

Laccase CAS 80498-15-3 für Abwasserbehandlung: oxidative Umwandlung phenolischer und aromatischer Schadstoffe

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

Laccase CAS 80498-15-3 ist ein oxidatives Enzym für Abwasseranwendungen, in denen phenolische, aromatische oder farbgebende organische Stoffe chemisch-biologisch umgewandelt werden sollen. Es wirkt nicht als universeller „Abwasserreiniger“, sondern als katalytischer Behandlungsschritt, der oxidierbare Zielstoffe in reaktivere Folgeprodukte überführt, die anschließend weiterreagieren, ausfallen, gebunden oder biologisch besser behandelbar werden können ^[1]. Enzymes.bio liefert das Produkt in 1-kg-Einheiten direkt online; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert .

Was Laccase in der Abwasserbehandlung konkret leistet

Viele industrielle Abwässer enthalten organische Stoffe, die in konventionellen biologischen Stufen nur langsam abgebaut werden oder Mikroorganismen hemmen. Dazu gehören phenolische Verbindungen aus pflanzenverarbeitenden Prozessen, aromatische Farbstoffstrukturen aus Textilabwässern, ligninähnliche Bestandteile aus Holz- und Papierprozessen sowie verschiedene oxidierbare Mikroschadstoffe. Laccase ist für solche Matrices interessant, weil das Enzym Elektronen aus geeigneten Substraten entzieht und damit Reaktionswege eröffnet, die ohne Katalyse nur langsam ablaufen würden ^[1].

Der praktische Nutzen liegt häufig nicht in einer vollständigen Mineralisierung zu Kohlendioxid und Wasser. Viel wichtiger ist in vielen Anlagen die Veränderung der Stoffeigenschaften: Farbe kann abnehmen, phenolische Gruppen können weniger bioverfügbar werden, Moleküle können zu größeren Strukturen koppeln, und hemmende Stoffe können für eine nachgeschaltete biologische Stufe weniger problematisch werden. Diese Einordnung ist entscheidend, weil enzymatische Oxidation anders arbeitet als aggressive chemische Oxidationsverfahren: Sie stößt gezielte Redoxreaktionen an, ersetzt aber nicht automatisch alle Trenn-, Fällungs-, Adsorptions- oder biologischen Prozessschritte ^[2].

Laccase wird besonders häufig mit phenolischen Verbindungen verbunden. Phenole sind in vielen industriellen Abwässern relevant, weil sie bereits bei vergleichsweise geringen Konzentrationen toxische, antibakterielle, geruchsbildende oder farbgebende Effekte auslösen können. In Abwässern

der Olivenölherstellung gelten phenolische Inhaltsstoffe beispielsweise als wesentliche Ursache ökologischer Belastungen; ein EU-Projekt zur Behandlung solcher Olivenmühlenabwässer untersuchte deshalb unter anderem ein kommerzielles Laccase-Enzym zur Reduktion des Phenolgehalts ^[3].

Enzymatischer Wirkmechanismus: vom Phenolradikal zur besser abtrennbaren Matrix

Laccasen gehören zu den oxidativen Enzymen. Fachlich werden sie als kupferhaltige Oxidoreduktasen beschrieben, die organische Substrate oxidieren und Sauerstoff als Elektronenakzeptor nutzen. Für Anwender ist der Kernmechanismus gut verständlich: Das Enzym nimmt dem Zielmolekül ein Elektron, erzeugt dadurch ein reaktives Radikal oder eine verwandte oxidierte Zwischenstufe und ermöglicht anschließend nicht-enzymatische Folgereaktionen in der Abwassermatrix ^[1].

