

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis : 食品タンパク質加水分解向けアルカリ性プロテアーゼ

Enzymes.bio リサーチチーム · ニュージーランド · ウェリントン · June 18, 2026

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、食品タンパク質をアルカリ側の条件で制御的に切断し、可溶化、分散性改善、ペプチド化、風味前駆体形成に利用されるプロテアーゼです。 作用の中心は、タンパク質内部のペプチド結合を加水分解して分子サイズ、表面電荷、疎水性露出、構造柔軟性を変えることにあります。

Enzymes.bio は本酵素を製造機関や研究機関としてではなく、食品原料加工に使う供給品としてオンライン販売しており、1 kg 単位で直接購入でき、注文時に CoA と SDS が提供されます。

食品タンパク質加水分解におけるアルカリ性プロテアーゼの位置づけ

アルカリ性プロテアーゼは、タンパク質のペプチド結合を切断する酵素群のうち、アルカリ側の反応条件で食品タンパク質の構造改変に使われるものです。食品加工での目的は「タンパク質を壊す」こと自体ではなく、分子量分布を狙った範囲へ移動させ、溶解性、乳化性、泡特性、ゲル形成、粘度、消化性、呈味を食品設計に合わせて変えることです。パルス、豆類、乳、昆虫、海産副産物などのタンパク質では、酵素加水分解がテクノファンクショナル特性の改善手段として整理されています^[1]。

食品用タンパク質原料は、タンパク質含量が高いだけでは実用材料になりません。飲料では沈殿やざらつきが問題になり、ソースでは乳化安定性が必要になり、粉末素材では再分散性が評価され、調味素材では苦味とうま味のバランスが製品価値を左右します。酵素加水分解は、酸・アルカリによる強い化学処理と異なり、反応の進行度を工程条件で調整しやすいため、植物タンパク質原料の機能性を設計する加工手段として広く検討されています^[2]。

Enzymes.bio が供給する Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、こうした食品タンパク質加水分解の実務用途に向けた供給品です。Enzymes.bio は製造業者や分析研究所としてではなく、B2B の酵素供給業者として製品を提供します。製品はオンラインで 1 kg 単位から購入でき、注文に関連して CoA と SDS が提供されるため、食品原料開発、試作、加工条件検討、原料改質用途に導入しやすい形になっています。

作用機序：ペプチド結合切断が物性変化へつながる流れ

アルカリ性プロテアーゼの作用は、タンパク質鎖の内部または露出した領域にあるペプチド結合を加水分解し、長いポリペプチドをより短いペプチドへ変えることから始まります。タンパク質が小さくなると、分子表面に現れる親水性基と疎水性領域の比率が変わり、水和しやすさ、粒子間相互作用、界面吸着挙動が変化します。超音波などの物理処理と酵素加水分解を組み合わせる研究では、タンパク質構造の緩み、酵素アクセス性の向上、ペプチド生成の変化が、可溶性や抗酸化ペプチド生成に影響する機序として説明されています[3]。

加水分解初期では、大きな凝集体や不溶性粒子が部分的に切断され、水と接触できる表面が増えるため、分散性や溶解性が改善しやすくなります。この段階では、ペプチドがまだ十分な長さを保っているため、油水界面や気液界面に吸着して乳化膜や泡膜を形成する余地があります。一方で、反応が進みすぎると、界面膜を支えるための分子長や柔軟な構造が不足し、乳化安定性や泡安定性が下がることがあります。パルスタンパク質の加水分解研究でも、加水分解度と機能性の関係は単純な直線ではなく、目的物性ごとに最適域が異なると整理されています[1]。

