

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive | 製パン用キシラナーゼ／ヘミセルラーゼでドウ物性・ボリューム・クラムを整える

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

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additiveは、小麦粉・全粒粉・穀物ブレンド中のアラビノキシランなどのヘミセルロースに作用し、ドウの伸展性、ガス保持、焼成後のボリューム、クラム構造を調整するために使われる製パン用酵素です。キシラナーゼは繊維を完全に分解するのではなく、水不溶性の細胞壁多糖を部分的に低分子化し、ドウ中で機能しやすい水溶性成分へ移す点が実務上の核心です^[1]。

Enzymes.bioは製造業者・研究所ではなく、製パン・食品加工向け酵素を1kg単位でオンライン供給するB2Bサプライヤーであり、CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。

製品の位置づけ：製パン用キシラナーゼ／ヘミセルラーゼとは何か

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additiveは、パン生地中の非デンプン性多糖、特に小麦由来のアラビノキシランに働く酵素製剤として理解すると実務的です。製パンで使われる酵素には、デンプンに作用するアミラーゼ、脂質に作用するリパーゼ、タンパク質ネットワークに影響する酸化系・架橋系酵素などがありますが、キシラナーゼ／ヘミセルラーゼの主な役割は「粉中の細胞壁成分を扱いやすい形に変えること」です^[2]。

キシラナーゼは、キシラン主鎖の β -1,4結合を加水分解する酵素群で、植物細胞壁のヘミセルロース分解に関与します。小麦粉では、キシラン骨格にアラビノース側鎖を持つアラビノキシランが重要で、これは粉の吸水、ドウの粘弾性、発酵中の気泡安定性、焼成後のクラム構造に影響します^[1]。

ヘミセルラーゼという名称は、キシラナーゼより広い範囲の細胞壁多糖分解酵素を含む概念として使われます。製パン上は、単に「繊維を壊す酵素」ではなく、グルテン形成を妨げやすい不溶性多糖を、ドウ中で水を保持し、粘度や気泡膜安定性に寄与し得る形へ部分的に変換する酵素として扱う方が正確です^[3]。

Enzymes.bioが供給する本製品は、製パン・食品加工用途で使われる酵素を必要とする事業者向けのオンライン供給品です。Enzymes.bioは本製品の製造業者でも研究機関でもないため、ここで述べる内容は、特定バッチの製造条件や研究データの提示ではなく、公開文献に基づく酵素カテゴリーの技術的整理です。

製パンで問題になるアラビノキシランの挙動

小麦粉の主成分はデンプンとタンパク質ですが、少量のアラビノキシランがドウ物性に大きく影響することがあります。とくに水不溶性アラビノキシランは、ふすま・胚乳細胞壁・全粒粉中の構造断片として存在し、グルテンタンパク質の連続したネットワーク形成を物理的に妨げ、発酵ガスを保持する膜の均一性にも影響します^[3]。

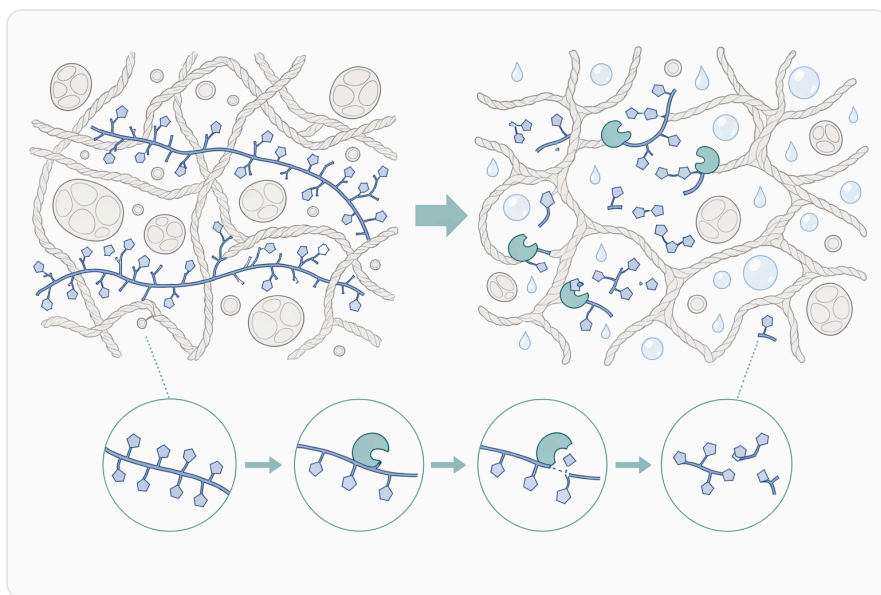


Figure 1. 식품 등급 자일라나아제는 밀 아라비노자일란을 가수분해하여 수분 분포, 반죽 취급성, 빵 부피 및 속결 구조를 개선합니다.

