

Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4 : ビールの冷却白濁対策用プロテアーゼ

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

Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4は、ビールの冷却時に現れる白濁、いわゆるチルヘイズを抑える目的で使用される醸造用プロテアーゼ酵素です。チルヘイズは、ビール中のヘイズ活性タンパク質とポリフェノールが低温で複合体を形成し、光を散乱することで視認されるコロイド不安定化現象として説明されています^[1]。Enzymes.bioは本品を製造業者ではなく供給業者として扱い、製品ページから1kg単位でオンライン購入でき、注文時にCoAおよびSDSが併せて提供されます。

チルヘイズ予防用プロテアーゼとは何か

Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4は、醸造工程またはビールの後工程で、冷却白濁に関与するタンパク質成分を酵素的に小さなペプチドへ分解し、ビールの外観安定性を支援するためのプロテアーゼです。プロテアーゼはタンパク質中のペプチド結合を加水分解する酵素群であり、醸造分野ではタンパク質性濁り、ろ過性、貯蔵中のコロイド安定性に関係する技術として長く検討されてきました^[2]。

ビールは糖、アルコール、有機酸、ミネラル、タンパク質、ペプチド、ポリフェノール、多糖類を含む複雑なコロイド系です。外観が透明に見えるビールでも、ヘイズ形成に関与する前駆体が残っていれば、冷蔵流通、低温保管、温度変動、時間経過によって白濁が顕在化します。チルヘイズ対策用プロテアーゼは、このうちタンパク質側の前駆体を標的にする安定化手段です^[1]。

本品名に含まれるCAS 232-642-4は、酵素カテゴリーを識別するために商業上用いられる情報です。ただし、酵素製品は単一の低分子化学品とは異なり、タンパク質性の生体触媒として作用します。そのため本稿では、CAS番号そのものではなく、ビール中のヘイズ活性タンパク質を分解して冷却白濁を抑制するプロテアーゼとしての機能に焦点を当てます。

チルヘイズが商業上の問題になる理由

チルヘイズは香味欠陥そのものではない場合でも、消費者には「古い」「劣化している」「ろ過が不十分」と受け取られやすい外観上の欠点です。特にラガー、ピルスナー、ゴールデンエール、ペールエール、輸出向けの明澄ビールでは、冷蔵棚で白濁が見えることがブランド印象に直結します。ビールのコロイド安定性は、製造直後の透明度だけでなく、流通中と賞味期間中に外観を維持できるかという品質指標です^[3]。

チルヘイズは「冷やすと濁り、温めると薄れる」可逆的な段階から始まる 경우가多く、時間の経過とともに常温でも残る不可逆的な永久混濁へ移行することがあります。この変化は、タンパク質とポリフェノールの相互作用が進み、より大きく、沈降または懸濁しやすい複合体へ成長する過程として理解されます。したがって、初期段階でヘイズ前駆体を減らすことは、冷却白濁だけでなく長期外観安定性の管理にも関係します^[1]。

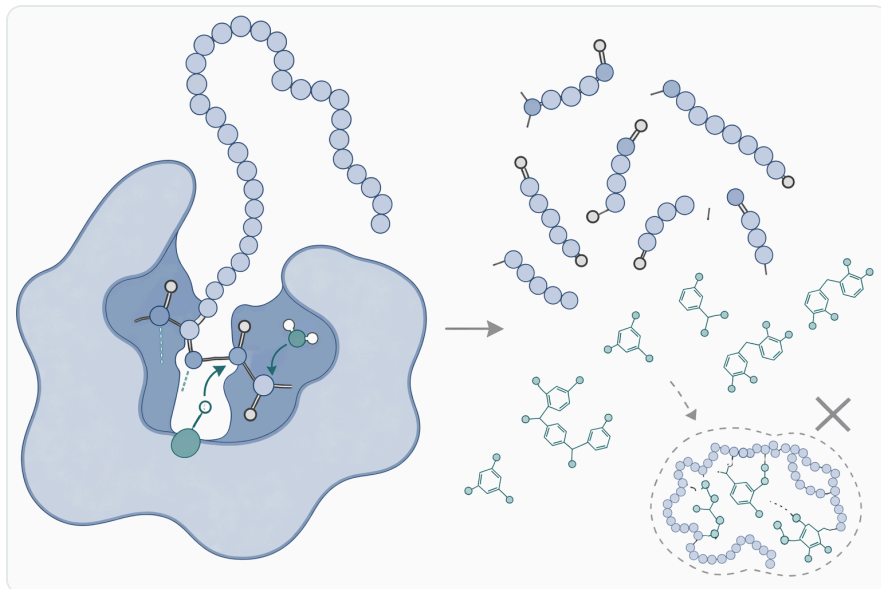


Figure 1. 양조용 프로테아제는 헤이즈 활성 단백질이 폴리페놀과 결합해 불용성 복합체를 형성하기 전에 이를 가수분해하여 저온 혼탁을 줄입니다.

