

プロラインプロテアーゼ液体醸造添加剤（Food-Grade Protease） | ビールのチルヘイズ抑制・タンパク質制御・グルテン低減設計

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

プロラインプロテアーゼは、麦芽・大麦由来のプロリンを多く含むタンパク質やペプチドを分解し、ビールのチルヘイズ、ろ過負荷、保存中のコロイド不安定性を抑える目的で使われる液体タイプの食品用途プロテアーゼです。一般的なプロテアーゼが広いタンパク質分解に使われるのに対し、プロラインプロテアーゼはプロリン周辺で分解されにくい穀物タンパク質に焦点を当てる点が、醸造用途での技術的な価値です。

Enzymes.bioは本品を供給するオンライン販売業者であり、製造業者または研究機関ではありません。製品は1 kg単位でオンライン直接購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

製品の位置づけ：醸造中の「タンパク質を狙って制御する」酵素

プロラインプロテアーゼ液体醸造添加剤は、ビール醸造で問題になりやすいタンパク質由来の濁り、冷蔵時の外観変化、工程中の清澄性ばらつきを抑えるためのプロテアーゼ製品です。食品加工における酵素利用では、プロテアーゼはタンパク質のペプチド結合を加水分解し、溶解性、テクスチャー、風味前駆体、加工適性を変える主要な酵素群として扱われています^[1]。

醸造では、糖化に関わるアミラーゼ、細胞壁多糖に関わる β -グルカナーゼやキシラナーゼ、タンパク質に関わるプロテアーゼがそれぞれ異なる役割を持ちます。プロラインプロテアーゼは、このうちタンパク質分解の領域に属しますが、単に「タンパク質を小さくする」だけではなく、プロリンを多く含む穀物タンパク質やグルテン関連ペプチドの処理に適した酵素として理解されます。食品酵素の応用レビューでも、酵素は食品加工の効率、品質、機能性を変えるバイオ触媒として利用され、基質特異性が用途選定の中心になると整理されています^[2]。

Enzymes.bioが提供する本品は、醸造所、飲料メーカー、食品加工事業者が工程補助として使うことを想定した供給品です。Enzymes.bioは製造業者でも試験研究機関でもないため、ここでは製造条件や分析法を提示するのではなく、既存研究に基づいて、醸造中でプロラインプロテアーゼがな

ぜ検討されるのか、どのような機序で機能するのか、どの範囲まで効果を期待できるのかを整理します。

醸造で問題になるタンパク質：濁り、泡、ろ過性、グルテン関連成分

ビール中のタンパク質は、悪者ではありません。泡持ち、口当たり、ボディ感、酵母栄養、香味形成に関わるため、すべてを除去すればよいわけではありません。一方で、麦芽由来の一部タンパク質やペプチドは、ポリフェノール、熱履歴、低温保管、酸化状態と組み合わせることで、冷却時に見えるチルヘイズや保存中の濁りを引き起こす要因になります。大麦・麦芽では、内在性プロテアーゼやその阻害因子も麦芽製造と醸造品質に影響することが報告されており、タンパク質分解は醸造工程の根本的な制御項目です^[3]。

