

# Papain Enzyme For Protein Hydrolysis : タンパク質加水分解・ペプチド化向けパパイン酵素

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

Papain Enzyme For Protein Hydrolysis は、タンパク質原料をより短いペプチドや可溶性画分へ変換するために用いられる植物由来システインプロテアーゼです。パパインはタンパク質のペプチド結合を切断し、食品タンパク質、魚介・畜肉副産物、植物タンパク質、乳タンパク質、コラーゲン系原料などの加水分解工程で、物性調整、ペプチド化、可溶化、加工適性改善に利用されます<sup>[1]</sup>。

Enzymes.bio は本酵素の供給業者であり、製造業者または研究所ではありません。本製品は **1 kg単位でオンライン直接購入** でき、注文時に関連する **CoA と SDS** が併せて提供されます。

## Papain Enzyme For Protein Hydrolysis の位置づけ

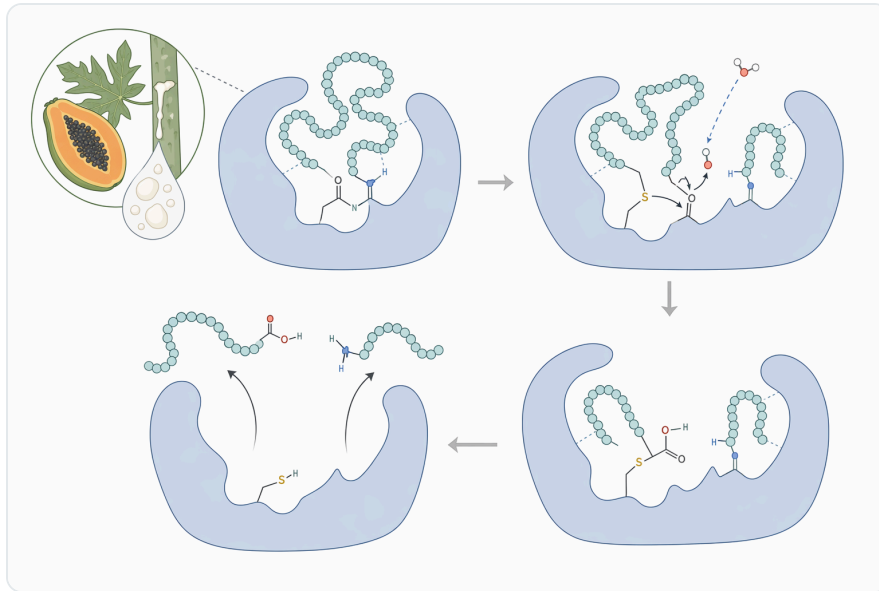
Papain Enzyme For Protein Hydrolysis は、タンパク質を含む原料を「未分解の高分子タンパク質」として扱うのではなく、酵素反応によって低分子ペプチド、可溶性窒素画分、加工しやすい加水分解物へ変換するための加工用酵素です。パパインはパパイヤに由来する代表的な植物プロテアーゼとして古くから食品産業で使われており、食肉軟化、タンパク質加水分解物、醸造、皮革、洗剤など、タンパク質分解を利用する複数の工程で応用されてきました<sup>[1]</sup>。

タンパク質加水分解の実務目的は、単にタンパク質を「壊す」ことではありません。大きなタンパク質分子を短いペプチドへ切断することで、溶解性、分散性、粘度、乳化性、発泡性、消化過程での挙動、呈味、熱処理時の安定性などが変化します。中国チョウザメタンパク質をパパインで処理した研究では、加水分解条件が加水分解度と機能特性に影響することが示されており、パパイン処理は分子量低下だけでなく、最終素材の機能性設計に関わる工程として扱われています<sup>[2]</sup>。

この製品は、特定の健康効果を最終製品に自動的に付与する添加剤ではありません。むしろ、タンパク質原料を目的用途に合うペプチド画分へ変換するための酵素ツールです。食品・栄養素材、発酵原料、ペットフード、調味液、化粧品原料、工業タンパク質処理などで、タンパク質の可溶化やペプチド化が工程上の課題になる場合に検討されます。

## パパインの酵素学的特徴：システインプロテアーゼとしての作用

パパインはシステインプロテアーゼに分類されます。システインプロテアーゼは、活性中心のシステイン残基が求核剤として働き、タンパク質中のペプチド結合を切断する酵素群です。触媒過程では、酵素側のチオール基がペプチド結合のカルボニル炭素へ作用し、アシル酵素中間体を経て、水による加水分解で切断産物が放出されます。この機構により、長いポリペプチド鎖は段階的に短いペプチドへ変換されます<sup>[3]</sup>。



