

Soy Protein Modification Enzyme：大豆タンパク質の溶解性・乳化性・ゲル物性を調整する酵素

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

Soy Protein Modification Enzymeは、大豆タンパク質の分子構造を酵素反応で制御し、溶解性、乳化性、保水性、保油性、ゲル形成性、口当たり、消化性を用途に合わせて調整するための食品加工向け酵素です。大豆タンパク質の酵素改質では、加水分解、脱アミド化、架橋などの反応が、タンパク質の分子サイズ、表面電荷、疎水性、凝集挙動を変え、飲料、植物性ミート、豆乳系ゲル、乳化食品、高タンパク食品の設計に関わります。Enzymes.bioは製造業者・研究所ではなく供給業者として、本製品を1kg単位でオンライン直接販売し、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

大豆タンパク質改質で酵素が使われる理由

大豆タンパク質は、分離大豆タンパク質、濃縮大豆タンパク質、豆乳、押出大豆素材、植物性タンパク質ブレンドなど、多くの食品設計で基盤となる素材です。一方で、加熱履歴、乾燥履歴、pH、塩、油脂、糖、多糖類、せん断条件によって、溶解しにくさ、凝集、沈殿、ざらつき、離水、乳化不安定、ゲルの硬さ不足または過度な硬化が生じます。豆類タンパク質の抽出・機能・改質技術を扱う近年のレビューでも、植物性タンパク質の食品応用では、構造改変による溶解性、乳化性、ゲル性、加工適性の調整が中心課題として整理されています^[1]。

Soy Protein Modification Enzymeの役割は、タンパク質を単純に「分解する」ことではありません。目的は、大豆タンパク質の高次構造、分子間相互作用、界面吸着挙動、加熱時のネットワーク形成を、製品に必要な方向へ動かすことです。酵素処理された大豆タンパク質では、加水分解の程度や反応様式によって、溶解性や乳化性が改善する一方、条件によっては水素結合を介した不溶性凝集も形成され得るため、反応の制御が実用上の要点になります^[2]。

大豆タンパク質は、飲料では「分散しやすく沈みにくい」こと、植物性ミートでは「水と油を抱え、加熱後も組織を保つ」こと、ゲル食品では「破断しにくく、なめらかで離水しにくい」ことが求められます。これらはすべて、タンパク質分子が水中でどの程度開き、どの部位が表面に出て、どのように互いに結合・凝集するかによって依存します。酵素改質は、熱処理やpHシフト、多糖類との複合化などと並び、大豆タンパク質の機能性を調整するための直接的な構造制御手段です^[3]。

作用機序：Soy Protein Modification Enzymeが変える分子レベルのポイント

酵素加水分解：分子サイズと界面挙動を変える

酵素加水分解では、プロテアーゼ系の反応により、大豆タンパク質中のペプチド結合が選択的に切断されます。分子量の大きいタンパク質がより小さいペプチド断片へ移行すると、分散時の水和速度、溶解挙動、粘度、油水界面への移動速度が変化します。大豆タンパク質やヒヨコマメタンパク質をAlcalaseやFlavourzymeで加水分解した研究では、酵素の種類と加水分解様式が構造・機能に異なる影響を与え、不溶性凝集の形成にも関係することが示されています^[2]。

実務上重要なのは、「加水分解が進むほど常に良い」という単純な関係ではない点です。適度な加水分解では、疎水性領域や帯電部位の露出により、乳化界面への吸着や水和性が改善する場合があります。しかし過度の切断では、ゲルネットワークを形成するための分子長や相互作用点が不足し、粘度低下、保水性低下、苦味ペプチドの増加につながる場合があります。大豆タンパク質の差別的酵素加水分解を扱った研究でも、酵素処理が大豆タンパク質構造、機能、豆乳粉末特性に異なる影響を及ぼすことが検討されています^[4]。

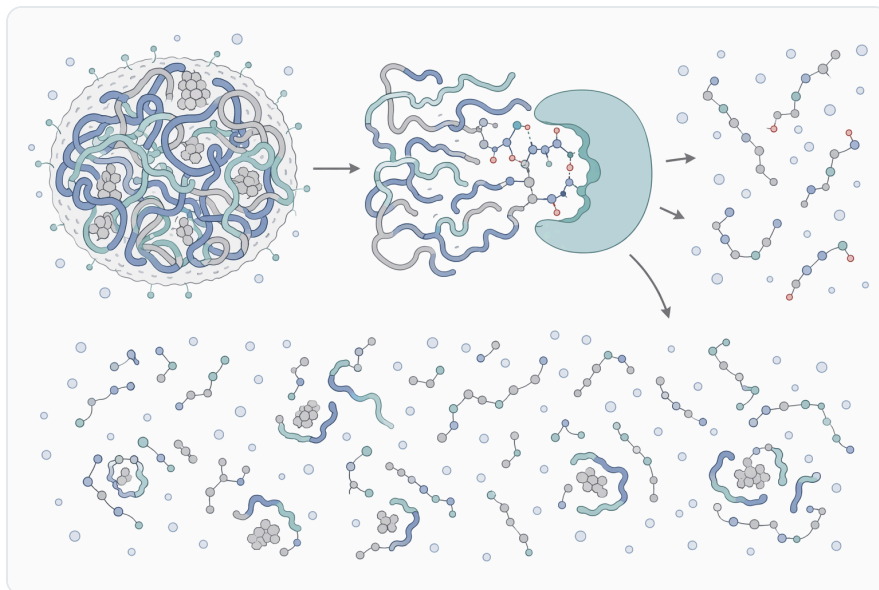


Figure 1. 대두 단백질 변형 효소는 펩타이드 결합을 절단해 더 작은 펩타이드로 만들거나, 단백질 사슬 사이에 공유 결합을 형성하는 방식으로 작용한다.

