

酵素の安全な取扱い方法

天野エンザイム株式会社

第1版

目次

1. 酵素とは
2. 酵素の特性
 - 1) 酵素の有用性
 - 2) その他
3. 健康への影響
4. 酵素曝露時の症状
 - 1) アレルギー
 - 2) 炎症
5. 酵素の取扱い
 - 1) 曝露防止対策
 - ・ 曝露管理
 - ・ 安全な作業—酵素の粉塵（微粒浮遊子）/エアロゾルの発生予防と防止
 - 2) 作業用保護具
 - 3) 保護衣
6. 作業環境中の酵素粉塵の測定
7. 流出時の清掃／作業場の清掃・メンテナンス
8. 曝露の際の応急手当
9. 医学的監視（定期健康診断）
10. 教育訓練

1. 酵素とは

酵素は植物、動物、及び微生物の生細胞内で作られる、生命維持に必要な生体反応を触媒する蛋白質です。高度な製造・品質管理システムの下に製造される酵素は、炭水化物、脂肪、蛋白質のような有機物の合成、分解、酸化・還元反応等を促進し、医薬用、食品用、飼料用、工業用、臨床診断用の分野で使用されています。

2. 酵素の特性

1) 酵素の有用性

酵素は温和な条件(常温、常圧、中性 pH 付近)で、特定の物質にのみ作用する(基質特異性)という優れた性質があります。たとえば、消化酵素は食物を吸収されやすい栄養成分に分解します。また、澱粉糖化酵素(ぶどう糖製造用)はデンプンをぶどう糖に分解します。これらの特性を応用して広範囲に利用され、たくさんの酵素が生活の中での様々な場所で使われています。以下に食品工業用酵素の用途をご紹介します。

【蛋白加工】

主に蛋白質の分解による呈味性の向上、エキスの収率向上、栄養価の改善や物性改質等にプロテアーゼ(タンパク質分解酵素)が利用されています。

【澱粉加工】

澱粉のグリコシド結合に作用する各種酵素を利用して、有用な性質を持った多様な糖類(グルコース、マルトース、マルトトリオース、分枝オリゴ糖、サイクロデキストリン、異性化糖、フラクトース)が製造されています。

【酵母エキス】

酵母エキスは、ビール酵母やパン酵母、トルラ酵母等の酵母を原料として、自己消化又は酵素分解により抽出・濃縮されたエキスであり、アミノ酸やイノシン酸、グアニル酸等を含む旨み調味料として広く利用されています。

【油脂加工】

食品の油脂加工分野ではリパーゼが利用されています。リパーゼ(油脂分解酵素)は、主にトリグリセリドを加水分解して、脂肪酸とグリセリンを生成する酵素です。用途としては、乳フレーバーの製造、トリグリセリドの純度向上、高度不飽和脂肪酸(EPA、DHA)の濃縮等があります。

【その他】

上記以外の用途については、弊社ホームページの製品用途をご参照ください。

3. 健康への影響

酵素は、時には皮膚に炎症(皮膚刺激性)を起こすこともあり、感受性の高い人では、酵素の吸入により免疫反応(感作性)を引き起こすことがあります。長期にわたり曝露を繰り返すと、アレルギー抗体が産生され、更に症状が進むと、呼吸器アレルギーを生じる

ことがあります。そのため、酵素を取扱う際には、微粉、エアロゾルの吸入と皮膚や目などへの接触を避けるように注意すべきであります。一方、酵素の取扱いにおいて、正しい作業方法や工程の管理、適切な作業用の保護具の使用により、健康への悪影響を最小限に留め、安全に作業を行うことができます。以下、適切な管理を行うための基礎情報として、酵素への曝露時の具体的なアレルギー症状や炎症について詳述します。

4. 酵素曝露時の症状

1) アレルギー

花粉などのタンパク質アレルギーと同様、くしゃみ、鼻閉や副鼻腔うっ血、咳、涙目、鼻水などの軽度から重度の症状を生じることがあります。職業性喘息の発症と進行にとまらない、胸部圧迫感や喘鳴、息切れなどのより重篤な症状を生じることがあります。これらの症状は作業時間中に発症することもあれば、作業曝露を受けて2時間以上経過してから発症することもあります。症状は酵素エアロゾルを吸入したアレルギー患者で発症し、通常は数時間で消失します。一般的な季節性アレルギーの症状は、酵素アレルギーと似ていることがあります。症状は作業日に出ることが多く週末や休暇中は消えるようであれば、酵素曝露が原因の可能性があるため、調査が必要です。アレルギー症状が見られる人は直ちに報告し、医師の診断を求めるべきです。

2) 炎症

酵素に関連する主要な健康被害は呼吸器アレルギーですが、タンパク質分解酵素への接触によって、皮膚や目の炎症を起こす可能性があります。酵素調製物の濃度が高いほど、接触により炎症を起こす可能性は高くなります。この炎症はタンパク質分解酵素の触媒活性によって引き起こされるもので、アレルギー反応ではありません。

タンパク質非分解性酵素が皮膚や目の炎症を起こすことは、確認されていません。しかし、個人の衛生習慣の一部として、すべての酵素に対する皮膚や目の接触を最小限に抑えるべきです。酵素調製物のその他の成分に関する危険についての情報は、安全データシート(SDS)を参照してください。

5. 酵素の取扱い

1) 曝露防止対策

曝露管理

酵素曝露に関連するリスクは、工学的管理や安全な作業方法、個人用保護具など、広く認められている管理階層を用いて管理できます。こうした管理を実施するかどうかは、その作業と関連する酵素曝露の潜在的な可能性と重大性によって決まります。