**Figure 1.** 파파인은 접근 가능한 단백질 사슬의 내부 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 펩타이드 조각을 만드는 시스테인 프로테아제입니다.

実務上重要なのは、パパインがタンパク質の「露出している結合」へアクセスして反応する点です。未変性で緊密に折りたたまれたタンパク質、脂質や多糖と複合化したタンパク質、熱処理で凝集したタンパク質では、酵素が接近できる部位が異なります。そのため、同じパパインを使っても、魚肉タンパク質、豆類タンパク質、乳カゼイン、コラーゲン、米タンパク質では、加水分解の進み方や生成ペプチドの分布が変わります。

また、パパインは「完全分解」を目指す酵素ではなく、目的に応じた限定加水分解にも使われます。限定的な切断でタンパク質表面の疎水性や電荷分布が変わると、乳化膜形成、泡沫安定性、溶解性、沈殿しやすさが変化します。大豆タンパク質や緑豆タンパク質の限定加水分解を扱った研究では、使用するプロテアーゼの種類によって構造、界面挙動、発泡性が変わることが報告されており、酵素選択が最終物性を左右することが分かります<sup>[4]</sup>。

# タンパク質加水分解で何が変わるのか

## 分子量分布と可溶性画分

パパイ処理によって最も直接的に変わるのは、タンパク質の分子量分布です。高分子タンパク質が短いペプチドへ切断されると、沈殿しにくい画分や水中に分散しやすい画分が増える場合があります。中国チョウザメ由来タンパク質のパパイ加水分解では、加水分解条件が加水分解度と機能特性に影響することが検討されており、魚由来タンパク質の価値向上においてパパイが有効な酵素候補であることが示されています<sup>[2]</sup>。

ただし、可溶化が進むほど常に品質が向上するわけではありません。過度の低分子化は、苦味、渋味、うま味以外の雑味、浸透圧上昇、粘度低下、乾燥粉末の吸湿性変化などにつながる場合があります。したがって、加水分解物の設計では、単に分解度を高めるのではなく、用途に必要な分子量範囲と官能特性のバランスを取る必要があります。

## 乳化性・発泡性・界面挙動

タンパク質は、油水界面や気液界面に吸着して乳化膜や泡膜を形成します。酵素加水分解によってタンパク質が短くなると、界面へ移動しやすくなる一方、膜の強度が不足する場合があります。つまり、限定的な加水分解では乳化性や発泡性が改善する可能性がある一方、過分解では界面膜が弱くなり、逆に機能が低下することがあります。大豆タンパク質と緑豆タンパク質を対象にした研究では、プロテアーゼ種の違いが界面挙動と発泡性に影響することが示され、パパイを含むプロテアーゼ利用では「どの程度切るか」が重要な設計変数になります<sup>[4]</sup>。

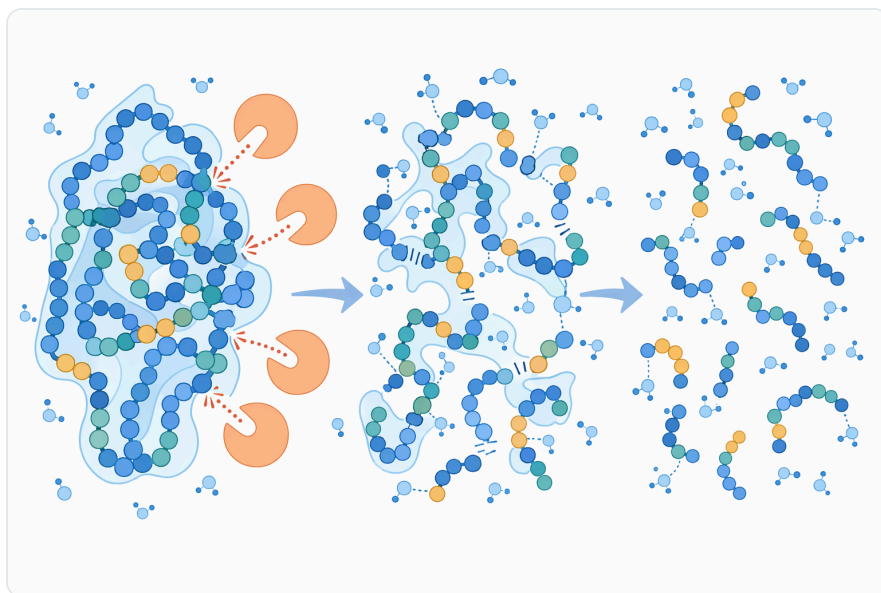


Figure 2. 파파인 가수분해는 접근 가능한 결합을 절단하여 단백질 사슬 길이를 줄이고 구조, 용해도, 질감을 변화시킵니다.

