

# Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase | タンパク質加水分解物の苦味低減・遊離アミノ酸生成に用いるアミノペプチダーゼ

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

**Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase**は、タンパク質加水分解物やペプチドのN末端側からアミノ酸を順次遊離させるエキソ型プロテアーゼで、苦味ペプチドの末端構造を変え、遊離アミノ酸を増やす目的で使われます<sup>[1]</sup>。エンドプロテアーゼによる一次分解の後段で用いると、ペプチド分布、呈味、うま味・コク、後味をより細かく調整しやすくなります。Enzymes.bioは本酵素を製造業者ではなく供給業者として、産業・食品加工用途向けにオンラインで1 kg単位にて提供し、注文時にはCoAおよびSDSが併せて提供されます。

## Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase とは何か

アミノペプチダーゼは、プロテアーゼの中でもペプチド鎖の端から作用する**エキソペプチダーゼ**です。一般的なエンドプロテアーゼがタンパク質鎖の内部結合を切断して大きな分子を複数のペプチドへ変えるのに対し、アミノペプチダーゼはN末端側のアミノ酸残基を1つずつ外していきます。この違いにより、アミノペプチダーゼは「タンパク質を大きく崩す酵素」というより、既に生成したペプチドの末端を整え、遊離アミノ酸量と短鎖ペプチド組成を調整する酵素として理解する方が実務に合っています<sup>[1]</sup>。

タンパク質加水分解物では、分解度だけでなく、どの長さのペプチドが残るか、疎水性残基を含む苦味ペプチドがどの程度残るか、遊離アミノ酸がどの程度生成するかが品質を左右します。発酵食品やタンパク質加水分解食品に関するレビューでは、タンパク質分解によって得られるペプチドやアミノ酸が栄養・機能・呈味の観点で重要であることが整理されています<sup>[2]</sup>。アミノペプチダーゼはこの中でも、後段の末端処理を担う酵素として、苦味低減、うま味・熟成感の形成、ペプチド素材の設計に関与します。

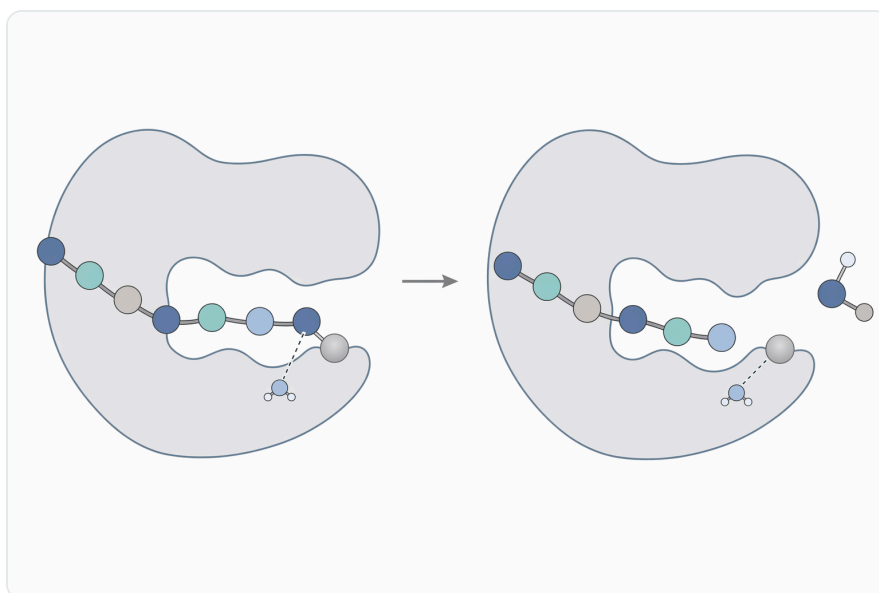
Enzymes.bioが供給するProtein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidaseは、B2Bの食品加工、発酵調味料、動植物性タンパク質加工、ペプチド素材調製などの工程で用いられる酵素です。Enzymes.bioは研究所や製造業者として工程性能を保証する立場ではなく、オンラインで酵素製品を供給するサ

プレイヤーです。製品は1 kg単位で直接購入でき、製品関連書類としてCoAおよびSDSが注文時に提供されます。

## 作用機構：N末端からアミノ酸を1残基ずつ外す

タンパク質を長い鎖にと考えると、エンドプロテアーゼは鎖の途中を切り、複数の短い鎖を作ります。アミノペプチダーゼは、その短くなった鎖のN末端からアミノ酸を順番に切り出します。この「途中を切る」作用と「端から削る」作用の違いが、タンパク質加水分解工程における役割の違いを生みます<sup>[1]</sup>。