隔離や封じ込めといった工学的管理の実施は、曝露を最小限に抑える最適な方法です。隔離の手法では、障壁（密閉注入システムや直接運搬接続など）を設けて、従業員や職場から酵素製品を完全に分離します。一部の作業では隔離ができないが、その場合は（梱包・リメイクエリアの）酵素製品を収容するための局所排気装置（LEV）を設置することで防ぐこともできます。すべての工学的管理は、定期的な酵素モニタリングや保守手順を通して、有効性を適切に維持・検証することが重要です。

安全な作業 – 酵素の粉塵（微細浮遊粒子）/エアロゾルの発生予防と防止

酵素調製物の安全な取扱いは、工学的管理および保護具の使用と併せて、適切な作業方法を通して可能になります。作業員が酵素の健康被害についての訓練を受け、酵素アレルギーの症状を理解し、曝露のリスクを最小限に抑える安全な作業方法に従うことも重要です。

酵素調製物を取扱う際は、エアロゾルを発生させたり、皮膚に直接ふれたりすることのない作業方法をとるべきです。エアロゾルは、混合や粉砕、一部の原料の移動など、高エネルギーの作業で形成されます。掃除や吹き付け、蒸気清浄、高圧溶解などの洗浄行為もエアロゾルを生じるため、避けるべきです。

曝露を最小限に抑えるには、次の安全対策が推奨されます。

- 粉塵、飛沫、ミストを吸入しないようにする。
- 酵素原料に接触したときは、水と低刺激性のせっけんで手を洗う。
- 作業着は毎日交換する。酵素原料で汚染されたときも必ず交換する。
- 酵素で汚染された作業着や手袋に、顔や目がふれないようにする。

2) 作業用保護具

作業者のリスク評価／リスク回避（使用上の注意）

呼吸用保護具

推奨される曝露限界値以下に酵素濃度を抑えるため、工学的管理では不十分な場合、呼吸用保護具の使用を検討すべきです。特定の作業によって曝露のリスクの可能性が高くなる場合は、個人用保護具を補助的な予防手段として使ってもよいです。

呼吸用保護具を使用する場合のフィルターは、N100/P100/P3 等があります。これらのフィルターは、個人に適切なレベルの保護を提供するものです。



3) 保護衣

皮膚または目に接触する可能性があるときは、保護衣を着用すべきです。保護衣には、手袋や保護眼鏡のほか、つなぎ服や実験用白衣などの上着も含まれます。皮膚の炎症を起こすことが知られているタンパク質分解酵素を取扱う際は、保護衣が特に重要になります。保護衣は作業エリアを退出する前に脱ぐようにし、施設の他のエリア（食堂やオフィスなど）で着用してはなりません。すべてのタイプの酵素について、職場での作業や曝露の可能性をもとに保護衣を定め、残留酵素を何気なく吸入することがないようにします。

6. 作業環境中の酵素粉塵の測定について

工学的管理の有効性と従業員曝露の可能性を評価するには、空気中の酵素粉塵濃度や噴霧濃度を測定する空気モニタリング手法を使用できます。米国産業衛生専門家会議（ACGIH）は、サチライシンという1種類の酵素のみ、上限 60 ng/m^3 の限界値（TLV）を設定しています。すべての酵素類についてこの曝露限界値を認識し、使用すべきと考えます。追加情報は、弊社へお問い合わせください。

7. 流出時の清掃／作業場の掃除・メンテナンス

酵素との接触があった設備の保守を実施する際は、作業を始める前に必ず設備を洗浄すべきです。曝露の可能性がある、あるいは曝露の可能性が未知である保守作業を行う際は、個人用保護具（手袋、保護マスク、目の保護具）を使用すべきです。

8. 曝露の際の応急手当

皮膚の接触

曝露を受けた皮膚は、水で15分間しっかりと洗い流してから、低刺激性のせっけんと水で洗います。汚染された作業着は、すべて脱いで洗浄して下さい。汚染された作業着の取扱いによって、他の人が曝露を受けないようにして下さい。

吸入

曝露源から通気の良いエリアに個人を移動させます。炎症やアレルギー症状をモニタリングします。症状が現れたら、医師に相談して下さい。曝露後すぐに症状が出ないこともあります。

目の接触

水で15分以上しっかりと目を洗ってから、医師に相談して下さい。

9. 医学的監視（定期健康診断）

酵素を取扱う作業員の健康管理については、各事業者で実施されている定期健康診断等で行います。なお、酵素の取扱い作業において、異常をきたした場合は、直ちに各事業者の産業医の診断、相談を受けてください。

10. 教育訓練

酵素調製物を取扱うすべての従業員および請負業者は、安全な使用と取扱い手順、また漏出物浄化や設備保守などの緊急措置について、適切な訓練を受けるべきです。従業員が新たな業務を担当するときや、新しい作業が導入される時には、特に必要です。危険の伝達基準として、多くの国が国連（UN）の世界調和システム（GHS）を採用しています。世界ではいくつかの異なる GHS 基準が採用されていますが、使われている絵表示や記述は同じです。酵素は「呼吸器感作物質」として分類されており、下の絵表示に示すシンボルは「健康有害性」と呼ばれ、呼吸器感作物質を表すために使われています。SDS 文書や GHS の分類・絵表示の見分け方について、作業員を確実に教育訓練する必要があります。

