

## Contenido de arginina en mariscos comestibles: revisión de su valor nutricional y proyecciones para la salud pública

### Arginine content in edible shellfish: review of its nutritional value and projections for public health

Jorge Herrera-Cruz<sup>1</sup>

0000-0002-9229-1479

jherrera@unfv.edu.pe

Rodolfo Cornejo<sup>2</sup>

0000-0001-9325-6512

recpesq@gmail.com

Miriam Castro-Rojas<sup>1</sup>

0000-0003-3547-9026

mcastror@unfv.edu.pe

Pedro Rodenas<sup>1</sup>

0000-0002-0830-6202

persey2005@yahoo.es

Enrique García-Talledo<sup>3</sup>

0000-0002-8497-9687

eggarcia@unac.edu.pe

Antonio Mariluz-Fernández<sup>3</sup>

0000-0002-3785-6086

aamariluzf@unac.edu.pe

1. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
2. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos, Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú.
3. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos, Callao, Perú

\*Correspondencia: [recpesq@gmail.com](mailto:recpesq@gmail.com)

Recibido / Received: 26/07/2025

Aceptado / Accepted: 05/06/2026

**Citación / Citation:** Herrera-Cruz, J.; Cornejo, R.; Castro-Rojas, M.; Rodenas, P.; García-Talledo, E.; Mariluz-Fernández, A. 2026. Contenido de arginina en mariscos comestibles: revisión de su valor nutricional y proyecciones para la salud pública. Bol. Invest. Mar. Cost., 55(2): 147-165.

#### RESUMEN

La arginina es un aminoácido precursor del óxido nítrico con funciones vasodilatadoras, inmunomoduladoras y metabólicas, cuyo aporte mediante mariscos (moluscos y crustáceos) posee un alto interés nutricional. El objetivo de este estudio fue integrar la evidencia sobre el contenido y potencial funcional de la arginina en mariscos. Mediante los lineamientos PRISMA y el enfoque Psalsar, se analizaron 42 estudios de Scopus (2000–2026), procesados con codificación temática en Atlas.ti 23. Los resultados revelan una alta variabilidad en el contenido del aminoácido (100 a >7000 mg/100 g), influenciada por la especie, tejido, procesamiento y base de cuantificación; factores taxonómicos y metodológicos limitan la comparabilidad interestudios. Funcionalmente, la evidencia ligada a la vía del óxido nítrico destaca beneficios en los dominios cardiovascular, inmunológico, metabólico, regenerativo y neurológico. No obstante, la mayoría de las investigaciones emplean suplementación con L-arginina pura, restringiendo la extrapolación directa al consumo de matrices alimentarias complejas. Se concluye que los mariscos son fuentes biológicamente relevantes de arginina, pero se requieren estudios de biodisponibilidad y ensayos clínicos con alimentos enteros para sustentar su aplicación en salud pública.

**Palabras Clave:** óxido nítrico, metabolismo de aminoácidos, alimentos funcionales, salud cardiometabólica, biodisponibilidad de nutrientes.

#### ABSTRACT

Arginine is an amino acid precursor of nitric oxide with vasodilatory, immunomodulatory, and metabolic functions, and its intake through seafood (mollusks and crustaceans) is of high nutritional interest. The objective of this study was to integrate the evidence on the content and functional potential of arginine in seafood. Following PRISMA guidelines and the PSALSAR approach, 42 studies from Scopus (2000–2026) were analyzed using thematic coding in Atlas.ti 23. The results reveal high variability in the amino acid content (100 to >7000 mg/100 g), influenced by species, tissue, processing, and quantification basis; taxonomic and methodological factors limit comparability across studies. Functionally, evidence linked to the nitric oxide pathway highlights benefits in the cardiovascular, immunological, metabolic, regenerative, and neurological domains. However, most studies use supplementation with pure L-arginine, which limits direct extrapolation to the consumption of complex food matrices. It is concluded that seafood is a biologically relevant source of arginine, but bioavailability studies and clinical trials with whole foods are needed to support its application in public health.

**Key words:** nitric oxide; amino acid metabolism; functional foods; cardiometabolic health; nutrient bioavailability.

## INTRODUCCIÓN

La arginina es un aminoácido semiesencial cuya función fisiológica incluye su papel como precursor exclusivo del óxido nítrico (NO), un vasodilatador endógeno que regula la presión arterial, favorece la función endotelial y contribuye a la salud cardiovascular (Tsikas 2020; Herrera-Guardiola y Valencia, 2021). Este aminoácido también participa en la modulación de la sensibilidad a la insulina (Galal *et al.*, 2024), la respuesta inmunológica (Gao *et al.*, 2024) y la síntesis de colágeno (Sarandy *et al.*, 2023), contribuyendo a la homeostasis metabólica, la recuperación muscular y la cicatrización de tejidos.

En el ámbito nutricional, los invertebrados marinos comestibles, particularmente moluscos y crustáceos denominados mariscos, representan una fuente dietética relevante de arginina, junto con otros nutrientes como ácidos grasos  $\omega$ -3, proteínas de alta calidad y minerales traza como zinc y selenio (Li *et al.*, 2022). En esta revisión, el análisis se centró específicamente en mariscos (shellfish), entendidos como moluscos y crustáceos, dada su relevancia en estudios de composición nutricional.

Los términos “arginina” y “L-arginina” suelen emplearse de manera indistinta; sin embargo, es importante precisar que la mayoría de los métodos analíticos utilizados para la cuantificación de aminoácidos en alimentos registran el contenido total de arginina sin diferenciar entre sus formas enantioméricas. Por esta razón, se utiliza el término “arginina” para referirse a los valores registrados en las fuentes analizadas, reconociendo esta limitación metodológica.

Si bien los beneficios clínicos y fisiológicos de la suplementación con arginina están sólidamente documentados (Alves Porto *et al.*, 2022; Shiraseb *et al.*, 2022), la mayor parte de la evidencia proviene de preparados farmacéuticos, alimentos fortificados y suplementos purificados (Citrangulo *et al.*, 2022). Ensayos clínicos y meta análisis han demostrado reducciones significativas en la presión arterial (Xu *et al.*, 2022), la sensibilidad a la insulina (Galal *et al.*, 2024), el rendimiento físico (Neto *et al.*, 2018) y la respuesta inmunológica (Gao *et al.*, 2024).

No obstante, la evidencia sobre el contenido natural de arginina en mariscos comestibles y su contribución real a la ingesta dietética presenta heterogeneidad en métodos, unidades de reporte y especies analizadas, lo que dificulta la comparación entre estudios y la formulación de recomendaciones basadas en alimentos (Herrera-Guardiola y Valencia, 2021). Aunque existen estudios

## INTRODUCTION

Arginine is a semi-essential amino acid whose physiological function includes its role as the exclusive precursor of nitric oxide (NO), an endogenous vasodilator that regulates blood pressure, promotes endothelial function, and contributes to cardiovascular health (Tsikas 2020; Herrera-Guardiola and Valencia, 2021). This amino acid also participates in the modulation of insulin sensitivity (Galal *et al.*, 2024), immune response (Gao *et al.*, 2024), and collagen synthesis (Sarandy *et al.*, 2023), contributing to metabolic homeostasis, muscle recovery, and tissue healing.

In the nutritional realm, edible marine invertebrates, particularly mollusks and crustaceans known as shellfish, represent a relevant dietary source of arginine, along with other nutrients such as  $\omega$ -3 fatty acids, high-quality proteins, and trace minerals like zinc and selenium (Li *et al.*, 2022). In this review, the analysis focused specifically on shellfish, understood as mollusks and crustaceans, given their relevance in nutritional composition studies.

The terms “arginine” and “L-arginine” are often used interchangeably; however, it is important to specify that most analytical methods used for the quantification of amino acids in foods report the total arginine content without differentiating between its enantiomeric forms. For this reason, the term “arginine” is used to refer to the values reported in the analyzed sources, acknowledging this methodological limitation.

Although the clinical and physiological benefits of arginine supplementation are solidly documented (Alves Porto *et al.*, 2022; Shiraseb *et al.*, 2022), most of the evidence comes from pharmaceutical preparations, fortified foods, and purified supplements (Citrangulo *et al.*, 2022). Clinical trials and meta-analyses have demonstrated significant reductions in blood pressure (Xu *et al.*, 2022), insulin sensitivity (Galal *et al.*, 2024), physical performance (Neto *et al.*, 2018), and immune response (Gao *et al.*, 2024).

However, the available evidence regarding the natural arginine content of edible seafood and its actual contribution to dietary intake remains heterogeneous with respect to analytical methodologies, reporting units, and the range of species investigated. This heterogeneity hinders direct comparisons among studies and limits the development of evidence-based food recommendations (Herrera-Guardiola and Valencia, 2021). Although there are studies in aquaculture and functional nutrition, these tend to focus on

en acuicultura y nutrición funcional, estos tienden a centrarse en especies específicas (Li *et al.*, 2022), variables bioquímicas aisladas (Hernández Flores, 2013) o contextos experimentales controlados, lo que limita su extrapolación a contextos dietéticos habituales. La interacción entre el contenido natural de arginina en mariscos y otros compuestos presentes en estos alimentos como inhibidores endógenos del NO o la trimetilamina-N-óxido (TMAO), ha sido poco explorada (Tsikas, 2020).

En este contexto, resulta necesario integrar críticamente la evidencia disponible sobre el contenido de arginina en mariscos comestibles, considerando su valor nutricional, su potencial funcional, y sus limitaciones metabólicas. Esto permite avanzar hacia una comprensión precisa de su papel como nutriente en el marco de dietas saludables y sostenibles.

A pesar del creciente número de publicaciones, persisten vacíos relacionados con la biodisponibilidad real, la variabilidad entre especies, las interacciones con otros nutrientes y las cantidades efectivas derivadas del consumo dietético (Yan *et al.*, 2024). Esta limitación restringe la formulación de recomendaciones basadas en alimentos y evidencia la necesidad de investigaciones que consideren matrices alimentarias completas como fuente de arginina (Herrera-Guardiola y Valencia, 2021). El estudio tuvo como objetivo integrar críticamente la evidencia científica sobre el contenido y el potencial funcional de la arginina en mariscos comestibles, evaluando su valor nutricional, sus implicaciones clínicas y los vacíos de conocimiento que orientan futuras investigaciones.

specific species (Li *et al.*, 2022), isolated biochemical variables (Hernández Flores, 2013), or controlled experimental contexts, which limits their extrapolation to habitual dietary contexts. The interaction between the natural arginine content in shellfish and other compounds present in these foods, such as endogenous NO inhibitors or trimethylamine-N-oxide (TMAO), has been little explored (Tsikas, 2020).