苦味低減において重要なのは、ペプチドの長さだけではありません。疎水性アミノ酸を含む短鎖ペプチドは苦味に關与しやすく、N末端側の構造変化によって味の感じ方が変わる場合があります。アミノペプチダーゼはペプチド末端からアミノ酸を外すため、苦味ペプチドの末端配列を変化させ、遊離アミノ酸を増やす方向に作用します。微生物アミノペプチダーゼは、食品分野で苦味低減やタンパク質加水分解物調製に利用される酵素として整理されています<sup>[1]</sup>。



**Figure 1.** 아미노펩티다아제는 펩타이드 조각의 자유 N-말단에서 잔기를 단계적으로 제거하는 엑소펩티다아제로 작용합니다.

遊離アミノ酸の増加は、うま味、甘味、苦味、コク、熟成感に關係します。たとえば、加水分解物をスープベース、調味原料、発酵風味素材、ペプチド原料として使う場合、単にタンパク質を小さくするだけではなく、最終的な呈味バランスを整えることが重要です。アミノペプチダーゼは、エンド型酵素で生成したペプチドをさらに処理することで、風味の粗さや後味を制御する工程に組み込みやすい酵素です<sup>[2]</sup>。

## エンドプロテアーゼとの違いと併用の意味

タンパク質加水分解では、アミノペプチダーゼを単独で考えるより、エンドプロテアーゼとの組み合わせで設計の方が現実的です。大きなタンパク質は立体構造を持ち、内部のペプチド結合がアクセスしにくい場合があります。エンドプロテアーゼで一次的に分解して短いペプチドを増やすと、アミノペプチダーゼが作用できるN末端が増え、末端処理が進みやすくなります<sup>[1]</sup>。

酵素タイプ	主な切断位置	工程上の役割	得られやすい変化	典型的な使い分け
エンドプロテアーゼ	タンパク質・ペプチド鎖の内部	一次分解、粘度低下、可溶化、ペプチド生成	分子量低下、ペプチド生成、タンパク質構造の開裂	原料タンパク質を大きく崩す前段
アミノペプチダーゼ	ペプチドのN末端側	末端処理、遊離アミノ酸生成、苦味低減補助	遊離アミノ酸増加、ペプチド末端構造の変化、後味調整	一次分解後の仕上げ処理
併用処理	内部切断+N末端処理	加水分解物の分子量・呈味・ペプチド分布の調整	風味の丸み、溶解性改善、目的ペプチド分布への接近	食品素材、調味料、ペプチド原料

この併用発想は、植物性タンパク質でも動物性タンパク質でも有効です。たとえば大豆タンパク質では、発酵や酵素処理を組み合わせた加水分解が、機能特性やタンパク質消化性の改善と関連して検討されています<sup>[3]</sup>。アミノペプチダーゼは其中で、主にペプチド末端処理と遊離アミノ酸生成を担う酵素として位置づけられます。

## 食品加工で重視される品質課題

### 苦味の低減

タンパク質加水分解物の苦味は、プロテイン素材、ペプチド原料、調味ベース、スープ、発酵風味素材で共通する課題です。特に、酵素分解によって疎水性アミノ酸を含む短鎖ペプチドが露出すると、苦味や渋い後味が強く感じられる場合があります。アミノペプチダーゼはN末端側からアミノ酸を外すため、苦味ペプチドの配列を変え、苦味の知覚を緩和する方向で利用されます<sup>[1]</sup>。

苦味低減は、単に「味を薄くする」処理ではありません。遊離アミノ酸の増加により、うま味、甘味、コク、熟成感が相対的に強まることがあります。発酵食品におけるタンパク質加水分解では、ペプチドとアミノ酸が風味や栄養特性に関与するため、末端処理の有無が最終製品の印象を左右します<sup>[2]</sup>。

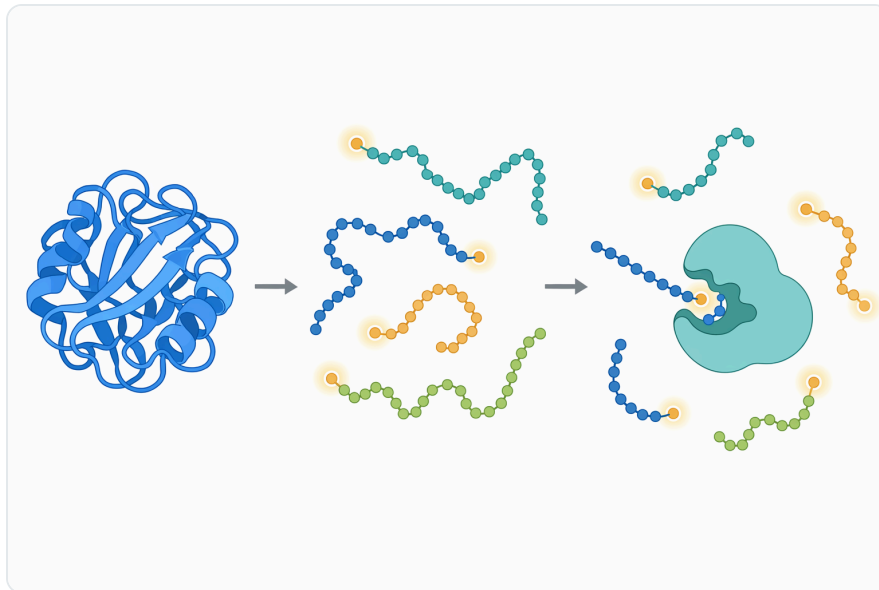


Figure 2. 사전 변성이나 1차 가수분해는 아미노펩티다아제가 효과적으로 절단하는 데 필요한 펩타이드 말단을 노출시킬 수 있습니다.