白パンではこの影響は比較的穏やかですが、全粒粉パン、高繊維パン、ふすま入りパン、マルチグレインパンでは顕著になります。繊維画分が増えると吸水が上がり、ミキシング時のエネルギー応答が変わり、ドウが短く切れやすい、発酵後の保持力が弱い、焼成後の比容積が出にくい、クラムが粗い、硬く感じるといった課題が生じやすくなります^[4]。

キシラーゼ/ヘミセルラーゼの役割は、この細胞壁多糖を完全に可溶化することではありません。製パンで有益なのは、過度な分解ではなく、水不溶性アラビノキシランの一部を中程度の分子量的水溶性アラビノキシランやオリゴ糖へ移行させ、ドウ中の水の分布、液相粘度、気泡膜の安定性を調整する方向の反応です^[1]。

この考え方は、繊維強化製パンの研究とも整合します。繊維を増やすと栄養・表示上の価値は高まりますが、製パン品質ではグルテン希釈、細胞壁断片によるネットワーク阻害、吸水競合が生じるため、酵素による多糖の部分変換がドウ品質の調整手段として検討されてきました^[3]。

作用機序：水不溶性繊維をドウ中の機能成分へ変える

キシラナーゼは、アラビノキシラン主鎖の内部結合を切断し、長い多糖鎖を短くします。これにより、水不溶性の粒子状細胞壁成分が部分的に可溶化し、ドウ中の液相へ移ります。液相に移ったアラビノキシラン断片は、水を抱え、ドウ中の粘度を変え、発酵中の気泡周囲にある薄い膜の性質に影響します^[1]。

第一の効果は、グルテンネットワーク形成の阻害を弱めることです。未処理の不溶性アラビノキシランやふすま粒子は、グルテンの連続性を断ち、伸展時に破断点を作りやすくします。キシラナーゼがこれらの構造を部分的にほぐすと、タンパク質相がより連続しやすくなり、分割・丸め・成形時のドウの伸びが改善する方向に働きます^[4]。

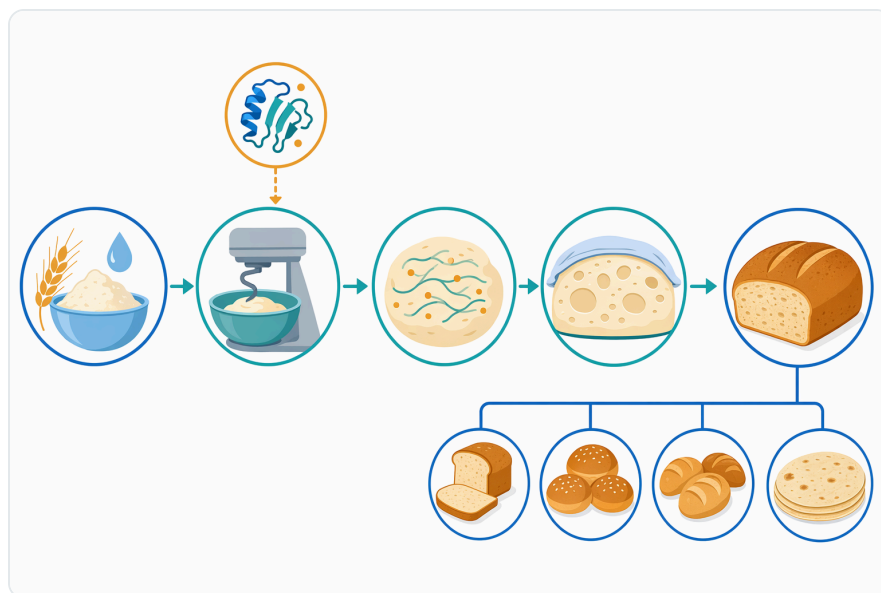


Figure 2. 제빵에서 자일라나아제는 혼합 단계에서 투입되며, 반죽 형성과 발효 과정에서 작용한 뒤 굽는 동안 열에 의해 불활성화됩니다.

第二の効果は、ガス保持性への影響です。発酵で発生した二酸化炭素は、ドウ中の気泡として成長します。気泡膜の粘度や弾性が不十分だと、気泡が合一して粗いクラムになったり、焼成前後に崩れたりします。水溶性アラビノキシランはドウ液相の性質を変え、気泡膜を安定化する方向に寄与し得るため、クラムの均一性やボリュームに関係します^[5]。

第三の効果は、水分分布の再調整です。アラビノキシランは高い保水性を持つため、未制御の状態ではグルテンやデンプンが利用すべき水を奪うことがあります。部分分解によって水の拘束状態が変わると、ミキシング時のドウ形成、発酵中の柔軟性、焼成後のクラムの口どけに影響します。ただし、分解が進みすぎると水が過剰に解放され、ドウが粘着的・流動的になる可能性があります[3]。

