

Neutrale Protease aus *Bacillus subtilis* für die Hydrolyse von Pflanzenproteinen

Enzymes.bio Research-Team · Wellington, Neuseeland · June 19, 2026

Neutrale Protease aus *Bacillus subtilis* spaltet Proteine in kürzere Peptide, vor allem unter milden, annähernd neutralen Prozessbedingungen. In der Verarbeitung von Soja-, Erbsen-, Weizen-, Ölsaaten- und anderen Pflanzenproteinen wird sie eingesetzt, um Löslichkeit, Fermentierbarkeit, Filtrierbarkeit und techno-funktionelle Eigenschaften gezielt zu verändern ^[1]. Enzymes.bio liefert das Enzym als online bestellbares 1-kg-Produkt; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert, ohne dass Enzymes.bio als Hersteller oder Prüflabor auftritt.

Was eine neutrale Protease aus *Bacillus subtilis* technisch leistet

Eine Protease ist ein Biokatalysator, der Peptidbindungen in Proteinen hydrolysiert. Aus langen, gefalteten Proteinmolekülen entstehen dadurch kürzere Peptidketten und — bei weitergehender Reaktion — freie Aminosäuren. Für industrielle Prozesse ist das interessant, weil viele Rohproteinfraktionen in Wasser nur begrenzt löslich sind, stark quellen, hohe Viskositäten erzeugen oder funktionelle Eigenschaften erst nach teilweiser Spaltung zeigen ^[2].

Der Zusatz „neutral“ beschreibt keine vollständige Inaktivität außerhalb eines engen Punktes, sondern die bevorzugte Anwendung in einem pH-Umfeld nahe neutral. Das unterscheidet diese Enzymklasse praktisch von stark sauren Proteasen, wie sie etwa in bestimmten Verdauungs- oder Spezialprozessen relevant sind, und von alkalischen Proteasen, die für stark alkalische Wasch- oder Reinigungsbedingungen entwickelt werden. Für Lebensmittel-, Fermentations- und Pflanzenproteinprozesse ist ein neutraler Arbeitsbereich oft attraktiv, weil Rohstoffe, Nebenbestandteile und gewünschte Sensorik weniger aggressiven Bedingungen ausgesetzt werden ^[3].

Bacillus subtilis ist in der industriellen Enzymbiotechnologie deshalb bedeutend, weil *Bacillus*-Arten extrazelluläre Enzyme effizient abgeben können und Proteasen aus dieser Gattung breit für technische, Lebensmittel- und Futtermittelanwendungen beschrieben sind. Übersichtsarbeiten zu *Bacillus*-

Proteasen ordnen sie unter den wichtigsten mikrobiellen Proteasen ein und verweisen auf ihre Nutzung in Bereichen wie Proteinmodifikation, Lebensmittelverarbeitung, Leder, Waschmittel, Abfallverwertung und Bioprozessierung ^[1].

Warum Pflanzenproteine vor der Verarbeitung oft schwierig sind

Pflanzenproteine sind keine einheitliche Stoffgruppe. Sojaisolat, Erbsenproteinkonzentrat, Weizengluten, Rapspresskuchen, Kürbis-, Pflaumen- oder Erdnussproteine unterscheiden sich stark in Aminosäuresequenz, Tertiärstruktur, Disulfidvernetzung, Begleitstoffen, Fasern, Phenolen, Lipiden und Mineralstoffen. Genau diese Matrixeffekte bestimmen, ob ein Protein gut dispergiert, stabil emulgiert, sedimentiert, bitter schmeckt oder in Fermentationen rasch als Stickstoffquelle verfügbar wird ^[4].

Bei Leguminosenproteinen wie Soja und Erbse treten zusätzliche Herausforderungen auf: globuläre Speicherproteine können dicht gefaltet sein, bei bestimmten pH-Bedingungen aggregieren und funktionelle Eigenschaften wie Schaumbildung oder Emulgierung begrenzen. Neuere Arbeiten zur enzymatischen Verarbeitung von Leguminosenproteinen zeigen, dass gezielte Hydrolyse Proteinstruktur und Zusammensetzung verändert und damit funktionelle Eigenschaften beeinflussen kann; der Effekt hängt aber davon ab, wie weit die Hydrolyse geführt wird ^[5].

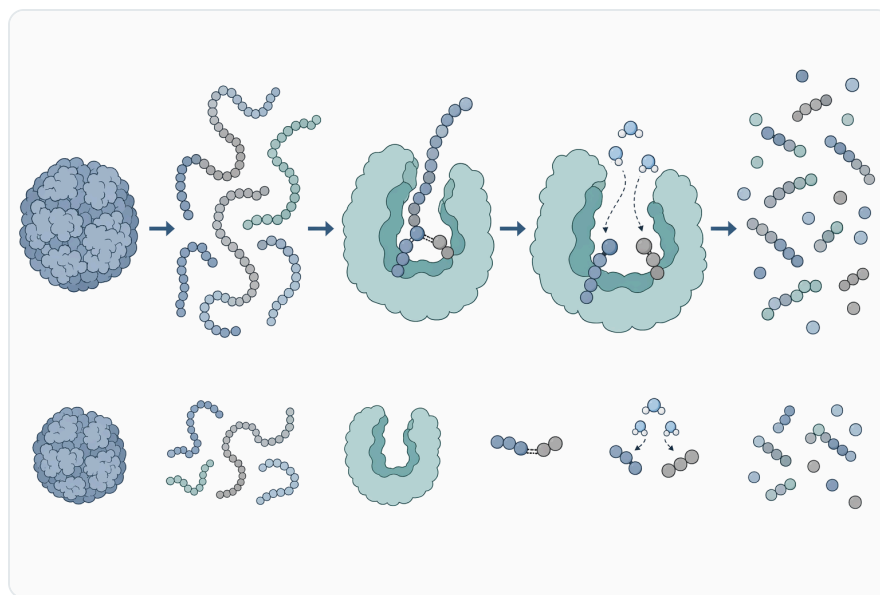


Figure 1. *Bacillus subtilis* 유래 중성 프로테아제는 온화한 중성에 가까운 조건에서 식물성 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해하여 수용성 펩타이드와 아미노산을 생성합니다.