## 遊離アミノ酸と呈味バランスの調整

アミノペプチダーゼの直接的な反応結果は、N末端アミノ酸の遊離です。遊離アミノ酸は、グルタミン酸やアスパラギン酸に代表されるうま味系、グリシンやアラニンに代表される甘味系、ロイシンやバリンなどが関与する苦味系など、個々に異なる呈味を持ちます。したがって、アミノペプチダーゼ処理は、加水分解物の「分解度」ではなく「味の構成」を変える工程として重要です<sup>[1]</sup>。

この性質は、スープ粉末、酵母エキス様素材、魚介エキス、肉エキス、植物性うま味素材などに応用しやすいものです。加熱反応や乾燥工程に進む前に、ペプチドと遊離アミノ酸の比率を調整しておくことで、後工程での風味形成を設計しやすくなります。ただし最終香味は糖、脂質、ミネラル、pH、水分、加熱履歴にも依存するため、アミノペプチダーゼは風味形成の一要素として扱うのが適切です<sup>[2]</sup>。

## 溶解性・分散性・後工程適性

タンパク質加水分解によって分子量が下がると、溶解性や分散性が改善する場合があります。アミノペプチダーゼは大きなタンパク質を一気に可溶化する主酵素ではありませんが、一次分解後に残るペプチドの末端を処理し、全体の分子組成を整えることで、濃縮、ろ過、乾燥、調味、配合などの後工程に影響します。甘味、うま味、後味の調整だけでなく、粉末化後の再溶解性や味の立ち上がりにも関係する可能性があります<sup>[1]</sup>。

植物性代替食品やタンパク質飲料では、溶解性、粘度、沈殿、苦味、青臭さ、加熱臭などが複合的な課題になります。アーモンド由来の乳代替素材では、乳酸発酵と酵素補助加水分解を組み合わせ、タンパク質品質や生理活性ペプチド生成を高める方向の研究が報告されています<sup>[4]</sup>。このよう

な分野では、アミノペプチダーゼを含む複数酵素の組み合わせが、栄養・風味・機能性の設計に関わります。

## 原料別の利用イメージ

### 植物性タンパク質：大豆、ひよこ豆、ルピン、ナッツ系素材

植物性タンパク質は、サステナブルな食品素材として需要が高い一方、豆臭、青臭さ、渋味、苦味、溶解性不足、加熱時の風味変化が課題になりやすい原料です。大豆では、発酵と酵素加水分解を組み合わせることで機能特性や消化性を改善する持続可能なアプローチが検討されています<sup>[3]</sup>。アミノペプチダーゼは、このような処理の後段で、ペプチド末端をさらに調整する役割を持ちます。

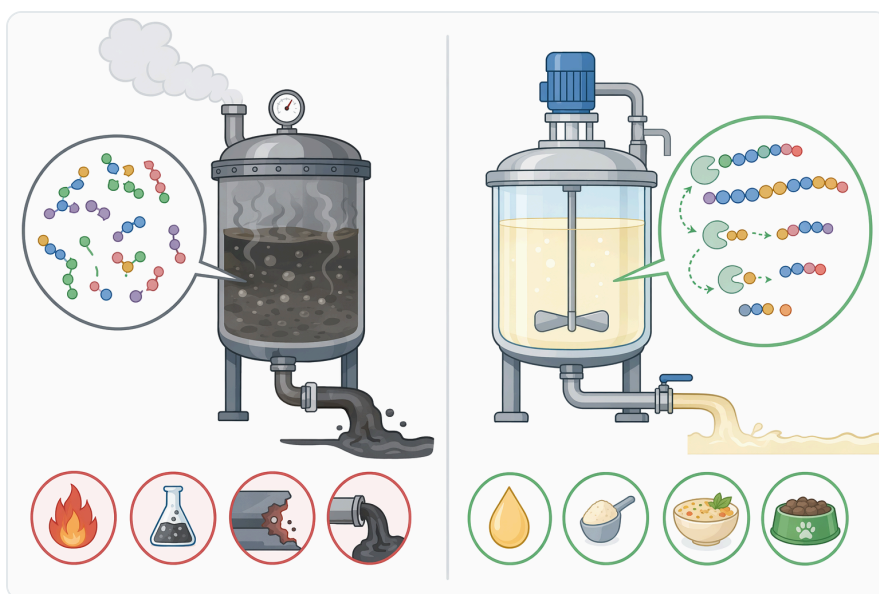


Figure 3. 아미노펩티다아제는 N-말단 잔기를 조절된 방식으로 제거한다는 점에서 화학적 가수분해, 엔도프로테아제, 카르복시펩티다아제와 다릅니다.