このため、製パンにおけるキシラナーゼは「強く作用すればよい」酵素ではありません。望ましいのは、粉の種類、全粒粉比率、吸水、ミキシング強度、発酵条件、焼成プロファイルに対して、ドウ構造を壊さずに細胞壁多糖を機能化するバランスです。酵素の効果は粉と工程の相互作用として現れるため、単独の添加物としてではなく、配合設計の一部として評価されます[6]。

製パン研究で示されている効果

製パン用酵素の総説では、キシラナーゼを含む酵素群が、パンの比容積、クラム構造、テクスチャー、保存中の硬化抑制などに関与する技術として整理されています。これは、酵素がデンプン・タンパク質・脂質・非デンプン性多糖を選択的に変換し、化学的改良剤とは異なる経路でドウを調整するためです[2]。

全粒粉を対象とした研究では、酵素および乳化剤の補助により、全粒粉ドウのレオロジー特性と焼成品質が変化することが報告されています。全粒粉ではふすまや胚芽由来の繊維がグルテン形成を妨げやすいため、キシラナーゼ／ヘミセルラーゼのように細胞壁多糖へ作用する酵素の影響が、白パンより明確に観察される場合があります[4]。

繊維強化パンの研究でも、酵素処理がドウ挙動と焼成品質に影響することが示されています。繊維原料を配合したパンは吸水と構造形成のバランスが崩れやすく、酵素によって細胞壁多糖の分子状態を変えることが、製品ボリュームやクラムの食感に関係します[3]。

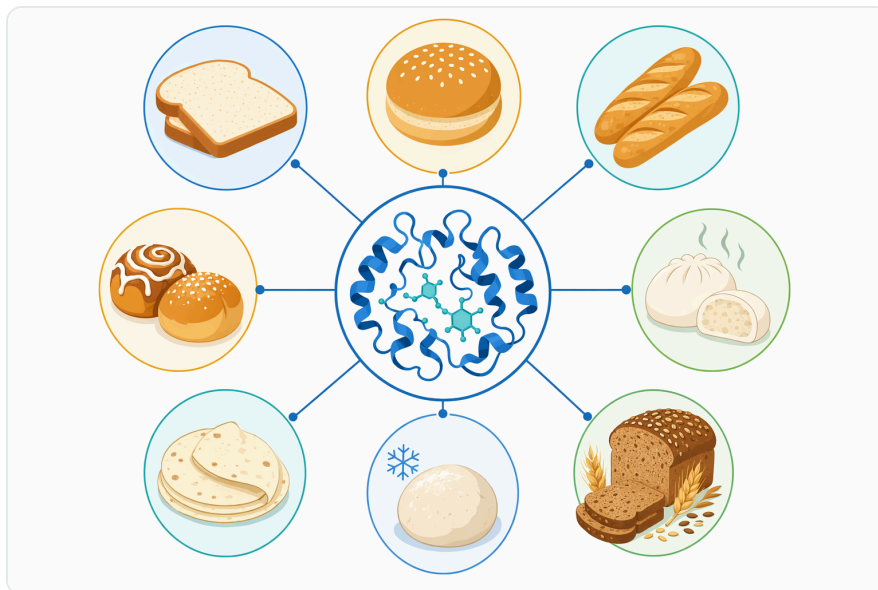


Figure 3. 제빵용 자일라나아제는 식빵, 번, 롤, 플랫브레드, 냉동 반죽 및 식이섬유 강화 배합에 폭넓게 사용됩니다.

小麦ミールから調製したパンに対する酵素の研究では、酵素添加がドウのレオロジーとパン品質特性を変えることが検討されています。キシラナーゼ／ヘミセルラーゼの効果は、ミキシング中の抵抗、発酵時の保持力、焼成後の内部構造という複数段階にまたがって現れるため、単一の物性値だけでは評価しにくい特徴があります^[5]。

酸化剤や酵素処理を複数のカナダ産春小麦品種で比較した研究では、品種差と処理条件が焼成品質に影響することが示されています。これは、同じ酵素カテゴリーであっても、粉のタンパク質品質、アラビノキシラン量、内在酵素、損傷デンプン、灰分などの違いによって結果が変わることを示唆します^[7]。

小麦胚芽パンでも、酵素とアスコルビン酸の併用がドウレオロジーとパン品質に影響することが研究されています。胚芽やふすまを含む配合では、栄養的な価値と製パン適性の間に緊張関係が生じやすく、酵素はそのギャップを埋める工程上の手段として扱われます^[8]。