In this context, it is necessary to critically integrate the available evidence on the arginine content in edible shellfish, considering its nutritional value, its functional potential, and its metabolic limitations. This allows for progress toward a precise understanding of its role as a nutrient within the framework of healthy and sustainable diets.

Despite the growing body of literature, important knowledge gaps persist concerning the bioavailability of naturally occurring arginine, interspecific variability, interactions with other dietary constituents, and the effective amounts derived from habitual dietary consumption (Yan *et al.*, 2024). These limitations constrain the formulation of food-based dietary recommendations and underscore the need for further research that considers whole-food matrices as physiologically relevant sources of arginine (Herrera-Guardiola and Valencia, 2021). The study aimed to critically integrate scientific evidence on the content and functional potential of arginine in edible shellfish, evaluating its nutritional value, clinical implications, and the knowledge gaps that guide future research.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Estrategia de búsqueda

Se aplicaron los lineamientos Prisma 2020 (Page *et al.*, 2021; Posso Pacheco *et al.*, 2025) para conducir la revisión de la literatura (Figura 1). El proceso de selección de estudios se estructuró en cuatro fases: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. La revisión se desarrolló bajo el enfoque metodológico Psalsar (Protocolo, Búsqueda, Evaluación, Síntesis, Análisis y registro), reconocido por su aplicabilidad en estudios de nutrición, biología marina y salud pública (Mengist *et al.*, 2020).

La búsqueda bibliográfica se realizó entre noviembre 2025 y febrero de 2026 en la base de datos indexada en Scopus, seleccionada por su cobertura multidisciplinaria, control editorial y capacidad para el rastreo bibliográfico. Se incluyeron estudios publicados en el período comprendido entre 2000 y 2026, para recuperar evidencia contemporánea sobre el contenido de arginina en mariscos comestibles.

Para maximizar la recuperación de estudios relevantes, se emplearon términos de búsqueda en inglés y español relacionados con el compuesto de interés, el grupo alimentario y su composición nutricional. Se incluyeron los términos “arginine”, “L-arginine” y “amino acids”, debido a que la mayoría de los estudios de composición nutricional registran el contenido total de arginina sin diferenciar sus formas enantioméricas; se utilizaron términos específicos para delimitar el análisis en mariscos comestibles, entendidos como moluscos y crustáceos. Las combinaciones booleanas incluyeron palabras clave como: “arginine AND shellfish”, “L-arginine AND shellfish”, “arginine AND mollusks”, “arginine AND crustaceans”, “amino acids AND seafood nutritional composition”, “nitric oxide AND arginine AND shellfish” así como sus equivalentes en español como apoyo complementario. Durante la fase de identificación, se recuperaron 412 registros, de los cuales 227 fueron eliminados por duplicados. En la etapa de cribado se evaluaron 185 artículos mediante la revisión de título y resumen, excluyendo 97 por no cumplir con los criterios temáticos, idiomáticos o de revisión por pares. Posteriormente 88 documentos pasaron a la fase de elegibilidad mediante la lectura a texto completo, de los cuales 51 cumplieron con los criterios establecidos. Se incluyeron 42 estudios en la síntesis cualitativa, considerados relevantes para el análisis del contenido de arginina en mariscos comestibles.

## MATERIALS AND METHODS

### Search strategy

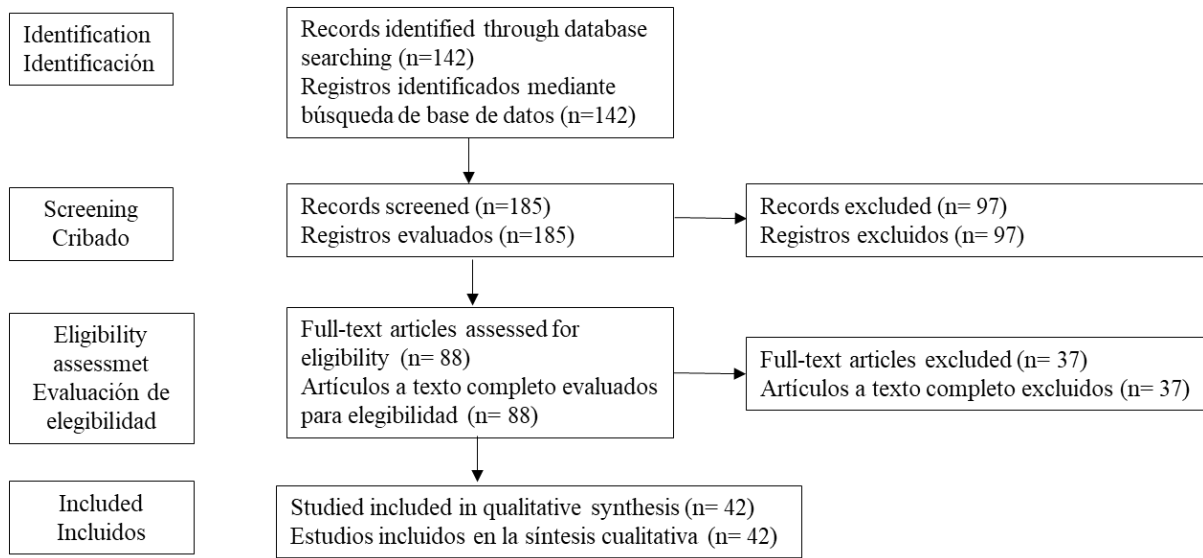
The PRISMA 2020 guidelines (Page *et al.*, 2021; Posso Pacheco *et al.*, 2025) were applied to conduct the literature review (Figure 1). The study selection process was structured in four phases: identification, screening, eligibility, and inclusion. The review was developed under the PSALSAR methodological approach (Protocol, Search, Appraisal, Synthesis, Analysis, and Report), recognized for its applicability in studies of nutrition, marine biology, and public health (Mengist *et al.*, 2020).

The bibliographic search was conducted between November 2025 and February 2026 in the database indexed in Scopus, selected for its multidisciplinary coverage, editorial control, and capacity for bibliographic tracking. Studies published in the period between 2000 and 2026 were included to retrieve contemporary evidence on the arginine content in edible shellfish.

To maximize the retrieval of relevant studies, search terms in English and Spanish related to the compound of interest, the food group, and its nutritional composition were used. The terms “arginine”, “L-arginine”, and “amino acids” were included, because most nutritional composition studies report the total arginine content without differentiating its enantiomeric forms; specific terms were used to delimit the analysis to edible shellfish, understood as mollusks and crustaceans. Boolean combinations included keywords such as: “arginine AND shellfish”, “L-arginine AND shellfish”, “arginine AND mollusks”, “arginine AND crustaceans”, “amino acids AND seafood nutritional composition”, “nitric oxide AND arginine AND shellfish”, as well as their equivalents in Spanish as complementary support. During the identification phase, 412 records were retrieved, of which 227 were eliminated due to duplicates. In the screening stage, 185 articles were evaluated through title and abstract review, excluding 97 for not meeting thematic, linguistic, or peer-review criteria. Subsequently, 88 documents passed to the eligibility phase through full-text reading, of which 51 met the established criteria. 42 studies were included in the qualitative synthesis, considered relevant for the analysis of arginine content in edible shellfish.

Figura 1. Diagrama del proceso de selección de estudios

Figure 1. Study selection process diagram



## ANÁLISIS DE DATOS

La información extraída de los estudios fue organizada en una matriz estructurada que incorporó variables como autoría, año de publicación, especie marina analizada, concentración de arginina reportada, tipo de diseño, resultados fisiológicos observados, dosis y posibles interacciones con otros compuestos nutricionales. El análisis se desarrolló mediante codificación abierta de los textos completos, identificando unidades de significado relacionadas con el potencial funcional de la arginina. Se aplicó un proceso de categorización axial, organizando los hallazgos en cinco dominios fisiológicos (cardiovascular, inmunológico, metabólico, regenerativo y neurológico), tipos de especies marinas (moluscos, crustáceos y equinodermos) y condiciones experimentales (in vitro, ensayos clínicos, modelos animales). Este procedimiento se realizó mediante matrices temáticas, siguiendo los lineamientos del análisis cualitativo (Corbin y Strauss, 2008), lo que permitió una síntesis sistemática, estructurada y replicable de la evidencia científica. Se identificaron patrones mediante el análisis de frecuencia de códigos y co-ocurrencia de términos relevantes, representados gráficamente mediante un mapa de red de vínculos temáticos asistido por el software Atlas.ti 23, lo cual permitió establecer relaciones entre especies marinas, concentraciones de arginina y los efectos funcionales reportados, facilitando una interpretación estructurada de los hallazgos por tipo de especie y beneficio. Se elaboraron memos analíticos que sistematizaron las inferencias obtenidas durante el proceso de codificación y

## DATA ANALYSIS

The information extracted from the studies was organized into a structured matrix that incorporated variables such as authorship, year of publication, marine species analyzed, reported arginine concentration, study design type, observed physiological results, dosage, and possible interactions with other nutritional compounds. The analysis was developed through open coding of the full texts, identifying units of meaning related to the functional potential of arginine. An axial categorization process was applied, organizing the findings into five physiological domains (cardiovascular, immunological, metabolic, regenerative, and neurological), types of marine species (mollusks, crustaceans, and echinoderms), and experimental conditions (in vitro, clinical trials, animal models). This procedure was carried out using thematic matrices, following the guidelines of qualitative analysis (Corbin and Strauss, 2008), which allowed for a systematic, structured, and replicable synthesis of the scientific evidence. Patterns were identified through frequency analysis of codes and co-occurrence of relevant terms, represented graphically using a thematic link network map assisted by Atlas.ti 23 software, which allowed for establishing relationships between marine species, arginine concentrations, and reported functional effects, facilitating a structured interpretation of the findings by species type and benefit. Analytical memos were developed that systematized the inferences obtained during the coding and synthesis process, allowing for the triangulation of results with the identified evidence gaps. This qualitative approach provided a

síntesis, permitiendo la triangulación de resultados con los vacíos de evidencia identificados. Este enfoque cualitativo proporcionó una comprensión integral del potencial funcional de la arginina en mariscos comestibles, en coherencia con los objetivos de la revisión.

