

Lysozyme CAS 12650-88-3 für bakteriellen Zellaufschluss und Peptidoglycan-Abbau

Enzymes.bio Research-Team · Wellington, Neuseeland · June 18, 2026

Direkte Antwort: Lysozyme CAS 12650-88-3 ist ein Enzym, das $\beta(1\rightarrow4)$ -glykosidische Bindungen im bakteriellen Peptidoglycan spaltet und dadurch Zellwände, besonders bei grampositiven Bakterien, schwächen kann ^[1]. Für B2B-Anwendungen ist Lysozym vor allem dort relevant, wo bakterielle Zellwände kontrolliert zugänglich gemacht werden sollen — etwa beim Zellaufschluss, in der Probenvorbereitung oder in mikrobiellen Prozessumgebungen.

Enzymes.bio liefert Lysozyme CAS 12650-88-3 als Lieferant, nicht als Hersteller und nicht als Labor. Das Produkt wird in 1-kg-Einheiten direkt online verkauft; Analysezertifikat und Sicherheitsdatenblatt werden bei der Bestellung mitgeliefert.

Was Lysozyme CAS 12650-88-3 technisch leistet

Lysozym, auch als Muramidase beschrieben, ist kein unspezifisches Desinfektionsmittel, sondern ein Enzym mit einem klar definierten biologischen Ziel: dem Murein beziehungsweise Peptidoglycan der bakteriellen Zellwand. Dieses Gerüst besteht aus Zuckerketten, in denen N-Acetylglucosamin und N-Acetylmuraminsäure regelmäßig miteinander verknüpft sind; Lysozym greift genau diese Struktur enzymatisch an ^[1].

Für technische Anwender ist diese Spezifität der entscheidende Punkt. Wenn ein Prozess darauf angewiesen ist, die Zellwand bakterieller Biomasse zu destabilisieren, kann Lysozym eine gezielte Vorbehandlung oder Unterstützung darstellen. Das ist besonders relevant, wenn intrazelluläre Proteine, Nukleinsäuren oder andere Zellbestandteile aus Bakterien zugänglich gemacht werden sollen und eine rein mechanische oder stark chemische Behandlung nicht die gewünschte Prozessführung bietet ^[2].

Die Wirkung ist jedoch abhängig von der Zellhülle des Zielorganismus. Grampositive Bakterien besitzen eine dicke, außen zugängliche Peptidoglycanschicht und sind daher prinzipiell empfindlicher gegenüber Lysozym. Gramnegative Bakterien tragen zusätzlich eine äußere Membran, die den Zugang

zum Peptidoglycan erschwert; deshalb ist die bloße Anwesenheit des Enzyms nicht automatisch gleichbedeutend mit effizienter Lyse [1].

Der Mechanismus: warum Lysozym Zellwände schwächt

Peptidoglycan als Zielstruktur

Peptidoglycan ist ein tragendes Polymer der bakteriellen Zellwand. Es bildet ein netzartiges Gerüst aus alternierenden Zuckerbausteinen und peptidischen Quervernetzungen, das der Zelle Form und osmotische Stabilität verleiht. Lysozym spaltet die $\beta(1\rightarrow4)$ -Bindung zwischen N-Acetylmuraminsäure und N-Acetylglucosamin; damit wird die Kontinuität des Zuckerstrangs im Zellwandgerüst unterbrochen [1].

Diese Spaltung ist für Bakterien funktionell bedeutsam, weil die Zellwand nicht nur eine Hülle, sondern ein mechanisch belastetes Stützsystem ist. Wird das Peptidoglycan an vielen Stellen enzymatisch geschnitten, sinkt die strukturelle Integrität. Je nach Organismus, Matrix und Prozessumgebung kann dies zu einer Schwächung der Zellwand, zur Bildung empfindlicher Zellformen oder zur Lyse beitragen [3].