用途別に見るキシラナーゼ／ヘミセルラーゼの役割

| 製パン用途 | 主な課題 | キシラナーゼ／ヘミセルラーゼの関与 | 実務上の見方 |
|---------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 白パン・食パン | ボリューム、スライス適性、クラムのきめ、ライン安定性 | 少量のアラビノキシランを部分変換し、伸展性とガス保持に影響 | 大きな配合変更をせず、ドウ挙動を微調整する酵素として位置づける |

| 製パン用途 | 主な課題 | キシラナーゼ／ヘミセルラーゼの関与 | 実務上の見方 |
|--------------|-------------------------|----------------------------|---|
| 全粒粉パン | ふすまによるグルテン阻害、硬い食感、比容積低下 | 不溶性細胞壁多糖を可溶化し、吸水と気泡膜安定性を調整 | 繊維の栄養価を残しつつ、製パン適性を補正する用途に適する ^[4] |
| 高繊維パン | 吸水増加、ドウの短さ、クラム粗化 | 繊維画分の一部を低分子化し、粘弾性と保水挙動を変える | 過度な分解ではなく、部分分解のバランスが重要 ^[3] |
| マルチグレインパン | 穀物ごとの細胞壁多糖差、吸水ばらつき | 小麦以外の穀物由来ヘミセルロースにも影響する可能性 | 原料ブレンドのばらつきを工程側で吸収する考え方 |
| キャッサバ・小麦複合パン | グルテン希釈、構造保持の弱さ | 複合酵素系により、非小麦多糖の影響を調整 | 複合粉パンでは酵素の組み合わせが品質に影響 ^[9] |

白パンや食パンでは、キシラナーゼ／ヘミセルラーゼの効果は「劇的な風味変化」ではなく、ドウの扱いやすさ、発酵後の形状保持、焼成時の膨張、クラムの均一性として表れます。粉の灰分が低くてもアラビノキシランは存在するため、少量成分でありながら製パン適性に影響する点がこの酵素の実用性です^[2]。

全粒粉パンでは、作用対象がより明確です。全粒粉はふすま・胚芽を含むため、細胞壁多糖、フェノール性成分、脂質、酵素活性などが白粉より複雑で、グルテン希釈と物理的破断が同時に起こります。キシラナーゼ／ヘミセルラーゼは、このうち細胞壁多糖に関わる部分を調整するため、全粒粉配合の品質安定化と相性があります^[4]。

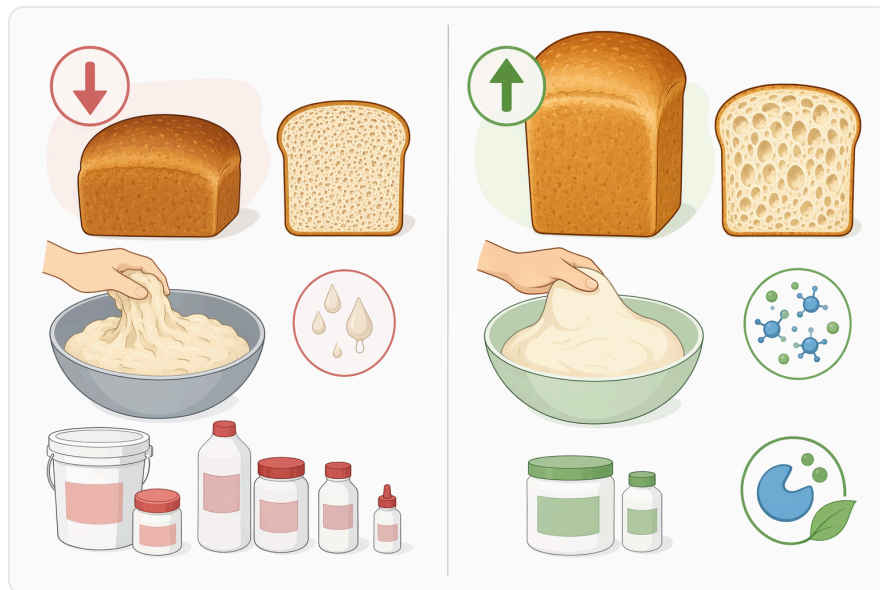


Figure 4. 기존 반죽 개량제만 사용할 때와 비교해, 자일라나아제는 밀가루의 헤미셀룰로오스를 선택적으로 변형하여 빵 부피와 속결의 부드러움을 향상시킬 수 있습니다.