脱アミド化：電荷と水和性を変える

大豆タンパク質の改質では、タンパク質中のグルタミン残基などを標的にした脱アミド化も重要です。脱アミド化では、アミド基がカルボキシル基へ変換され、タンパク質表面の負電荷が増えます。その結果、分子間の静電反発が高まり、凝集が抑えられ、水との相互作用が増すことで、溶解

性や分散安定性の改善に寄与します。Protein-glutaminaseを用いた大豆タンパク質分離物の改質研究では、脱アミド化酵素の工学的改良が大豆タンパク質改質性能の向上と結び付けて検討されています^[5]。

脱アミド化は、飲料、粉末プロテイン、乳化系、カプセル化用途に特に関係します。pHシフトと脱アミド化を組み合わせた大豆タンパク質分離物では、クルクミン包接性能を高める仕組みが検討されており、タンパク質の構造緩和、疎水性部位の再配置、結合部位の露出が機能改善に関わると考えられます^[6]。このような知見は、油溶性成分や香味成分、栄養成分を含む植物性食品で、大豆タンパク質を単なる栄養源ではなく機能性担体として使う発想につながります。

酵素架橋：ゲル、結着、保水を強める方向の改質

加水分解や脱アミド化が「分散しやすくする」方向に働くことが多いのに対し、酵素架橋は「タンパク質同士をつないでネットワークを作る」方向の改質です。大豆タンパク質分離物とルピン粉を対象にした酵素架橋の研究では、架橋条件が物理化学的性質と機能性に影響することが検討されています^[7]。植物性ミート、成形食品、豆腐様ゲル、豆乳発酵系、フィリングでは、タンパク質ネットワークが水と油を保持する骨格になります。

架橋が有用なのは、単に硬さを増すためだけではありません。適切なネットワークは、加熱後の離水抑制、油脂のにじみ抑制、噛み応えの持続、切断時のまとまり、冷凍・解凍後の構造保持に関係します。一方で、過度な架橋は、硬すぎる食感、弾力の過剰、分散性低下、粉末再溶解性の低下につながる場合があります。したがって、Soy Protein Modification Enzymeを使う際は、加水分解型、脱アミド化型、架橋型のどの機能を重視するかによって、得られる食品物性が大きく変わります。

大豆タンパク質改質の主な反応タイプと用途比較

改質の方向	主な分子変化	期待される機能変化	向きやすい用途	注意すべき点
酵素加水分解	ペプチド結合の切断、分子サイズ低下、表面疎水性や電荷分布の変化	溶解性、分散性、消化性、乳化界面への移動性の改善	プロテイン飲料、粉末、ソース、栄養食品、乳化食品	過度に進むと粘度低下、ゲル形成力低下、苦味増加の可能性
脱アミド化	アミド基からカルボキシル基への変換、負電荷増加、水和性向上	溶解性、分散安定性、乳化性、包接・担体性能の改善	高タンパク飲料、豆乳粉末、油溶性成分含有食品、カプセル化系	pH、塩、加熱条件との組み合わせで凝集挙動が変わる

改質の方向	主な分子変化	期待される機能変化	向きやすい用途	注意すべき点
酵素架橋	分子間結合形成、ネットワーク強化、凝集構造の制御	ゲル強度、保水性、保油性、結着性、成形性の改善	植物性ミート、豆腐様食品、豆乳ヨーグルト、フィリング	過度な架橋は硬化、再分散性低下、口当たりの重さにつながる
複合改質	酵素処理と加熱、pHシフト、多糖類、押出などの併用	単独処理では得にくい乳化安定性、ゲル性、消化性の調整	高機能植物性食品、押出製品、複合タンパク質素材	工程全体での相互作用管理が必要

押出工程と大豆タンパク質加水分解物を組み合わせた研究では、ヤムデンプンの構造・機能特性に大豆タンパク質分離物加水分解物が影響することが検討されています^[8]。これは、Soy Protein Modification Enzymeの利用範囲が「タンパク質そのものの改質」ととどまらず、デンプン、油脂、多糖類を含む複合食品マトリックスの物性設計にも広がることを示しています。