## RESULTADOS

Los hallazgos se derivan de un proceso de codificación y categorización temática de 42 estudios incluidos, llevado a cabo con el apoyo del software Atlas.ti 23, conforme a lo descrito en la metodología. La síntesis integró evidencia publicada entre 2000 y 2026 y permitió organizar los resultados en dos niveles: por una parte, los estudios que reportaron concentraciones cuantitativas de arginina en mariscos comestibles; por otra, los estudios orientados a efectos fisiológicos, clínicos, experimentales y biotecnológicos.

### Contenido de arginina en especies de mariscos comestibles

Los hallazgos cuantitativos evidencian una marcada variabilidad en la concentración de arginina en diversas categorías de mariscos comestibles. Los datos fueron organizados a partir de una matriz estructurada de extracción de información y agrupados según el tipo de especie (moluscos, crustáceos, equinodermos). Para fines comparativos, en la [Tabla 1](#) se presentan únicamente los estudios que reportaron concentraciones de arginina en unidades comparables o susceptibles de estandarización. Los demás estudios incluidos en la revisión, aunque relevantes para la síntesis cualitativa general, abordaron dimensiones funcionales, experimentales o clínicas que no permitieron su incorporación en esta comparación cuantitativa.

En términos generales, las concentraciones de arginina oscilaron aproximadamente entre 100 mg/100 g y más de 7000 mg/100 g, dependiendo de la especie, el tejido analizado, la forma de procesamiento y la base de medición. Los valores más elevados se observaron en *Stichopus hermanni* y en *Crassostrea gigas*, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en *Tegillarca granosa* y *Perna viridis*. Este rango debe interpretarse con cautela, ya que parte de la variabilidad se asocia a diferencias entre muestras crudas, secas o procesadas, así como a la base húmeda o seca utilizada en la cuantificación.

El análisis permitió identificar tres patrones principales; primero, las concentraciones más elevadas se registraron en muestras

comprehensive understanding of the functional potential of arginine in edible seafood, consistent with the objectives of the review.

## RESULTS

The findings are derived from a thematic coding and categorization process of 42 included studies, carried out with the support of Atlas.ti 23 software, as described in the methodology. The synthesis integrated evidence published between 2000 and 2026 and allowed for the organization of results into two levels: on one hand, studies that reported quantitative concentrations of arginine in edible seafood; on the other, studies oriented toward physiological, clinical, experimental, and biotechnological effects.

### Arginine content in edible seafood species

The quantitative findings show a marked variability in the concentration of arginine in various categories of edible seafood. The data were organized from a structured information extraction matrix and grouped according to the type of species (mollusks, crustaceans, echinoderms). For comparative purposes, [Table 1](#) presents only the studies that reported arginine concentrations in comparable units or those susceptible to standardization. The other studies included in the review, although relevant for the general qualitative synthesis, addressed functional, experimental, or clinical dimensions that did not allow for their incorporation into this quantitative comparison.

In general terms, arginine concentrations ranged approximately between 100 mg/100 g and more than 7000 mg/100 g, depending on the species, the tissue analyzed, the form of processing, and the measurement basis. The highest values were observed in *Stichopus hermanni* and *Crassostrea gigas*, while the lowest concentrations were recorded in *Tegillarca granosa* and *Perna viridis*. This range should be interpreted with caution, as part of the variability is associated with differences between raw, dried, or processed samples, as well as the wet or dry basis used in the quantification.

The analysis allowed for the identification of three main patterns; first, the highest concentrations were recorded in dried, concentrated, or processed samples, compared to fresh or raw tissues; second, variability was observed between taxonomic groups, with appreciable differences between mollusks, crustaceans, and echinoderms; and third, comparability between

secas, concentradas o procesadas, en comparación con tejidos frescos o crudos; segundo, se observó variabilidad entre grupos taxonómicos, con diferencias apreciables entre moluscos, crustáceos y equinodermos; y, tercero, la comparabilidad entre estudios se vio afectada por el tipo de tejido analizado y por la heterogeneidad de los métodos de cuantificación y de las unidades empleadas. Estos hallazgos confirman que la distribución nutricional de la arginina en mariscos comestibles no es uniforme y que su interpretación requiere considerar la matriz alimentaria y el procedimiento analítico utilizado. Los datos cuantitativos comparables sobre contenido de arginina se presentan en la [Tabla 1](#).

studies was affected by the type of tissue analyzed and by the heterogeneity of the quantification methods and the units employed. These findings confirm that the nutritional distribution of arginine in edible seafood is not uniform and that its interpretation requires considering the food matrix and the analytical procedure used. Comparable quantitative data on arginine content are presented in [Table 1](#).

**Tabla 1.** Estudios seleccionados con datos cuantitativos comparables sobre contenido de arginina en mariscos comestibles

**Table 1.** Selected studies with comparable quantitative data on arginine content in edible seafood

Grupo taxonómico / Taxonomic group	Especie / Species	Arginina (mg/100g) / Arginine (mg/100 g)	Forma del alimento / Food form	Base de cuantificación / Quantification basis	Referencia/ Reference
Crustáceo Crustacean	<i>Penaeus monodon</i> (camarón tigre) <i>Penaeus monodon</i> (black tiger shrimp)	6.49	Tejido crudo Raw tissue	Húmedo Wet weight	Jeyasanta & Patterson (2017)
Molusco Mollusk	<i>Crassostrea gigas</i> (ostra del Pacífico) <i>Crassostrea gigas</i> (Pacific oyster)	6183.3	Extracto fermentado Fermented extract	Seco Dry weight	Lee & Lee (2022)
Molusco Mollusk	<i>Perna viridis</i> (mejillón verde) <i>Perna viridis</i> (green mussel)	131	Tejido crudo Raw tissue	Húmedo Wet weight	Thurgasri <i>et al.</i> (2023)
Molusco Mollusk	<i>Scapharca subcrenata</i> (almeja de arca) <i>Scapharca subcrenata</i> (ark clam)	307	Tejido seco Dried tissue	Seco Dry weight	Chanmuang <i>et al.</i> (2020)
Molusco Mollusk	<i>Tegillarca granosa</i> (almeja granular) <i>Tegillarca granosa</i> (blood cockle)	102	Tejido seco Dried tissue	Seco Dry weight	Chanmuang <i>et al.</i> (2020)
Equinodermo Echinoderm	<i>Stichopus hermanni</i> (pepino de mar) <i>Stichopus hermanni</i> (sandfish sea cucumber)	7434	Tejido crudo Raw tissue	Húmedo Wet weight	Ahmed <i>et al.</i> (2022)
	Promedio de nueve especies de equinodermos Average of nine echinoderm species	2498 ± 1887	Tejido crudo Raw tissue	Húmedo Wet weight	Smith <i>et al.</i> (2018)

A partir de la información sintetizada en la [Tabla 1](#), se evidencia que la comparabilidad entre estudios está condicionada principalmente por la forma de registro y la matriz analizada. Los valores más elevados corresponden a muestras procesadas o concentradas, lo que sugiere que la cuantificación en base seca tiende a sobreestimar la densidad de arginina en relación con el consumo real en condiciones dietéticas habituales.

Se observa que la mayoría de los estudios registro concentraciones a partir de tejido muscular, lo que introduce un sesgo hacia fracciones específicas del organismo y limita la extrapolación a otros componentes comestibles. Esto pone de manifiesto la necesidad de estandarizar los criterios de registro, especialmente en lo referente a unidades, base de medición y tipo de muestra analizada.

La inclusión de equinodermos con concentraciones elevadas sugiere un potencial nutricional relevante, aunque su menor presencia en patrones alimentarios habituales podría limitar su impacto en la ingesta poblacional de arginina. La evidencia disponible refleja diferencias biológicas entre especies y vacíos metodológicos que dificultan la integración de resultados en recomendaciones nutricionales aplicadas. Estos resultados permiten vincular la variabilidad observada en el contenido de arginina con su potencial relevancia nutricional en mariscos comestibles, aportando una base para la interpretación de sus implicaciones funcionales en contextos dietéticos.

### **Efectos fisiológicos y clínicos de la arginina en estudios experimentales y aplicados**

A partir de la caracterización del contenido de arginina en mariscos comestibles, se analizó la evidencia disponible sobre sus efectos fisiológicos, clínicos y experimentales. Esta síntesis incluyó estudios *in vitro*, modelos animales y ensayos clínicos que evaluaron el papel de la arginina en distintos sistemas biológicos, así como investigaciones en acuicultura y biotecnología alimentaria. En los estudios de intervención, el análisis se centró específicamente en la suplementación con L-arginina, dada su forma biológicamente activa en contextos experimentales y clínicos. Con el fin de sistematizar esta evidencia, se presenta la [Tabla 2](#), que resume las características metodológicas y los principales hallazgos de los estudios incluidos, permitiendo una interpretación integrada de su potencial funcional más allá de su valor nutricional.

Based on the information synthesized in [Table 1](#), it is evident that the comparability between studies is conditioned mainly by the reporting format and the matrix analyzed. The highest values correspond to processed or concentrated samples, which suggests that quantification on a dry basis tends to overestimate arginine density in relation to actual consumption under habitual dietary conditions.

It is observed that most studies report concentrations based on muscle tissue, which introduces a bias toward specific fractions of the organism and limits extrapolation to other edible components. This highlights the need to standardize reporting criteria, especially regarding units, measurement basis, and the type of sample analyzed.

The inclusion of echinoderms with high concentrations suggests relevant nutritional potential, although their lower presence in habitual dietary patterns could limit their impact on population arginine intake. The available evidence reflects biological differences between species and methodological gaps that hinder the integration of results into applied nutritional recommendations. These results allow for linking the observed variability in arginine content with its potential nutritional relevance in edible shellfish, providing a basis for interpreting its functional implications in dietary contexts.