醸造所にとって難しいのは、濁りだけを減らせばよいわけではない点です。タンパク質とペプチドは、泡、口当たり、ボディ、香味の保持にも関与します。過度のタンパク質除去や非選択的な分解は、透明度を改善しても、泡持ちや飲みごたえを損なう可能性があります。ビール泡の形成と安定には疎水性タンパク質、ポリペプチド、ホップ由来成分、炭酸ガス、液相粘度などが複合的に関与するため、チルヘイズ対策は泡品質とのバランスで考える必要があります^[4]。

作用機序：プロテアーゼが冷却白濁を抑える流れ

ビール中のヘイズ形成では、プロリンに富む大麦由来タンパク質断片と、ホップや麦芽に由来するポリフェノールの相互作用が重要です。ポリフェノールは複数の結合点を持ち、タンパク質上の特定領域と相互作用して架橋構造を作ります。複合体が小さいうちは透明に近い状態を保ちますが、低温では溶解性が下がり、粒子が成長して光を散乱するため、白濁として観察されます^[1]。

プロテアーゼは、このタンパク質側の構造を短いペプチドへ切断します。ヘイズ活性の高いタンパク質が小さな断片へ変わると、ポリフェノールと多点結合して大きな不溶性複合体を形成する能力が下がります。結果として、冷却時に散乱粒子が成長しにくくなり、ビールのコロイド安定性が改善されます。この考え方は、プロテアーゼをビール安定化に応用する研究の基本的な機序と整合します^[2]。

特に注目されるのが、プロリン特異的エンドプロテアーゼ、またはプロリルエンドペプチダーゼと呼ばれるタイプの酵素です。大麦の貯蔵タンパク質であるホルデイン系タンパク質にはプロリンに富む領域が多く、一般的なプロテアーゼでは切断されにくい配列が残ることがあります。プロリン特異的酵素は、このプロリン周辺の結合を切断しやすいため、チルヘイズ前駆体の低分子化に適した酵素群として研究されています^[5]。

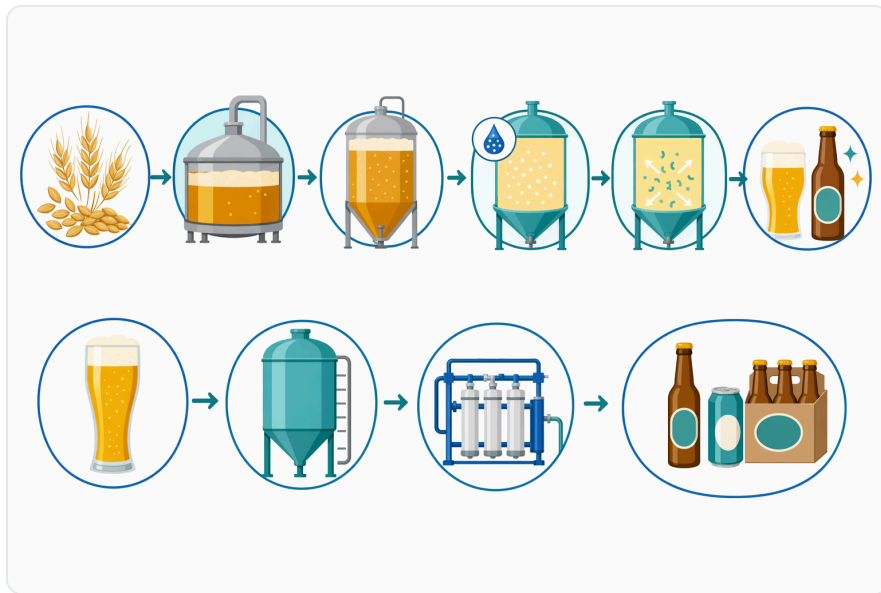


Figure 2. 양조 공정에서 프로테아제는 여과 및 포장 전에 콜로이드성 투명도를 개선하기 위해 맥주 안정화 단계에서 투입됩니다.

