

**EXTRACCIÓN DE CAROTENO A PARTIR
DE SUBPRODUCTOS DE ZANAHORIA Y SU
APLICACIÓN EN SNACKS DE MAÍZ MOROCHO
(*ZEА MAYS* SUBSP. LUXURIANS D.) Y MAÍZ NEGRO
(*ZEА MAYS* VAR. ALBORUBRO-ORNIS G.)**

**EXTRACTION OF CAROTENES FROM CARROT BY-
PRODUCTS AND THEIR APPLICATION IN SNACKS MADE
FROM MOROCHO CORN (*ZEА MAYS* SUBSP. LUXURIANS D.)
AND BLACK CORN (*ZEА MAYS* VAR. ALBORUBRO-ORNIS G.)**

Recibido: 06/11/2025 - **Aceptado:** 11/11/2025

Andrea Verónica Delgado Ramos

Profesor de la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la
Universidad Técnica de Ambato
Ambato – Ecuador

Magister en Química mención Química Física de la Universidad Técnica de Ambato

av.delgado@uta.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-4819-5105>

Juan Jair Gómez Sancho

Investigador independiente
Ambato – Ecuador

Ingeniero en Alimentos en la Universidad Técnica de Ambato

jgomez8414@uta.edu.ec

Jimmy Jorge Ramón Moreno

Estudiante de la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la
Universidad Técnica de Ambato
Ambato-Tungurahua

jramon3985@uta.edu.ec

Cómo citar este artículo:

Delgado, A., Gómez, J., & Ramón, J, (Enero – diciembre 2025). Extracción de caroteno a partir de subproductos de zanahoria y su aplicación en snacks de maíz morocho (*Zea mays* subsp. *luxurians* D.) y maíz negro (*Zea mays* var. *alborubro-ornis* G.). *Tierra Infinita* (11), 149 – 158. <https://doi.org/10.32645/26028131.1418>



Resumen

El estudio tuvo como propósito extraer caroteno de subproductos agroindustriales de zanahoria (*Daucus carota* L.) y su aplicación en snacks elaborados con maíz morocho (*Zea mays subsp. luxurians* D.) y maíz negro (*Zea mays var. Alborubroornis* G.), a fin de aprovechar materias primas tradicionales y mejorar el valor nutricional del producto. Se empleó un proceso de extracción asistida por microondas a 14 W y en aceite de linaza como solvente, el pigmento obtenido fue incorporado a los snacks en diferentes niveles. Una vez ya obtenidos los snacks, se realizó análisis sensoriales para determinar las formulaciones con mayor aceptación, junto con evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas para que verifiquen su calidad y cumplimiento con la normativa INEN 2570. Los resultados mostraron que las formulaciones A1B2 (maíz morocho con 25% de caroteno) y A2B2 (maíz negro con 25% de caroteno) presentaron valores adecuados de pH (6,45), acidez (0,2%), humedad (6,13% y 6,26%), proteína (9,6% y 9,1%), grasa (6,7% y 6,9%), fibra cruda (2,7% y 2,2%), cenizas (1,8% y 1,9%) y carbohidratos totales (73,07% y 73,64%), respectivamente. No se observaron pérdidas significativas de caroteno durante el proceso, mejoró el color del producto y permitió que se obtuviera snacks con un buen valor nutricional, características sensoriales agradables, potencial para posicionarse como una alternativa saludable y sostenible en el mercado.

clave: maíz morocho, maíz negro, caroteno, snacks funcionales, subproductos agroindustriales.