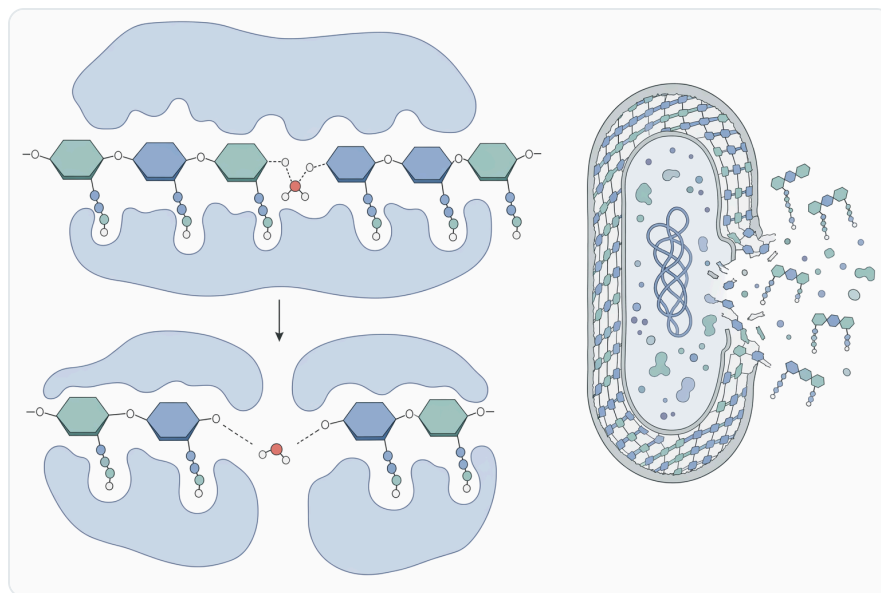


Figure 1. 라이소자임은 세균 펩티도글리칸의 $\beta(1\rightarrow4)$ 글리코시드 결합을 가수분해해 세포벽을 약화시키며, 이에 민감한 세균이 용균되거나 성장이 억제되기 쉽게 만듭니다.

Wichtig ist die Unterscheidung zwischen „Zellwandabbau“ und vollständigem Zellaufschluss. Lysozym liefert den enzymatischen Schnitt im Peptidoglycan; ob daraus eine vollständige Freisetzung intrazellulärer Inhalte wird, hängt von zusätzlichen Faktoren ab: Osmolarität, Membranintegrität,

Zelltyp, Wachstumszustand, Konzentration der Biomasse und nachgeschaltete Prozessschritte beeinflussen das Ergebnis ^[2].

Aktives Zentrum und katalytische Logik

Lysozym ist biochemisch gut untersucht, weil es als Modellprotein für die Beziehung zwischen Struktur und Enzymfunktion diente. Das aktive Zentrum ist als Bindungsspalte organisiert, in der ein Abschnitt der Peptidoglycan-Zuckerkette räumlich passend positioniert wird. Klassisch beschrieben wird dabei eine Anordnung, in der mehrere Zuckerreste in definierte Bindungsbereiche passen und die zu spaltende Bindung in die Nähe katalytisch wichtiger Aminosäuren gebracht wird ^[2].

Zentral sind die Aminosäurereste Glutaminsäure 35 und Asparaginsäure 52, die in der klassischen Mechanismusbeschreibung eine Schlüsselrolle spielen. Vereinfacht ausgedrückt unterstützt Glutaminsäure 35 die Spaltung der glykosidischen Bindung durch Protonenübertragung, während Asparaginsäure 52 die entstehende Übergangssituation stabilisiert. Anschließend wird die Bindung hydrolytisch aufgelöst, also unter Beteiligung von Wasser gespalten ^[2].

Für die Praxis bedeutet das: Lysozym arbeitet nicht wie ein grober chemischer Angriff auf beliebige Zellbestandteile. Seine Wirkung entsteht dadurch, dass eine passende Zuckerstruktur in der richtigen räumlichen Orientierung an das aktive Zentrum gelangt. Deshalb sind Substratzugänglichkeit und Zellhüllenarchitektur keine Nebenfragen, sondern zentrale Voraussetzungen für reproduzierbare Leistung ^[3].

Grampositive und gramnegative Bakterien im Vergleich

Die unterschiedliche Empfindlichkeit von Bakterien gegenüber Lysozym lässt sich direkt aus ihrer Zellhüllstruktur ableiten. Grampositive Organismen präsentieren Peptidoglycan relativ zugänglich an der Zelloberfläche. Gramnegative Organismen besitzen dagegen eine äußere Membran, die das Peptidoglycan im Periplasma abschirmt und den enzymatischen Zugang begrenzt ^[1].