ひよこ豆タンパク質では、酵素加水分解とin silico解析により、 $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害特性を持つ可能性のあるペプチドが検討されています<sup>[5]</sup>。これは、特定のアミノ酸配列とペプチド長が機能性に影響することを示す例であり、加水分解工程では「どこまで分解するか」と同じくらい「どのようなペプチドを残すか」が重要です。アミノペプチダーゼは過度に使うと目的ペプチドを短くしすぎる可能性もあるため、機能性ペプチドを狙う場合は、風味改善と配列保持のバランスが必要です。

ルピントタンパク質では、食品素材としての利用を目的に酵素加水分解条件を最適化する研究が行われています<sup>[6]</sup>。植物性タンパク質は原料ごとに主要タンパク質、疎水性領域、抗栄養因子、風味前駆体が異なるため、同じアミノペプチダーゼ処理でも結果は変わります。そのため、アミノペプチ

ダーゼは「植物性タンパク質を必ず同じ味にする酵素」ではなく、ペプチド末端と遊離アミノ酸生成を調整する工程ツールとして位置づけるのが正確です。

## 乳・ホエイタンパク質：アレルゲン性低減と機能性改善

乳タンパク質やホエイタンパク質の酵素加水分解では、消化性、アレルゲン性、苦味、溶解性、乳化性などが同時に問題になります。アクチニジン、ブロメライン、パパインによる乳タンパク質加水分解では、酵素ごとの反応特性や熱力学的特徴が比較されています<sup>[7]</sup>。このような一次分解で生成したペプチドに対し、アミノペプチダーゼを組み合わせると、苦味ペプチドの末端処理や遊離アミノ酸生成を通じて風味調整に寄与します。

ホエイタンパク質では、複数酵素の組み合わせによりアレルゲン性を低減しつつ、機能特性や生理活性を改善する研究が報告されています<sup>[8]</sup>。ただし、アレルゲン性低減は単なる加水分解度だけで決まるものではなく、残存エпитープ、ペプチド分布、処理条件に依存します。したがって、アミノペプチダーゼはホエイ素材の風味改善や末端処理に有用な候補ですが、特定のアレルゲン性低減効果を一律に保証するものではありません。

## 水産タンパク質：魚肉、魚副産物、甲殻類・貝類系素材

水産タンパク質は、うま味素材として価値が高い一方、原料臭、酸化臭、苦味、後味、色調、油脂由来の変化が課題になりやすい原料です。魚肉タンパク質加水分解物では、分子量分布を考慮した酵素加水分解が抗酸化活性や細胞系での活性に影響することが報告されています<sup>[9]</sup>。ここでも、加水分解物の機能性や風味は、単なる分解の有無ではなく、残るペプチドの長さや配列に左右されます。

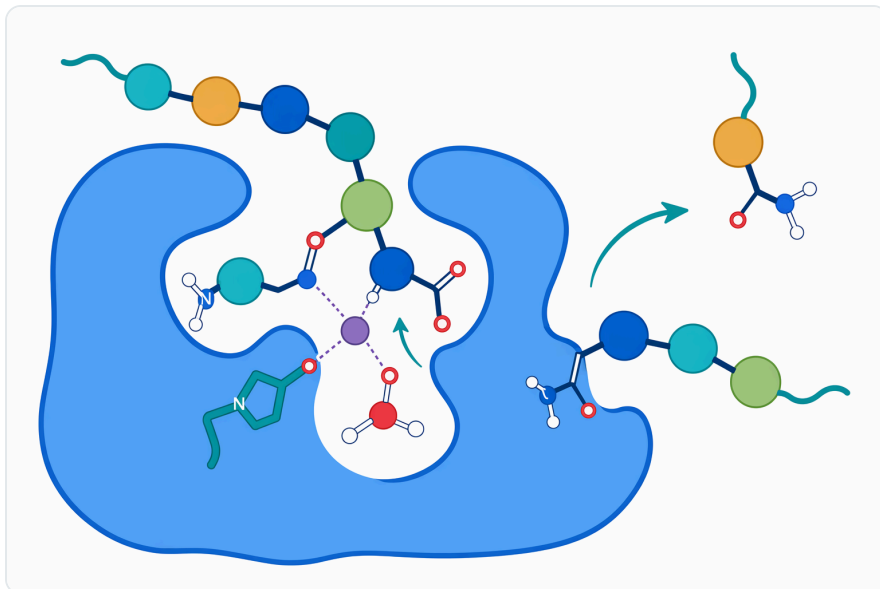


Figure 4. 많은 아미노펩티다아제는 금속 의존성 활성 부위를 이용해 물을 활성화하고 펩타이드 결합의 가수분해를 촉진합니다.