Abstract

The purpose of this study was to extract carotene from agro-industrial by-products of carrots (*Daucus carota* L.) and apply it to snacks made from morocho corn (*Zea mays subsp. luxurians* D.) and black corn (*Zea mays var. Alborubroornis* G.), in order to make use of traditional raw materials and improve the nutritional value of the product. A microwave-assisted extraction process at 14 W was used with linseed oil as a solvent, and the pigment obtained was incorporated into the snacks at different concentrations. Once the snacks were obtained, sensory analyses were performed to determine the most acceptable formulations, along with physicochemical and microbiological evaluations to verify their quality and compliance with the INEN 2570 regulations. The results showed that formulations A1B2 (morocho corn with 25% carotene) and A2B2 (black corn with 25% carotene) had adequate values for pH (6.45), acidity (0.2%), moisture (6.13% and 6.26%), protein (9.6% and 9.1%), fat (6.7% and 6.9%), crude fiber (2.7% and 2.2%), ash (1.8% and 1.9%), and total carbohydrates (73.07% and 73.64%). No significant carotene losses were observed during the process, the color of the product improved, and snacks with good nutritional value, pleasant sensory characteristics, and the potential to position themselves as a healthy and sustainable alternative in the market were obtained.

Keywords: morocho corn, black corn, β -carotene, functional snacks, agro-inustrial by products.

Introducción

Los *snacks* son aperitivos ligeros consumidos entre comidas que pueden ser saludables o carecer de valor nutricional. Estas porciones de alimento cumplen diversas funciones como saciar el hambre, otorgar entretenimiento al instante o únicamente complacer el paladar, por lo que a través del tiempo se convirtieron en elementos indispensables en la vida diaria (Clementz & Delmoro, 2019). Actualmente existe una notable preocupación por la composición nutricional en los alimentos que son listos para consumo, por lo que los *snacks* saludables se consideran una opción en la dieta diaria para proporcionar un aporte nutricional y constante al cuerpo, además de contribuir al metabolismo y proporcionar energía (Mera & Ponce, 2022).

El mercado global de *snacks* a partir del 2019, según Statista (2022), evidencia un consumo per cápita de *snacks* y tentempiés de 8,9 kilogramos per capita, mientras que las papas fritas mantienen un nivel del 75% en la cuota de mercado, destacando que la mayoría de estas transacciones se dan en tiendas físicas con un 76,2% del total de ventas. El mercado de *snacks* en Ecuador llegó a un valor de 2.400 millones en el año 2022, incrementando un 4,7% desde el 2021, lo que evidencia un constante crecimiento del mercado de *snacks* (Morales & Castillo, 2022). Los hábitos de consumo han presentado cambios notables, con una preferencia hacia alimentos saludables y listos para consumir, por lo que las industrias han lanzado constantemente alternativas orgánicas y naturales para satisfacer la demanda del consumidor, con ventas de aperitivos saludables en Ecuador que aumentaron un 37,3% en 2022, registrando una demanda de alimentos enriquecidos nutricionalmente.

El maíz común (*Zea mays subsp. mays*), de la familia de las gramíneas, es originario del sur de México, siendo uno de los principales alimentos estudiados y cultivados a nivel mundial, conocida por ser rica en carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas del complejo B, ofreciendo beneficios de mejora al metabolismo y salud digestiva (Shedridan, 2019). El maíz morocho (*Zea mays subsp. luxurians*) es originario de Centroamérica y México, distinguiéndose de las demás por su grano blanco y de mayor tamaño. Es comúnmente utilizada en bebidas tradicionales como el morocho o, a su vez, en empanadas de morocho por su alto contenido en fibra, proteína y mayor cantidad de minerales y vitaminas, con menor peso en carbohidratos y lípidos (Cedeño et al., 2021). El maíz negro (*Zea mays var. alborubro-ornis* G.) es originario de América del Sur y América Central, que se diferencia por su profundo color negro púrpura, tanto en el grano como en la cáscara, que le otorga su alto contenido en antocianinas y vitamina E, con una composición nutricional que incluye minerales como zinc, hierro, magnesio y fibra que confieren varios beneficios a la salud, comúnmente comercializado como harina.

