

Superoxide Dismutase: enzima antiossidante per cosmetica, nutrizione funzionale, ricerca biomedica e applicazioni industriali

Team di ricerca Enzymes.bio · Wellington, Nuova Zelanda · June 20, 2026

La **Superoxide Dismutase**, o **SOD**, è un enzima antiossidante che catalizza la conversione del radicale superossido in ossigeno e perossido di idrogeno. Il suo valore applicativo deriva da una funzione molto specifica: intervenire sul superossido, una specie reattiva dell'ossigeno coinvolta nello stress ossidativo, senza però sostituire gli altri sistemi antiossidanti necessari a gestire il perossido di idrogeno prodotto ^[1].

Che cos'è la Superoxide Dismutase e perché è rilevante

La **superoxide dismutase enzyme** identifica una famiglia di metalloenzimi presenti in batteri, piante, animali e organismi estremofili. La funzione comune è la dismutazione del radicale superossido, indicato come ($O_2^{\bullet-}$), secondo una reazione che produce ossigeno molecolare e (H_2O_2). Questa specializzazione rende la SOD diversa da antiossidanti non enzimatici come polifenoli, carotenoidi o tioli: non agisce come semplice scavenger stechiometrico, ma come catalizzatore redox che può ripetere il ciclo reattivo più volte finché le condizioni della matrice lo consentono ^[1].

La **superoxide dismutase function** è centrale nella biologia aerobica perché il superossido si forma fisiologicamente durante processi come respirazione mitocondriale, attività di ossidasi e risposte cellulari allo stress. Se non controllato, il superossido può partecipare a reazioni secondarie che amplificano il danno ossidativo, inclusa l'interazione con ossido nitrico e la compromissione di proteine, lipidi e acidi nucleici. Per questo motivo, la letteratura descrive SOD1 e altre isoforme come componenti chiave dello stato redox e della regolazione metabolica, non solo come "antiossidanti generici" ^[2].

In ambito B2B, la SOD è studiata e utilizzata in categorie diverse: formulazioni cosmetiche orientate alla protezione dallo stress ossidativo, ingredienti per nutrizione funzionale, sistemi sperimentali per ricerca cellulare, biomateriali, fermentazioni ricombinanti e tecnologie enzimatiche. L'interesse

industriale è confermato da revisioni dedicate alla produzione di SOD, alle fonti microbiche e vegetali, alle strategie di stabilizzazione e alle applicazioni di SOD da organismi estremofili ^[1].

Enzymes.bio rende disponibile **Superoxide Dismutase** come ingrediente enzimatico acquistabile direttamente online in unità da **1 kg**. Enzymes.bio opera come fornitore: non è un produttore e non è un laboratorio analitico. Il **CoA** e la **SDS** sono forniti insieme all'ordine; il presente articolo ha finalità tecnica ed educativa e non sostituisce valutazioni regolatorie, tossicologiche o formulative sul prodotto finito.

Reazione della Superoxide Dismutase: meccanismo catalitico

La **superoxide dismutase reaction** può essere rappresentata in forma semplificata:



La reazione coinvolge due molecole di superossido: una viene ossidata a ossigeno molecolare, l'altra viene ridotta a perossido di idrogeno. Il termine "dismutasi" descrive proprio questa trasformazione, in cui la stessa specie chimica subisce contemporaneamente ossidazione e riduzione in due eventi complementari ^[1].

Il **superoxide dismutase mechanism** dipende dal metallo presente nel sito attivo. Nelle forme Cu/Zn, il rame alterna stati redox durante il ciclo catalitico, mentre lo zinco contribuisce alla stabilità strutturale e all'architettura del sito attivo. Nelle forme manganese o ferro-dipendenti, il metallo centrale svolge comunque il ruolo di mediatore elettronico, consentendo il passaggio ordinato di elettroni tra superossido, enzima e prodotti finali ^[3].