Merkmal	Grampositive Bakterien	Gramnegative Bakterien	Bedeutung für Lysozym-Anwendungen
Peptidoglycan-Anteil der Zellhülle	Hoch, dicke Zellwandschicht	Dünnere Peptidoglycanschicht	Mehr Zielsubstrat bedeutet tendenziell bessere Angriffsfläche
Lage des Peptidoglycans	Außen relativ zugänglich	Durch äußere Membran abgeschirmt	Zugang des Enzyms ist bei gramnegativen Zellen erschwert

Merkmale	Grampositive Bakterien	Gramnegative Bakterien	Bedeutung für Lysozym-Anwendungen
Erwartete Lysozym-Empfindlichkeit	Häufig höher	Häufig niedriger ohne zusätzliche Permeabilisierung	Zielorganismus muss in der Prozessbewertung berücksichtigt werden
Typische Prozessimplikation	Enzymatischer Zellwandabbau kann direkt relevant sein	Lysozym allein kann limitiert sein	Kombination mit geeigneter Prozessführung kann entscheidend sein

Diese Tabelle ist keine Leistungszusage, sondern eine mechanistische Einordnung. In realen Prozessen können auch grampositive Zielzellen widerstandsfähiger sein, wenn Zellwandmodifikationen, Matrixbestandteile oder Prozessbedingungen den Zugang zum Peptidoglycan behindern. Umgekehrt können gramnegative Zellen empfindlicher werden, wenn ihre äußere Membran durch Prozessbedingungen destabilisiert wird [1].

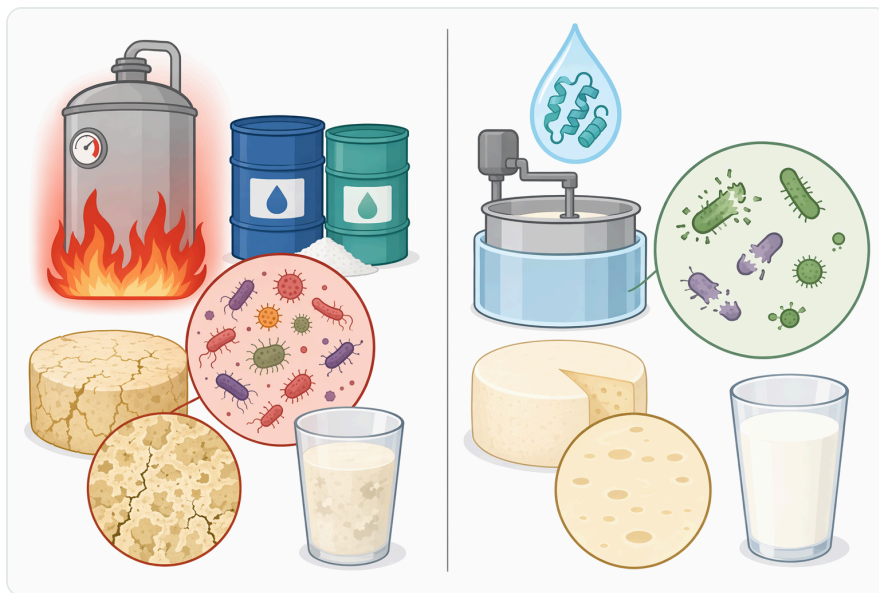


Figure 2. 라이소자임은 접근 가능한 세균 세포벽 펩티도글리칸을 효소적으로 절단하는 것이 주된 작용이라는 점에서 열, 산성화, 염, 알코올, 킬레이트 처리와 같은 저해 요인들과 다릅니다.

Typische B2B-Anwendungen von Lysozym

Zellaufschluss in Biotechnologie und Probenvorbereitung

Der naheliegendste technische Einsatz ist der kontrollierte Angriff auf bakterielle Zellwände vor oder während des Zellaufschlusses. In biotechnologischen Arbeitsabläufen kann Lysozym dazu beitragen, Zellwände zu schwächen, bevor mechanische, osmotische oder weitere chemische Schritte die Freisetzung intrazellulärer Bestandteile vervollständigen. Dadurch passt das Enzym in Workflows, in denen Proteine, DNA oder andere Zellinhalte aus bakteriellen Zellen gewonnen werden sollen ^[2].

