

Beta-Glucanase Brewing Enzyme Liquid : ビール醸造における β -グルカン分解とろ過性改善のための液状酵素

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

Beta-Glucanase Brewing Enzyme Liquidは、麦芽・大麦・オーツなどに由来する高分子 β -グルカンを分解し、麦汁粘度、ロイター性、ビールろ過性の管理に使われる醸造用液状 β -グルカナーゼです。 β -グルカンは大麦胚乳細胞壁の主要な非デンプン多糖で、麦芽改質や糖化工程で十分に低分子化されない場合、麦汁分離やろ過工程の律速要因になり得ます^[1]。Enzymes.bioは本製品の供給業者として、1 kg単位のオンライン直接販売を行い、注文時にCoAおよびSDSを併せて提供します。

β -グルカナーゼが醸造工程で解決する課題

ビール醸造で β -グルカナーゼが使われる主な理由は、 β -グルカンが水中で粘度を上げ、麦汁分離、清澄、ろ過の流速を低下させるためです。大麦 β -グルカンは、 β -1,3結合と β -1,4結合を含む混合結合型グルカンであり、穀粒の細胞壁構造を形成しています。麦芽製造中の発芽・改質で細胞壁が分解されると、デンプンやタンパク質へ酵素がアクセスしやすくなりますが、改質が不十分な場合や β -グルカンの多い副原料を使う場合には、高分子 β -グルカンが麦汁へ残りやすくなります^[2]。

β -グルカンが問題になるのは、単に「多糖が多い」からではなく、分子量の大きい鎖状ポリマーが水相中で水和し、流動抵抗を増やすからです。ロイター槽やマッシュフィルターでは、穀皮層または濾材を通過する液体の粘度が上がると、同じ圧力差でも流量が落ちます。さらに、 β -グルカンを含む粘性画分は微粒子やタンパク質性成分とともにフィルター表面へ蓄積しやすく、ろ過差圧の上昇や処理時間の延長につながります。古典的な醸造研究でも、 β -グルカンが強ビールのろ過性に影響する因子として扱われており、ろ過工程の実務課題と結び付けて検討されています^[3]。

液状 β -グルカナーゼは、この高分子 β -グルカンを工程中でより短い断片へ切断するための加工助剤です。目的は、 β -グルカンをすべて単糖まで完全分解することではありません。醸造上重要なのは、粘度や濾過抵抗に強く寄与する高分子画分を減らし、麦汁が穀層や濾材を通過しやすい状態へ

変えることです。Jinらの整理では、大麦 β -グルカンは製麦および醸造中に分解され、その残存量や分解状態が工程適性に関わることが示されています^[1]。

作用機序：混合結合 β -グルカンを短鎖化して粘度を下げる

醸造で焦点となる大麦 β -グルカンは、グルコース単位が β -1,4結合で連なった部分と、 β -1,3結合による折れ曲がりを含む混合結合多糖です。この構造はセルロースのような完全な直鎖結晶構造とは異なり、水に可溶または部分可溶な高分子として麦汁へ移行し得ます。 β -グルカナナーゼは、この多糖鎖中の β -グリコシド結合を加水分解し、長いポリマーをオリゴ糖または低分子断片へ変換します^[2]。

粘度低下は、基質濃度が少し減るだけでなく、分子量分布が変わることで生じます。高分子多糖の溶液粘度は、同じ質量濃度でも鎖長の影響を大きく受けます。したがって、 β -グルカナナーゼが鎖の内部を切断するエンド型作用を示す場合、少数の切断でも平均分子量が大きく下がり、麦汁の流動性に影響します。醸造上の効果が「糖化収率の増加」よりも「粘度・ろ過性の改善」として現れやすいのは、この分子量効果によるものです^[1]。

この反応は、デンプンを発酵性糖へ変えるアミラーゼ反応とは役割が異なります。アミラーゼは主にデンプン由来の α -グルカンを標的とし、麦汁のエキス、発酵性、アルコール生成に直接関わります。一方、 β -グルカナナーゼは細胞壁由来の β -グルカンを標的とし、麦汁の物理特性を整える工程酵素です。両者は同じ糖化工程で働くことがありますが、基質、結合様式、工程上の評価指標が異なります^[2]。