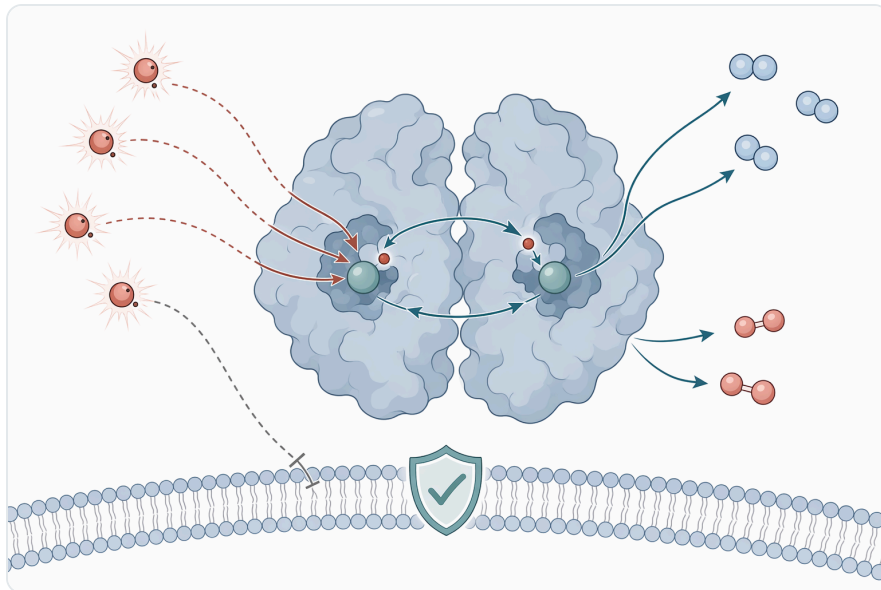


Figure 1. 슈퍼옥사이드 디스뮤타아제는 두 개의 슈퍼옥사이드 라디칼과 두 개의 양성자를 산소와 과산화수소로 전환하는 반응을 촉매합니다.

Un punto formulativo importante è che la SOD non “elimina” l’ossidazione in senso assoluto: trasforma il superossido in (H₂O₂), che a sua volta deve essere gestito da catalasi, perossidasi, glutatione perossidasi, perossiredossine o altri sistemi compatibili. Nelle cellule questo coordinamento è naturale; in una formulazione cosmetica, alimentare o sperimentale, invece, la prestazione dipende dalla matrice, dalla stabilità dell’enzima, dalla presenza di co-antiossidanti e dalle condizioni di processo [4].

Isoforme, metalli e struttura della Superoxide Dismutase

La **superoxide dismutase structure** non è unica: esistono famiglie con metalli e localizzazioni differenti. Le forme più discusse sono **copper zinc superoxide dismutase** o **cu-zn superoxide dismutase**, spesso associate a SOD1; **manganese superoxide dismutase**, comunemente collegata alla difesa mitocondriale; e forme extracellulari come SOD3. In batteri, alghe, piante e archea sono presenti anche Fe-SOD, Ni-SOD e altre varianti adattate a specifici ambienti [1].

Forma di SOD	Metallo principale	Localizzazione o fonte tipica	Rilevanza tecnica
Cu/Zn-SOD, spesso collegata a superoxide dismutase 1	Rame e zinco	Citoplasma e compartimenti cellulari di molti eucarioti	Molto studiata per struttura, mutazioni, stato redox e applicazioni biotecnologiche
Mn-SOD	Manganese	Mitocondri negli eucarioti; anche batteri	Interesse per stress ossidativo mitocondriale, stabilità e ingegneria proteica

Forma di SOD	Metallo principale	Localizzazione o fonte tipica	Rilevanza tecnica
Fe-SOD	Ferro	Batteri, piante e alcuni microrganismi	Rilevante in microbiologia, stress ambientale e sistemi sperimentali
SOD extracellulare, spesso indicata come SOD3	Rame e zinco	Spazio extracellulare e matrice tissutale	Interesse in modelli di infiammazione, tessuti e protezione redox extracellulare
SOD da estremofili	Variabile	Microrganismi adattati a temperatura, salinità o stress elevati	Poteniale per formulazioni e processi che richiedono maggiore robustezza enzimatica

La **superoxide dismutase 1** è particolarmente nota perché le sue varianti sono state studiate in relazione alla sclerosi laterale amiotrofica. Le analisi in silico e di dinamica molecolare su varianti SOD1 mostrano come mutazioni puntiformi possano alterare stabilità, flessibilità, interazioni locali e propensione a comportamenti patologici. Questo non implica un uso terapeutico diretto dell'enzima in formulazioni commerciali, ma dimostra quanto struttura e stabilità siano centrali per la funzione della SOD [5].

La **manganese superoxide dismutase** è invece spesso considerata nel contesto mitocondriale, dove la produzione di superossido è strettamente collegata al metabolismo energetico. Studi recenti di ingegneria proteica hanno esplorato Mn-SOD con maggiore termostabilità e attività, anche in vista di applicazioni antiossidanti e antinfiammatorie in biomedicina e skincare. Questi lavori indicano una direzione tecnologica: non basta avere "SOD", serve una proteina compatibile con l'ambiente d'uso [6].

Ruolo biologico e stato redox: cosa è ben supportato

Il **superoxide dismutase role** più solido è la regolazione del superossido in sistemi biologici aerobici. SOD1, in particolare, è stata collegata alla regolazione del metabolismo, alla risposta cellulare allo stress e all'equilibrio redox. La letteratura descrive SOD1 non solo come enzima difensivo, ma come nodo coinvolto nella comunicazione tra produzione di ROS, adattamento metabolico e mantenimento dell'omeostasi cellulare [2].