Der Vorteil liegt in der Zielgerichtetheit. Während mechanische Verfahren Energie in die gesamte Probe eintragen und chemische Verfahren mehrere Zellkomponenten gleichzeitig beeinflussen können, setzt Lysozym an einer definierten Bindung im Peptidoglycan an. Das kann insbesondere dann nützlich sein, wenn eine mildere Vorbehandlung gewünscht ist oder die eigentliche Belastung der Zielmoleküle durch nachfolgende Prozessschritte begrenzt werden soll ^[3].

Gleichzeitig sollte Lysozym nicht als alleinige Garantie für vollständigen Aufschluss verstanden werden. Bakterielle Zellen unterscheiden sich stark in Zellwanddicke, Oberflächenstrukturen, Wachstumsphase und Empfindlichkeit. Besonders bei hohen Zelldichten, komplexen Fermentationsmatrizes oder schwer zugänglichen Zellhüllen kann Lysozym eher als Teil einer Prozessstrategie wirken als als einzelner vollständiger Aufschlussmechanismus ^[1].

Downstream Processing nach bakterieller Fermentation

In fermentationsnahen Anwendungen kann Lysozym dort relevant sein, wo bakterielle Biomasse nach der Kultivierung weiterverarbeitet wird. Wenn Zielprodukte intrazellulär vorliegen, muss die Zellhülle überwunden werden. Eine enzymatische Schwächung des Peptidoglycans kann dazu beitragen, nachfolgende Aufschluss- und Extraktionsschritte kontrollierbarer zu gestalten ^[2].

Die Prozessrealität ist hier komplexer als in einfachen Puffersystemen. Fermentationsbrühen enthalten Salze, Metabolite, Zelltrümmer, Proteine, Polysaccharide und gegebenenfalls oberflächenaktive oder antimikrobielle Substanzen. Diese Matrix kann die Substratzugänglichkeit, Enzymstabilität und resultierende Lyse beeinflussen. Deshalb ist die mechanistische Eignung von Lysozym gut begründet, die konkrete Prozessleistung aber immer matrixabhängig ^[3].

Für B2B-Anwender ist die wichtigste Entscheidung nicht nur „Lysozym ja oder nein“, sondern „welche Rolle soll Lysozym im Gesamtprozess übernehmen“. Es kann als Vorbehandlung, als Bestandteil eines kombinierten Zellaufschlusses oder als unterstützender Schritt zur Reduktion der Zellwandstabilität

eingesetzt werden. Diese Einordnung vermeidet überzogene Erwartungen und beschreibt realistischer, was das Enzym leistet ^[1].



Figure 3. 라이소자임은 감수성 세균이 존재하고 제형 조건이 적합한 경우, 일부 식품, 와인, 음료, 생명공학, 구강 관리 및 위생 분야에 활용될 수 있습니다.

Mikrobielle Kontrolle in passenden Prozessumgebungen

Lysozym besitzt eine natürliche antibakterielle Funktion, weil es die Zellwand bestimmter Bakterien angreift. In biologischen Systemen ist es Teil der unspezifischen Abwehr und kommt unter anderem in Körpersekreten vor, wo es zur Hemmung empfindlicher Bakterien beitragen kann ^[1].

In technischen Prozessumgebungen kann dieser Wirkmechanismus interessant sein, wenn grampositive Kontaminanten oder Zielorganismen kontrolliert beeinflusst werden sollen. Dabei muss jedoch sauber getrennt werden zwischen mechanistischer antibakterieller Wirkung und regulatorisch zulässiger Anwendung in einem bestimmten Produkt. Lysozym kann eine biologische Aktivität gegenüber passenden Bakterien besitzen, aber die Eignung für Lebensmittel, Kosmetik, Diagnostik, Pharma-Umfelder oder andere regulierte Anwendungen hängt vom konkreten Rechtsrahmen und Verwendungszweck ab ^[3].

