No se evidenciaron reducciones en calorías y grasa total, sólo presencia de fibra (4 %) que no permite declaración alguna de esta inclusión en la etiqueta, y la reducción de 1 g de azúcares (11 %) por porción. Al duplicar la sustitución de azúcar (6 % HCZ), se observaron mejores resultados nutricionales. Hubo reducción de 10 cal por porción (6 %), 1 g de grasa (8 %) y 2 g de azúcares (22 %), a la vez que se evidenció la presencia de proteína (1 g) y fibra (3 g), haciendo a este producto una “buena fuente de fibra” de acuerdo con el Reglamento Técnico Centroamericano [RTCA] (2012).

### Conclusiones

La HCZ presentó un color anaranjado claro, una actividad de agua baja y un alto contenido de fibra dietética, aunque con un bajo rendimiento durante su obtención. La adición de este coproducto aportó tonalidades más anaranjadas en las barras de chocolate, aunque los valores de luminosidad fueron bajos, característicos de un producto oscuro como el chocolate. Los tratamientos con inclusión de HCZ mostraron valores menores de fuerza de corte y adhesividad.

La barra de chocolate con la menor inclusión de HCZ (3 %) presentó la mayor aceptación junto al tratamiento control, mientras que los tratamientos con inclusiones de (3 % y 6 %) fueron igualmente preferidos que el control durante el análisis sensorial. La barra de chocolate con inclusión de 6 % de HCZ mostró cambios significativos en el contenido de fibra dietética y reducción

de azúcares respecto al control de acuerdo con su etiquetado nutricional.

Para futuras investigaciones se recomienda analizar el contenido de betacaroteno, minerales y otros nutrientes en la HCZ y evaluar si estos sufren algún cambio durante el proceso de secado. Asimismo, se recomienda mantener un tamaño de partícula homogéneo y más pequeño de la HCZ para disminuir el impacto en la textura del chocolate. Por último, se recomienda estudiar el impacto de la HCZ en distintos porcentajes de adición y evaluar su efecto en las características físicas, sensoriales y nutricionales en este y otros productos alimenticios.

### Contribuciones de los autores

**J. A. Cardona:** Conceptualización; investigación; redacción; revisión y edición. **S. K. Espinosa Velásquez:** Metodología; revisión y edición. **A. S. Valdivia:** Conceptualización; metodología; investigación; curación de datos; visualización; preparación y redacción. **E. A. Martínez:** Conceptualización; metodología; investigación; curación de datos; visualización; preparación y redacción.

### Referencias

- Ackar, D., Valek Lendić, K., Valek, M., Šubarić, D., Miličević, B., Babić, J., Nedić, I. (2013). Cocoa Polyphenols: Can We Consider Cocoa and Chocolate as Potential Functional Food? *Journal of Chemistry*, Artículo 289392. Publicación en línea avanzada. [\[En línea\]](#)
- Adejumo, B.A. (2013). Some Quality Attributes of Locally Produced Wheat Flour in Storage. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 5(2), 2319–2399. [\[En línea\]](#)
- Afoakwa, E.O. (2010). *Chocolate Science and Technology* (2a ed.). Wiley-Blackwell. [\[En línea\]](#)
- Afoakwa, E. (2016). Industrial chocolate manufacture – processes and factors influencing quality. En E.O. Afoakwa (Ed.), *Chocolate Science and Technology* (pp. 117–153). Wiley. [\[En línea\]](#)
- Akhlaghi, M. (2024). The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 64(10):3139–3150. [\[En línea\]](#)