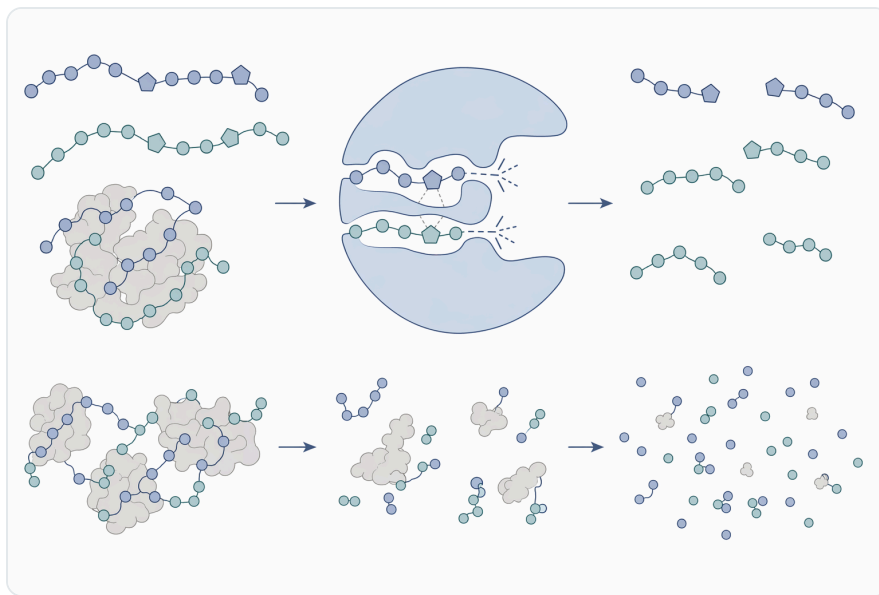


Figure 1. 냉각 또는 저장 중 프롤린이 풍부한 맥주 단백질이 폴리페놀과 상호작용하여 빛을 산란시키는 응집체로 커지면서 냉각 혼탁이 형성된다.

特に重要なのが、プロリンを多く含む穀物タンパク質です。プロリンは環状構造を持つため、ペプチド鎖に折れ曲がりや剛性を与えやすく、一般的なプロテアーゼで均一に分解されにくい領域を作ります。グルテン関連ペプチドが消化酵素で分解されにくい理由としても、プロリンやグルタミンに富む配列が関係することが議論されており、プロリルエンドペプチダーゼのようなプロリン特異的酵素が注目されてきました^[4]。

醸造現場での課題は、「濁りを下げたいが、泡や飲みごたえを壊したくない」というバランスです。タンパク質を過度に分解すると、ヘイズ形成性タンパク質だけでなく、泡安定性に寄与するタンパク質まで影響を受ける可能性があります。そのため、プロラインプロテアーゼは透明化剤のように

扱うのではなく、麦芽由来タンパク質の反応性を工程中で調整する酵素として位置づける方が実務的です。マッシング研究では、麦芽酵素の作用域や麦汁組成が温度条件によって変化することが示されており、醸造中の酵素作用は工程条件と切り離して考えられません^[5]。

作用機序：プロラインプロテアーゼは何を切り、なぜ濁りを抑えるのか

プロテアーゼは、タンパク質中のペプチド結合を水の関与によって切断する加水分解酵素です。食品加工の文脈では、プロテアーゼ処理によってタンパク質の分子量分布が変わり、溶解性、乳化性、泡立ち、苦味、呈味、沈殿性が変化します。微生物酵素の食品応用レビューでも、プロテアーゼは食品加工においてタンパク質改質に広く利用される主要酵素として位置づけられています^[1]。

プロラインプロテアーゼの特徴は、プロリン残基の近傍にある結合を処理しやすい点にあります。プロリンは通常のアミノ酸と異なり、側鎖が主鎖窒素に戻る環状構造を持つため、周囲のペプチド結合が立体的に制約されます。このため、プロリンを多く含むペプチドは、一般的な消化酵素や非特異的プロテアーゼで残りやすく、穀物タンパク質ではヘイズ形成やグルテン関連評価の面で問題になりやすい領域を形成します。セリアック病向け酵素補助に関する議論でも、プロリンリッチなグルテンペプチドの難分解性と、それに対するプロリン特異的酵素の意義が取り上げられています^[4]。