米タンパク質の研究でも、酵素加水分解を組み合わせた処理によって溶解性、乳化特性、抗酸化活性などが変化することが報告されています。これはパパインだけに限定される話ではありませんが、タンパク質構造を酵素的に変えることで、食品タンパク質の加工機能を再設計できることを示す重要な例です<sup>[5]</sup>。

## 苦味ペプチドと呈味管理

タンパク質加水分解で避けて通れない課題が苦味です。疎水性アミノ酸を多く含む短いペプチドは苦味に参与しやすく、加水分解物の食品利用を制限する要因になります。パパインを用いる場合も、反応を長く進めればペプチド量は増えますが、同時に苦味ペプチドが蓄積する可能性があります。魚タンパク質加水分解物の研究では、加水分解条件が機能特性に影響するため、最終用途に合わせた条件制御が重要であることが示されています<sup>[2]</sup>。

苦味管理では、原料タンパク質の種類も大きく影響します。乳タンパク質、豆類タンパク質、魚肉タンパク質、コラーゲンではアミノ酸配列が異なるため、パパインが生成するペプチドの性質も異なります。最終用途が飲料、粉末栄養材、調味液、ペットフード、化粧品原料のどれであるかによって、許容される苦味や香りの範囲も異なります。

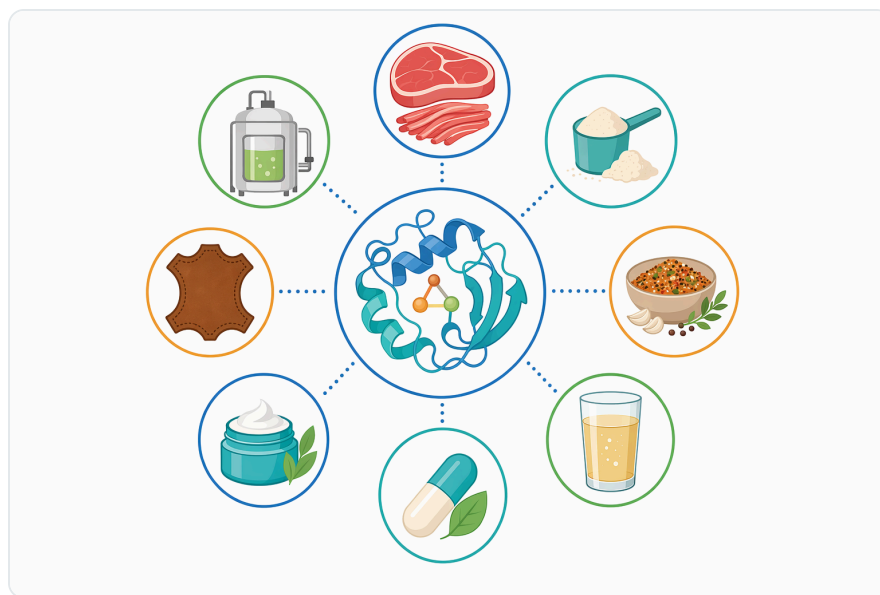
## 用途別に見たパパイン加水分解の実務価値

用途領域	パパイン処理で狙う主な変化	実務上の利点	注意点	関連する研究根拠
魚介タンパク質・水産副産物	高分子タンパク質のペプチド化、可溶化、機能性画分化	未利用部位や副産物の高付加価値化に使いやすい	魚臭、苦味、脂質酸化との相互作用	水産残渣からの生理活性ペプチド生成にパパインが使われる例が整理されている <sup>[6]</sup>
食品タンパク質素材	溶解性、分散性、乳化性、発泡性の調整	飲料、粉末、調味液、加工食品で扱いやすくなる	過分解で苦味や機能低下が起こる可能性	中国チョウザメタンパク質のパパイン加水分解で機能特性への影響が検討されている <sup>[2]</sup>
豆類・植物タンパク質	難溶性タンパク質の部分分解、ペプチド生成	植物性タンパク質素材の利用範囲を広げる	原料ごとの構造差、フェノール類や繊維との相互作用	ひよこ豆・レンズ豆タンパク質で、パパインなどの植物プロテアーゼによるオリゴペプチドと遊離トリプトファン放出が比較されている <sup>[7]</sup>
乳タンパク質	カゼインやホエイタンパク質の加水分解	消化性やアレルギー関連エピソードの研究に使われる	健康効果や低アレルギー性は製品ごとの評価が必要	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の比較研究がある <sup>[8]</sup>

