LIFE Science Hub
JOURNAL OF SCIENCE
EXPANDING KNOWLEDGE ABOUT NUTRITION AND HEALTH

ORIGINAL RESEARCH
Volume 3, ottobre 2026

Piperina e biodisponibilità: come cambia l'assorbimento di alcune sostanze nel corpo

Dr. A. Colonnese[1], R. Panzironi[2]

1 Nutrition Biologist, Latina, Italy
2 Independent Researcher, Latina, Italy

1. ABSTRACT

La piperina, il principale alcaloide del pepe nero, è studiata in nutrizione e in farmacologia. Gli studi testano il possibile effetto sulla biodisponibilità (quota che entra nel sangue dopo l'assunzione). Il tema conta perché il corpo non assorbe allo stesso modo tutte le molecole che ingeriamo. Alcune passano a fatica la barriera intestinale, mentre gli enzimi trasformano presto altre molecole. I trasportatori di membrana (proteine che spostano sostanze tra le cellule) ne espellono altre. In questo campo, la piperina è un bioenhancer (sostanza che può rendere un altro composto più disponibile). L'idea è semplice, ma molti processi entrano in gioco e agiscono in modi diversi. L'effetto cambia con il composto usato, la formulazione e il contesto in cui si usa. Perciò, questo effetto non compare sempre e può variare da un caso all'altro. Questo articolo spiega come la piperina agisce nell'intestino e sul metabolismo del corpo. Chiarisce anche perché la curcumina è l'esempio più studiato e quali limiti aiutano a valutare le prove. In sintesi, ecco i punti chiave che il resto dell'articolo esamina più a fondo:

- Che cosa significa biodisponibilità e perché è importante
- Come la piperina può cambiare assorbimento e metabolismo
- Perché i trasportatori di membrana possono influire sul risultato
- Perché la curcumina è il caso più studiato
- Quando l'effetto della piperina non può essere esteso ad altri casi

VIDEO ARTICLE

ARTICLE INFORMATION

Received: October 30, 2026
Revised: October 30, 2026
Accepted: October 30, 2026
Published: October 2026

DOI 10.5281/zenodo.placeholder

KEYWORDS

piperina biodisponibilità
bioenhancer
assorbimento intestinale
metabolismo di primo passaggio
trasportatori di membrana
curcumina

MISSION

LIFE Science Hub – Journal of Science nasce con l'obiettivo di rendere accessibile il sapere scientifico senza rinunciare a rigore metodologico, qualità delle fonti e autorevolezza dei contenuti. La rivista promuove la diffusione della conoscenza nelle scienze della salute, della nutrizione, della medicina e della longevità, creando un ponte tra il mondo della ricerca e la società.

Attraverso articoli, revisioni, approfondimenti e contributi di esperti, il Journal valorizza la medicina e la scienza basate sulle evidenze, favorendo una corretta interpretazione dei dati scientifici e contrastando la disinformazione. Ogni contenuto è sviluppato con l'obiettivo di tradurre la complessità della ricerca in informazioni comprensibili, utili e applicabili, mantenendo intatti i principi di accuratezza, trasparenza e indipendenza scientifica.

Libera da condizionamenti politici, industriali e commerciali, la rivista si propone come uno spazio editoriale autorevole e indipendente, dedicato alla promozione della cultura scientifica, dell'aggiornamento professionale e della crescita della consapevolezza sanitaria nella popolazione.

2. CHE COSA SIGNIFICA BIODISPONIBILITÀ E PERCHÉ CONTA NELLA PIPERINA

La biodisponibilità indica quanta parte di una sostanza ingerita raggiunge il circolo sistemico (il sangue nel corpo). Questa quota può essere usata dall'organismo e non coincide sempre con la dose assunta. Contano l'assorbimento intestinale, il passaggio nella parete dell'intestino e le modifiche prima dell'arrivo nel sangue. Perciò, due composti presi nella stessa dose possono dare esiti diversi.In altre parole, il rapporto tra piperina e biodisponibilità comprende più passaggi biologici e non si riduce a un solo dato. Questa distinzione serve quando si confrontano sostanze o formulazioni, cioè diversi modi di preparare un composto. Una bassa quota nel sangue può dipendere da uno scarso assorbimento, da modifiche rapide o da entrambi i processi. La piperina può influire sulla disponibilità biologica di altre sostanze, non solo sulla quantità consumata. Per capire l'effetto, è utile distinguere i passaggi che regolano la quota disponibile:

- La parte ingerita che riesce a superare le barriere poste dall'intestino.
- La quota che resta disponibile dopo il primo passaggio nel fegato.
- Il ruolo dei trasportatori di membrana (proteine che spostano le sostanze nelle cellule).
- La possibile azione della piperina come bioenhancer selettivo (sostanza che favorisce l'uso di alcuni composti).

I prossimi passaggi chiariscono che cosa misura la biodisponibilità e quali limiti hanno gli studi su assorbimento e piperina.

2.1 Che cosa indica davvero la biodisponibilità di una sostanza

La biodisponibilità è la quota di una sostanza che, dopo l'assunzione, arriva nel sangue in forma utilizzabile. Non descrive solo l'assorbimento intestinale, ma anche ciò che avviene prima e dopo questo passaggio. Il composto può degradarsi nell'intestino, superare l'epitelio (lo strato di cellule della parete) e subire altre modifiche. Per questo, due molecole prese nella stessa dose possono produrre esiti diversi. La piperina interessa come possibile bioenhancer (sostanza che aumenta la quota disponibile) di un altro composto. Non fa assorbire tutto, ma può agire su alcuni passaggi che limitano la quantità usata dal corpo. Le linee guida sul cibo e i documenti pubblici includono le spezie in un modello alimentare sano. Il loro uso per cambiare il percorso di altre sostanze nel corpo richiede però una valutazione distinta [1][2]. Le revisioni indicano che gli studi riguardano assorbimento, modifiche nel corpo e tossicità, non una sicura maggiore efficacia [3][4]. Su queste basi, occorre capire quale ruolo svolge l'intestino.

2.2 Review recenti su piperina, assorbimento e limiti della letteratura

Le revisioni più ampie studiano questa molecola in rapporto ad assorbimento, modifiche nel corpo e formulazione. Tuttavia, la risposta cambia in base al composto con cui viene associata. La sua azione da bioenhancer appare quindi selettiva e non vale allo stesso modo per ogni sostanza. Questo dato spiega perché siano numerose le ipotesi sui meccanismi, ma più rare le prove cliniche dirette. Il punto più chiaro resta il significato della biodisponibilità: è una misura biologica concreta, non uno slogan commerciale. Una review del 2021 ha riassunto gli studi su proprietà chimiche, assorbimento, metabolismo, biodisponibilità e tossicità. Un'altra pubblicazione dello stesso anno ha esaminato anche nuovi sistemi di rilascio e differenze nella quota assorbita [5][6]. Una revisione del 2026 ha rilevato un'attività bioenhancing. Tuttavia, la scarsa solubilità in acqua, le diverse risposte individuali e i limiti delle prove cliniche frenano un uso generale [7]. Il quadro aiuta a capire il tema, ma non consente ancora conclusioni definitive.

3. COME LA PIPERINA PUÒ MODIFICARE L'ASSORBIMENTO INTESTINALE E IL METABOLISMO

Nell'intestino, una sostanza deve superare la barriera cellulare e incontrare i trasportatori di membrana. Queste proteine aiutano o frenano il passaggio delle molecole verso il sangue. La piperina può agire in queste fasi e aumentare la disponibilità biologica, cioè la quota che entra nel sangue. L'effetto, però, non è uguale per tutti: cambia in base al composto, alla dose e alla formulazione.La piperina è quindi un possibile bioenhancer (sostanza che aumenta l'assorbimento) per due motivi. Può frenare il ritorno di alcune

sostanze nel lume intestinale (spazio interno dell'intestino). Può anche cambiare la loro trasformazione prima che passino nel sangue.Ciò non aumenta in modo automatico l'effetto di ogni composto. La risposta varia tra le molecole e dipende anche da come è fatto il prodotto. Contano sia l'ingresso dalla parete intestinale sia la rapidità con cui il corpo trasforma la sostanza. Per capire dove può agire, occorre distinguere alcuni passaggi chiave:

- come alcuni trasportatori intestinali possono frenare l'ingresso delle molecole
- come l'efflusso (ritorno verso l'intestino) può ridurre l'assorbimento
- perché il metabolismo di primo passaggio riduce la quota presente nel sangue
- su quali enzimi del metabolismo può agire la piperina

I due passaggi centrali sono l'ingresso dalla parete intestinale e la prima trasformazione nel corpo. Le sezioni seguenti spiegano come la piperina possa agire su entrambi. Gli effetti, però, cambiano in base alla molecola.