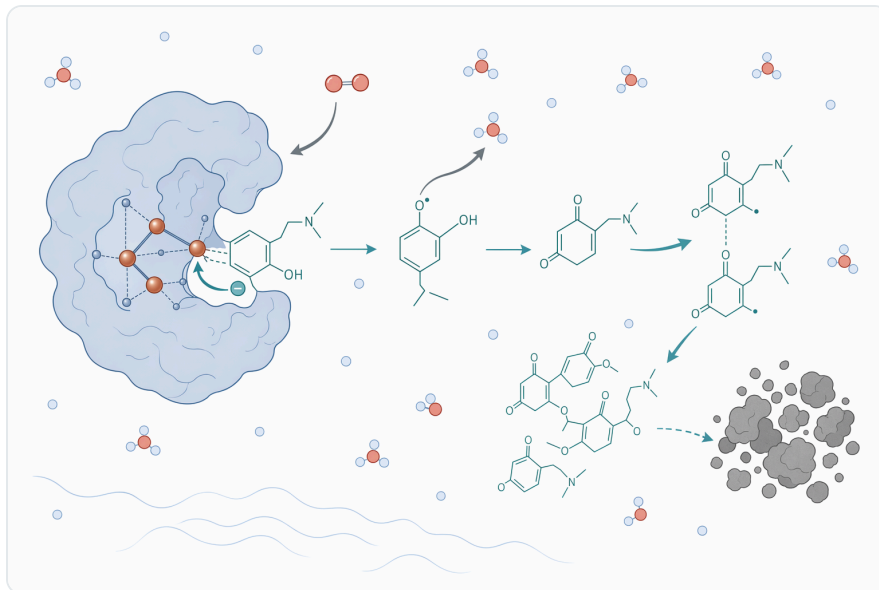


Figure 1. 라카아제는 페놀성 오염물질과 염료 오염물질을 산화시키는 동시에 산소를 물로 환원하며, 이 과정에서 종종 라디칼이 형성되어 서로 결합해 용해도가 낮은 생성물이 됩니다.

Bei phenolischen Substraten entstehen häufig Phenoxyradikale oder chinonähnliche Strukturen. Diese Zwischenprodukte sind kurzlebig, aber reaktiv. Sie können miteinander koppeln, sich an natürliche organische Bestandteile binden oder zu höhermolekularen Produkten polymerisieren. Dadurch verändert sich die Löslichkeit, Ladung, Reaktivität und Bioverfügbarkeit der Ausgangsstoffe. In einer technischen Behandlung kann genau dieser Effekt nützlich sein: Aus kleinen, gelösten und biologisch störenden Molekülen entstehen größere oder stärker gebundene Produkte, die sich in nachgeschalteten Prozessstufen besser handhaben lassen ^[1].

Dieser Mechanismus erklärt auch, warum eine Entfärbung oder Phenolreduktion nicht automatisch dasselbe bedeutet wie vollständige Entgiftung. Oxidative Kopplung kann problematische Gruppen entschärfen, aber sie kann je nach Matrix auch Zwischenprodukte erzeugen, deren Umweltwirkung gesondert betrachtet werden muss. Eine belastbare Anwendung bewertet deshalb nicht nur die Abnahme einer sichtbaren Farbe oder eines Einzelstoffs, sondern die Einbindung in das Gesamtsystem aus Vorbehandlung, enzymatischer Reaktion, Fest-Flüssig-Trennung und biologischer oder physikalisch-chemischer Nachbehandlung ^[2].

Warum Sauerstoff, Matrix und Zielstoffstruktur so wichtig sind

Laccase benötigt für ihre katalytische Funktion eine geeignete Redoxumgebung. In vielen Anwendungen spielt gelöster Sauerstoff eine zentrale Rolle, weil er als Elektronenakzeptor dient. Praktisch bedeutet das nicht zwangsläufig eine aufwendige Hochdruckoxidation, aber eine ausreichende Durchmischung und Sauerstoffversorgung können die Reaktion unterstützen, insbesondere wenn das Abwasser hohe organische Lasten oder sauerstoffzehrende Bestandteile enthält ^[1].

Die Zielstoffstruktur entscheidet ebenfalls. Phenolische Verbindungen sind oft gut zugänglich, weil ihre aromatischen Ringe und Hydroxygruppen die Bildung stabilisierter Radikale begünstigen. Nicht-phenolische aromatische Stoffe können deutlich schwerer oxidierbar sein. In der Forschung werden deshalb auch Laccase-Mediator-Systeme diskutiert, bei denen kleine redoxaktive Moleküle die Elektronenübertragung auf weniger direkt zugängliche Substrate erleichtern. Für die Praxis ist diese Unterscheidung wichtig: Ein Laccaseprodukt allein ist nicht automatisch gleichbedeutend mit einem vollständigen Mediatorsystem, und zusätzliche Chemikalien verändern die Prozessbewertung ^[4].