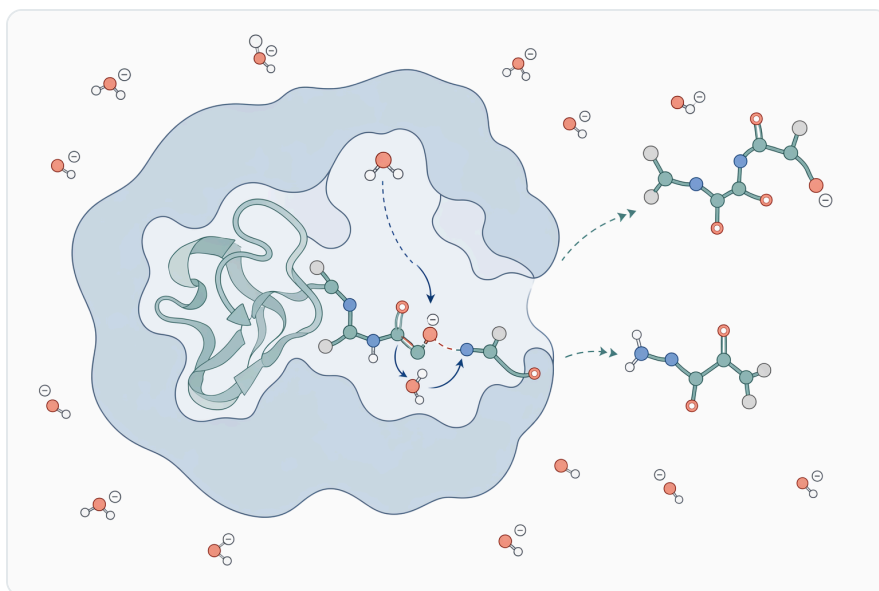


Figure 1. 알칼리성 프로테아제는 단백질의 펩타이드 결합을 절단하여 잔류 단백질, 펩타이드, 유리 아미노산이 혼합된 가수분해물을 생성합니다.

タンパク質加水分解では、表面疎水性の変化も重要です。未処理タンパク質では疎水性領域が内部に埋もれている場合が多く、部分加水分解によってそれらが露出すると、油滴や気泡表面への吸着性が高まる場合があります。しかし、露出した疎水性ペプチドが過剰になると、苦味が強くなったり、疎水性相互作用による再凝集を招いたりします。食品タンパク質から生理活性ペプチドや抗酸化ペプチドを生成する研究では、ペプチドのアミノ酸組成、配列、疎水性、電荷が活性と官能特性の双方に影響するとされています[4]。

もう一つの機序は、等電点近傍での凝集挙動の変化です。タンパク質は等電点付近で正味電荷が小さくなり、粒子同士が近づきやすくなるため沈殿しやすくなります。酵素で短いペプチドへ分解すると、電荷分布と水和状態が変わり、同じ pH 領域でも沈殿挙動が変化する可能性があります。豆類タンパク質の発酵・酵素加水分解に関する研究では、タンパク質組成、構造、機能特性が加水分解や微生物由来酵素作用によって変化することが報告されています^[5]。

加水分解で変わる食品機能：期待できる効果と注意点

加工上の狙い	アルカリ性プロテアーゼで起こる主な変化	向いている食品設計	注意すべき変化	関連根拠
可溶化・分散性改善	高分子タンパク質や凝集体を短いペプチドへ切断し、水和面積を増やす	植物性飲料、タンパク質粉末、スープ、液体調味料	分解が進みすぎると低粘度化や風味変化が起こる	パルス・植物タンパク質の機能改善研究 ^[1]
乳化性の調整	部分分解により界面吸着しやすいペプチドを生成する	ソース、ドレッシング、代替乳、クリーム状食品	ペプチドが短すぎると界面膜が弱くなる	パルスタンパク質加工の機能性レビュー ^[2]
抗酸化ペプチド生成	酵素切断により潜在的な生理活性配列を放出する	機能性食品素材、栄養食品、ペプチド原料	in vitro 活性がそのままヒト効果を意味するわけではない	抗酸化ペプチド生成技術のレビュー ^[4]
アレルゲン性・抗原性の低減検討	エピトープを含むタンパク質領域を分解する可能性がある	乳・ピーナッツなどの処理研究領域	完全な安全性保証ではなく、個別評価が必要	乳タンパク質抗原性低減レビュー ^[6]
マイクロカプセル化材料化	加水分解により溶解性、界面性、膜形成性を調整する	脂溶性成分、植物ステロール、香料の包埋	過分解では壁材としての膜強度が不足する	タンパク質加水分解とマイクロカプセル化のレビュー ^[7]
新規タンパク質・副産物利用	難利用タンパク質をペプチド化し、可食原料として使いやすくする	昆虫、頭足類インク、食品副産物	原料特有の色、におい、ミネラル、脂質酸化の影響	昆虫タンパク質、頭足類インクのレビュー ^{[8][9]}