作用の流れを工程上の言葉で整理すると、まず麦芽や副原料に由来するヘイズ活性タンパク質が麦汁またはビール中に残存します。次に、発酵、熟成、保管、流通の過程でポリフェノールとの相互作用が進みます。プロテアーゼを適切な段階で作用させると、これらのタンパク質がより短い断片

へ変わり、ポリフェノールによる架橋が大きな粒子へ発展しにくくなります。このため、チルヘイズ予防用プロテアーゼは「濁ったビールを後から透明にする薬剤」というより、ヘイズ前駆体を分解して将来の白濁リスクを下げる酵素的安定化手段として位置づけられます^[1]。

研究から見たプロテアーゼによるビール安定化

プロテアーゼによるビール安定化は新しい発想ではありません。1970年代の研究でも、ビール安定化を目的としたタンパク質分解酵素の分析的検討が行われ、タンパク質性ヘイズを酵素で制御する可能性が扱われていました。これは、現代のプロリン特異的エンドプロテアーゼ利用に至る前から、タンパク質側の制御がビールのコロイド安定性にとって重要視されていたことを示します^[2]。

近年の研究では、より酵素特異性の高いアプローチが重視されています。Aspergillus oryzae由来の新規プロリルエンドペプチダーゼをクローニング・発現し、ビール安定化へ応用した研究では、プロリン関連配列を標的とする酵素がチルヘイズ対策に有用な候補として検討されています。これは、単に総タンパク質量を減らすのではなく、ヘイズ形成に関与しやすいプロリンリッチなタンパク質断片を狙う方向性を示しています^[5]。

フルスケール醸造での検討も、酵素、清澄剤、副原料がコロイド安定性に及ぼす影響を把握するうえで重要です。実製造に近い条件では、麦芽ロット、ホップ設計、副原料、発酵条件、ろ過、熟成、包装後の温度履歴が同時に影響します。したがって、酵素処理の効果は単独の反応だけでなく、既存の清澄化・安定化工程全体の中で評価されます^[3]。

酵素処理と物理的な清澄化を組み合わせる研究もあります。ラガービールの清澄化・安定化を、酵素処理、遠心分離、再生可能PVPP、クロスフロー精密ろ過の順次処理で行う手順が検討されており、ビール安定化が単一手段ではなく複数の工程単位の組み合わせで設計されることを示しています^[6]。プロテアーゼは其中で、主にタンパク質側のヘイズ前駆体を低分子化する役割を担います。



Figure 3. 저온 혼탁 방지용 프로테아제는 맥주 생산에서 주로 투명도, 여과 성능 및 저장 안정성을 개선하는 데 사용됩니다.

また、珪藻土やPVPPに依存しない清澄化・安定化プロセスを目指す研究も報告されています。こうした研究は、従来のろ過助剤や吸着剤だけに頼るのではなく、酵素、膜分離、遠心分離などを組み合わせて、工程負荷や廃棄物を抑えながらビール安定性を確保する方向性を示しています^[7]。

他のチルヘイズ対策との比較

チルヘイズ対策には、タンパク質側を処理する方法、ポリフェノール側を処理する方法、粒子や前駆体を物理的に除去する方法があります。プロテアーゼは、ヘイズ活性タンパク質を小さくする酵素的アプローチであり、PVPPやシリカゲルのような吸着材、ろ過や遠心分離のような物理処理とは作用点が異なります^[1]。

対策の種類	主な作用点	代表的な位置づけ	利点	注意点
プロテアーゼ酵素	ヘイズ活性タンパク質、プロリンリッチペプチド	タンパク質側の前駆体を分解	冷却白濁の原因側に直接作用し、既存工程に組み込みやすい	泡、ボディ、口当たりとのバランスを考える必要がある
PVPP	ポリフェノール	ポリフェノール吸着による安定化	タンパク質を直接分解しない	運用、再生、廃棄、工程设计との関係を考慮する必要がある
シリカゲル	タンパク質	ヘイズ活性タンパク質の吸着除去	ビール安定化で広く研究される吸着型手段	吸着選択性とビール品質への影響を工程内で管理する必要がある

対策の種類	主な作用点	代表的な位置づけ	利点	注意点
遠心分離・ろ過	懸濁粒子、酵母、コロイド粒子	物理的清澄化	目に見える粒子や粗い濁りを除去しやすい	可溶性のヘイズ前駆体には単独で不十分な場合がある
低温熟成	不安定成分の沈降促進	伝統的な安定化	香味熟成と合わせて運用できる	時間、タンク容量、エネルギー負荷が必要

