

グルコースオキシダーゼ（Glucose Oxidase） — 製パン・パン用小麦粉のドウ安定化に使う酵素

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

グルコースオキシダーゼは、酸素を利用してグルコースを酸化し、グルコノラクトンと過酸化水素を生成する酸化還元酵素です。製パンでは、この反応で生じる過酸化水素が生地中のタンパク質・多糖類ネットワークに酸化的な変化を与え、ドウの安定性、ガス保持、焼成後の形状保持を支援します^[1]。Enzymes.bio は本酵素を製パン・小麦粉処理向けにオンライン供給するB2B酵素サプライヤーであり、製品は1 kg単位で直接購入でき、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

製パン向けグルコースオキシダーゼの位置づけ

グルコースオキシダーゼ（glucose oxidase、GOx）は、パン用小麦粉製品、業務用ベーカリーミックス、冷凍生地、食パン・ロール・菓子パンなどで、酸化的なドウ補強を目的に使われる酵素です。Enzymes.bio が供給する製パン向けグルコースオキシダーゼ製品は、製造業者・研究所としてではなく、B2B向け酵素供給業者としてオンライン販売される製品であり、製パン用途におけるグルテンネットワーク強化、ドウ安定性、ローフ品質の支援を意図した酵素として紹介されています。

この酵素の実務上の価値は、「酸化剤を直接投入する」のではなく、生地中で利用可能なグルコースと酸素を基質として、過酸化水素を反応生成物として発生させる点にあります。過酸化水素は反応性の高い酸化種であり、適切な範囲では生地の骨格形成に寄与しますが、過剰な酸化は伸展性低下や締まりすぎにつながる可能性があるため、製パン設計では“補強”と“しなやかさ”のバランスを意識して扱われます^[2]。

Enzymes.bio の本製品は、食品加工・産業用途のB2B製品として扱われます。オンラインで1 kg単位の直接購入が可能であり、少量試用、見積依頼、卸売相談、大量注文への誘導を前提とする販売形態ではありません。注文に関連する文書としてCoAとSDSが提供されるため、使用現場では製品ページ上の情報と併せて、社内の品質・安全管理文書として保管する位置づけになります。

反応機構：グルコース酸化から過酸化水素生成まで

グルコースオキシダーゼは、フラビン補酵素を含む酸化還元酵素として知られ、 β -D-グルコースを酸化してD-グルコン- δ -ラク톤を生じ、同時に酸素を還元して過酸化水素を生成します。生成したラク톤は水中で加水分解を受け、グルコン酸へ移行します。この一連の反応は、食品加工、バイオセンサー、環境処理など多様な応用分野で利用されるグルコースオキシダーゼの中心的な化学反応です^[1]。

酵素反応を製パンの視点で見ると、重要なのは最終的なグルコン酸そのものよりも、反応途中で生じる過酸化水素です。パン生地中には小麦タンパク質、アラビノキシランなどの非デンプン性多糖類、酵母由来成分、糖類、脂質、塩類が共存しており、過酸化水素はこれらの酸化還元バランスに影響します。グルコースオキシダーゼを利用したパン品質改善研究では、酵素反応に伴う酸化的变化がドウのレオロジーや焼成品質に関連することが示されています^[3]。