この表で重要なのは、同じ「タンパク質加水分解」でも、目的が可溶化なのか、乳化なのか、抗酸化ペプチド生成なのかで、望ましい分解状態が異なる点です。可溶化には比較的短いペプチドが有利な場合がありますが、乳化や泡安定性には、界面に広がりながら膜を支えられる一定の分子長が

必要です。そのため、Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、単なる分解剤ではなく、タンパク質構造をどこまで変えるかを制御するための加工ツールとして捉える必要があります^[2]。

植物タンパク質への適用：パルス、大豆、豆類原料

植物タンパク質では、溶解性の低さ、加熱時凝集、粉っぽさ、豆臭、ざらつき、乳化安定性不足が製品化の障害になります。パルスタンパク質の酵素加水分解に関するレビューでは、エンドウ、レンズ豆、ヒヨコ豆などのタンパク質に対し、加水分解が溶解性、乳化性、泡立ち、ゲル特性、消化性に影響することが整理されています。これらの変化は、タンパク質サブユニットの切断、粒子サイズの変化、露出アミノ酸の変化によって説明されます^[1]。

大豆タンパク質は、植物性飲料、肉代替、タンパク質強化食品でよく使われますが、未処理のままでは pH や熱処理によって凝集しやすい場合があります。アルカリ性プロテアーゼ由来の広い温度域で作用する酵素を用い、大豆タンパク質分離物から抗酸化ペプチドを生成した研究では、酵素加水分解によってペプチドプロファイルと抗酸化性が変化することが示されています。これは、大豆タンパク質を単なる栄養源ではなく、ペプチド素材として設計する発想につながります^[10]。

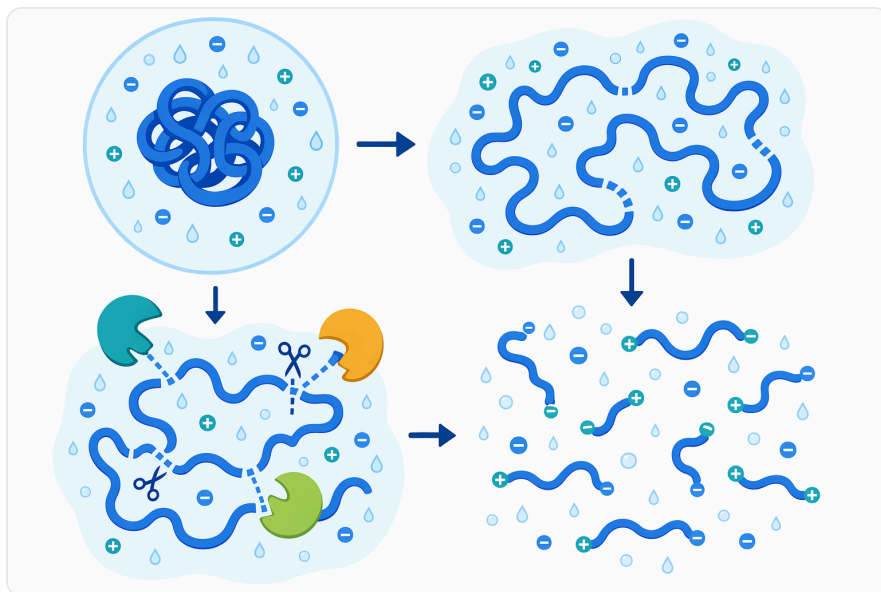


Figure 2. 알칼리 조건은 단백질의 전하와 접근성을 높여 프로테아제 절단을 통해 응집된 단백질을 더 작고 분산되기 쉬운 조각으로 전환할 수 있습니다.