Für Farbstoffabwässer ist Laccase interessant, weil viele Farbstoffe aromatische oder phenolähnliche Strukturelemente enthalten. Eine enzymatische Oxidation kann Chromophore verändern und dadurch Farbe verringern. Allerdings ist „Farbe weg“ kein ausreichender Beleg für vollständige Schadstoffentfernung. Bei Textil- und Farbstoffabwässern sollte Laccase daher als Schritt zur Strukturveränderung und Vorbehandlung verstanden werden, nicht als Ersatz für das gesamte Abwasserbehandlungskonzept [5].

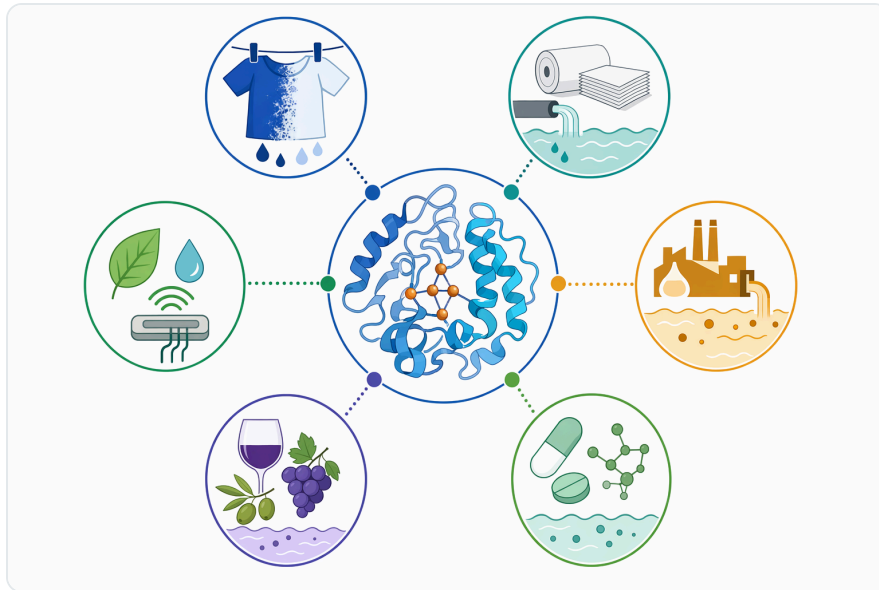


Figure 3. 폐수 처리용 라카아제는 염료, 제지, 페놀성 물질, 농산업 폐수 및 미량 유기 오염물질 처리 등 다양한 분야에 사용됩니다.

In Papier-, Holz- und ligninnahen Prozesswässern liegt die Stärke von Laccase in der chemischen Nähe zu natürlichen aromatischen Polymeren. Lignin und ligninähnliche Fragmente enthalten phenolische Einheiten, die oxidativ umgesetzt werden können. Laccase kann solche Strukturen zu Kopplungsreaktionen anregen, was Farbe, Reaktivität und Abtrennbarkeit beeinflussen kann. Der Nutzen hängt jedoch stark davon ab, ob die problematischen Bestandteile gelöst, kolloidal oder partikulär vorliegen [1].

Vergleich: Wo Laccase sinnvoll ist und wo andere Verfahren dominieren

Die folgende Tabelle ordnet Laccase gegenüber anderen gängigen Behandlungsansätzen ein. Sie ist keine Beschaffungsliste und keine Auslegungsvorgabe, sondern hilft, den enzymatischen Beitrag realistisch zu verstehen.