PVPPはポリフェノール側、シリカゲルはタンパク質側に作用する代表的な吸着手段として扱われます。新しいシリカゲル銘柄を用いたビールのコロイド安定化効率の研究では、吸着材による安定化が依然として重要な技術領域であることが示されています^[8]。一方、プロテアーゼは吸着ではなく分解で作用するため、工程設計上の役割が異なります。

ろ過工程については、酵素的手段や微生物学的手法を組み込んで管理する研究もあります。ビールのろ過で問題となるのは、酵母や粗大粒子だけではなく、 β -グルカン、多糖、タンパク質性コロイドなどが絡む粘度や膜詰まりです。プロテアーゼはチルヘイズ対策が主目的ですが、タンパク質由来の工程負荷を下げる方向で、清澄化全体の一部として考えられることがあります^[9]。

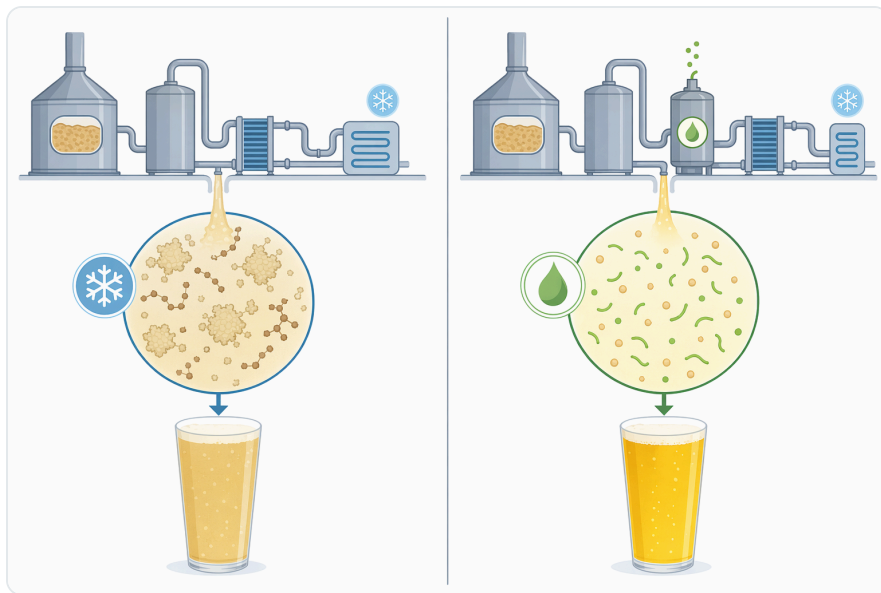


Figure 4. 비효소적 안정화만 적용한 경우와 비교해, 프로테아제 처리는 맥주의 밝은 색과 투명감을 유지하면서 헤이즈 활성 단백질 함량을 직접 낮춥니다.

どの工程で考えられるか

チルヘイズ予防用プロテアーゼは、醸造所の設計によって、麦汁段階、発酵段階、熟成・コンディショニング段階のいずれかで検討されます。どの段階が適切かは、酵素の性質、ビールのpH、温度、接触時間、目的とする透明度、泡品質、既存のろ過・安定化工程によって変わります。酵素は温度とpHの影響を受けるため、単に添加するだけではなく、酵素が作用できる工程条件に置かれることが重要です^[3]。

麦汁側で処理する考え方では、発酵前または発酵初期にヘイズ前駆体となるタンパク質を減らすことを狙います。発酵中に処理する考え方では、酵母の代謝と並行してタンパク質断片化が進むため、発酵後の清澄化負荷を下げる可能性があります。熟成・コンディショニング段階で処理する考え方では、完成ビールに近い組成の中で残存ヘイズ前駆体に作用させる位置づけになります^[6]。

ただし、プロテアーゼは「多く使えば安定性が比例して上がる」ものではありません。泡形成に關与するタンパク質や、口当たりに寄与するペプチドまで過度に分解すれば、見た目は改善しても製品特性が変わる可能性があります。ビール泡の安定はタンパク質だけでなくホップ由来イソ α 酸、粘度、炭酸ガス、界面現象に支えられていますが、タンパク質分解の程度は泡品質の設計上無視できません^[4]。