Auch die Matrix entscheidet über die beobachtbare Wirkung. Ein Enzym, das in einer klaren wässrigen Umgebung gut an Peptidoglycan gelangt, kann in proteinreichen, fetthaltigen, stark ionischen oder viskosen Systemen anders wirken. Deshalb sollte Lysozym in der technischen Kommunikation als spezifisches Zellwand-Enzym beschrieben werden, nicht als universelles Konservierungs- oder Biozidwerkzeug ^[1].

Einflussfaktoren auf die Leistung

Substratzugänglichkeit

Die wichtigste praktische Frage lautet: Erreicht Lysozym das Peptidoglycan? Bei grampositiven Bakterien ist die Zielstruktur im Prinzip besser zugänglich, weil keine äußere Membran davorliegt. Bei gramnegativen Bakterien ist die Zielstruktur durch die äußere Membran geschützt, sodass der enzymatische Angriff deutlich limitiert sein kann ^[1].

Auch innerhalb einer Bakteriengruppe gibt es Unterschiede. Zellwandmodifikationen, Kapseln, Schleimschichten, Biofilm-Matrix oder hohe Biomassekonzentrationen können die Diffusion des Enzyms behindern. Die katalytische Spalte des Enzyms muss eine passende Zuckerstruktur aufnehmen können; wenn diese räumlich verdeckt ist, hilft die bekannte Substratspezifität allein nicht aus ^[2].

Zielorganismus und Wachstumszustand

Junge, aktiv wachsende Zellen können sich in Zellwandaufbau und Empfindlichkeit von stationären oder gestressten Zellen unterscheiden. Bakterien passen ihre Zellwand an Umweltbedingungen an, und solche Anpassungen können die Wirkung von Zellwand-enzymatischen Angriffen verändern. Lysozym bleibt mechanistisch auf Peptidoglycan gerichtet, aber die biologische Antwort der Zelle ist variabel ^[3].

Für Anwender bedeutet das: Ergebnisse aus einem Organismus oder einem Prozesszustand lassen sich nicht automatisch auf andere Bakterien übertragen. Besonders bei gemischten Mikrobenpopulationen ist zu erwarten, dass empfindliche und weniger empfindliche Zellen parallel vorkommen. Die Gram-Reaktion liefert eine wichtige Orientierung, ersetzt aber keine anwendungsspezifische Bewertung ^[1].

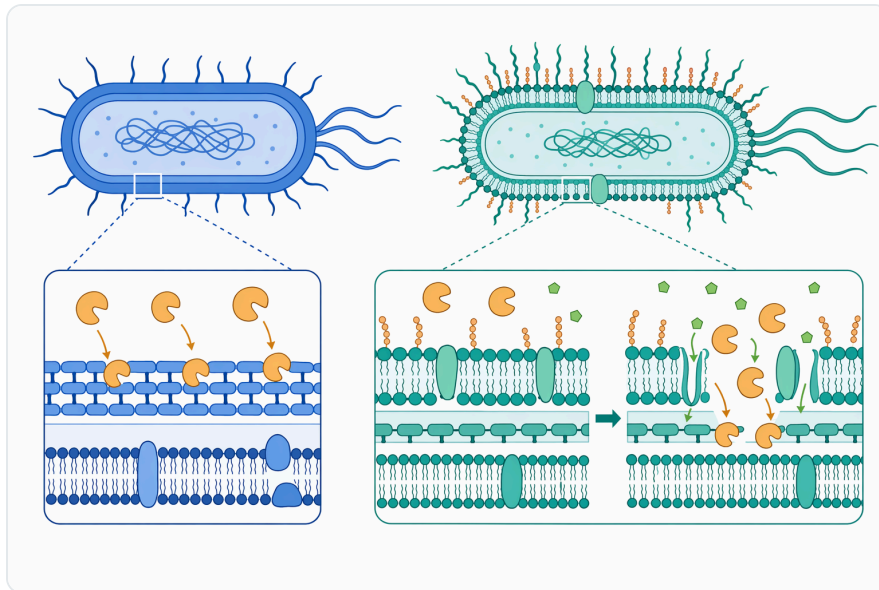


Figure 4. 그람양성균은 펩티도글리칸이 더 노출되어 있어 일반적으로 라이소자임에 더 민감한 반면, 그람음성균의 외막은 라이소자임의 접근을 제한할 수 있습니다.