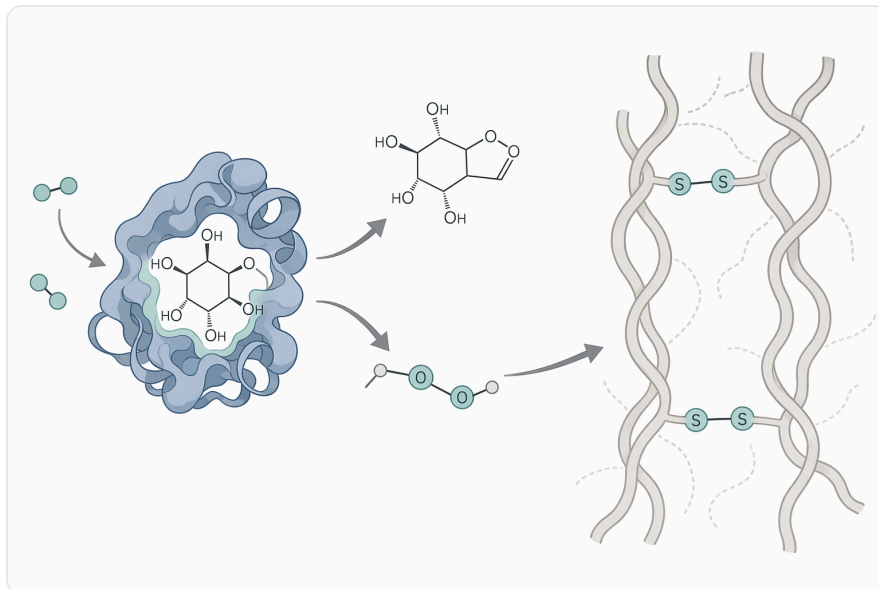


Figure 1. 글루코스 산화효소는 포도당과 산소를 글루콘산과 과산화수소로 전환하며, 이때 생성된 과산화수소가 반죽을 산화적으로 강화하는 효과를 냅니다.

この反応は、単に「生地を硬くする」ものではありません。ミキシング中に取り込まれた酸素、配合中の還元性成分、糖の利用可能性、発酵時間、温度、水分量が反応の進み方を左右します。したがって、同じグルコースオキシダーゼであっても、リーンな食パン配合、油脂・糖を多く含むリッチな菓子パン配合、冷凍生地、グルテンフリー配合では、体感される生地物性が異なります。トウモロコシを主体とするグルテンフリーブレッドでも、水分、食物繊維、グルコースオキシダーゼの組み合わせがレオロジーと焼成特性に影響することが報告されています^[4]。

製パン中で起こると考えられる構造変化

小麦パンでは、ミキシングによってグルテニンとグリアジンが水和・展開し、粘弾性を持つグルテンネットワークを形成します。グルコースオキシダーゼが生成する過酸化水素は、このネットワーク内の酸化結合形成を促し、ドウの耐性やまとまりを高める方向に働くと理解されています。実際の生地ではタンパク質だけでなく、アラビノキシランなどの小麦由来多糖類も水分保持とネットワーク形成に関与するため、効果は単一成分への作用ではなく、生地マトリックス全体の変化として現れます^[3]。

このため、グルコースオキシダーゼは「グルテンを直接つなぐ接着剤」ではなく、「生地中で酸化環境を発生させ、結果としてネットワーク形成を補助する酵素」と表現する方が正確です。生地の締まり、伸展性、ガス保持、成形時の耐性は、過酸化水素の発生量だけでなく、その発生タイミングにも影響されます。GOxとペルオキシダーゼ系を組み合わせた研究では、過酸化水素の持続的供給が後続の酸化反応を制御する重要因子として扱われています^[2]。

製パン現場で解決しやすい課題

パン工場や業務用ミックスの製造では、小麦粉ロット差による吸水の変動、タンパク質品質の違い、ミキシング耐性の不足、発酵中の腰落ち、機械成形時のべたつきが日常的な課題になります。グルコースオキシダーゼは、これらのうち特に「生地が弱い」「ミキサー後半でだれる」「発酵中のガス保持が安定しない」「焼成後のローフ形状にばらつきが出る」といった酸化的補強で改善し得る領域に適しています。

弱い小麦粉を使用する場合、グルテンネットワークの形成が十分でないと、ミキシングで一時的に生地がまとまっても、発酵・成形・ホイロの過程で構造が崩れやすくなります。グルコースオキシダーゼは、生地内で過酸化水素を発生させることにより、タンパク質と多糖類を含む構造形成を補助し、結果として発酵ガスを保持しやすい生地状態に近づけます。パン品質と保存性を改善する目的でグルコースオキシダーゼを検討した研究でも、酵素利用が生地・焼成後品質に関係することが示されています^[3]。



Figure 2. 산화적 가교 결합은 수화된 글루텐 매트릭스를 강화해 반죽을 더 잘 뭉치게 하고 덜 끈적거리게 하며, 발효 가스를 더 잘 보유할 수 있게 합니다.