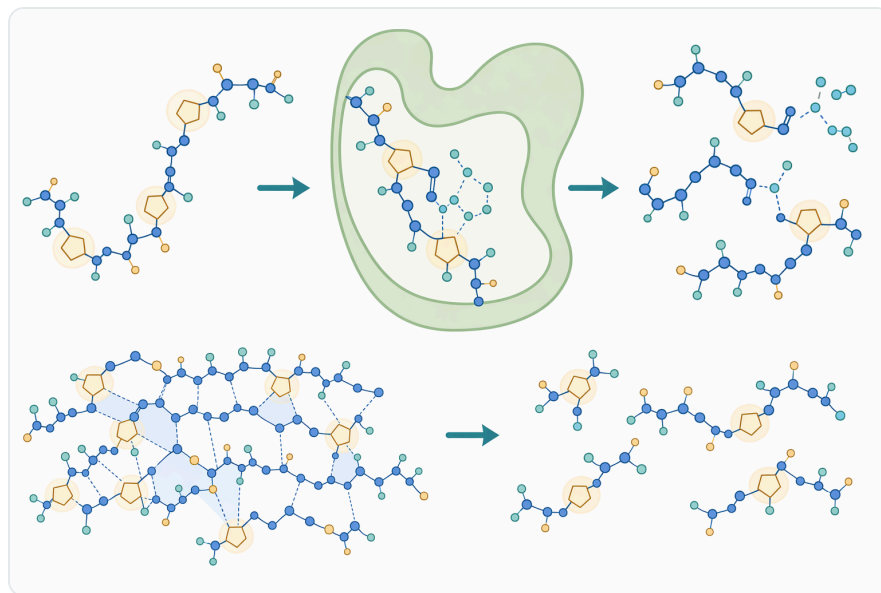


Figure 2. 프롤린 특이적 엔도프로테아제는 일반적인 많은 프로테아제로는 잘 분해되지 않는, 프롤린 관련 내부 펩타이드 부위를 절단한다.

ビールのチルヘイズは、単一の成分だけで起こる現象ではありません。麦芽由来タンパク質、ポリフェノール、酸化状態、低温、金属イオン、貯蔵期間などが複合的に関与します。その中でプロラインプロテアーゼが担うのは、ポリフェノールと大きな複合体を形成しやすいプロリンリッチなタ

ンパク質領域を、より小さく、反応性の低い断片へ変えることです。これにより、冷蔵時に可視化されるコロイド粒子の形成が起りにくくなります。

ただし、酵素処理は「濁り成分を物理的に取り除く」操作ではありません。酵素は、基質が存在し、pH、温度、時間、アルコール、金属イオン、阻害物質などの条件が許す範囲で反応を進めます。高圧食品加工における酵素挙動のレビューでも、酵素活性は構造変化、環境条件、基質アクセス性によって変動するとされ、酵素の効果は処理条件に依存することが示されています^[6]。

醸造工程で期待される主な用途

チルヘイズ抑制と外観安定性の改善

透明感を重視するラガー、ピルスナー、クリア系エール、低温流通を前提とするビールでは、チルヘイズの制御が重要です。プロラインプロテアーゼは、プロリンリッチな穀物タンパク質を加水分解し、ポリフェノールとの高分子複合体形成を抑えることで、冷蔵保管中の濁り発生リスクを下げる目的で検討されます。食品加工における酵素反応のレビューでは、酵素が特定成分を選択的に変換し、品質特性を制御する手段として利用されることが整理されています^[7]。

清澄性の改善は、見た目だけでなく、ろ過工程の安定化にも関係します。ヘイズ関連タンパク質が多い場合、ろ過前後で濁度の戻りが生じたり、ロット間で清澄化の進み方が変わったりします。酵素処理によってタンパク質の大きさや反応性を前段階で変えておくと、ろ過や熟成で扱うコロイド負荷を下げられる可能性があります。

泡品質とのバランスを考えたタンパク質制御

ビールの泡は、タンパク質、ポリペプチド、ホップ由来成分、多糖、炭酸ガス、界面性成分の相互作用で成り立ちます。したがって、タンパク質分解酵素は清澄性改善に有用である一方、泡に関わるタンパク質まで過剰に分解すると、泡持ちや泡のきめ細かさに影響する可能性があります。醸造副産物であるビール粕タンパク質の加水分解研究でも、タンパク質を酵素的に分解すると溶解性や機能特性が変わることが示されており、分解の程度が物性を左右します^[8]。

