

El ají habanero como alternativa estratégica para impulsar la bioeconomía agrícola colombiana

Habanero Bell Pepper as A Strategic Alternative To Boost Colombia's Agricultural Bioeconomy

Karen Sofia Esteban Hernández ^{1*}, Laura Sofia Varela Vivas ¹

¹ *Química Farmacéutica, Facultad Barberi de Ingeniería, Diseño y Ciencias Aplicadas, Universidad Icesi. Cali, Valle del Cauca, Colombia. * Lauravarela2525@gmail.com*

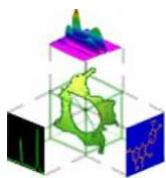
Presentación Poster 32

ABSTRACT

Colombia has a unique agricultural wealth, with crops such as *Capsicum chinense* (habanero bell pepper) that stand out for their high content of bioactive carotenoids (capsanthin, capsorubin), compounds valued globally for their antioxidant properties and applications in food and natural colorants ^[1]. Currently, Asian markets dominate the production of synthetic carotenoids due to their low cost and mass production ^[2], but the growing global demand for clean-label natural products is redefining the sector, demanding plant ingredients with clear purity certifications ^[3].

While Asia-Pacific depends on its chemical synthesis model, Colombia has a unique competitive advantage: its agricultural biodiversity, represented in crops such as the habanero bell pepper, rich in natural carotenoids. However, the certification of carotenoids in agricultural products faces critical barriers: dependence on commercial standards (USD 500/mg) ^[4] and methods such as HPLC that consume large volumes of regulated solvents, in addition to requiring expensive equipment ^[5]. This technical limitation prevents Colombian producers from demonstrating the nutritional value of their crops, affecting their competitiveness vis-à-vis countries that have optimized these processes.

This project addresses this challenge by validating a sustainable spectrophotometric methodology to quantify carotenoids in dried chili peppers, using an internal working standard developed from *Capsicum chinense* oleoresin, under ICH Q2(R2) ^[6] and USP <857> ^[7]. Demonstrating high linear correlation ($R^2 > 0.99$) with coefficient of variation $\leq 2\%$, precision (RSD $< 4.95\%$) and accuracy confirmed by recoveries of 95-105% in fortified samples. Additionally, specificity tests (ANOVA, $p > 0.05$) verified the absence of matrix interferences, confirming that the matrix does not affect quantification. Its application in dried chili bell pepper samples allowed obtaining reliable and reproducible results, consolidating this methodology as an efficient and accessible analytical tool for the agricultural sector.



This validated methodology offers an accessible alternative for local laboratories, reducing costs and guaranteeing an accurate quantification of carotenoids. Its implementation will strengthen quality control in agricultural products, facilitating purity certification and access to international markets, while promoting the development of innovative products that take advantage of the bioactive potential of crops such as chili peppers. More than a technical advance, it is a strategy to position Colombia in the global bioeconomy, transforming its biodiversity into an engine of growth for the agricultural sector.

Key words:

Capsicum Chinense, Carotenoids, Capsanthin, Capsorubin, Quantification, Work standard, Validation.

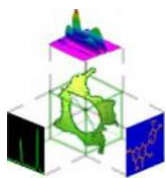
RESUMEN

Colombia posee una riqueza agrícola única, con cultivos como el *Capsicum chinense* (ají habanero) que destacan por su alto contenido de carotenoides bioactivos (capsantina, capsorubina), compuestos valorados globalmente por sus propiedades antioxidantes y aplicaciones en alimentos y colorantes naturales ^[1]. Actualmente, los mercados asiáticos dominan la producción de carotenoides sintéticos por su bajo costo y producción masiva ^[2], pero la creciente demanda global por productos naturales con clean label está redefiniendo el sector, exigiendo ingredientes vegetales con certificaciones claras de pureza ^[3].

Mientras Asia-Pacífico depende de su modelo de síntesis química, Colombia cuenta con una ventaja competitiva única: su biodiversidad agrícola, representada en cultivos como el ají habanero, rico en carotenoides naturales. Sin embargo, la certificación de carotenoides en productos agrícolas enfrenta barreras críticas: dependencia de estándares comerciales (USD 500/mg) ^[4] y métodos como HPLC que consumen grandes volúmenes de solventes regulados, además de requerir equipos costosos ^[5]. Esta limitación técnica impide que los productores colombianos demuestren el valor nutricional de sus cultivos, afectando su competitividad frente a países que han optimizado estos procesos.