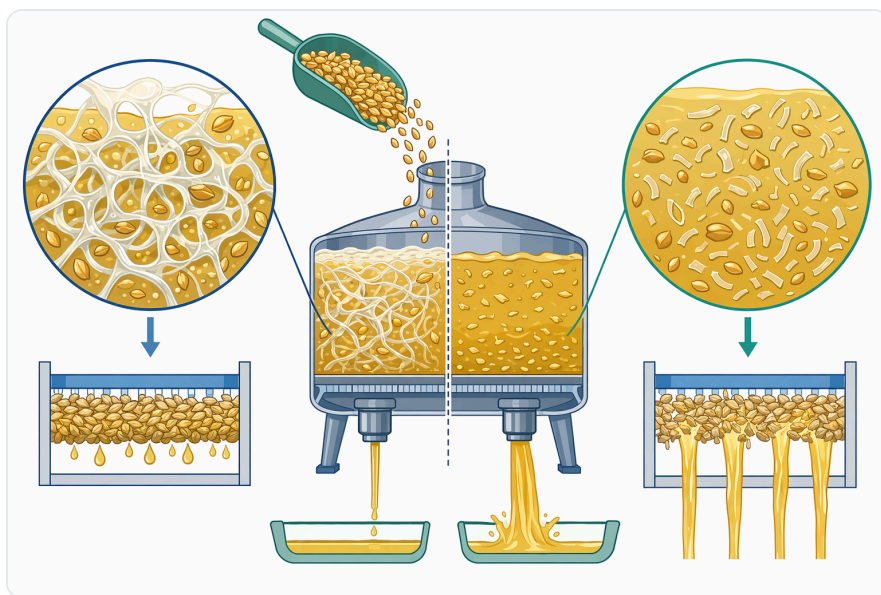


Figure 1. 베타글루카나아제는 곡물의 베타글루칸이 매시, 맥즙 또는 맥주의 흐름을 방해할 때 양조 공정 보조제로 사용됩니다.

β -グルカンの由来：麦芽改質、副原料、原料ロット差

β -グルカン量と分解状態は、原料の種類だけでなく、製麦条件にも左右されます。発芽中には穀粒内の加水分解酵素が誘導され、胚乳細胞壁の分解が進みます。製麦中の β -グルカン含量変化を扱った研究では、発芽工程の進行に伴い β -グルカンが変動することが示されており、麦芽改質の程度が後工程の麦汁性状に影響することが理解できます^[4]。

発芽時間も重要です。発芽が短いと、細胞壁の分解が不十分となり、デンプンやタンパク質の利用性だけでなく、麦汁粘度にも影響が出やすくなります。Farzanehらは、製麦工程における発芽時間が複数の品質パラメータに影響することを検討しており、発芽条件が最終的な醸造適性を左右することを示しています^[5]。これは、同じ品種や同じ麦芽名であっても、ロットごとに β -グルカン管理の必要性が変わり得る理由です。

副原料の使用も、 β -グルカナーゼ添加を検討する典型的な背景です。オーツ、未発芽大麦、フレーク大麦、小麦、ライ麦、トリティカーレなどは、スタイル設計上は泡持ち、口当たり、穀物感に寄与しますが、細胞壁多糖が多い場合には麦汁粘度を押し上げます。近年の研究では、トリティカーレを大麦麦芽の代替として醸造に使う可能性も検討されており、原料多様化が進むほど、非デンプン多糖の管理が工程設計上の課題になります^[6]。

麦芽由来酵素と外部添加 β -グルカナーゼの違い

麦芽そのものにも β -グルカン分解に関わる酵素系があります。製麦中にこれらの酵素が働くことで、胚乳細胞壁が緩み、糖化時の酵素アクセスが改善します。しかし、麦芽由来酵素の活性は焙燥や糖化温度の影響を受け、マッシュイン後の温度設計によっては十分に作用する前に失活方向へ進む場合があります。Jinらは、大麦 β -グルカンの分解が製麦・醸造を通じて進む一方、その残存が醸造工程の問題に関係することを整理しています^[1]。

外部添加の醸造用 β -グルカナーゼは、麦芽内在酵素だけに依存しない工程設計を可能にします。特に、短時間糖化、高濃度仕込、副原料比率の高いレシピ、低改質麦芽の使用、またはロイター・ろ過能力に余裕が少ない設備では、 β -グルカン分解を補助する酵素の意義が大きくなります。商業醸造の文脈では、酵素製剤を使った仕込が原料条件の影響を受けることが報告されており、例えば大麦の窒素施肥率と醸造特性を扱った研究では、市販酵素を用いた醸造条件下で原料品質と工程結果の関係が検討されています^[7]。

