

食品加工用酵素の現状について

| | |
|-------|--|
| 誌名 | 応用糖質科学：日本応用糖質科学会誌 = Bulletin of applied glycoscience |
| ISSN | 21856427 |
| 著者名 | 岡田, 正通 |
| 発行元 | 日本応用糖質科学会 |
| 巻/号 | 4巻4号 |
| 掲載ページ | p. 314-318 |
| 発行年月 | 2014年11月 |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



解説

食品加工用酵素の現状について

岡田正通 (おかだ まさみち)
 天野エンザイム株式会社
 マーケティング本部産業用酵素開発部

酵素は食品産業の様々な製品およびその製造に利用されている。現在に至るまで、新規酵素の発見や応用研究により、数多くの食品用酵素および新規用途が実用化された。今回、食品用酵素を取り巻く状況や最近の話題について報告する。

1. 国内市場

2013年の国内食品添加物市場は1兆60億円と対前年比102%とわずかに上昇した。近年の世界的な穀物需要の増加および天候不順により、食品原料は全体的に高値となっている。国内では更に円安の影響を受け、加工食品主原料の値上げは深刻である。そのような状況下で食品添加物全体の使用機会は増加傾向にあり、特に少量添加で品質改善効果の高い添加物である、食品用酵素の国内市場(2013年)は約207億円で、対前年106%と堅調に推移している。

2. 国内の法的規則

2.1 既存添加物

日本において酵素は1995年に既存添加物に指定され、食品衛生法により規制されている。食品加工などに酵素を使用する場合は、酵素が既存添加物リストに記載されていることが必要となる。このリストには現在68品目が記載されている(表1)。酵素を使用した食品に「酵素」と表示するための要件を下表に示す(表2)。酵素は最終食品中に残存しても、失活して効果を有しない場合は加工助剤扱いとなり、表示は免除される。

一方で現在第9版食品添加物公定書の作成が進められている。改正の目的の1つが既存添加物中の87品目(内、酵素62品目)について、新たに規格を定めて公定書に記載することである。既に公定書作成検討会報告書が取りまとめられ、告示に向けて作業が進められている。

表1. 既存添加物名簿記載品目リスト (酵素を抜粋)

(最終改訂平成26年1月30日)

| | |
|------------------------|-----------------|
| アガラーゼ | セルラーゼ |
| アクチニジン | タンナーゼ |
| アシラーゼ | 5'-デアミナーゼ |
| アスコルビン酸オキシダーゼ | デキストラナーゼ |
| α-アセトラクテートデカルボキシラーゼ | トランスグルコシダーゼ |
| アミノペプチダーゼ | トランスグルタミナーゼ |
| α-アミラーゼ | トリプシン |
| β-アミラーゼ | トレハロースホスホリラーゼ |
| アルギン酸リアーゼ | ナリンジナーゼ |
| アントシアナーゼ | パーオキシダーゼ |
| イソアミラーゼ | パパイン |
| イソマルトデキストラナーゼ | バンクレアチン |
| イヌリナーゼ | フィシン |
| インベルターゼ | フィターゼ |
| ウレアーゼ | フルクトシルトランスフェラーゼ |
| エキソマルトテトラオヒドラーゼ | プルラナーゼ |
| エステラーゼ | プロテアーゼ |
| カタラーゼ | プロメライン |
| α-ガラクトシダーゼ | ペクチナーゼ |
| β-ガラクトシダーゼ | ヘスペリジナーゼ |
| カルボキシペプチダーゼ | ペプシン |
| キシラナーゼ | ペプチダーゼ |
| キチナーゼ | ヘミセルラーゼ |
| キトサナーゼ | ホスホジエステラーゼ |
| グルカナーゼ | ホスホリパーゼ |
| グルコアミラーゼ | ポリフェノールオキシダーゼ |
| α-グルコシダーゼ | マルトースホスホリラーゼ |
| β-グルコシダーゼ | マルトトリオヒドローラーゼ |
| α-グルコシルトランスフェラーゼ | ムラミダーゼ |
| グルコースイソメラーゼ | ラクトパーオキシダーゼ |
| グルコースオキシダーゼ | リゾチーム |
| グルタミナーゼ | リパーゼ |
| 酸性ホスファターゼ | リボキシゲナーゼ |
| シクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ | レンネット |