用途領域	パパイン処理で狙う主な変化	実務上の利点	注意点	関連する研究根拠
食肉・畜肉加工	筋原線維・結合組織タンパク質の分解	軟化、食感調整、歩留まり設計に関与	過度な軟化、ドロップ、食感崩れ	食肉製品技術におけるパパイン利用が報告されている <sup>[9]</sup>
コラーゲン・皮革関連	コラーゲン周辺タンパク質の分解、抽出補助	化学処理を抑えた抽出・軟化工程に使われる	コラーゲン本体の過分解制御が必要	皮革トリミングからのコラーゲン抽出でパパインを用いたグリーン戦略が検討されている <sup>[10]</sup>

## 水産・畜肉・植物タンパク質での応用

水産副産物は、パパイン加水分解の代表的な応用領域です。魚皮、魚骨、内臓、加工残渣にはタンパク質が多く含まれますが、そのままでは臭気、脂質、組織構造、保存性の問題で利用範囲が限られます。パパインによる加水分解は、こうしたタンパク質をペプチド画分へ変換し、食品、飼料、栄養素材、化粧品原料などへの展開可能性を高める手段として研究されています。水産残渣由来の生理活性ペプチドに関するレビューでは、パパインが魚由来タンパク質のプロテオリシス反応に用いられる酵素として取り上げられています<sup>[6]</sup>。



**Figure 3.** 파파인은 콜라겐 및 젤라틴 기질, 육류, 가축 원피, 부산물, 케라틴이 풍부한 화장품 적용 표면 등 구조화된 단백질 매트릭스에 사용됩니다.

植物タンパク質では、豆類、穀類、藻類、浮草など、原料ごとにタンパク質構造と共存成分が大きく異なります。ひよこ豆とレンズ豆タンパク質を対象に、プロメライン、フィシン、パパインによる酵素修飾を比較した研究では、オリゴペプチドと遊離トリプトファンの放出が評価されており、

植物由来タンパク質でもプロテアーゼの種類によって加水分解結果が変わることが示されています[7]。

浮草、いわゆるウォーターレンドールやダックウィードのような新しいタンパク質源でも、酵素加水分解によってアンジオテンシン変換酵素阻害に関連する画分を得る研究が進んでいます。ただし、このような生理活性評価は、原料、酵素、分画、評価系の組み合わせに依存します。したがって、パパインでペプチドを作れることと、最終製品が特定の健康効果を示すことは分けて考える必要があります[11]。

畜肉加工では、パパインは食肉軟化の文脈でよく知られています。筋肉タンパク質や結合組織関連タンパク質が部分的に分解されることで、噛み切りやすさや食感が変わります。一方、反応が進みすぎると、肉質が過度に軟化し、組織感が失われる場合があります。食肉製品技術におけるパパイン利用の報告では、タンパク質分解酵素としてのパパインが加工品質へ影響することが示されています[9]。

## 乳タンパク質・アレルギー関連研究での位置づけ

乳タンパク質の加水分解では、カゼインやホエイタンパク質の構造を変え、消化過程で生じるペプチドやアレルギー性に関わるエピトープを検討する研究があります。アクチニジン、ブロメライン、パパインを比較した乳タンパク質加水分解研究では、酵素ごとの加水分解挙動が評価されており、パパインは乳タンパク質処理における比較対象として重要なプロテアーゼです[8]。

ただし、低アレルギー化をうたう最終製品では、慎重な評価が必要です。牛乳アレルギーであるカゼインに対して、パパインとキモトリプシン由来の複合酵素がT細胞・B細胞エピトープを標的としてアレルギー性を低減したという研究がありますが、これは特定の酵素組み合わせと評価条件に基づく結果です。パパイン単独、任意の乳原料、任意の加工条件で同じ結論を一般化することはできません[12]。



**Figure 4.** 파파인은 다양한 단백질 매트릭스에 적합한 온화한 수용액 조건에서 제어진 단백질 분해를 가능하게 한다는 점에서 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제와 다릅니다.

この点は、栄養・機能性素材全般に共通します。酵素加水分解物は生理活性ペプチドの探索に使われますが、最終製品の機能性、消化性、アレルギー性、安全性、表示適合性は、それぞれの製品設計と評価に依存します。Papain Enzyme For Protein Hydrolysis は、そうした開発の出発点となるペプチド化工程を支える酵素であり、効果効能を保証するものではありません。

## コラーゲン・皮革・副産物利用での意味

パパインはコラーゲン系原料や皮革関連工程でも研究されています。皮革産業のトリミング副産物からコラーゲンを抽出する研究では、パパインをを用いたより環境配慮型の抽出戦略が検討され、収率向上を目的とした工程最適化が報告されています<sup>[10]</sup>。