冷凍生地やリタード発酵のように工程時間が長い場合も、グルコースオキシダーゼの役割は明確です。長時間の低温保管、解凍、再発酵では、生地中の水分移動、酵母活性、氷結晶ダメージ、グルテン構造の弱화가重なり、発酵後のボリュームや形状保持が乱れやすくなります。酸化的なネットワーク補強は、このような工程ストレスに対する耐性設計の一部として使われますが、配合全体の還元性・酸化性との相互作用を無視することはできません^[4]。

グルコースオキシダーゼと他の製パン改良成分の違い

製パン改良では、グルコースオキシダーゼだけでなく、アスコルビン酸、 α -アミラーゼ、キシラナーゼ、リパーゼ、乳化剤などが使われます。これらは同じ「パンを良くする成分」として扱われがちですが、作用点は大きく異なります。グルコースオキシダーゼは糖と酸素から過酸化水素を発生させる酸化還元酵素であり、デンプン分解や乳化とは異なる経路でドウ物性に関与します^[1]。

成分・酵素	主な作用点	製パンで現れやすい効果	グルコースオキシダーゼとの違い
グルコースオキシダーゼ	グルコース酸化と過酸化水素生成	ドウ安定化、ガス保持、形状保持の支援	酸化的ネットワーク形成を間接的に促す
アスコルビン酸	生地内の酸化還元系	グルテン補強、ミキシング耐性向上	酵素ではなく、酸化還元成分として作用
α -アミラーゼ	デンプン分解	発酵糖供給、焼き色、老化抑制の支援	生地骨格よりもデンプン・糖供給に関与

成分・酵素	主な作用点	製パンで現れやすい効果	グルコースオキシダーゼとの違い
キシラナーゼ	アラビノキシラン分解	吸水・粘性・生地伸展性の調整	多糖類を分解して水分移動を変える
リパーゼ	脂質改質	クラム、乳化性、ボリューム支援	脂質由来の界面特性に関与

この比較で重要なのは、グルコースオキシダーゼを「アミラーゼの代替」や「乳化剤の代替」と単純に考えないことです。α-アミラーゼはデンプンから発酵性糖を増やし、キシラナーゼは水溶性・不溶性アラビノキシランの挙動を変え、リパーゼは脂質を介してクラムやガスセル界面に作用します。一方、グルコースオキシダーゼは酸素を使った酸化反応を起点にするため、ミキシング時の酸素取り込みや配合中の糖・還元性成分の影響を強く受けます^[4]。

他の酵素や改良剤との併用では、効果が相加的になる場合もあれば、狙いから外れる場合もあります。例えば、グルコースオキシダーゼで生地を補強しつつ、アミラーゼで発酵性糖や焼成時の色づきを補う設計は理論的に整合しますが、酸化が強すぎると伸展性が不足し、成形や最終ボリュームに不利になることがあります。過酸化水素を利用する酸化酵素系では、生成速度と周辺反応のバランスが効果を左右します^[2]。

小麦パンとグルテンフリー配合での見え方の違い

小麦パンでは、グルコースオキシダーゼの効果は主にグルテンネットワークの補強として観察されます。生地がまとまりやすくなり、機械耐性が上がり、発酵中のガス保持が安定しやすくなることが期待されます。食パンやロールのように、ホイロ中に十分なガス保持が求められ、焼成時のオーブンスプリングとローフ形状が品質指標になる製品では、この効果が特に重要です。

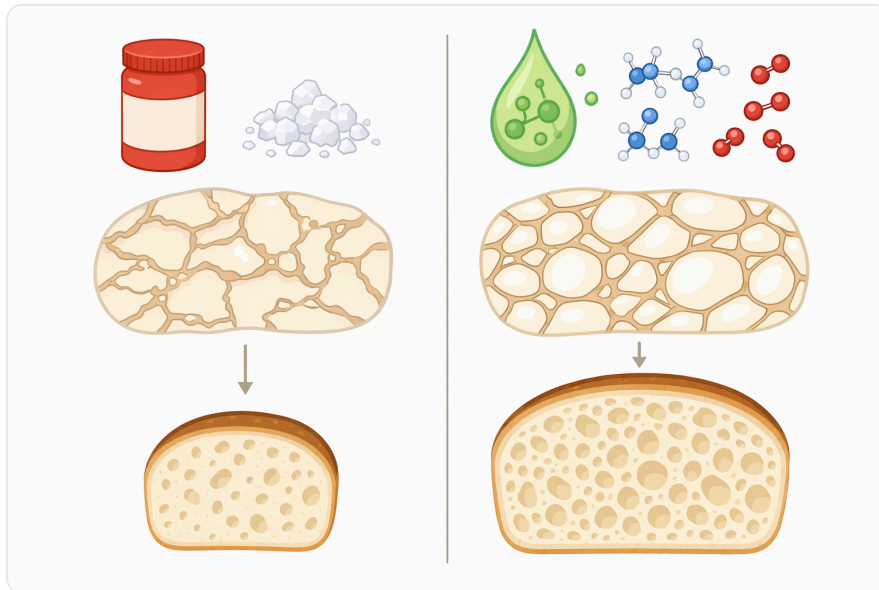


Figure 3. 글루코스 산화효소는 반죽 내부에서 효소적으로 과산화수소를 생성한다는 점에서, 다른 방식으로 산화제나 가교 결합을 더하는 다른 반죽 강화 방법과 다릅니다.