高繊維パンでは、繊維原料の種類によって結果が変わります。小麦ふすま、大麦由来画分、雑穀、シード類では、 β -グルカン、アラビノキシラン、セルロース、リグニン様成分の比率が異なるため、同じヘミセルラーゼ系酵素でもドウへの影響は一様ではありません。大麦副産物の食品利用に関する近年の議論でも、ふすま・外皮画分の機能性と加工適性の両立が重要課題として扱われています^[10]。

キャッサバ・小麦複合パンのようなグルテン希釈配合では、酵素の意味はさらに広がります。Yarrowia phangngaensis由来の多酵素複合体を用いた高キャッサバ・小麦複合パンの研究では、複合粉パン向けの酵素添加物としての可能性が検討されており、小麦以外の多糖を含む配合で酵素設計が重要になることを示しています^[9]。

レオロジーで理解する：ミキシング、発酵、焼成のどこに効くか

ミキシング段階では、小麦タンパク質が水和し、機械的エネルギーを受けてグルテンネットワークを形成します。このとき不溶性アラビノキシランや繊維粒子が多いと、グルテン鎖の連続性が弱まり、ドウがまとまりにくくなります。キシラーナーゼ/ヘミセルラーゼは、ミキシング中から細胞壁多糖の一部を変換し、ドウ形成時の抵抗と伸展のバランスに影響します^[6]。

発酵段階では、酵母が発生するガスをドウが保持できるかが重要です。ドウが硬すぎれば十分に膨張できず、軟らかすぎれば保持力が落ちます。アラビノキシランの部分分解によって液相粘度や水分分布が変化すると、気泡が均一に成長しやすくなる一方、反応が過度であれば気泡膜が弱くなる可能性があります^[5]。

焼成段階では、オーブンスプリング、デンプンの糊化、タンパク質の熱凝固、酵素の熱失活が重なります。キシラナーゼが焼成前までに作った可溶性多糖断片は、焼成初期の気泡拡大と構造固定の間に影響を及ぼします。したがって、焼成後のボリュームやクラムの細かさは、酵素反応そのものだけでなく、ミキシング・発酵・焼成の連続した結果として評価されます^[2]。

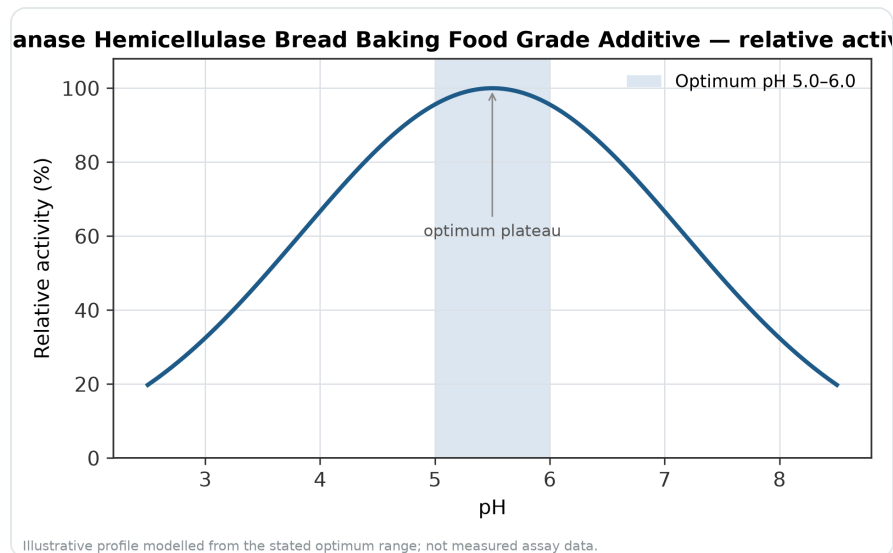


Figure 5. pH에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, pH 5.0~6.0에서 최적 활성 구간을 보입니다.

Mixolabなどのレオロジー曲線を用いた小麦粉品質評価の研究では、ドウ形成、タンパク質弱化、デンプン糊化、アミラーゼ影響、老化傾向などが一連のパラメータとして扱われます。キシラナーゼ／ヘミセルラーゼは主に非デンプン性多糖に作用しますが、吸水と液相粘度を変えるため、こうした総合的なレオロジー評価にも間接的に反映されます^[6]。

他の製パン酵素・改良要素との違い

アミラーゼはデンプンを分解し、発酵性糖の供給、クラスト色、老化抑制に関係します。これに対し、キシラナーゼ／ヘミセルラーゼはデンプンではなく細胞壁多糖に作用するため、同じ「パンを柔らかくする」「ボリュームを上げる」と表現される場合でも、分子レベルの経路が異なります^[2]。

グルコースオキシダーゼやアスコルビン酸のような酸化的な改良要素は、主にタンパク質ネットワークの強化や酸化還元環境に関係します。キシラナーゼはグルテンを直接架橋する酵素ではありませんが、グルテン形成を妨げる不溶性多糖を変換することで、結果的にネットワークの連続性を支えます^[8]。

リパーゼは小麦粉や添加油脂の脂質に作用し、乳化性成分の生成を通じてガス保持やクラム軟化に影響します。一方、ヘミセルラーゼ系酵素は水相に存在する多糖の状態を変えるため、ドウの粘性、吸水、気泡膜の水分保持に関係します。複数酵素を組み合わせる場合、それぞれの作用対象が