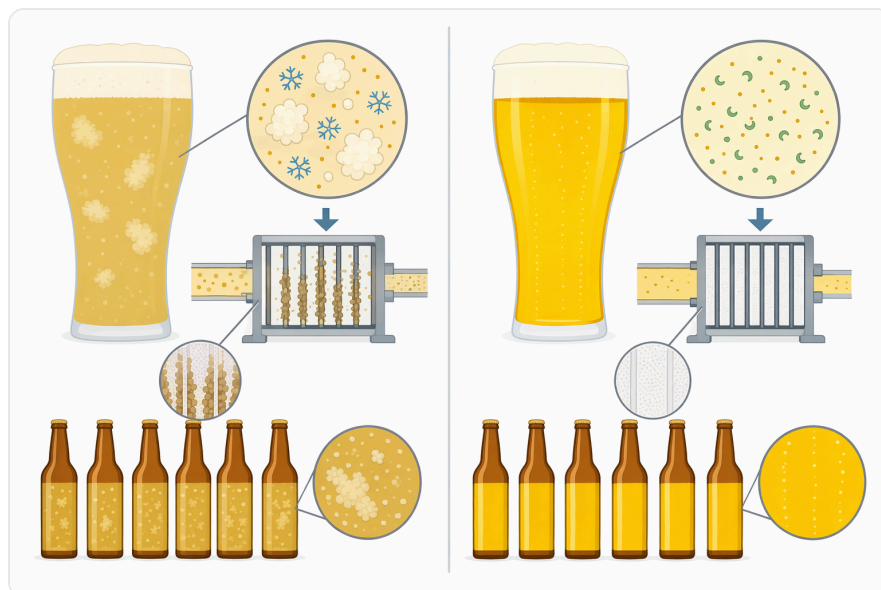


Figure 3. 프롤린 특이적 프로테아제는 전체 단백질을 무차별적으로 줄이기보다, 혼탁 형성에 관여하는 프롤린 풍부 펩타이드 부위를 표적으로 한다는 점에서 광범위하게 작용하는 산성·중성·알칼리성 프로테아제와 다르다.

このため、プロラインプロテアーゼの実務上の価値は、「強く分解すること」ではなく、「ヘイズに関わりやすいプロリンリッチ領域を狙って、必要な範囲で反応させること」にあります。泡を重視するエール、ドライなラガー、グルテン低減を意識した商品では、同じ酵素でも目標とするタンパク質プロファイルが異なります。

グルテン低減を意識したビール設計

大麦、麦芽、小麦を含むビールでは、グルテン関連タンパク質が品質・表示・消費者認識に関係します。プロラインプロテアーゼは、プロリンを多く含み分解されにくいグルテン由来ペプチドに作用する酵素として、グルテン低減を意識した製品設計で検討されます。セリアック病向け酵素補助の議論では、プロリンリッチなグルテンペプチドの分解を目的とする酵素アプローチが注目されており、プロリルエンドペプチダーゼ系酵素の意義が説明されています^[4]。

ただし、酵素を使ったこと自体が、特定の表示や法規制上の適合を自動的に保証するわけではありません。グルテン低減や関連表示は、最終製品の条件、地域ごとの規制、表示基準に基づいて判断されます。プロラインプロテアーゼは、あくまで穀物タンパク質を分解する工程補助の一つであり、医療目的の製品や診断目的の材料ではありません。

原料ばらつき・副原料設計への対応

麦芽の品種、産地、製麦条件、副原料比率が変わると、タンパク質組成、可溶性窒素、ポリフェノール量、ろ過性が変わります。大麦粉中では、タンパク質が他の酵素の吸着やでんぷん消化性にも影響することが報告されており、穀物マトリックスではタンパク質が単独ではなく、でんぷん、多

糖、酵素、フェノール成分と相互作用しています^[9]。

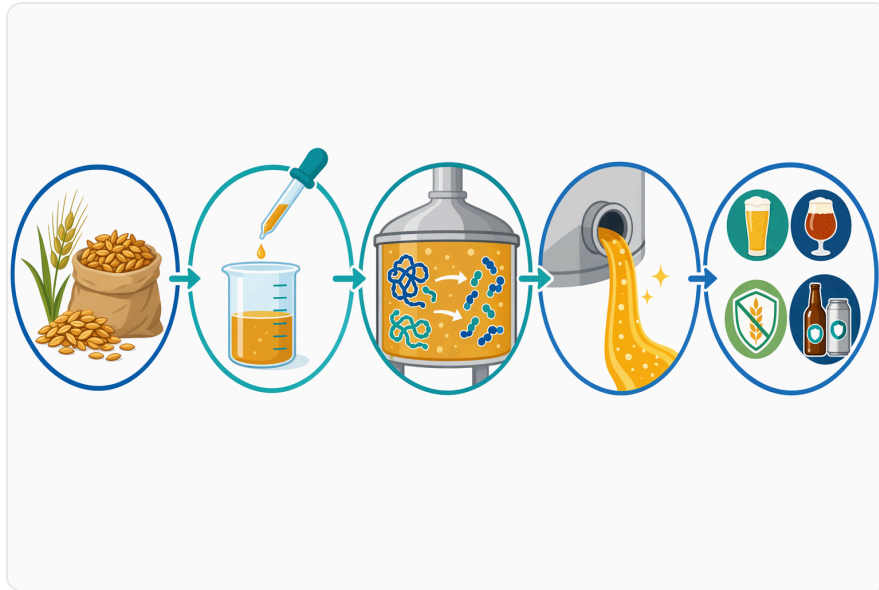


Figure 4. 맥주 양조 공정에서는 이후 단계에서 효소 활성이 제한되기 전에 곡물 단백질과 접촉할 시간이 확보되는 지점에 프로린 프로테아제를 투입할 수 있다.