El enriquecimiento de alimentos como *snacks* se refiere a la adición de nutrientes esenciales como vitaminas, minerales y otros nutrientes ausentes en la dieta con el propósito de elevar el valor nutricional (Dwyer et al., 2015). Para enriquecer productos como *snacks* generalmente se usan vitaminas como es el β caroteno, que se encuentra mayormente en la zanahoria amarilla (*Daucus carota* L.) como pigmento natural. El β caroteno se transforma en vitamina A en el organismo, por lo que tiene una función esencial en la salud ocular y promueve la producción de retinol, el cual tiene una función como antioxidante en el organismo, por ese motivo se usa principalmente como fortificante en alimentos enriquecidos (Espinoza & Calderón, 2020).

En la industria de las hortalizas se genera una gran cantidad de subproductos que no tienen un uso específico. En el caso de las zanahorias amarillas, al poseer un alto contenido en caroteno, se les puede dar un segundo uso enriqueciendo *snacks* (Rubio et al., 2020). Para la extracción de caroteno se pueden aplicar microondas (Zapata, 2019), que al ser un método moderno permite extraer este compuesto en

minutos, gracias a que las microondas desintegran las paredes celulares y liberan el compuesto que se diluye en una solución liposa, con mejores rendimientos de extracción y pureza por su menor generación de calor que degrade el caroteno, por lo que se puede enriquecer de forma eficiente los *snacks*.

Materiales y métodos

Ubicación y Materias Primas

El estudio se experimentó y desarrolló en los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. Las materias primas principales empleadas fueron harina de maíz negro (*Zea mays var. Alborubro-ornis* G.), harina de maíz morocho (*Zea mays subsp. Luxurians* D.), y subproductos agroindustriales de zanahoria (*Daucus carota* L.), estos últimos adquiridos de las plantaciones de la parroquia Cunchibamba (1°7'60" S 78°34'60" W).

Obtención y Cuantificación de caroteno

Para la extracción del caroteno se utilizó el método asistido por microondas, definido por Zapata (2019). Los subproductos de zanahoria fueron lavados, cortados y rallados. De estos, se escogió 20 g en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se agregó 50 ml de aceite de linaza como solvente, se lo tapó y se lo introdujo en el microondas, ajustado a 140 W. En la muestra se aplicó radiación durante 7 min, se dejó enfriar 1 min y después se filtró. El filtrado se recogió en un recipiente oscuro y se refrigeró a -3°C. La presencia de caroteno en la muestra se determinó mediante espectroscopia por UV-VIS (Espinoza & Calderón, 2020). Para la cuantificación, se guio por lo establecido por Smitch (2017), el cual se llevó a cabo en el espectrofotómetro UV-VIS. Para determinar el valor promedio, se realizó replicas por triplicado y se utilizó la Ley de Beer-Lambert para calcular su concentración.

Formulación y Diseño Experimental

Para la formulación del snack, se utilizó la metodología descrita por Rubio et al. (2020). El diseño experimental empleado fue un diseño factorial 2x2, El factor A es tipo de maíz: maíz morocho y maíz negro y el factor B en dos niveles 15 y 25 %. Las concentraciones del Factor B se consideraron en base a los lineamientos de la Recommended Dietary Allowance (RDA, 2021).

Análisis Fisicoquímicos

Se realizaron análisis bromatológicos como: Humedad (Analizador de Humedad HE53 Mettler Toledo), cenizas (NTE INEN 520-2013), pH (Potenciómetro HANNA), acidez proteína (Dumas Nitrogen Analyzer–Velp NDA 701), grasa (Método Soxhlet) y fibra cruda (ANKOM 200) y carbohidratos totales

Análisis Microbiológicos

En estos análisis se empleó la norma NTE INEN 2570 (2011), “Bocaditos de granos, cereales y semillas”, para guiar el recuento de Aerobios mesófilos, Mohos y E. coli.

Análisis Sensorial

En el análisis sensorial se utilizó la escala hedónica de 5 puntos y un panel de 20 catadores semi-entrenados, las características sensoriales evaluadas fueron: color, olor, sabor, textura y aceptación.