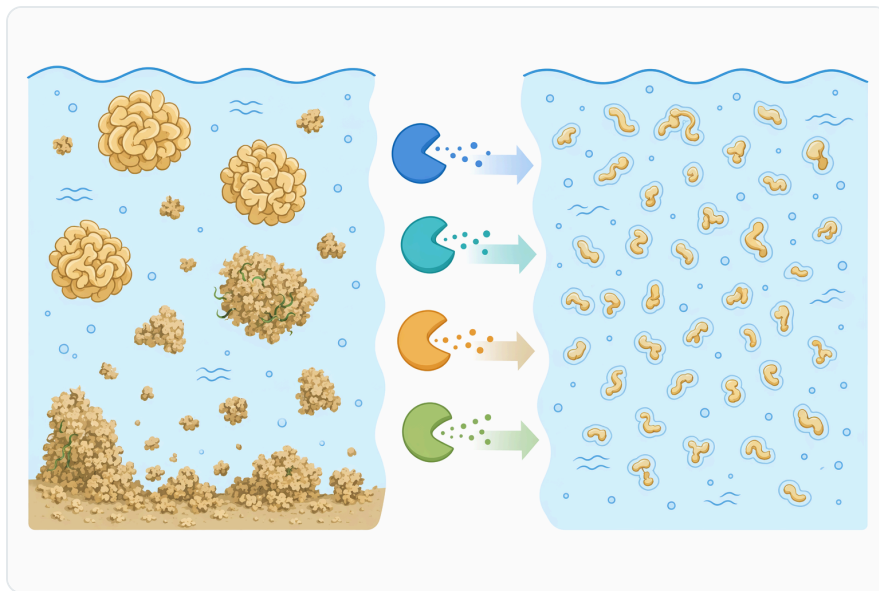


Figure 2. 천연 대두 단백질은 치밀한 구상 구조와 응집체가 수화와 분산을 방해할 때 성능이 저하될 수 있다.

溶解性と分散性：飲料・粉末で最初に効く品質要因

植物性プロテイン飲料や粉末では、消費者が最初に感じる品質は「溶けるか」「沈まないか」「粉っぽくないか」です。大豆タンパク質は中性付近でも原料履歴によって溶解性が異なり、加熱や乾燥で部分変性・凝集した素材では、水に入れても大きな粒子が残ることがあります。Neutralseを用いた押出大豆タンパク質濃縮物の改質研究では、酵素処理が押出大豆タンパク質の機能特性を変える手段として検討されています^[9]。

酵素加水分解によって大きな凝集体が部分的にほどけると、水が入りやすくなり、分散時の粒子径や沈降挙動が変わります。脱アミド化を伴う場合は、表面電荷の増加により粒子同士の再凝集が抑えられ、粉末飲料や高タンパクスープでのなめらかさに寄与します。ただし、溶解性改善と粘度設計は同時に考える必要があります。分子サイズが小さくなりすぎると、口当たりは軽くなる一方、ボディ感や乳化保持に必要な粘弾性が不足する場合があります。

乳化性：油水界面での吸着と膜形成をどう変えるか

大豆タンパク質が乳化食品で機能するには、油滴表面に素早く吸着し、界面で展開し、油滴同士の合一を防ぐ膜を形成する必要があります。加水分解により分子サイズが小さくなると、界面への移動は速くなりやすい一方、油滴表面で厚く強い膜を作る能力は低下することがあります。大豆タンパク質とエンドウタンパク質で安定化したエマルションを比較した研究では、植物タンパク質の種類、配合、構造がエマルションの形成と安定性に影響することが検討されています^[10]。

改質大豆タンパク質は、ドレッシング、植物性クリーム、ソース、乳化型フィリング、油溶性栄養成分の分散に応用しやすい素材です。大豆タンパク質分離物の低溶解性を、キサンタンガム、グアーガム、コンニャクグルコマンナンなどとの分子改質で改善し、魚油エマルションを安定化する研究では、タンパク質と多糖類の相互作用が溶解性と乳化安定性に関係することが示されています^[11]。酵素改質は、このような多糖類やポリフェノールとの複合化の前処理または併用手段としても設計できます。

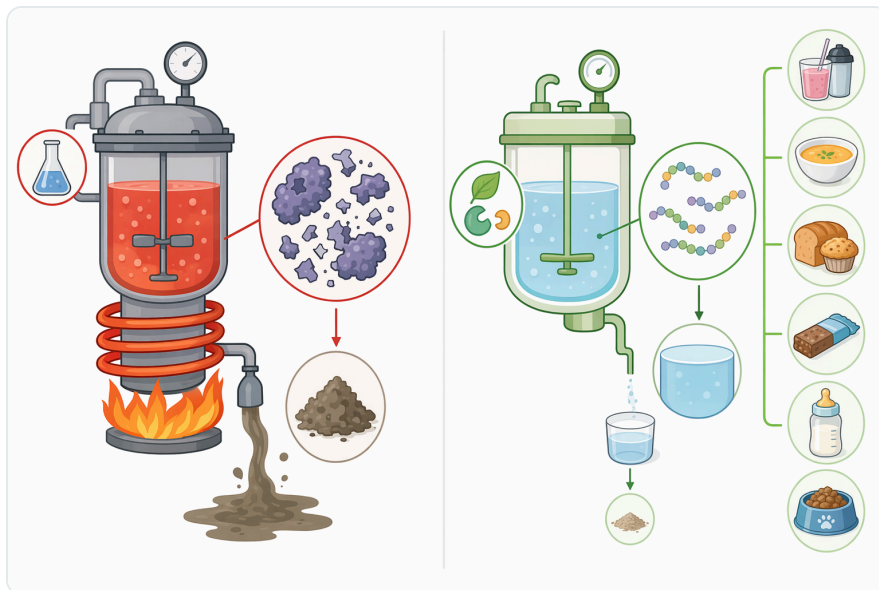


Figure 3. 가수분해는 일반적으로 용해도와 계면 특성을 향상시키는 데 도움이 되며, 가교 결합은 일반적으로 네트워크 강도와 질감을 높이는 데 도움이 된다.