Este proyecto aborda este desafío mediante la validación de una metodología espectrofotométrica sostenible para cuantificar carotenoides en ají seco, utilizando un estándar interno de trabajo desarrollado a partir de oleoresina de *Capsicum chinense*, bajo normativas ICH Q2(R2) ^[6] y USP <857> ^[7]. Demostrando alta correlación lineal ($R^2 > 0.99$) con coeficiente de variación $\leq 2\%$, precisión ($RSD < 4.95\%$) y exactitud confirmada por recuperaciones del 95–105% en muestras fortificadas. Adicionalmente, las pruebas de especificidad (ANOVA, $p > 0.05$) verificaron la ausencia de interferencias matriciales, confirmando que la matriz no afecta la cuantificación. Su aplicación en muestras de ají seco permitió obtener resultados confiables y reproducibles, consolidando esta metodología como una herramienta analítica eficiente y accesible para el sector agrícola.

Esta metodología validada ofrece una alternativa accesible para laboratorios locales, reduciendo costos y garantizando una cuantificación precisa de carotenoides. Su implementación fortalecerá el control de calidad en productos agrícolas, facilitando la certificación de pureza y el acceso a mercados internacionales, al tiempo que



impulsa el desarrollo de productos innovadores que aprovechan el potencial bioactivo de cultivos como el ají. Más que un avance técnico, es una estrategia para posicionar a Colombia en la bioeconomía global, transformando su biodiversidad en un motor de crecimiento para el sector agrícola y hortofrutícola.

Palabras clave:

Capsicum Chinense, Carotenoides, Capsantina, Capsorubina, Cuantificación, Estándar de trabajo, Validación

Agradecimientos/Acknowledgements

Agradecemos al Laboratorio de Productos Naturales de la Universidad Icesi por brindarnos el espacio, los recursos y el apoyo técnico necesario para el desarrollo de este proyecto. A la entidad estatal Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), por su respaldo y compromiso con la investigación en el sector agroindustrial, facilitando el acceso a materiales clave para la ejecución de este estudio. Asimismo, agradezco al Ministerio de Agricultura, en el marco del Contrato N. 451-2021 del programa de bioeconomía de MinCiencias y jóvenes investigadores del sistema general de regalías BPIN, por su apoyo financiero y su apuesta por el desarrollo de metodologías innovadoras que contribuyen a la valorización de los productos agrícolas colombianos.

Referencias/References

- [1] SAINI, R. K., *et al.* (2022). Carotenoids: Dietary Sources, Extraction, Encapsulation, Bioavailability, and Health Benefits-a Review of Recent Advancements. *Antioxidants (Basel)* **11**(4). [\[DOI\]](#)
- [2] GRAND VIEW RESEARCH. (2025). Carotenoids Market Size, Share & Trends Analysis Report by Product, by Application (Food, Supplements, Feed, Pharmaceuticals, Cosmetics), by Source, by Region, and Segment Forecasts, 2024 - 2030 [Report](GVR-1-68038-321-8). [URL](#)
- [3] CASSIDAY, L. (2017). Clean Label: The Next Generation. *INFORM International News on Fats, Oils, and Related Materials* **28**(8): 6-10. [\[DOI\]](#)
- [4] Lutein Analytical Standard | 127-40-2. Merck KGaA. (2025). [URL](#)
- [5] RIVERA, S. M. y CANELA-GARAYOA, R. (2012). Analytical Tools for the Analysis of Carotenoids in Diverse Materials. *Journal of Chromatography A* **1224**: 1-10. [\[DOI\]](#)
- [6] EUROPEAN MEDICINES AGENCY (EMA). (2023). Validation of Analytical Procedures Q2(R2). COMMITTEE FOR MEDICINAL PRODUCTS FOR HUMAN USE (CHMP). EMA/CHMP/ICH/82072/2006, 1-33. [URL](#)
- [7] AOAC INTERNATIONAL. (2016). Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements. 1-18. [URL](#)