

# Neutral Protease For Beer Brewing：ビール醸造のマッシュ工程でタンパク質分解を補助する中性プロテアーゼ

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

Neutral Protease For Beer Brewingは、ビール醸造のマッシュ工程で麦芽・副原料由来タンパク質を部分的に加水分解し、酵母が利用しやすい窒素成分と低分子ペプチドの形成を助ける中性プロテアーゼです。高副原料レシピ、未発芽穀物の使用、麦芽ロット間のばらつき、低FAN傾向、タンパク質由来の濁りリスクがある醸造設計で、工程を補助する酵素として位置づけられます。Enzymes.bioは本製品を1kg単位でオンライン販売する供給業者であり、製造業者または研究機関ではありません。CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

## ビール醸造における中性プロテアーゼの位置づけ

ビール醸造で用いられる酵素は、糖化だけを目的とするものではありません。アルファアミラーゼやグルコアミラーゼがデンプン分解を担う一方、中性プロテアーゼは麦芽、大麦、米、オーツ、その他副原料に含まれるタンパク質を小さなペプチドやアミノ酸へ変えることで、麦汁中の窒素バランスとタンパク質安定性に関与します。Enzymes.bioの醸造酵素群の中でも、Neutral Protease For Beer Brewingは、糖化酵素ではなく「タンパク質分解を管理するための補助酵素」として理解するのが適切です。

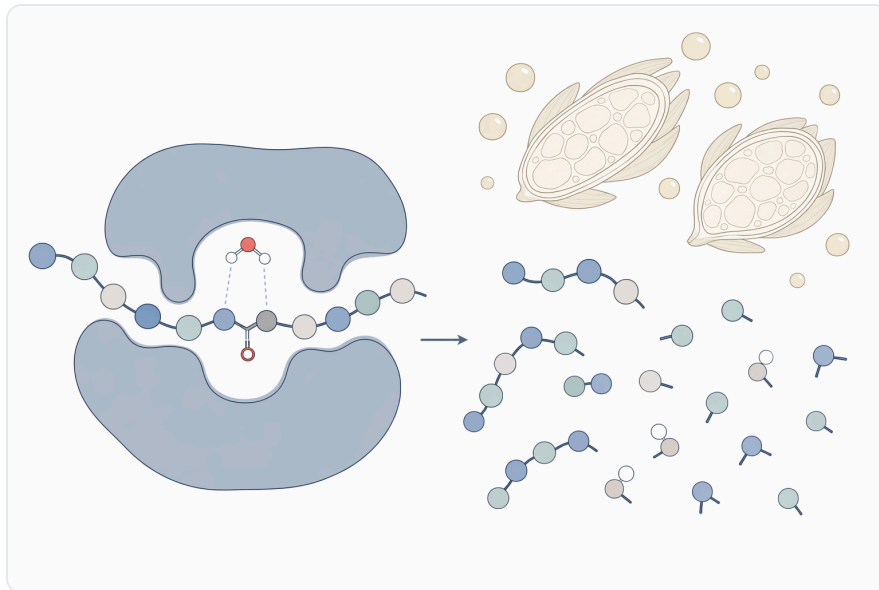
マッシュ中のタンパク質は、単に多いか少ないかではなく、どの程度可溶化し、どの分子サイズまで分解されるかが重要です。高分子タンパク質は濁り、ろ過性、熱・冷却安定性に影響し、低分子ペプチドやアミノ酸は酵母栄養に関係します。中性プロテアーゼは、この両者の間でタンパク質を「完全に消す」のではなく、工程上扱いやすいサイズへ部分分解する役割を持ちます。麦芽品種の選択においても、プロテアーゼ活性やタンパク質分解プロファイルはビール製造適性を評価する有用な形質とされています<sup>[1]</sup>。

この酵素の導入目的は、発酵不良や濁りを単独で解決することではありません。ビールの発酵性、香味、濁り、泡持ちは、糖組成、酵母状態、脂質、ミネラル、酸素供給、温度、ろ過条件など多くの因子で決まります。脂質の由来と発酵中の相互作用がビール品質に影響することもレビューされており、タンパク質分解だけで最終品質を説明することはできません<sup>[2]</sup>。

## Neutral Protease For Beer Brewingが作用する対象

中性プロテアーゼの基質は、麦芽や副原料中の貯蔵タンパク質、可溶化したタンパク質断片、マッシュ中で熱やpH変化を受けたタンパク質です。反応の中心はペプチド結合の加水分解であり、水分子を利用してタンパク質鎖を切断し、より短いペプチドやアミノ酸を生じさせます。醸造工程では、この反応が酵母栄養、麦汁粘度、清澄性、濁り形成傾向に波及します<sup>[1]</sup>。

