

(案)

添加物評価書

Aspergillus niger ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼ

2013年9月

食品安全委員会添加物専門調査会

目次

	頁
○審議の経緯	3
○食品安全委員会委員名簿	3
○食品安全委員会添加物専門調査会専門委員名簿	4
○要約	5
I. 評価対象品目の概要	6
1. 用途	6
2. 名称等	6
3. 基原、製造方法、成分、性状等及び使用方法	6
(1) 基原	6
(2) 製造方法	6
(3) 成分	7
(4) 性状等	8
(5) 使用方法	8
4. 評価要請等の経緯	8
5. 添加物指定の概要	9
II. 一日摂取量の推計等	10
III. 安全性に係る知見の概要	10
1. 生産菌株の安全性	10
(1) 非病原性の確認	10
(2) 非毒素産生性の確認	11
(3) その他	12
2. 本品目の安全性	12
(1) 体内動態（消化管内での分解性等）	12
(2) 毒性	15
IV. 国際機関等における評価	19
1. JECFA における評価	19
2. 米国における評価	19
3. 欧州における評価	19
4. その他の国における評価	19
5. 我が国における評価等	19

V. 食品健康影響評価（事務局たたき台）	20
別紙 1：略称	21
別紙 2：各種毒性試験等成績	22
別紙 3：本品目の推定一日摂取量（使用食品（群）摂取量ベース）	23
<参照>	24

1 |
2 |
3 |
4 |
5 |
6 |
7 |
8 |
9 |
10 |
11 |
12 |

<審議の経緯>

2012 年 9 月 27 日 厚生労働大臣から添加物の指定に係る食品健康影響評価に
ついて要請（厚生労働省発食安 0926 第 2 号）、関係書類の
接受

2012 年 10 月 1 日 第 448 回食品安全委員会（要請事項説明）

2013 年 2 月 22 日 第 115 回添加物専門調査会

2013 年 3 月 14 日 補足資料の提出依頼

2013 年 9 月 20 日 補足資料の接受

2013 年 9 月 24 日 第 122 回添加物専門調査会

<食品安全委員会委員名簿>

（2012 年 7 月 1 日から）

熊谷 進 （委員長）

佐藤 洋 （委員長代理）

山添 康 （委員長代理）

三森 国敏 （委員長代理）

上安平 冽子

石井 克枝

村田 容常

1 |

2 <食品安全委員会添加物専門調査会専門委員名簿>

(2012 年 10 月 1 日から)

今井田 克己 (座長)

梅村 隆志 (座長代理)

石井 邦雄

石塚 真由美

伊藤 清美

江馬 眞

久保田 紀久枝

高橋 智

塚本 徹哉

頭金 正博

中江 大

森田 明美

山田 雅巳

<参考人>

鎌田 洋一

手島 玲子

戸塚 ゆ加里

北条 仁

3 |

4

要 約

酵素として使用される添加物「*Aspergillus niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼ」(EC 番号 : 3.5.1.1、CAS 登録番号 : 9015-68-3 (L-アスパラギン酸アミドヒドロラーゼとして)) について、各種試験成績等を用いて食品健康影響評価を実施した。

評価に用いた試験成績は、*A. niger* ASP-72 株の病原性及び毒素産生性に関するもの並びに *A. niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼを被験物質とした反復投与毒性、遺伝毒性、アレルギー性等に関するものである。

I. 評価対象品目の概要

1. 用途

加工助剤（参照 1）【委員会資料】

2. 名称等

和名：*Aspergillus niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼ

英名：Asparaginase from *Aspergillus niger* expressed in *Aspergillus niger*

EC⁽¹⁾番号：3.5.1.1（L-アスパラギン酸アミドヒドロラーゼとして）

CAS 登録番号：9015-68-3（L-アスパラギン酸アミドヒドロラーゼとして）

（参照 1、2）【委員会資料、本体】

3. 基原、製造方法、成分、性状等及び使用方法

（1）基原

今般、厚生労働省に添加物「*Aspergillus niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼ」（以下「本品目」という。）の添加物としての指定及びそれに関連した規格基準の設定を要請した者（以下「指定等要請者」という。）によれば、本品目の生産菌株の宿主である *A. niger* は、一般環境中に見出される糸状菌であり、食品の加工等に用いられる酵素や、クエン酸等の有機酸の生産に使用されてきた歴史を有するとされている。（参照 2、3）【本体、[当初](#)文献 6】

指定等要請者によれば、本品目の生産菌株 *A. niger* ASP-72 株は、*A. niger* が本来有しているアスパラギナーゼ遺伝子を増幅させて生産性を向上させたものであり、組換え DNA 技術を応用して得られた微生物であるが、*A. niger* 宿主株自身及び *A. niger* 遺伝子供与体に由来する DNA 以外の DNA 配列は存在しないものとされている。（参照 2）【本体】