アミノペプチダーゼは、魚介系加水分解物で残りやすい苦味や荒い後味を和らげ、遊離アミノ酸を増やす工程に向いています。特に、エンドプロテアーゼで可溶化・一次分解を行った後に、アミノペプチダーゼでN末端を処理すると、うま味やコクを出しながら過剰な苦味を抑える設計がしやすくなります。魚介系素材では脂質酸化や揮発性成分も味に影響するため、アミノペプチダーゼは臭気対策そのものではなく、ペプチド由来の味質を調整する酵素として使うのが妥当です<sup>[1]</sup>。

## 畜肉・骨・コラーゲン関連素材

畜肉副産物、骨抽出物、コラーゲン関連素材では、可溶化、粘度、ゼラチン化、ミネラル、脂質、加熱香、後味が複合的に関与します。タンパク質を含む副産物を酵素で前処理し、飼料タンパク質や付加価値素材へ変換する研究も報告されています<sup>[10]</sup>。この領域では、タンパク質資源を廃棄せず、加水分解物、スープベース、反応香味素材、栄養素材へ変換することが重要です。

アミノペプチダーゼは、コラーゲンや骨由来タンパク質を単独で完全に分解する酵素ではありません。むしろ、コラーゲン分解酵素やエンドプロテアーゼによって生成したペプチドに対し、N末端側のアミノ酸を遊離させて、風味、うま味、後味、反応香味の前駆体組成を整える役割を担います。骨スープ粉末や肉エキス系素材では、遊離アミノ酸と短鎖ペプチドのバランスが香味の厚みに関係するため、アミノペプチダーゼの後段処理は実務的な意味を持ちます<sup>[2]</sup>。

## タンパク質加水分解における機能別整理

目的	アミノペプチダーゼが関与する機構	適した工程位置	関連する原料例	注意点
苦味低減	N末端処理により苦味ペプチドの構造を変える	エンドプロテアーゼ処理後	乳、魚、植物性タンパク質、肉エキス	苦味は疎水性ペプチド以外の要因にも左右される
遊離アミノ酸増加	ペプチド末端からアミノ酸を遊離	仕上げ処理	調味料、スープ、発酵風味素材	過度な処理は味のバランスを崩す場合がある
ペプチド分布調整	短鎖化と末端配列変化	一次分解後	ペプチド素材、栄養素材	機能性ペプチドを狙う場合は分解しすぎに注意
反応香味前処理	遊離アミノ酸・短鎖ペプチドを増やす	加熱反応前	肉・骨・魚介・植物性うま味素材	糖、脂質、pH、水分、加熱条件も影響する
副産物の高付加価値化	加水分解物の呈味と可溶性を整える	可溶化後または濃縮前	畜肉副産物、水産副産物、発酵残渣	原料由来の臭気や脂質酸化は別要因として残る

この表が示すように、アミノペプチダーゼの価値は「強く分解すること」ではなく、「分解後のペプチドをどう仕上げるか」にあります。特に苦味、うま味、コク、後味が製品価値に直結する用途では、エンドプロテアーゼだけでは得にくい末端レベルの調整が可能になります<sup>[1]</sup>。

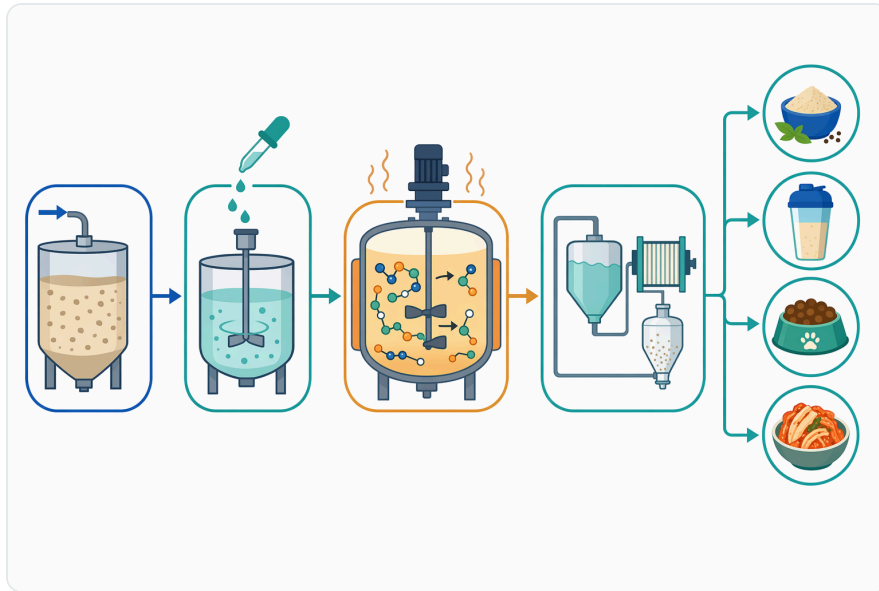


Figure 5. 일반적인 가수분해 과정에서는 엔도프로테아제로 펩타이드 조각을 만든 뒤 아미노펩티다아제로 다듬어 더 작은 펩타이드와 유리 아미노산을 늘립니다.