Bei Ölsaaten- und Nebenstromproteinen kommt hinzu, dass Rohstoffe häufig bereits thermisch, mechanisch oder chemisch vorbehandelt wurden. Erdnussmehl, Kürbiskerne, Pflaumensamen oder andere Pressrückstände enthalten wertvolles Protein, aber auch Restöl, Faser, Polyphenole und

strukturegebundene Komponenten. In solchen Matrices kann enzymatische Hydrolyse helfen, Proteinfraktionen besser nutzbar zu machen, sie ersetzt jedoch keine Rohstoffkenntnis und keine produktspezifische Validierung ^[6].

Der Reaktionsmechanismus: kontrollierte Spaltung statt unspezifischer Zerstörung

Proteine bestehen aus Aminosäuren, die über Peptidbindungen zu Ketten verbunden sind. In einem nativen Protein sind diese Ketten gefaltet; hydrophobe Bereiche liegen häufig im Inneren, hydrophile Bereiche an der Oberfläche. Eine Protease kann nur Bindungen angreifen, die sterisch zugänglich sind und zum Spezifitätsprofil des Enzyms passen. Deshalb verläuft Proteinhydrolyse nicht wie ein vollständiges „Auflösen“, sondern als Abfolge zugänglicher Schnitte, die mit zunehmender Reaktionszeit neue Oberflächen und neue Spaltstellen erzeugen ^[2].

Bei einer begrenzten Hydrolyse werden große Proteine in mittlere und kleinere Peptide zerlegt, ohne dass das Material vollständig zu freien Aminosäuren abgebaut wird. Genau dieser begrenzte Bereich ist für viele B2B-Anwendungen besonders wichtig: Die Löslichkeit kann steigen, weil Peptide weniger stark aggregieren; die Viskosität kann sinken, weil lange Proteinstrukturen gekürzt werden; gleichzeitig können Grenzflächenaktivität, Wasserbindung oder Emulgierverhalten erhalten bleiben oder verbessert werden ^[4].

Wird die Hydrolyse zu weit geführt, kann derselbe Mechanismus nachteilig werden. Sehr kleine Peptide können bitter schmecken, Emulsionen weniger stabilisieren oder bei bestimmten Anwendungen zu reaktiv sein. Der technische Nutzen liegt daher nicht in maximaler Spaltung, sondern in einem definierten Hydrolysefenster, das zur Rohstoffmatrix und zum Zielprodukt passt. Diese Prozessabhängigkeit ist ein wiederkehrendes Ergebnis der Literatur zu pflanzlichen Proteinhydrolysaten ^[7].

Typische Ziele der Pflanzenprotein-Hydrolyse

Die folgende Tabelle ordnet wichtige Prozessziele der neutralen Protease-Hydrolyse ein. Sie ersetzt keine anwendungsspezifische Prozessentwicklung, zeigt aber, warum dieselbe Enzymklasse in sehr unterschiedlichen Pflanzenproteinprozessen eingesetzt wird.

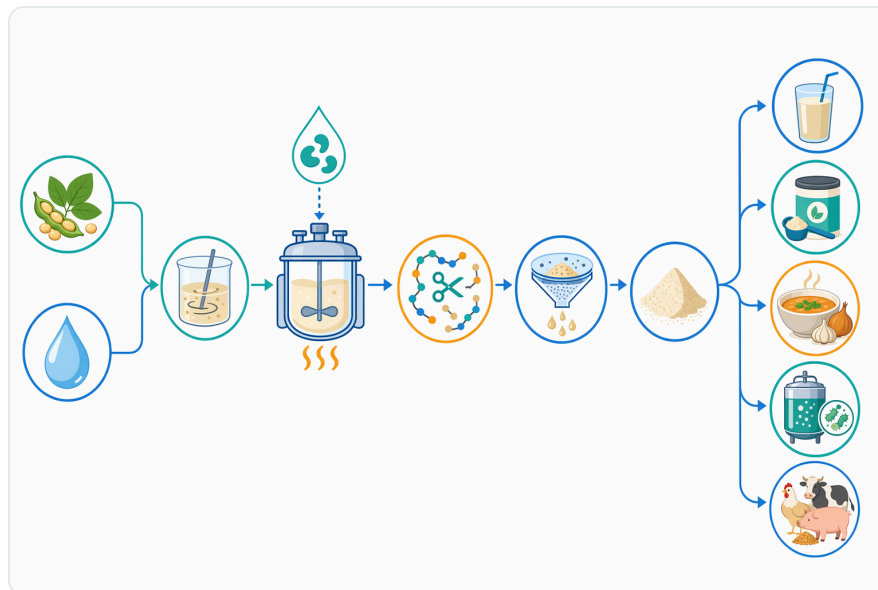


Figure 2. 산업용 식물성 단백질 가수분해 공정은 일반적으로 단백질 슬러리 제조, 중성 프로테아제 처리, 분리, 건조, 그리고 식품·사료·발효 제품용 제형화를 포함합니다.