プロリン特異的エンドプロテアーゼの意味

チルヘイズ対策で「プロリン特異的」という語が重要なのは、大麦由来タンパク質の性質と関係します。ホルデインなどの貯蔵タンパク質はプロリンとグルタミンを多く含む領域を持ち、これらの断片は醸造工程を経ても残存しやすい場合があります。ポリフェノールと結びつく能力を持つ断片が残ると、冷却時にヘイズ複合体を作る前駆体になります^[1]。

一般的なプロテアーゼは多様なペプチド結合を切断しますが、プロリンの環状構造はペプチド鎖の立体配座を制限するため、プロリン周辺の結合は酵素によって切断されにくいことがあります。プロリン特異的エンドプロテアーゼは、この難分解領域を切断対象にできるため、ヘイズ形成に關与しやすいプロリンリッチペプチドを低分子化する手段として研究されてきました^[5]。

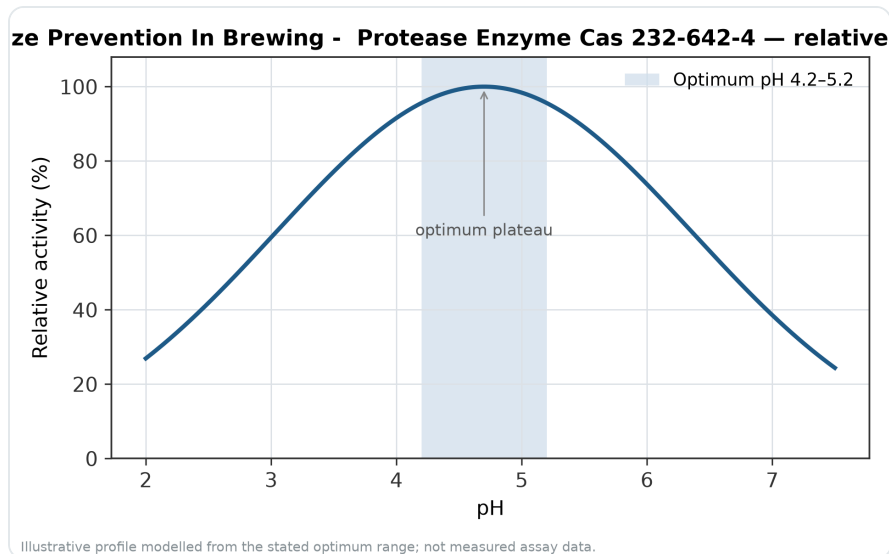


Figure 5. pH에 따른 저온 혼탁 방지용 양조 프로테아제 효소(CAS 232-642-4)의 상대 활성으로, pH 4.2-5.2에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

この特性は、グルテン関連タンパク質の低減にも関係します。ただし、チルヘイズ予防用プロテアーゼを使用したビールを、直ちにグルテンフリーと同義に扱うことはできません。プロリンリッチなタンパク質断片の分解は、グルテン関連ペプチドの低減に寄与し得ますが、表示や消費者向け訴求は地域規制、原料、製造条件、分析上の扱いと切り離せません。ここでは本品を、あくまでチルヘイズ抑制を主目的とするプロテアーゼとして位置づけるのが正確です^[5]。

ビールスタイル別に見た有用性

透明感を重視するラガー、ピルスナー、ヘレス、ゴールデンエールでは、冷蔵時の白濁は品質印象を大きく下げます。これらのスタイルでは、麦芽由来のボディや泡を維持しながら、低温流通中の外観安定性を確保する必要があります。プロテアーゼによるヘイズ前駆体の低分子化は、こうした明澄ビールで特に実務的な意味を持ちます^[3]。

ペールエールや一部のIPAでは、ホップ由来ポリフェノール量が多くなりやすく、タンパク質との相互作用が外観に影響することがあります。ただし、近年のクラフトビールでは、意図的に濁りを持たせるヘイジーIPAやニューイングランドIPAも存在します。これらでは濁りがスタイル特性であるため、チルヘイズ予防用プロテアーゼの目的は「すべての濁りを消すこと」ではなく、意図しない冷却白濁や貯蔵中の不安定化を抑えることに限定して考える必要があります^[1]。

輸出向けや長期流通品では、時間、温度変動、振動、保管条件のばらつきが重なります。製造直後に透明であっても、流通中にヘイズ前駆体が成長すれば、消費地で白濁が問題になります。プロテアーゼは、こうした将来のコロイド不安定化に対して、タンパク質側からリスクを低減する選択肢です^[6]。