副原料や地域穀物を使用するビールでは、タンパク質の分解性が麦芽主体の設計と異なることがあります。プロラインプロテアーゼは、こうした原料変動の中で、プロリンリッチタンパク質に由来する濁りや不安定性を補正する選択肢になります。ただし、原料そのもののポリフェノール量や熱履歴が強く影響する場合、プロテアーゼだけで全ての外観問題を解決できるわけではありません。

比較表：醸造で使われる主な酵素とプロラインプロテアーゼの違い

酵素タイプ	主な対象成分	醸造での主な狙い	プロラインプロテアーゼとの違い	注意点
プロラインプロテアーゼ	プロリンを多く含む穀物タンパク質、グルテン関連ペプチド	チルヘイズ抑制、コロイド安定性、グルテン低減設計	プロリン周辺の難分解性領域に焦点を当てる	泡やボディに関わるタンパク質への影響を考慮する
一般プロテアーゼ	広範なタンパク質、ペプチド	可溶性窒素の調整、タンパク質分解、ろ過性改善	基質範囲が広く、プロリン特異性は限定的な場合がある	過剰分解により泡・口当たりが変わる可能性
アミラーゼ	でんぷん、デキストリン	糖化、発酵性糖の生成、アルコール収率調整	タンパク質ではなく炭水化物を対象とする	麦汁の発酵性や甘味・ボディに影響

酵素タイプ	主な対象成分	醸造での主な狙い	プロラインプロテアーゼとの違い	注意点
β -グルカナーゼなどの多糖分解酵素	β -グルカン、細胞壁多糖	粘度低下、ろ過性改善、抽出効率改善	ヘイズタンパク質ではなく多糖マトリックスを主に処理	原料の細胞壁成分が多い場合に影響が大きい
内在性麦芽酵素	麦芽中のタンパク質、でんぷん、多糖	マッシング中の自然な分解反応	原料由来で制御幅が限定される	麦芽品質、温度、阻害因子の影響を受ける

麦芽にはもともと多様な酵素が含まれていますが、内在性酵素だけでは原料ばらつき、低温流通、透明性要求、グルテン低減志向に十分対応できない場合があります。麦芽中の内在性エンドプロテアーゼ阻害因子が製麦・醸造中のタンパク質分解に関わることも報告されており、外部からの酵素利用は、工程制御の自由度を高める手段として理解できます^[3]。

工程中での考え方：添加位置よりも「反応させたい基質」が重要

プロラインプロテアーゼは、麦汁段階、発酵段階、熟成前後など、目的に応じて工程中の異なる位置で検討されます。重要なのは、どこに加えるかを固定的に考えるのではなく、どの段階でヘイズ関連タンパク質が可溶状態にあり、酵素が基質にアクセスしやすく、泡や香味への影響を過度に出さずに反応できるかです。食品酵素の設計とスクリーニングに関するレビューでも、酵素の実用性は基質特異性、安定性、プロセス条件への適合性によって左右されるとされています^[10]。

マッシング中は、温度とpHが酵素反応を大きく支配します。麦芽酵素の作用域に関する研究では、等温マッシング条件が麦汁組成に影響することが示され、酵素ごとの温度依存性を理解することが重要とされています^[5]。プロラインプロテアーゼを考える場合も、糖化酵素や多糖分解酵素と同じく、反応環境の中でどれだけ基質に接触できるかが結果を左右します。