Prozessziel	Was die Protease auf Molekülebene verändert	Typische Pflanzenprotein-Matrix	Technische Grenze
Höhere Löslichkeit	Kürzere Peptide aggregieren oft weniger stark und können besser hydratisieren	Soja-, Erbsen-, Weizen-, Ölsaatenproteine	Zu starke Hydrolyse kann Sensorik und Funktion verschlechtern
Geringere Viskosität	Lange Proteinstrukturen werden gekürzt; Netzwerke brechen teilweise auf	Glutenhaltige, konzentrierte oder erhitze Proteinsuspensionen	Scherung, Temperatur und Feststoffgehalt wirken mit
Bessere Fermentierbarkeit	Peptide und Aminostickstoff werden für Mikroorganismen leichter verfügbar	Pflanzenbasierte Fermentationsmedien, Würzgrundlagen, Hydrolysate	Stickstoffprofil muss zum Mikroorganismus passen
Funktionelle Zutaten	Grenzflächenaktive Peptide können Emulgierung, Schaumbildung oder Wasserbindung beeinflussen	Leguminosen-, Saaten- und Getreideproteine	Der optimale Hydrolysegrad ist produktspezifisch
Bioaktive Peptidfraktionen	Sequenzabschnitte werden freigesetzt, die in vitro Aktivität zeigen können	Soja, Wasserlinse, Kürbiskern und andere Proteinquellen	Bioaktivität ist nicht automatisch im Endprodukt belegt
Allergen- oder Antigenreduktion	Bestimmte Protein-Epitope können teilweise abgebaut	Besonders relevant bei Soja und anderen Leguminosen	Kein pauschaler Nachweis für

Prozessziel	Was die Protease auf Molekülebene verändert	Typische Pflanzenprotein-Matrix	Technische Grenze
	werden		„allergenfrei“

Forschung zu pflanzlichen Proteinhydrolysaten zeigt, dass Verbesserungen bei Löslichkeit, Emulgierung, Wasserbindung oder antioxidativen Eigenschaften möglich sind, aber immer vom Zusammenspiel aus Rohstoff, Vorbehandlung, Enzymtyp, Reaktionsführung und nachgeschalteter Verarbeitung abhängen ^[4].

Anwendungen in Soja-, Erbsen- und Leguminosenproteinen

Sojaprotein ist ein besonders gut untersuchtes Modell für enzymatische Pflanzenproteinmodifikation. Die wichtigsten Speicherproteinfraktionen, darunter Glycinin und β -Conglycinin, beeinflussen Struktur, Funktionalität und Ernährungsbewertung von Sojaprodukten. Literatur zu Leguminosenproteinen beschreibt, dass spezifische enzymatische Hydrolyse und Fermentation die Proteinstruktur verändern und funktionelle Eigenschaften verbessern können ^[5].

In der Produktentwicklung pflanzenbasierter Lebensmittel kann eine neutrale Protease eingesetzt werden, um Sojaproteinisolat oder Mischsysteme besser formulierbar zu machen. Eine neuere Arbeit zu Sojaprotein und Mais-Zein beschreibt, dass begrenzte enzymatische Hydrolyse genutzt werden kann, um Verdaulichkeit und Funktionalität von Proteinmischungen zu beeinflussen. Das ist relevant für duale Proteinformulierungen, in denen sehr unterschiedliche Proteinklassen gemeinsam stabilisiert werden müssen ^[8].

Auch bei fermentierten oder joghurtähnlichen pflanzlichen Produkten spielt kontrollierte Proteolyse eine Rolle. Für Sojaproteinisolat wurde enzymatische Vorbehandlung in Kombination mit weiteren Modifikationen untersucht, um Eigenschaften in dualen Protein-Joghurt-Systemen zu verbessern. Solche Arbeiten zeigen, dass Hydrolyse nicht isoliert betrachtet werden sollte: Sie verändert die Proteinoberfläche und damit auch spätere Wechselwirkungen mit Polysacchariden, Zuckern, Polyphenolen, Fetten oder Starterkulturen ^[9].

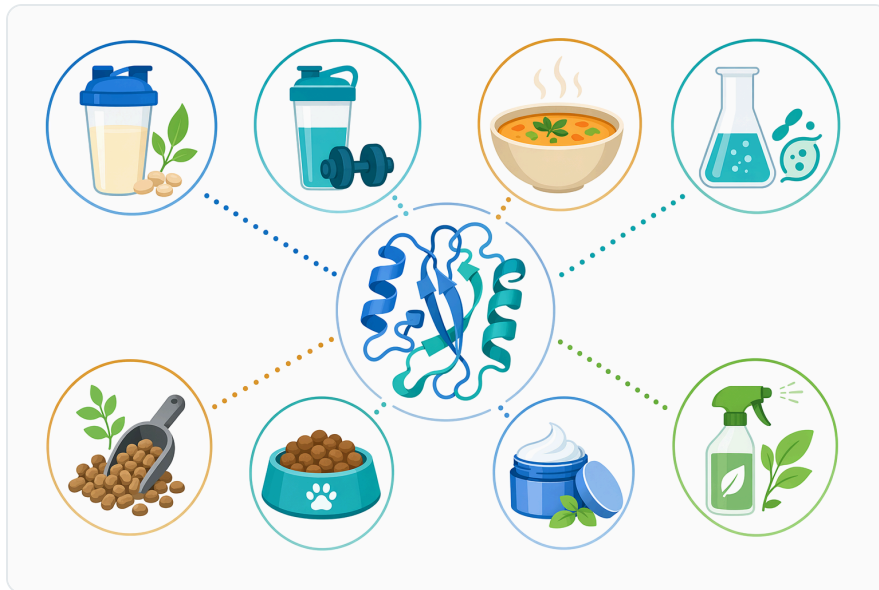


Figure 3. Bacillus 유래 중성 프로테아제는 영양, 품미, 발효, 사료, 반려동물 식품, 화장품 및 생물자극제 용도의 식물성 단백질 가수분해물 제조에 사용됩니다.