以上 68品目

表2. 既存添加物としての酵素に関する事項

| | |
|--------|---|
| 定 義 | : 食品の製造または加工工程で、その有する触媒作用を目的として使用された、生活細胞によって生産された酵素類であって、最終食品においても失活せず、効果を有する食品添加物およびその製剤。 |
| 本 質 | : 酵素の本体はタンパク質で、特異的触媒作用を有する。 |
| 範 囲 | : 「既存添加物名簿収載品目リスト」および「一般食品飲食物添加物リスト」の用途欄に「酵素」と記載されている添加物 |
| 使用基準 | : 定められていない。 |
| 食品への表示 | : 最終食品において失活または除去されず、その酵素固有の効果を有する場合に一括名で「酵素」、あるいは定められた物質名を表示する。最終食品中で効果を有しない場合は加工助剤となり、表示は免除される。 |

2.2 アレルギー表示

アレルギー表示については、2002年4月アレルギー物質を含む特定原材料の食品への表示が義務化された。微生物酵素の生産に当たっては、特定原材料が発酵培地として使用される場合、これらは酵素の基原微生物により資化され、更に精製工程で除去される。このため最終酵素製品中では表示が要求される数 μg/g 未満であることが確認されており、表示は不要である。

2.3 遺伝子組換え酵素

現在国内ではα-アミラーゼ、キモシン、プルラナーゼ、リパーゼ、グルコアミラーゼ、α-グルコシルトランスフェラーゼ、シクロデキストリングルカノトランスフェラーゼの計15種の遺伝子組換え酵素が認可されている(表3)。

表3. 安全性審査の手続を経た旨の公表がなされた遺伝子組換え酵素一覧 (厚生労働省ホームページより引用)
(平成26年7月24日現在)

| 対象品目 | 名 称 | 性 質 | 申請者/開発者等 | | 官報掲載日 (年.月.日) |
|------------------------|--|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|
| α-アミラーゼ | TS-25 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2001. 3.30 |
| | BSG-アミラーゼ | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2001. 3.30 |
| | TMG-アミラーゼ | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2001. 3.30 |
| | SP961 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2002. 2.21 |
| | LE399 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2005.10.31 |
| | SPEZYME FRED™ | 耐熱性向上 | ジェネンコア協和株式会社 | Genencor International, Inc. (米国) | 2007. 4.12 |
| キモシン | マキシレン | 生産性向上 | 株式会社ロビン | DSM (オランダ) | 2001. 3.30 |
| | カイマックス | キモシン生産性 | 株式会社野澤組 | CHR. HANSEN A/S (デンマーク) | 2003. 6.30 |
| プルラナーゼ | Optimax | 生産性向上 | ジェネンコア・インターナショナル・ジャパン・リミテッド日本支店 | Genencor International, Inc. (米国) | 2001. 3.30 |
| | SP962 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2002. 2.21 |
| リパーゼ | SP388 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2001. 3.30 |
| | NOVOZYM677 | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2003. 6.30 |
| グルコアミラーゼ | AMG-E | 生産性向上 | ノボザイムズジャパン株式会社 | Novozymes A/S (デンマーク) | 2002. 7. 8 |
| α-グルコシルトランスフェラーゼ | BR151 (pUAQ2) 株を利用して生産された6α-グルカノトランスフェラーゼ | 生産性向上 性質改変 | 江崎グリコ株式会社 | 江崎グリコ株式会社 | 2012. 2.15 |
| シクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ | Bacillus subtilis DTS1451 (pHYT2G) 株を利用して生産されたシクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ | 生産性向上 性質改変 | 日本食品化工株式会社 | 日本食品化工株式会社 | 2014. 2.12 |