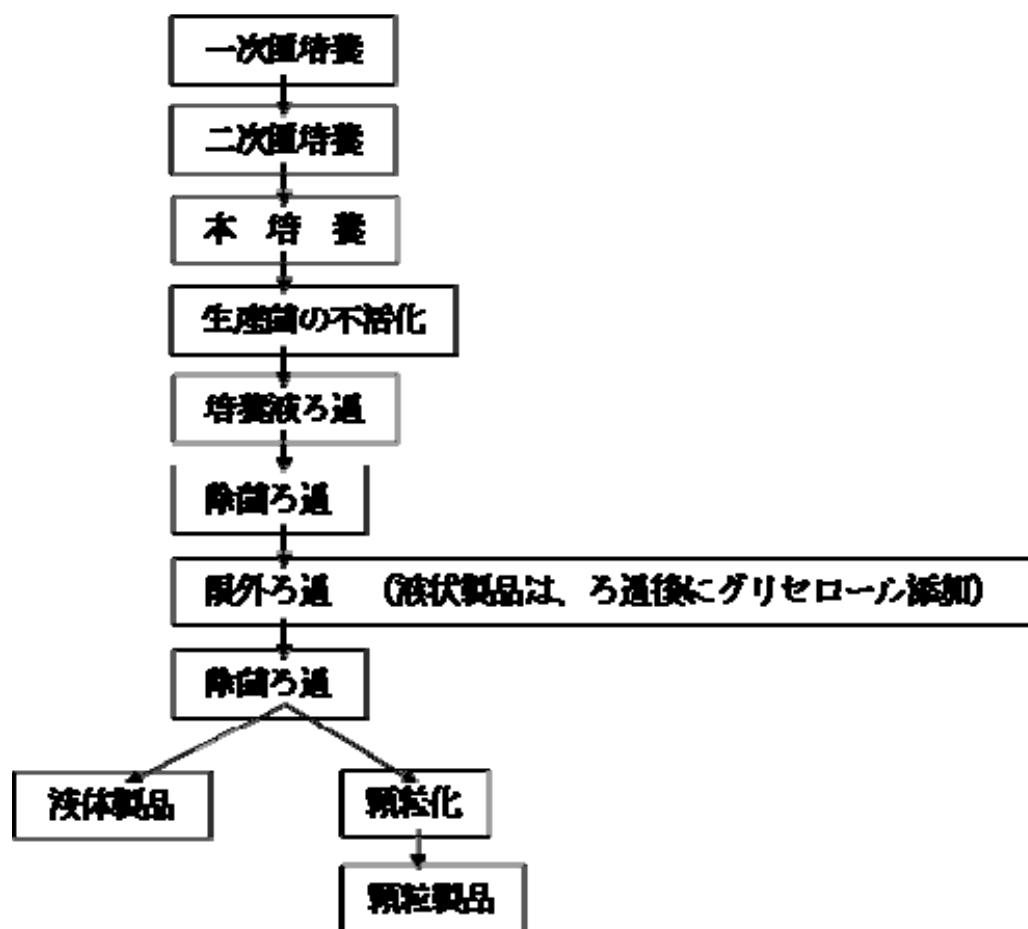
（2）製造方法

指定等要請者によれば、本品目の製造方法の概略は図 1 のとおりだとされている。この製造方法における「除菌ろ過」の過程において、生産菌及び菌体断片が本品目から完全に分離されるとされている。本品目には液状製品と顆粒製品の 2 種類があり、いずれも酵素活性はそれぞれ 2,500 ASPU⁽²⁾/mL、2,500 ASPU/g に調整されるとされている。（参照 2）【本体】

¹ 本文中で用いられた略称については、別紙 1 に名称等を示す。

² 指定等要請者によれば、L-アスパラギンを基質とし、pH5.0、37℃の条件下で本品目を作用させ、生成するアンモニアをフェノールニトロプルシド等と反応させ、吸光度を測定する。1 分間にアンモニア 1 μmol に相当する吸光度（波長 600 nm）の増加を与える酵素量が 1 ASPU であるとされている。

図1 アスパラギナーゼ製造方法の概略（参照2）【本体】



(3) 成分

指定等要請者によれば、本品目の有効成分は、生産菌株により菌体外に産生される 378 アミノ酸からなる単量体のたん白質であり、その一次配列は図 2 のとおりであるとされている。分子量は、アミノ酸組成からの計算では 39,584 kDa、ドデシル硫酸ナトリウム・ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (SDS-PAGE) による測定では 40~42 kDa であるとされている。等電点は、アミノ酸組成組成からの計算では 4.48、実測値は 3.6 とされている。指定等要請者は、これらの理論値と実測値の違いについて、本品目が 7 箇所の糖鎖部位を有するため、糖鎖の結合の程度により生じるもの又は末端のアミノ酸が欠損することにより生じるものであるとしている。至適 pH は 4~5、至適温度は 50℃とされている。本品目中の製剤中の総有機固形分 (TOS) の含有率は、6~10%に調整されるとされている。(参照2)【本体】