Prozessumgebung

Enzyme reagieren auf ihre chemische Umgebung. pH-Wert, Temperatur, Salzgehalt, Wasserverfügbarkeit und potenziell hemmende Matrixbestandteile beeinflussen Struktur, Substratbindung und katalytische Geschwindigkeit. Bei Lysozym kommt hinzu, dass die Reaktion eine hydrolytische Spaltung ist und daher in wässrigen Umgebungen technisch besonders plausibel ist ^[2].

Die Prozessumgebung wirkt außerdem auf die Zielzelle. Osmotische Bedingungen können bestimmen, ob eine geschwächte Zellwand tatsächlich zur Lyse führt oder ob Zellen als fragile, aber noch intakte Formen bestehen bleiben. Darum sollte die Wirkung von Lysozym nicht isoliert betrachtet werden, sondern immer zusammen mit den physikalischen und chemischen Bedingungen des Gesamtprozesses ^[3].

Vergleich: Lysozym, mechanischer Aufschluss und chemische Behandlung

Lysozym wird häufig nicht als Ersatz für alle anderen Aufschlussmethoden betrachtet, sondern als Werkzeug mit eigenem Wirkprofil. Die folgende Gegenüberstellung zeigt die technische Logik hinter verschiedenen Ansätzen.

Ansatz	Primärer Wirkmechanismus	Stärken	Grenzen	Typische Rolle im Prozess
Lysozym	Enzymatische Spaltung von $\beta(1\rightarrow4)$ -Bindungen im Peptidoglycan	Zielgerichteter Angriff auf bakterielle Zellwand; besonders plausibel bei grampositiven Zellen	Zugang zum Peptidoglycan erforderlich; matrix- und organismenabhängig	Vorbehandlung oder unterstützender Zellwandabbau
Mechanischer Aufschluss	Scherkräfte, Druckwechsel, Partikelkollision oder Kavitation	Breites Wirkspektrum, auch bei robusten Zellen einsetzbar	Kann Wärme, Scherbelastung und Zelltrümmer erzeugen	Hauptaufschluss oder Nachschritt
Chemische Behandlung	Veränderung von Membranen, Proteinen oder Zellwandbestandteilen	Kann Zugänglichkeit erhöhen und Membranen beeinflussen	Unspezifischere Effekte; mögliche Belastung von Zielmolekülen	Permeabilisierung, Ergänzung oder Prozesshilfsschritt
Kombinierte Strategie	Enzymatischer Angriff plus physikalische oder chemische Unterstützung	Nutzt unterschiedliche Schwachstellen der Zelle	Muss auf Zielprodukt und Matrix abgestimmt werden	Häufig realistische Option für komplexe Biomasse

Der Vergleich zeigt, warum Lysozym in vielen Anwendungen als präzises, aber nicht unbegrenzt wirksames Werkzeug einzuordnen ist. Es greift eine definierte Zellwandbindung an, während mechanische und chemische Methoden breiter wirken. In der Praxis kann gerade die Kombination verschiedener Mechanismen den Unterschied machen, wenn Zielzellen robust oder schwer zugänglich sind ^[2].

Vorteile für industrielle Anwender

Der erste Vorteil ist die mechanistische Klarheit. Lysozym hydrolysiert eine spezifische Bindung im Peptidoglycan, und diese Zielstruktur ist für die Stabilität vieler bakterieller Zellwände zentral. Dadurch lässt sich die technische Funktion deutlich konkreter erklären als bei unspezifischen „antimikrobiellen“ oder „zellaufschließenden“ Aussagen ^[1].

Der zweite Vorteil ist die besondere Relevanz für grampositive Bakterien. Wenn ein Prozess mit peptidoglycanreichen Zielzellen arbeitet, passt der Wirkmechanismus von Lysozym direkt zur Zellhüllstruktur. Das macht das Enzym für Anwendungen interessant, in denen solche Organismen

gezielt aufgeschlossen, geschwächt oder kontrolliert beeinflusst werden sollen ^[1].



Figure 5. 세균 용해 과정에서 라이소자임은 기계적, 삼투적, 세제 또는 기타 파쇄 단계가 세포 내 물질을 방출하기 전에 펩티도글리칸 세포벽을 부드럽게 만들 수 있습니다.