La relazione tra SOD, catalasi e altri sistemi antiossidanti è stata discussa da tempo anche in prospettiva terapeutica. Una revisione critica su superoxide dismutase e catalase come agenti terapeutici ha evidenziato sia il razionale biologico sia i limiti applicativi: breve emivita, delivery, immunogenicità, stabilità e difficoltà di raggiungere il sito biologico corretto sono aspetti che hanno storicamente condizionato lo sviluppo clinico [4].

Per questo, i **therapeutic potentials of superoxide dismutase** devono essere interpretati con prudenza. Esiste un razionale biochimico forte e numerosi modelli sperimentali indicano un legame tra SOD, infiammazione, stress ossidativo e danno tissutale; tuttavia, la traduzione in prodotti terapeutici richiede formulazione, delivery, stabilità e prove cliniche specifiche. In un contesto industriale non farmaceutico, è più corretto parlare di ingrediente enzimatico antiossidante con funzione definita sul superossido, evitando claim di cura o prevenzione di malattie ^[3].

Attività SOD: significato tecnico senza ridurla a un numero

L'espressione **superoxide dismutase activity**, o **superoxide dismutase SOD activity**, indica la capacità funzionale dell'enzima di catalizzare la dismutazione del superossido. In pratica, l'attività non dipende solo dalla sequenza proteica, ma anche dal corretto ripiegamento, dal metallo incorporato, dall'integrità del sito attivo e dalle condizioni del sistema in cui l'enzima viene impiegato ^[1].

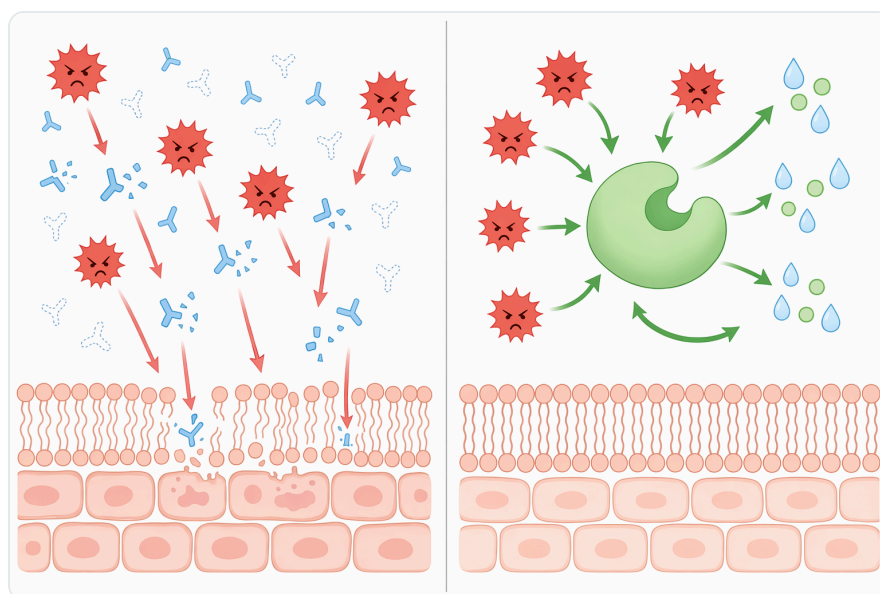


Figure 2. 주요 SOD 계열과 동형 단백질은 금속 보조인자와 생물학적 위치가 서로 다르지만, 슈퍼옥사이드 불균등화라는 동일한 핵심 기능을 수행합니다.

In applicazioni B2B, il concetto chiave è che l'attività enzimatica è sensibile al contesto. Temperatura, pH, sali, tensioattivi, ossidanti, conservanti, solventi, luce e tempo di conservazione possono modificare la conformazione della proteina o interferire con il sito attivo. Per questa ragione la SOD dovrebbe essere considerata un ingrediente funzionale, non un additivo inerte: la sua prestazione nella matrice finale va interpretata in base alla compatibilità formulativa e alla destinazione d'uso ^[7].

La ricerca biotecnologica lavora proprio su questi limiti. Strategie come produzione ricombinante, mutagenesi, fusione con polipeptidi funzionali, immobilizzazione e mining computazionale mirano a migliorare resa, stabilità, recupero e robustezza della SOD in condizioni applicative. Studi recenti hanno

esplorato redesign computazionale per migliorare il bilanciamento tra attività e termostabilità, mostrando che la prestazione enzimatica è un parametro ingegnerizzabile, non una proprietà fissa e universale ^[8].

Produzione industriale e fonti biotecnologiche

La produzione di SOD può avvenire da fonti naturali o tramite sistemi ricombinanti. La letteratura industriale descrive fonti microbiche, vegetali e animali, oltre a processi basati su microrganismi ingegnerizzati. Per le applicazioni moderne, la produzione ricombinante è particolarmente rilevante perché consente di lavorare su espressione, recupero, purezza tecnica e caratteristiche della proteina in modo più controllabile rispetto all'estrazione da matrici complesse ^[1].