Ansatz	Hauptwirkung im Abwasser	Typische Stärken	Typische Grenzen	Sinnvolle Rolle von Laccase
Laccase	Oxidation phenolischer und bestimmter aromatischer Stoffe über Radikalbildung	Milde Reaktionsbedingungen, gezielte Umwandlung oxidierbarer organischer Stoffe, gute Kombinierbarkeit	Matrixabhängig; nicht alle Schadstoffe sind Substrate; keine garantierte Vollentgiftung	Enzymatischer Vor- oder Zwischenschritt zur Verringerung phenolischer Belastung und Verbesserung nachgeschalteter Behandlung ^[1]
Biologische Behandlung	Mikrobieller Abbau biologisch verfügbarer organischer Substanz	Bewährt für viele Abwässer; gut integrierbar in bestehende Anlagen	Hemmstoffe, schwer abbaubare Aromaten und toxische Spitzenlasten können Leistung begrenzen	Laccase kann hemmende phenolische Stoffe vor einer biologischen Stufe verändern ^[2]
Adsorption	Physikalische Bindung gelöster organischer Stoffe an Feststoffe	Schnelle Entfernung bestimmter Stoffgruppen aus der Wasserphase	Verlagerung in beladenes Adsorbens; keine eigentliche Zerstörung	Laccase kann Zielstoffe vor oder nach Adsorption chemisch verändern
Fällung/Flockung	Bildung abtrennbarer Aggregate	Robust bei Trübung, Kolloiden und bestimmten organischen Stoffen	Begrenzte Wirkung auf gelöste, stabile Mikroschadstoffe	Laccase kann durch Polymerisation größere oder stärker bindende Produkte erzeugen
Chemische Oxidation	Direkte Oxidation durch zugesetzte Oxidationsmittel	Stark bei schwer abbaubaren Stoffen; oft schnelle Reaktion	Chemikalienverbrauch, Nebenprodukte, Sicherheits- und Betriebskosten	Laccase ist eine mildere Alternative oder Ergänzung für passende Substrate ^[2]

Der Vergleich zeigt: Laccase ist am stärksten, wenn die chemische Struktur der Belastung zum Enzym passt und wenn der Prozess danach eine sinnvolle Senke für die Reaktionsprodukte bietet. Wird Laccase isoliert betrachtet, sind die Erwartungen oft zu hoch. Wird sie dagegen als Reaktionsmodul in eine Gesamtanlage eingebettet, kann der Nutzen deutlich klarer bewertet werden ^[1].

Evidenz aus Forschung und technischer Anwendung

Die wissenschaftliche Grundlage für Laccase in der Abwasserbehandlung ist vor allem mechanistisch stark: Laccasen oxidieren geeignete phenolische und aromatische Substrate und erzeugen Radikalzwischenprodukte, die weiterreagieren können. Übersichtsarbeiten zur enzymatischen Abwasserbehandlung ordnen Oxidoreduktasen genau deshalb als relevante Enzyme für Farbstoffe, Phenole und verwandte Verbindungen ein ^[1].



Figure 4. 더 가혹한 화학적 산화나 응집 처리와 비교할 때, 라카아제 처리는 더 온화한 조건에서 작동할 수 있으며 색을 유발하는 오염물질을 줄일 수 있습니다.

Praxisnahe Evidenz liefert die Behandlung von Olivenmühlenabwasser. Im NEWTECHOMW-Projekt wurde ein kommerzielles Laccase-Enzym zur Reduktion phenolischer Belastungen untersucht. Die Ergebnisse waren differenziert: Laccase konnte den Phenolgehalt in bestimmten Matrices reduzieren, wirkte aber nicht unter allen Bedingungen gleich stark. Besonders relevant ist die Beobachtung, dass unbehandelte Olivenabwässer und konzentrierte Extrakte unterschiedlich reagierten und dass sowohl der Laccase-Typ als auch die Menge der Phenole das Ergebnis beeinflussten ^[3].

Das gleiche Beispiel zeigt die Grenzen enzymatischer Behandlung. Das Projekt fand keine universelle Lösung für alle Olivenabwässer; phytotoxische Wirkungen wurden nur teilweise eliminiert, und die Toxizität hing nicht allein von Phenolen ab. Für industrielle Anwender ist das keine Schwäche der Enzymtechnologie, sondern eine wichtige Auslegungsinformation: Wenn mehrere Stoffgruppen zur Hemmung beitragen, kann ein phenoloxidierendes Enzym nur den Teil des Problems adressieren, der tatsächlich enzymatisch zugänglich ist ^[3].

Auch bei Farbstoffen und aromatischen Schadstoffen wird Laccase intensiv untersucht. Die Literatur beschreibt Entfärbungs- und Transformationsreaktionen, aber sie zeigt ebenfalls, dass Substratstruktur, pH-Wert, Enzymherkunft, Matrixbestandteile und mögliche Mediatoren die Resultate stark beeinflussen. Daraus ergibt sich eine nüchterne, aber nützliche Schlussfolgerung: Laccase ist kein Standardadditiv mit garantiertem Ergebnis in jedem Abwasser, sondern ein katalytisches Werkzeug für definierte oxidierbare Stoffgruppen [5].