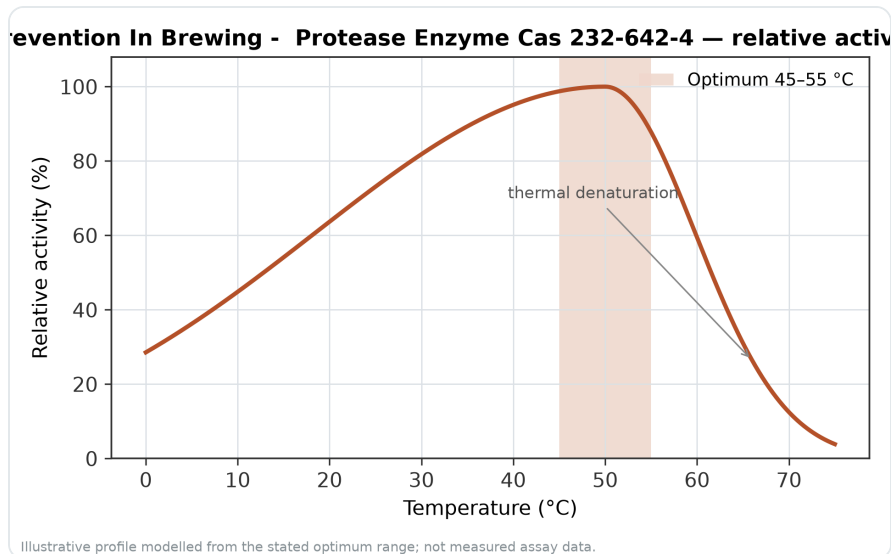


Figure 6. 온도에 따른 저온 혼탁 방지용 양조 프로테아제 효소(CAS 232-642-4)의 상대 활성으로, 45-55° C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

부원료를 사용하는ビールでも、原料由来成分のばらつきがコロイド安定性に影響します。米、コーン、糖化副原料、小麦、オーツなどの設計は、タンパク質、多糖、ポリフェノール、粘度、ろ過性に異なる影響を与えます。フルスケール醸造で副原料、酵素、清澄剤がビールのコロイド安定性に及ぼす影響を扱った研究は、原料設計と安定化処理を一体で考える必要性を示しています^[3]。

泡、口当たり、香味への考え方

プロテアーゼ処理で最も注意すべき品質項目の一つが泡です。泡は消費者が最初に見る品質要素であり、グラス内での泡持ち、泡のきめ細かさ、レーシングはビールの印象を左右します。ビール泡はタンパク質、ホップ苦味成分、界面活性成分、炭酸ガス、液体の粘性が関与する複雑な現象であり、タンパク質を扱うプロテアーゼ処理は泡品質と切り離せません^[4]。

一方で、ヘイズ活性タンパク質と泡陽性タンパク質は完全に同じ概念ではありません。目的に合ったプロテアーゼを適切に作用させれば、ヘイズ形成に関与しやすいタンパク質断片を低分子化しながら、泡に必要な構造を過度に壊さない設計が可能な場合があります。プロリン特異的エンドプロテアーゼが研究される理由も、このような標的性の高い分解にあります^[5]。

口当たりとボディについても同様です。ビールのボディにはデキストリン、多糖、タンパク質、ペプチド、アルコール、炭酸のバランスが関与します。タンパク質分解が進みすぎると、軽く薄い印象になる可能性があります。ヘイズ前駆体を適度に減らす範囲であれば、透明度の改善と飲みごたえの維持を両立できる余地があります。最終的な品質は、原料設計、糖化、煮沸、発酵、熟成、ろ過の総合結果として決まります^[3]。

香味面では、プロテアーゼ自体がホップ香や麦芽香を直接作るわけではありません。しかし、コロイド状態は香気成分の保持、酸化安定性、舌触りの印象に間接的に関係します。また、安定化工程が過度に強いと、ポリフェノールやタンパク質だけでなく、香味に寄与する微量成分にも影響する場合があります。したがって、プロテアーゼは香味を変える目的ではなく、外観安定性を支える工程補助として扱うのが適切です^[1]。