Weizen, Gluten und Getreidenebenströme

Weizengluten ist proteinreich, aber in vielen wässrigen Anwendungen schwer handhabbar. Die besondere Kombination aus Gluteninen und Gliadinen führt zu elastischen Netzwerken, die für Backwaren erwünscht sein können, in Getränken, Fermentationssubstraten oder funktionellen Zutaten aber Filtration, Dispergierung und gleichmäßige Dosierung erschweren. Proteolytische Teilspaltung kann diese Netzwerke abschwächen und Peptide erzeugen, die sich leichter in flüssige Prozesse integrieren lassen ^[4].

Für Getreidenebenströme ist die Hydrolyse nicht nur eine Funktions-, sondern auch eine Wertschöpfungsfrage. Proteinreiche Fraktionen aus Stärke-, Ethanol-, Brau- oder Mühlenprozessen können durch enzymatische Modifikation für weitere Anwendungen erschlossen werden. Übersichtsarbeiten zu nachhaltigen pflanzlichen Proteinhydrolysaten ordnen solche Nebenströme als wichtige Rohstoffbasis für techno-funktionelle Inhaltsstoffe ein, insbesondere wenn lösliche, dispergierbare oder fermentierbare Fraktionen benötigt werden ^[7].

Ölsaaten, Kerne und alternative Pflanzenproteinquellen

Neben Soja, Erbse und Weizen rücken Ölsaaten, Kerne und neue Wasserpflanzen stärker in den Fokus. Erdnussmehl, Kürbiskerne, Pflaumensamenproteine und Wasserlinsenproteine werden in der Forschung als Ausgangsmaterialien für Hydrolysate untersucht. Ziel ist häufig, bisher untergenutzte

Proteinströme in Zutaten mit besserer Löslichkeit, Emulgierleistung, antioxidativer Aktivität oder potenziell bioaktiven Peptidfraktionen zu überführen ^[6].

Bei Kürbiskernprotein-Hydrolysaten wurden beispielsweise physikochemische Eigenschaften und antioxidative In-vitro-Aktivität nach enzymatischer Hydrolyse untersucht. Solche Studien belegen nicht automatisch eine ernährungsphysiologische Wirkung im Menschen, zeigen aber, dass die Proteasebehandlung messbare Veränderungen im Peptidprofil und in der funktionellen Leistungsfähigkeit eines Pflanzenproteins erzeugen kann ^[10].

Wasserlinsen- beziehungsweise Duckweed-Proteine sind ein Beispiel für neue Proteinquellen, bei denen enzymatische Hydrolyse für die Gewinnung spezifischer Peptidfraktionen untersucht wird. Arbeiten zu Wasserlinsenproteinen berichten die Herstellung von Fraktionen mit antihypertensiv relevanten In-vitro-Eigenschaften. Für industrielle Anwendungen bedeutet das: Die Protease ist ein Werkzeug zur Freisetzung solcher Fraktionen, die Wirksamkeit und Zulässigkeit konkreter Produktclaims müssen jedoch separat abgesichert werden ^[11].



Figure 4. 산 또는 알칼리 가수분해와 비교했을 때, 중성 프로테아제 공정은 더 온화한 조건에서 식물성 단백질 가수분해물을 위한 보다 깨끗한 펩타이드 생성을 제공합니다.

Funktionelle Eigenschaften: Löslichkeit, Emulgierung, Wasserbindung und Geschmack

Die wichtigste Sofortwirkung einer begrenzten Proteolyse ist häufig die Veränderung der Löslichkeit. Wenn große Proteine zu kleineren Peptiden werden, sinkt die Neigung zur Sedimentation oder Koagulation oft, insbesondere wenn die Peptide mehr geladene oder hydrophile Gruppen exponieren.

Für Getränke, Suppengrundlagen, Nährmedien und Fermentationssubstrate kann das praktisch wichtiger sein als eine maximale Proteinausbeute ^[4].

Emulgierung ist komplexer. Ein gutes Emulgierpeptid muss einerseits ausreichend oberflächenaktiv sein, um Öl-Wasser-Grenzflächen zu besetzen, andererseits groß genug bleiben, um einen stabilisierenden Film zu bilden. Bei Pflaumensamenprotein wurde untersucht, wie enzymatische Hydrolyse zusammen mit Polyphenol-Konjugation und Polysaccharid-Komplexierung die Emulgierung und Verkapselung ätherischer Öle beeinflusst. Das zeigt, dass Proteasehydrolyse oft Teil eines mehrstufigen Formulierungsansatzes ist ^[12].

Geschmack ist die häufigste Grenze. Proteolyse kann erwünschte umamiartige, brotige oder nährstoffreiche Profile erzeugen, aber auch Bitterkeit freisetzen. Bitterkeit entsteht häufig durch hydrophobe Peptidsequenzen, die bei stärkerer Hydrolyse zugänglich werden. Deshalb ist die Prozessführung für Zutaten, die sensorisch relevant sind, meist auf einen begrenzten Abbau ausgerichtet, nicht auf vollständige Hydrolyse ^[7].