異なることを理解する必要があります[2]。

クリーンラベル志向のパン研究では、ライム果汁や酵素を組み合わせたパン品質・保存性への影響も検討されています。これは、酵素が化学的酸化剤や合成的な改良剤の単純な代替ではなく、配合全体のpH、水分、微生物制御、ドウ物性と組み合わせられて機能することを示しています[11]。

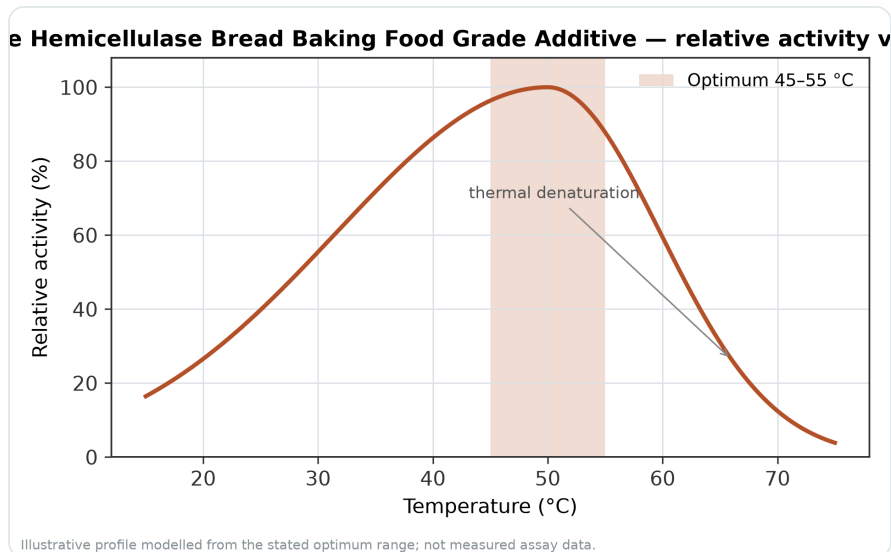


Figure 6. 온도에 따른 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

キシラナーゼ開発研究が製パン用途を支える理由

製パン向けキシラナーゼは、酵素工学や微生物発現の研究対象にもなっています。

*Plectosphaerella cucumerina*由来のキシラナーゼXYNZGを*Kluyveromyces lactis*で異種発現し、製パン用途に向けて検討した研究は、ベーカリー用途に適した酵素特性を探索する流れを示しています[12]。

*Saccharomyces cerevisiae*でキシラナーゼXynHBを高コピーかつ安定に発現させる研究も、食品・発酵産業で利用しやすい宿主を使った酵素生産技術の一例です。これは、キシラナーゼが単なる汎用分解酵素ではなく、用途に応じて発現系や安定性が検討される工業酵素であることを示しています[13]。

近年は、*Caulobacter vibrioides*をキシラナーゼ用途に向けてバイオエンジニアリングする研究も報告されており、ベーカリー産業での応用が議論されています。こうした研究は、キシラナーゼの基質特異性、反応温度域、安定性、食品工程との適合性が、今後も改良対象であることを示します[14]。

ただし、これらの研究は酵素カテゴリーや技術開発の根拠であり、Enzymes.bioが特定の酵素株を製造していることを意味しません。Enzymes.bioはオンライン供給業者として、製パン・食品加工に用いられる酵素製品を事業者へ供給する立場であり、研究開発や製造主体としての表示は行いません。

使用時に理解すべき工程上の限界

キシラナーゼ／ヘミセルラーゼは、タンパク質量が不足した粉を高タンパク粉に変えるものではありません。酵母活性の不足、過発酵、焼成不足、冷却不良、包装不良を直接修正する酵素でもありません。作用対象は主にアラビノキシランを含むヘミセルロースであり、ドウ構造の一部を調整する技術です^[1]。

また、分解が進みすぎると、期待される伸展性ではなく、粘着、過度な軟化、成形時のだれ、焼成後の腰折れとして現れる可能性があります。これは、アラビノキシランが抱えていた水が再分配され、ドウ液相の流動性が変わるためです。したがって、酵素の役割は「硬い生地を単純に柔らかくする」ことではなく、繊維・水・グルテンの相互作用を制御することです^[3]。