3.1 Trasportatori di membrana e assorbimento: dove può intervenire la piperina

I trasportatori di membrana sono proteine che regolano il passaggio delle molecole attraverso le cellule intestinali. Si trovano sulla parete delle cellule che rivestono l'intestino. Alcuni favoriscono l'ingresso delle sostanze verso il sangue. Altri ne limitano l'accumulo, spingendole di nuovo verso il lume intestinale. Questo secondo meccanismo si chiama efflusso. Riduce la quota di sostanza che resta dentro la cellula. In questo quadro la piperina è stata studiata come possibile modulatore di questi sistemi. L'idea di fondo è semplice: se riesce a frenare l'efflusso, la sostanza resta più a lungo nella cellula intestinale. Questo può favorire la permanenza intracellulare di alcune sostanze. Aumenta così la probabilità che raggiungano il sangue. Non significa che accada sempre, né con ogni molecola. Una revisione del 2025 descrive la piperina come bioenhancer naturale capace di inibire enzimi del citocromo P450, in particolare CYP3A4, e trasportatori di efflusso come P-gp [8]. Il dato è utile per spiegare il meccanismo, ma non basta a prevedere l'effetto reale in ogni persona o in ogni formulazione. Il nodo successivo è il metabolismo di primo passaggio, che può ridurre ulteriormente la quota disponibile.

3.2 Metabolismo di primo passaggio: perché può ridurre l'esposizione sistemica

Il metabolismo di primo passaggio trasforma una sostanza nell'intestino e nel fegato, prima che arrivi nel sangue. Se questa fase è rapida, una quota minore può raggiungere i tessuti. Si riduce così l'esposizione sistemica (quantità presente nel sangue e disponibile per il corpo). La piperina è studiata perché, in alcuni modelli, sembra agire su questa fase per composti precisi: non sembra quindi bloccare tutto il metabolismo senza alcuna distinzione. In uno studio sui ratti, il pretrattamento ha causato alcuni cambiamenti entro 6 ore. Nel fegato è cambiata l'espressione (attività dei geni) di UGT1A6, UGT1A8, SULT1A1 e SULT1A3. Nel colon è variata quella di UGT1A6. I valori sono tornati verso i livelli iniziali a 8 ore. Le variazioni sono avvenute insieme ai cambiamenti nell'esposizione alla curcumina [9]. Il risultato indica un possibile meccanismo, ma viene da animali e mostra un effetto temporaneo: non è quindi una regola valida per ogni sostanza, prodotto o persona.

4. PERCHÉ LA CURCUMINA È L'ESEMPIO PIÙ STUDIATO CON LA PIPERINA

Negli studi su piperina biodisponibilità, la curcumina è il caso citato più spesso. Questa sostanza ha una disponibilità biologica ridotta, cioè ne entra poca nel sangue. Inoltre, molti studi l'hanno testata in prodotti con altri composti.Questa coppia è quindi un buon punto di partenza per studiare assorbimento e uso nel corpo. Nel confronto tra prodotti, però, non conta solo capire se l'effetto esiste. Occorre anche valutare quanto dipenda dalla formula e se valga per altri ingredienti. La piperina aiuta quindi a capire se un bioenhancer può aumentare la quota assorbita e il tempo in cui resta nel corpo. Questo caso mostra bene il legame tra tipo di prodotto, assorbimento nell'intestino e uso nel corpo. Infatti, la stessa dose può dare esiti diversi se cambia il modo di somministrarla. I punti chiave sono questi:

- la curcumina viene assorbita poco senza un prodotto adatto

- la piperina può cambiare la quota che raggiunge sangue e tessuti
- gli esiti più noti dipendono dalle dosi e dal tipo di test
- gli studi sulle persone danno segnali utili, ma non sempre uguali

La curcumina permette di distinguere un effetto farmacocinetico misurabile da una tesi troppo ampia. La farmacocinetica studia come il corpo assorbe, usa ed elimina una sostanza. Vedremo prima perché questa coppia ha attirato interesse, poi i dati clinici e i casi senza benefici chiari.