Fermentation und Stickstoffverfügbarkeit

Mikroorganismen benötigen verwertbaren Stickstoff. In vielen pflanzlichen Matrices liegt Stickstoff jedoch in hochmolekularen Proteinen vor, die nicht für alle Mikroorganismen gleich gut zugänglich sind. Durch Proteasebehandlung entstehen Peptide, die in Fermentationen als Nährstoffquelle dienen können. Das ist relevant für Starterkulturen, Enzymfermentationen, Hefeprozesse und pflanzenbasierte Fermentationszutaten ^[3].

Bei Leguminosenfermentationen wird Proteolyse häufig mit mikrobieller Aktivität kombiniert. Milchsäurebakterien besitzen eigene proteolytische Systeme, profitieren aber je nach Rohstoff von einer Vorhydrolyse oder von Proteinstrukturen, die bereits zugänglicher sind. Neuere Arbeiten zu fermentierten Leguminosenproteinen beschreiben, dass spezifische enzymatische Hydrolyse Proteinstruktur, Zusammensetzung und Funktionalität verändert und damit die Fermentationsmatrix prägt ^[5].

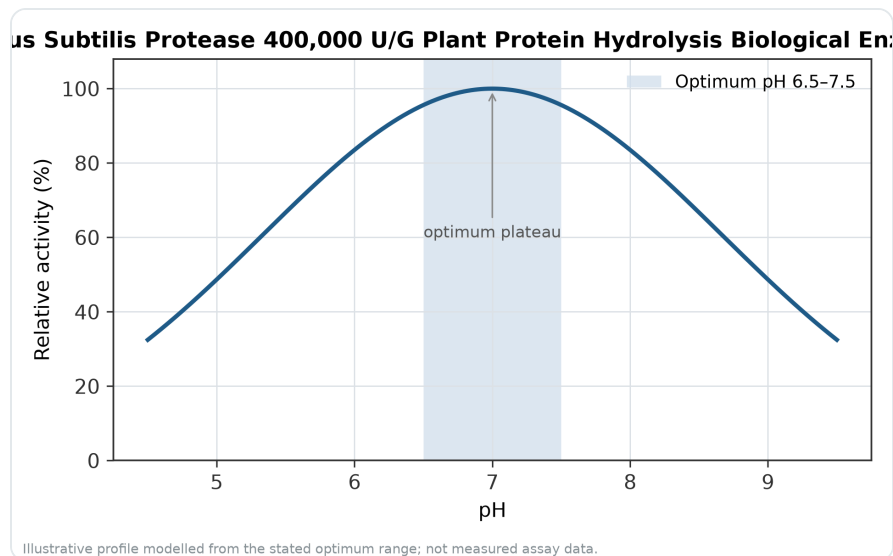


Figure 5. pH에 따른 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 상대 활성으로, pH 6.5–7.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

In Bioprozessen kann eine neutrale Protease außerdem helfen, Trübungen und Filterbelastung durch Proteinaggregate zu verringern. Das gilt besonders für wässrige Pflanzenextrakte, Nebenströme und Medien, in denen Proteine nicht das Zielprodukt sind, aber die Prozessführung stören. Der Nutzen zeigt sich dann weniger als „neuer Inhaltsstoff“, sondern als bessere Handhabung des Prozessstroms [2].

Abgrenzung zu alkalischen und sauren Proteasen

Neutrale Protease ist nicht automatisch besser als alkalische oder saure Protease; sie passt zu anderen Prozessfenstern. Alkalische Proteasen sind in der Literatur besonders für Waschmittel, Leder, bestimmte Abfall- und robuste Industrieprozesse beschrieben, weil sie unter alkalischen Bedingungen aktiv bleiben können. Für empfindlichere Lebensmittel- oder Pflanzenproteinformulierungen kann ein neutralerer Bereich dagegen schonender sein [13].

Saure Proteasen sind sinnvoll, wenn der Prozess ohnehin sauer geführt wird, beispielsweise in bestimmten Getränken, Fermentationen oder Verdauungsmodellen. Der Nachteil ist, dass viele Pflanzenproteine im sauren Bereich nahe ihrem isoelektrischen Punkt aggregieren können. In solchen Fällen kann eine neutrale Protease helfen, Proteinabbau durchzuführen, ohne den Prozess in ein stark saures Milieu zu verschieben [3].

Enzymklasse	Typisches Prozessumfeld	Praktischer Nutzen	Wichtige Einschränkung
Neutrale Protease aus <i>Bacillus subtilis</i>	Mildes, annähernd neutrales wässriges System	Pflanzenprotein-Hydrolyse, Löslichkeit, Fermentation, funktionelle Zutaten	Matrixabhängige Prozessoptimierung erforderlich
Alkalische Protease	Alkalische Industrie- und Reinigungsprozesse, robuste Proteinzersetzung	Hohe Proteolyseleistung unter alkalischen Bedingungen	Nicht immer passend für empfindliche Lebensmittelmatriices
Saure Protease	Saure Fermentationen, bestimmte Extrakte und Spezialprozesse	Proteinabbau bei niedrigem pH	Pflanzenproteine können im sauren Bereich aggregieren
Exopeptidasen / Peptidasen	Nachbehandlung von Hydrolysaten	Feintuning von Peptidprofil und Bitterkeit	Häufig ergänzend, nicht alleiniger Hauptabbau

Diese Einordnung ist bewusst prozessorientiert: Die passende Protease wird nicht nur nach Enzymnamen ausgewählt, sondern danach, ob pH, Temperatur, Rohstoff, Sensorik und Zielpeptidprofil zusammenpassen ^[1].