### **Physiological and clinical effects of arginine in experimental and applied studies**

Based on the characterization of arginine content in edible shellfish, the available evidence on its physiological, clinical, and experimental effects was analyzed. This synthesis included *in vitro* studies, animal models, and clinical trials that evaluated the role of arginine in different biological systems, as well as research in aquaculture and food biotechnology. In intervention studies, the analysis focused specifically on L-arginine supplementation, given its biologically active form in experimental and clinical contexts. In order to systematize this evidence, [Table 2](#) is presented, which summarizes the methodological characteristics and main findings of the included studies, allowing for an integrated interpretation of its functional potential beyond its nutritional value.

**Tabla 2.** Características de los estudios sobre efectos fisiológicos y funcionales de la arginina

**Table 2.** Characteristics of studies on the physiological and functional effects of arginine

Autor / Author	Tipo de estudio / modelo / Study type / model	Enfoque o intervención / Approach or intervention	Dominio / Domain	Hallazgo principal / Main finding
Piatti <i>et al.</i> (2001)	Ensayo clínico doble ciego en humanos / Double-blind clinical trial in humans	Suplementación oral con L-arginina (3 g, tres veces al día) y evaluación mediante clamp euglicémico / Oral supplementation with L-arginine (3 g, three times daily) and evaluation using a euglycemic clamp	Metabólico / endocrino / cardiovascular / Metabolic / endocrine / cardiovascular	La L-arginina mejoró la sensibilidad a la insulina periférica y hepática, aumentó el flujo sanguíneo y normalizó los niveles de cGMP, evidenciando su acción a través de la vía NO/cGMP. / L-arginine improved peripheral and hepatic insulin sensitivity, increased blood flow, and normalized cGMP levels, demonstrating its action through the NO/cGMP pathway.
Suliburska <i>et al.</i> (2014)	Ensayo clínico aleatorizado / Randomized clinical trial	Suplementación con L-arginina (9 g/día durante 6 meses) en pacientes con obesidad / Supplementation with L-arginine (9 g/day for 6 months) in patients with obesity	Metabólico / clínico / Metabolic / clinical	La suplementación con L-arginina incrementó significativamente la sensibilidad a la insulina y los niveles séricos de zinc, mostrando una correlación positiva entre ambos y una relación inversa con el contenido de grasa corporal. / L-arginine supplementation significantly increased insulin sensitivity and serum zinc levels, showing a positive correlation between both and an inverse relationship with body fat content.
Monti <i>et al.</i> (2013)	Ensayo clínico / Clinical trial	Consumo de alimento funcional enriquecido con L-arginina (6.6 g) en sujetos sanos y con intolerancia a la glucosa/síndrome metabólico / Consumption of a functional food enriched with L-arginine (6.6 g) in healthy subjects and individuals with glucose intolerance/metabolic syndrome	Metabólico / cardiovascular / nutrición funcional / Metabolic / cardiovascular / functional nutrition	La L-arginina mejoró la función endotelial, aumentó los niveles de NO y cGMP, y mejoró la sensibilidad a la insulina, reduciendo glucosa, grasa corporal y marcadores de disfunción metabólica. / L-arginine improved endothelial function, increased NO and cGMP levels, and enhanced insulin sensitivity, reducing glucose levels, body fat, and markers of metabolic dysfunction.
Ene <i>et al.</i> (2024)	Ensayo clínico / Clinical trial	Suplementación con L-arginina / L-arginine supplementation	Cardiovascular / metabólico / clínico / Cardiovascular / metabolic / clinical	La L-arginina redujo significativamente los niveles de PAI-1, aumentó el NO, el estado antioxidante y la sensibilidad a la insulina, evidenciando efectos beneficiosos sobre el riesgo cardiovascular y el metabolismo. / L-arginine significantly reduced PAI-1 levels and increased NO, antioxidant status, and insulin sensitivity, demonstrating beneficial effects on cardiovascular risk and metabolism.
Hambrecht <i>et al.</i> (2000)	Ensayo clínico / Clinical trial	Arginina + ejercicio / Arginine + exercise	Cardiovascular / Cardiovascular	Mejora la función endotelial en pacientes coronarios. / Improved endothelial function in coronary patients.
Vadillo-Ortega <i>et al.</i> (2011)	Ensayo clínico aleatorizado / embarazadas de alto riesgo / Randomized clinical trial / high-risk pregnant women	Alimento médico con L-arginina + vitaminas antioxidantes / Medical food with L-arginine + antioxidant vitamins	Obstétrico / Obstetric	Redució la incidencia de preeclampsia. / Reduced the incidence of preeclampsia.
Tahvilian <i>et al.</i> (2024)	Ensayo clínico aleatorizado / humanos / Randomized clinical trial / humans	L-arginina + ginseng + <i>Tribulus terrestris</i> / L-arginine + ginseng + <i>Tribulus terrestris</i>	Reproductivo / Reproductive	Mejoró el desempeño sexual en hombres con disfunción eréctil. / Improved sexual performance in men with erectile dysfunction.
de Luis <i>et al.</i> (2014)	Ensayo clínico / humanos / Clinical trial / humans	Nutrición enteral con L-arginina / Enteral nutrition with L-arginine	Metabólico / Metabolic	Mejoró resistencia a la insulina y adiponectina en pacientes no diabéticos con cáncer de cabeza y cuello poscirugía. / Improved insulin resistance and adiponectin levels in non-diabetic patients with postoperative head and neck cancer.

Buzdağlı <i>et al.</i> (2026)	Ensayo clínico / Clinical trial	Suplementación con L-arginina, L-teanina y combinación / Supplementation with L-arginine, L-theanine, and their combination	Neurológico / rendimiento / Neurological / performance	La L-arginina sola mostró efectos limitados; sin embargo, en combinación con L-teanina mejoró significativamente el rendimiento cognitivo, la atención y el desempeño en tiro deportivo. / L-arginine alone showed limited effects; however, in combination with L-theanine it significantly improved cognitive performance, attention, and shooting performance.
Rodan <i>et al.</i> (2020)	Estudio piloto / pacientes MELAS / Pilot study / MELAS patients	Terapia con L-arginina / L-arginine therapy	Neurológico- vascular / Neurovascular	Mejoró reactividad cerebrovascular, perfusión y acoplamiento neurovascular. / Improved cerebrovascular reactivity, perfusion, and neurovascular coupling.
Casonatto <i>et al.</i> (2019)	Experimental / humanas mayores / Experimental / older women	Suplementación aguda con L-arginina + ejercicio / Acute supplementation with L-arginine + exercise	Cardiovascular / Cardiovascular	Potenció la hipotensión postejercicio en mujeres mayores. / Enhanced post- exercise hypotension in older women.
Saka <i>et al.</i> (2023)	Experimental / humanos / Experimental / humans	Suplementación con L-arginina / L-arginine supplementation	Metabólico / Metabolic	Mejoró GLUT1, glucosa e insulina en sujetos con anemia falciforme, con implicaciones metabólicas. / Improved GLUT1, glucose, and insulin levels in subjects with sickle cell anemia, with metabolic implications.
Sarandy <i>et al.</i> (2023)	Experimental / ratones knockout iNOS / Experimental / iNOS knockout mice	L-arginina y L-citrulina / L-arginine and L-citrulline	Reparación tisular / Tissue repair	Aceleró la cicatrización y la síntesis asociada a colágeno. / Accelerated wound healing and collagen-associated synthesis.
Geravand <i>et al.</i> (2023)	Experimental / rata con Alzheimer inducido por AIC13 / Experimental / rat with AIC13-induced Alzheimer's disease	Administración intracerebral de L-arginina / Intracerebral administration of L-arginine	Neurológico / Neurological	Mejoró memoria, neurodegeneración y niveles de óxido nítrico (NO) en hipocampo. / Improved memory, neurodegeneration, and nitric oxide (NO) levels in the hippocampus.
Hernández-Jiménez <i>et al.</i> (2020)	Experimental / modelo animal / Experimental / animal model	Pretatamiento con L-arginina en SDRA inducido por ácido oleico / Pretreatment with L-arginine in oleic acid-induced ARDS	Respiratorio- inflamatorio / Respiratory- inflammatory	Disminuyó inflamación y edema, con efecto dual sobre el shunt intrapulmonar. / Reduced inflammation and edema, with a dual effect on intrapulmonary shunting.
Jia <i>et al.</i> (2025)	Experimental (modelo murino) / Experimental (murine model)	Suplementación con polvo de ostra / Oyster powder supplementation	Inmunológico / Metabólico / Immunological / Metabolic	El consumo de ostra mejora la función inmunológica, modula la microbiota intestinal y aumenta la biosíntesis de arginina, correlacionándose con marcadores inmunes. / Oyster consumption improves immune function, modulates the gut microbiota, and increases arginine biosynthesis, correlating with immune markers.