## 工程設計で考えるべき反応条件

アミノペプチダーゼはタンパク質からなる生体触媒であり、温度、pH、水分、塩分、基質濃度、反応時間、共存成分の影響を受けます。産業酵素全般では、熱安定性や操作条件への耐性が応用性能に大きく関わり、酵素の安定性を高める研究が広く行われています<sup>[11]</sup>。そのため、アミノペプチダーゼを使う工程では、原料タンパク質の前処理、分散性、一次分解の程度、反応停止のタイミングを含めて設計します。

一般的な流れとしては、原料タンパク質を水系で分散し、必要に応じて加熱やpH調整でタンパク質を開き、エンドプロテアーゼで一次加水分解を行い、その後アミノペプチダーゼで末端処理を進めます。目的の味質や加水分解状態に達した後は、加熱などで酵素反応を止め、ろ過、濃縮、乾燥、調味、配合へ進みます。この順序は、アミノペプチダーゼがN末端から段階的に作用するという機構と整合します<sup>[1]</sup>。

塩分、糖、脂質、ポリフェノール、ミネラル、アルコール、有機酸などの共存成分は、酵素活性だけでなく、タンパク質の溶解性やペプチドの味にも影響します。植物素材ではポリフェノールがタンパク質と相互作用することがあり、食品成分としてのポリフェノールは生理活性や食品特性に関

わる化合物群として整理されています<sup>[12]</sup>。したがって、植物性タンパク質加水分解物では、酵素反応そのものと、原料由来成分による風味・色調・渋味の両方を考慮する必要があります。

## 生理活性ペプチド調製における位置づけ

タンパク質加水分解物では、血压、糖代謝、抗酸化性、抗炎症性などに関連する生理活性ペプチドが研究対象になることがあります。ひよこ豆タンパク質加水分解物では、 $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害特性を持つ可能性のあるペプチドが酵素加水分解と計算解析で検討されています<sup>[5]</sup>。また、魚タンパク質加水分解物では、分子量分画と活性評価の関係が報告されています<sup>[9]</sup>。

アミノペプチダーゼは、こうした生理活性ペプチドの調製において二面性を持ちます。一方では、不要な苦味ペプチドを短くし、遊離アミノ酸を増やし、目的の分子量域へ近づける助けになります。他方で、機能性を持つペプチドのN末端配列を削りすぎると、目的活性が弱まる可能性もあります。したがって、生理活性ペプチド用途では、アミノペプチダーゼは「機能性を必ず高める酵素」ではなく、ペプチド配列と味質を同時に調整する工程因子として扱う必要があります<sup>[1]</sup>。

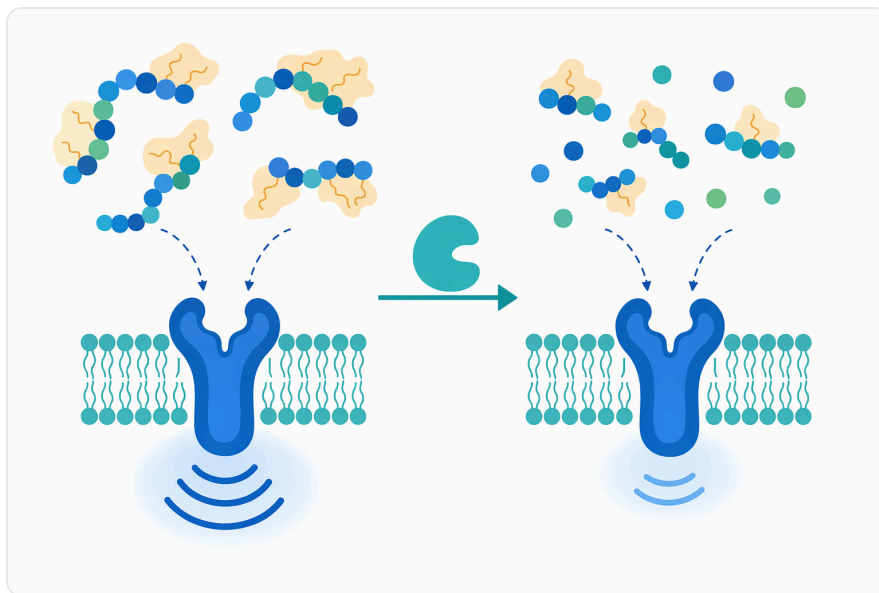


Figure 6. 일부 식품 가수분해물에서는 아미노펩티다아제가 펩타이드 분자 자체를 변화시켜 쓴맛을 줄일 수 있습니다.