表4. 食品加工および食品添加物製造に利用される酵素の種類と使用目的

| | 用途 | 酵素 | 使用目的など |
|----------|----------|---|--|
| 製菓・製パン工業 | 製粉 | ヘミセルラーゼ ホスホリパーゼ A2 プロテアーゼ | 品質・収率の向上 加工適性改善 低アレルギー化 |
| | 製パン | アミラーゼ類 ヘミセルラーゼ プロテアーゼ リポキシゲナーゼ アスコルビン酸オキシダーゼ リパーゼ ホスホリパーゼ A1, A2 ホスホリパーゼ C | ソフトネス・シェルフライフ向上, 発酵促進 ボリュームアップ, ソフトネス向上 ドウの改善, 香気の付与 ドウの漂白 ドウの改質 ボリュームアップ, ソフトネス向上 ボリュームアップ 冷凍ドウの改善 |
| | チョコレート | リパーゼ インベルターゼ | ブルーミングの改善 センターのソフト化 |
| | 菓子・キャンディ | インベルターゼ β -アミラーゼ デキストラナーゼ | 風味向上, 光沢付与, 結晶化防止 老化防止 う触防止 |
| | アイスクリーム | β -ガラクトシダーゼ | 結晶化防止 |
| | 米菓 | プロテアーゼ | 品質向上 |
| 醸造工業 | ビール | アミラーゼ類, プルラナーゼ β -グルカナーゼ プロテアーゼ グルコースオキシダーゼ α -ラクテートデカルボキシラーゼ α -グルコシダーゼ | 糖化促進・高発酵 工程改善 低温保存性改善 脱酸素による保存性改善 熟成促進 風味改変 |
| | ワイン | ペクチナーゼ ウレアーゼ | 工程改善 酒質保全 |
| | 清酒 | アミラーゼ類, セルラーゼ プロテアーゼ リパーゼ トランスグルコシダーゼ α -グルコシダーゼ 酸性ホスファターゼ, フィターゼ ウレアーゼ | 液化・糖化促進 風味改善・混濁防止 風味改善 風味改善 発酵促進 発酵促進・モロミ溶解促進 酒質保全 |
| | 焼酎 | セルラーゼ, ペクチナーゼ アミラーゼ類, プロテアーゼ β -グルコシダーゼ | 粘度低下・収率向上 発酵促進 風味改善 |
| | 食酢・みりん | アミラーゼ類, プロテアーゼ | 発酵促進・風味改善 |
| | 醤油・味噌 | プロテアーゼ セルラーゼ, ヘミセルラーゼ リパーゼ グルタミナーゼ | 熟成促進・色調改善 原料処理・収率向上 香気促進 呈味性向上, 旨味付与 |
| | タンパク質加工 | 食品素材製造 | プロテアーゼ |
| ペプチド製造 | | プロテアーゼ, ペプチダーゼ | ドリンク, 経腸栄養成分 ペプトン製造, 機能性ペプチド製造 |
| 肉エキス製造 | | プロテアーゼ, ペプチダーゼ | 可溶化, 収率向上, 呈味性向上 |
| 甘味料製造 | | プロテアーゼ | アスパルテーム製造 |
| 食品加工 | | パパイン トランスグルタミナーゼ | 食肉軟化 食肉加工 |
| 調味液製造 | | プロテアーゼ, ペプチダーゼ | HAP/HVP 製造 |
| 澱粉工業 | デキストリン製造 | α -アミラーゼ | 澱粉液化, 機能性糖製造 |
| | ブドウ糖製造 | α -アミラーゼ, プルラナーゼ, グルコアミラーゼ | 澱粉液化・糖化 |
| | 異性化糖製造 | グルコースイソメラーゼ | 果糖製造 |
| | マルトース製造 | β -アミラーゼ, イソアミラーゼ | 水飴製造, 発酵原料製造 |