Autor / Author	Tipo de estudio / modelo / Study type / model	Enfoque o intervención / Approach or intervention	Dominio / Domain	Hallazgo principal / Main finding
De Castro Barbosa <i>et al.</i> (2013)	Experimental / in vitro / Experimental / in vitro	Tratamiento con arginina (7 mmol/L) y evaluación de la vía NO/cGMP y señalización intracelular / Arginine treatment (7 mmol/L) and evaluation of the NO/cGMP pathway and intracellular signaling	Metabólico / molecular / Metabolic / molecular	La arginina mejoró la captación de glucosa, la síntesis de glucógeno y la oxidación lipídica, mediante activación de las vías Akt y AMPK, dependientes del sistema NO/cGMP. / Arginine improved glucose uptake, glycogen synthesis, and lipid oxidation through activation of the Akt and AMPK pathways, dependent on the NO/cGMP system.
Salvatore <i>et al.</i> (2008)	Experimental (in vitro, células progenitoras endoteliales humanas) / Experimental (in vitro, human endothelial progenitor cells)	Tratamiento con L-arginina en células infectadas con <i>Bartonella henselae</i> / Treatment with L-arginine in cells infected with <i>Bartonella henselae</i>	Cardiovascular / Inmunológico / Cardiovascular / Immunological	La L-arginina contrarresta el daño endotelial inducido por infección y TNF mediante la vía del óxido nítrico, restaurando la expresión génica y la función celular. / L-arginine counteracts infection- and TNF-induced endothelial damage through the nitric oxide pathway, restoring gene expression and cellular function.
Gao <i>et al.</i> (2024)	Experimental / modelo biológico / Experimental / biological model	Suplementación con L-arginina / L-arginine supplementation	Inmunológico / Immunological	Atenuó inflamación inducida por <i>Streptococcus uberis</i> al disminuir miR-155. / Attenuated <i>Streptococcus uberis</i> -induced inflammation by decreasing miR-155 expression.
Huan <i>et al.</i> (2021)	Experimental / in vitro + análisis serológico en humanos / Experimental / in vitro + serological analysis in humans	Identificación, clonación y caracterización de la arginine kinase (AK) como alérgeno en <i>Crassostrea angulata</i> , incluyendo evaluación de reactividad cruzada con otros mariscos / Identification, cloning, and characterization of arginine kinase (AK) as an allergen in <i>Crassostrea angulata</i> , including evaluation of cross-reactivity with other seafood species	Inmunológico / alergénico / Immunological / allergenic	La arginine kinase fue identificada como un alérgeno en ostras, mostrando reactividad cruzada con camarones y cangrejos; se identificaron epítopos conservados responsables de esta reactividad, lo que contribuye a comprender los mecanismos de alergia a mariscos. / Arginine kinase was identified as an allergen in oysters, showing cross-reactivity with shrimp and crabs; conserved epitopes responsible for this reactivity were identified, contributing to the understanding of seafood allergy mechanisms.
Huan <i>et al.</i> (2022)	Experimental / in vitro / Experimental / in vitro	Identificación y caracterización de epítopos lineales y conformacionales de la arginine kinase (Cra a 2) en <i>Crassostrea angulata</i> mediante desnaturalización química, phage panning, péptidos sintéticos y mutagénesis dirigida / Identification and characterization of linear and conformational epitopes of arginine kinase (Cra a 2) in <i>Crassostrea angulata</i> using chemical denaturation, phage panning, synthetic peptides, and site-directed mutagenesis	Inmunológico / alergénico / Immunological / allergenic	La arginine kinase de <i>Crassostrea angulata</i> fue identificada como alérgeno (Cra a 2); su inmunoreactividad disminuyó tras desnaturalización química, pudiendo servir de base para desarrollar productos de ostra hipoadérgicos. / Arginine kinase from <i>Crassostrea angulata</i> was identified as an allergen (Cra a 2); its immunoreactivity decreased after chemical denaturation, providing a basis for the development of hypoallergenic oyster products.
Yu <i>et al.</i> (2014)	Experimental / Experimental	Suplementación con L-arginina exógena / Exogenous L-arginine supplementation	Inmunológico / Immunological	La L-arginina aumenta la proliferación de linfocitos neonatales mediante una vía independiente de IL-2, modulando la respuesta inmune. / L-arginine increases neonatal lymphocyte proliferation through an IL-2-independent pathway, modulating the immune response.
Maxwell <i>et al.</i> (2001)	Experimental / Experimental	Estrés oxidativo y arginina / Oxidative stress and arginine	Cardiovascular / Cardiovascular	Reduce daño oxidativo en endotelio. / Reduces oxidative damage in the endothelium.

Prastya <i>et al.</i> (2020)	Experimental / levadura y extracto bacteriano marino / Experimental / yeast and marine bacterial extract	Extractos bacterianos con compuestos bioactivos, entre ellos arginina / Bacterial extracts containing bioactive compounds, including arginine	Biotechnológico-antioxidante / Biotechnological-antioxidant	Se observaron efectos antioxidantes y antienviejamiento, sin poder atribuirlos solo a la arginina. / Antioxidant and anti-aging effects were observed, although they could not be attributed solely to arginine.
Shiraseb <i>et al.</i> (2022)	Revisión sistemática y metaanálisis / humanos / Systematic review and meta-analysis / humans	Suplementación con L-arginina / L-arginine supplementation	Cardiovascular / Cardiovascular	Reducción de presión arterial, con análisis dosis-respuesta. / Reduction in blood pressure, with dose-response analysis.
Huerta Ojeda <i>et al.</i> (2019)	Revisión sistemática / Systematic review	L-arginina vs L-citrulina / L-arginine vs L-citrulline	Rendimiento físico / Physical performance	La citrulina mostró mejor perfil ergogénico que la arginina en esfuerzo y dolor muscular. / Citrulline showed a better ergogenic profile than arginine regarding exercise performance and muscle soreness.
Böger & Bode-Böger (2001)	Revisión / Review	Terapia con L-arginina / L-arginine therapy	Cardiovascular / Cardiovascular	Resume mejoría sintomática cardiovascular con administración oral o intravenosa a corto-mediano plazo. / Summarizes cardiovascular symptomatic improvement with short-to medium-term oral or intravenous administration.
Wu <i>et al.</i> (2009)	Revisión / Review	Metabolismo y nutrición de arginina / Arginine metabolism and nutrition	Multisistémico / Multisystemic	Sintetiza el papel de la arginina en crecimiento, hemodinámica, inmunidad y metabolismo. / Summarizes the role of arginine in growth, hemodynamics, immunity, and metabolism.
Popovic <i>et al.</i> (2007)	Revisión / Review	Arginina e inmunidad / Arginine and immunity	Inmunológico / Immunological	Resume la relación entre arginina, función inmune y uso nutricional. / Summarizes the relationship between arginine, immune function, and nutritional applications.
Tsikis (2020)	Revisión mecanística / Mechanistic review	Vía L-arginina/NO/ADMA y DMA urinario / L-arginine/NO/ADMA pathway and urinary DMA	Cardiovascular-metabólico / Cardiovascular-metabolic	Discute la interacción de arginina con ADMA y el aporte de pescado/mariscos a DMA urinario, relevante para interpretar la vía NO. / Discusses the interaction of arginine with ADMA and the contribution of fish/seafood to urinary DMA, relevant for interpreting the NO pathway.
Wang <i>et al.</i> (2021)	Revisión / Review	Metabolismo de la arginina y funciones fisiológicas en peces / Arginine metabolism and physiological functions in fish	Metabólico, endocrino e inmunológico / Metabolic, endocrine, and immunological	Regula el metabolismo energético (vía AMPK), la síntesis proteica (vía TOR), la secreción de insulina y la respuesta inmune, mejorando la resistencia a enfermedades y la homeostasis metabólica. / Regulates energy metabolism (AMPK pathway), protein synthesis (TOR pathway), insulin secretion, and immune response, improving disease resistance and metabolic homeostasis.
Kurhaluk (2023)	Revisión / Review	Evaluación de la suplementación con arginina y su papel como precursor de óxido nítrico (NO) en condiciones de hipoxia / Evaluation of arginine supplementation and its role as a nitric oxide (NO) precursor under hypoxic conditions	Cardiovascular, metabólico y fisiológico / Cardiovascular, metabolic, and physiological	Ejerce efectos terapéuticos en condiciones de hipoxia mediante la modulación de la síntesis de óxido nítrico, mejorando la función vascular, la adaptación metabólica y los procesos de fosforilación oxidativa. / Exerts therapeutic effects under hypoxic conditions by modulating nitric oxide synthesis, improving vascular function, metabolic adaptation, and oxidative phosphorylation processes.

Luiking <i>et al.</i> (2010)	Revisión / Review	Metabolismo de arginina / Arginine metabolism	Metabólico / Metabolic	Describe rutas metabólicas y funciones fisiológicas. / Describes metabolic pathways and physiological functions.
Huan <i>et al.</i> (2026)	Experimental / in vitro / Experimental / in vitro	Generación de un mutante de arginine kinase (mCra a 2) dirigida para reducir su alergenicidad y evaluar su potencial en desensibilización oral / Generation of an arginine kinase mutant (mCra a 2) aimed at reducing allergenicity and evaluating its potential for oral desensitization	Inmunológico / Immunological	Mostró menor capacidad de unión IgG/IgE y menor activación de basófilos, manteniendo la reactividad de células T e induciendo secreción de IL-10, lo que sugiere su potencial para la desensibilización oral en alergia a ostras. / Showed lower IgG/IgE binding capacity and reduced basophil activation, while maintaining T-cell reactivity and inducing IL-10 secretion, suggesting its potential for oral desensitization in oyster allergy.
Bronte & Zanovello (2005)	Revisión / Review	Arginina y sistema inmune / Arginine and the immune system	Inmunológico / Immunological	Regula actividad de macrófagos y células T. / Regulates macrophage and T-cell activity.

A partir de la síntesis presentada en la [Tabla 2](#), se evidencia que la arginina desempeña un papel multifuncional en distintos sistemas biológicos, con efectos que trascienden su valor nutricional y se proyectan hacia aplicaciones clínicas, fisiológicas y biotecnológicas. Se muestra una consistencia en la activación de la vía del óxido nítrico (NO) como mecanismo central, particularmente en la regulación de la función endotelial, la perfusión tisular y la señalización metabólica.

En lo cardiovascular y metabólico los estudios clínicos evidencian que la suplementación con L-arginina contribuye a mejorar la sensibilidad a la insulina, aumentar la biodisponibilidad de NO y reducir marcadores de riesgo como el PAI-1, lo que sugiere un efecto protector frente a alteraciones cardiometabólicas. Los estudios experimentales y moleculares confirman que estos efectos están mediados por la activación de rutas intracelulares como NO/cGMP, Akt y AMPK, las cuales participan en la homeostasis energética y la función vascular.

La evidencia del sistema inmunológico muestra que la arginina modula la proliferación celular, la respuesta inflamatoria y la actividad de células inmunes, tanto en modelos experimentales como en estudios aplicados. Investigaciones recientes en mariscos comestibles han permitido identificar proteínas como la arginine kinase como alérgenos relevantes, así como sus epítomos funcionales, lo que abre nuevas perspectivas para el desarrollo de alimentos hipoalergénicos y aplicaciones en inmunoterapia. Se muestra en lo neurológico y regenerativo efectos positivos asociados a la mejora de la memoria, la reducción del daño oxidativo y la aceleración de procesos de reparación tisular, lo que refuerza el carácter sistémico de la arginina como modulador

Based on the synthesis presented in [Table 2](#), it is evident that arginine plays a multifunctional role in different biological systems, with effects that transcend its nutritional value and extend toward clinical, physiological, and biotechnological applications. Consistency is shown in the activation of the nitric oxide (NO) pathway as a central mechanism, particularly in the regulation of endothelial function, tissue perfusion, and metabolic signaling.