一方、グルテンフリーブレッドでは、そもそも小麦グルテンの連続ネットワークが存在しません。そのため、グルコースオキシダーゼの効果は、小麦パンと同じ意味での「グルテン強化」ではなく、デンプン、食物繊維、タンパク質、ヒドロコロイド、水分の相互作用を通じた生地構造の調整として現れます。トウモロコシベースのグルテンフリーブレッドを扱った研究では、食物繊維、水、グルコースオキシダーゼがレオロジーと焼成特性に影響することが示されており、配合マトリックスによって作用の見え方が変わることがわかります^[4]。

この違いは、製品設計上きわめて重要です。小麦パンで有効だった酸化補強の考え方を、米粉パン、トウモロコシパン、雑穀ブレッドにそのまま移すと、期待した弾性やボリュームが得られない場合があります。グルテンフリー系では、酵素による酸化だけでなく、増粘多糖類、タンパク質原料、乳化成分、水分量、焼成条件の寄与が大きくなるため、グルコースオキシダーゼは複数要素の一つとして理解する必要があります^[4]。

ドウ物性への影響：強さ、伸展性、ガス保持のバランス

製パンで望ましい生地は、単に強いだけではありません。ミキシング中は十分にまとまり、成形時には伸び、発酵中にはガスを保持し、焼成時には過度に破れずに膨張する必要があります。グルコースオキシダーゼは酸化的補強によって生地の“強さ”を高める方向に働きますが、製品によっては“伸び”も同じくらい重要です。特にバゲット、ピザクラスト、フラットブレッド、層状生地では、過度な締まりが加工適性を下げる可能性があります^[3]。

実務では、グルコースオキシダーゼの効果はミキシング直後だけで判断できません。ミキシング、フロアタイム、分割丸め、ベンチ、成形、ホイロ、焼成の各段階で、補強の出方が変わります。ミキサーでは扱いやすくて、ホイロ後に伸展性が不足してオーブンスプリングが出にくい場合がありますし、逆に初期の生地感は控えめでも、発酵後の腰持ちに効果が現れることもあります。過酸化水素を介する酸化反応は時間軸を持つため、工程全体で観察する必要があります^[2]。

また、糖の種類と量も無視できません。グルコースオキシダーゼの直接基質はグルコースであり、ショ糖やマルトースが配合中に存在しても、そのまま同じ速度で利用されるわけではありません。小麦粉中の酵素、酵母活性、アミラーゼ由来の糖生成、発酵時間によってグルコースの供給状況は変化します。したがって、酵素反応の基礎は単純でも、パン生地の中では糖代謝・発酵・酸化反応が重なって進行します^[1]。