Prozessführung ohne Überhydrolyse

Für reproduzierbare Ergebnisse muss die Protease in ein kontrolliertes Prozessfenster eingebunden werden. Entscheidend sind Rohstoffvorbereitung, Hydratation, Temperaturführung, pH-Stabilität, Mischintensität, Reaktionszeit, Feststoffgehalt und der Zeitpunkt der Enzymaktivierung. Schon kleine Unterschiede in der Dispergierung können dazu führen, dass Proteinoberflächen unterschiedlich zugänglich sind und die Hydrolyse ungleichmäßig verläuft ^[4].

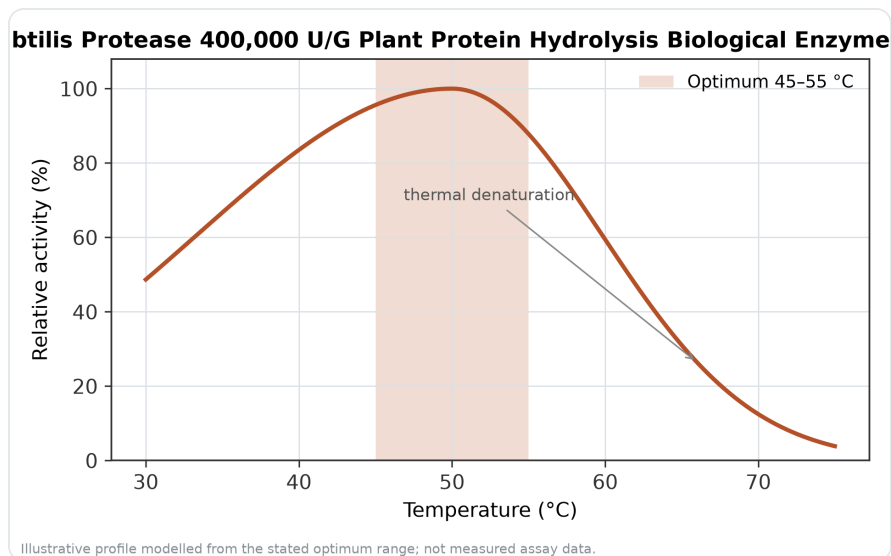


Figure 6. 온도에 따른 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 상대 활성으로, 45-55 °C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

Bei Pflanzenproteinen ist die Vorbehandlung oft genauso wichtig wie das Enzym. Wärme kann Proteine entfalten und Spaltstellen zugänglicher machen, kann aber auch Aggregate erzeugen, die schlechter hydrolysierbar sind. Mechanische Dispergierung kann Kontaktflächen erhöhen, während zu hohe Viskosität die Durchmischung begrenzt. Salze, Polyphenole, Kohlenhydrate und Lipide beeinflussen zusätzlich, wie gut die Protease an das Protein herankommt ^[7].

Die Enzyminaktivierung beendet die Reaktion und stabilisiert den gewünschten Hydrolysegrad. In industriellen Prozessen wird dafür typischerweise ein zur Matrix passender thermischer oder prozesstechnischer Schritt genutzt. Wichtig ist: Solange die Protease aktiv bleibt, kann sich das Peptidprofil weiter verändern. Das kann Lagerstabilität, Geschmack, Viskosität und Funktionalität beeinflussen ^[2].

Evidenzlage: Was gut belegt ist und was nicht

Die allgemeine Leistungsfähigkeit mikrobieller Proteasen ist sehr gut belegt. Proteasen gehören zu den am breitesten eingesetzten industriellen Enzymen; *Bacillus*-Proteasen werden in Übersichtsarbeiten immer wieder als zentrale Enzymgruppe für Lebensmittel-, Futtermittel-, Waschmittel-, Leder- und Abfallanwendungen beschrieben. Diese Evidenz stützt das technische Prinzip, Proteine durch bakterielle Proteasen effizient zu hydrolysieren ^[1].

Für Pflanzenproteine ist ebenfalls gut belegt, dass enzymatische Hydrolyse funktionelle Eigenschaften verändern kann. Neuere Übersichtsarbeiten beschreiben die gezielte Anpassung von Löslichkeit, Emulgierfähigkeit, Gelierung, Verdaulichkeit und potenzieller Bioaktivität durch kontrollierte Hydrolyse. Die Ergebnisse sind jedoch nicht universell übertragbar, weil jede Proteinquelle ein anderes Sequenz- und Strukturprofil besitzt [4].

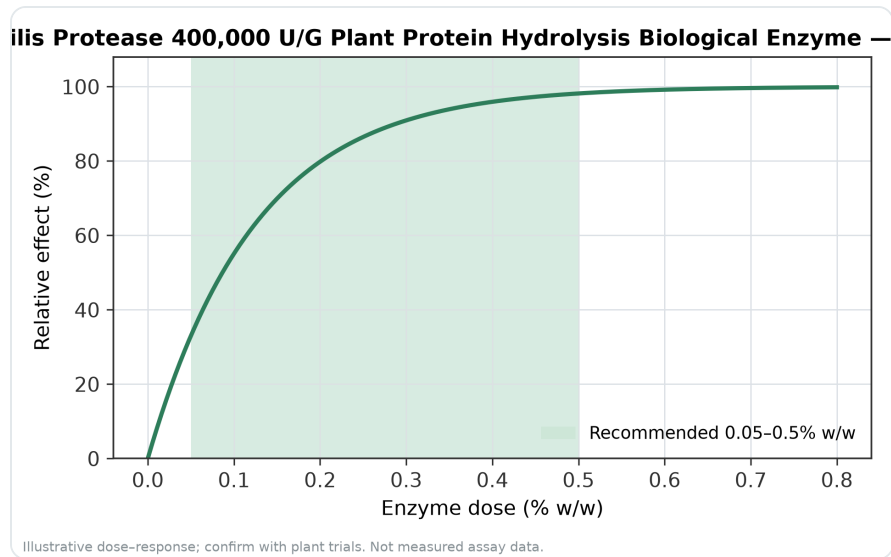


Figure 7. 권장 사용 범위(0.05–0.5% w/w)에서 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 예시적 용량-반응 관계입니다.