「中性」という語は、ビール醸造で扱いやすい中性付近の条件で働くプロテアーゼ群を指す実務的な表現です。ただし、実際のマッシュは完全な中性ではなく、麦芽、仕込水、酸調整、原料構成によって弱酸性側にあります。そのため、中性プロテアーゼは、麦芽酵素が働くマッシュ環境の中でタンパク質分解を補助する酵素として考えるべきです。微生物由来プロテアーゼは食品産業で広く研究され、*Aspergillus*属などを用いた生産研究も蓄積されています<sup>[3]</sup>。



**Figure 1.** 중성 프로테아제는 매시에서 곡물 단백질의 접근 가능한 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 펩타이드와 아미노질소 화합물을 형성한다.

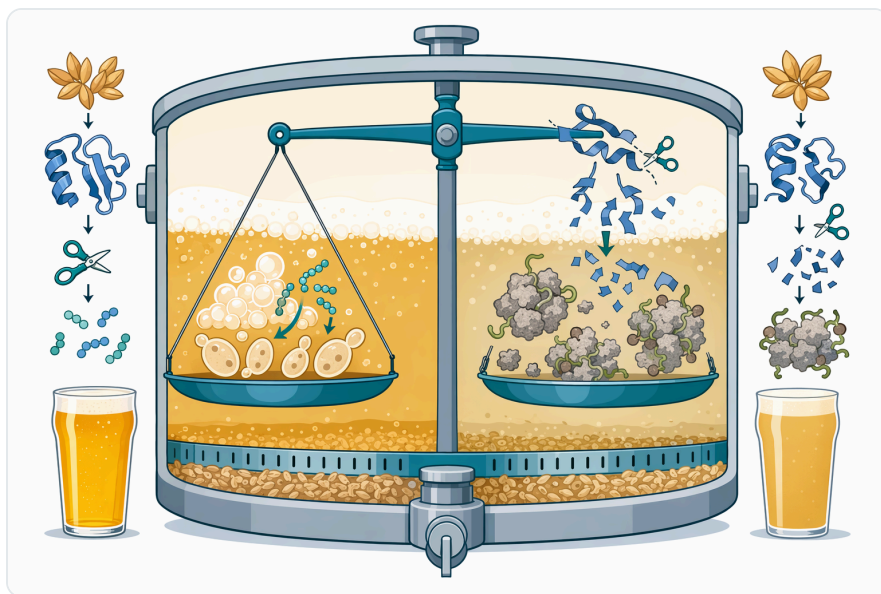
Neutral Protease For Beer Brewingは、プロリルエンドペプチダーゼとは同じ「タンパク質を切る酵素」であっても、醸造上の目的が異なります。プロリルエンドペプチダーゼは、プロリンを多く含むグルテン関連ペプチドの切断に注目されることが多く、*Aspergillus niger*由来プロリルエンドペプチダーゼを固定化してグルテン低減ビールを作る研究もあります<sup>[4]</sup>。一方、中性プロテアーゼは、一般的な麦汁タンパク質の部分分解、窒素成分形成、濁り関連タンパク質の低減補助を主な用途として捉えるべきです。

## マッシュ工程で起こる機序

マッシュでは、粉碎された麦芽や副原料が水と接触し、デンプン、タンパク質、 $\beta$ グルカン、アラビノキシラン、脂質などが溶出・膨潤・分解を受けます。中性プロテアーゼはこのうちタンパク質画分に働きます。まず、原料粒子から溶出したタンパク質や、熱で構造が緩んだタンパク質に酵素が結合します。次に、タンパク質鎖の内部または露出した部位のペプチド結合を切断し、分子量の小さい断片を増やします。結果として、麦汁中の遊離アミノ態窒素や短鎖ペプチドの形成が進みやすくなります<sup>[1]</sup>。

この作用は、酵母にとって意味があります。酵母は糖を発酵してエタノールと二酸化炭素を作りますが、健全な増殖と発酵には窒素源も必要です。アミノ酸や小ペプチドが不足すると、発酵の立ち上がり、発酵終盤の糖消費、硫黄系オフフレーバー、発酵副産物のバランスに影響する可能性があります。中性プロテアーゼは、麦汁中のタンパク質を分解して酵母が利用しやすい窒素成分を増やす方向に働くため、特に副原料比率が高い仕込みで工程上の意味を持ちます。