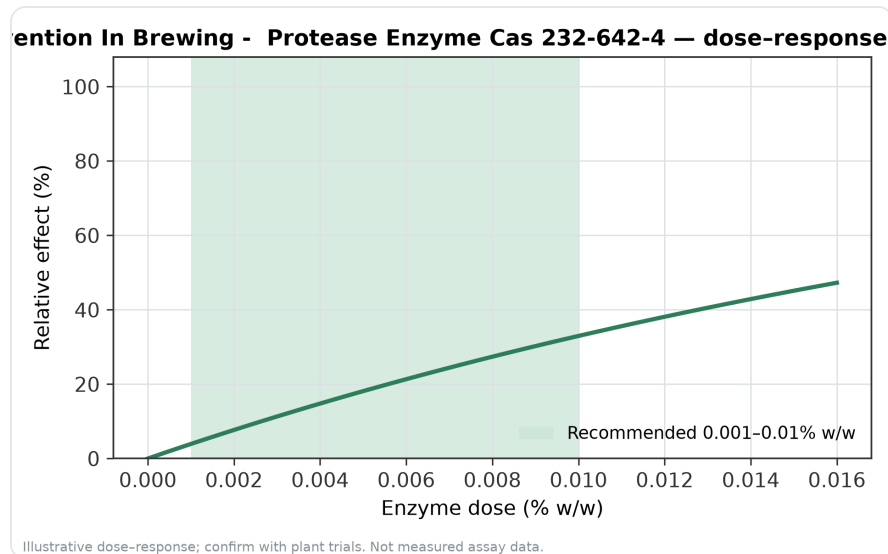


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001-0.01% w/w)에서 저온 혼탁 방지용 양조 프로테아제 효소(CAS 232-642-4)의 예시적 용량-반응 관계입니다.

既存の清澄化工程との組み合わせ

実際の醸造では、プロテアーゼは単独で全ての清澄化を担うのではなく、ワールプール、沈降、遠心分離、熟成、ろ過、吸着安定化などと組み合わせて使われることが多い技術です。粗大粒子や酵母は物理処理で除去し、可溶性または半可溶性のヘイズ前駆体は酵素や吸着材で制御する、という役割分担が考えられます^[6]。

シリカゲルやPVPPは、ビール安定化でよく知られる吸着型的手段です。シリカゲルは主にタンパク質側、PVPPはポリフェノール側を扱う技術として位置づけられます。これに対してプロテアーゼは、対象成分を吸着除去するのではなく、タンパク質を切断してヘイズ形成能を下げます。工程中でどの手段を重視するかは、ビールスタイル、設備、流通条件、求める外観安定性によって変わります^[8]。

珪藻土やPVPPへの依存を減らす清澄化・安定化プロセスを目指す研究は、醸造所が廃棄物、ろ過助剤、工程負荷、作業安全性を意識しながら安定化を再設計していることを示しています。酵素処理は、こうした流れの中で、低温白濁の原因物質そのものを変換するバイオプロセスとして位置づけることができます^[7]。

Enzymes.bioでの提供形態

Enzymes.bioは、Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4をオンラインで供給する事業者であり、製造業者または研究所として本品を提示するものではありません。製品は1kg単位で直接購入でき、オンライン注文の流れに沿って処理されます。注文時には、該当製品に関連するCoAおよびSDSが併せて提供されます。

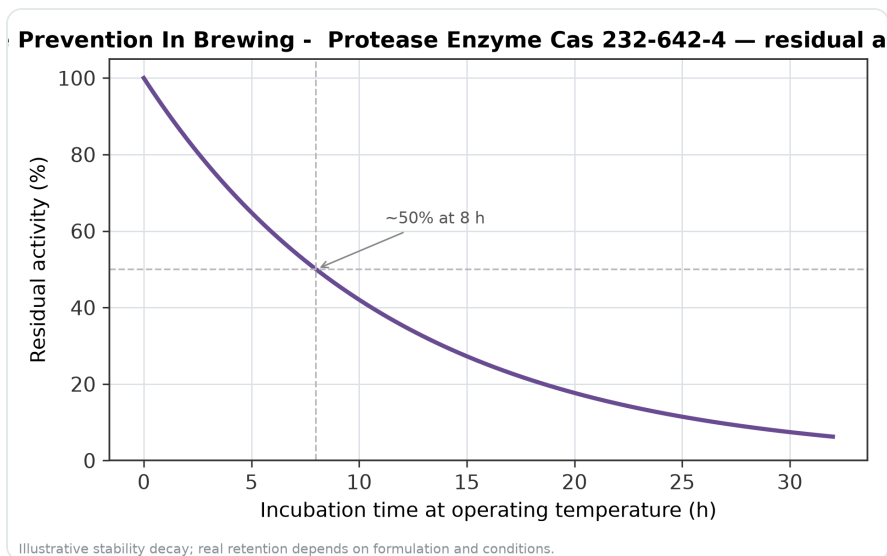


Figure 8. 저온 혼탁 방지용 양조 프로테아제 효소(CAS 232-642-4)의 예시적 열 안정성 감소로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