MPLKPILLSALASLASASPLLYSRTTNETFVFTNANGLNF	40
TQMNTTLPNVTFATGGTIAGSDSSSTATTTGYTSGAVGVL	80
SLIDAVPSMLDVANVAGVQVANVGSEDTSDILISMSKKL	120
NRVVCEDPTMAGAVITHGTDITLEETAFFLDATVNCCKPIV	160
IVGAMRPSTAISADGPFNLLEAVTVAASTARSARDRGAMVVM	200
NDRIASAYYVTKTNANTMDTFKAMEMGYLGEMISNTPFFF	240
YPPVKPTGKVAFDITNVTEIPRVDILFSYEDMHNDTLYNA	280
ISSGAQGIVIAAGAGAGGVTTSFNEAIEDVINRLEIPVVQS	320
MRTVNGEVPLSDVSSDTATHIASGYLNPQKSRILLGLLLS	360
QGKNITEIADVFAFGTDA	378

図2 有効成分のアミノ酸一次配列（参照2）【本体】

指定等要請者の成分規格案によれば、本品目は、1 g 又は 1 mL 当たり 2,375 ASPU 以上の酵素活性（アスパラギナーゼ活性）を有するとされている。（参照2）【本体】

（4）性状等

指定等要請者の成分規格案によれば、本品目は、「ごくうすい灰み若しくはごくうすい黄みを帯びた灰色の顆粒又は黄～褐色の透明な液体」とされている。（参照2）【本体】

（5）使用方法

指定等要請者によれば、本品目は、アクリルアミド生成の起因となるアスパラギンをアスパラギン酸とアンモニアに加水分解する作用を有し、食品加工の際に本品目を添加することにより、食品の味や色等に影響を与えずにアクリルアミド生成を低減させるとされている。また、アスパラギンをアスパラギン酸とアンモニアに加水分解する以外の副反応はないとされている。（参照2）【本体】

4. 評価要請等の経緯

2002 年 4 月、スウェーデン政府は、ストックホルム大学と共同で行った研究の結果、じゃがいも等炭水化物を多く含む材料を高温で加熱して作った食品中に、アクリルアミドが生成されることを発表した。その後の調査研究の進展の結果食品中のアスパラギンが、ブドウ糖、果糖等の還元糖と高温で反応してアクリルアミドへ変化することが明らかにされている。国際癌研究機関（IARC）は、アクリルアミドについて、発がん性を「2A」（ヒトに対しておそらく発がん性がある。）と分類している。（参照4）【当初文献1】

2009 年、コーデックス委員会において、食品中のアクリルアミドの低減に関する実施規範が採択されている。本採択においては、アクリルアミド生成原因物質であるアスパラギンをアスパラギナーゼによって特異的に分解することがアクリルアミド低減の方法の 1 つとして挙げられている。（参照 5）【当初文献 2】

米国では、指定等要請者が本品目について一般的に安全とみなされる（GRAS）物質としての届出を行ったところ、2007 年 3 月、FDA から当該届出に異論がない旨の回答がなされている。（参照 6）【当初文献 4】

欧州連合（EU）（一部の加盟国を除く）では、加工助剤たる酵素は添加物として規制されていなかったが、2008 年に公布された欧州議会・欧州理事会規則により、加工助剤たる酵素が添加物としての規制の対象とされる見込みである。（参照 7）【当初文献 1 3】

今般、本品目について、指定等要請者から厚生労働省に添加物としての指定及び規格基準の設定の要請がなされ、関係資料が取りまとめられたことから、食品安全基本法第 24 条第 1 項第 1 号に基づき、食品安全委員会に対して食品健康影響評価の要請がなされたものである。

なお、厚生労働省は、本品目における組換え DNA 技術に関して、「遺伝子組換え微生物を利用して製造された添加物の安全性評価基準」（平成 16 年 3 月 25 日食品安全委員会決定）でいう「組換え DNA 技術によって最終的に宿主に導入された DNA が、当該微生物と分類学上の同一の種に属する微生物の DNA のみである場合」に該当するのではないかとし、当該基準による遺伝子組換え添加物の安全性評価の対象とはならないことの確認を食品安全委員会に求めている。

【★事務局より】

遺伝子組換え食品等専門調査会ではこの件について既に審議済みで、「当該基準による遺伝子組換え添加物の安全性評価の対象とはならない」という結論となり、9 月 4 日までパブリックコメントの募集を行いました。今後、食品安全委員会としての評価結果通知を踏まえ、本評価書の最終版ではそれに合わせた記載としたいと考えています。