同時に、タンパク質分解は濁り形成にも関係します。ビールの冷却混濁や保存中の濁りには、タンパク質とポリフェノールの複合体が関わります。プロテアーゼ処理によって高分子タンパク質が小さくなると、濁り形成に参加しやすいタンパク質画分の性質が変わる可能性があります。ただし、泡持ちに寄与するタンパク質も存在するため、タンパク質分解を進めすぎると、望ましい泡安定性や口当たりを損なう方向にも働き得ます<sup>[2]</sup>。



**Figure 2.** 양조에서 단백질 관리는 조절된 가수분해가 필요하다. 일부 단백질 분획은 거품 유지와 입안의 질감을 돕는 반면, 다른 분획은 혼탁이나 낮은 질소 이용성을 유발할 수 있기 때문이다.

## 高副原料レシピでの実務的価値

---

米、トウモロコシ、未発芽大麦、ソルガム、オーツなどの副原料は、コスト、色調、風味、口当たり、地域性を調整するために用いられます。しかし、未発芽穀物は麦芽のような製麦過程を経ないため、内在酵素の利用可能性やタンパク質分解の進み方が異なります。グルテンフリービールを目的としたオーツ麦芽のマッシング技術でも、穀物特性に応じた工程設計の重要性が示されています<sup>[5]</sup>。

高副原料レシピでは、デンプン分解だけでなく窒素成分の不足が問題になります。副原料が糖源としては有効でも、酵母栄養に十分なアミノ酸や短鎖ペプチドを供給できない場合、発酵が遅くなる、終発酵度が安定しない、香味の再現性が低下する、といったリスクが高まります。中性プロテアーゼは、麦芽と副原料に由来するタンパク質を分解し、窒素供給を補助することで、この弱点を補う工程ツールになります。

副原料の種類によって、タンパク質の性質も異なります。たとえば米タンパク質は、組成、構造改変、食品機能性について広くレビューされており、穀物ごとにタンパク質の溶解性や加工挙動が異なることが整理されています<sup>[6]</sup>。そのため、同じ中性プロテアーゼであっても、米主体、オーツ主体、未発芽大麦主体のレシピでは、麦汁中に現れるペプチド組成や濁り傾向が同一になるとは限りません。

## 麦芽品質ばらつきへの対応

---

麦芽品質は、品種、栽培環境、収穫年、製麦条件、保管条件によって変動します。タンパク質含量、溶け、酵素活性、可溶性窒素、細胞壁分解の程度が変わるため、同じレシピでもロットが変わるとマッシュの挙動が変わります。大麦品種の選抜において、プロテアーゼ活性とプロファイルがビール生産に有用な形質として扱われることは、タンパク質分解が醸造適性に直結することを示しています<sup>[1]</sup>。

低改質またはタンパク質分解が不足した麦芽では、マッシュ中で高分子タンパク質が残りやすく、麦汁窒素の利用性も低くなる場合があります。一方、過度に分解が進んだ原料では泡持ちやボディ感への影響も考慮が必要です。中性プロテアーゼは、品質が不足する方向に傾いた麦芽ロットでタンパク質分解を補助する目的に向きますが、すべてのロットで同じ効果を期待するのではなく、原料特性に応じた工程補助として扱うのが現実的です。



**Figure 3.** 중성 프로테아제는 큰 곡물 단백질을 발효를 지원할 수 있는 아미노산과 짧은 펩타이드로 전환하여 효모가 이용할 수 있는 질소를 증가시킨다.

麦芽のばらつきは、糖化効率だけでは把握できません。糖化が順調でも、窒素組成が発酵に適していない、ろ過が重い、清澄化が遅い、冷却後に濁りやすいというケースがあります。これらのうち中性プロテアーゼが直接関与するのはタンパク質画分であり、 $\beta$ グルカンや脂質、ポリフェノール、酵母凝集性などは別の管理対象です。したがって、中性プロテアーゼは「麦芽品質の全問題を補正する酵素」ではなく、「タンパク質分解に関するばらつきを緩和する酵素」として位置づけます [2]。

## 清澄性、冷却混濁、泡持ちのバランス

ビールの外観安定性を重視するラガー、ライトタイプ、フィルター処理を前提とした製品では、タンパク質由来の濁りをどの程度抑えるかが重要になります。高分子タンパク質がポリフェノールと相互作用すると、冷却時や保存中に可視的な濁りを形成しやすくなります。中性プロテアーゼによる部分分解は、こうしたタンパク質画分のサイズや反応性を変え、濁り形成を抑える方向に働く可能性があります。

しかし、タンパク質は悪者ではありません。ビールの泡は、タンパク質、ポリペプチド、ホップ由来成分、炭酸ガス、表面張力などの相互作用で形成・維持されます。泡持ちを支えるタンパク質画分まで過度に分解すると、清澄性は改善しても泡安定性や口当たりが弱くなる可能性があります。したがって、Neutral Protease For Beer Brewingの目的は、タンパク質をできるだけ減らすことではなく、発酵栄養と外観安定性に必要な範囲で分解を調整することです [2]。