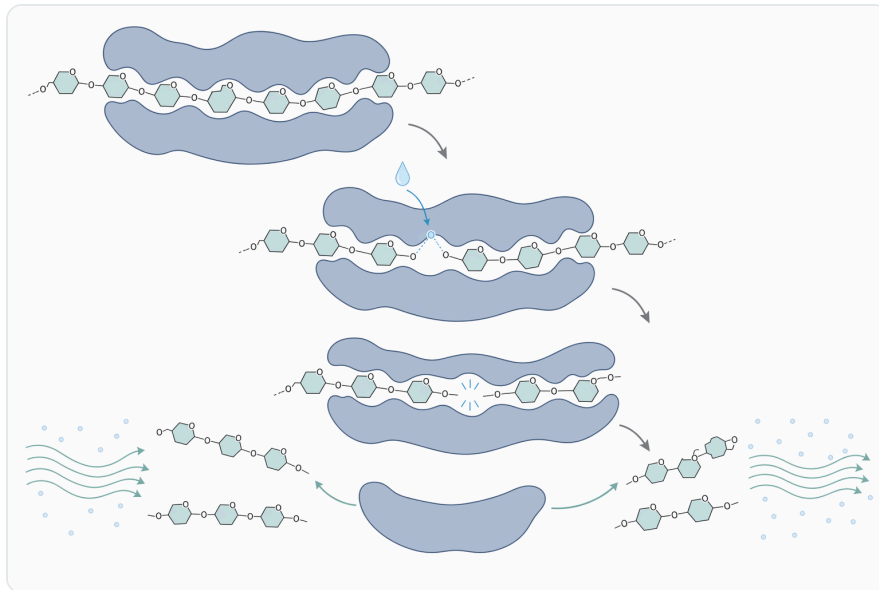


Figure 2. 베타글루카나아제는 전분이 아니라 곡물 세포벽의 베타글루칸을 가수분해하므로, 양조에서의 주된 효과는 점도와 분리 공정의 조절입니다.

ただし、外部添加酵素は麦芽品質を不要にするものではありません。β-グルカナーゼは細胞壁多糖の粘度寄与を下げるための道具であり、デンプン分解、タンパク質分解、遊離アミノ態窒素、香味前駆体、色、麦芽由来の風味まですべてを置き換えるものではありません。したがって、実務上は「原料設計を補正する酵素」ではなく、「β-グルカンに起因する物理的な工程負荷を下げる酵素」と位置づけるのが正確です^[2]。

醸造工程のどこで効くか：マッシュ、麦汁分離、ろ過

β-グルカナーゼの主な作用点は、β-グルカンが水相へ溶出し、まだ酵素反応が成立しやすいマッシュ工程です。マッシュ中で高分子β-グルカンを短鎖化できれば、その後のロイター、煮沸前麦汁移送、ワールプール、発酵後のろ過に至るまで、粘性負荷の累積を抑えやすくなります。β-グルカンは製麦・醸造の各段階で分解されるため、早い段階で分子量を下げることは、後工程全体の安定化につながります^[1]。

ロイター工程では、穀皮層が自然なフィルターベッドとして働きます。ここで液相の粘度が高いと、ベッドを通る麦汁の流れが遅くなり、スパージの均一性も崩れやすくなります。β-グルカナーゼにより高分子画分が短鎖化されると、同じ設備条件でも流動抵抗が下がる方向に働きます。強ビールのろ過性に関する古い研究がβ-グルカンの影響を取り上げているように、高エキス・高粘度条件ではβ-グルカン管理の重要性が増します^[3]。

発酵後のビールろ過でも、β-グルカンは無視できません。遠心分離、濾過、清澄技術を扱った近年の研究では、ビール品質に対する分離・ろ過工程の影響が検討されており、固液分離工程が品質と処理性の両面で重要であることが示されています^[8]。β-グルカナーゼはろ過装置そのものを代替す