Prozessfaktoren ohne falsche Produktspezifikation

Dieses Dokument nennt bewusst keine konkreten Aktivitätswerte, Qualitätsstufen, Analysenmethoden oder Einheitendefinitionen. Für die technische Einordnung sind stattdessen die Prozessfaktoren entscheidend, die bei jeder Laccaseanwendung die Reaktion beeinflussen. Dazu gehören pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffverfügbarkeit, Kontaktzeit, Durchmischung, Feststoffgehalt und die chemische Zusammensetzung des Abwassers [1].

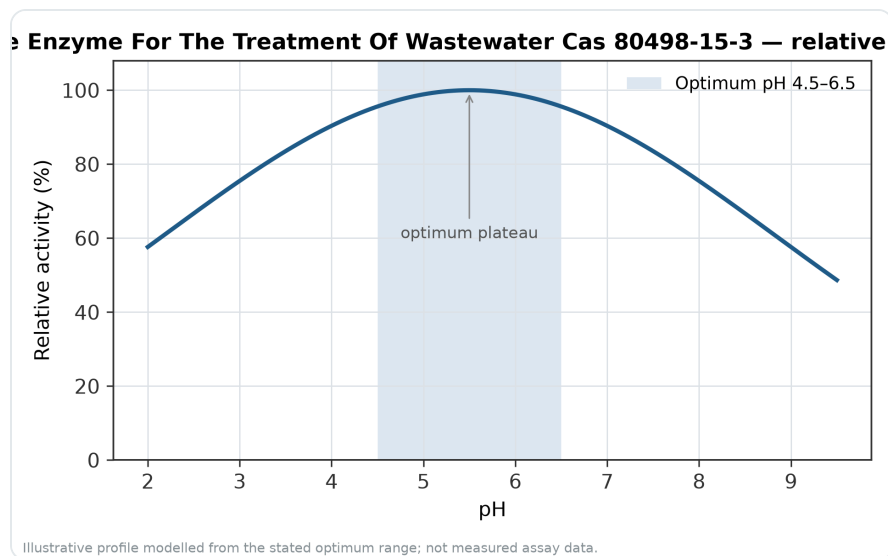


Figure 5. pH에 따른 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 상대 활성으로, pH 4.5~6.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

Der pH-Wert beeinflusst sowohl die Proteinstruktur des Enzyms als auch die Ionisationsform phenolischer Substrate. Ein Milieu, das für ein bestimmtes Laccase-Substrat günstig ist, muss für ein anderes nicht optimal sein. In realen Abwässern kommt hinzu, dass pH-Anpassungen Nebenwirkungen haben können: Kolloide können destabilisiert werden, Metallionen können ausfallen, und gelöste organische Stoffe können ihre Ladung ändern [1].

Die Temperatur steuert die Reaktionsgeschwindigkeit, aber auch die Stabilität des Proteins. Wie bei anderen Enzymen kann eine höhere Temperatur die Reaktion zunächst beschleunigen und bei weiterer Erhöhung die Struktur schädigen. In technischen Anwendungen ist deshalb nicht das maximale

Aktivitätsfenster allein entscheidend, sondern die Balance aus Reaktionsrate, Stabilität, Energieaufwand und Verweilzeit [2].

Sauerstoff und Durchmischung sind besonders wichtig, weil Laccase oxidative Reaktionen katalysiert. Wenn das Abwasser stark sauerstoffzehrend ist oder schlecht gemischt wird, kann die Reaktion lokal begrenzt sein. Gleichzeitig darf eine bessere Belüftung nicht mit einer unbegrenzten Leistungssteigerung verwechselt werden: Wenn das eigentliche Limit die Substratstruktur, Inhibition oder Enzymstabilität ist, löst zusätzliche Durchmischung allein das Problem nicht [1].