Tratamiento estadístico

Los datos obtenidos en los análisis se recopilaron y se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y se aplicó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

Resultados y discusión

En la investigación se establece la viabilidad y eficiencia de la extracción de caroteno a partir de subproductos agroindustriales de zanahoria, utilizando aceite de linaza como solvente de grado alimentario evidenciado en la Tabla 1. La metodología ayudada por microondas da como resultado un rendimiento significativo del carotenoide. Se confirma que este método es una alternativa ecológica y económica que promueve la sostenibilidad en la industria ya que la elección del aceite de linaza en este estudio prioriza la seguridad alimentaria y la no toxicidad del producto final. Esta eficiencia se compara con estudios que reportan rendimientos potencialmente superiores al usar solventes tóxicos, como el hexano el cual se usa por la baja viscosidad y facilidad para evaporarse (Córdova et al., 2020).

Tabla 1.

Cantidad de caroteno extraída mediante microondas.

	Tiempo (min)	Potencia (W)	Cantidad de muestra (g)	Cantidad de solvente (ml)	Cantidad de caroteno extraída ($\mu\text{g/g}$) ^a	Cantidad de caroteno en 3,5 ml ($\mu\text{g/g}$) ^a
Muestra 1	5	140	20	50	1088.55 $\pm$ 0,6	54,3 $\pm$ 0,6
Muestra 2	7	140	20	50	775.71 $\pm$ 0,5	76,2 $\pm$ 0,5

Nota: Valor promedio $\pm$ desviación estándar.

La formulación de los snacks se determina mediante un análisis sensorial que evalúa cuatro combinaciones de enriquecimiento. Los resultados del panel de catadores indican que la formulación A1B2 de Maíz Morocho con el 25% de caroteno es la más aceptada. Este tratamiento sobresale en características de color, olor y aceptabilidad general, lo que sugiere que una mayor concentración del caroteno incrementa positivamente las características visuales y aromáticas del snack. Por otra parte, se observa que la formulación elaborada con Maíz Negro y alta concentración de caroteno (A2B2) destaca en crocancia, mientras que la formulación de Maíz Negro en concentración baja (A2B1) es la mejor evaluada en sabor, el color morado inicial de esta formulación puede generar una percepción menos favorable entre los catadores, una vez que la prueban, su sabor resulta ser agradable y satisfactorio. Esta diferencia sensorial concuerda con estudios que señalan que la aceptabilidad final depende del equilibrio entre las características organolépticas del enriquecedor y las propiedades intrínsecas del cereal base (Veloso et al., 2020).

Los análisis fisicoquímicos se observan en la Tabla 5, se denota un alto contenido de fibra cruda significativamente superior a las alternativas comerciales, y se atribuye al alto contenido de fibra natural

de las variedades de maíz morocho y maíz negro utilizadas (Morales, 2018). Además, las formulaciones presentan un bajo porcentaje de grasa y un nivel favorable de proteína, lo que contribuye a un perfil nutricional mejorado en comparación con snacks convencionales.

Tabla 5.

Análisis físicoquímicos de los mejores tratamientos de los snacks de maíz morocho (Zea mays subsp. luxurians D.) y maíz negro (Zea mays var. alborubro-ornis G.) enriquecidos con β caroteno extraído de subproductos agroindustriales de zanahoria (Daucus Carota L.)

Análisis	Unidad	Muestras	
		A1B2	A2B2
pH	-	6,45 $\pm$ 0,05	6,45 $\pm$ 0,04
Acidez	-	0,2 $\pm$ 0,03	0,4 $\pm$ 0,05
Humedad	%	6,13 $\pm$ 0,05	6,26 $\pm$ 0,03
Cenizas	%	1,8 $\pm$ 0,03	1,9 $\pm$ 0,05
Proteína	%	9,6 $\pm$ 0,05	9,1 $\pm$ 0,05
Grasa	%	6,7 $\pm$ 0,02	6,9 $\pm$ 0,03
Fibra cruda	%	2,7 $\pm$ 0,04	2,2 $\pm$ 0,02
Carbohidratos totales	%	73,07	73,64

Nota: Valor promedio $\pm$ desviación estándar

La verificación de no tener pérdidas significativas de caroteno en el producto terminado asegura el éxito del enriquecimiento nutricional. Los resultados de los análisis microbiológicos en la Tabla 3, confirman que el producto final es inocuo y cumple con los parámetros requeridos por la normativa NTE INEN 2570.