るものではありませんが、ろ過に入る前の液性を整えることで、分離操作の負荷を下げる方向に寄与します。

原料・工程条件別のβ-グルカナーゼ利用イメージ

条件	β-グルカン上の懸念	β-グルカナーゼで狙う効果	注意すべき解釈
改質が弱い麦芽	胚乳細胞壁の分解不足により高分子β-グルカンが残りやすい	マッシュ中で短鎖化し、麦汁粘度とロイター負荷を下げる	麦芽の酵素力やタンパク質状態までは置換しない
オーツ・フレーク大麦を含むレシピ	水和性多糖により粘度が上がりやすい	高分子画分を減らし、移送・分離を安定化する	口当たりやボディへの寄与を完全に消す目的ではない
高濃度仕込	エキス濃度と多糖濃度が同時に高くなり流動抵抗が増す	ロイター、ポンプ移送、ろ過の処理性を支える	効果量は原料配合と設備条件に依存する
トリティカーレなど代替穀物	大麦麦芽と異なる細胞壁組成・分解挙動を示す可能性	原料多様化時の非デンプン多糖管理を補助する	レシピごとの検証が必要
発酵後ろ過の負荷が高いビール	残存高分子多糖が濾材閉塞や差圧上昇に関与する可能性	前工程で粘性画分を低減し、ろ過安定性を支援する	酵母、タンパク質、ポリフェノール由来の濁りは別要因

この表が示すように、β-グルカナーゼは「どのビールにも同じ効果を出す万能酵素」ではなく、β-グルカンが工程制約になっている条件で価値が出やすい酵素です。β-グルカンの問題は原料の品種、製麦条件、発芽時間、副原料、マッシュ温度、分離設備によって変化します。大麦β-グルカンの生化学と分子生物学を整理したレビューでも、健康機能と製麦・醸造適性の両面から、β-グルカンの構造と分解が重要視されています^[2]。

他の醸造酵素との違い

β-グルカナーゼは、醸造用酵素の中でも「物性管理」に近い役割を持ちます。アミラーゼがデンプンを糖へ変換し、プロテアーゼがタンパク質をペプチドやアミノ酸へ分解し、プロリルエンドペプチダーゼが特定タンパク質配列の分解に使われるのに対し、β-グルカナーゼは細胞壁多糖を標的にして麦汁粘度とろ過性を整えます。プロリルエンドペプチダーゼを用いた醸造研究では、酵素処理がグルテン量、品質属性、官能特性に与える影響が検討されており、酵素ごとに狙う品質指標が異なることが分かります^[9]。

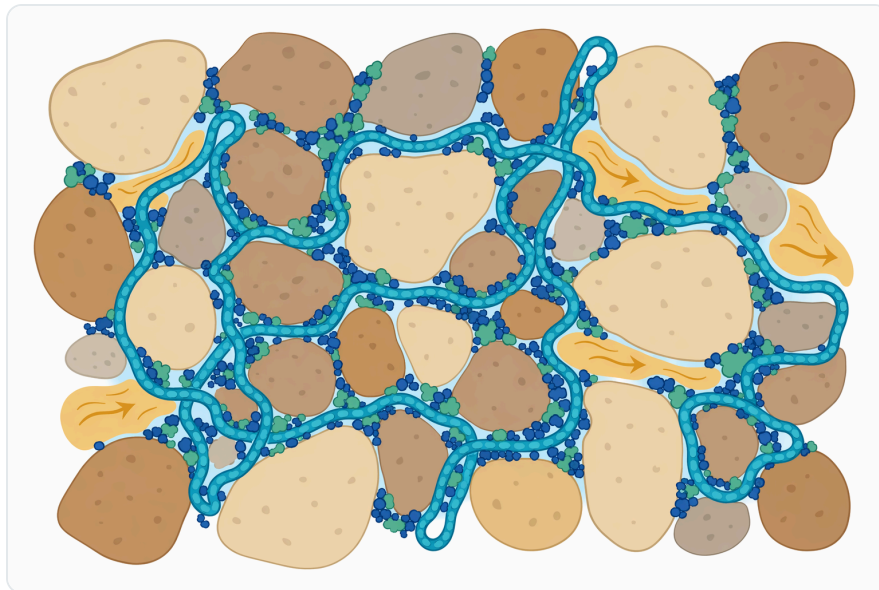


Figure 3. 수화된 긴 베타글루칸 사슬은 서로 얽혀 여과조의 곡물층과 여과 매체에서 저항을 증가시킬 수 있습니다.