本品は、ビールの冷却白濁対策、コロイド安定性の補助、タンパク質性ヘイズ前駆体の低減を目的とする醸造用プロテアーゼとして検討されます。実際の工程への組み込みは、各醸造所のビール設計、既存の清澄化・ろ過工程、製品スタイル、流通温度、求める泡品質との整合で考えるべきです。Enzymes.bioの役割は、本品を供給し、注文に伴う文書を提供することです。

まとめ：チルヘイズをタンパク質側から制御する酵素オプション

Chill-Haze Prevention in Brewing Protease Enzyme CAS 232-642-4は、ビール中のヘイズ活性タンパク質を酵素的に分解し、低温での白濁リスクを下げることを目的とするプロテアーゼ酵素です。チルヘイズは、プロリンリッチなタンパク質断片とポリフェノールの相互作用によるコロイド不安定化として説明されるため、タンパク質側の前駆体を低分子化するプロテアーゼ処理には明確な機序上の合理性があります^[1]。

特にプロリン特異的エンドプロテアーゼは、通常のタンパク質分解では残りやすいプロリン周辺の配列を標的にできるため、ビール安定化研究で注目されてきました。Aspergillus oryzae由来プロリルエンドペプチダーゼのビール安定化応用に関する研究は、ヘイズ活性タンパク質を狙う酵素的ア

プローチが醸造分野で実用的関心を持たれていることを示しています^[5]。

本品は、すべての濁りを一律に消す万能処理ではありません。ビールの濁りには、酵母、デンプン、多糖、タンパク質、ポリフェノール、微生物、意図的なスタイル由来の濁りなど複数の要因があります。その中で本品は、冷却時の白濁に関与するタンパク質性前駆体を制御するための酵素オプシオンとして位置づけられます。透明性、冷蔵流通中の外観、貯蔵時のコロイド安定性を重視するビールにおいて、プロテアーゼは既存の清澄化・安定化工程を補完する実務的な選択肢です^[3]。

Chill-Haze Prevention In Brewing - Protease Enzyme Cas 232-642-4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。

[Chill-Haze Prevention In Brewing - Protease Enzyme Cas 232-642-4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. Siebert, K., & Lynn, P. Y. (1997). Mechanisms of beer colloidal stabilization. *Journal of The American Society of Brewing Chemists*, 55, 73-78.
2. Hébert, J., Scriban, R., & Strobbel, B. (1978). Analytical Study of Proteolytic Enzymes for Beer Stabilization. *Journal of The American Society of Brewing Chemists*, 36, 31-38.
3. Królak, K., Kobus, K., & Kordialik-Bogacka, E. (2022). Effects on beer colloidal stability of full-scale brewing with adjuncts, enzymes, and finings. *European Food Research and Technology*, 249, 47-53.
4. Bamforth, C. (2022). The physics and chemistry of beer foam: a review. *European Food Research and Technology*, 249, 3-11.
5. Kang, C., Yu, X., & Xu, Y. (2015). Cloning and expression of a novel prolyl endopeptidase from *Aspergillus oryzae* and its application in beer stabilization. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 42, 263-272.
6. Cimini, A., Marconi, O., Perretti, G., & Moresi, M. (2014). Novel Procedure for Lager Beer Clarification and Stabilization Using Sequential Enzymatic, Centrifugal, Regenerable PVPP and Crossflow Microfiltration Processing. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 3156-3165.

7. Cimini, A., & Moresi, M. (2018). Towards a Kieselguhr- and PVPP-Free Clarification and Stabilization Process of Rough Beer at Room-Temperature Conditions. *Journal of Food Science*, 83 1, 129-137 .
8. Razan, H., Meledina, T., Chernikhovec, E. A., & Manshin, D. V. (2022). The efficiency of using new brands silica gel for colloidal stabilization of beer. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*.
9. Pinguli, L., Malollari, I., Troja, R., Manaj, H., & Dhroso, A. (2018). Controlling beer filtration process through implementation of enzymatic and microbiological techniques. *Journal of Biotechnology*, 2, 165 - 170.


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。