L'espressione ricombinante in *E. coli* è stata studiata anche per SOD adattate al freddo, con ottimizzazione statistica dei parametri di produzione. Questo tipo di ricerca non va letto come specifica operativa per il prodotto commerciale, ma come evidenza del fatto che le SOD possono essere adattate a esigenze diverse: attività a temperature differenti, maggiore solubilità, migliore recupero o compatibilità con applicazioni in cui le condizioni standard non sono ideali ^[9].

Anche *Pichia pastoris* è oggetto di attenzione per la produzione di Cu/Zn-SOD. Le revisioni recenti evidenziano sfide come secrezione, corretta metallazione, folding, stress cellulare e ottimizzazione del processo, oltre a opportunità legate alla scalabilità e alla qualità della proteina ricombinante. Questo è rilevante per chi valuta la SOD come ingrediente industriale perché la fonte e il processo influenzano profilo funzionale, stabilità e idoneità applicativa ^[10].

Un'altra direzione è l'espressione di SOD archeali in colture cellulari vegetali, proposta come soluzione sostenibile con potenziale applicazione nell'industria alimentare. Le SOD da archea possono essere interessanti perché alcuni organismi estremofili possiedono enzimi naturalmente più tolleranti a condizioni ambientali severe. In termini formulativi, questo supporta l'idea che non tutte le SOD siano equivalenti: isoforma, origine e ingegneria proteica influenzano il comportamento nella matrice ^[11].

Applicazioni cosmetiche: skincare, face mist e protezione dallo stress ossidativo

Nel mercato cosmetico, ricerche online come **superoxide dismutase face mist**, **superoxide dismutase saccharide mist** o **superoxide dismutase NIOD** riflettono l'interesse dei consumatori per prodotti leave-on orientati alla protezione antiossidante. Dal punto di vista tecnico, la SOD è coerente con il rationale della skincare perché l'esposizione a luce UV, inquinanti e stress ambientali può aumentare la formazione di specie reattive dell'ossigeno nella pelle. Tuttavia, il claim corretto deve restare cosmetico e legato alla protezione dallo stress ossidativo, non a effetti terapeutici ^[6].

La pelle è un ambiente formulativamente complesso: acqua, elettroliti, conservanti, emulsionanti, profumi, attivi acidi o basici e packaging possono influenzare la stabilità di una proteina enzimatica. Una SOD inserita in una mist, un siero o una crema deve quindi mantenere integrità conformazionale sufficiente durante produzione, stoccaggio e applicazione. Gli studi su Mn-SOD ingegnerizzata per biomedicina e skincare indicano che stabilità e attività sono obiettivi centrali della ricerca, proprio perché l'enzima nativo può non essere automaticamente ottimale per ogni formulazione ^[6].



Figure 3. SOD는 보충제, 화장품, 식음료 및 연구 분야와 관련이 있는데, 각 분야에서 표적화된 슈퍼옥사이드 조절을 서로 다른 방식으로 활용할 수 있기 때문입니다.

È utile distinguere tra “presenza di SOD” e “funzione della SOD nel prodotto finito”. In una formulazione cosmetica, la SOD può contribuire al posizionamento antiossidante se rimane funzionale e compatibile con il sistema. Non è invece corretto dedurre benefici cutanei clinici specifici dalla sola inclusione dell'enzima: servono dati sulla formulazione finale e una comunicazione conforme alla normativa cosmetica applicabile ^[3].

Nutrizione funzionale, integratori e salute orale

La SOD è discussa anche in alimenti funzionali e integratori, ma la comunicazione deve essere più prudente rispetto al semplice “enzima antiossidante”. Per via orale, una proteina enzimatica incontra barriere come pH gastrico, proteasi digestive, matrice alimentare e biodisponibilità. Questo non esclude un razionale nutrizionale, ma significa che il risultato non può essere dedotto solo dalla funzione biochimica osservata in vitro ^[4].

Le revisioni su antiossidanti naturali e salute orale descrivono l'interesse per composti e sistemi antiossidanti nella gestione dello stress ossidativo del cavo orale. In questo quadro, la SOD è uno dei riferimenti biologici della difesa redox, accanto ad altri enzimi e antiossidanti. L'applicazione pratica in prodotti orali o nutraceutici richiede però coerenza tra ingrediente, matrice, destinazione d'uso e claim autorizzati [12].

Studi e revisioni su frutti ricchi di polifenoli, come *Phyllanthus emblica*, indicano che molti ingredienti naturali possono modulare marcatori antiossidanti, inclusa la SOD endogena, in modelli biologici. Questo è diverso dall'aggiungere SOD esogena a una formulazione: nel primo caso si parla di stimolo o associazione con sistemi antiossidanti dell'organismo; nel secondo di un enzima specifico inserito come ingrediente funzionale [13].