4.1 Curcumina e piperina: perché questa combinazione attira la ricerca

Questa coppia è un modello di studio perché riunisce due sostanze con ruoli diversi. Una entra poco nel sangue, mentre l'altra può cambiarne il percorso nel corpo. Dopo l'uso, la curcumina viene assorbita poco e trasformata in tempi rapidi. Per questo, i ricercatori valutano se una diversa formula possa aumentarne la biodisponibilità (quota che raggiunge il sangue). Uno studio su ratti e 12 volontari umani ha confrontato due preparati. Il primo conteneva 2 g di curcumina da sola; il secondo aggiungeva piperina a 20 mg/kg. La disponibilità biologica è salita del 154% nei ratti e del 2000% nelle persone. Anche il tempo per raggiungere il picco è aumentato, mentre l'eliminazione è diminuita [10]. Il dato è forte, ma il gruppo umano era piccolo e il test seguiva un piano molto specifico. Il risultato vale quindi per questo caso e non per tutti i prodotti che contengono questi composti.

4.2 Curcumina e piperina negli studi clinici: segnali utili ma non uniformi

Nei trial clinici, i ricercatori hanno studiato anche gli effetti visibili sulle persone. Un trial è uno studio che valuta un intervento in un gruppo di volontari o pazienti. In uno studio randomizzato su pazienti con COVID-19, il prodotto forniva 525 mg di curcumina e 2,5 mg di piperina due volte al giorno. La coppia è stata quindi testata in un contesto di cura, non solo negli studi di farmacocinetica [11]. Un'analisi che ha messo insieme 20 studi randomizzati ha riunito gruppi da 8 a 117 persone. Gli studi duravano da 1 a 12 settimane e usavano dosi tra 5 e 15 mg al giorno e tra 500 e 1500 mg al giorno. In 15 casi su 20 sono calati CRP, hs-CRP e IL-6 (indici legati all'infiammazione) [12]. Tuttavia, gruppi, scopi e prodotti erano diversi. Il segnale è quindi utile, ma non vale in modo uniforme. La coppia appare promettente, senza diventare una regola valida per ogni uso.

4.3 Quando la piperina non aggiunge beneficio alla curcumina

Le evidenze più recenti sono utili perché impediscono di descrivere la piperina come un potenziatore sempre efficace. In uno studio crossover indipendente su 9 uomini sani, con 3 formulazioni da circa 570 mg e test fino a 2280 mg con e senza piperina, l'aggiunta della molecola non ha portato un vantaggio apprezzabile e i livelli plasmatici di curcumina non coniugata sono rimasti molto bassi [13]. Questo dato mostra che l'effetto potenziante non è automatico. La risposta del corpo dipende da molti fattori, come la dose e la forma del prodotto. Un altro studio in vitro ha confrontato la combinazione curcumina-piperina con i rizomi di curcuma per mostrare quanto il veicolo di somministrazione possa cambiare la formulazione e quindi la risposta finale [14]. In pratica, il risultato dipende dal contesto: non basta aggiungere piperina per ottenere automaticamente più disponibilità biologica. Questi dati non smentiscono i lavori positivi, ma ricordano che il bioenhancement è possibile solo in certe condizioni e non va esteso senza cautela ad altri ingredienti o a tutte le preparazioni.