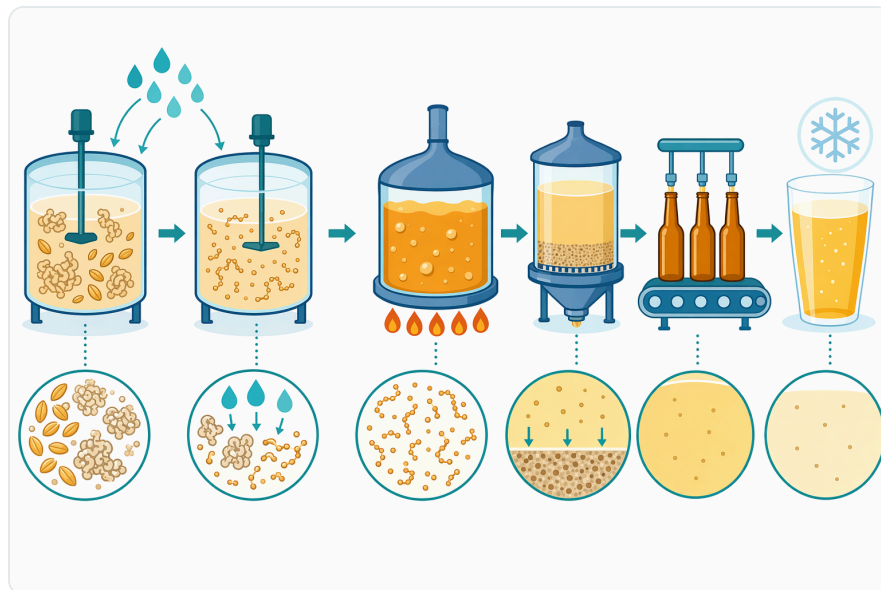


Figure 5. 양조 기술 문헌에서는 혼탁 형성에 관여하는 단백질을 줄이기 위해, 특히 당화와 같은 초기 단계에서 생산 중 프롤린 특이적 엔도프로테아제를 사용하는 방법을 설명한다.

発酵段階では、酵母の窒素利用、アルコール生成、pH低下、タンパク質沈降、ポリフェノール反応が同時に進みます。この段階でプロラインプロテアーゼを用いる場合、ヘイズ関連タンパク質がまだ十分に分散しているタイミングで分解できる可能性がある一方、発酵中の香味形成や泡関連成分への影響も考慮されます。酵母由来素材や酵母加工においても、酵素による精密加水分解は、目的成分の放出や機能性調整に使われるアプローチとして整理されています^[11]。

熟成・清澄工程に近い段階では、最終外観に近い状態でタンパク質由来の濁りを調整できる利点があります。ただし、既に大きく凝集した濁りや、ポリフェノール酸化、金属イオン、微生物汚染、ろ過条件に起因する問題は、プロテアーゼだけでは解決しにくい場合があります。酵素は原因タンパク質を変える手段であり、工程衛生、酸素管理、原料管理、ろ過設計と併せて考える必要があります。

醸造副産物・タンパク質加水分解研究から見える技術的背景

ビール粕や使用済み酵母に関する研究は、プロラインプロテアーゼそのものの直接評価ではないものの、醸造由来タンパク質を酵素分解したときに機能特性が変わることを示しています。ビール粕タンパク質を酵素加水分解すると、得られる加水分解物の溶解性や技術機能が変化することが報告されており、タンパク質の分解制御が食品素材の物性に直結することが分かります^[8]。

ビール粕の可溶化では、炭水化物分解酵素とペプチダーゼを組み合わせることで、細胞壁多糖とタンパク質の複合的なマトリックスを崩し、可溶性画分を増やす試みが行われています^[12]。これは醸造液中の清澄化とは別の用途ですが、穀物由来マトリックスではタンパク質だけでなく多糖やフェ

ノール成分が絡み合い、酵素選択が結果に大きく影響することを示しています。

使用済み酵母についても、酵素処理や分画によって高付加価値成分を回収する研究が進んでいます。使用済みビール酵母は、タンパク質、ペプチド、核酸、 β -グルカン、マンナンなどを含む資源として整理され、加工条件により食品・飼料・栄養素材への応用可能性が検討されています^[13]。プロラインプロテアーゼの醸造用途はビール本体の安定化が中心ですが、タンパク質を狙って改質するという考え方は、醸造副産物利用の研究とも共通しています。



Figure 6. 프롤린이 풍부한 펩타이드를 표적으로 하는 동일한 원리는 투명 맥주, 글루텐 저감 맥주 공정, 단백질 혼탁이 있는 음료 시스템, 특수한 쓴맛 펩타이드 가수분해에도 적용될 수 있다.