5. 添加物指定の概要

厚生労働省は、食品安全委員会の食品健康影響評価結果の通知を受けた後に、本品目について、添加物としての指定の可否及び規格基準の設定について検討す

1 るとしている。なお、使用基準は設けないことを提案している。（参照 1、2）
2 【委員会資料、本体】

5 II. 一日摂取量の推計等

6 本品目が使用される可能性のある食品（群）に対する本品目の使用量及び最終
7 製品中の残存量は、指定等要請者によれば別紙 3 の表 1 に掲げたとおりである。
8 その残存量と、平成 21 年国民健康・栄養調査から得られる食品（群）の一日摂
9 取量と、本品目の最大添加率から、本品目の推定一日摂取量は、体重を 50 kg と
10 して、別紙 3 の表 2 のとおり、0.549 mgTOS/kg 体重/日と算出される。（参照 2）
11 【本体】。JECFA は、欧州の成人の 95 パーセントイルの食品消費量のデータベ
12 ースから最も本品目が多く使われる 2 食品群を抽出し、その食品群に最大量本品
13 目が添加されると仮定して、本品目の一日摂取量を最大 4.1 mgTOS/kg 体重/日と
14 推定している。なお、JECFA は、この推定は保守的（conservative）であると言
15 及している（参照 8）【当初文献 3 ②】。本専門調査会としては、指定等要請者
16 による推計は適切であると判断し、本品目の推定一日摂取量は 0.549 mgTOS/kg
17 体重/日と判断した。

20 III. 安全性に係る知見の概要

21 1. 生産菌株の安全性

22 前述のとおり、本品目の生産菌株の宿主及び導入遺伝子の供与体は、ともに
23 *A. niger* であるとされている。（参照 2）【本体】

24
25 指定等要請者は、本品目の製造工程において、除菌ろ過工程を経ることによ
26 り、生産菌及び菌体断片が最終製品に残存することがないことを確認し、さら
27 に以下のように生産菌株の非病原性及び非毒素産生性を確認している。（参照
28 2）【本体】

30 （1）非病原性の確認

31 Nyiredy ら（1975）の報告によれば、1 日齢のニワトリ（10 羽）に *A. niger*
32 の胞子を大量に経口投与させる試験が実施されている。その結果、真菌症を
33 発症せず、かつ、投与翌日において消化管から検出されなかったとされてい
34 る。（参照 9）【当初文献 2 7】

35
36 Schuster ら（2002）の報告によれば、*A. niger* は自然界に広く存在してお
37 り、一般的に非病原性と考えられ、ヒトは日常的に *A. niger* の胞子の暴露を
38 受けているが、それにより感染症に罹患するということはないとされている。
39 また、ごくまれに *A. niger* がヒト体内で日和見感染により増殖するような場

合があるが、そのほぼ全例で、当該患者には重篤な疾病や免疫抑制処置の経歴があるとされている。また、*A. niger* 感染によるヒトの疾病としては、肺アスペルギルス症、原発性皮膚アスペルギルス症、特に熱帯地域における耳真菌症等について報告がなされているとされている(参照 3)【当初文献 6】。本専門調査会としては、上記の症例のほとんどが吸入や経皮といった、経口以外の経路からの暴露によるものであり、薬剤の使用や疾患のために免疫機能が低下していたり、皮膚表面を傷つけたりした症例にみられたものが多く、健常なヒトにとって問題となるようなものではないと判断した。

(2) 非毒素産生性の確認

Schuster ら (2002) の報告によれば、*A. niger* については、アフラトキシン類を産生する能力を有していないことが明らかにされており、また、トリコセシン類を産生することを証明する知見は存在しないとされている。また、*A. niger* を利用した酵素生産条件下において、コウジ酸の産生は経験的に認められていないとされている。一方、*A. niger* に属する菌株がオクラトキシン A を産生したとする報告があることから、*A. niger* を生産菌株として食品に使用される酵素を生産するに当たっては、オクラトキシン A の産生の可能性をチェック確認すべきであると指摘されている。(参照 3)【当初文献 6】。

Frisvad ら (2011) の報告によれば、*A. niger* の菌株の内、180 種類について LC/MS-MS を用いて検査を実施した結果、81%からフモニシン B2、B4、B6 のいずれかが検出されたとされている。(参照 10) 【補足文献 B】

指定等要請者は、当該生産菌株 *A. niger* ASP-72 株について、毒性のある二次代謝産物に関して HPLC により分析を行ったところ、オクラトキシン及びオクラトキシンに関連する代謝産物を含め、信頼に足るかび毒のデータライブラリに収載されているマイコトキシンが検出されなかったとしている。(参照 11) 【当初文献 26】

また、Pel ら (2007) の報告によれば、*A. niger* ASP-72 株の祖先に当たる *A. niger* CBS 513.88 株にフモニシン類合成遺伝子クラスターが認められたとされている。指定等要請者は、本報告を基に、*A. niger* ASP-72 株にもフモニシン類合成に関わる主要遺伝子群が存在するとしている (参照 12) 【補足本体、補足文献 A】。指定等要請者委託試験報告 (2013) によれば、*A. niger* ASP-72 株の培養液 (4 検体) についての LC-MS/MS による分析の結果、フモニシン B2、B4 及び B6 は検出されなかったとされている。また、指定等要請者によれば、*A. niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼの最終製品 (2 検体) について、LC-MS/MS による分析の結果、フモニシン B1 及び B2 は検出されなかったとされている。以上より、指定等要