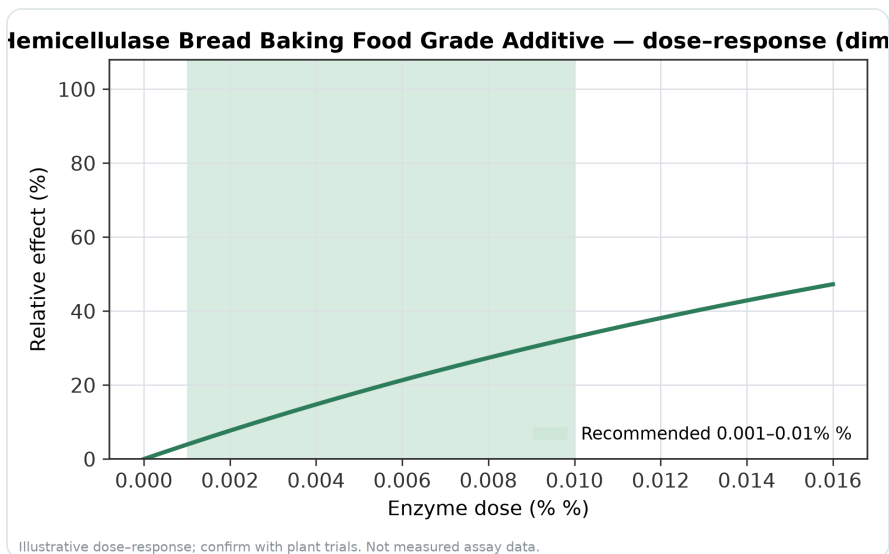


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001~0.01%)에서 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 예시적 용량-반응 관계.

粉の違いも大きな要因です。春小麦、冬小麦、全粒粉、ふすま添加粉、胚芽添加粉では、タンパク質品質、細胞壁多糖、内在酵素、損傷デンプン、灰分が異なります。酵素処理と小麦品種の相互作用を扱った研究が示すように、同じ酵素処理でも小麦原料が変われば焼成品質の反応は変化します^[7]。

そのため、キシラナーゼ／ヘミセルラーゼは万能なパン改良剤ではなく、粉の繊維画分が原因となる物性課題に対して有効性を発揮しやすい酵素です。特に全粒粉パン、高繊維パン、穀物ブレンドパンでは、細胞壁多糖の寄与が大きいいため、酵素の意味を説明しやすい用途領域になります^[4]。

安全性と取り扱いの基本

酵素製剤はタンパク質であり、粉体として扱う場合には吸入や眼・皮膚への接触に注意が必要です。食品加工で使われる酵素であっても、作業者にとっては粉じん感作や刺激のリスクがあり得るため、SDSに基づいた保管、投入、清掃、廃棄の管理が重要です^[2]。

Enzymes.bioでは、本製品は1kg単位でオンライン直接販売され、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。CoAは供給品に付随する品質関連文書、SDSは安全な取り扱いのための文書として用いられますが、Enzymes.bioは製造業者・研究所ではなく、B2B向け酵素供給業者として製品を取り扱います。

製パンラインでは、酵素粉体の飛散を抑え、原料投入時の局所的な濃淡を避け、通常の食品工場の衛生管理に従って扱うことが基本です。酵素は反応性を持つ加工助剤・添加用途の原料であるため、砂糖や塩のような単純な配合原料ではなく、工程中の時間・水分・温度・基質に応じて効果が変わる成分として管理されます^[2]。

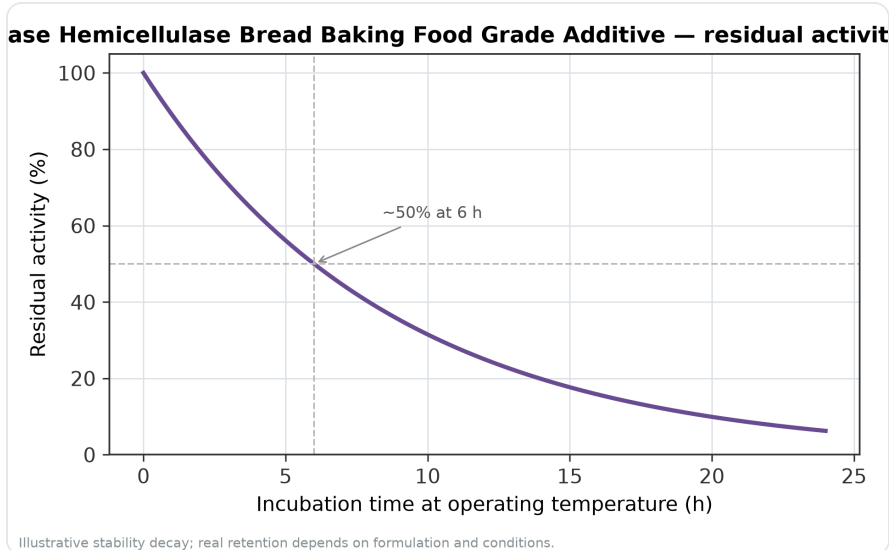


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 자일라나아제 헤미셀룰라아제 제빵용 식품 등급 첨가제의 예시적 열 안정성 감소.