ゲル形成性と植物性ミート：切る・つなぐ・抱えるのバランス

植物性ミートや豆腐様食品では、大豆タンパク質が水と油を保持しながら、加熱や冷却後に食感を維持することが求められます。酵素加水分解はタンパク質を動きやすくし、加熱時の再配列や他成分との相互作用を変えますが、過度の分解はゲル骨格を弱める可能性があります。反対に、酵素架橋は分子間ネットワークを強め、弾力、保水、成形性に寄与します。酵素架橋による大豆タンパク質分離物の物理化学的・機能的特性変化は、植物性食品の構造設計と直接関係します^[7]。

ゲル設計では、タンパク質だけでなく、油脂、デンプン、繊維、多糖類、塩、pH、加熱速度が相互作用します。たとえば、押出植物性ミートでは、高温・高せん断でタンパク質が配向し、冷却時に繊維状構造が固定されます。事前に酵素で分子を切りすぎると繊維化が弱くなる場合があり、逆に架橋傾向が強すぎると押出時に過度な凝集や硬い粒状感が出る場合があります。Soy Protein Modification Enzymeは、最終製品で求める「噛み切りやすさ」「弾力」「ジューシーさ」「油脂保持」のどれを優先するかに応じて位置づける必要があります。

口当たり、消化性、苦味：加水分解で同時に動く品質

高タンパク食品では、栄養価だけでなく、飲みやすさ、食べやすさ、胃への重さ、後味が購買継続に影響します。酵素加水分解によりタンパク質が小さいペプチドへ変わると、消化酵素が作用しやすい形に近づき、摂取後の消化性改善が期待されます。トウモロコシグルテンと大豆タンパク質の加水分解物を酵素処理および分画した研究では、抗酸化、血圧関連、糖代謝関連の生理活性に加え、エマルション安定性や泡特性の調整が検討されています^[12]。

一方で、加水分解ペプチドには疎水性アミノ酸配列を含むものがあり、条件によって苦味が増えることがあります。これは大豆に限らず、タンパク質加水分解物で広く知られる実務課題です。したがって、Soy Protein Modification Enzymeの利用では、溶解性や消化性だけでなく、風味、後味、甘味料や香料との相互作用、加熱後の香味変化を含めた評価が必要です。特にニュートラルな風味を求める飲料では、軽い口当たりと苦味抑制の両立が重要になります。

泡特性：起泡性と泡安定性は同じではない

大豆タンパク質は、ホイップ、デザート、ベーカリー、泡状飲料で泡の形成と安定化に関与します。泡では、タンパク質が空気・水界面に吸着し、薄い膜を形成し、泡同士の合一や排液を遅らせる必要があります。市販大豆タンパク質分離物・濃縮物の泡特性に対する加熱処理の影響を扱った研究では、処理条件が泡の形成と安定性に影響することが検討されています^[13]。

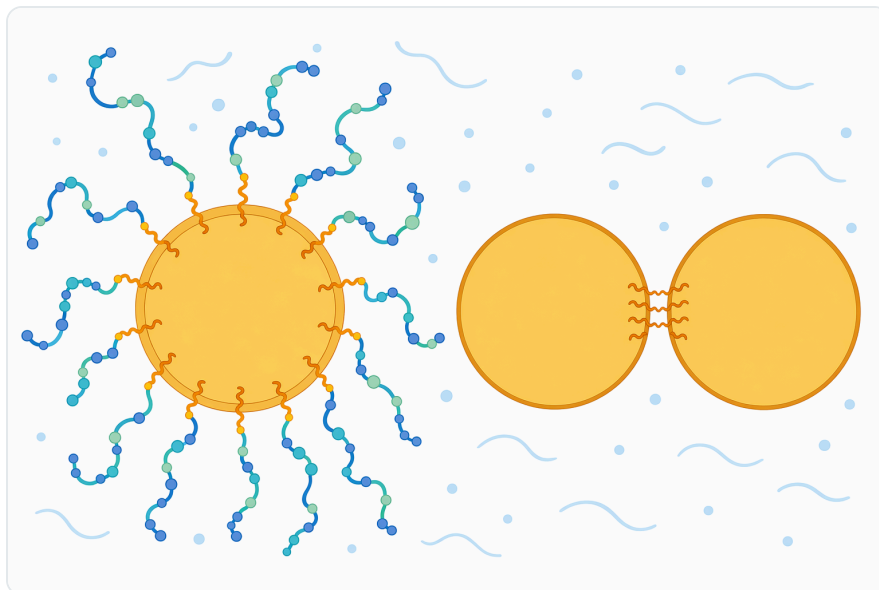


Figure 4. 제어된 가수분해는 대두 펩타이드가 오일-물 계면으로 이동해 에멀전을 안정화하는 막을 형성하도록 도울 수 있다.