In cardiovascular and metabolic terms, clinical studies show that L-arginine supplementation contributes to improving insulin sensitivity, increasing NO bioavailability, and reducing risk markers such as PAI-1, which suggests a protective effect against cardiometabolic alterations. Experimental and molecular studies confirm that these effects are mediated by the activation of intracellular pathways such as NO/cGMP, Akt, and AMPK, which participate in energy homeostasis and vascular function.

Evidence from the immune system shows that arginine modulates cell proliferation, the inflammatory response, and immune cell activity, both in experimental models and in applied studies. Recent research on edible shellfish has identified proteins such as arginine kinase as relevant allergens, as well as their functional epitopes, which opens new perspectives for the development of hypoallergenic foods and applications in immunotherapy. In the neurological and regenerative fields, positive effects are shown associated with memory improvement, reduction of oxidative damage, and acceleration of tissue repair processes, which reinforces the systemic nature of arginine as a physiological modulator. In the field of physical performance, the results suggest that its effect may be limited when administered in isolation, but it can be enhanced in combination with other compounds, evidencing

fisiológico. En el campo del rendimiento físico, los resultados sugieren que su efecto puede ser limitado cuando se administra de forma aislada, pero puede potenciarse en combinación con otros compuestos, evidenciando interacciones sinérgicas relevantes.

Aunque los resultados evidencian un amplio potencial funcional de la arginina, también se identifican limitaciones asociadas a la heterogeneidad de los diseños experimentales, las dosis empleadas y los contextos de aplicación, lo que dificulta la estandarización de sus efectos y su traducción directa a recomendaciones nutricionales o clínicas. La integración de estos hallazgos permite avanzar hacia una comprensión más completa del papel de la arginina en mariscos comestibles, en coherencia con el objetivo del estudio y orientando futuras líneas de investigación.

## DISCUSIÓN

Se integró críticamente la evidencia científica disponible sobre el contenido de arginina en mariscos comestibles y su potencial funcional, permitiendo establecer una relación entre su composición nutricional y sus implicaciones fisiológicas en salud humana. Los resultados confirman que los mariscos constituyen una fuente relevante de arginina, aunque su aporte varía significativamente según la especie, el tejido analizado y las condiciones de procesamiento.

Los hallazgos evidencian que especies como *Stichopus hermanni* y *Crassostrea gigas* presentan las concentraciones más elevadas de arginina, alcanzando valores superiores a 7000 mg/100 g y 6000 mg/100 g, estos valores deben interpretarse con cautela, ya que frecuentemente corresponden a muestras en base seca o procesadas, lo que puede sobreestimar su contribución en condiciones dietéticas habituales. Esta observación es consistente con estudios de composición de aminoácidos en productos marinos, que reportan una alta variabilidad asociada al tipo de tejido, método analítico y base de cuantificación (Wu *et al.*, 2014).

Desde lo nutricional la digestibilidad de las proteínas en productos del mar se sitúa generalmente en rangos elevados, típicamente entre 85% y 95%, dependiendo de factores como la especie, el tratamiento térmico y la matriz alimentaria (Sarwar Gilani *et al.*, 2012). Esto refleja una alta biodisponibilidad de aminoácidos esenciales, incluida la arginina; sin embargo, la evidencia específica para mariscos es limitada y heterogénea, lo que impide establecer valores únicos generalizables; resulta necesario evitar

relevant synergistic interactions.

Although the results show a broad functional potential of arginine, limitations associated with the heterogeneity of experimental designs, doses used, and application contexts are also identified, which hinders the standardization of its effects and their direct translation into nutritional or clinical recommendations. The integration of these findings allows for progress toward a more complete understanding of the role of arginine in edible shellfish, consistent with the objective of the study and guiding future lines of research.

## DISCUSSION

The available scientific evidence on the arginine content in edible shellfish and its functional potential was critically integrated, allowing for the establishment of a relationship between its nutritional composition and its physiological implications for human health. The results confirm that shellfish constitute a relevant source of arginine, although their contribution varies significantly depending on the species, the tissue analyzed, and processing conditions.

The findings show that species such as *Stichopus hermanni* and *Crassostrea gigas* present the highest concentrations of arginine, reaching values exceeding 7000 mg/100 g and 6000 mg/100 g; these values must be interpreted with caution, as they frequently correspond to dry-weight or processed samples, which may overestimate their contribution under habitual dietary conditions. This observation is consistent with studies on amino acid composition in marine products, which report high variability associated with the type of tissue, analytical method, and basis of quantification (Wu *et al.*, 2014) serving as building blocks for proteins and substrates for synthesis of low-molecular-weight substances. Based on growth or nitrogen balance, AA were traditionally classified as nutritionally essential or nonessential for animals. Although those AA that are not synthesized in eukaryotes (nutritionally essential AA, EAA).

From a nutritional standpoint, the digestibility of proteins in seafood is generally in high ranges, typically between 85% and 95%, depending on factors such as the species, thermal treatment, and food matrix (Sarwar Gilani *et al.*, 2012). This reflects a high bioavailability of essential amino acids, including arginine; however, specific evidence for shellfish is limited and heterogeneous, which prevents the establishment of unique generalizable values; it is

la sobre interpretación de valores puntuales y promover estudios que evalúen la digestibilidad real en condiciones de consumo.

La síntesis de los efectos fisiológicos, presentada en la [Tabla 2](#), confirma que la arginina desempeña un papel central como precursor del NO, lo que explica su implicación en la regulación vascular, la perfusión tisular y la homeostasis metabólica. Diversos estudios han demostrado que la suplementación con L-arginina mejora la función endotelial y la sensibilidad a la insulina, a través de la activación de la vía NO/cGMP ([Epstein et al., 1993](#); [Wu et al., 2009](#)) efectos coherentes con los resultados clínicos y experimentales observados.

L-arginina ha sido reconocida en lo inmunológico como un modulador clave de la respuesta inmune, regulando la proliferación de linfocitos y la actividad de células mieloides ([Bronte y Zanovello, 2005](#)). Se destaca que la mayoría de estos efectos provienen de estudios con L-arginina purificada, por lo que su extrapolación al consumo de mariscos requiere cautela. Investigaciones recientes han identificado proteínas como la arginine kinase como alérgenos relevantes en mariscos, lo que introduce implicaciones importantes en términos de seguridad alimentaria y desarrollo de productos hipoalérgicos.

Uno de los hallazgos fue la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, particularmente en relación con las unidades de medida, la base de cuantificación (húmeda vs seca) y los diseños experimentales. Si bien esta heterogeneidad dificulta la comparación directa entre especies, es importante señalar que existe una amplia base de literatura sobre la composición de aminoácidos en productos marinos ([Mohanty et al., 2014](#)). Las limitaciones identificadas responden principalmente a la falta de estandarización metodológica más que a una ausencia de evidencia, lo que sugiere la necesidad de establecer protocolos armonizados para mejorar la comparabilidad de los resultados.

El impacto fisiológico de la arginina derivada del consumo de mariscos debe interpretarse en el contexto de interacciones metabólicas complejas. Compuestos presentes en productos marinos como el trimetilamina N-óxido pueden influir indirectamente en la vía de la L-arginina mediante la formación de dimetilarginina asimétrica (ADMA), un inhibidor de la óxido nítrico sintasa ([Tsikas, 2020](#)). Este fenómeno sugiere que el efecto neto del consumo de mariscos sobre la función vascular depende no solo del contenido de arginina, sino también de factores individuales como

necessary to avoid over-interpreting point values and to promote studies that evaluate actual digestibility under consumption conditions.

The synthesis of physiological effects, presented in [Table 2](#), confirms that arginine plays a central role as a precursor to NO, which explains its involvement in vascular regulation, tissue perfusion, and metabolic homeostasis. Various studies have shown that L-arginine supplementation improves endothelial function and insulin sensitivity through the activation of the NO/cGMP pathway ([Epstein et al., 1993](#); [Wu et al., 2009](#)) effects consistent with the clinical and experimental results observed.

L-arginine has been recognized immunologically as a key modulator of the immune response, regulating lymphocyte proliferation and myeloid cell activity ([Bronte and Zanovello, 2005](#)). It is highlighted that most of these effects come from studies with purified L-arginine, so its extrapolation to seafood consumption requires caution. Recent research has identified proteins such as arginine kinase as relevant allergens in seafood, which introduces important implications in terms of food safety and the development of hypoallergenic products.

One of the findings was the methodological heterogeneity of the included studies, particularly in relation to units of measurement, the basis of quantification (wet vs. dry), and experimental designs. While this heterogeneity makes direct comparison between species difficult, it is important to note that there is a broad base of literature on the amino acid composition of marine products ([Mohanty et al., 2014](#)). The identified limitations are mainly due to a lack of methodological standardization rather than an absence of evidence, which suggests the need to establish harmonized protocols to improve the comparability of results.

The physiological impact of arginine derived from seafood consumption must be interpreted in the context of complex metabolic interactions. Compounds present in marine products such as trimethylamine N-oxide can indirectly influence the L-arginine pathway through the formation of asymmetric dimethylarginine (ADMA), an inhibitor of nitric oxide synthase ([Tsikas, 2020](#)). This phenomenon suggests that the net effect of seafood consumption on vascular function depends not only on the arginine content but also on individual factors such as gut microbiota and dietary context.

la microbiota intestinal y el contexto dietético.

Se identifican importantes vacíos de conocimiento, especialmente en relación con la biodisponibilidad de la arginina en alimentos completos, su estabilidad tras el procesamiento y su efecto en estudios clínicos con mariscos en lugar de suplementos aislados. Asimismo, factores como la edad, el estado metabólico y la microbiota intestinal pueden modular su efecto biológico (Wu *et al.*, 2009). La integración de enfoques nutricionales, moleculares y clínicos será fundamental para avanzar hacia recomendaciones basadas en evidencia.