表4. つづき

| | 用途 | 酵素 | 使用目的など |
|---------|--------------------|---|---|
| 澱粉工業 | オリゴ糖製造 | トランスグルコシダーゼ シクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ β-フラクトフラノシダーゼ β-ガラクトシダーゼ フラクトシルトランスフェラーゼ ヘミセルラーゼ | イソマルトオリゴ糖製造 サイクロデキストリン、カップリングシュガー製造 乳果オリゴ糖製造 ガラクトオリゴ糖製造 フラクトオリゴ糖製造 キシロオリゴ糖製造 |
| 乳製品工業 | 乳製品製造 | ラクトパーオキシダーゼ | 保存性向上 |
| | バター・チーズ フレーバー製造 | リパーゼ, ペプチダーゼ, プロテアーゼ, エステラーゼ | 乳脂分解, 乳製品フレーバー製造 |
| | チーズ製造 | レンネット, ペプチダーゼ, リパーゼ, エステラーゼ トランスグルタミナーゼ グルコースオキシダーゼ | カード形成, 熟成促進, 風味強化 カード形成 保存性向上, ホエーシロップ製造 |
| | 牛乳処理 | β-ガラクトシダーゼ | コンデンスミルク製造, 脱乳糖 |
| | ヨーグルト製造 | トランスグルタミナーゼ β-ガラクトシダーゼ | ゲル形成 乳糖分解原乳製造 |
| 果実野菜 | 野菜処理 | ヘミセルラーゼ, ペクチナーゼ | エキス, ビューレ, スープ製造, 色素抽出 |
| | ジュース | アミラーゼ類, ペクチナーゼ リパーゼ, リボシキゲナーゼ β-グルコシダーゼ, アントシアナーゼ グルコースオキシダーゼ インバルターゼ ラッカーゼ ナリンギナーゼ | 工程改善・収率向上・清澄化 香り付与 色調改善 保存性向上 ジャム製造 清澄化 苦味除去 |
| | 油脂抽出 | プロテアーゼ, ヘミセルラーゼ, ペクチナーゼ | 収率向上, 工程・品質改善 |
| 油脂加工 | 油脂精製 | 部分グリセリドリパーゼ ホスホリパーゼ A1, A2 | DG/MG 除去, 結晶性改善 リン脂質の除去 |
| | 油脂改質 | リパーゼ | 機能性油脂製造, 高付加価値化 |
| | リン脂質改質 | ホスホリパーゼ A2, D | 乳化剤製造, ホスファチジン酸製造 |
| | 食品素材製造 | リパーゼ, プロテアーゼ | 油脂分の除去 |
| | 調味料製造 | β-グルカナーゼ, プロテアーゼ, キチナーゼ リボヌクレアーゼ AMP デアミナーゼ グルタミナーゼ, ペプチダーゼ | 酵母エキス抽出 呈味性ヌクレオチド製造 イノシン酸製造 旨味増強 |
| その他食品加工 | 卵白製造 | リパーゼ グルコースオキシダーゼ | 起泡性改善 褐変防止, 保存性向上 |
| | 精糖 | デキストラナーゼ, アミラーゼ類 α-ガラクトシダーゼ | ろ過性・結晶性改善 結晶性改善 |
| | 水産加工 | リゾチーム カタラーゼ プロテアーゼ トランスグルタミナーゼ | 保存性改善 過酸化水素除去 イカの剥皮処理, エクス製造, 海苔・魚卵製造 練り製品製造 |
| | 紅茶・烏龍茶・緑茶 | タンナーゼ, プロテアーゼ β-グルコシダーゼ | 混濁防止, 風味・色調保持 香り増強 |
| | コーヒー | ポリフェノールオキシダーゼ ガラクトマンナーゼ | 品質向上 抽出率向上, 沈殿防止, 収率向上 |
| | 米飯 | プロテアーゼ アミラーゼ類 | 低アレルギー化 品質向上, 老化防止 |
| | その他 | β-グルコシダーゼ, サイクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ フィターゼ, セルラーゼ, ペクチナーゼ カルボキシペプチダーゼ アシラーゼ セルラーゼ, ヘミセルラーゼ トランスグルタミナーゼ サイクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ | 色素製造, 甘味料製造 豆乳・豆腐製造 香料製造 アミノ酸製造 コンソープの製造, 飲料製造 麺の物性改善 ビタミンの安定化 |

組換え酵素は一般消費者の理解が十分でないために、その利用はこれまであまり進んでいなかった。しかし経済性が高いため穀物原料の高騰などを契機に切り替えが進む傾向にある。