酵素改質では、加水分解により界面への移動が速くなり起泡性が改善する場合がありますが、膜強度が不足すると泡は壊れやすくなります。逆に、分子が大きく柔軟で、適度な疎水性を持つ場合は、界面膜の粘弾性が高まり泡安定性に有利です。したがって、泡用途では「泡立ちやすさ」と「泡が持続すること」を分けて考え、加水分解の程度を過剰にしないことが重要です。

カプセル化・機能性成分担体としての大豆タンパク質改質

大豆タンパク質は、油溶性成分、ポリフェノール、香味成分、脂質、ビタミン様成分を保持・分散する担体としても使われます。改質により疎水性ポケット、電荷分布、粒子形成能が変わると、包接効率、放出挙動、消化中の安定性が変化します。脱アミド化とpHシフトを組み合わせた大豆タンパク質分離物によるクルクミン包接研究では、構造改質がクルクミン保持の向上と結び付けて検討されています^[6]。

さらに、大豆タンパク質加水分解物マイクロゲル粒子で安定化したPickeringエマルションでは、ケルセチン搭載性能とin vitro消化挙動が検討されています^[14]。また、ゲニピン架橋した大豆タンパク質ナノ粒子では、消化中の粒子完全性維持とクルクミンの安定性・生物利用性向上が研究されています^[15]。これらは、酵素改質を含むタンパク質構造制御が、単なる食感改善だけでなく、機能性成分の分散・保護・放出設計にも関わることを示しています。

多糖類・ポリフェノールとの複合化における酵素改質の位置づけ

近年の大豆タンパク質研究では、酵素処理だけでなく、多糖類やポリフェノールとの複合化・共役化が重要な改質手段になっています。大豆タンパク質と多糖類またはポリフェノールの複合化・共役化に関するレビューでは、これらの相互作用が溶解性、乳化性、抗酸化性、ゲル性などの機能改善に寄与する可能性が整理されています^[16]。酵素改質は、タンパク質表面の反応性、電荷、疎水性、分子柔軟性を変えるため、複合化の前段階として意味を持ちます。

たとえば、軽度の加水分解でタンパク質を柔軟にすると、多糖類との複合粒子形成や界面膜形成が変わります。脱アミド化で負電荷を増やすと、pH条件によって多糖類との静電相互作用が変化します。架橋処理を組み合わせると、粒子やゲルの消化中安定性を高められる場合があります。このため、Soy Protein Modification Enzymeは、単独で完結する添加剤というより、熱処理、pHシフト、多糖類、油脂、押出、乾燥と組み合わせて使う構造設計ツールとして捉えるのが実務的です。

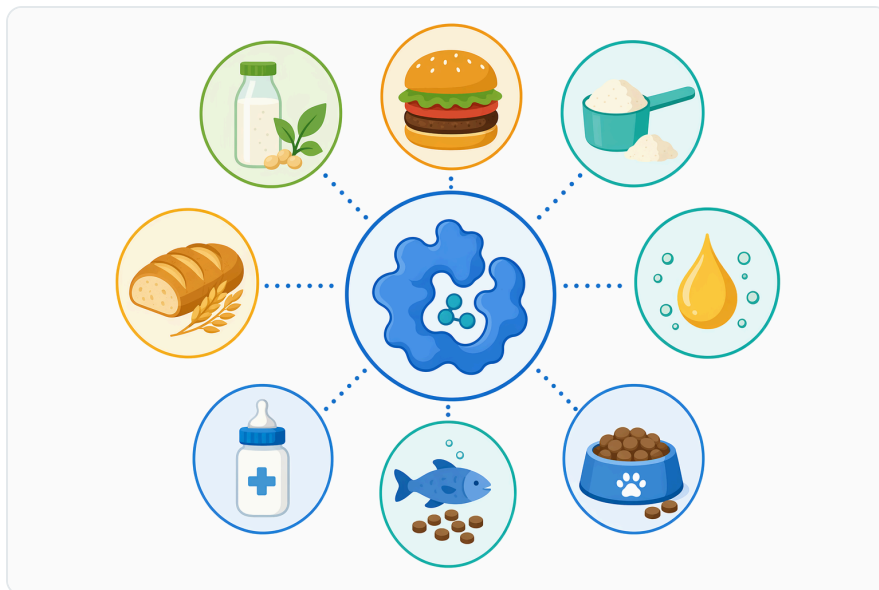


Figure 5. 대두 단백질 변형은 음료, 즉석 분말, 대체육, 소스, 제빵 시스템, 압출 식품, 그리고 특수 알레르겐 저감 연구 등 다양한 분야와 관련이 있다.