## CONCLUSIONES

Esta revisión sintetiza la evidencia disponible sobre el contenido y el papel funcional de la arginina en mariscos comestibles, destacando su relevancia como componente bioactivo dentro de matrices alimentarias marinas. Los hallazgos confirman que, aunque los mariscos representan una fuente significativa de arginina, su distribución no es uniforme y está fuertemente condicionada por factores biológicos, tecnológicos y analíticos, lo que limita comparaciones directas entre estudios. Más que identificar especies con contenidos máximos absolutos, se evidencian patrones dependientes del procesamiento y de la base de cuantificación, lo que subraya la necesidad de interpretar estos datos en contextos dietéticos reales. A nivel funcional, la arginina muestra efectos consistentes en múltiples sistemas biológicos, principalmente a través de la vía del óxido nítrico; sin embargo, la predominancia de estudios basados en suplementación restringe la extrapolación directa al consumo de alimentos completos. Avanzar hacia enfoques integrados que incluyan estandarización metodológica, estudios de biodisponibilidad y ensayos clínicos con mariscos enteros resulta esencial para consolidar su papel dentro de estrategias nutricionales basadas en evidencia.

Significant knowledge gaps are identified, especially in relation to the bioavailability of arginine in whole foods, its stability after processing, and its effect in clinical studies with seafood rather than isolated supplements. Likewise, factors such as age, metabolic status, and gut microbiota can modulate its biological effect (Wu *et al.*, 2009). The integration of nutritional, molecular, and clinical approaches will be fundamental to advancing toward evidence-based recommendations.

## CONCLUSIONS

This review synthesizes the available evidence on the content and functional role of arginine in edible seafood, highlighting its relevance as a bioactive component within marine food matrices. The findings confirm that, although seafood represents a significant source of arginine, its distribution is not uniform and is strongly influenced by biological, technological, and analytical factors, which limits direct comparisons between studies. Rather than identifying species with the highest absolute contents, the evidence points to patterns that depend on processing and the basis of quantification, underscoring the need to interpret these data in real dietary contexts. At the functional level, arginine shows consistent effects across multiple biological systems, mainly through the nitric oxide pathway; however, the predominance of studies based on supplementation limits direct extrapolation to the consumption of whole foods. Advancing toward integrated approaches that include methodological standardization, bioavailability studies, and clinical trials with whole seafood is essential to consolidate its role within evidence-based nutritional strategies.

## BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Ahmed, HO, Mahdy, A., Nasser, SAM, Abd El-Wakeil, KF, Obuid-Allah, AH and Hassan, MM. (2022). Biochemical composition of some Echinodermata (Holothuroidea, Echinoidea) from the Red Sea, Egypt. *Brazilian Journal of Biology*, 82:e246309. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.246309>
- Böger RH and Bode-Böger SM. (2001). The clinical pharmacology of L-Arginine. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 41(1): pp. 79–99. <https://doi.org/10.1146/annurev.pharmtox.41.1.79>
- Bronte, V. and Zanollo, P. (2005). Regulation of immune responses by L-arginine metabolism. *Nature Reviews Immunology*, 5(8), pp.641–654. doi:<https://doi.org/10.1038/nri1668>.
- Buzdağlı, Y., Canyurt, F., Raşit İnaç, M., Ozan, M., Çağlar, B. and Köse, D. (2026). Effects of L-Theanine and L-Arginine supplementation on attention, cognitive, and shooting performance in elite air rifle shooters. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, pp. 1–21. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2026.2637018>
- Casonatto, J., Zago, D. M., Enokida, D. M., Grandolfi, K. and Aguiar, A. F. (2019). L-arginine supplementation improves post-exercise hypotension in elderly women. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25(4): pp. 333–337. doi: <https://doi.org/10.1590/1517-869220192504182865>
- Chanmuang, S., Meemalai, O., Promyo, K., Park, KH, Pongworn, S., Gong, DS and Ham, KS. (2020). Ameliorative effects of ark clams (*Scapharca subcrenata* and *Tegillarca granosa*) on endothelial dysfunction induced by a high-fat diet. *Applied Biological Chemistry*, 63(1):73. doi: <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00556-4>
- Citrangulo, G.L., Fonseca, A.L.S. da, Diniz, P.V., Rodrigues, J.P.T.N. and Drumond, D.G. (2022). Is arginine supplementation effective in preventing preeclampsia in pregnant women? *Medicina (Ribeirão Preto)*, 55(1). doi:<https://doi.org/10.11606/issn.2176-7262.rmp.2022.184348>.
- Corbin, J. and Strauss, A. (2008). Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory. Thousand Oaks, CA: SAGE
- de Castro Barbosa, T., Jiang, L.Q., Zierath, J.R. and Nunes, M.T. (2013). L-Arginine enhances glucose and lipid metabolism in rat L6 myotubes via the NO/ c-GMP pathway. *Metabolism*, 62(1), pp.79–89. doi:<https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.06.011>.
- de Luis, D., Izaola, O., De la Fuente, B and Aller, R. (2014). Effect of L-arginine supplementation on insulin resistance and adipocytokines levels in head and neck cancer non diabetic patients after surgery. *Nutrición Hospitalaria*, 30(4), pp. 870-875. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.4.7864>
- Ene, C.D., Penescu, M., Nicolae, I. and Capusa, C. (2024). The role of the L-Arginine–Nitric oxide molecular pathway in autosomal dominant polycystic kidney disease. *Journal of Personalized Medicine*, 14(3), pp.299–299. doi:<https://doi.org/10.3390/jpm14030299>.
- Epstein, F.H., Moncada, S. and Higgs, A. (1993). The L-Arginine-Nitric oxide pathway. *New England Journal of Medicine*, 329(27), pp.2002–2012. doi: <https://doi.org/10.1056/nejm199312303292706>
- Ferrreira de Lima, F., Feitosa da Silva, T., Miranda Neto, M., Tavares Toscano, L., Oliveira da Silva, C.S. and Sérgio Silva, A. (2018). Effect of L-arginine intake on exercise-induced hypotension. *Nutrición Hospitalaria*, 35(5), pp.1195–1195. doi:<https://doi.org/10.20960/nh.1708>.
- Galal, H. M., Abdelhafez, A. T., Sayed, M. M., Gomaa, W. M., Tohamy, T. A., Gomaa, A. M. and El-Metwally, T. H. (2024). Impact of L-Arginine on diabetes-induced neuropathy and myopathy: Roles of PAI-1, Irisin, oxidative stress, NF- $\kappa$ B, autophagy and microRNA-29a. *Tissue and Cell*, 87:102342. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tice.2024.102342>
- Gao, Y., Lu, J., Wang, Z., Sun, N., Wu, B., Han, X., Liu, Y., Yu, R., Xu, Y., Han, X. and Miao, J. (2024). L-arginine attenuates *Streptococcus uberis*-induced inflammation by decreasing miR155 level. *International Immunopharmacology*, 130, p.111638. doi: <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.111638>.
- Geravand, S., Karami, M., Hedayat Sahraei and Rahimi, F. (2023). Protective effects of L-arginine on Alzheimer's disease: Modulating hippocampal nitric oxide levels and memory deficits in aluminum chloride-induced rat model. *European Journal of Pharmacology*, 958, pp.176030–176030. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2023.176030>.
- Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Linke, A., Hofer, J., Erbs, S., Schoene, N. and Schuler, G. (2000). Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, 342(7), pp.454–460. doi: <https://doi.org/10.1056/nejm200002173420702>.
- Hernández Flores J. (2013). *Caracterización bioquímica de la arginina cinasa del camarón blanco Litopenaeus vannamei y su participación en la fosforilación de nucleótido*. Tesis maestría, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/334>
- Hernández-Jiménez, C., Baltazares-Lipp, M., Olmos-Zúñiga, J.R., GaxiolaGaxiola, M., Guzmán-Cedillo, A.E., Silva-Martínez, M. y Jasso-Victoria, R. (2020). Efecto del pretratamiento con L-arginina en un modelo experimental de síndrome de insuficiencia respiratoria aguda inducido por ácido oleico. *NCT Neumología y Cirugía de Tórax*, 79(4), pp.236–247. doi: <https://doi.org/10.35366/97966>.
- Herrera-Guardiola, S. y Valencia, M.E. (2021). Andamios de quitosano con L-Arginina para su aplicación en salud dental. *Revista Nacional de Odontología*, 17(2), pp.1–21. doi:<https://doi.org/10.16925/2357-4607.2021.02.07>.
- Huan, F., Han, T.-J., Liu, M., Li, M.-S., Yang, Y., Liu, Q.-M., Lai, D., Cao, M.-J. and Liu, G.-M. (2021). Identification and characterization of *Crassostrea angulata* arginine kinase, a novel allergen that causes cross-reactivity among shellfish. *Food & Function*, 12(20), pp.9866–9879. doi:<https://doi.org/10.1039/d1fo02042k>
- Huan, F., Gao, S., Gu, Y., Li, Y.-P., Huang, X.-Y., Liu, M., Yang, Y., Lai, D., Xiao, A.-F. and Liu, G.-M. (2026). Designing a hypoallergenic mutant of Cra a 2 with T-Cell reactivity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 74(6), pp.5706–5717. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c15182>.
- Huerta Ojeda, Á., Domínguez de Hanna, A. and Barahona-Fuentes, G. (2019). The effect of supplementation with L-arginine and L-citrulline on physical performance: a systematic review. *Nutrición Hospitalaria*, 36(6), pp.1389-1402. doi:<https://doi.org/10.20960/nh.02478>.
- Jeyasanta K and Patterson J. (2017). Effect of formulated feed on the biochemical composition of cultured shrimp, *Penaeus monodon* (Fabricius, 1798). *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2(1): pp.15–22
- Jia, J., Guo, J., Yan, C., Gu, Y. and Xia, X.2025. Oyster powder supplementation enhances immune function in mice partly through modulating the gut microbiota and arginine metabolism. *Food Function*, 16(4): pp.1254–1266.