酵素カテゴリー	主な基質	醸造上の主目的	β -グルカナーゼとの違い
β -グルカナーゼ	大麦・副原料由来 β -グルカン	粘度低下、ロイター性、 ろ過性の改善	細胞壁多糖の分子量を下げる
アミラーゼ	デンプン、デキストリン	発酵性糖とエキスの形成	アルコール生成に直結する糖組成を変える
プロテアーゼ	麦芽・穀物タンパク質	FAN、泡、濁り、口当たりの調整	タンパク質画分を変える
プロリルエンドペプチダーゼ	プロリンを含むペプチド結合	特定タンパク質・ペプチドの低減	グルカンではなくペプチドを標的にする
キシラナーゼ	アラビノキシランなど	非デンプン多糖の分解補助	β -グルカンとは異なる細胞壁多糖を標的にする

複数の酵素を含む商業的な醸造・穀物加工用酵素では、 β -グルカナーゼとキシラナーゼなどが組み合わされることがあります。Ducrooらの研究では、 β -グルカナーゼ・ペントサナーゼ系酵素の使用によるビール製造改善が検討されており、非デンプン多糖を複合的に扱う発想が古くから存在することを示しています^[10]。ただし、Enzymes.bioが供給する本製品については、液状 β -グルカナーゼとしての用途を中心に理解するのが適切です。

品質設計への影響：ボディ、泡、清澄をどう考えるか

β -グルカンは工程上の粘度要因である一方、ビールの口当たりやボディ感に係る多糖画分の一部でもあります。そのため、 β -グルカナーゼの使用目的は「すべての多糖をできるだけ分解する」ことではなく、問題になる高分子 β -グルカンを工程上扱いやすい範囲へ低分子化することです。穀物 β -グルカンは食品成分として健康機能の観点でも研究されており、分子量や溶解性が機能性に影響するため、単なる含有量だけでなく構造が重要です^[11]。

泡持ちやボディに関しては、 β -グルカンだけでなく、タンパク質、デキストリン、ポリフェノール、ホップ成分、炭酸ガス量、発酵条件が複合的に関与します。したがって、 β -グルカナーゼを使ったからといって必ず薄いビールになる、あるいは泡が悪くなるといった単純な見方は適切ではありません。むしろ、ロイターやろ過で過剰な負荷がかかる条件では、工程の安定化により狙った品質へ近づけやすくなります。ろ過・遠心分離などの後工程がビール品質へ与える影響を扱う研究でも、分離操作は単なる固形物除去ではなく、最終品質と密接に関わる工程として位置づけられています^[8]。

一方で、濁りやヘイズを意図的に残すスタイルでは、 β -グルカナーゼの使い方を工程目的に合わせて考える必要があります。ヘイジー系ビールの濁りは、酵母、タンパク質、ポリフェノール、多糖、ホップ由来成分などの複合現象です。 β -グルカナーゼは β -グルカン由来の粘度負荷を下げる酵素であり、スタイル上必要な外観や口当たりを一律に消すものではありませんが、原料多糖の構造を変える点は理解しておくべきです^[2]。

β -グルカン管理と原料多様化

近年の醸造では、伝統的な大麦麦芽だけでなく、オーツ、小麦、ライ麦、トリティカーレ、未発芽穀物、特殊加工穀物を使ったレシピが増えています。これらの原料は香味やテクスチャーの幅を広げる一方、細胞壁多糖の種類と量が変わるため、麦汁分離の挙動も変わります。トリティカーレを大麦麦芽の代替として扱う研究は、麦芽以外の穀物を醸造に組み込む際に、糖化・分離・品質を総合的に評価する必要があることを示しています^[6]。