用途別に見るSoy Protein Modification Enzymeの設計価値

植物性プロテイン飲料・粉末

プロテイン飲料では、粉末の再分散性、沈殿の少なさ、粘度、後味が重要です。Soy Protein Modification Enzymeによる適度な加水分解または脱アミド化は、大豆タンパク質の水和性と分散性を改善し、高タンパク配合時の重さや粒状感を抑える方向に働きます。豆乳粉末特性に対する差別的酵素加水分解の影響を扱った研究は、酵素処理が粉末化・再分散を含む大豆タンパク質利用に関係することを示しています^[4]。

植物性ミート・押出食品

植物性ミートでは、タンパク質が繊維状構造、油脂保持、保水、加熱後のジューシーさを支える必要があります。酵素処理は、押出前の原料機能を調整し、デンプンや繊維、多糖類との相互作用を変える可能性があります。大豆タンパク質分離物加水分解物が押出中のヤムデンプン構造・機能に影響する研究は、酵素改質タンパク質が複合押出系の物性に波及することを示しています^[8]。

豆乳系ゲル・豆腐様食品・豆乳ヨーグルト

豆乳系ゲルでは、タンパク質の凝集速度、ネットワークの均一性、保水性、破断特性が品質を決めます。加水分解によりゲルが柔らかくなりすぎる場合もありますが、適切な構造緩和はなめらかさや均一な凝固に寄与します。架橋方向の酵素処理は、ゲル骨格を補強し、離水を抑える可能性があります。大豆タンパク質分離物のゲル特性改善は、他タンパク質との共集合研究でも検討されており、ウォールナットタンパク質との共集合により溶解性とゲル特性が改善する報告があります^[17]。

ソース、ドレッシング、植物性クリーム

油脂を含む食品では、タンパク質が油滴表面を安定化し、水相に適切な粘度を与える必要があります。Soy Protein Modification Enzymeにより界面吸着性や水和性を調整すると、油脂分離、クリーミング、ざらつきの抑制に役立つ可能性があります。植物タンパク質安定化エマルションの研究では、タンパク質種と構造がエマルション安定性に影響するため、大豆タンパク質の改質は配合設計上の重要な変数になります^[10]。

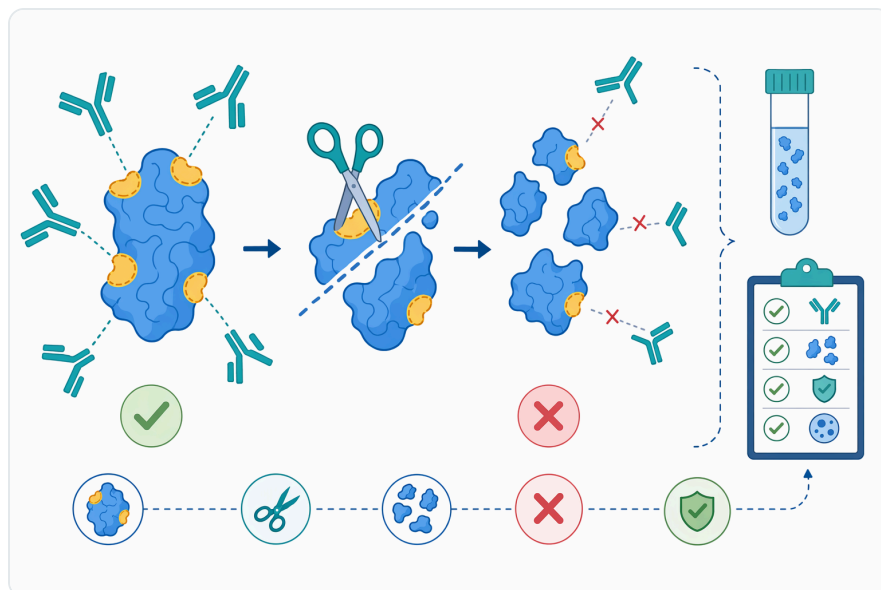


Figure 6. 효소적 분해는 알레르기 유발 대두 단백질 에피토프를 파괴할 수 있지만, 알레르겐 관련 표기는 제품별 검증이 필요하다.

栄養補助食品・高タンパク食品

高タンパクバー、スープ、流動食、スポーツ栄養食品では、タンパク質含量を高めるほど、硬化、乾燥感、粉っぽさ、飲み込みにくさが生じやすくなります。酵素処理は、タンパク質の分子サイズと水和挙動を調整し、食べやすさと消化性に関わります。大豆タンパク質やイソフラボンの代謝・健康影響に関するレビューはありますが、食品設計では健康訴求そのものより、酵素改質による加工適性と摂取時品質の改善を区別して扱う必要があります^[18]。

非食品・材料用途での大豆タンパク質改質の広がり

大豆タンパク質は食品だけでなく、繊維、フィルム、接着、バイオベース材料でも研究されています。環境配慮型大豆タンパク質繊維に関するレビューでは、大豆タンパク質を用いた繊維材料の開発動向、課題、将来性が整理されています^[19]。この分野では、タンパク質の可溶化、成形、架橋、耐水性、機械的強度が重要であり、酵素改質の考え方は食品用途とは異なる形で応用されます。

ただし、Enzymes.bioがオンラインで供給するSoy Protein Modification Enzymeを利用する際は、用途に応じた法規制、表示、製品安全性、工程適合性を各事業者の責任で整理する必要があります。本記事では、食品・素材加工を中心に、公開文献で確認できる大豆タンパク質改質の技術的背景を説明しています。