1 請者は、*A. niger* ASP-72 株について、標準的な酵素生産に用いられる培養
2 条件下ではフモニシン類を産生することはないと考察している。(参照 1 3、
3 1 4、1 5、1 6) 【補足本体、補足文献 C、D、H】

5 (3) その他

6 厚生労働省の「既存添加物名簿収載品目リスト」においては、*A. niger* を
7 基原とする添加物として α -アミラーゼ、アントシアナーゼ、イヌリナーゼ、
8 インベルターゼ、カタラーゼ、 α -ガラクトシダーゼ、キシラナーゼ、キトサ
9 ナーゼ、グルカナーゼ、 β -グルコシダーゼ、グルコースオキシダーゼ、酸性
10 ホスファターゼ、セルラーゼ、トランスグルコシダーゼ、フィターゼ、プロ
11 テアーゼ、ペクチナーゼ、ペプチダーゼ、ヘミセルラーゼ、ホスホジエステ
12 ラーゼ、ホスホリパーゼ、ポリフェノールオキシダーゼ及びリパーゼが掲げ
13 られている ~~(参照 1 7)~~ 【文献 2 8】 ことから、我が国においては、既に *A.*
14 *niger* を基原とする添加物が食品の加工等に使用されてきているものと考え
15 られる (参照 1 8) 【当初文献 2 8】。また、米国 FDA は、*A. niger* 由来
16 の α -アミラーゼ、セルラーゼ、アミログルコシダーゼ、カタラーゼ、グルコ
17 ースオキシダーゼ、リパーゼ、ペクチナーゼ、 β -ガラクトシダーゼ、カルボ
18 ヒドラーゼ、プロテアーゼ及びカタラーゼについて、非病原性・非毒素産生
19 性の生産菌株を用いて適正使用規範 (GMP) の下で生産される限りにおいて
20 は GRAS 物質とみなされるとの認識を示している。(参照 3、1 9) 【当初
21 文献 6、7】

22
23 以上を総合的に勘案し、本専門調査会としては、本品目の製造を目的として
24 適切に管理された本生産菌株については、本品目の添加物としての摂取におい
25 て問題となるような病原性及び毒素産生性の懸念はないと判断した。

27 2. 本品目の安全性

28 (1) 体内動態 (消化管内での分解性等)

29 本品目の有効成分は、378 アミノ酸からなるたん白質であることが明らかに
30 されており、経口的に摂取された後は消化管内で速やかに分解され、他の食品
31 由来のたん白質の場合と同様に体内へ吸収されると考えられる。このことをよ
32 り明確にするため、「添加物に関する食品健康影響評価指針」(2010 年 5 月
33 食品安全委員会決定) (以下「指針」という。)における「消化管内で分解し
34 て食品常在成分になることが科学的に明らかである場合」に該当するか否かに
35 ついて、以下のとおり整理した。

- 36
37 ① 添加物の通常の使用条件下で、当該物質が容易に食品内又は消化管内で分
38 解して食品常在成分と同一物質になること。

39 指定等要請者試験報告 (2013) によれば、本品目を 95℃ で 5 分間加熱処理

したものと及び加熱処理をしていないものについて、人工胃液（pH1.2）に添加し、37℃で0³、0.5、2、5、10、20、30又は60分間インキュベートを行った後、SDS-PAGEに供する試験が実施されている。その結果、加熱処理の有無にかかわらず、本品目は0.5分未満で3,500 Da以下のペプチド又はアミノ酸まで分解されることが示されたとされている。（参照 1 3、2 0）【補足本体、補足文献I】

また、指定等要請者によれば、ウェブサーバExPASy⁴において提供されている分析ツールである「ペプチドカッター」を用いて、コンピュータ上で、アスパラギナーゼのアミノ酸配列をペプシン（pH1.3又はpH>2）、トリプシン及びキモトリプシンで分解させるシミュレーションを行ったところ、初回の酵素分解においてオリゴペプチド（30～50アミノ酸を含む）まで分解されることが示唆されたとされ、体内では、このオリゴペプチドはペプチダーゼにより更に分解され、アミノ酸として吸収されて通常の代謝経路をたどると考えられるとされている。（参照 2、2 1、2 2）【本体、当初文献 2 9、3 0】

以上より、本専門調査会としては、本品目について、①の事項が満たされたと考えた。

② 食品内又は消化管内での分解に関わる主要な因子（pH、酵素等）が明らかであること。

上述のとおり、指定等要請者によれば、本品目の有効成分の分解に関わる主要な因子は、ペプシン、トリプシン、キモトリプシン及びペプチダーゼ等の酵素であるとされてあり、特に上述の人工胃液を用いた試験成績において、ペプシン（pH1.2）により速やかに小ペプチド又はアミノ酸に分解されることが示されたとされている。（参照 2、1 3）【本体、補足本体】