Tabla 6.

Resultado de los análisis microbiológicos

Parámetros analizados	Unidad	Resultados	
		A1B2	A2B2
Aerobios mesófilos	UFC/g	<10	<10
Mohos	UFC/g	<10	<10
E.coli	UFC/g	<10	<10

Nota: Ufc/g Unidades formadora de colonia por gramo

Conclusiones

- La extracción de caroteno a partir de subproductos agroindustriales de zanahoria (*Daucus carota* L.) utilizando aceite de linaza como solvente produjo un rendimiento de 76,2 µg/g. Este resultado demuestra la viabilidad del método propuesto para aprovechar los residuos de zanahoria y obtener un compuesto de alto valor nutricional. La eficiencia de la extracción de β caroteno por microondas destaca como una alternativa ecológica y económica en los procesos de extracción.
- Se logró determinar la formulación óptima con diferente proporción de caroteno para la elaboración de los snacks, resultando en cuatro variedades: A1B1 (maíz morocho con 15% de caroteno), A1B2 (maíz morocho con 25% de caroteno), A2B1 (maíz negro con 15% de caroteno) y A2B2 (maíz negro con 25% de caroteno). Esto representa una innovación nutricional, ya que no solo diversifica el uso de estos cultivos tradicionales, sino que también mejora sus beneficios para la salud al incluir un antioxidante natural.
- Mediante un análisis sensorial realizado a 20 panelistas, se determinó los mejores tratamientos de los snacks. Entre los distintos tratamientos, la muestra A1B2 fue la más aceptada en términos de color, olor y sabor, mientras que la muestra A2B2 destacó en crocancia. Estas muestras fueron sometidas a análisis fisicoquímicos, obteniendo valores favorables en proteína (9,6% y 9,1%) y fibra cruda (2,7% y 2,2%), además de un bajo contenido de grasa (6,7% y 6,9%) en comparación con snacks comerciales. Asimismo, el análisis microbiológico confirmó la inocuidad del producto, cumpliendo con los estándares de la norma ecuatoriana INEN 2570, 2011.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar la extracción con diferentes potencias y solventes para saber si existe variación en el rendimiento de β caroteno extraído.
- Se recomienda realizar análisis fisicoquímicos tanto del producto desarrollado como de diversas marcas comerciales. Estas comparaciones detalladas permitirán obtener conclusiones más robustas y mejorar la comprensión de las características y cualidades de los productos analizados.
- Para futuras investigaciones, se sugiere explorar el efecto del caroteno en otros productos como galletas, papillas, jugos, entre otros.