La ricerca del termine **superoxide dismutase dosage** è frequente, ma non esiste un dosaggio universalmente trasferibile tra integratori, cosmetici, materiali di ricerca e applicazioni industriali. Le quantità d'uso dipendono da forma enzimatica, matrice, stabilità, finalità del prodotto e quadro regolatorio. In un documento tecnico responsabile, il punto non è proporre un dosaggio generico, ma chiarire che la SOD va valutata rispetto al prodotto finito e alle condizioni d'impiego previste [3].

Ricerca biomedica e potenziale terapeutico: evidenze e limiti

Le applicazioni biomediche della SOD includono modelli di infiammazione, ischemia-riperfusion, neurodegenerazione, danno tissutale, fibrosi e stress mitocondriale. Il rationale è chiaro: se il superossido contribuisce al danno ossidativo, un enzima in grado di convertirlo rapidamente può avere un effetto protettivo. Tuttavia, il passaggio da rationale a terapia è complesso perché richiede delivery al sito corretto, protezione dalla degradazione, durata d'azione e controllo della risposta immunitaria [4].

Le revisioni sui potenziali terapeutici della SOD sottolineano anche l'interesse per varianti modificate, coniugati, mimetici e strategie di drug discovery collegate alle chinasi e alle reti redox. La SOD è quindi più di un ingrediente antiossidante: è anche un modello biologico per progettare sistemi capaci di modulare ROS in modo selettivo. Questo ambito resta però distinto dalle applicazioni cosmetiche o nutrizionali ordinarie [3].

SOD1 ha un ruolo particolare nella ricerca neurodegenerativa perché alcune sue mutazioni sono associate a forme familiari di sclerosi laterale amiotrofica. Le analisi strutturali e computazionali mostrano come varianti SOD1 possano influenzare stabilità e dinamica della proteina. In ambito industriale, questa informazione è utile soprattutto per comprendere l'importanza di folding, aggregazione e stabilità; non giustifica claim neurologici per prodotti contenenti SOD [5].

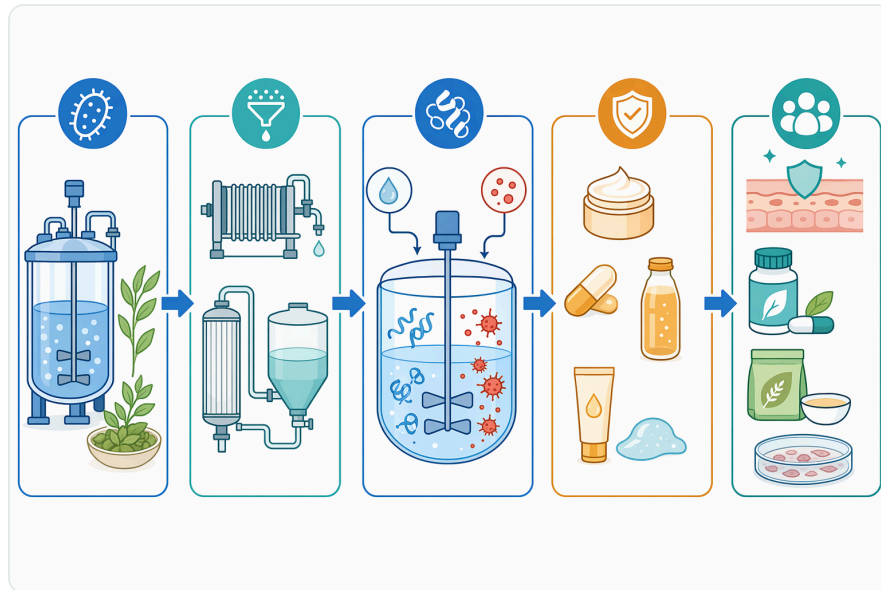


Figure 4. 경구용 SOD 개념에서는 단백질 효소의 안정성, 기질과의 적합성, 전달 방식, 그리고 적절히 제한된 항산화 지원 관련 표현에 주의를 기울여야 합니다.

Applicazioni in agrifood, stress vegetale e sostenibilità

Nelle piante, la SOD è parte della risposta a stress abiotici come salinità, siccità osmotica, radiazioni e stress ossidativo indotto da condizioni ambientali. Studi su semi di ricino hanno collegato tolleranza allo stress e prestazioni di germinazione a differenze preesistenti nell'attività SOD tra genotipi. Questo mostra che la SOD non è solo un enzima "da formulazione", ma anche un indicatore funzionale della capacità vegetale di affrontare condizioni sfavorevoli [14].