Der dritte Vorteil liegt in der möglichen Ergänzung zu anderen Prozessschritten. Eine enzymatische Zellwandvorbehandlung kann helfen, die nachfolgende Bearbeitung zu erleichtern, ohne von vornherein auf maximal harsche Bedingungen setzen zu müssen. Ob dies im Einzelfall zu besserer Ausbeute, besserer Produktqualität oder einfacherer Verarbeitung führt, hängt jedoch von Prozess und Zielmolekül ab ^[3].

Grenzen: was Lysozym nicht leisten sollte

Lysozym ist kein universelles Zellaufschlussmittel für alle Mikroorganismen. Hefen, Pilze und viele andere Zellen besitzen Zellwände mit anderer Zusammensetzung; der lysozymatische Angriff auf bakterielles Peptidoglycan erklärt dort keine vergleichbare Primärwirkung. Auch bei Bakterien selbst ist die äußere Membran gramnegativer Zellen eine klare Barriere ^[1].

Lysozym ist außerdem nicht automatisch ein vollständiges antimikrobielles System. Das Enzym kann Zellwände empfindlicher Bakterien schädigen, aber Überleben, Wachstumskontrolle oder vollständige Abtötung hängen von weiteren Bedingungen ab. Temperatur, Wasseraktivität, Salzumgebung, pH-Wert, Begleitmikroflora und Matrix können die beobachtete Wirkung stark verändern ^[3].

Eine weitere Grenze betrifft die Übertragbarkeit von Literaturdaten. Mechanistische Daten und Modellversuche erklären sehr gut, warum Lysozym wirkt. Sie ersetzen aber nicht die Bewertung einer konkreten industriellen Matrix, in der viele Parameter gleichzeitig wirken. Seriöse technische Kommunikation sollte deshalb zwischen belegtem Wirkmechanismus und anwendungsspezifischer Performance unterscheiden [2].

Einordnung für regulierte Anwendungen

Lysozym ist biologisch gut bekannt und kommt natürlicherweise in Schutzsekreten des Körpers vor. Diese natürliche Rolle erklärt seine Bedeutung als antibakterielles Enzym, ersetzt aber keine regulatorische Prüfung für eine bestimmte industrielle Verwendung. Je nach Branche können Anforderungen an Zulässigkeit, Kennzeichnung, Rückstände, Allergenmanagement oder Prozessvalidierung relevant sein [1].

Für technische Käufer ist deshalb wichtig, Lysozym nicht allein über seinen natürlichen Ursprung oder seine lange biochemische Bekanntheit zu bewerten. Entscheidend ist, ob die konkrete Verwendung im Zielmarkt und im Zielprodukt zulässig ist und ob die Prozessführung mit den internen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen übereinstimmt. Das gilt besonders für Lebensmittel-, Diagnostik-, Pharma- oder kosmetiknahe Anwendungen [3].