Kontaktzeit und Reaktorführung bestimmen, ob Laccase ausreichend Gelegenheit hat, mit den Zielstoffen zu reagieren. In stark partikulären oder hochviskosen Matrices können Diffusionsgrenzen auftreten. In klareren Abwässern ist die Zugänglichkeit oft günstiger, aber auch dort können Konkurrenzsubstrate die Reaktion beeinflussen. Daraus folgt: Die beste Position im Prozess ist nicht immer der Zulauf der Gesamtanlage; häufig ist eine Platzierung nach Grobtrennung, pH-Konditionierung oder vor einer biologischen Stufe plausibler [2].

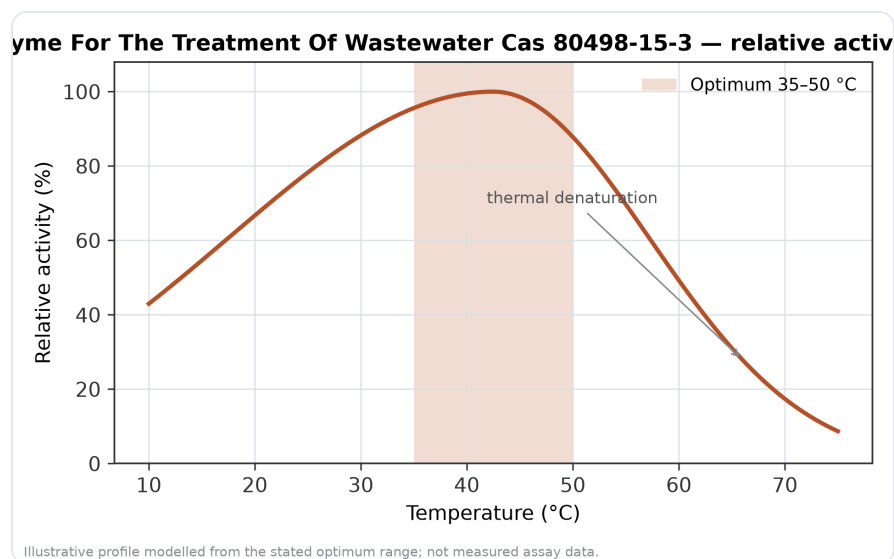


Figure 6. 온도에 따른 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 상대 활성으로, 35~50°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

Integration in bestehende Abwasseranlagen

In einer bestehenden Anlage wird Laccase meist nicht als alleinige Endbehandlung betrachtet. Sinnvoller ist eine Prozesskette, in der grobe Feststoffe und extreme Bedingungen zuerst reduziert werden, das Enzym in einem kontrollierten Reaktionsfenster arbeitet und die entstehenden Produkte

anschließend entfernt oder biologisch weiterbehandelt werden. Dieser modulare Ansatz passt zur allgemeinen Rolle enzymatischer Verfahren: Sie verändern spezifische Schadstoffgruppen, während andere Stufen Volumenströme, Feststoffe, Nährstoffe oder Summenparameter adressieren ^[2].

Ein typisches Ziel ist die Entlastung einer biologischen Stufe. Phenolische Stoffe und bestimmte aromatische Verbindungen können Mikroorganismen hemmen. Wenn Laccase diese Stoffe vorab oxidativ verändert, kann die nachgeschaltete Biologie stabiler arbeiten. Das ist besonders relevant bei schwankenden Industrieabwässern, in denen zeitweise toxische Spitzenlasten auftreten. Entscheidend bleibt jedoch, dass die Reaktionsprodukte nicht einfach ignoriert werden, sondern in der Gesamtbilanz des Prozesses berücksichtigt werden ^[1].

In Farbstoff- und Textilabwässern kann Laccase eine Vorbehandlung zur Entfärbung oder Chromophorveränderung sein. Anschließend können biologische Stufen, Adsorption oder Fällung die verbleibenden organischen Bestandteile weiter reduzieren. Bei ligninreichen Wässern kann die enzymatische Kopplung dazu beitragen, gelöste aromatische Fragmente in eine Form zu überführen, die besser abgetrennt oder weiterbehandelt werden kann ^[5].