豆類タンパク質では、乳酸菌発酵と内在・外来酵素作用が組み合わさることで、タンパク質構造と機能が変わります。発酵中の酸生成、微生物由来プロテアーゼ、ペプチダーゼ作用は、タンパク質を段階的に切断し、ペプチドと遊離アミノ酸を生成します。アルカリ性プロテアーゼによる前処理または単独処理は、こうした発酵プロセスとは異なる pH 条件で、より直接的にタンパク質分子を切断できる点に特徴があります^[5]。

植物タンパク質用途で注意すべきなのは、加水分解によってすべての機能が同時に改善するわけではないことです。例えば、飲料では沈殿低減が優先されますが、乳化食品では油滴表面に吸着するペプチドの長さや柔軟性が重要です。過度に短いペプチドが多くなると、界面膜の形成力が下がり、乳化安定性が低下する可能性があります。パルスタンパク質加工の研究でも、加工選択と酵素加水分解条件が最終的な機能性を大きく左右すると報告されています^[2]。

乳・ホエイ・アレルギー性低減研究との関係

乳タンパク質では、カゼインやホエイタンパク質を酵素加水分解し、消化性や抗原性を調整する研究が長く行われています。乳タンパク質抗原性の低減に関するレビューでは、酵素加水分解と発酵が、抗原性を持つタンパク質構造を分解する手段として整理されています。ただし、抗原性低減はタンパク質が細かくなれば自動的に達成されるものではなく、対象エピトープ、残存ペプチド、処理条件、食品マトリックスに依存します^[6]。

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、乳タンパク質を含む食品タンパク質のペプチド化に使える加工酵素として検討できますが、医療用低アレルギー食品や特定疾患向け食品の効果を保証するものではありません。乳タンパク質加水分解物を製品表示や機能訴求に使う場合、酵素処理そのものと、最終食品としての安全性・表示根拠は分けて考える必要があります。文献上も、加水分解と発酵は抗原性低減の有効なアプローチとして扱われますが、用途ごとの評価が不可欠とされています^[6]。

ピーナッツタンパク質でも、酵素処理が免疫応答やアレルギー性評価と関連して研究されています。アルカリ性プロテアーゼと他のプロテアーゼを用いて処理したピーナッツタンパク質を BALB/c マウスで評価した研究は、酵素加水分解がタンパク質の免疫学的性質に影響し得ることを示す例です。ただし、動物モデルの結果をそのまま食品中の安全性保証として扱うことはできません^[11]。



Figure 3. 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 공정 pH, 기질의 특성, 원하는 가수분해 속도와 제품 기능성의 균형에 따라 선택됩니다.

昆虫・頭足類インク・新規タンパク質への応用

昆虫タンパク質は、持続可能なタンパク質源として注目されていますが、食品素材としては、色、におい、脂質酸化、キチン質、溶解性、口当たりが課題になります。食用昆虫タンパク質の酵素加水分解に関するレビューでは、タンパク質の生物学的ポテンシャルを引き出す方法として、プロテアーゼ処理によるペプチド生成が整理されています。アルカリ性プロテアーゼは、こうした新規タンパク質を可溶化し、ペプチド素材へ変換する候補の一つです^[8]。

昆虫タンパク質では、Orthoptera など特定分類群を対象にした酵素加水分解法の体系的整理も進んでいます。昆虫原料は、筋肉タンパク質だけでなく外骨格成分、脂質、色素を含むため、一般的な植物タンパク質とは異なる反応挙動を示す場合があります。プロテアーゼによるタンパク質切断が進んでも、不溶性多糖や脂質酸化物が残れば、最終食品の風味や外観に影響します^[12]。

頭足類インク粉末も、代替タンパク質や機能性素材として検討されています。頭足類インクにはタンパク質や色素成分が含まれ、酵素加水分解によってペプチドを得る研究領域が形成されています。短いレビューでは、頭足類インク粉末を代替タンパク質として利用するためのアプローチとして、酵素加水分解が取り上げられています^[9]。

これらの新規タンパク質では、アルカリ性プロテアーゼの役割は「未知素材をすぐに汎用原料へ変えること」ではなく、タンパク質部分を可溶化し、ペプチド分布を調整し、次の分離・濃縮・乾燥・配合工程へつなげやすくすることです。昆虫や海産副産物では、タンパク質以外の成分が多いため、酵素加水分解の結果は原料の脱脂、粉碎、熱履歴、乾燥履歴にも強く影響されます^[8]。