Referencias

- Cedeño, G., Briones, M., López, A., & Bamnez, V. (2021). EFECTO DEL ULTRASONIDO. *Colón Ciencias, Tecnol. y Negocios*, 8(1), 47–59. <https://doi.org/10.48204/J.COLONCIENCIAS.V8N1A4>
- Clementz, A., & Delmoro, J. (2019). SNACKS FRUTALES. *INVENIO*, 14(27), 153–163.
- Cordova, C., Guillén, J., Tuesta, T., Cordova, C., Guillén, J., & Tuesta, T. (2020). Extracción por microondas libre de solvente del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*), y el efecto de las condiciones de proceso en su rendimiento, composición y actividad antimicrobiana. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 9615–974. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000600965>
- Dwyer, J. T., Wiemer, K. L., Dary, O., Keen, C. L., King, J. C., Miller, K. B., Philbert, M. A., Tarasuk, V., Taylor, C. L., Gaine, P. C., Jarvis, A. B., & Bailey, R. L. (2015). Fortification and Health: Challenges and Opportunities. *Advances in Nutrition*, 6(1), 124–131. <https://doi.org/10.3945/AN.114.007443>
- Espinoza, A., & Calderón, J. (2020). Facultad De Farmacia Universidad Complutense Trabajo Fin De Grado Título: Métodos De Extracción De Carotenoides De Muestras Vegetales. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad Complutense de Madrid].
- Espinoza, R. (2022). Determinación de análisis bromatológico proximal y minerales en tomate verde (*Physalis ixocarpa*) cultivado en la estación experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. [Tesis de pregrado].
- Garcete, M. (2021). Caracterización proximal, perfil lipídico e hidrólisis proteica de *Arthrospira platensis*. [Tesis de pregrado].
- Gutiérrez, H. (2021). Determinación de la lipólisis digestiva mediante el método del pH-stat. <https://riunet.upv.es/handle/10251/158422>
- Mera, J., & Ponce, J. (2017). Plan de negocios para la producción y comercialización de un snack saludable a base de choclo y otros ingredientes, en la ciudad de Quito. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6614>
- Millones, J. (2020). Validación del Método AOAC 990.03 (Dumas) armonizado a Kjeldahl en el análisis de proteína en harina de pescado. [Tesis de pregrado].
- Morales, P., & Castillo, G. (2021). Reino Unido post-Brexit, oportunidades para exportaciones no tradicionales centrado en frutos exóticos con valor agregado, snacks saludables. *Revista Científica Retos de La Ciencia*, 5(12), 124–138. <https://www.retosdelacienciaec.com/Revistas/index.php/retos/article/view/439>
- NTE INEN 2570. (2011). Bocaditos de granos, cereales y semillas. Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*.
- NTE INEN 520. (2013). Harina de trigo. Determinación de cenizas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)*.

- Quirola, D., & Ortíz, G. (2019). 426976180 Artículo Científico Carbohidratos–Por: Danna Quiroga 20191015124/Ginna Ortiz. <https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-autonoma-de-honduras/educacion-ambiental/426976180-articulo-cientifico-carbohidratos/31258314>
- Rubio, D., Barrera, N., Angélica, L., Buitrago, F., & Jaimes, C. (2020). Aspectos teóricos de la extracción de carotenoides a partir de microalgas theoretical aspects of the extraction of carotenoids from microalgae. *América Semilleros Formación Investigativa*, 3(1), 35–48.
- Sepulveda, A. (2019). Titulación y Determinación de Una Solución de Ácido Clorhídrico 0,1N. <https://es.scribd.com/document/534814677/Articulo-Cientifico-titulacion-y-determinacion-de-una-solucion-de-acido-clorhidrico-0-1N>
- Shedridan, J. (2019). The Biology of Zea mays L. ssp mays (maize or corn).
- Smitch, F. (2017). Calculo de la concentración con la ley de Beer–Lambert. *Khan Academy*. <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry-beta/x2eef969c74e0d802:intermolecular-forces-and-properties/x2eef969c74e0d802:beer-lambert-law/v/spectrophotometry-example>
- Statista. (2022). El mercado global de los snacks – Datos estadísticos. <https://es.statista.com/temas/10269/aperitivos-y-snacks-en-el-mundo/#topicOverview>
- Veloso, M., Laborde, B., Galizio, R., Perez, A., Nuñez, M., & Pagano, A. M. (2020). *Análisis sensorial del dulzor de mermeladas de ciruelas elaboradas a base de miel como edulcorante*. 28(49). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/141836>
- Zambrano, F. (2017). *Balanza de Humedad por Infrarrojos* | Calentamiento por infrarrojos para resultados precisos y rápidos. https://www.mt.com/es/es/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/moisture-analyzer/ir-moisture-balance.html
- Zapata, M. (2019). *Técnicas de extracción del β caroteno. La extracción es una operación que tiene como objetivo separar sustancias contenidas en un material sólido o líquido*. https://1library.co/article/t%C3%A9nicas-extracci%C3%B3n-caroteno-extracci%C3%B3n-operaci%C3%B3n-objetivo-sustancias-contenidas.yd766n4e#google_vignette