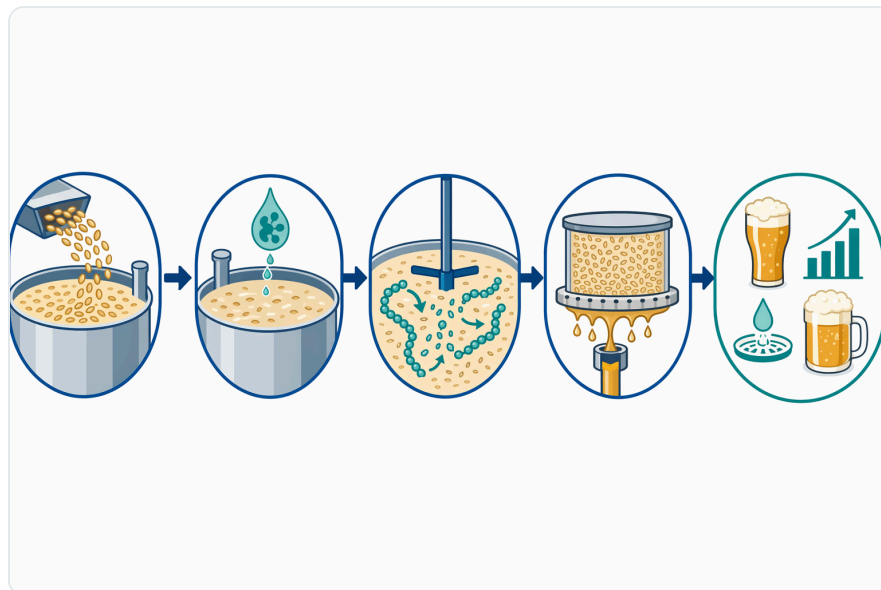


Figure 4. 양조 과정은 베타글루칸의 수화, 효소에 의한 사슬 절단, 점도 감소, 그리고 곡물 고형물이나 필터를 통한 통과성 향상의 순서로 진행됩니다.

β -グルカナーゼは、このような原料多様化に対して、工程面のリスクを下げるための酵素ツールになります。たとえば、オーツを多く含むレシピでは滑らかな口当たりを得やすい反面、麦汁粘度が上がりがやすくなります。未発芽大麦を使う場合には、麦芽由来の酵素形成と細胞壁改質が十分でないため、 β -グルカンが残りやすくなります。こうした条件では、 β -グルカナーゼによる高分子画分の切断が、レシピの自由度と工程処理性の両立に寄与します^[1]。

大麦品種や栽培条件も無視できません。醸造用品種では、エキス、タンパク質、酵素力、溶け、 β -グルカンなどが総合的に評価されます。カナダの醸造用大麦品種に関する研究では、品種特性と醸造品質が検討されており、麦芽・ビール品質が遺伝的背景と密接に関わることが示されています^[12]。 β -グルカナーゼはこうした原料品質差をすべて均一化するものではありませんが、 β -グルカンに由来する物理的な変動を緩和する手段として有用です。

実務上の位置づけ：工程補助としての液状酵素

Beta-Glucanase Brewing Enzyme Liquidは、ビールの香味を直接作る主原料ではなく、仕込・分離・ろ過を安定させるための工程補助酵素です。液状であるため、醸造現場ではマッシュ工程へ均一に分散させやすい形態として扱われます。酵素反応は温度、pH、時間、基質濃度、攪拌状態に影響されるため、実際の効果はレシピと設備条件によって変動します。 β -グルカンの分解が製麦と醸造の両段階で進むことを踏まえると、外部添加酵素はその分解プロセスを工程側から補助する位置づけです^[1]。

本製品を考える際に重要なのは、効果を「一定割合でろ過時間を短縮する」と断定しないことです。 β -グルカンが主要な律速因子であれば改善は見えやすくなりますが、ろ過不良の原因が酵母の沈降不良、タンパク質・ポリフェノール複合体、ホップ由来微粒子、濾材条件、遠心分離条件である場合、 β -グルカナーゼだけでは十分な改善にならないことがあります。ビール製造における遠心分離および濾過技術の研究でも、分離工程は多くの品質因子と操作因子が重なる領域として扱われています^[8]。

Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、製造業者または研究機関として個別工程の性能保証を行う立場ではありません。製品は1 kg単位でオンライン直接購入でき、注文時にはCoAとSDSが併せて提供されます。CoAは対象ロットの品質文書として、SDSは安全な取り扱いと保管に関する文書として、醸造所内の文書管理に利用できます。

安全な取り扱いと保管の考え方

酵素はタンパク質であり、一般に過度の熱、極端なpH、不適切な保管条件、汚染により性能が損なわれる可能性があります。醸造用 β -グルカナーゼも、狙った工程で作用させるには、投入後に基質である β -グルカンと接触し、反応できる時間を確保する必要があります。大麦 β -グルカンの分解は製麦・醸造工程を通じた連続的な現象であり、酵素をどの段階で働かせるかが工程結果に関係します^[1]。