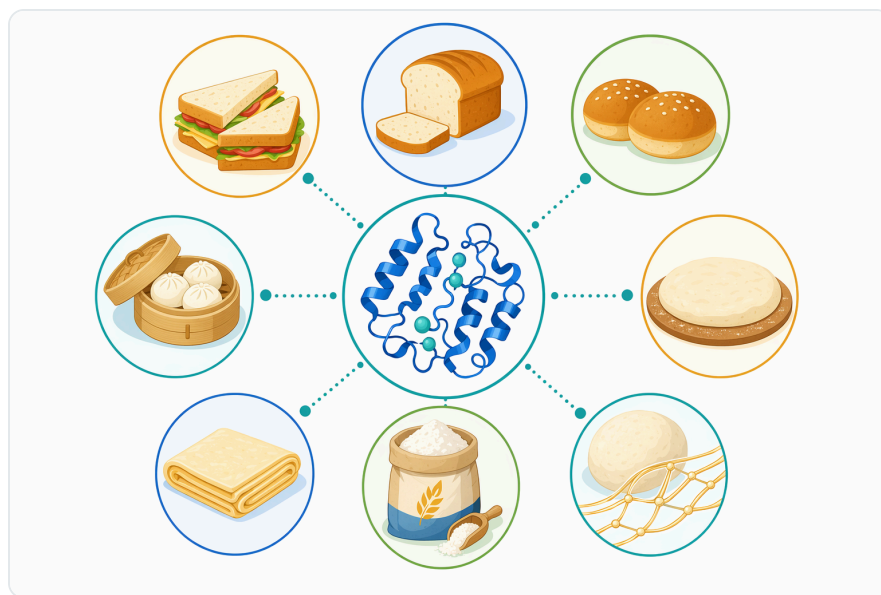


Figure 4. 연구와 적용 사례는 밀식빵, 찐빵, 통밀 반죽, 냉동 반죽 시스템, 일부 글루텐 프리 배합에서 글루코스 산화효소의 효과를 뒷받침합니다.

保存性・品質安定への寄与をどう見るか

グルコースオキシダーゼは、過酸化水素を生成するため、食品分野では酸素除去、グルコース除去、抗菌的環境の形成などにも関連づけて研究されています。ただし、パンの保存性は水分活性、pH、包装、焼成後汚染、糖・油脂量、防黴設計、流通温度などの影響が大きく、グルコースオキシダーゼだけで保存性を保証するものではありません。パン品質と保存性の改善を目的にグルコースオキシダーゼを扱った研究はありますが、実際の製品では総合設計が必要です^[3]。

保存性に関するもう一つの論点は、クラムの構造安定です。生地段階でガスセルが安定し、焼成後の内相が均一になれば、スライス性、見た目、食感のばらつきが小さくなる可能性があります。これは微生物制御とは別の意味での「品質保持」です。グルコースオキシダーゼが寄与し得るのは、

主にこのような生地構造・焼成品質の安定化であり、包装後のカビ抑制や長期保存設計とは区別して考えるべきです^[4]。

酵素としての広い産業背景

グルコースオキシダーゼは製パン専用酵素ではありません。食品加工、バイオセンサー、環境処理、バイオカタリシスなどで広く研究されており、酸素を電子受容体として過酸化水素を生じる特性がさまざまな用途に応用されています。例えば、廃水中の微量有機汚染物質除去を目的とするバイオフェントン系では、グルコースオキシダーゼが過酸化水素供給に関与する酵素として検討されています^[1]。

バイオセンサー分野では、グルコースオキシダーゼはグルコース検出の代表的酵素として扱われ、電極材料、ナノカーボン、導電性ポリマー、金属ナノ粒子などとの組み合わせが研究されています。これらの研究は製パン用途とは直接異なりますが、グルコースオキシダーゼが構造・機能・固定化・電子移動の観点から詳細に研究されてきた酵素であることを示しています^[5]。

食品加工用途に戻すと、この研究蓄積は、製パンで使う際の理解にも役立ちます。つまり、グルコースオキシダーゼの本質は「糖を消費して酸化反応を進める酵素」であり、最終製品の品質は、その反応が食品マトリックス内でどのように広がるかによって決まります。製パンでは、反応生成物である過酸化水素が、ミキシング・発酵・焼成前の生地構造にどう影響するかが中心になります^[2]。