Grenzen: Was Laccase nicht versprechen sollte

Laccase ist kein Ersatz für eine vollständige Abwassertechnik. Sie entfernt keine Salze, neutralisiert keine extremen pH-Werte, ersetzt keine Feststoffabscheidung und wirkt nicht gegen jede anorganische Belastung. Auch innerhalb organischer Schadstoffe ist die Wirkung selektiv: Je besser ein Stoff redoxchemisch zu Laccase passt, desto plausibler ist die Umsetzung. Je stärker ein Stoff nicht-phenolisch, sterisch abgeschirmt oder schlecht zugänglich ist, desto unsicherer wird die direkte enzymatische Reaktion ^[1].

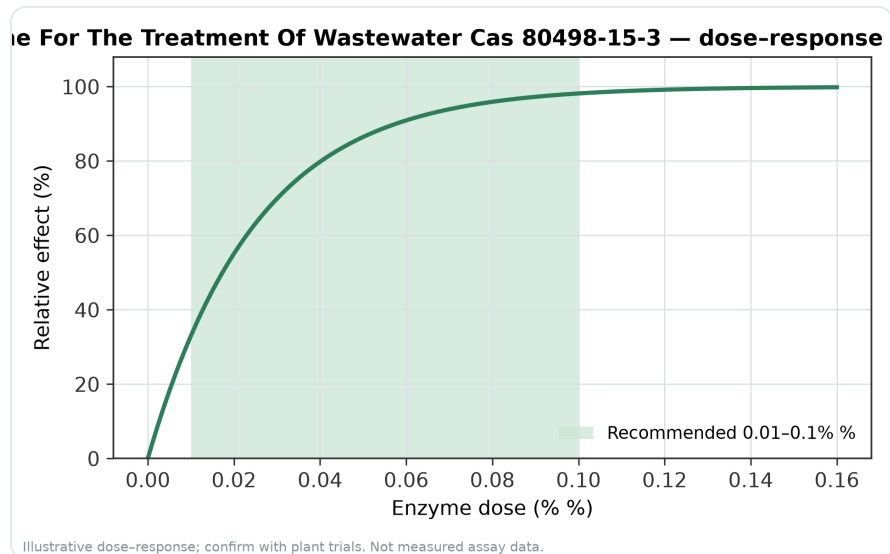


Figure 7. 권장 사용 범위(0.01~0.1%)에서 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 예시적 용량-반응 관계입니다.

Ein weiterer Grenzpunkt ist die Toxizitätsbewertung komplexer Abwässer. Die Reduktion phenolischer Inhaltsstoffe kann ökologisch und prozesstechnisch wertvoll sein, aber Toxizität kann durch mehrere Stoffgruppen verursacht werden. Das Olivenabwasser-Beispiel zeigt genau diese Komplexität: Die phytotoxische Wirkung wurde nicht vollständig eliminiert, und die Unterschiede zwischen Olivensorten und Abwassermatrices spielten eine wesentliche Rolle [3].

Auch Entfärbung muss vorsichtig interpretiert werden. Wenn ein Farbstoffmolekül oxidativ verändert wird, kann die sichtbare Farbe verschwinden, ohne dass alle organischen Bestandteile entfernt wurden. Umgekehrt kann eine geringe sichtbare Entfärbung auftreten, obwohl problematische phenolische Gruppen bereits teilweise umgewandelt wurden. Für technische Entscheidungen ist deshalb die Kombination aus Prozessziel, Abwassermatrix und nachgeschalteter Behandlung wichtiger als ein einzelner optischer Eindruck [5].

Produktbezug: Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3 bei Enzymes.bio

„Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater CAS 80498-15-3“ ist für Anwender vorgesehen, die einen enzymatischen Ansatz zur oxidativen Behandlung phenolischer, aromatischer oder farbgebender organischer Belastungen prüfen. Enzymes.bio tritt dabei als Lieferant auf; das Produkt wird in 1-kg-Einheiten direkt online verkauft. Bei der Bestellung werden CoA und SDS mitgeliefert, sodass Anwender die zugehörigen Produkt- und Sicherheitsinformationen im Rahmen ihrer internen Freigabeprozesse nutzen können .

Für die fachliche Einordnung ist wichtig, den Produktnamen nicht als Garantie für ein bestimmtes Reinigungsergebnis zu verstehen. Die CAS-Nummer 80498-15-3 identifiziert Laccase als Enzymstoffgruppe, aber die Leistung im Abwasser hängt von Substratprofil, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoff, Kontaktzeit und Matrixeffekten ab. Eine realistische Anwendung beginnt daher mit der Frage, ob die störenden Stoffe tatsächlich phenolisch oder anderweitig laccasezugänglich sind und ob der Gesamtprozess die entstehenden Reaktionsprodukte sinnvoll aufnehmen kann [1].