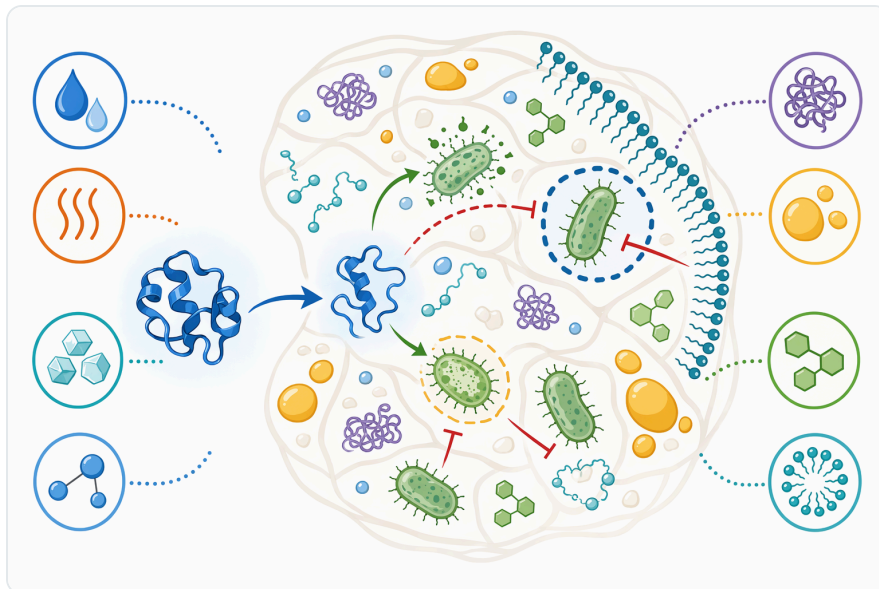


Figure 6. 라이소자임의 성능은 적용 환경에 따라 달라지는데, pH, 온도, 이온 강도, 알코올, 단백질, 지방, 계면활성제 및 기타 성분이 효소 기능과 세균 접근성에 영향을 줄 수 있기 때문입니다.

Lieferung über Enzymes.bio

Enzymes.bio ist Lieferant von Lysozyme CAS 12650-88-3 und tritt nicht als Hersteller oder Labor auf. Das Produkt wird in 1-kg-Einheiten direkt online verkauft. Nach der Bestellung werden das Analysezertifikat und das Sicherheitsdatenblatt mitgeliefert.

Diese Einordnung ist wichtig, weil technische Dokumentation, Sicherheitsunterlagen und regulatorische Bewertung unterschiedliche Rollen erfüllen. Das hier vorliegende Dokument erklärt Funktion, Mechanismus und realistische Einsatzgrenzen von Lysozym; es ersetzt keine betriebliche Gefährdungsbeurteilung, keine Validierung im Zielprozess und keine regulatorische Freigabe für eine spezifische Endanwendung.

Fazit

Lysozyme CAS 12650-88-3 ist ein spezifisches Enzym für den Abbau bakterieller Zellwandstrukturen. Seine Kernfunktion ist die Hydrolyse von $\beta(1\rightarrow4)$ -Bindungen zwischen N-Acetylmuraminsäure und N-Acetylglucosamin im Peptidoglycan, wodurch die Stabilität der Zellwand geschwächt werden kann ^[1].

Für B2B-Anwender ist Lysozym besonders relevant beim bakteriellen Zellaufschluss, in der Probenvorbereitung, im Downstream Processing und in Prozessumgebungen, in denen grampositive Bakterien eine Rolle spielen. Die stärkste technische Begründung liegt im klar verstandenen Mechanismus; die konkrete Leistung bleibt jedoch abhängig von Organismus, Zellhüllzugänglichkeit, Matrix und Gesamtprozess ^[2].

Als Lieferant bietet Enzymes.bio Lysozyme CAS 12650-88-3 in 1-kg-Einheiten direkt online an. Analysezertifikat und Sicherheitsdatenblatt werden bei der Bestellung bereitgestellt; die anwendungsspezifische Eignung muss im jeweiligen Prozesskontext bewertet werden.

Lysozyme Cas No.12650-88-3 online bestellen

Verkauf in 1 kg-Einheiten, ab Lager und versandbereit. Bestellen Sie direkt in unserem Shop — bezahlen Sie online, wir bearbeiten Ihre Bestellung. Ein Analysenzertifikat und ein Sicherheitsdatenblatt liegen jeder Bestellung bei.

[Lysozyme Cas No.12650-88-3 kaufen →](#)

Referenzen

Nummeriert nach Reihenfolge der Erstzitation. Open-Access-Quellen, jeweils zum Veröffentlichungszeitpunkt auf Erreichbarkeit geprüft; die Zitationsnummern im Text verlinken hierher:

1. [Lysozym](#). *Thieme*.
2. [F5C9745A47Cdc37E42E1Cd4Fcd93B04E7F0F6F77](#). *Semantic Scholar*.
3. [4C4C491D58Ea263D4B9A9Ddfc4E40997934A7Be8](#). *Semantic Scholar*.

Enzymes.bio kontaktieren

Fragen zu einer Bestellung? Unser Team hilft Ihnen gerne weiter.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TELEFON (USA) **+1 (507) 428-6057**

[Kontakt aufnehmen →](#)



400+ B2B-Kunden



60+ universitäre Forschungspartner



54 weltweit beliefert

© 2026 Enzymes.bio · Enzymlieferant für Industrie & Lebensmittelverarbeitung · Nicht zum menschlichen Verzehr oder für den Einzelverkauf.