抗酸化ペプチドと機能性素材開発

食品タンパク質中には、未分解の状態ではタンパク質構造内に埋もれているペプチド配列があります。酵素加水分解によってこれらの配列が放出されると、抗酸化性、金属キレート性、ラジカル捕捉性などを示す可能性があります。抗酸化ペプチド生成に関するレビューでは、酵素加水分解に加えて、超音波、高圧、パルス電場などの処理を組み合わせることで、酵素アクセス性やペプチド生成パターンを変えられると整理されています^[4]。

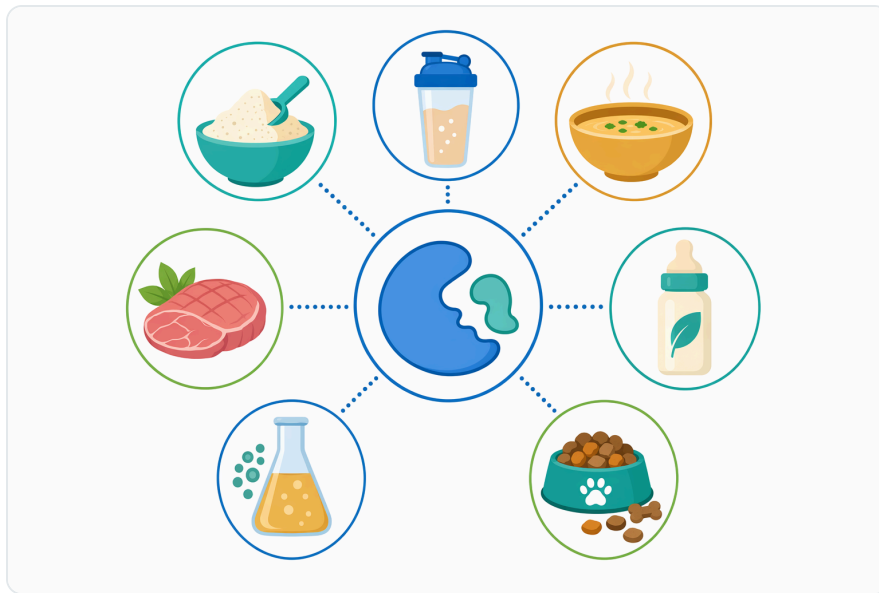


Figure 4. 식물, 유제품, 어류, 육류, 콜라겐, 종자, 버섯 기질은 모두 용도별 펩타이드 프로필을 가진 가수분해물로 전환될 수 있습니다.

アルカリ性プロテアーゼは、広い基質に作用しやすいエンド型プロテアーゼとして、抗酸化ペプチド生成研究で使われます。大豆タンパク質分離物を基質にした研究では、低温性微生物由来のアルカリ性プロテアーゼが、抗酸化ペプチド生成に利用されています。このような研究は、植物タンパク質の価値を、単なるタンパク質含量からペプチド組成へ広げるものです^[10]。

ただし、抗酸化活性の評価で高い値が出て、それだけで最終食品の健康効果を意味するわけではありません。ペプチドは加工中の加熱、乾燥、pH、塩、糖、脂質酸化物との相互作用で変化し、摂取後には消化酵素でさらに切断されます。そのため、抗酸化ペプチドを含む加水分解物を食品に使う場合は、原料段階の活性、食品中での安定性、官能品質、表示可能な範囲を別々に評価する必要があります^[4]。

マイクロカプセル化・包埋材料としてのタンパク質加水分解物

タンパク質加水分解物は、香料、脂溶性成分、植物ステロールなどを包み込むマイクロカプセル化材料としても検討されています。タンパク質は乳化性と膜形成性を持つため、油滴表面に吸着して壁材の一部になります。加水分解によって溶解性や界面吸着性を調整できるため、未処理タンパク質では扱いにくい条件でも、分散性や乳化性が改善する場合があります^[7]。

一方で、マイクロカプセル化用途では、加水分解しすぎたタンパク質は必ずしも有利ではありません。ペプチドが短くなりすぎると、油滴表面で強固な膜を形成しにくくなり、乾燥後のカプセル壁が脆くなる可能性があります。植物ステロールなどの包埋に関するレビューでも、タンパク質加水分解は有望な技術である一方、壁材機能はタンパク質構造と処理条件に依存すると整理されています^[7]。