## 酵素的加水分解と化学的加水分解の違い

酸やアルカリによる化学的加水分解は、強い条件でタンパク質を広く分解できますが、アミノ酸の分解、過度な風味変化、塩負荷、反応副産物、工程負荷が問題になる場合があります。酵素的加水分解は、より穏やかな水系条件で進めやすく、目的に応じてエンドプロテアーゼ、エキソペプチダ

一ゼ、特異性の異なる酵素を組み合わせられる点が利点です。産業バイオテクノロジーにおいて、酵素は食品、化学、医薬など幅広い領域で利用される重要な生体触媒として位置づけられています [13]。

ただし、酵素的加水分解は万能ではありません。酵素は熱、極端なpH、阻害物質、溶媒、塩濃度、基質構造の影響を受けます。工業酵素では、耐熱性や操作安定性の向上が重要課題として扱われており、酵素の性能は工程条件に強く依存します [11]。したがって、Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidaseを使う場合も、原料の種類、一次分解の状態、目的とする味質、後工程条件を前提に、工程全体の中で位置づけることが重要です。

## Enzymes.bioからの供給形態と取り扱い

---

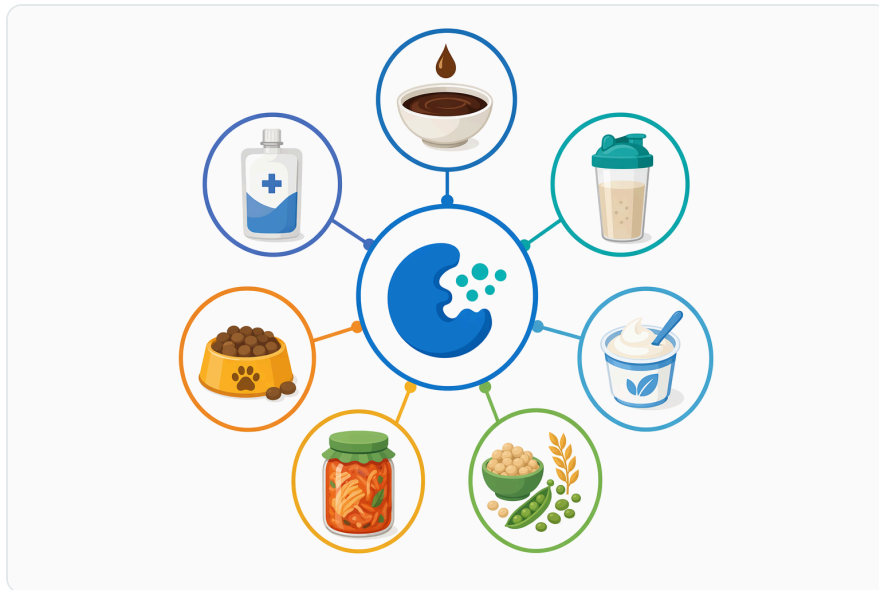
Enzymes.bioは、Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidaseを産業・食品加工用途向けに供給するサプライヤーです。製品はオンラインで直接購入できる1 kg単位の形態で提供され、注文時にはCoAおよびSDSが併せて提供されます。Enzymes.bioは製造業者や研究機関として個別原料での性能試験を代行する立場ではなく、B2B加工用途に必要な酵素製品を供給する立場です。

酵素製剤は生物由来のタンパク質性素材であるため、保管時には湿気、直射日光、過度な熱を避け、密封状態を保つことが重要です。取り扱い時には粉じんの吸入、皮膚・眼への接触を避け、SDSに従った作業管理を行います。食品加工向け酵素であっても、製品そのものはヒトが直接摂取する小売品ではなく、加工工程で使用するB2B原料として扱う必要があります。

## 利点と限界を正確に理解する

---

Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidaseの主な利点は、タンパク質加水分解物の苦味低減、遊離アミノ酸生成、ペプチド末端処理、風味の丸み、調味原料としての使いやすさにあります。特に、エンドプロテアーゼ処理後のペプチドに対してN末端側から作用するため、一次分解だけでは残りやすい後味や苦味を調整する工程に適しています [1]。



**Figure 7.** 아미노펩티다아제는 식품 가수분해물, 영양 제제, 펩타이드 가공, 의약품 개발, 연구 응용 분야 전반에서 중요합니다.

一方で、アミノペプチダーゼはすべての原料臭や苦味を消す酵素ではありません。魚介臭、酸化臭、豆臭、加熱臭、脂質由来の劣化臭、ポリフェノール由来の渋味などは、ペプチド以外の要因でも発生します。また、生理活性ペプチドを狙う場合、末端処理が有利に働く場合もあれば、目的配列を短くしすぎる場合もあります。ホエイタンパク質のようにアレルゲン性低減が課題となる原料では、複数酵素処理による改善研究はありますが、結果はペプチド分布と処理条件に依存します [8]。