濁りの原因はタンパク質だけではありません。βグルカンが高いと粘度やろ過性が悪化し、酵母残存や微生物汚染は別の濁りを生みます。ホップ由来ポリフェノール、酸化、保存温度、ろ過条件も関与します。中性プロテアーゼの導入は、濁り管理の一部であり、βグルカナーゼ、ろ過助剤、低温安定化、遠心分離、発酵管理と同列に検討される工程要素の一つです。



Figure 4. 매시 단계의 프로테아제 처리는 민감한 단백질 분획의 크기와 교차 결합 능력을 줄임으로써 단백질-폴리페놀 혼탁에 관여하는 물질의 양을 낮추는 데 도움이 될 수 있다.

## プロリルエンドペプチダーゼとの違い：グルテン低減用途との線引き

ビール中のグルテン低減に関しては、プロリルエンドペプチダーゼの研究が目立ちます。Aspergillus niger由来プロリルエンドペプチダーゼを食品用途に適した担体へ固定化し、グルテン低減ビール製造へ応用した研究では、プロリンに富むグルテン関連ペプチドを標的とする酵素利用が示されています<sup>[4]</sup>。また、Aspergillus属由来プロリルエンドプロテアーゼを固体発酵で生産し、グルテンフリービール製造へ用いる研究も報告されています<sup>[7]</sup>。

この知見は重要ですが、Neutral Protease For Beer Brewingをそのまま「グルテンフリー化酵素」と表現する根拠にはなりません。中性プロテアーゼは一般的なタンパク質分解を補助する酵素であり、プロリルエンドペプチダーゼのようにプロリン含有配列の分解を主目的とする酵素とは、基質選択性と用途が異なります。グルテン低減を主目的にする場合は、酵素種、工程位置、対象穀物、規制上の表示要件が別問題として扱われます<sup>[4]</sup>。

したがって、本製品の説明では、タンパク質分解、酵母栄養、濁り関連タンパク質の低減補助に焦点を置くべきです。グルテン関連の研究は、醸造でプロテアーゼが有効な処理手段になり得ることを示す周辺知見として参考になりますが、中性プロテアーゼ一般の効果を超えて、特定のグルテン

低減値や表示適合性を主張することは適切ではありません<sup>[7]</sup>。

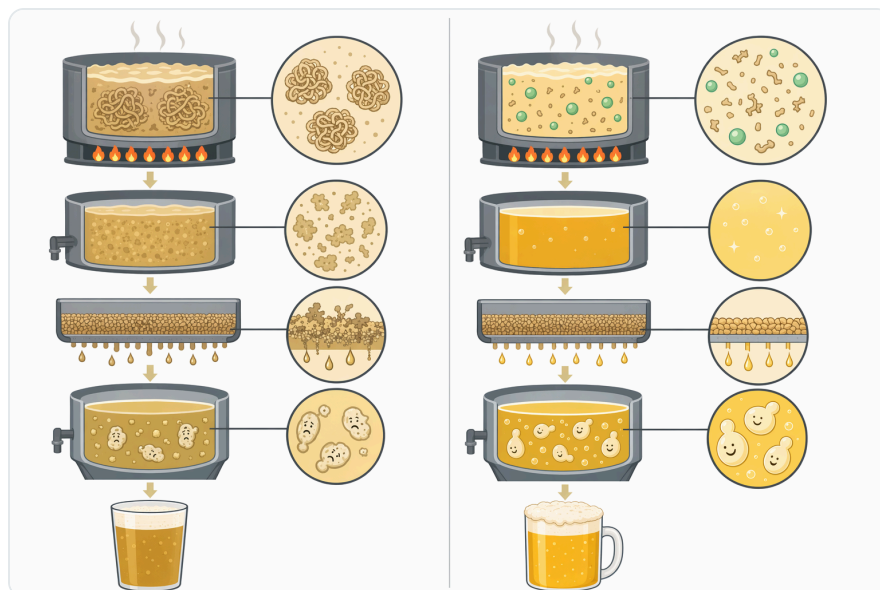
## 醸造酵素の中での役割比較

以下の表は、ビール醸造で使われる代表的な酵素群と、Neutral Protease For Beer Brewingの役割を比較したものです。中性プロテアーゼの特徴は、糖や粘度ではなく、窒素成分とタンパク質安定性に主に関与する点にあります。