5. QUANDO L'EFFETTO DELLA PIPERINA NON VA GENERALIZZATO

La piperina non agisce come un rinforzo universale. Il suo effetto dipende dalla sostanza associata, dalla dose, dal prodotto e dalla via usata dall'organismo per trasformarla. Per questo, due integratori simili possono dare risultati diversi, anche se contengono la stessa spezia o lo stesso estratto.La piperina va quindi vista come un modulatore selettivo, non come una soluzione automatica. Questo vale soprattutto per le combinazioni nutraceutiche, cioè tra sostanze usate negli integratori.Una maggiore esposizione sistemica può verificarsi, ma non sempre è utile. Inoltre, non garantisce un vantaggio concreto per ogni persona o prodotto. Un maggiore assorbimento intestinale può quindi riguardare alcuni nutrienti o composti vegetali, ma non tutti. Prima di estendere un risultato a tutti gli integratori, occorre capire quando il bioenhancer

(sostanza che può favorire la disponibilità di altri composti) può agire:

- La risposta cambia in base alla struttura chimica della sostanza.
- La formulazione può favorire o limitare la disponibilità biologica.
- Una maggiore esposizione non assicura sempre un effetto clinico migliore.
- Il contesto d'uso conta quanto la presenza della piperina.

I prossimi punti spiegano perché la piperina non agisce allo stesso modo con ogni sostanza. Chiariscono anche come il tipo di prodotto possa cambiare il risultato. Alcune combinazioni, infatti, sono utili nei modelli di studio ma non sempre nella pratica.

5.1 Perché non tutte le sostanze rispondono alla piperina allo stesso modo

La risposta alla piperina non dipende solo dalla sua presenza, ma anche da come una sostanza viene assorbita e trasformata. Alcuni composti possono beneficiare della modulazione dei trasportatori di membrana o di un minore passaggio attraverso gli enzimi metabolici. Altri seguono vie diverse e restano quasi invariati. La piperina può inibire enzimi come il CYP3A4 e la glicoproteina-P, che agiscono come cancelli nell'intestino e nel fegato. Quando questi cancelli si chiudono, più molecola entra nel sangue. Ma se una sostanza non usa quei cancelli, l'effetto della piperina è trascurabile. Per questo il concetto di bioenhancer è utile, ma non uniforme: una stessa strategia può aiutare una molecola e lasciare immutata un'altra. In altre parole, il meccanismo esiste, ma la sua applicazione dipende dalla sostanza, dalla dose e dalla formulazione. Il punto non è se la piperina "funzioni", ma per quali composti, in quali condizioni e con quale prevedibilità.

5.2 Il ruolo della formulazione: perché il prodotto cambia il risultato

La formulazione è il modo in cui un ingrediente viene reso assumibile: capsule, compresse, estratti e sistemi di rilascio possono cambiare la quantità che arriva davvero all'organismo. Questo è decisivo per la piperina, perché la stessa molecola può dare risultati diversi se cambia il veicolo. Una capsula che si scioglie lentamente rilascia il contenuto in modo graduale. Una compressa pressata male può non disgregarsi del tutto. Anche la dimensione delle particelle e la presenza di eccipienti contano. Quando la criticità principale è il rilascio incompleto o una scarsa solubilità, non basta aumentare la dose per ottenere una migliore disponibilità biologica. Il messaggio è chiaro: il comportamento del prodotto non si deduce dall'etichetta, ma dal modo in cui la miscela è costruita e testata. Il limite è che i risultati di una formulazione non si possono trasferire automaticamente a tutte le altre, nemmeno quando il principio attivo è lo stesso.

5.3 Interazioni con altri composti: utili nel modello, non sempre nella pratica

La piperina è interessante proprio perché interagisce con altri composti, e questo la rende un buon modello di sinergia nutraceutica. Ma la stessa caratteristica complica anche l'uso pratico: una combinazione può modificare l'esposizione sistemica in senso favorevole, oppure rendere meno prevedibile il risultato. Quando due sostanze agiscono insieme, l'effetto di una può risultare amplificato, ma può anche generare variabilità tra individui. Fattori come il microbiota intestinale e la velocità del transito possono influire. Per questo "potenziare" non significa automaticamente migliorare, soprattutto quando si passa dal laboratorio all'integrazione quotidiana. In ratti e in 12 volontari umani, 2 g di curcumina con piperina 20 mg/kg hanno aumentato l'esposizione sistemica del 154% nei ratti e del 2000% negli esseri umani, con un aumento del tempo necessario per raggiungere il picco nel sangue e una permanenza più lunga della sostanza nell'organismo. Il limite è proprio questo: un risultato forte su una combinazione non autorizza a estenderlo a tutti i composti o a tutti i prodotti.