La ricerca su radiazioni UV in matrici agro-industriali e su stress ambientali nelle piante continua a considerare la SOD tra i marcatori biochimici rilevanti. In questi contesti, l'enzima è spesso misurato come parte di un quadro più ampio che include perossidasi, catalasi, danno citogenetico e risposta metabolica. L'interesse per applicazioni agrifood nasce quindi dalla connessione tra ROS, qualità biologica e resilienza dei sistemi vegetali [15].

Le SOD da estremofili rafforzano questa prospettiva industriale. Enzimi provenienti da organismi adattati a condizioni estreme possono presentare maggiore tolleranza a temperatura, salinità, ossidanti o altri stress. La letteratura sulle applicazioni industriali delle SOD estremofile evidenzia il potenziale per processi in cui le proteine convenzionali sarebbero meno stabili, pur richiedendo valutazioni specifiche per ogni sistema applicativo [7].

SOD, nanozimi e materiali funzionali

Un settore in crescita è quello dei materiali con attività SOD-like, spesso chiamati nanozimi. Questi sistemi non sono necessariamente enzimi proteici: possono essere nanoparticelle, complessi metallici o materiali funzionalizzati capaci di mimare la dismutazione del superossido. L'obiettivo è superare alcuni limiti degli enzimi naturali, come sensibilità alla temperatura, degradazione proteolitica o difficoltà di conservazione ^[16].

I nanozimi non sostituiscono automaticamente la SOD in ogni applicazione. Una proteina enzimatica offre specificità biologica e una storia consolidata nello studio redox; un materiale SOD-mimetico può offrire robustezza o proprietà aggiuntive, ma introduce nuove domande su sicurezza, compatibilità, regolazione e destino ambientale. La scelta tra SOD naturale, ricombinante, ingegnerizzata o mimetica dipende quindi dall'applicazione: skincare, ricerca cellulare, food, biomateriale o dispositivo analitico ^[16].

Anche le strategie di immobilizzazione e fusione proteica sono rilevanti. La purificazione di SOD fusa a polipeptidi elastin-like sfrutta proprietà di idrofobicità e termosensibilità per facilitare recupero e gestione della proteina. Queste tecnologie mostrano come la SOD possa essere integrata in piattaforme più complesse, nelle quali attività enzimatica, stabilità e processabilità devono essere considerate insieme ^[17].

Considerazioni formulative per l'impiego B2B

Per un'azienda che sviluppa un prodotto, la SOD va trattata come ingrediente sensibile al sistema. Le variabili critiche includono compatibilità con acqua e sali, esposizione a ossidanti, presenza di conservanti, tensioattivi, chelanti, profumi, solventi, metalli liberi e processi termici. Poiché il sito attivo dipende da metalli specifici e da una conformazione proteica stabile, condizioni aggressive possono ridurre la funzionalità dell'enzima anche se la proteina rimane formalmente presente nella formula ^[7].

Un'altra considerazione è la sinergia con sistemi che gestiscono il perossido di idrogeno. La SOD riduce la pressione del superossido, ma produce (H₂O₂). In biologia, catalasi e perossidasi completano la difesa redox; in una formulazione, la presenza di co-antiossidanti o di un sistema complessivo coerente può essere più razionale rispetto all'impiego isolato dell'enzima. Questo è particolarmente importante nei prodotti che comunicano un posizionamento antiossidante avanzato ^[4].

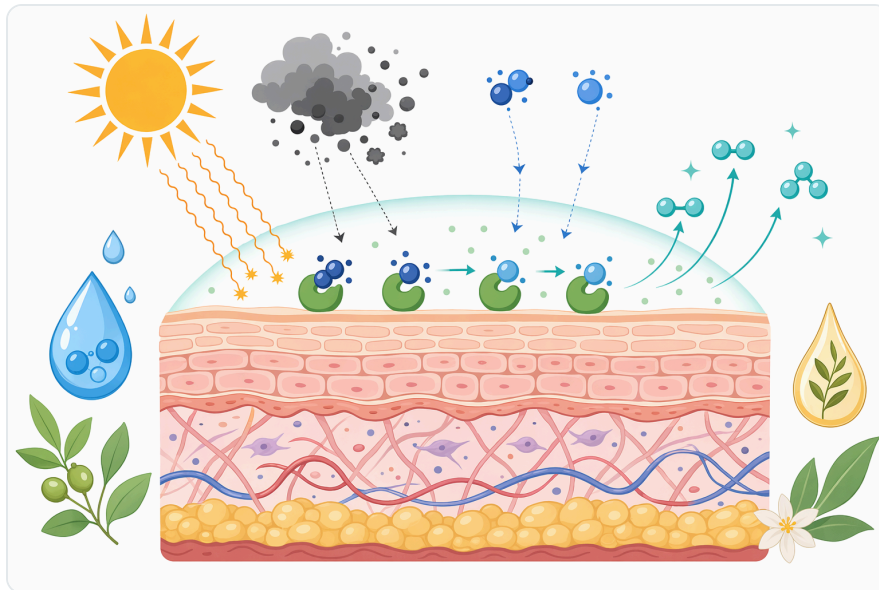


Figure 5. 국소용 SOD 개념은 피부와 관련된 산화 환경에서 슈퍼옥사이드 라디칼을 표적으로 삼는 데 기반하며, 최종 성능은 제형과 시험 결과에 따라 달라집니다.