- Alam, S., Gupta, K., Khaira, H., Javed M. (2013). Quality of dried carrot pomace powder as affected by pretreatments and methods of drying. *CIGR Journal*, 15(4).
- Alvarado, K., Cruz, R. (2024). *Desarrollo de harina a base de cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para la elaboración de productos de panificación y chocolatería* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [\[En línea\]](#)
- Ayua, E., Mugalavai, V., Simon, J., Weller, S., Obura, P., Nyabinda, N. (2017). Comparison of a mixed modes solar dryer to a direct mode solar dryer for African indigenous vegetable and chili processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), 13216. [\[En línea\]](#)
- Beckett, S.T. (2008). *The Science of Chocolate* (3a ed.). The Royal Society of Chemistry. [\[En línea\]](#)
- Berk, B., Cosar, S., Mazı, B.G., Oztop, M.H. (2024). Textural, rheological, melting properties, particle size distribution, and NMR relaxometry of cocoa hazelnut spread with inulin-stevia addition as sugar replacer. *Journal of Texture Studies*, 55(2), e12834. [\[En línea\]](#)
- Charles, R. (2024). *Desarrollo de una sopa a base de vegetales fuente de proteína, fibra y vitamina A para escolares* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [\[En línea\]](#)
- Chimborazo, M. (2011). *Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (Citrus sinensis)* [Trabajo de Investigación Sistema Tutorial]. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. [\[En línea\]](#)
- Dias, A.L.d.S., Fenger, J.A., Meudec, E., Verbaere, A., Costet, P., Hue, C., Coste, F., Lair, S., Cheyner, V., Boulet, J.C., Sommerer, N. (2023). Shades of Fine Dark Chocolate Colors: Polyphenol Metabolomics and Molecular Networking to Enlighten the Brown from the Black. *Metabolites* 13, 667. [\[En línea\]](#)
- Djoufack, M.M.T., Kouam, E.B., Foko, E.M.K., Anoumaa, M., Kaktcham, P.M., Zambou, F.N. (2023). Sensory quality and nutritional composition of carrot (*Daucus carota* L.) genotypes as affected by fertilization in production system in Cameroon. *CABI Agriculture and Bioscience*, 4(1). [\[En línea\]](#)
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D.L., Camacho-Tamayo, J.H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(5), 3–10. [\[En línea\]](#)
- Escoto, M. (2014). *Desarrollo de una barra de chocolate oscuro evaluando dos edulcorantes en tres concentraciones* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [\[En línea\]](#)
- Giang, N.T., Le Hang, T.T., Loan, P.P., Le Loan, T.T. (2024). Effect of Drying Temperature on the Physico-Chemical Properties of Carrot Peel Powder. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 37(3). [\[En línea\]](#)
- Hernández, R., Blanco, D. (2015). Evaluación de polvos de zanahoria obtenidos por deshidratación por aire forzado a diferentes temperaturas. *Idesia (Arica)*, 33(4), 75–80. [\[En línea\]](#)
- Hřivna, L., Machálková, L., Burešová, I., Nedomová, Š., Grego, T. (2021). Texture, color, and sensory changes occurring in chocolate bars with filling during storage. *Food Sci & Nutr*. 9:4863-4873. [\[En línea\]](#)
- Jangam, S., Law, A. (2010). *Drying of foods, vegetables and fruits*. Mechanical Engineering Department & M3TC National University of Singapore. [\[En línea\]](#)
- Kausar, T., Laaraj, S., Hussain, A., Noutfia, Y., Bouhrim, M., Mothana, R.A., Noman, O.M., Mubashar, A., Firdous, N., Ali, S., Yaqub, S., Elfazazi, K. (2024). Use of dehydrated carrot (*Daucus carota*) pomace and almond (*Prunus dulcis*) powder for partial replacement of wheat flour in cake: effect on product quality and acceptability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, Artículo 1443841. [\[En línea\]](#)
- Konar, N., Toker, O.S., Oba, S., Sagdic, O. (2016). Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 35–44. [\[En línea\]](#)
- Kwan, T.H., Ong, K.L., Haque, M.A., Tang, W., Kulkarni, S., Lin, C. S. K. (2018). High fructose syrup production from mixed food and beverage waste hydrolysate at laboratory and pilot scales. *Food and Bioprocess Processing*, 111, 141–152. [\[En línea\]](#)
- Lawless, H.T., Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food* (2a ed.). Springer New York. [\[En línea\]](#)
- Lesmana, D., Vianney, Y.M., Goenawan, Y.A., Natalie, K., Sukweenadhi, J., Buschle-Diller, G., Mukti, Y.P., Erawati, C.M., Purwanto, M. G. M. (2022). Valorization of Peel-Based Agro-Waste Flour for Food Products: A Systematic Review on Proximate Composition and Functional Properties. *ACS Food Science & Technology*, 2(1), 3–20. [\[En línea\]](#)
- Luca, M.I., Ungureanu-Iuga, M., Mironeasa, S. (2021). The effects of drying methods on the characteristics of carrot pomace – a minireview. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 27(1), 21–26.
- McCleary, B.V. (2023). Measurement of Dietary Fiber: Which AOAC Official Method of Analysis SM to Use. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 106(4), 917–930. [\[En línea\]](#)
- Md Saleh, R., Kulig, B., Hensel, O., Sturm, B. (2020). Investigation of dynamic quality changes and optimization of drying parameters of carrots (*Daucus carota* var. *laguna*). *Journal of Food Process Engineering*, 43(2), Artículo 13314. [\[En línea\]](#)
- Melara, J. (2024). *Desarrollo de chocolate con adición de harina de cáscara de pitahaya (Selenicereus costarricensis) como fuente de fibra dietética y compuestos antioxidantes* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [\[En línea\]](#)
- Miller, L.M., Cassady, D.L. (2015) The effects of nutrition knowledge on food label use. A review of the literature. *Appetite*. 92:207-16. [\[En línea\]](#)

- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., Chiewchan, N., Raghavan, V. (2020). Plant carotenoids evolution during cultivation, postharvest storage, and food processing: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1561–1604. [\[En línea\]](#)
- Ordoñez, E.S., Calderón, J., Reategui, D. (2023). Effect of particle size on sensory and bioactive properties of chocolates with *Physalis peruviana* L and *Vaccinium* spp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. [\[En línea\]](#)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2022). *Norma para el chocolate y los productos del chocolate. (CXS 87-1981)*. [\[En línea\]](#)
- Organización Panamericana de la salud. (2022). *Enfermedades no transmisibles*. [\[En línea\]](#)
- Osei Tutu, C., Amisshah, J.G.N., Amisshah, J.N., Akonor, P.T., Budu, A.S., Saalia, F.K. (2024). Physical, chemical, and rheological properties of flour from accessions of Frafra potato (*Solenostemon rotundifolius*). *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100974. [\[En línea\]](#)
- Pathania, S., Kaur, N. (2022). Utilization of fruits and vegetables by-products for isolation of dietary fibres and its potential application as functional ingredients. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 27, 100295, ISSN 2212-6198, [\[En línea\]](#).
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. [\[En línea\]](#)
- Pinto, K. (2014). *Plan de marketing internacional para la comercialización y distribución de chocolate oscuro para la expansión a nuevos mercados latinoamericanos* [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. [\[En línea\]](#)
- Praseptianga, D., Invicta, S.E., Khasanah, L. U. (2019). Sensory and physicochemical characteristics of dark chocolate bar with addition of cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) bark oleoresin microcapsule. *Journal of Food Science and Technology*, 56(9), 4323–4332. [\[En línea\]](#)
- Puchol-Miquel, M., Palomares, C., Barat, J.M., Perez-Estève, E. (2021). Formulation and physico-chemical and sensory characterisation of chocolate made from reconstituted cocoa liquor and high cocoa content. *LWT*, 137, 110492, ISSN 0023-6438, [\[En línea\]](#).
- Quitral, V., Flores, M., Plaza, K., Quezada, F., Arce, H. (2023). Harina de cáscara de zanahorias como ingrediente en la elaboración de galletas. *Revista Chilena De Nutrición*, 50(2), 226–232. [\[En línea\]](#)
- Razzaque, M.S., Wimalawansa, S.J. (2025). Minerals and Human Health: From Deficiency to Toxicity. *Nutrients*, 17(3), 454. [\[En línea\]](#)
- Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) (2012). *Etiquetado Nutricional De Productos Alimenticios Preenvasados Para Consumo Humano Para La Población a Partir de 3 Años de Edad. (67.01.60:10)*. [\[En línea\]](#)
- Rosmindari, S., Saputro, A.D., Bintoro, N. (2023). Changes of Dark Couverture Chocolate Hardness During Storage Tempered Using Automatic Tempering Machine with Tank and Tempering Temperature as Variables. *BIO Web of Conferences*, 80, 4002. [\[En línea\]](#)
- Salari, S., Ferreira, J., Lima, A., Sousa, I. (2024). Effects of Particle Size on Physicochemical and Nutritional Properties and Antioxidant Activity of Apple and Carrot Pomaces. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(5). [\[En línea\]](#)
- Sharma, K.D., Karki, S., Thakur, N.S., Attri, S. (2012). Chemical composition, functional properties and processing of carrot—a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 22–32. [\[En línea\]](#)
- Sharoba, M., Farag, A. y Abd El-Salam, M. (2013). Utilization of some fruits and vegetables waste as a source of dietary fiber and its effect on the cake making and its quality attributes. *Journal of Agroalimentary Processes and*, 19(4), 429–444. [\[En línea\]](#)
- Song, H., Lu, Q., Song, T., Gao, C., Zhu, W., Guo, X. (2024). Study on the Mechanism of Carotenoid Production and Accumulation in Orange Red Carrot (*Daucus carota* L.). *Scientia Horticulturae*, 327, 112825. [\[En línea\]](#)
- Tian, X., Wang, X., Wang, Z., Sun, B., Wang, F., Ma, S., Gu, Y., Qian, X. (2022). Particle size distribution control during wheat milling: nutritional quality and functional basis of flour products—a comprehensive review. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(12), 7556–7572. [\[En línea\]](#)
- Valencia, S. (2022). Publicación: *Validación del método de proteína por medio de la determinación de nitrógeno por procedimiento Kjeldahl para derivados cárnicos. AOAC 2001.11* [Trabajo de Grado]. Universidad de Antioquia. [\[En línea\]](#)
- Valero Gaspar, T., Rodríguez Alonso, P., Ruiz Moreno, E., Ávila Torres, J.M., Varela Moreiras, G. (2018). *La alimentación española: características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta* (2a ed.). Roal.
- Vargas, M., Brito, H., Cortez, A., López, M., Huchin, M. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA Ergo-Sum*, 26(2).
- Vasugi, N., Amsamani, S., Sunitha, R. (2019). Assessment of reflectance index of selected vegetable fibres. *Asian Journal of Multidimensional Research (AJMR)*, 8(3), 119. [\[En línea\]](#)
- Vera Zambrano, M., Dutta, B., Mercer, D.G., MacLean, H.L., Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 484–496. [\[En línea\]](#)
- Verbeke, C., Debonne, E., Versele, S., van Bockstaele, F., Eeckhout, M. (2024). Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(16). [\[En línea\]](#).
- Weyh, C., Krüger, K., Peeling, P., Castell, L. (2022). The Role of Minerals in the Optimal Functioning of the Immune System. *Nutrients*. 14(3):644. [\[En línea\]](#)