実装時の工程イメージ：酵素反応を製品設計に組み込む

Soy Protein Modification Enzymeは、通常、大豆タンパク質を含む水系分散液、スラリー、豆乳、タンパク質溶液、または食品配合中で作用させます。工程では、原料タンパク質の水和、pH、温度、混合、せん断、反応時間、反応停止、後段の加熱・乾燥・押出・乳化・成形が連続して機能を決めます。産業用酵素の性能は、タンパク質基質そのものだけでなく、酵素の熱安定性と反応性の両立にも左右され、工業酵素の構造改変研究では安定性と活性の同時改善が重要課題として論じられています^[20]。

実務的には、酵素を「後から入れる改良剤」としてではなく、製品設計の中でタンパク質構造をいつ、どの程度、どの方向に変えるかを定める工程因子として扱うべきです。たとえば、飲料用途では反応後の熱処理で酵素反応を止め、粒子安定性と風味を確認します。植物性ミートでは押出前後のどちらで改質するかにより、繊維化と保水性への影響が変わります。乳化食品では、酵素処理後に油脂を乳化するのか、乳化中にタンパク質を変えるのかで、界面膜の形成過程が異なります。

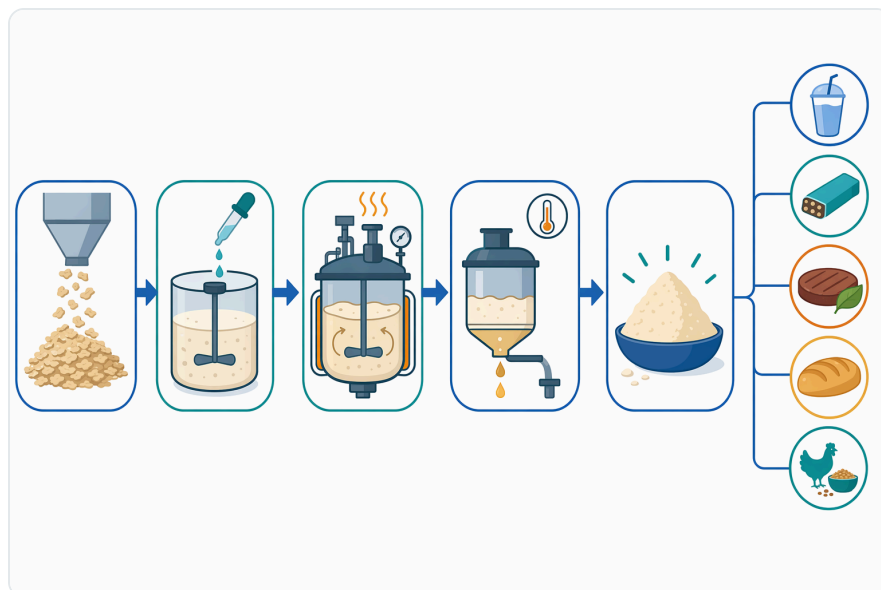


Figure 7. 일반적인 대두 단백질 변형 공정은 수화, 제어된 효소 반응, 처리 온도 모니터링, 그리고 후속 안정화 또는 배합 과정을 포함한다.

Enzymes.bioでの提供形態

Enzymes.bioは、Soy Protein Modification Enzymeを1kg単位でオンライン直接販売する供給業者です。Enzymes.bioは製造業者・研究所ではないため、本記事では製造設備、独自研究データ、特定の分析法、活性単位定義、グレード表現には踏み込みません。CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

本製品は、大豆タンパク質を含む食品・素材開発において、溶解性、乳化性、ゲル形成性、保水性、保油性、口当たり、消化性を調整するための酵素として位置づけられます。公開文献が支持しているのは、大豆タンパク質の酵素加水分解、脱アミド化、架橋、複合改質が構造と機能を変えるという技術的妥当性です。特定用途での性能は、原料、配合、工程条件、最終製品設計によって変わります。

まとめ：大豆タンパク質を「使いやすい機能性素材」に変える酵素

Soy Protein Modification Enzymeは、大豆タンパク質の分子構造を酵素反応で調整し、食品加工で問題になりやすい溶解性不足、乳化不安定、ゲル物性のばらつき、離水、油脂保持不足、ざらつき、消化性の課題に対応するための実務的な酵素です。加水分解は分子サイズと界面挙動を変え、脱アミド化は電荷と水和性を変え、架橋はネットワーク形成と保水・保油を強めます。これらの反応は、飲料、粉末、植物性ミート、豆乳系ゲル、ソース、ドレッシング、栄養食品、カプセル化系で異なる価値を持ちます。

大豆タンパク質改質の研究は、単独酵素処理から、pHシフト、加熱、多糖類、ポリフェノール、押出、ナノ粒子、Pickeringエマルジョンへ広がっています。Soy Protein Modification Enzymeは、その中でタンパク質構造を直接動かす中核的な選択肢です。Enzymes.bioでは、本製品を1kg単位でオンライン購入でき、注文時にCoAおよびSDSが提供されます。

Soy Protein Modification Enzyme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。