酵素群	主な基質	工程上の主目的	中性プロテアーゼとの違い
中性プロテアーゼ	麦芽・副原料由来タンパク質	低分子ペプチド、アミノ酸、酵母栄養、タンパク質由来濁りの調整	窒素成分とタンパク質画分を調整する
アルファアミラーゼ	デンプン	デキストリン化、液化、糖化前処理	糖生成に関与し、タンパク質には直接作用しない
グルコアミラーゼ	デキストリン、デンプン断片	発酵性糖の増加、ドライな仕上がりの補助	発酵性糖を増やすが、FAN形成は主目的ではない
$\beta$ グルカナーゼ	$\beta$ グルカン	粘度低下、ろ過性改善	細胞壁多糖を分解し、タンパク質分解とは異なる
プロリルエンドペプチダーゼ	プロリン含有ペプチド	グルテン関連ペプチドの分解に注目される	グルテン低減研究で使われ、中性プロテアーゼとは標的が異なる

## 副原料、発酵、香味への間接的な影響

中性プロテアーゼは香味酵素ではありませんが、発酵栄養を通じて香味に間接的な影響を与える可能性があります。酵母の窒素利用は、高級アルコール、エステル、硫黄化合物、発酵速度に関係します。タンパク質分解でアミノ酸や短鎖ペプチドが増えると、酵母の代謝経路に入る窒素源が変化し、結果として発酵挙動と香味バランスに影響し得ます。ただし、その影響は酵母株、麦汁糖組成、酸素供給、発酵温度と強く相互作用します<sup>[8]</sup>。



**Figure 5.** 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 공정 적합성, 양조 관련성, 단백질에 미치는 영향, 주의점이 서로 다르므로 서로 대체 가능한 효소 도구가 아닙니다.

クラフトビールでは、酵母の多様化も進んでいます。Metschnikowia pulcherrimaのような非従来型酵母をクラフトビールのスターター候補として評価する研究は、発酵微生物の選択がビールの香味と工程設計に新しい幅を与えることを示しています<sup>[8]</sup>。このような酵母を使う場合でも、窒素栄養の不足や過剰は発酵挙動に影響するため、中性プロテアーゼによるタンパク質分解は、酵母選択と切り離せない工程要素になります。

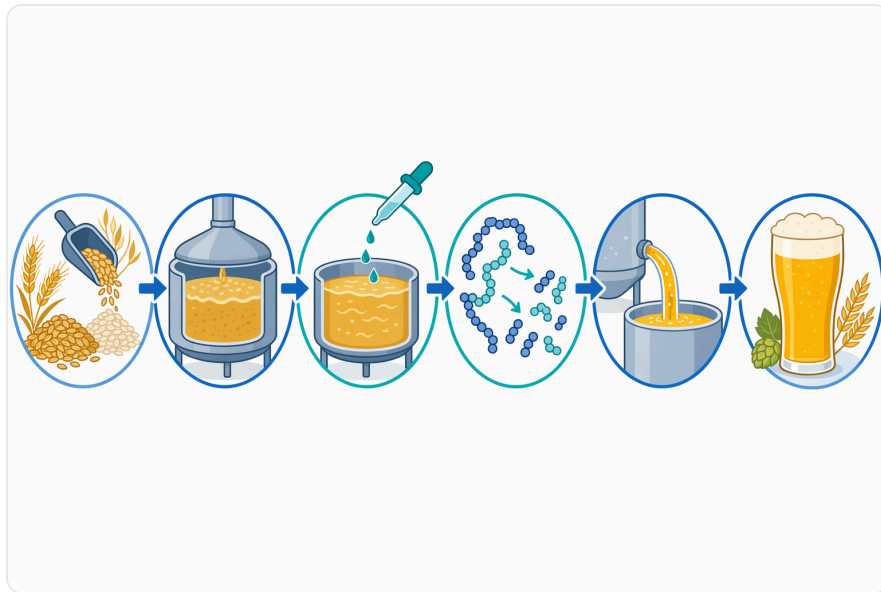
一方で、タンパク質分解を強めれば香味が必ず良くなるわけではありません。窒素過多は発酵副産物のバランスを変え、短鎖ペプチドの増加は口当たりや後味にも関与する可能性があります。特に、ヘイジー系、ウィート系、オーツを使うスタイルでは、意図的な濁りや滑らかなボディが品質価値になるため、清澄性を重視するラガーとは酵素利用の考え方が異なります<sup>[5]</sup>。