コラーゲン関連処理では、目的が「コラーゲンを完全に分解すること」なのか、「非コラーゲン性タンパク質や周辺組織を処理して抽出を助けること」なのかで、反応設計が変わります。パパインは強いタンパク質分解力を持つため、過剰に作用させると目的成分の分子構造まで変化させる可能性があります。したがって、コラーゲン抽出、ゼラチン改質、皮革軟化などでは、原料構造と最終物性を同時に考える必要があります。

副産物利用の観点では、パパインは廃棄されがちなタンパク質原料を再利用するための酵素的手段になります。魚介残渣、畜肉副産物、皮革トリミング、植物タンパク質抽出残渣などは、化学処理だけでは品質や環境負荷の面で制約があります。酵素加水分解は、比較的マイルドな条件でタンパク質を改質できるため、資源利用効率を高める工程として注目されています<sup>[6]</sup>。

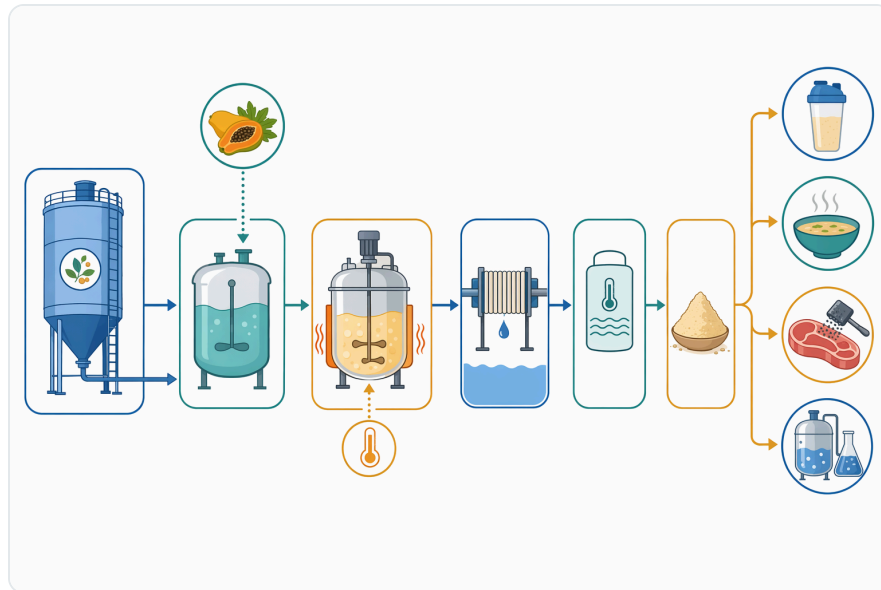


Figure 5. 콜라겐 및 젤라틴 가공에서 제어된 파파인 처리는 추출과 후속 분리 전에 가죽이나 트리밍을 열어 주는 데 도움이 됩니다.

## パパインと他の植物プロテアーゼの比較

パパインは植物由来プロテアーゼの代表例ですが、ブロメライン、フィシン、アクチニジンなどもタンパク質加水分解に使われます。これらはすべてタンパク質を切断する酵素ですが、基質への作用点、反応速度、生成ペプチド、風味、物性への影響は同じではありません。

酵素	主な由来イメージ	タンパク質加水分解での特徴	比較時の実務的視点	関連研究
パパイン	パパイヤ	広く使われるシステインプロテアーゼ。食品、食肉、皮革、洗剤など多用途	汎用性が高く、魚介・畜肉・植物・乳タンパク質で検討しやすい	食品産業での古典的かつ継続的な利用が整理されている <sup>[1]</sup>
ブロメライン	パイナップル	タンパク質加水分解とペプチド生成で広く研究	パパインとは生成ペプチドや機能特性が異なる可能性	各種タンパク質のブロメライン加水分解ペプチドがレビューされている <sup>[13]</sup>
フィシン	イチジク	植物由来システインプロテアーゼの一つ	豆類タンパク質などでパパイン、ブロメラインと比較される	ひよこ豆・レンズ豆タンパク質で比較研究がある <sup>[7]</sup>
アクチニジン	キウイフルーツ	消化モデルや乳タンパク質加水分解で研究	グルテンや乳タンパク質の分解挙動比較に使われる	グルテン加水分解を促進する研究、乳タンパク質比較研究がある <sup>[14] [8]</sup>

この比較から分かるのは、パパインが「唯一の正解」ではなく、汎用性の高い選択肢の一つであるということです。たとえば、豆類タンパク質でオリゴペプチドを増やしたい場合、パパイン、ブロメライン、フィシンでは生成物の分布が異なる可能性があります。乳タンパク質でも、アクチニン、ブロメライン、パパインの加水分解挙動は比較対象になります<sup>[8]</sup>。