効果が出やすい条件と限界

プロラインプロテアーゼの効果が見えやすいのは、ヘイズの主因がプロリンリッチな穀物タンパク質とポリフェノールの相互作用にある場合です。麦芽比率が高いビール、透明性を重視するビール、低温流通で濁り戻りが起こりやすいビール、グルテン低減を意識した商品設計では、プロラインプロテアーゼの技術的意義が大きくなります。食品加工酵素のレビューでも、酵素の有効性は対象基質と反応環境の適合によって決まることが強調されています^[2]。

一方で、濁りの原因が酵母残存、微生物汚染、酸化ポリフェノール、でんぷん濁り、 β -グルカン由来の粘性、ろ過不良、冷却条件の変動である場合、プロラインプロテアーゼだけでは十分な改善が得られない可能性があります。たとえば大麦中のタンパク質はでんぷん消化や酵素吸着にも影響し、穀物マトリックス全体の挙動は単一酵素では説明できません^[9]。

また、タンパク質を分解する以上、泡、口当たり、香味、残存ペプチドによる苦味に影響する可能性があります。ビール粕タンパク質加水分解物の研究でも、タンパク質分解により機能特性が変化することが示されており、加水分解は単純な除去ではなく、食品物性を再設計する操作です^[14]。

Enzymes.bioでの提供範囲

Enzymes.bioは、プロラインプロテアーゼ液体醸造添加剤を供給する事業者であり、製造業者または研究機関として本品を提示するものではありません。製品はオンラインで直接購入できる1 kg単位の供給品として扱われ、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。ここでの技術説明は、公開研究に基づく醸造用途の理解を支援するものであり、特定の醸造条件における結果を保証するものではありません。

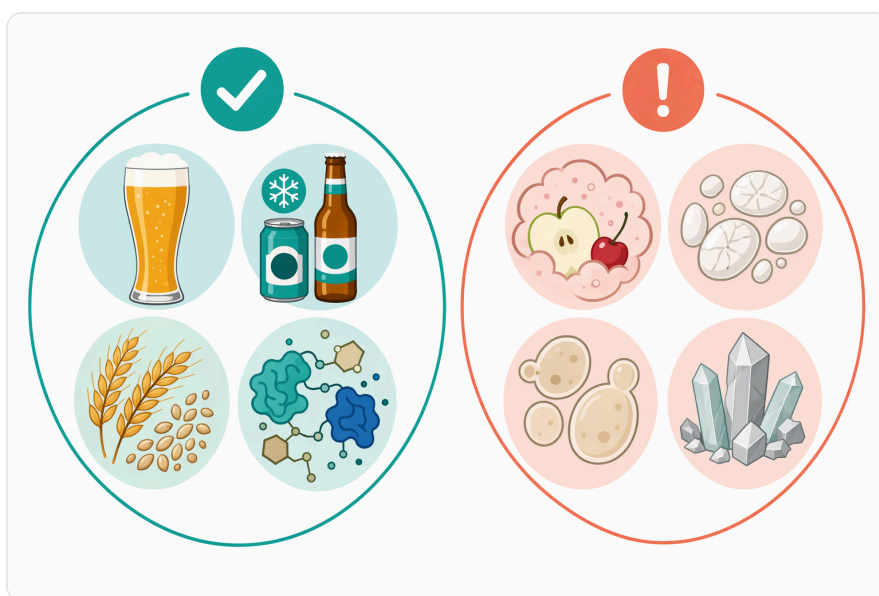


Figure 7. 프롤린 프로테아제는 혼탁이 단백질과 관련되어 있고 불안정성에 프롤린이 풍부한 곡물 단백질 분획이 관여할 때 가장 적합하다.