## Brewer's spent grain研究から見えるプロテアーゼの食品加工上の広がり

ビール醸造の副産物であるビール粕には、未利用タンパク質や繊維が多く含まれます。近年は、ビール粕由来タンパク質や酵素活性を食品加工へ活用する研究が増えており、ビール粕から得られるプロテアーゼのカゼイン分解活性や乳凝固活性を調べた報告もあります<sup>[9]</sup>。これは、醸造副産物が単なる廃棄物ではなく、タンパク質分解酵素や機能性成分の供給源として研究対象になっていることを示します。

また、ビール粕を固体発酵基質として利用し、酵素生産を改善する研究も行われています。オーミック加熱前処理を固体発酵に組み合わせて、ビール粕を酵素生産基質として評価した研究は、醸造関連資源とプロテアーゼ生産が循環型食品加工の文脈でも扱われていることを示します<sup>[10]</sup>。

Enzymes.bioはそのような製造研究を行う立場ではありませんが、プロテアーゼが食品・醸造分野で広い技術基盤を持つことを理解するうえで有用です。



**Figure 6.** 중성 프로테아제는 워트 분리, 끓임, 발효가 진행되기 전에 단백질 가수분해가 일어나도록 매시 초기나 단백질 휴지 단계에 투입하는 것이 가장 적절하다.

この周辺研究から得られる実務的な示唆は、プロテアーゼの価値が「タンパク質を分解する」という単純な機能にとどまらないことです。どの基質を、どの工程で、どの程度分解するかによって、溶解性、濁り、発酵性、風味、食品構造が変わります。Neutral Protease For Beer Brewingも同様に、醸造工程の中でタンパク質分解をどこに位置づけるかが品質設計の鍵になります<sup>[9]</sup>。

## 工程導入の考え方：マッシュ内での役割分担

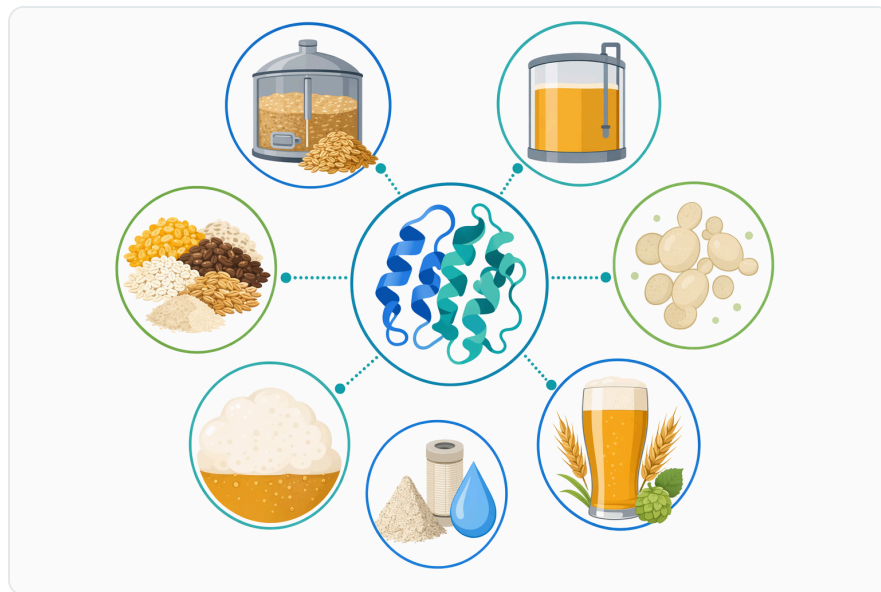
Neutral Protease For Beer Brewingは、通常、マッシュ中でタンパク質が水相に移り、酵素が基質へアクセスしやすい段階で作用することを想定します。これは、マッシュ工程が原料成分を分解・可溶化する中心工程であり、発酵前に酵母栄養と麦汁組成を整える段階だからです。煮沸後や発酵後に一般的なタンパク質分解を行うと、泡持ちや香味への影響が読みにくくなるため、マッシュ内での制御が合理的です。

マッシュでは、デンプン分解、細胞壁分解、タンパク質分解が並行します。アミラーゼを強化しても窒素不足は解決せず、 $\beta$ グルカナーゼを使ってもタンパク質由来の濁りを直接処理するわけではありません。逆に、中性プロテアーゼを使っても、デンプンの糖化不足や $\beta$ グルカン由来の高粘度を直接改善することはできません。酵素ごとの基質と目的を分けて考えることで、過剰な期待や誤用を避けられます。

中性プロテアーゼの効果は、原料構成、マッシュ条件、酵母、製品スタイルによって変わります。副原料が多い淡色ビールでは発酵栄養と清澄性が主目的になりやすく、オーツや小麦を多用するスタイルでは、ボディや濁りを残しつつ発酵性を確保するバランスが重要です。つまり、同じ酵素でも、ラガー、エール、クラフト系、グルテン低減を志向する製品では、期待される役割が異なります<sup>[5]</sup>。