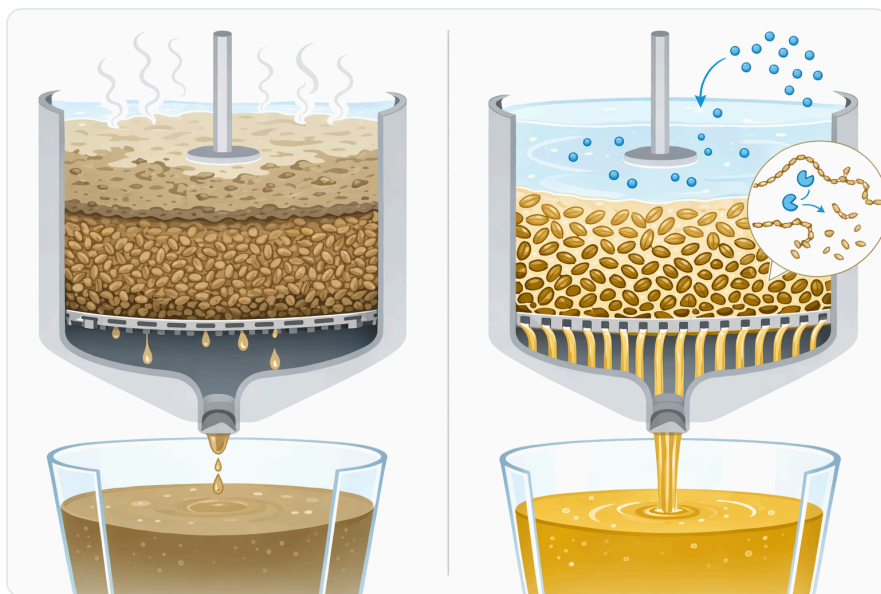


Figure 5. 베타글루카나아제, 아밀라아제, 프로테아제, 자일라나아제는 서로 다른 양조 기질에 작용하며 각기 다른 공정 문제를 해결합니다.

取り扱いでは、粉じんではなく液状であっても、酵素タンパク質への不要な皮膚接触や吸入を避けることが基本です。作業環境では、こぼれ、飛散、容器外面の汚染を防ぎ、食品・飲料製造に適した衛生管理のもとで使用します。安全上の詳細は注文時に提供されるSDSに従ってください。ここ

での要点は、 β -グルカナーゼを一般的な食品加工用酵素として慎重に扱い、マッシュや麦汁へ均一に分散させる運用を行うことです。

保管面では、酵素活性を維持するために、容器を密閉し、汚染を避け、指定された保管条件から外れないよう管理します。液状酵素は計量と分散がしやすい一方、水系製剤であるため、開封後の清潔な取り扱いが重要です。製品ロットごとの品質情報はCoAで、安全情報はSDSで確認する運用が適しています。

科学的根拠の強さと限界

β -グルカンが醸造工程に影響するという根拠は、製麦・醸造学の中で比較的強い領域です。大麦 β -グルカンの構造、製麦中の分解、醸造中の残存、粘度やろ過性への影響は、複数の研究で扱われています。Jinらのレビューは、大麦 β -グルカンとその製麦・醸造中の分解を整理しており、本製品の用途である β -グルカン管理の基盤となる知見を提供しています^[1]。

一方で、個別のビールレシピでどの程度の流速改善やろ過時間短縮が得られるかは、公開文献だけから一律には決められません。 β -グルカン濃度、分子量、麦芽改質度、副原料、糖化温度、保持時間、設備設計、濾材、発酵後の酵母状態などが重なって結果が決まるためです。したがって、科学的に妥当な表現は、「 β -グルカン由来の粘度上昇やろ過性低下を緩和し得る」であり、「常に一定の改善率を保証する」ではありません^[3]。

また、 β -グルカナーゼの作用は、 β -グルカンの健康機能や食品物性に関する研究とも関連しますが、醸造用途では最終的な栄養訴求よりも工程処理性が中心です。穀物 β -グルカンは食品素材としても注目されており、溶解性や分子量が機能性に関係することが報告されていますが、ビール醸造ではこれを粘度、分離、ろ過、品質安定性の観点で扱います^[11]。



Figure 6. 가장 관련성이 높은 적용 분야에는 부원료 비율이 높은 곡물 배합, 저용해 맥아, 맥즙 여과, 맥주 여과, 곡물 기반 음료 스트림이 포함됩니다.