## まとめ：アミノペプチダーゼは「仕上げの加水分解酵素」

Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidaseは、タンパク質やペプチドのN末端からアミノ酸を順次遊離させるエキソ型プロテアーゼです。エンドプロテアーゼで一次分解した後に使うことで、苦味ペプチドの末端構造を変え、遊離アミノ酸を増やし、加水分解物の風味、後味、うま味、ペプチド分布を調整しやすくなります [1]。

植物性タンパク質、乳・ホエイ、水産タンパク質、畜肉・骨・コラーゲン関連素材では、それぞれ異なる風味課題と機能課題があります。研究では、大豆、ひよこ豆、ルピン、乳、ホエイ、魚タンパク質などで酵素加水分解が機能特性、消化性、ペプチド生成、アレルゲン性、抗酸化性などに関連して検討されています [3][6]。アミノペプチダーゼはこれらの分野で、一次分解後のペプチドを整える後段酵素として有用です。

Enzymes.bioは本酵素を、製造業者ではなく供給業者として、産業・食品加工用途向けにオンラインで1 kg単位にて提供しています。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されるため、B2B加工工程での使用に必要な製品書類を製品とともに確認できます。

## Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase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。

[Protein Hydrolysis Enzymes Aminopeptidase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. [Pmc7186005](#). *PubMed Central*.
2. Yarlina, V. P., Djali, M., & Andoyo, R. (2020). [A review of protein hydrolysis fermented foods and their potential for health benefits](#). *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 443.
3. Jogi, N., Adusumilli, S., Nagesh, M., Yannam, S., & Mamatha, B. (2024). [The role of dual hydrolysis of soybean on functional properties and protein digestibility: a sustainable approach](#). *Frontiers in Nutrition*, 11.
4. Areche, F. O., Cáceres, C. G. M., Quispe, V. I., Jorge, J., Llatasi, F. G. C., Ticona, D. C. P., Vilca, O. M. L., ... et al. (2025). [Optimizing protein quality and bioactive peptide production in almond-based dairy alternatives through lactic acid fermentation and enzyme-assisted hydrolysis for cardiovascular health benefits](#). *Journal of food science and technology*, 62, 413 - 432.
5. Rivero - Pino, F., Espejo-Carpio, F., & Guadix, E. (2021). [Unravelling the  \$\alpha\$ -glucosidase inhibitory properties of chickpea protein by enzymatic hydrolysis and in silico analysis](#). *Food Bioscience*.
6. Pasarin, D., Lavric, V., Enascuta, C., Ghizdareanu, A., & Matei, C. B. (2023). [Optimal Enzymatic Hydrolysis of Sweet Lupine Protein towards Food Ingredients](#). *Fermentation*.
7. Kaur, S., Vasiljevic, T., & Huppertz, T. (2023). [Milk Protein Hydrolysis by Actinidin—Kinetic and Thermodynamic Characterisation and Comparison to Bromelain and Papain](#). *Foods*, 12.
8. Pang, L., Huang, Z., Li, R., Su, Y., Shi, J., Yang, X., & Jiang, Y. (2025). [Reducing the allergenicity of whey proteins while improving their functional properties and bioactivity using combined enzymes.](#) *Food Chemistry*, 481, 144052 .
9. Shahosseini, S. R., Javadian, S., & Safari, R. (2022). [Effects of Molecular Weights -Assisted Enzymatic Hydrolysis on Antioxidant and Anticancer Activities of Liza abu Muscle Protein Hydrolysates](#). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 28.
10. Liu, J., Wang, S., Wang, Z., Shen, C., Liu, D., Shen, X., Weng, L., ... et al. (2023). [Pretreatment of Luzhou distiller's grains for feed protein production using crude enzymes produced by a synthetic microbial](#)

consortium. *Bioresource Technology*, 129852 .

11. Xu, K., Fu, H., Chen, Q., Sun, R., Li, R., Zhao, X., Zhou, J., ... et al. (2024). Engineering thermostability of industrial enzymes for enhanced application performance. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139067 .
12. El - Saadony, M., Yang, T., Saad, A., Alkafaas, S. S., Elkafas, S. S., Eldeeb, G. S., Mohammed, D. M., ... et al. (2024). Chemistry, bioavailability, bioactivity, nutritional aspects and human health benefits of polyphenols: A comprehensive review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134223 .
13. Sharma, N., Ahlawat, Y. K., Stalin, N., Mehmood, S., Morya, S., Malik, A., H, M., ... et al. (2025). Microbial Enzymes in Industrial Biotechnology: Sources, Production, and Significant Applications of Lipases. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 52.


## 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](mailto: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

© 2026 Enzymes.bio · 産業用 · 食品加工用酵素の供給 · 人の摂取用または小売販売用ではありません。