<https://doi.org/10.1039/D4FO06068G>

- Kurhaluk N. (2023). The effectiveness of L-arginine in clinical conditions associated with hypoxia. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(9):8205. <https://doi.org/10.3390/ijms24098205>
- Lee YL and Lee SY. (2022). Effect of fermented oyster (*Crassostrea gigas*) extracts and regular walking on muscle strength and mass in older adults with relatively low muscle mass: A randomized controlled trial. *Frontiers in Nutrition*, 9:935395. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.935395>
- Li, M., Wen, H., Huang, F., Wu, M., Yu, L., Jiang, M. and Tian, J. (2022). Role of arginine supplementation on muscular metabolism and flesh quality of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) reared in freshwater. *Frontiers in Nutrition*, 9:980188. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.980188>
- Loppies, C.R.M., Apituley, D.A.N. and Tentua, E. (2021). Nutrition content and amino acid profile of paper squid (*Loligo edulis*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 797(1), p.012020. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/797/1/012020>.
- Luiking, Y.C., Engelen, M.P. and Deutz, N.E. (2010). Regulation of nitric oxide production in health and disease. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 13(1), pp.97–104. doi:<https://doi.org/10.1097/mco.0b013e328332f99d>.
- Maxwell, AJ, Ho, HKV, Le, CQ, Lin, PS, Bernstein, D. and Cooke, JP (2001). L-Arginine enhances aerobic exercise capacity in association with augmented nitric oxide production. *Journal of Applied Physiology*, 90(3): pp. 933–938. doi:<https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.3.933>
- Mengist, W, Soromessa, T and Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 7:100777. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>
- Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T.V., Chakraborty, K., Rangasamy, A., Paul, B., Sarma, D., Mathew, S., Asha, K.K., Behera, B., Aftabuddin, M., Debnath, D., Vijayagopal, P., Sridhar, N., Akhtar, M.S., Sahi, N., Mitra, T., Banerjee, S. and Paria, P. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of Amino Acids*, pp.1–7. doi:<https://doi.org/10.1155/2014/269797>.
- Monti, LD, Casiraghi, MC, Setola, E., Galluccio, E., Pagani, MA, Quaglia, L., ... and Piatti, P. (2013). L-Arginine enriched biscuits improve endothelial function and glucose metabolism: A pilot study in healthy subjects and a cross-over study in subjects with impaired glucose tolerance and metabolic syndrome. *Metabolism*. 62(2):255–264. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.08.004>
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S. and McGuinness, L.A. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *British Medical Journal*, 372(71). doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Piatti, P., Monti, L.D., Valsecchi, G., Magni, F., Setola, E., Marchesi, F., Galli-Kienle, M., Pozza, G. and Alberti, K.G.M.M. (2001). Long-term oral L-Arginine administration improves peripheral and hepatic insulin sensitivity in type 2 diabetic patients. *Diabetes Care*, 24(5), pp.875–880. doi: <https://doi.org/10.2337/diacare.24.5.875>.
- Popovic, P.J., Zeh, H.J. and Ochoa, J.B. (2007). Arginine and immunity. *The Journal of Nutrition*, 137(6), pp.1681S1686S. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/137.6.1681s>.
- Porto, A. A., Gonzaga, L. A., Benjamim, C. J. R., Garner, D. M., Adami, F. and Valenti, V. E. (2022). Effect of oral L-arginine supplementation on post-exercise blood pressure in hypertensive adults: A systematic review with meta-analysis of randomized double-blind, placebo-controlled studies. *Science & Sports*, 37(7): pp. 552–561. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.04.003>
- Posso Pacheco, R.J., Barba Miranda, L.C., Tenorio Sánchez, R.A., Caicedo Quiroz, R., Maqueira-Caraballo, G. and Barzola-Monteses, J. (2025). PRISMA guidelines: Methodological adaptation for systematic reviews in education. *Data and Metadata*, 4, p.698. doi: <https://doi.org/10.56294/dm2025698>.
- Prasty, M. E., Astuti, R. I., Batubara, I., Takagi, H. and Wahyudi, A. T. (2020). Natural extract and its fractions isolated from the marine bacterium *Pseudoalteromonas flavipulchra* STILL-33 have antioxidant and antiaging activities in *Schizosaccharomyces pombe*. *FEMS Yeast Research*, 20(3), foaa014. doi:<https://doi.org/10.1093/femsyr/foaa014>
- Rodan, L.H., Poublanc, J., Fisher, J.A., Sobczyk, O., Mikulis, D. and Tein, I. (2020). L-arginine effects on cerebrovascular reactivity, perfusion and neurovascular coupling in MELAS (mitochondrial encephalomyopathy with lactic acidosis and stroke-like episodes) syndrome. *PLoS ONE*, 15(9), pp.e0238224–e0238224. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238224>.
- Saka, W.A., Anigbogu, C.N., Kehinde, M.O. and Jaja, S.I. (2023). L-Arginine supplementation enhanced expression of glucose transporter (GLUT 1) in sickle cell anaemia subjects in the steady state. *Current Research in Physiology*, 6, p.100096. doi:<https://doi.org/10.1016/j.crphys.2022.11.003>.
- Salvatore, P., Casamassimi, A., Sommese, L., Fiorito, C., Ciccodicola, A., Rossiello, R., Avallone, B., Grimaldi, V., Costa, V., Rienzo, M., Colicchio, R., Williams-Ignarro, S., Pagliarulo, C., Prudente, M.E., Abbondanza, C., Lamberti, F., Baroni, A., Buommino, E., Farzati, B., Tufano, M.A., Ignarro, L.J. and Napoli, C. (2008). Detrimental effects of *Bartonella henselae* are counteracted by L-arginine and nitric oxide in human endothelial progenitor cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(27): pp. 9427–9432. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0803602105>
- Sarandy, MM, Pelinsari, SM, de Souza, LM, Novaes, RD, Zanoncio, VV, and Gonçalves, RV. (2023). L-arginine and L-citrulline supplementation accelerates second intention wound healing in iNOS knockout mice. *Journal of Functional Foods*. 100:105395. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105395>
- Sarwar Gilani G, Wu Xiao C. and Cockell KA. (2012). Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *The British Journal of Nutrition*, 108(S2): pp. S315–S332. doi: <https://doi.org/10.1017/S0007114512002371>
- Shiraseb, F., Asbaghi, O., Bagheri, R., Wong, A., Figueroa, A. and Mirzaei, K. (2022). Effect of L-Arginine supplementation on blood pressure in adults: A systematic review and dose–response meta-analysis of randomized clinical trials. *Advances in Nutrition*. 13(4): pp.1226–1242. doi: <https://doi.org/10.1093/advances/nmab155>
- Smith, L. Arizza, V., Barela Hudgell, M., Barone, G., Bodnar, A., Buckley, K., Cunsolo, V., Dheilly, N.F., Nicola, F., Fugmann, S. Furukawa, R., García Arraras, J., Henson, J., Hibino, T., Irons, Z., Li, C., Lun, C., Majeske, A., Oren, M., Pagliara, P., Pinsino, A., Raftos, D., Rast, J., Samasa, B., Schillaci, D., Schrankel, C., Stabili, L., Stensvåg, K. and Sutton, E. (2018). Echinodermata: The complex immune system in echinoderms. In: *Advances in Comparative Immunology*. Springer International Publishing; pp. 409–501 [accessed 2025 June 22]. [https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76768-0\\_13](https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76768-0_13). doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-76768-0\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76768-0_13)
- Suliburska, J., Bogdanski, P., Szulinska, M., Pupek-Musialik, D. and Jablecka,

- A. (2014). Changes in mineral status are associated with improvements in insulin sensitivity in obese patients following L-arginine supplementation. *European Journal of Nutrition*, 53(2): pp. 387–393. doi:<https://doi.org/10.1007/s00394-013-0533-7>
- Tahvilian, R., Golesorkhi, M. A., Parhoudeh, F., Heydarpour, F., Hosseini, H., Baghshahi, H., Akbari, H., Reza Memarzadeh, M., Mehran, M. and Bagheri, H. (2024). The effect of the combination of ginseng, *Tribulus terrestris*, and L-arginine on the sexual performance of men with erectile dysfunction: a randomized, double-blind, parallel, and placebo-controlled clinical trial. *Journal of Pharmacopuncture*, 27(2): pp. 82–90. doi: HYPERLINK "<https://doi.org/10.3831/KPI.2024.27.2.82>"
- Thurgasri V, Timothy G. and Aemi Syazwani, A. (2023). Analyzing nutritional content and essential amino acid composition of *Perna viridis* mussels: Insights from proximate analysis and high-performance liquid chromatography-ultraviolet analysis. *Proceedings Science Mathematics*, 20: pp. 1–6.
- Tsikis D. (2020). Urinary dimethylamine (DMA) and its precursor asymmetric dimethylarginine (ADMA) in clinical medicine, in the context of nitric oxide (NO) and beyond. *Journal of Clinical Medicine*, 9(6):1843. doi:<https://doi.org/10.3390/jcm9061843>
- Vadillo-Ortega, F., Perichart-Perera, O., Espino, S., Avila-Vergara, M. A., Ibarra, I., Ahued, R., Godines, M., Parry, S., Macones, G. and Strauss, J.F. (2011). Effect of supplementation during pregnancy with L-arginine and antioxidant vitamins in medical food on pre-eclampsia in high risk population: randomised controlled trial. *BMJ*, 342(may19 1):d2901–d2901. doi:<https://doi.org/10.1136/bmj.d2901>
- Wang Q, Xu, Z. and Ai, Q. (2021). Arginine metabolism and its functions in growth, nutrient utilization, and immunonutrition of fish. *Animal Nutrition*, 7(3): pp. 716–727. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aninu.2021.03.006>
- Wu, G., Bazer, FW, Davis, TA, Kim, SW, Li, P., Marc Rhoads, J. and Yin, Y. (2009). Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. *Amino Acids*, 37(1): pp.153–168. doi:<https://doi.org/10.1007/s00726-008-0210-y>
- Wu, G., Bazer, FW, Dai, Z., Li, D., Wang, J. and Wu, Z. (2014). Amino acid nutrition in animals: Protein synthesis and beyond. *Annual Review of Animal Biosciences*, 2(1): pp.387–417. doi:<https://doi.org/10.1146/annurevanimal-022513-114113>
- Xu, L., Wang, X., Wang, C., Li, W. and Liu, H. (2022). L-arginine supplementation improved neonatal outcomes in pregnancies with hypertensive disorder or intrauterine growth restriction: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Nutrition*, 41(7):1512–1522. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.05.014>
- Yan J, Guo Z and Xie J. (2024). A critical analysis of the opportunities and challenges of phage application in seafood quality control. *Foods*. 13(20):3282. doi: <https://doi.org/10.3390/foods13203282>
- Yu, H. R., Kuo, H. C., Huang, L. T., Chen, C. C., Tain, Y. L., Sheen, J. M. and Hsu, T. Y. (2014). L-Arginine modulates neonatal lymphocyte proliferation through an interleukin – 2 independent pathway. *Immunology*, 143(2): pp. 184–192. doi:<https://doi.org/10.1111/imm.12300>