## 期待できる利点と限界

Neutral Protease For Beer Brewingに期待できる第一の利点は、麦汁中の利用可能な窒素成分の形成を補助することです。高副原料仕込みや麦芽品質が変動する場合、酵母が利用しやすいアミノ酸・小ペプチドの生成を助けることで、発酵の立ち上がりや再現性を支える可能性があります。これは、プロテアーゼ活性がビール生産適性の評価対象になるという大麦研究とも整合します<sup>[1]</sup>。



**Figure 7.** 중성 프로테아제는 고부원료 양조, 비맥아 곡물 사용, 고농도 워트, 혼탁에 민감한 스타일, 그리고 보다 폭넓은 단백질 관리 개념에서 특히 관련성이 높다.

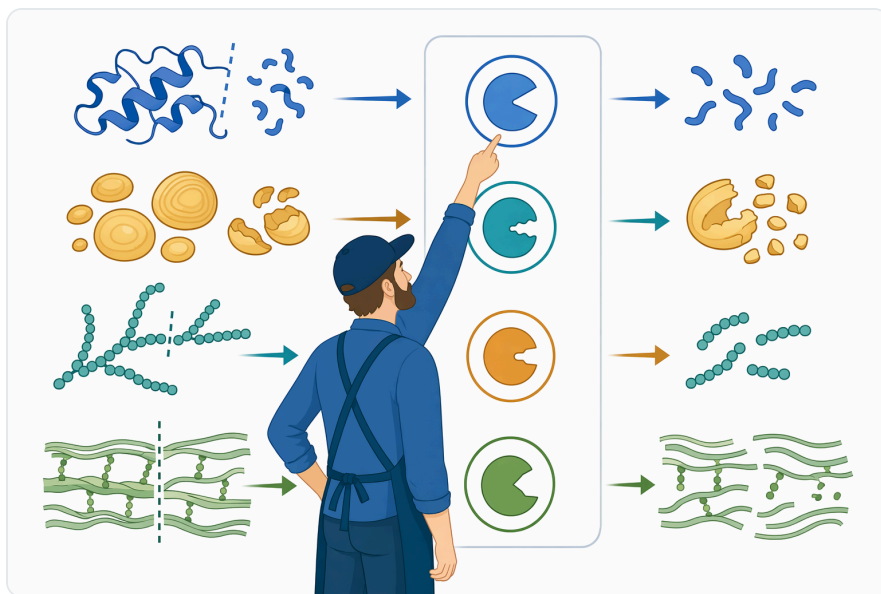
第二の利点は、タンパク質由来の濁りリスクを低減する方向に働く可能性です。高分子タンパク質の一部が小さなペプチドへ変わることによって、冷却混濁や保存中のタンパク質—ポリフェノール複合体形成に参与する画分が変化します。ただし、これは清澄化工程全体の一部であり、ポリフェノール管理、低温処理、ろ過、遠心分離、酸化管理を置き換えるものではありません<sup>[2]</sup>。

第三の利点は、原料選択の自由度を支えることです。米、オーツ、未発芽穀物、地域穀物などを使う場合、麦芽だけに依存したタンパク質分解では狙い通りの麦汁が得られないことがあります。中性プロテアーゼをマッシュ工程に組み込むことで、糖化酵素や $\beta$ グルカナナーゼとは異なる側面から副原料利用を支えることができます<sup>[6]</sup>。

一方、限界も明確です。中性プロテアーゼは、酵母の健康状態、発酵温度、酸素供給、糖化不足、微生物汚染、ホップポリフェノール過多、脂質酸化といった問題を直接解決しません。さらに、過度なタンパク質分解は泡持ちやボディに悪影響を及ぼす可能性があります。したがって、本酵素は「醸造品質を自動的に向上させる添加物」ではなく、「タンパク質分解を工程内で調整するためのプロセス酵素」として評価する必要があります<sup>[2]</sup>。

## Enzymes.bioでの購入形態と提供文書

Enzymes.bioは、Neutral Protease For Beer Brewingをビール醸造用途の酵素としてオンラインで供給しています。同社は製造業者や研究機関ではなく、醸造用酵素を必要とする事業者へ製品を販売する供給業者です。本製品は1kg単位でオンライン直接購入でき、注文時にはCoAとSDSが併せて提供されます。