以上より、本専門調査会としては、本品目について、②の事項が満たされたと考えた。

③ 添加物の通常の使用条件下で適正な量を使用した場合、当該添加物の体内への吸収が食品成分と同程度であり、他の栄養成分の吸収を阻害しないこと。

上述のとおり、指定等要請者によれば、本品目の有効成分は、胃内で速やかに分解され、体内で食品常在成分であるアミノ酸として吸収されることから、糖質、ビタミン、ミネラル等のほかの栄養成分の吸収は阻害しないとさ

³ 指定等要請者によれば、予め 37℃に温めた人工胃液中に本品目を添加し、混和し、37℃の水浴に浸した後速やかに水浴中から取り出し、反応を停止させたものであるとされている。

⁴ スイスバイオインフォマティクス研究所の集学的研究班により提供され、たん白質及びプロテオミクス（網羅的たん白質解析）についての種々のデータベース及び分析ツールを利用できるウェブサーバであり国際的に食品のアレルゲン性評価の際に用いられている実績があるとされている。指定等要請者によれば、本品目の豪州・ニュージーランド食品基準機関（FSANZ）における評価の際にも、ExPASyを用いた資料が用いされたとされている。

1 れている。（参照 2、13）【本体、補足本体】

2 以上より、本専門調査会としては、本品目について、③の事項が満たされ
3 ると考えた。

- 4
- 5 ④ 摂取された添加物の未加水分解物又は部分加水分解物が大量に糞便中に
6 排泄されないこと。更に、未加水分解物又は部分加水分解物が生体組織中に
7 蓄積しないこと。

8 上述のとおり、指定等要請者によれば、本品目の有効成分は胃内で速やかに体内で分解されて小ペプチド又はアミノ酸となり、その後腸内でさらに分解を受け通常の代謝経路をたどると考えられることから、未加水分解物や部分加水分解物が大量に糞便中に排泄すること及び生体内に蓄積することは考え難いとされている。（参照 2、13）【本体、補足本体】

13 以上より、本専門調査会としては、本品目について、④の事項が満たされ
14 ると考えた。

- 15
- 16 ⑤ 添加物を使用した食品を摂取したとき、当該食品の主成分の過剰摂取の問題
17 が起きないこと。

18 ~~指定等要請者によれば、本品目は、高温で食品を加工する際、アスパラギンがブドウ糖、果糖等の還元糖と反応して生じるアクリルアミドの生成を低減することが使用目的であるため、対象食品は限定されるとされている。よって、本品目を使用した食品では、アスパラギンがアスパラギン酸とアンモニアに加水分解されるが、アスパラギン酸の過剰摂取の問題はないと考えられるとされている。（参照 2）【本体】本品目の最大一日摂取量は、上述のとおり 0.549 mgTOS/kg体重/日と推定され、これは日本人のたん白質の平均一日摂取量 67.8 g の約 0.04% に過ぎず、本品目の主成分の過剰摂取の問題が起きることはないと考えられる。（参照 13、23）【補足資料本体、補足文献J】~~

28 以上より、本専門調査会としては、本品目について、⑤の事項が満たされ
29 ると考えた。

30

31 以上より、本専門調査会としては、本品目が「添加物に関する食品健康影響評価指針」における「酵素が消化管内で分解して食品常在成分になることが科学的に明らかである場合」に該当すると判断した。

34

【★事務局より】

担当の専門委員からは、「実験手技に問題はあるものの、速やかに消化されることは間違いなくと思います」として、上記各項目について、了承できるといただいております。

副担当の専門委員からも同様の御意見をいただいております。

(2) 毒性

~~指定等要請者は、本品目の主たる成分が、「添加物に関する食品健康影響評価指針」における「消化管内で分解して食品常在成分になることが科学的に明らかである場合」に該当するとして、遺伝毒性、90日間反復投与毒性及びアレルギー性に係る試験成績を提出している。また、併せて出生前発生毒性試験の試験成績も提出している。上述のとおり、本専門調査会としては、本品目が指針における「酵素が消化管内で分解して食品常在成分になることが科学的に明らかである場合」に該当すると判断したため、指針に基づき、本品目の毒性について、遺伝毒性、90日間反復投与毒性及びアレルギー性に係る試験成績で検討を行うこととした。なお、指定等要請者からは出生前発生毒性に係る試験成績も提出されており、当該知見も検討に含めることとした。~~