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis を包埋材料設計に使う場合、目的は「完全分解」ではなく、界面に速く吸着でき、かつ膜形成性を残すペプチド分布を作ることです。これは飲料の可溶化目的とは異なる設計思想であり、同じ酵素でも目標物性によって反応停止のタイミングが変わります^[7]。

酵素加水分解を設計する際の工程要因

食品タンパク質加水分解では、基質の種類、固形分濃度、pH、温度、反応時間、攪拌、前処理、酵素失活、後工程が相互に影響します。アルカリ性プロテアーゼはアルカリ側で作用するため、タンパク質の電荷状態が変わり、同時に酵素の基質アクセス性も変化します。超音波支援酵素加水分解のレビューでは、物理処理がタンパク質構造を緩め、酵素が切断部位へアクセスしやすくなることで、加水分解挙動やペプチド生成が変わると説明されています^[3]。

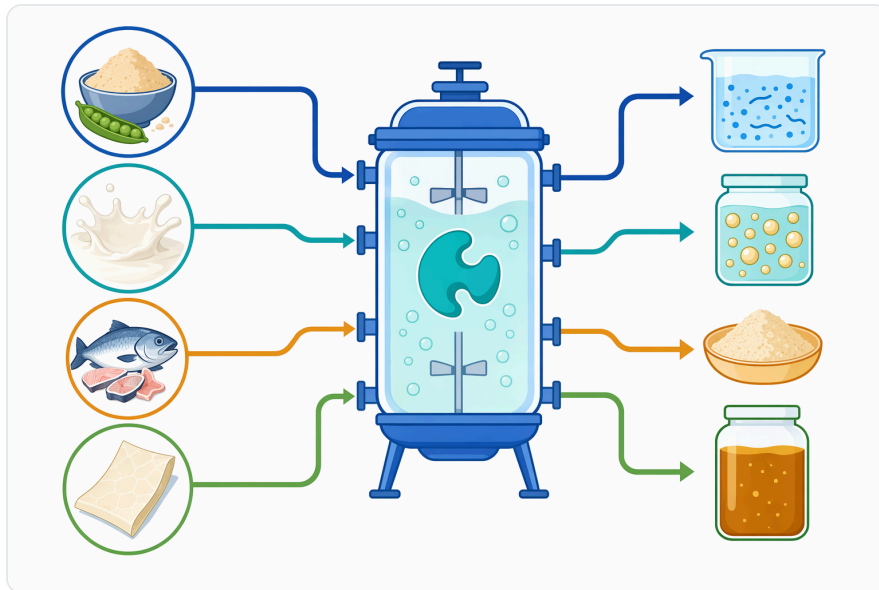


Figure 5. 다양한 단백질 원료는 공통적인 효소 가수분해 개념을 거치면서도 서로 다른 원료 형태에 적합한 가수분해물을 생산할 수 있습니다.

前処理も重要です。植物原料では、タンパク質がデンプン、非デンプン多糖、繊維、フェノール性成分と複合体を形成していることがあります。昆虫や海産副産物では、脂質、色素、キチン質、ミネラルがタンパク質画分に混在します。こうしたマトリックスでは、酵素がタンパク質へ十分接触できないと、見かけの加水分解効率が低くなります。新規タンパク質原料のレビューでも、原料の構造的特徴が酵素加水分解の成果を左右することが示されています^[8]。

反応停止の考え方も、最終用途によって異なります。飲料用に沈殿を抑えたい場合は、より低分子側へ寄せる設計が有利なことがあります。乳化食品では、界面膜形成能を残すために過度な分解を避ける必要があります。調味用途では、遊離アミノ酸や低分子ペプチドが呈味に寄与しますが、疎水性ペプチドが増えると苦味が問題になります。パルスタンパク質の研究では、加工選択と酵素加水分解が機能性に与える影響を、用途別に考える必要があるとされています^[2]。

固定化酵素を用いた制御的タンパク質加水分解の研究もあります。固定化アルカリ性エンドプロテアーゼを使う考え方は、反応の再現性や反応停止の制御、酵素と生成物の分離という観点から研究されています。これは、アルカリ性プロテアーゼが単にバッチ反応で使われるだけでなく、プロセス制御の対象としても扱われていることを示します^[13]。