Per cosmetici e prodotti destinati al consumatore, i claim devono restare aderenti alla categoria regolatoria. “Aiuta a proteggere dallo stress ossidativo” o “enzima antiossidante che agisce sul radicale superossido” sono formulazioni più coerenti rispetto a promesse terapeutiche. Per integratori e alimenti funzionali, la comunicazione deve rispettare le norme locali sui claim salutistici e non dedurre effetti clinici dalla sola presenza dell’enzima ^[3].

Come interpretare correttamente la SOD in un prodotto finito

La presenza di SOD in etichetta o in una scheda tecnica non equivale automaticamente a una prestazione biologica identica in ogni matrice. La **superoxide dismutase activity** dipende da struttura, metallo, ambiente e stabilità; la **superoxide dismutase function** è definita biochimicamente, ma la sua espressione pratica varia con il prodotto. Questa distinzione è essenziale per evitare generalizzazioni e per costruire formulazioni tecnicamente difendibili ^[1].

Un prodotto cosmetico come una face mist, un siero acquoso o una crema può valorizzare la SOD come attivo antiossidante, ma deve considerare compatibilità con packaging, pH, conservazione e ingredienti accessori. Un integratore deve invece affrontare il tema della protezione dell’enzima e della coerenza con il rationale nutrizionale. Un materiale di ricerca o un biomateriale può richiedere immobilizzazione, coniugazione o ingegneria proteica. In tutti i casi, la SOD funziona meglio quando il problema tecnico è realmente legato al superossido ^[6].

La comunicazione B2B dovrebbe quindi evitare due errori opposti: ridurre la SOD a una generica “molecola antiossidante” oppure attribuirle effetti universali. La forza della Superoxide Dismutase sta nella specificità: catalizza una reazione definita, con un meccanismo redox dipendente dal metallo e con una posizione precisa nella rete antiossidante. Questo è il punto da valorizzare in cosmetica, nutrizione funzionale, ricerca e sviluppo industriale ^[2].

Disponibilità tramite Enzymes.bio

Enzymes.bio fornisce **Superoxide Dismutase** come ingrediente enzimatico acquistabile direttamente online in unità da **1 kg**. L'acquisto avviene tramite il canale online; il **Certificate of Analysis** e la **Safety Data Sheet** sono forniti insieme all'ordine. Enzymes.bio non è un produttore e non è un laboratorio: il ruolo è quello di fornitore del materiale e della documentazione associata all'ordine.

Per le aziende, il valore tecnico della SOD sta nella combinazione tra meccanismo chiaro, ampia letteratura sul ruolo redox e possibilità di impiego in categorie diverse. Le applicazioni più solide sono quelle in cui la gestione del radicale superossido è rilevante e in cui la formulazione protegge l'enzima da condizioni incompatibili. Le evidenze più avanzate — terapeutiche, nanozimatiche, biomateriali o di ingegneria proteica — sono importanti per comprendere lo sviluppo del settore, ma non devono essere trasformate in claim non dimostrati sul prodotto finito ^[3].

In sintesi, la **Superoxide Dismutase** è un enzima antiossidante altamente specifico, utile quando l'obiettivo tecnico è modulare il superossido all'interno di una strategia redox più ampia. La sua efficacia applicativa dipende da isoforma, struttura, stabilità, matrice e destinazione d'uso; usata e comunicata correttamente, offre un razionale forte per formulazioni cosmetiche, nutrizione funzionale, ricerca biomedica e applicazioni industriali orientate alla protezione dallo stress ossidativo ^[1].

Ordina Superoxide Dismutase online

Venduto in unità da 1 kg, disponibile a magazzino e pronto per la spedizione. Ordina direttamente dal nostro store: paga online e noi elaboriamo il tuo ordine. Un Certificato di Analisi e una Scheda Dati di Sicurezza sono inclusi in ogni ordine.

[Acquista Superoxide Dismutase →](#)

Riferimenti

Numerati in ordine di prima citazione. Fonti open access, ciascuna verificata come raggiungibile al momento della pubblicazione; i numeri di citazione nel testo rimandano qui.