Enzymes.bioからの購入形態

Enzymes.bioは、Beta-Glucanase Brewing Enzyme Liquidを1 kg単位でオンライン直接販売する供給業者です。購入はオンラインで完結し、注文処理後に配送されます。製品の製造者または研究機関としてではなく、醸造・食品加工用途の酵素原料を供給する立場で製品を提供しています。

注文時には、CoAおよびSDSが併せて提供されます。CoAはロットに紐づく品質文書として、SDSは安全な取り扱い、保管、応急措置などに関する情報文書として利用できます。サンプル請求、見積依頼、卸売、大量注文への誘導ではなく、必要な数量をオンラインで直接購入できる形態です。

まとめ： β -グルカンを「量」ではなく「分子量」で管理する酵素

Beta-Glucanase Brewing Enzyme Liquidは、麦芽・大麦・オーツなどに由来する β -グルカンを加水分解し、麦汁粘度、ロイター性、ろ過性を管理するための液状醸造用酵素です。 β -グルカンは大麦胚乳細胞壁に由来する混合結合多糖であり、製麦・醸造中に十分分解されない場合、高分子画分として麦汁やビールの流動性に影響します^[2]。

この酵素の本質的な価値は、 β -グルカンの総量を単純に減らすことではなく、粘度と濾過抵抗に強く関わる高分子鎖を短くし、工程上扱いやすい分子量分布へ移行させる点にあります。特に、改質が弱い麦芽、 β -グルカンを多く含む副原料、高濃度仕込、ろ過負荷の高いレシピでは、工程安定化のための実用的な酵素ツールになります^[1]。

Enzymes.bioは本製品を1 kg単位でオンライン販売する供給業者であり、注文時にCoAとSDSを提供します。製品は、香味を直接作る原料ではなく、 β -グルカン由来の粘度上昇とろ過性低下を管理するための加工助剤として位置づけると、醸造工程での役割を正確に理解できます。

Beta-Glucanase Brewing Enzyme 13,000 U/G Liquid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。

[Beta-Glucanase Brewing Enzyme 13,000 U/G Liquid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. Jin, Y., Speers, R., Paulson, A., & Stewart, R. (2004). Barley β -glucans and their degradation during malting and brewing.
2. Kumar, D., Gupta, O. P., Narwal, S., Singla, A., Tiwari, R., Kumar, R., & Lal, M. (2025). Barley Grain β -Glucans: Unravelling the Biochemistry and Molecular Biology of Mixed Linkage β -Glucans for Health and Malting Industry. *International Journal of Food Science & Technology.*
3. Gjertsen, P. (1966). Beta-Glucans in Malting and Brewing. I. Influence of Beta-Glucans on the Filtration of Strong Beers.
4. Solgajová, M., Dráb, Š., & Marecek, J. (2022). CHANGES IN THE CONTENT OF β -GLUCANS DURING THE MALTING PROCESS. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences.*
5. Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Zare, Z., & Carvalho, I. (2017). The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94 Pt A, 663-668 .
6. Pribić, M., Mejić, L., Despotović, S., Špirović-Trifunović, B., Bulut, S., & Pejin, J. (2024). Is malting an absolute must? Native triticale as a stand-in for barley malt in the brewing process. *The Journal of the Science of Food and Agriculture.*
7. Yousif, A., & Evans, D. E. (2018). The impact of barley nitrogen fertilization rate on barley brewing using a commercial enzyme (Ondea Pro). *Journal of The Institute of Brewing*, 124, 132-142.
8. Li, H. (2023). Application of Centrifugation and Soilless Filtration Technologies in the Beer Production Process and Empirical Research on Their Impact on Beer Quality. *BIO Web of Conferences.*

9. Ghionno, L. D., Marconi, O., Sileoni, V., Francesco, G., & Perretti, G. (2017). Brewing with prolyl endopeptidase from *Aspergillus niger*: the impact of enzymatic treatment on gluten levels, quality attributes and sensory profile. *International Journal of Food Science & Technology*, 52, 1367-1374.
10. Ducroo, P., & Frelon, P., G. (1989). Improvement of beer production by the use of .BETA.-glucanase-pentosanase from *Disporotrichum dimorphosporum*.
11. Schmidt, M. (2020). Cereal beta-glucans: an underutilized health endorsing food ingredient. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62, 3281 - 3300.
12. Nanamori, M., Tokizono, Y., Hoki, T., Saito, W., Aritomo, R., Yamaki, T., Hirota, N., ... et al. (2021). Breeding and brewing quality of the Canadian malting barley variety 'CDC Goldstar' lacking lipooxygenase-1. *Breeding Science*, 71, 277 - 282.


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。