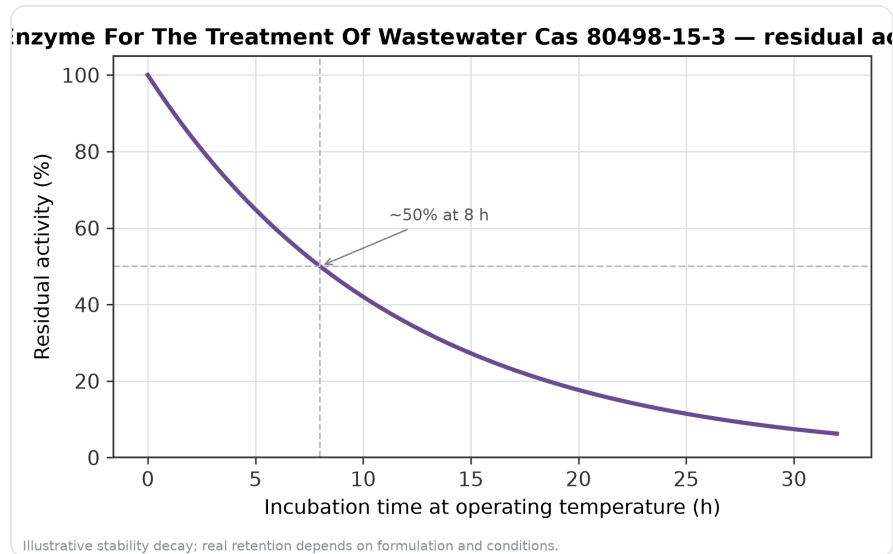


Figure 8. 폐수 처리용 라카아제 효소(CAS 80498-15-3)의 예시적 열 안정성 감소를 나타낸 것으로, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Technische Zusammenfassung für B2B-Anwender

Laccase ist besonders relevant, wenn phenolische oder aromatische Verbindungen das zentrale Abwasserproblem darstellen. Das Enzym oxidiert geeignete Substrate, erzeugt reaktive Zwischenprodukte und ermöglicht Kopplung, Polymerisation oder weitere Umwandlungen. Daraus können geringere Löslichkeit, niedrigere Bioverfügbarkeit, bessere Abtrennbarkeit oder eine verbesserte biologische Weiterbehandlung resultieren [1].

Die stärkste Evidenz liegt in der chemisch-biologischen Plausibilität und in dokumentierten Anwendungen bei phenolhaltigen und farbigen Abwässern. Das Beispiel Olivenmühlenabwasser zeigt sowohl Potenzial als auch Grenzen: Laccase kann Phenolgehalte reduzieren, aber die Wirkung ist matrixabhängig und führt nicht automatisch zur vollständigen Entgiftung. Für industrielle Praxis ist genau diese differenzierte Sicht nützlich, weil sie Übertversprechen vermeidet und die richtige Rolle des Enzyms im Prozess klärt [3].

Für Enzymes.bio-Kunden ist Laccase CAS 80498-15-3 daher am besten als funktionaler Baustein zu verstehen: ein enzymatischer Oxidationsschritt für passende organische Zielstoffe, kombinierbar mit biologischen und physikalisch-chemischen Verfahren. Wenn die Problemstoffe phenolisch, aromatisch oder farbgebend sind und das Prozessfenster zur Enzymreaktion passt, kann Laccase eine technisch sinnvolle Option zur Abwasserbehandlung sein .

Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater Cas 80498-15-3 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.

[Laccase Enzyme For The Treatment Of Wastewater Cas 80498-15-3 kaufen →](#)

Referenzen

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

1. [Checking your browser - reCAPTCHA](#). *PubMed Central*.
2. [Application Of Enzymes In Waste Water Treatment 71](#). *Creative-enzymes*.
3. [De](#). *Europa*.
4. [C2Ba5B4214E5Febea727C023Bbef5E1Bcccd667E](#). *Semantic Scholar*.
5. [A3038A30A4F06494B48D48Da76361A9616308411](#). *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.