実務では、パパインの利点は、既に多くの産業用途で扱われてきた酵素であり、タンパク質分解という目的に対して導入イメージを描きやすい点にあります。一方、特定のペプチド配列、特定の苦味低減、特定の機能性画分を狙う場合には、他のプロテアーゼとの組み合わせや比較検討が必要になることがあります。

## 工程設計で重視すべき要素

---

### 原料の分散状態

酵素反応は、酵素と基質タンパク質が接触して初めて進みます。粉末タンパク質がダマになっている、脂質に覆われている、繊維質や多糖と強く結合している、熱凝集しているといった状態では、パパインが作用できる部位が制限されます。魚介副産物や植物タンパク質抽出物では、原料の物理状態が加水分解効率に大きく影響します。水産残渣由来ペプチドのレビューでも、原料の性質とプロテオリシス反応がペプチド生成に関わるということが整理されています<sup>[6]</sup>。

### pH・温度・反応時間の考え方

パパインを含む酵素は、反応環境に敏感です。pH、温度、塩濃度、金属イオン、還元状態、基質濃度、攪拌状態が変わると、酵素活性、タンパク質構造、生成ペプチドが変化します。ただし、ここで重要なのは特定の数値を固定的に覚えることではなく、原料と目的物性に合わせて反応を制御する考え方です。中国チョウザメタンパク質のパパイン処理では、加水分解条件が加水分解度と機能特性に影響することが検討されており、工程条件が最終品質に直結することが分かります<sup>[2]</sup>。

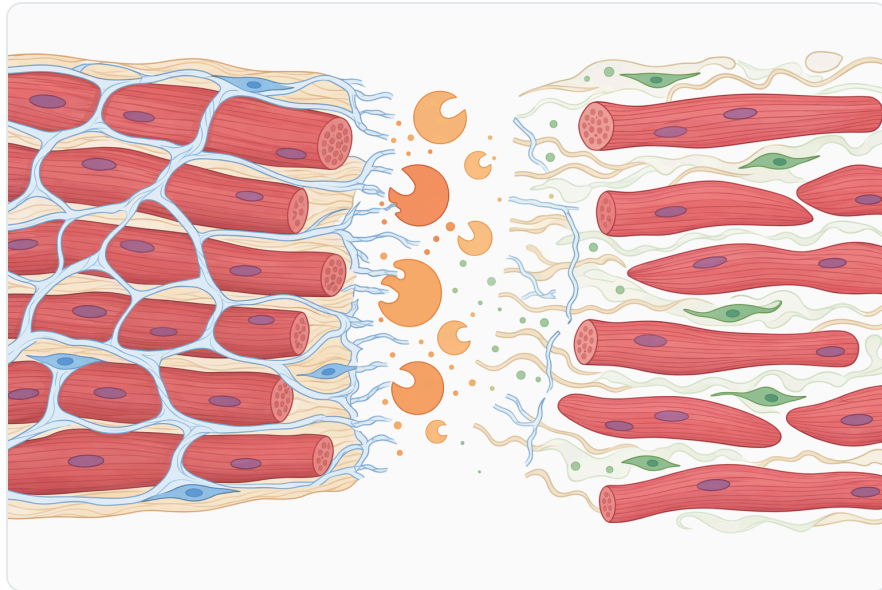


Figure 6. 파파인은 씹는 저항성에 기여하는 근육 및 결합조직 단백질을 부분적으로 절단해 육류를 연화합니다.

反応時間は、短すぎると十分な可溶化や物性変化が得られず、長すぎると苦味や過分解が問題になります。特に食品用途では、分解が進んだ加水分解物ほどよいとは限りません。ペプチドの長さ、疎水性、濃度が味質に関わるため、目的が可溶化なのか、乳化性改善なのか、ペプチド素材化なのかによって適切な反応終点は変わります。

## 反応停止と後工程

パパイ処理後の加水分解物は、そのまま使われる場合もあれば、濃縮、乾燥、ろ過、分画、脱臭、配合といった後工程に進む場合もあります。ペプチドの機能性を狙う場合、加水分解だけでなく、その後の分画によって活性画分が変わります。水産由来ペプチドの研究領域では、酵素加水分解後の分離・精製・評価が重要な工程として扱われています<sup>[15]</sup>。

後工程では、酵素反応をどこで止めるかも重要です。反応が継続したまま濃縮や保管に進むと、分子量分布や風味が変化する可能性があります。加熱やpH調整などの処理は、酵素失活だけでなく、タンパク質・ペプチドの凝集、色調、香気、溶解性にも影響するため、加水分解工程と切り離して考えるべきではありません。