本品を評価する際は、単なる「清澄化添加剤」ではなく、プロリンリッチなタンパク質を酵素的に切断し、ビール中のコロイド形成性を変える補助酵素として捉えることが重要です。食品酵素は、化学的添加ではなく、基質に対する選択的な反応を通じて品質を変える加工支援ツールであり、その効果は基質、工程、製品設計に依存します^[7]。

まとめ：透明性と品質一貫性を狙う醸造用プロテアーゼ

プロラインプロテアーゼ液体醸造添加剤は、ビール中のプロリンリッチな麦芽・穀物タンパク質を加水分解し、チルヘイズ、保存中の濁り、ろ過負荷、グルテン低減設計に関わるタンパク質プロファイルを制御するための食品用途プロテアーゼです。一般プロテアーゼよりも、プロリン周辺の難分解性領域に焦点を当てる点が、醸造用途での特徴です。

ただし、醸造中のタンパク質は泡、ボディ、香味にも関係するため、プロラインプロテアーゼは「多く分解する」ためではなく、「狙ったタンパク質反応を適度に変える」ために使う酵素です。原料のタンパク質組成、ポリフェノール量、工程温度、pH、発酵条件、熟成条件によって効果は変動します。Enzymes.bioからオンラインで供給される本品は、透明性、保存安定性、工程一貫性を高めたい醸造・飲料加工用途において、科学的合理性のある酵素選択肢として位置づけられます。

Food-Grade Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G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 Protease Proline Protease Liquid Brewing Additive 100G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. Kumar, A., Dhiman, S., Krishan, B., Samtiya, M., Kumari, A., Pathak, N., Kumari, A., ... et al. (2024). Microbial enzymes and major applications in the food industry: a concise review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 6.
2. Thakur, H., Mankotia, S., & Rajput, R. (2024). Role of Enzymes in Food Processing. *European Journal of Nutrition & Food Safety*.
3. Jones, B. (2005). The endogenous endoprotease inhibitors of barley and malt and their roles in malting and brewing. *Journal of Cereal Science*, 42, 271-280.
4. König, J., & Brummer, R. (2018). Is an enzyme supplement for celiac disease finally on the cards?. *Expert Review of Gastroenterology & Hepatology*, 12, 531 - 533.
5. Laus, A., Endres, F., Hutzler, M., Zarnkow, M., & Jacob, F. (2022). Isothermal Mashing of Barley Malt: New Insights into Wort Composition and Enzyme Temperature Ranges. *Food and Bioprocess Technology*, 15, 2294 - 2312.
6. Zheng, N., Long, M., Zhang, Z., Du, S., Huang, X., Osire, T., & Xia, X. (2023). Behavior of enzymes under high pressure in food processing: mechanisms, applications, and developments. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64, 9829 - 9843.
7. Aslam¹, M. U., Aslam¹, E., Shahbaz², M., Aslam, M. U., & Shahbaz, M. (2025). FOOD CHEMISTRY AND ENZYMATIC REACTIONS: UNDERSTANDING THE ROLE OF ENZYMES IN FOOD PROCESSING: A

NARRATIVE REVIEW. Insights-Journal of Health and Rehabilitation.

8. Celus, I., Brijs, K., & Delcour, J. (2007). Enzymatic hydrolysis of brewers' spent grain proteins and technofunctional properties of the resulting hydrolysates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 21, 8703-10 .
9. Yu, W., Zou, W., Dhital, S., Wu, P., Gidley, M., Fox, G., & Gilbert, R. (2018). The adsorption of α -amylase on barley proteins affects the in vitro digestion of starch in barley flour. *Food Chemistry*, 241, 493-501 .
10. Wu, J., Wang, Z., Zeng, M., He, Z., Chen, Q., & Chen, J. (2024). Comprehensive Understanding of Laboratory Evolution for Food Enzymes: From Design to Screening Innovations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
11. Deng, J., Li, Z., Lv, X., Chen, J., & Liu, L. (2026). Precision hydrolysis: tailored yeast processing enzymes for yeast-based products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 110.
12. Treimo, J., Westereng, B., Horn, S., Forssell, P., Robertson, J., Faulds, C., Waldron, K., ... et al. (2009). Enzymatic solubilization of brewers' spent grain by combined action of carbohydrases and peptidases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 8, 3316-24 .
13. Marson, G. V., Castro, R. J. S., Belleville, M., & Hubinger, M. (2020). Spent brewer's yeast as a source of high added value molecules: a systematic review on its characteristics, processing and potential applications. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 36, 1-22.
14. Zhang, J., Perez-Gavilan, A., & Neves, A. C. (2024). Determination of Functionalities of Proteins and Their Corresponding Hydrolysates from Brewers' Spent Grain. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 83, 203 - 214.

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。