6. QUADRO COMPARATIVO E SINTESI DELLE EVIDENZE

Questa sintesi riunisce le fonti della bibliografia e indica dove le prove risultano più solide. Mostra anche quando i risultati dipendono dal tipo di studio o dalla formulazione usata.

Sintesi delle evidenze scientifiche

Anno pubblicazione	Area studiata	Cosa indicano gli studi
1998	Curcumina e piperina in animali e volontari umani	le prove indicano un forte aumento dell'esposizione alla curcumina dopo l'uso insieme alla piperina [10]
2017	Enzimi di coniugazione e biodisponibilità della curcumina	gli studi indicano che la piperina agisce in modo selettivo su enzimi intestinali ed epatici [9]
2020	Contesto alimentare e uso delle spezie	le prove indicano che la spezia fa parte della dieta e non è un intervento farmacologico [1]
2021	Proprietà biologiche, assorbimento e metabolismo della piperina	i risultati cambiano e confermano che i dati sui meccanismi sono utili, ma non definitivi [3]
2021	Biodisponibilità e sistemi di rilascio della piperina	i dati mostrano un ruolo di modulatore, ma la risposta resta selettiva e legata alla formulazione [4]
2023	Interazioni tra composti vegetali e farmaci	i risultati cambiano e richiedono cautela, perché l'effetto dipende da molecola, dose e contesto [2]
2025	Bioenhancement e trasportatori di membrana	gli studi indicano che la piperina può interferire con CYP3A4 e P-gp e forse cambiare la disponibilità biologica [8]
2026	Analisi che ha messo insieme 20 trial su curcumina-piperina	i ricercatori hanno esaminato 20 trial con dosi diverse e un possibile effetto favorevole su alcuni valori dell'infiammazione [12]

7. SINTESI EDITORIALE E CONCLUSIONI

LETTURA EDITORIALE DELLE EVIDENZE

Negli studi che ho esaminato per questo articolo, ho trovato meccanismi coerenti. La piperina può cambiare l'assorbimento di alcune sostanze e il loro percorso nel corpo. Questo accade soprattutto quando il composto iniziale ha una bassa biodisponibilità. La curcumina resta l'esempio più studiato in questo campo. Alcuni studi sperimentali e clinici mostrano una maggiore esposizione, ma i risultati variano tra le formulazioni. Le ricerche più recenti mi indicano quindi un effetto selettivo, utile per spiegare il bioenhancement. Tuttavia, questo effetto non vale in ogni caso.

I limiti principali che ho riscontrato sono le differenze tra studi, dosi e formulazioni, insieme ai campioni spesso piccoli. Molti lavori usano anche esiti surrogati (valori indiretti al posto di effetti reali sulla salute). Inoltre, spesso misurano la quantità nel sangue senza provare un beneficio clinico stabile. Serve quindi cautela quando si estendono i risultati ad altri casi. I meccanismi noti rendono possibile l'effetto della piperina. Tuttavia, ho visto che il risultato cambia molto con il composto associato e il tipo di studio.

NOTA CRITICA FINALE

Le prove che ho esaminato descrivono un possibile meccanismo, ma non mi permettono di misurarne

l'effetto in ogni situazione. I risultati sono coerenti sul piano biologico, ma meno chiari quando confronto prodotti diversi. Anche i piccoli campioni e i contesti clinici poco simili rendono più difficile il paragone.La piperina non può quindi diventare una soluzione standard per aumentare l'assorbimento di ogni sostanza. Il limite principale che ho rilevato resta la distanza tra i dati sperimentali e il loro uso pratico. Infatti, una maggiore esposizione non produce sempre un vantaggio concreto e misurabile.

CONCLUSIONI E SINTESI EDITORIALE

La piperina mostra come un composto alimentare possa cambiare il destino di altre sostanze nel corpo. Il punto centrale non è la spezia, ma l'azione della molecola su assorbimento, trasportatori e primo metabolismo. Le prove più solide che ho trovato riguardano la curcumina, ma la risposta cambia con formulazione e tipo di studio. Serve quindi prudenza: la piperina può cambiare la biodisponibilità, ma l'effetto non vale sempre. Inoltre, una maggiore biodisponibilità non assicura una maggiore efficacia.Questa lettura collega dieta, metabolismo e disponibilità biologica, senza ridurre troppo la complessità dei dati. Il confine tra dieta e farmacocinetica (studio del percorso delle sostanze nel corpo) resta utile per nuove ricerche.