[Soy Protein Modification Enzyme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. Choudhury, D., Gul, K., Sehrawat, R., Mir, N., & Ali, A. (2025). Unveiling the potential of bean proteins: Extraction methods, functional and structural properties, modification techniques, physiological benefits, and diverse food applications.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139578 .
2. Dent, T., Campanella, O., & Maleky, F. (2023). Enzymatic hydrolysis of soy and chickpea protein with Alcalase and Flavourzyme and formation of hydrogen bond mediated insoluble aggregates. *Current Research in Food Science*, 6.
3. Chen, J., Zhang, W., Chen, Y., Li, M., Liu, C., & Wu, X. (2024). Effect of glycosylation modification on structure and properties of soy protein isolate: A review.. *Journal of Food Science*.
4. Li, Q., Chang, B., Huang, G., Wang, D., Gao, Y., Fan, Z., Sun, H., ... et al. (2025). Differential Enzymatic Hydrolysis: A Study on Its Impact on Soy Protein Structure, Function, and Soy Milk Powder Properties. *Foods*, 14.
5. Zheng, N., Long, M., Zhang, Z., Zan, Q., Osire, T., Hui-Zhou, & Xia, X. (2022). Protein-Glutaminase Engineering Based on Isothermal Compressibility Perturbation for Enhanced Modification of Soy Protein Isolate.. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
6. Xu, Y., Zhang, Y., Ma, J., Wang, T., & Zhang, C. (2025). Curcumin encapsulation enhanced by soy protein isolate modified through deamidation and pH-shifting: Mechanistic insights using a novel protein-glutaminase.. *Food Chemistry*, 500, 147498 .
7. Santoso, T., Al-Shaikhli, Y., Ho, T. M., Rajapakse, M., & Le, T. T. (2025). Optimising Enzymatic Cross-Linking: Impact on Physicochemical and Functional Properties of Lupin Flour and Soy Protein Isolate.

Foods, 14.

8. Shi, M., Chen, S., Liu, Z., Ji, X., & Yan, Y. (2024). Effects of soy protein isolate hydrolysate on the structural and functional properties of yam starch during extrusion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138551 .
9. Surówka, K., & Żmudziński, D. (2018). Functional properties modification of extruded soy protein concentrate using neutrase. *Czech Journal of Food Sciences*, 22, 163-174.
10. Galani, E., Ly, I., Laurichesse, É., Schmitt, V., Xenakis, A., & Chatzidaki, M. (2023). Pea and Soy Protein Stabilized Emulsions: Formulation, Structure, and Stability Studies. *Colloids and Interfaces*.
11. Hu, Y., Bian, Q., Zi, Y., Shi, C., Peng, J., Zheng, Y., Wang, X., ... et al. (2024). Molecular modification of low-dissolution soy protein isolates by anionic xanthan gum, neutral guar gum, or neutral konjac glucomannan to improve the protein dissolution and stabilize fish oil emulsion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131521 .
12. Mirzaee, H., Gavlighi, H. A., Nikoo, M., Udenigwe, C. C., Rezvankhah, A., & Khodaiyan, F. (2024). Improved Antioxidant, Antihypertensive, and Antidiabetic Activities and Tailored Emulsion Stability and Foaming Properties of Mixture of Corn Gluten and Soy Protein Hydrolysates Via Enzymatic Processing and Fractionation. *Food Science & Nutrition*, 12, 9749 - 9763.
13. Shao, Y., Lin, K., & Kao, Y. (2016). Modification of Foaming Properties of Commercial Soy Protein Isolates and Concentrates by Heat Treatments. *Journal of Food Quality*, 39, 695-706.
14. Yang, J., Zhu, B., Lu, K., Dou, J., Ning, Y., Wang, H., Li, Y., ... et al. (2023). Construction and characterization of Pickering emulsions stabilized by soy protein hydrolysate microgel particles and quercetin-loaded performance in vitro digestion. *Food Research International*, 169, 112844 .
15. Yuan, D., Qin, L., Niu, Z., Zhou, F., & Zhao, M. (2024). Maintained particulate integrity of soy protein nanoparticles during gastrointestinal digestion via genipin crosslinking enhancing stability and bioavailability of curcumin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133213 .
16. Qiu, C., Meng, Y., Zhang, Z., Li, X., McClements, D., Li, G., Jiang, L., ... et al. (2025). Enhancement of soy protein functionality by conjugation or complexation with polysaccharides or polyphenols: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 1, e70095 .
17. Li, J., Chen, Y., Hua, X., Yin, L., Zang, J., Yu, W., & Zhang, T. (2024). Soy protein isolate with higher solubility and improved gel properties when co - assembled with walnut protein. *International Journal of Food Science & Technology*.
18. Xiao, C., & Hendry, A. (2022). Hypolipidemic Effects of Soy Protein and Isoflavones in the Prevention of Non-Alcoholic Fatty Liver Disease- A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 77, 319 - 328.
19. Tahir, M., Li, A., Moore, M., Ford, E., Theyson, T., & Seyam, A. (2024). Development of Eco-Friendly Soy Protein Fiber: A Comprehensive Critical Review and Prospects. *Fibers*.
20. Nezhad, N. G., Rahman, R., Yahaya, N. M., Oslan, S. N., Shariff, F. M., & Leow, T. (2023). Recent advances in simultaneous thermostability-activity improvement of industrial enzymes through structure modification. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123440 .


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

© 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。