風味設計：うま味、コク、苦味のバランス

タンパク質加水分解物は、スープ、ソース、セイボリー調味料、発酵風味素材、植物性食品の味補正に使われます。プロテアーゼ処理によって生成されるペプチドと遊離アミノ酸は、うま味、コク、持続性、発酵感の形成に寄与します。特に植物タンパク質では、原料由来の青臭さや粉っぽさを、酵素処理と配合設計で調整する余地があります^[1]。

ただし、苦味はタンパク質加水分解で頻繁に問題になります。苦味は主に疎水性アミノ酸を多く含む短鎖ペプチドと関係し、酵素の切断特異性、基質タンパク質の配列、加水分解の進行度によって変わります。抗酸化ペプチドの研究でも、疎水性や配列が機能性に関与する一方、官能品質に影響する可能性があることが示されています^[4]。



Figure 6. 일반적인 알칼리성 단백질 가수분해 공정에는 기질 수화, pH 조정, 효소 첨가, 시간-온도 제어, 중점 선정, 효소 불활성화, 후속 처리가 포함됩니다.

アルカリ性プロテアーゼを調味素材用途に使う場合、目的はタンパク質をできる限り細かくすることではなく、呈味に有利なペプチドとアミノ酸を増やしながらか、苦味を許容範囲に抑えることです。必要に応じて、エンド型プロテアーゼによる一次分解と、別のペプチダーゼ作用を組み合わせる設計も考えられますが、最終的な風味は原料、反応、加熱、塩分、糖、酵母エキスや発酵原料との相互作用で決まります^[5]。

利点と限界を分けて理解する

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis の明確な利点は、食品タンパク質の構造を比較的穏やかな条件で改質できる点です。化学的な強処理では、アミノ酸の損傷、塩負荷、色変化、過度な分解が問題になることがありますが、酵素処理ではタンパク質鎖の切断を工程条件で調整できます。パルスや豆類タンパク質の研究では、酵素加水分解が溶解性、乳化性、泡特性、消化性などを変える技術として扱われています^[1]。

限界は、機能性が基質依存であることです。同じアルカリ性プロテアーゼでも、大豆、エンドウ、乳、昆虫、頭足類インクでは、タンパク質配列、構造、非タンパク質成分が異なります。そのため、ある原料で可溶化に成功した条件が、別の原料で乳化性改善や風味改善につながるとは限りま

せん。新規タンパク質のレビューでも、原料ごとの組成と構造が酵素加水分解の結果を左右するとされています^[8]。

もう一つの限界は、機能性ペプチドに関する解釈です。抗酸化性、免疫調節、抗原性低減などは研究上重要なテーマですが、最終食品として訴求するには、ペプチドの同定、食品中安定性、消化後挙動、対象国の表示制度が関係します。乳タンパク質抗原性低減や抗酸化ペプチドのレビューは有望な方向性を示していますが、酵素処理そのものが特定の健康効果を保証するわけではありません^{[6][4]}。

Enzymes.bio からの供給形態

Enzymes.bio は、Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis を食品タンパク質加水分解向けの酵素供給品として提供しています。Enzymes.bio は製造業者や研究受託機関ではなく、食品加工・原料開発で使う酵素をオンラインで供給する立場です。製品は 1 kg 単位で直接購入でき、注文時に CoA と SDS が提供されます。



Figure 7. 효소 가수분해는 단백질이 풍부한 부산물을 식품 및 원료 응용에 더 활용하기 쉬운 수용성 펩타이드 분획으로 전환할 수 있습니다.