Aggiornato al 30/10/2026. Questo contenuto riflette una sintesi divulgativa delle evidenze scientifiche al momento della pubblicazione e non sostituisce il parere medico.

8. TRASPARENZA E RESPONSABILITÀ SCIENTIFICA

L'Intelligenza Artificiale è stata impiegata esclusivamente come strumento di supporto editoriale e documentale. Tutti i contenuti, le interpretazioni, le citazioni bibliografiche e le conclusioni sono stati verificati, revisionati e approvati dall'autore, che ne assume la piena responsabilità scientifica.

Il manoscritto è stato inoltre sottoposto a revisione tra pari (peer review) indipendente prima della pubblicazione.

Per garantire la massima trasparenza, la cronologia completa dell'articolo, comprensiva delle date di sottomissione, revisione, accettazione e pubblicazione, nonché delle informazioni sul processo di peer review, è disponibile nella pagina dedicata alla Storia dell'articolo.

9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

[1] **Dietary Guidelines for Americans 2020-2025**
2020
USDA
DOI: https://dietaryguidelines.gov/

[2] **Herb-Drug Interactions: What the Science Says**
2023
NIH
DOI: https://www.nccih.nih.gov/health/providers/digest/herb-drug-interaction

[3] **Piperine: A review of its biological effects**
Haq et al., 2021
Phytotherapy Research
DOI: https://doi.org/10.1002/ptr.6855

[4] **A review on the bioavailability, bio-efficacies and novel delivery systems for piperine**
Zhang et al., 2021
Food & Function
DOI: https://doi.org/10.1039/d1fo01971f

[5] **Piperine: From Green Extraction to Clinical Translation—A Review**
Syailatussuraya et al., 2026
Drug Design, Development and Therapy
DOI: https://doi.org/10.2147/DDDT.S639169

[6] **Preparation, pungency and bioactivity transduction of piperine from black pepper (Piper nigrum L.): A comprehensive review**
Zou et al., 2024
Food Chemistry
DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139980

[7] **A pharmacokinetic study and critical reappraisal of curcumin formulations enhancing bioavailability**
Kroon et al., 2025
iScience
DOI: https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112575

[8] **Metabolic Insights into Drug Absorption: Unveiling Piperine's Transformative Bioenhancing Potential**
Tripathi et al., 2025
Pharmaceutical Research
DOI: https://doi.org/10.1007/s11095-025-03920-5

[9] **Selective reduction in the expression of UGTs and SULTs, a novel mechanism by which piperine enhances the bioavailability of curcumin in rat**
Zeng et al., 2017
Biopharmaceutics & Drug Disposition
DOI: https://doi.org/10.1002/bdd.2049

[10] **Influence of Piperine on the Pharmacokinetics of Curcumin in Animals and Human Volunteers**
Shoba et al., 1998
Planta Medica
DOI: https://doi.org/10.1055/s-2006-957450

[11] **Oral Curcumin With Piperine as Adjuvant Therapy for the Treatment of COVID-19: A Randomized Clinical Trial**
Pawar et al., 2021
Frontiers in Pharmacology
DOI: https://doi.org/10.3389/fphar.2021.669362

[12] **Curcumin-piperine supplementation modulates inflammation, oxidative stress, and cardiometabolic risk: a systematic review of randomized controlled trials**
Pan et al., 2026
Frontiers in Nutrition
DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1814168

[13] **Investigating Bioavailability of Curcumin and Piperine Combination in Comparison to Turmeric Rhizomes: An in vitro Study**
Pratti et al., 2024
Journal of Experimental Pharmacology
DOI: https://doi.org/10.2147/JEP.S427818

[14] **Piperine: an emerging biofactor with anticancer efficacy and therapeutic potential**
Wiraswati et al., 2025
BioFactors
DOI: https://doi.org/10.1002/biof.2134