## 科学的根拠の強い点と限定的な点

パパイがタンパク質加水分解に使われるプロテアーゼであること、食品や工業分野で長く利用されてきたことは、文献上の根拠が比較的強い領域です。食品産業におけるパパイの利用を扱ったレビューでは、パパイが古典的でありながら現在も重要な酵素であることが整理されています<sup>[1]</sup>。



**Figure 7.** 파파인은 저부가가치의 단백질이 풍부한 부산물 흐름을 추출 가능한 콜라겐, 젤라틴, 펩타이드 또는 수용성 가수분해물로 전환하는 데 도움이 될 수 있습니다.

また、魚介タンパク質、豆類タンパク質、乳タンパク質、食肉、コラーゲン系原料などで、パパイインまたはパパイインを含むプロテアーゼ処理が研究されています。これらの研究は、パパイインが多様なタンパク質基質に作用し、ペプチド生成や機能特性変化に関与し得ることを示しています<sup>[7]</sup>。

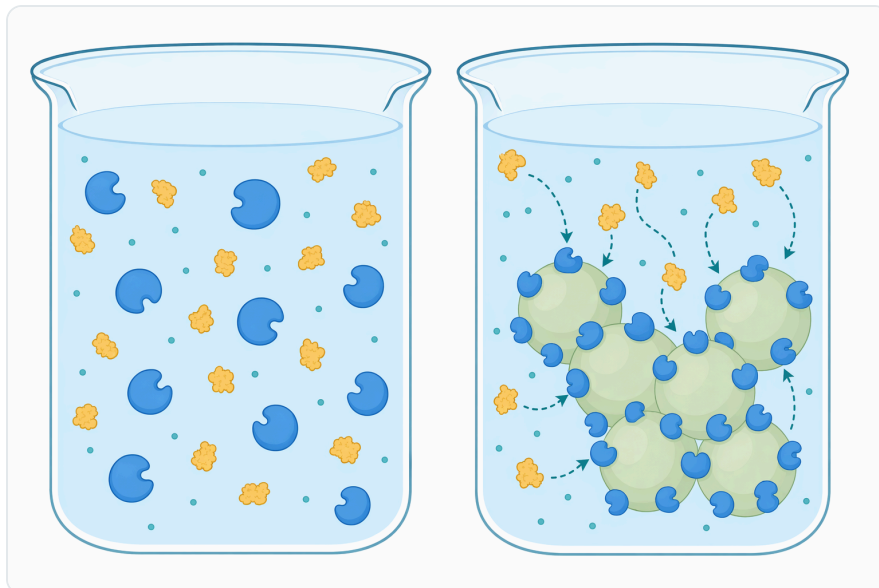
一方、限定的に扱うべき主張もあります。たとえば「パパイイン処理したペプチドは抗酸化性を示す」「血圧関連活性を示す」「アレルゲン性を低減する」といった主張は、原料、酵素、反応条件、分画、評価系に依存します。最近のレビューでは、食品タンパク質から抗酸化ペプチドを得るために酵素加水分解と新規加工技術を組み合わせる研究が進んでいることが示されていますが、個別製品の機能性を一般化する根拠にはなりません<sup>[16]</sup>。

したがって、Papain Enzyme For Protein Hydrolysis の技術的価値は、「任意の機能性を保証する」点ではなく、「タンパク質原料を制御可能なペプチド画分へ変換できる」点にあります。この区別は、食品、栄養、化粧品、ペットフード、工業処理のいずれでも重要です。

## Enzymes.bio での供給形態

Enzymes.bio は Papain Enzyme For Protein Hydrolysis の供給業者です。製造業者または受託研究機関としてではなく、B2Bユーザーがオンラインで直接購入できる酵素素材を提供します。本製品は **1 kg単位** で販売され、オンラインで注文と決済を完了できます。注文時には、関連する **CoA** と **SDS** が併せて提供されます。

本製品は、タンパク質加水分解、ペプチド化、可溶化、食品タンパク質改質、魚介・畜肉副産物利用、植物タンパク質処理、乳タンパク質研究、コラーゲン関連処理などを検討する企業ユーザー向けの酵素素材です。用途に応じた最終製品の品質、安全性、表示、規制適合性は、各ユーザーの製品設計と評価に基づいて判断されます。



**Figure 8.** 고정화된 파파인은 촉매 효소를 담체에 유지시켜, 가수분해가 용액 전체가 아니라 국소적인 접촉 표면에서 일어나도록 합니다.

## まとめ

Papain Enzyme For Protein Hydrolysis は、タンパク質原料を短いペプチドや可溶性画分へ変換するためのパpain酵素です。パpainはシステインプロテアーゼとしてペプチド結合を切断し、食品、食肉、水産副産物、植物タンパク質、乳タンパク質、コラーゲン、皮革、洗剤など、タンパク質分解を利用する幅広い工程で研究・応用されてきました<sup>[1]</sup>。