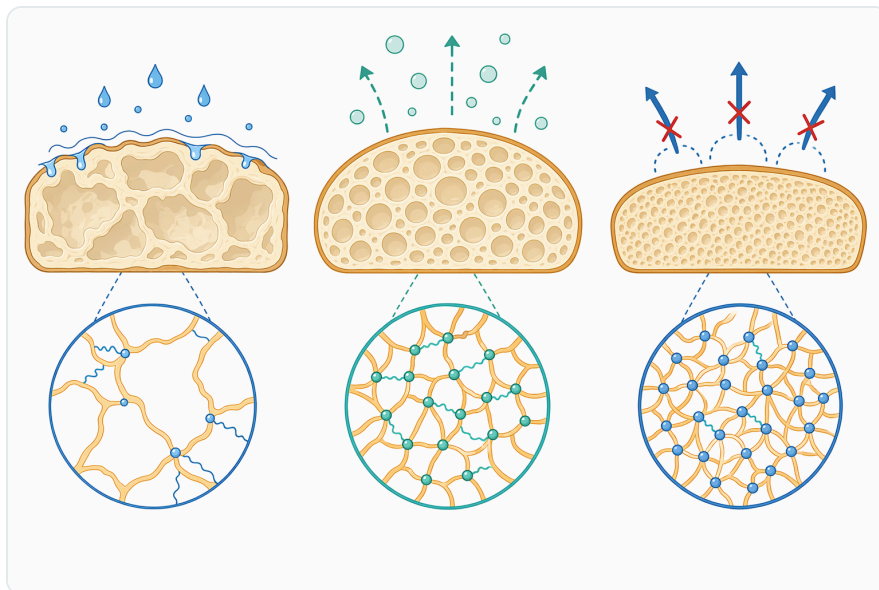


Figure 5. 글루코스 산화효소는 반죽이 팽창하기 어려울 정도로 지나치게 단단해지지 않으면서 산화가 점탄성 균형을 개선할 때 가장 유용합니다.

Enzymes.bioでの取り扱いと文書上の位置づけ

Enzymes.bio は、酵素をオンラインで供給するB2Bサプライヤーです。製品ページでは、製パン・小麦粉処理向けのグルコースオキシダーゼとして掲載されており、顧客はオンラインショップを通じて1 kg単位で直接購入できます。Enzymes.bio は本製品を自社製造品として説明する立場ではなく、製パン・食品加工の実務者が酵素を調達しやすいように供給する販売チャネルです。

製品に関連するCoAとSDSは注文時に併せて提供されます。CoAはロットに紐づく品質文書、SDSは取り扱い・保管・安全上の基本情報を確認するための文書として位置づけられます。ただし、本記事は試験手順、分析法、規格判定、処方開発プロトコルを提供するものではありません。目的は、製パン向けグルコースオキシダーゼの作用機序、期待できる効果、配合上の考え方を、研究知見に基づいて理解しやすく整理することです。

オンライン販売の形態は明確です。Enzymes.bio のショップでは酵素製品がカテゴリ別に掲載され、グルコースオキシダーゼ製品群も独立したカテゴリとして確認できます。製パン用途の本製品はその一部であり、B2Bの食品加工・産業用途で使われる酵素として扱われます。

製パン設計での実務的な考え方

グルコースオキシダーゼを配合設計に組み込む際は、まず目的を明確にする必要があります。生地のべたつきを抑えたいのか、ミキシング耐性を上げたいのか、ホイロ後の腰持ちを改善したいのか、焼成後のローフ形状を安定させたいのかによって、評価すべき品質指標が変わります。酸化的補強は多くの場合、これら複数の項目に影響しますが、すべてを同時に最大化できるとは限りません^[3]。

例えば、食パンではボリューム、スライス性、内相の均一性が重視されます。ロールパンでは成形保持とソフトさの両立が求められます。菓子パンでは糖・油脂・卵などの副材料が多く、生地の伸展性や口溶けが品質を左右します。冷凍生地では、解凍後のガス保持やホイロ耐性が課題になります。グルコースオキシダーゼはこれらの設計の中で、酸化的な骨格補強を担当する成分として位置づけると理解しやすくなります^[4]。

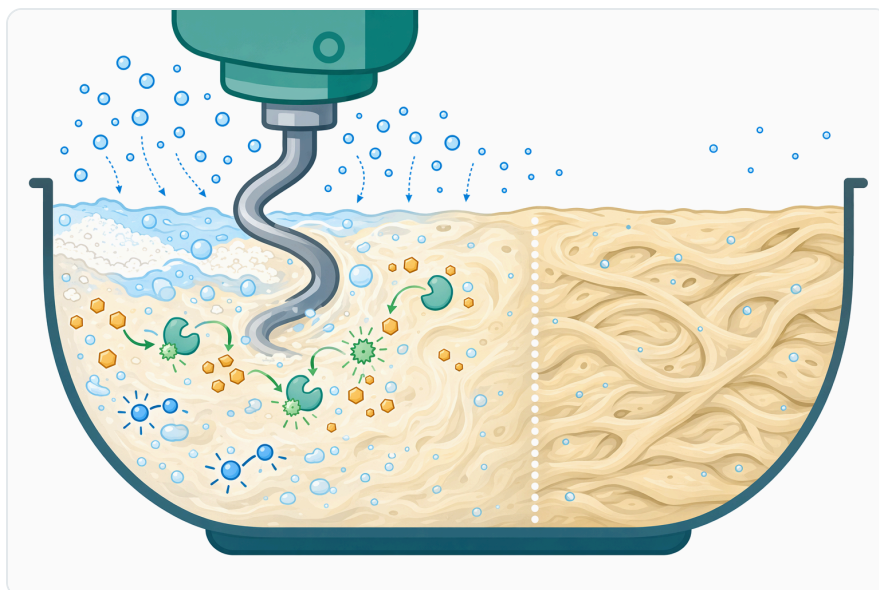


Figure 6. 믹싱 과정은 글루코스 산화효소 활성화에 필요한 산소를 공급하므로, 이 효소는 반죽 형성 초기 단계에서 가장 큰 영향을 미칩니다.