Bei allergenen oder antigenen Effekten ist besondere Vorsicht nötig. Physikalische, enzymatische und kombinierte Verfahren können allergenrelevante Proteinstrukturen verändern; gleichzeitig kann eine unvollständige Hydrolyse Epitope erhalten oder neue Fragmente erzeugen. Literatur zur Allergen-Kontrolle betont deshalb, dass technologische Behandlung nicht pauschal mit Allergenfreiheit gleichgesetzt werden darf [14].

Bei bioaktiven Peptiden ist die Evidenz oft zunächst in vitro. Arbeiten zu pflanzlichen Peptiden und Proteinen diskutieren Strategien zur Verbesserung von Bioverfügbarkeit und Funktionalität, aber die Übertragung auf ein vermarktetes Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel oder Futtermittel erfordert endproduktspezifische Bewertung. Für B2B-Anwendungen ist daher sauber zu trennen zwischen „Peptidfraktionen können erzeugt werden“ und „ein bestimmter Gesundheitsnutzen ist belegt“ [15].

Relevanz für nachhaltige Proteinverwertung

Die Proteinhydrolyse passt gut zur aktuellen Entwicklung, pflanzliche Nebenströme höherwertig zu nutzen. Presskuchen, Mehle, Schrote, Extraktionsrückstände und Fermentationsnebenprodukte enthalten oft erhebliche Proteinmengen, werden aber nicht immer als hochwertige Zutaten eingesetzt.

Enzymatische Hydrolyse kann solche Materialien in löslichere, besser dosierbare und funktionell interessantere Fraktionen überführen [7].

Das Nachhaltigkeitspotenzial liegt nicht nur im Rohstoff-Upcycling, sondern auch in milderen Reaktionsbedingungen. Im Vergleich zu harscher chemischer Spaltung kann eine enzymatische Reaktion in wässrigen Systemen gezielter und schonender geführt werden. Allerdings hängt die tatsächliche Umweltbilanz vom Gesamtprozess ab: Energie für Erhitzung, Trocknung, Wasserverbrauch, Ausbeute und Verwertbarkeit der Nebenfraktionen müssen mitgedacht werden [16].

Für kosmetische, funktionelle oder technische Inhaltsstoffe aus Pflanzenresten wird enzymatische Hydrolyse ebenfalls untersucht. Arbeiten zur nachhaltigen Verwertung pflanzlicher Rückstände beschreiben Hydrolyse als Werkzeug zur Gewinnung bioaktiver oder funktioneller Komponenten. Eine neutrale Protease kann in solchen Workflows besonders dann relevant sein, wenn Proteinfractionen die Extraktion, Klärung oder Funktionalität beeinflussen [16].

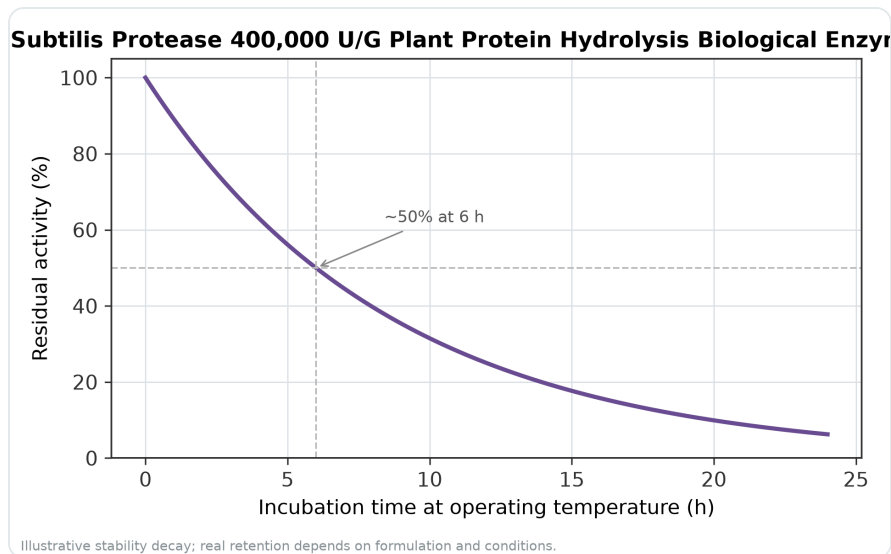


Figure 8. Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 예시적 열 안정성 감소로, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Einordnung des Enzymes.bio-Produkts

Das bei Enzymes.bio erhältliche Produkt ist eine neutrale Protease aus *Bacillus subtilis* für die Verarbeitung und Hydrolyse proteinreicher Substrate, insbesondere Pflanzenproteine. Enzymes.bio stellt das Produkt online in 1-kg-Einheiten bereit; CoA und SDS werden im Rahmen der Bestellung mitgeliefert. Enzymes.bio ist dabei Lieferant, nicht Hersteller und nicht Labor .