実務上の価値は、タンパク質の分子量分布を変え、溶解性、乳化性、発泡性、粘度、食感、消化過程での挙動、ペプチド生成を調整できる点にあります。一方で、過分解による苦味、原料ごとの差、特定機能性の一般化、アレルギー性や健康訴求の評価不足には注意が必要です。パpainは万能添加剤ではなく、原料と目的品質に合わせて使うタンパク質加水分解用の酵素ツールです。

Enzymes.bio の Papain Enzyme For Protein Hydrolysis は、1 kg単位でオンライン直接購入できる供給品です。タンパク質をペプチドへ変換し、加工適性や素材価値を高めたい工程において、パpainは検討価値の高い植物由来プロテアーゼです。

## Papain Enzyme 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。

[Papain Enzyme 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. Fernández - Lucas, J., Castaneda, D., & Hormigo, D. (2017). New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 68, 91-101.
2. Noman, A., Xu, Y., AL-Bukhaiti, W. Q., Abed, S. M., Ali, A. H., Ramadhan, A. H., & Xia, W. (2018). Influence of enzymatic hydrolysis conditions on the degree of hydrolysis and functional properties of protein hydrolysate obtained from Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*) by using papain enzyme. *Process Biochemistry*, 67, 19-28.
3. Verma, S., Dixit, R., & Pandey, K. (2016). Cysteine Proteases: Modes of Activation and Future Prospects as Pharmacological Targets. *Frontiers in Pharmacology*, 7.
4. Zhang, X., Ma, X., Cao, S., Xiang, F., Hu, H., Zhu, J., Agyei, D., ... et al. (2025). Effect of protease species on structure, interfacial behavior, and foaming properties of limited enzyme hydrolysis products of soybean protein isolate and mung bean protein. *Food Chemistry*, 493 Pt 3, 145926 .
5. Qi, X., Luo, Y., Fei, W., Shen, M., Chen, Y., Yu, Q., & Xie, J. (2024). Effects of enzyme hydrolysis-assisted fibrillation treatment on the solubility, emulsifying properties and antioxidant activity of rice protein. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135378 .
6. Tacias-Pascacio, V. G., Castañeda-Valbuena, D., Morellon-Sterling, R., Tavano, O., Berenguer-Murcia, Á., Vela-Gutiérrez, G., Rather, I., ... et al. (2021). Bioactive peptides from fisheries residues: A review of use of papain in proteolysis reactions. *International Journal of Biological Macromolecules*.
7. Domokos-Szabolcsy, É., Alshaal, T., Elhawat, N., Kovács, Z., Kaszás, L., Béni, Á., & Kiss, A. (2024). Enhanced Oligopeptide and Free Tryptophan Release from Chickpea and Lentil Proteins: A Comparative Study of Enzymatic Modification with Bromelain, Ficin, and Papain. *Plants*, 13.
8. Kaur, S., Vasiljevic, T., & Huppertz, T. (2023). Milk Protein Hydrolysis by Actinidin—Kinetic and Thermodynamic Characterisation and Comparison to Bromelain and Papain. *Foods*, 12.

9. Israelian, V., Holembovska, N., & Slobodyanyuk, N. (2021). Application of papain enzyme in technology of meat products. *Animal Science and Food Technology*.
10. Maliha, M., Rashid, T., & Rahman, M. M. (2024). A green strategy for collagen extraction from tannery raw trimmings using papain enzyme: Process optimization by MW-TOPSIS for enhanced yield. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130040 .
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. Xiong, Z., Cheng, J., Hu, Y., Chen, S., Qiu, Y., Yang, A., Wu, Z., ... et al. (2024). A composite enzyme derived from papain and chymotrypsin reduces the Allergenicity of Cow's Milk allergen casein by targeting T and B cell epitopes. *Food Chemistry*, 459, 140315 .
13. Tacias-Pascacio, V. G., Castañeda-Valbuena, D., Tavano, O., Murcia, Á. B., Torrestina-Sánchez, B., & Fernández-Lafuente, R. (2023). Peptides with biological and technofunctional properties produced by bromelain hydrolysis of proteins from different sources: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127244 .
14. Jayawardana, I. A., Boland, M., Higgs, K., Zou, M., Loo, T., McNabb, W., & Montoya, C. (2020). The kiwifruit enzyme actinidin enhances the hydrolysis of gluten proteins during simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 341 Pt 1, 128239 .
15. Shahidi, F., & Saeid, A. (2025). Bioactivity of Marine-Derived Peptides and Proteins: A Review. *Marine Drugs*, 23.
16. 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 .


## 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。