1. Gopal, R., & Elumalai, S. (2017). Industrial Production of Superoxide Dismutase (SOD): A Mini Review. *Journal of Probiotics & Health*, 5, 1-5.
2. Damiano, S., Sozio, C., Rosa, G. L., Guida, B., Faraonio, R., Santillo, M., & Mondola, P. (2020). Metabolism Regulation and Redox State: Insight into the Role of Superoxide Dismutase 1. *International Journal of Molecular Sciences*, 21.
3. Kaur, N., Sharma, A., Shakeel, A., Kumar, V., Singh, A., Gupta, A., Suhag, D., ... et al. (2017). Therapeutic Implications of Superoxide Dismutase And Its Importance in Kinase Drug Discovery. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 17 22, 2495-2508 .
4. Greenwald, R. (1990). Superoxide dismutase and catalase as therapeutic agents for human diseases. A critical review. *Free Radical Biology & Medicine*, 8 2, 201-9 .
5. Pereira, G., Vieira, B. A., & Mesquita, J. F. D. (2021). Comprehensive in silico analysis and molecular dynamics of the superoxide dismutase 1 (SOD1) variants related to amyotrophic lateral sclerosis. *PLoS ONE*, 16.
6. Zhang, N., Deng, Y., Li, R., Liu, F., Wei, D., Ren, Z., Jin, X., ... et al. (2025). Engineering a Manganese Superoxide Dismutase with Enhanced Thermostability and Activity via Protein Language Models: Toward Antioxidant and Anti-inflammatory Applications in Biomedicine and Skincare. *Free Radical Biology & Medicine*.
7. Apone, F., Arciello, S., Palmieri, G., Cocca, E., & Colucci, M. G. (2019). Extremophile SOD in industrial applications.
8. Meng, G., Li, L., Wang, L., Zhang, Y., Zhang, L., Ji, J., Chen, S., ... et al. (2025). Computational mining and redesign of superoxide dismutase with activity-thermostability improvement. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141871 .
9. Wang, Y., Wang, Q., Wang, Y., Han, H., Hou, Y., & Shi, Y. (2017). Statistical optimization for the production of recombinant cold-adapted superoxide dismutase in E. coli using response surface methodology. *Bioengineered*, 8, 693 - 699.
10. Al-Adeeb, A., Aqeel, S. M., Aljaberi, H. S. M., Gu, Q., Jiang, S., Ma, S., & Yu, X. (2025). Advancing Cu/Zn Superoxide Dismutase (SOD1) production in Pichia pastoris: challenges, strategies, current research status, and future directions. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 1075 - 1095.
11. Gogliettino, M., Arciello, S., Cillo, F., Carluccio, A. V., Palmieri, G., Apone, F., Ambrosio, R., ... et al. (2022). Recombinant Expression of Archaeal Superoxide Dismutases in Plant Cell Cultures: A Sustainable Solution with Potential Application in the Food Industry. *Antioxidants*, 11.
12. Malcangi, G., Patano, A., Ciocia, A., Netti, A., Viapiano, F., Palumbo, I., Trilli, I., ... et al. (2023). Benefits of Natural Antioxidants on Oral Health. *Antioxidants*, 12.
13. Li, G., Yu, Q., Li, M., Ding-Zhang, Yu, J., Yu, X., Xia, C., ... et al. (2023). Phyllanthus emblica fruits: a polyphenol-rich fruit with potential benefits for oral management. *Food & Function*.
14. Cunha, D. P., Neto, V. G., Santos, I. D., Andrade, M., Takahashi, D., Loureiro, M., Fernandez, L. G., ... et al. (2024). Castor (Ricinus communis L.) differential cell cycle and metabolism reactivation, germinability, and seedling performance

under NaCl and PEG osmoticum: Stress tolerance related to genotype-preestablished superoxide dismutase activity. *Plant physiology and biochemistry : PPB*, 207, 108372 .

15. Hoștină, M., Oprică, L., Vochița, G., Răcuciu, M., & Creangă, D. (2026). Study on the ultraviolet radiation impact on agro-industrial plant – preliminary results of cytogenetic and biochemical investigations. *International Agrophysics*.
16. Li, L., Zhang, X., Du, F., Ashori, A., Liu, X., Abdulkhani, A., Sun, F., ... et al. (2025). Lignin-based nanozyme as a free radical scavenger for UV induced DNA protection.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148854 .
17. Wang, W., Chen, J., Zhu, H., Huang, A., Zhou, D., Wang, Y., Zhou, Y., ... et al. (2025). Two-step purification of elastin-like polypeptide-fusion superoxide dismutase via hydrophobicity and thermoresponsiveness. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13.

Contatta Enzymes.bio

Hai domande su un ordine? Il nostro team è lieto di aiutarti.


EMAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFONO (USA) [+1 \(507\) 428-6057](tel:+15074286057)

[Contattaci →](#)

 **400+** Clienti B2B

 **60+** partner di ricerca universitari

 **54** serviti in tutto il mondo

© 2026 Enzymes.bio · Fornitura di enzimi industriali e per la lavorazione alimentare · Non destinato al consumo umano né alla vendita al dettaglio.