注意すべきなのは、グルコースオキシダーゼの効果が「強く出れば良い」とは限らない点です。過度な酸化的補強は、生地伸びを抑え、成形時の抵抗を高め、製品によっては食感を硬く感じさせる可能性があります。特に高吸水生地や長時間発酵生地では、初期の生地感だけでなく、発酵後・焼成後の変化まで含めて評価する必要があります。過酸化水素生成に基づく反応系では、生成量と反応時間の両方が品質に影響します^[2]。

まとめ：グルコースオキシダーゼのB2B製パン価値

製パン向けグルコースオキシダーゼは、グルコースと酸素を利用して過酸化水素を生成し、その酸化的作用を通じてドウの構造形成を支援する酵素です。小麦パンではグルテンネットワークの補強、ガス保持、成形耐性、ローフ形状の安定化に寄与し得ます。グルテンフリー配合では、小麦グルテン補強とは異なる形で、水分、食物繊維、タンパク質、デンプンの相互作用に影響します^[4]。

Enzymes.bio が供給する製パン向けグルコースオキシダーゼは、業務用ベーカリー、食品加工、パン用小麦粉処理、ミックス製造などで検討されるB2B酵素製品です。Enzymes.bio は製造業者や研究所ではなく、オンラインで酵素製品を直接販売する供給業者であり、本製品は1 kg単位で購入できます。CoAとSDSは注文時に併せて提供されるため、製品ページ情報とともに社内の品質・安全管理に組み込むことができます。

最も重要な理解は、グルコースオキシダーゼが万能なパン改良剤ではなく、酸化的ドウ補強という明確な役割を持つ酵素であることです。効果は小麦粉品質、配合、糖の利用可能性、酸素取り込み、ミキシング、発酵、焼成条件によって変わります。したがって、実務では「生地を強くする酵

素」と単純化するのではなく、「グルコース酸化反応を通じて過酸化水素を発生させ、生地マトリックスの構造形成を調整する酵素」として扱うことが、製パン品質の安定化に直結します^[1]。

Glucose Oxidase 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade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。

[Glucose Oxidase 10,000 U/G Bread Flour Product Baking Food Grade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. Vaidyanathan, V., Alanazi, A., Kumar, P., Rajendran, D., Chidambaram, A., Venkataraman, S., Kumar, V. V., … et al. (2023). Cost-effective, scalable production of glucose oxidase using Casuarina equisetifolia biomass and its application in the bio-Fenton oxidation process for the removal of trace organic contaminants from wastewater.. *Bioresource Technology*, 128958 .
2. Liu, X., Zhang, Q., Li, M., Qin, S., Zhao, Z., Lin, B., Ding, Y., … et al. (2023). Horseradish peroxidase (HRP) and glucose oxidase (GOX) based dual-enzyme system: Sustainable release of H₂O₂ and its effect on the desirable ping pong bibi degradation mechanism.. *Environmental Research*, 115979 .
3. Khan, J., Khurshid, S., Sarwar, A., Aziz, T., Naveed, M., Ali, U., Makhdoom, S. I., … et al. (2022). Enhancing Bread Quality and Shelf Life via Glucose Oxidase Immobilized on Zinc Oxide Nanoparticles— A Sustainable Approach towards Food Safety. *Sustainability*.
4. Aprodu, I., & Banu, I. (2015). Influence of dietary fiber, water, and glucose oxidase on rheological and baking properties of maize based gluten-free bread. *Food Science and Biotechnology*, 24, 1301-1307.
5. Alatzoglou, C., Tzianni, E. I., Patila, M., Trachioti, M. G., Prodromidis, M., & Stamatidis, H. (2023). Structure-Function Studies of Glucose Oxidase in the Presence of Carbon Nanotubes and Bio-Graphene for the Development of Electrochemical Glucose Biosensors. *Nanomaterials*, 14.


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。