まとめ：ドウの繊維成分を制御する製パン用酵素

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additiveは、小麦粉や全粒粉に含まれるアラビノキシランなどのヘミセルロースを部分的に分解し、ドウの伸展性、ガス保持、ボリューム、クラムの均一性を調整するための製パン用酵素です。特に、全粒粉パン、高繊維パン、ふすま入りパン、マルチグレインパンでは、細胞壁多糖が品質低下の一因になりやすいため、この酵素カテゴリーの意義が明確になります^[3]。

科学的には、キシラナーゼはキシラン主鎖を切断し、水不溶性アラビノキシランの一部を水溶性画分へ移すことで、グルテン形成の阻害低減、水分分布の調整、液相粘度の変化、気泡膜安定性への影響を通じて製パン品質に関与します。製パン酵素の研究では、こうした多糖変換がパンのレオロジーと焼成品質に影響することが複数の配合・粉種で検討されています^[2]。

一方で、効果は粉の種類、全粒粉比率、吸水、ミキシング、発酵、焼成、他の酵素や改良要素との組み合わせに依存します。キシラナーゼ／ヘミセルラーゼは、すべての製パン課題を解決する万能剤ではなく、粉中の繊維性多糖に由来する物性課題を、酵素反応によって調整するための実務的なツールとして位置づけるのが適切です^[7]。

Enzymes.bioは、本製品を製造する立場ではなく、製パン・食品加工用途の酵素をオンラインで供給するB2Bサプライヤーです。Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additiveは1kg単位で購入でき、注文時にCoAとSDSが提供されるため、事業者は文書を確認しながら自社の製パン工程で扱うことができます。

Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive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。

[Xylanase Hemicellulase Bread Baking Food Grade Additive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. Kaur, D., Joshi, A., Sharma, V., Batra, N., & Sharma, A. (2023). An insight into microbial sources, classification, and industrial applications of xylanases: A rapid review. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1489 - 1503.
2. Dahiya, S., Bajaj, B., Kumar, A., Tiwari, S., & Singh, B. (2020). A review on biotechnological potential of multifarious enzymes in bread making. *Process Biochemistry*, 99, 290-306.
3. Laurikainen, T., Härkönen, H., Autio, K., & Poutanen, K. (1998). Effects of enzymes in fibre - enriched baking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 239-249.
4. Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M., & Ghiafehdavoodi, M. (2021). Modification of dough characteristics and baking quality based on whole wheat flour by enzymes and emulsifiers supplementation. *Lwt - Food Science and Technology*, 139, 110794.
5. Altinel, B., & Ünal, S. (2017). The effects of certain enzymes on the rheology of dough and the quality characteristics of bread prepared from wheat meal. *Journal of food science and technology*, 54, 1628-1637.
6. Banu, I., Stoenescu, G., Ionescu, V., & Aprodu, I. (2018). Estimation of the baking quality of wheat flours based on rheological parameters of the mixolab curve. *Czech Journal of Food Sciences*, 29, 35-44.
7. Tozatti, P., Hopkins, E. J., Briggs, C., Hucl, P., & Nickerson, M. (2020). Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the baking quality of doughs formulated with five Canadian spring wheat cultivars. *Food science and technology international = Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional*, 26, 614 - 628.
8. PAUCEANA, A., MANA, S. M., Ancu, S., & SOCACIA, A. (2016). WHEAT GERM BREAD QUALITY AND DOUGH RHEOLOGY AS INFLUENCED BY ADDED ENZYMES AND ASCORBIC ACID.
9. Nwagu, T., Osilo, C., Arinze, M. N., Okpala, G., Amadi, O., Ndubuisi, I., Okolo, B., ... et al. (2021). A novel strain of Yarrowia phangngaensis producing a multienzyme complex; a source of enzyme additives for baking high cassava-wheat composite bread. *Food Biotechnology*, 35, 158 - 177.
10. Hu, X., & Gilbert, R. G. (2025). Value Adding to Barley Byproducts: A Perspective of Bran and Husk in the Food Industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 6, e70316 .
11. Scarton, M., Ganancio, J. R., Avelar, M. H. M., Clerici, M., & Steel, C. (2020). Lime juice and enzymes in clean label pan bread: baking quality and preservative effect. *Journal of food science and technology*, 58, 1819 - 1828.
12. Zhan, F., Wang, Q., Si-Jiang, Zhou, Y., Gui-Zhang, & Ma, Y. (2014). Developing a xylanase XYNZG from Plectosphaerella cucumerina for baking by heterologously expressed in Kluyveromyces lactis. *BMC Biotechnology*, 14.
13. Fang, C., Wang, Q., Selvaraj, J. N., Zhou, Y., Ma, L., Zhang, G., & Ma, Y. (2017). High copy and stable expression of the xylanase XynHB in Saccharomyces cerevisiae by rDNA-mediated integration. *Scientific Reports*, 7.
14. Simioni, B., Rocha, P. M. C., Fávero, A., Conceição Silva, J. L., Gandra, R. F., Maller, A., Kadowaki, M. K., ... et al. (2025). Bioengineering Caulobacter vibrioides for Xylanase Applications in the Bakery Industry. *Microorganisms*, 13.


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。