**Figure 8.** 중성 프로테아제는 단백질을 표적으로 하므로 전분 전환을 위한 아밀라아제나 세포벽 베타글루칸 문제를 해결하는 베타글루카나아제를 대체하지 않는다.

Enzymes.bioの醸造酵素カテゴリでは、中性プロテアーゼのほか、糖化や粘度調整に関わる酵素も扱われています。これらは互いに代替関係ではなく、基質と目的が異なります。Neutral Protease For Beer Brewingを選ぶ場面は、糖化不足そのものよりも、タンパク質分解、酵母栄養、清澄性、麦芽・副原料の窒素バランスに課題がある場合です。

## まとめ：Neutral Protease For Beer Brewingをどう理解すべきか

Neutral Protease For Beer Brewingは、ビール醸造のマッシュ工程でタンパク質分解を補助し、酵母が利用しやすい窒素成分と低分子ペプチドの形成を支える中性プロテアーゼです。特に、高副原料レシピ、未発芽穀物、麦芽品質のばらつき、低FAN傾向、タンパク質由来の濁りリスクがある場合に、糖化酵素とは異なる役割を持つ工程補助酵素として有用です。

科学的には、麦芽のプロテアーゼ活性とタンパク質分解プロファイルがビール製造適性に関係すること、プロリルエンドペプチダーゼのような特定プロテアーゼがグルテン低減ビール研究で利用されていること、ビール粕など醸造関連資源から得られるプロテアーゼが食品加工研究の対象になっていることが示されています<sup>[1][4]</sup>。ただし、中性プロテアーゼをグルテンフリー化酵素として断定したり、特定レシピでの改善幅を一律に主張したりすることは適切ではありません。

Enzymes.bioの本製品は、1kg単位でオンライン購入できる醸造用酵素です。CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。導入時には、タンパク質を「減らす」ことではなく、発酵栄養、清澄性、泡持ち、製品スタイルの間で適切なタンパク質分解バランスを作ることが、本酵素の実務的な価値になります。

### Neutral Protease For Beer Brewing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。

[Neutral Protease For Beer Brewing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. Nájera-Torres, E., Bernal-Gracida, L., González-Solís, A., Schulte-Sasse, M., Castañón-Suárez, C., Juárez-Díaz, J. A., Cruz-Zamora, Y., ... et al. (2022). Proteolytic activities and profiles as useful traits to select barley cultivars for beer production. *Journal of food biochemistry*, e14094 .
2. Gordon, R., Power, A., Chapman, J., Chandra, S., & Cozzolino, D. (2018). A Review on the Source of Lipids and Their Interactions during Beer Fermentation that Affect Beer Quality. *Fermentation*.

3. Paranthaman, R., Alagusundaram, K., & Indhumathi, J. (2009). Production of Protease from Rice Mill Wastes by Aspergillus niger in Solid State Fermentation. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5, 308-312.
4. Benucci, I., Caso, M. C., Bavaro, T., Masci, S., Keršienė, M., & Esti, M. (2020). Prolyl endopeptidase from Aspergillus niger immobilized on a food-grade carrier for the production of gluten-reduced beer. *Food Control*, 110, 106987.
5. Kosiv, P. R. (2024). RATIONALE OF TECHNOLOGY OF MASHING OAT MALT FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE BEER. *Grain Products and Mixed Fodder's*.
6. Roy, T., Pawar, A., Singh, A., Loushigam, G., & Wagh, M. D. (2025). A comprehensive review on rice proteins: composition, structural modification, functional and industrial food applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 8842 - 8859.
7. Almeida, T. C., Santos, S. F. M., & Santos, E. S. (2024). Production of the prolyl endoprotease (PEP) from Aspergillus sp. FSDE 16 by solid - state fermentation (SSF) and use for producing a gluten - free beer. *Biotechnology and applied biochemistry*, 71, 460 - 476.
8. Karauli, J., Xhaferaj, N., Coppola, F., Testa, B., Letizia, F., Kyçyk, O., Kongoli, R., ... et al. (2024). Bioprospecting of Metschnikowia pulcherrima Strains, Isolated from a Vineyard Ecosystem, as Novel Starter Cultures for Craft Beer Production. *Fermentation*.
9. Villegas, M. M., Silva, J. N., Tito, F. R., Tonón, C., Muñoz, F. F., Pepe, A., & Guevara, M. G. (2024). From Beer to Cheese: Characterization of Caseinolytic and Milk-Clotting Activities of Proteases Derived from Brewer's Spent Grain (BSG). *Foods*, 13.
10. Silva, B. F., Machado, L., Fernandes, A. M., Pereira, R. N., & Belo, I. (2025). Effect of Ohmic Heating Pretreatment on Enzyme Production by Solid-State Fermentation of Brewer's Spent Grain. *Fermentation*.


## 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。