3. 欧州の法的規則

欧州において、食品改良剤一括法案 (FIAP) の1つとして、2009年に食品用酵素に関する規制 (Regulation (EC) No 1331-1334/2008) が発効された。FIAP規則の主なポイントを以下に挙げる。

規制範囲の拡大

加工助剤としての酵素を含めた全ての食品用酵素が規制対象となる (ただし、食品添加物や加工助剤の製造に使用される食品用酵素、栄養や消化目的で食品に添加される酵素等は規制の対象外)。欧州に輸出される食品の製造に使用される食品用酵素も規制対象となる。

安全性評価に基づく上市前承認制度の導入

共通承認手順 (Regulation No 1331/2008) に基づいた承認を受けていない食品用酵素および当該酵素を使用して製造された食品は欧州域内に上市することはできない。遺伝子組換え食品・飼料に関する規制 (Regulation No 1829/2003) の対象となる食品用酵素は、本規制とは別に当該規則に基づき承認されなければならない。

ポジティブリスト制度の導入

欧州食品安全機関 (EFSA) の安全性評価を受け、欧州委員会に承認された食品用酵素はポジティブリストに収載される。

ポジティブリスト収載予定項目：

食品用酵素名 (IUBMB名)、規格 (IUBMB番号、基原、純度規格 (JECFA規格) 等)、対象食品、使用条件、消費者への販売上の制限、食品用酵素が使用された食品の表示に関する特定要件。

4. 宗教

4.1 コーシャー (Kosher)

コーシャーとはヘブライ語で「ふさわしい」とか「適正な」という意味で、食べ物に関する定め (律法) に合致した作り方をしたものを言う。食べてはいけないものの例としては、貝類、エビ、カニ、タコ、イカ等が挙げられ、また乳と肉は同時に食べてはいけない。

コーシャー認証団体は1,151団体有り、その中でロンドンのKLBD、ニューヨークのOU、そしてOKが、世界三大団体と言われている。認証団体間の相互認証を認めていないことが多いため、認証団体の選定には十分な事前調査

の上、自社の目的に応じて適切な認証団体を選ぶことが大切である。

米国では一般のスーパーマーケットの食品コーナーの一部がコーシャーコーナーとなっており、ユダヤ教徒以外にもコーシャー食品が安全な食品として認知が広がっている。よって特に欧米で食品加工用酵素製品を販売するためにはコーシャー認証を取得しておくことが非常に重要である。

4.2 ハラル (Halal)

ハラルとはイスラムの聖典クルアーンの中で唯一神が人に対して下した戒律において、「合法である」という意味である。その逆で不法であるという意味はハラーム (Haram)、ハラルとハラームの間にはシュブハ (Shubuha; 疑わしい) がある。ハラルは食に関するだけでなく、生活にまつわる事柄全般に当てはまる。ハラーム食品の例として、豚、酒類やアルコールを含む食品がある。

日本の認証団体は、かつて1ケタだった団体数が、今や80とも90ともいわれるほどに増大している²⁾。認証団体の選定における注意点はコーシャーと同様である。特にハラルは認証団体が発展途上段階であることや教義の解釈違いのため、団体間での連携が不十分であることに留意する必要がある。現在では世界人口のうち4人に1人 (約16億人) がイスラム教徒であることやこれらの国が経済的に成長する可能性が高いことから、食品加工用酵素製品の海外展開においてハラル認証への対応の重要性が今後益々高まると考えられる。

5. 食品加工用途での使用例

酵素製品の食品加工用途での使用例を表4に列挙した。酵素は非常に幅広い用途に使用されており、また同種酵素が別の使用目的に使用されるケースも多い。

6. 最後に

食品原料価格が高騰し、食品産業はより困難な局面を迎えている。それに伴い、酵素に向けられる要望・期待もより高度なものになるであろう。今後も新たな酵素・用途が開発され、食品産業の発展に貢献することを期待する。

文献

- 1) 食品化学新聞 (2014) 「2013年食品添加物マーケティングリサーチ」, 1月16日記事。
- 2) 東洋経済 ONLINE (2014) 「そのハラル、大丈夫? マーク発行団体が乱立」, 7月12日記事。