この供給形態は、植物タンパク質改質、調味素材開発、ペプチド原料製造、新規タンパク質の可溶性検討、乳・ホエイ・豆類・昆虫タンパク質の処理など、食品用途でアルカリ性プロテアーゼを導入したい企業に適しています。用途設計では、原料タンパク質の種類、目的物性、反応停止点、後工程、官能品質を組み合わせる考えることが重要です^[2]。

まとめ：可溶化、ペプチド化、風味形成を制御する酵素ツール

Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、食品タンパク質をアルカリ側で加水分解し、分子サイズ、溶解性、分散性、界面挙動、呈味、ペプチド生成を調整するためのプロテアーゼです。パルス、大豆、豆類、乳、昆虫、頭足類インクなど、多様なタンパク質原料で酵素加水分解の研究が進んでおり、タンパク質改質、機能性ペプチド生成、包埋材料設計、新規タンパク質利用に関係しています^{[1][9]}。

実務上の鍵は、加水分解を進めることではなく、目的物性に合う段階で止めることです。飲料では可溶性、乳化食品では界面膜形成、調味素材ではうま味と苦味、機能性素材ではペプチド組成と安定性が重要になります。アルカリ性プロテアーゼはこれらの設計を支える有用な酵素ですが、最終的な品質は原料マトリックス、反応条件、後工程、食品中での相互作用によって決まります^[3]。

Enzymes.bio は、本酵素を食品タンパク質加水分解向けの供給品としてオンライン販売しています。1 kg 単位で購入でき、CoA と SDS は注文時に提供されます。食品原料の可溶化、植物タンパク質の加工適性改善、調味・風味素材の開発、ペプチド原料の製造、新規タンパク質の活用において、Food-Grade Alkaline Protease for Protein Hydrolysis は、タンパク質構造を具体的に変えるための実用的な酵素選択肢です。

Food-Grade Alkaline Protease For Protein Hydrolysisをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Food-Grade Alkaline Protease For Protein Hydrolysisを購入 →](#)

参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

1. Vogelsang-O'Dwyer, M., Sahin, A., Arendt, E., & Zannini, E. (2022). Enzymatic Hydrolysis of Pulse Proteins as a Tool to Improve Techno-Functional Properties. *Foods*, 11.
2. Dent, T., & Maleky, F. (2022). Pulse protein processing: The effect of processing choices and enzymatic hydrolysis on ingredient functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63, 9914 - 9925.

3. Qian, J., Chen, D., Zhang, Y., Gao, X., Xu, L., Guan, G., & Wang, F. (2023). Ultrasound-Assisted Enzymatic Protein Hydrolysis in Food Processing: Mechanism and Parameters. *Foods*, 12.
4. Habinshuti, I., Nsengumuremyi, D., Muhoza, B., Ebenezer, F., Aregbe, A. Y., & Ndisanze, M. A. (2023). Recent and novel processing technologies coupled with enzymatic hydrolysis to enhance the production of antioxidant peptides from food proteins: A review. *Food Chemistry*, 423, 136313 .
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. El-Salam, M. H. A., & El-Shibiny, S. (2019). Reduction of Milk Protein Antigenicity by Enzymatic Hydrolysis and Fermentation. A Review. *Food Reviews International*, 37, 276 - 295.
7. Pokorski, P., He, R., & Kurek, M. (2024). Advancing protein hydrolysis and phytosterol encapsulation: Emerging trends and innovations in protein-based microencapsulation techniques - A comprehensive review. *Food Research International*, 196, 115012 .
8. Nongonierma, A., & Fitzgerald, R. (2017). Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 239-252.
9. Shazwani, Z. A., & Rabeta (2020). Enzymatic hydrolysis as an approach to produce alternative protein from cephalopods ink powder: a short review. *Journal of Food Science*, 4, 1383-1390.
10. Mukhia, S., Kumar, A., & Kumar, R. (2021). Generation of antioxidant peptides from soy protein isolate through psychrotrophic *Chryseobacterium* sp. derived alkaline broad temperature active protease. *Lwt - Food Science and Technology*, 143, 111152.
11. Shu, E., Wang, S., Niu, B., & Chen, Q. (2023). Effect of Peanut Protein Treated with Alkaline Protease and Flavorzyme on BALB/c Mice. *Foods*, 12.
12. Kusumah, S. H., Palupi, N., Sitanggang, A. B., Dewi, F., & Saraswati (2026). Enzymatic Hydrolysis Methods of Insect Orthoptera Protein: A Systematic Review. *International journal of food Science*, 2026.
13. Odaneth, A. A. (2017). Controlled Protein Hydrolysis with Immobilized Alkaline Endo-Protease.


Enzymes.bioへお問い合わせ

ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール wholesale@enzymes.bio

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給