Für Kunden ist die wichtigste technische Einordnung: Das Enzym ist ein Prozesshilfsmittel zur Proteinhydrolyse, kein fertiges Verbraucherprodukt. Es sollte in validierten gewerblichen, industriellen oder entwicklungsnahen Prozessen eingesetzt werden, in denen Hydrolysegrad, Sensorik, Prozessstabilität und Endproduktspezifikation intern kontrolliert werden. Aussagen zu Lebensmittelrecht, Futtermittelrecht, Allergenität, Claims oder Zielmarkt bleiben abhängig vom konkreten Endprodukt und seiner regulatorischen Bewertung ^[14].

Praktische Schlussfolgerung

Neutrale Protease aus *Bacillus subtilis* ist besonders dann sinnvoll, wenn Pflanzenproteine unter milden wässrigen Bedingungen gezielt in Peptide überführt werden sollen. Sie kann Löslichkeit, Verarbeitbarkeit, Fermentierbarkeit und techno-funktionelle Eigenschaften verbessern, sofern die Hydrolyse begrenzt und prozessspezifisch geführt wird ^[4].

Der zentrale technische Erfolgsfaktor ist Kontrolle: Rohstoff, Vorbehandlung, pH-Umfeld, Temperatur, Mischintensität, Reaktionszeit und Inaktivierung bestimmen gemeinsam, ob ein Hydrolysat besser löslich, funktioneller und sensorisch akzeptabel wird. Die Forschung belegt das Prinzip der Protease-gestützten Pflanzenproteinmodifikation klar, zeigt aber ebenso deutlich, dass jedes Endprodukt anhand seiner eigenen Matrix validiert werden muss ^[7].

Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme 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.

Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme kaufen →

Referenzen

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

1. Contesini, F. J., Melo, R., & Sato, H. (2018). An overview of *Bacillus* proteases: from production to application. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38, 321 - 334.

2. Naveed, M., Nadeem, F., Mehmood, T., Bilal, M., Anwar, Z., & Amjad, F. (2020). Protease—A Versatile and Ecofriendly Biocatalyst with Multi-Industrial Applications: An Updated Review. *Catalysis Letters*, 1-17.
3. Sumantha, A., Larroche, C., & Pandey, A. (2006). Microbiology and Industrial Biotechnology of Food-Grade Proteases: A Perspective. *Food Technology and Biotechnology*, 44, 211-220.
4. Gasparre, N., Rosell, C. M., & Boukid, F. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Plant Proteins: Tailoring Characteristics, Enhancing Functionality, and Expanding Applications in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 3272 - 3287.
5. Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z., Zhang, T., Liu, J., Ding, Y., ... et al. (2024). Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238, 113929 .
6. Hariharan, S., Patti, A., & Arora, A. (2023). Functional Proteins from Biovalorization of Peanut Meal: Advances in Process Technology and Applications. *Plant Foods for Human Nutrition*, 78, 13-24.
7. Bekiroğlu, H., Acar, Z. D., & Sagdic, O. (2025). Sustainable plant-based protein hydrolysates: Utilization of waste proteins modified by enzymatic hydrolysis in techno-functional applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148823 .
8. Wu, D., Wu, W., Zhang, N., Soladoye, O. P., Aluko, R., Zhang, Y., & Fu, Y. (2024). Tailoring soy protein/corn zein mixture by limited enzymatic hydrolysis to improve digestibility and functionality. *Food chemistry: X*, 23.
9. Sun, M., Yu, Z., Zhang, S., Liu, C., Guo, Z., Xu, J., Zhang, G., ... et al. (2024). Enzymatic hydrolysis pretreatment combined with glycosylation for soybean protein isolate applying in dual-protein yogurt. *Food chemistry: X*, 24.
10. Pacheco, A. F. C., Pacheco, F. C., Cunha, J. S., Nalon, G. A., Gusmão, J. V. F., Santos, F. R., Andressa, I., ... et al. (2025). Physicochemical Properties and In Vitro Antioxidant Activity Characterization of Protein Hydrolysates Obtained from Pumpkin Seeds Using Conventional and Ultrasound-Assisted Enzymatic Hydrolysis. *Foods*, 14.
11. Bernier, M., Thibodeau, J., & Bazinet, L. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Water Lentil (Duckweed): An Emerging Source of Proteins for the Production of Antihypertensive Fractions. *Foods*, 13.
12. Xue, F., Zhao, X., Li, C., & Adhikari, B. (2025). Modification of plum seed protein isolate via enzymatic hydrolysis, polyphenol conjugation and polysaccharide complexation to enhance emulsification and encapsulation of essential oils. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141812 .
13. Mrudula, S. (2024). A Review on Microbial Alkaline Proteases: Optimization of Submerged Fermentative Production, Properties, and Industrial Applications. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 1-19.
14. Zhang, L., Raghavan, V., & Wang, J. (2025). Traditional and Emerging Physical Processing Technologies: Applications and Challenges in Allergen Control of Animal and Plant Proteins. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24.
15. Shadrack, S. M., Wang, Y., Mi, S., Lu, R., Zhu, Y., Tang, Z., Mcclements, D., ... et al. (2025). Enhancing bioavailability and functionality of plant peptides and proteins: A review of novel strategies for food and pharmaceutical applications. *Food Chemistry*, 485, 144440 .
16. Puton, B. M. S., Oro, C. E. D., Bernardi, J. L., Finkler, D. E., Venquiaruto, L., Dallago, R., & Tres, M. (2025). Sustainable Valorization of Plant Residues Through Enzymatic Hydrolysis for the Extraction of Bioactive Compounds: Applications as Functional Ingredients in Cosmetics. *Processes*.

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.