① 遺伝毒性

a. 遺伝子突然変異を指標とする試験

(a) 微生物を用いる復帰突然変異試験

指定等要請者委託試験報告(2006a)によれば、本品目に係る製剤化前原末(ロットAPE0604、TOS 89.68%)について、細菌(*Salmonella typhimurium* TA98、TA100、TA1535、TA1537及び*Escherichia coli* WP2uvrA)を用いた復帰突然変異試験(最高用量5 mg/plate)が実施されており、代謝活性化系の有無にかかわらず陰性であったとされている。(参照 2 4) 【当初文献 3 7】

b. 染色体異常を指標とする試験

(a) 哺乳類培養細胞を用いる染色体異常試験

指定等要請者委託試験報告(2006b)によれば、本品目に係る製剤化前原末(ロットAPE0604、TOS 89.68%)についての培養ヒト末梢血リンパ球を用いた染色体異常試験(最高用量5 mg/mL)が実施されており、代謝活性化系の有無にかかわらず陰性であったとされている。(参照 2 5) 【当初文献 3 9】

以上のとおり、本品目については、ガイドラインに規定された最高用量まで実施された試験において、遺伝子突然変異誘発性及び染色体異常誘発性のいずれも認められていない。したがって、本品目には、生体にとって特段問題となる遺伝毒性はないものと考えられた。

② 反復投与毒性

a. 13 週間反復投与毒性試験

指定等要請者委託試験報告（2006c）によれば、6週齢のWistarラット（各群雌雄各20匹）に本品目に係る製剤化前原末（ロットAPE0604）（34,552 ASPU/g、TOS 89.68%）（0、0.2、0.6、1.8%⁵；雄0、130、391、1,157、雌0、151、452、1,331 mg/kg体重/日。TOS換算で雄0、117、351、1,038、雌0、135、405、1,194 mgTOS/kg体重/日。）を13週間混餌投与する試験が実施されている。その結果、いずれの群においても死亡動物は認められなかったとされている。血液学的検査においては、投与開始8日後の高用量群の雄で単球の増加が認められ、13週目の全投与群の雄で好塩基球の減少が認められたとされている。これについて試験担当者は、被験物質の用量や投与期間に関連したものではなく、かつ、背景データの範囲内の変化であったことから、毒性学的に意義はないものと考察している。血液生化学的検査においては、投与開始8日後の高用量群の雌雄及び中用量群の雌でソルビトールデヒドロゲナーゼ活性の低値が認められたとされている。これについて試験担当者は、その後の検査では確認されず、かつ、病理組織学的検査での肝臓に係る所見との関連性も認められなかったことから、毒性学的に意義はないものと考察している。尿検査においては、雄の高用量群で三リン酸結晶の僅かな増加が認められたとされている。これについて試験担当者は、三リン酸は尿中に通常存在する物質であり、増加の程度は臨床的に問題となるものではないと考察している。そのほか、一般状態、体重、摂餌量、摂水量、眼科学的検査、その他の機能検査（機能観察総合検査（FOB）、自発運動量等）、器官重量並びに剖検及び病理組織学的検査において、被験物質の投与に関連した影響は認められなかったとされている。以上の結果より、試験担当者は、本品目に係る製剤化前原末（ロットAPE0604）に係るNOAELを、雌雄共に本試験の最高用量である1.8%（雄1,157 mg/kg体重/日（1,038 mgTOS/kg体重/日）、雌1,331 mg/kg体重/日（1,194 mgTOS/kg体重/日））としている（参照 13、26、27、28）【補足資料本体、当初文献31、補足資料P、Q】。本専門調査会としては、血液学的検査において13週目の全投与群の雄で認められた好塩基球の減少については、試験担当者の考察に加え、病理組織学的検査において特段の所見が認められないこと及び好塩基球の減少には毒性学的意義が乏しいと考えられることから、投与物質の毒性影響とは認めら

⁵ 指定等要請者によれば、*A. niger* GEP-44 株由来のプロテアーゼを被験物質とする 13 週反復投与毒性試験の NOAEL が 5,040 mgTOS/kg 体重/日であったことから、プロテアーゼと構造的に関連する化合物である本品目と同用量で毒性を有する可能性は低いと予想したとされている。また、本品目の生産菌株が *A. niger* GEP-44 株と同系統に属することから、培養液に由来する物質が毒性を有する可能性も低いと予想したとされている。以上を根拠とし、14 日間用量設定試験の最高用量を 1,000 mgTOS/kg 体重/日以上に相当する 1.8%と設定し、その結果、最高用量で毒性が認められなかったことから、OECD ガイドライン 408 を参照し、本 13 週間反復投与毒性試験の最高用量も 1.8%に設定したとされている。

れないと判断した。その他については、試験担当者の判断を是認し、本試験における被験物質のNOAELを、雌雄共に本試験の最高用量である1.8%（雄1,157 mg/kg体重/日（1,038 mgTOS/kg体重/日）、雌1,331 mg/kg体重/日（1,194 mgTOS/kg体重/日））と考えた。

③ 生殖発生毒性

a. 出生前発生毒性試験

指定等要請者委託試験報告（2006d）によれば、Wistarラット（各群25匹）に、本品目に係る製剤化前原末（ロットAPE0604）（34,552 ASPU/g、TOS 89.68%）（0、0.2、0.6、1.8%；0、136、403、1,205 mg/kg体重/日。TOS換算で0、122、361、1,081 mgTOS/kg体重/日。）を、交尾確認日を妊娠0日として、妊娠0～21日に混餌投与し、妊娠21日に胎児を検査する試験が実施されている。その結果、母動物の一般状態、体重、摂餌量、病理組織学的検査に、被験物質の投与に関連した影響は認められなかったとされている。胎児の検査では、低用量群及び中用量群の胎児で外表、内臓及び骨格の奇形が散見されたとされている。これらについて試験担当者は、奇形発現の頻度は低く、用量相関性が認められなかったことから、被験物質の投与に関連したものではないとしている。また、着床後胚死亡率、胎児死亡率、吸収並びに胎児及び胎盤重量に被験物質の投与に関連した影響は認められなかったとされている。以上の結果より、試験担当者は、本品目に係る製剤化前原末（ロットAPE0604）に係るNOAELは、本試験の最高用量である1.8%（1,205 mg/kg体重/日（1,081 mgTOS/kg体重/日））としている（参照29）【当初文献32】。本専門調査会としては、試験担当者の判断を是認し、本試験における被験物質のNOAELを、本試験の最高用量である1.8%（1,205 mg/kg体重/日（1,081 mgTOS/kg体重/日））と考えた。

④ アレルゲン性

本品目は、*A. niger*が本来有しているアスパラギナーゼ遺伝子を増幅させて生産性を向上させた生産菌株から得られた酵素であり、*A. niger*は、食品生産、食品加工に使用されている酵素や有機酸の生産において安全に使用されてきた歴史がある。本品目については、2007年に諸外国で使用が開始されて以降、これまでに本品目の摂取に由来するアレルギー症状の発症例が報告されていないことを含め、本品目がヒトに対するアレルゲン性を有するという知見は現時点で報告されていない（参照13）【補足本体】。本品目は遺伝子組換え微生物を利用して製造され、有効成分がたん白質であることから、「遺伝子組換え食品（微生物）の安全性評価基準」（平成20年6月食品安全委員会決定）を参考に、①既知のアレルゲンとの構造相同性及び②物理化学

1 的処理に対する感受性に関する事項について考察を行うこととした。

3 a. 既知のアレルゲンとの構造相同性

4 指定等要請者の報告によれば、相同性検索機能を備えているたん白質デ
5 ータベースとして、網羅性が高いと考えられているSDAP⁶⁾を用いて、国
6 際連合世界食糧農業機関（FAO）/世界保健機関（WHO）のガイドライン
7 に沿って、6、7及び8アミノ酸配列の連続一致検索並びに80アミノ酸配列
8 で35%以上の相同性を示すものの検索が実施されている。その結果、6ア
9 ミノ酸配列が有効成分と連続一致する既知アレルゲンたん白質が2件認め
10 られたが、7～8アミノ酸配列が有効成分と連続一致する既知アレルゲンた
11 ん白質は認められなかったとされている。（参照 2、30、31、32）

12 【本体、当初文献33、34、35】なお、Hilemanら（2002）の報告に
13 よれば、一般的に、6アミノ酸配列以下の連続一致は、ノイズ⁷⁾~~（＝アレ~~
14 ~~ルゲン性の有無とは関係ない偶然の一致）~~の範囲内と判断できる可能性が
15 高いとされている。（参照 33）【当初文献36】また、指定等要請者の
16 報告によれば、有効成分についての80アミノ酸スライディングウインドウ
17 検索（アミノ酸配列を80個単位に区切り、その中で35%以上の相同性を示
18 すものの検索）を実施した結果、35%以上の相同性を示したものは認めら
19 れなかったとされている。（参照 2、30）【本体、当初文献33】

21 b. 人工消化液による分子量又は免疫反応性の変化

22 ~~人工消化液による分子量又は免疫反応性の変化に係る試験は実施され~~
23 ~~ていないが、上述のとおり、II 2（1）①の試験成績において、本品目は~~
24 ~~pH1.2の人工胃液中では0.5分未満で3,500 Da以下のペプチド又はアミノ~~
25 ~~酸まで分解されることが示されたとされている。（参照 13、20）【補~~
26 ~~足本体、補足文献I】上述のとおり、本品目の有効成分はペプシン、トリ~~
27 ~~プシン及びキモトリプシンの最初の酵素分解においてオリゴペプチド（30~~
28 ~~～50アミノ酸を含む）まで分解されることが示唆されると報告されている。~~
29 ~~（参照 2、13）【本体、文献30】~~

31 c. 加熱処理による免疫反応性の変化

32 加熱処理による免疫反応性の変化に関する試験は実施されていないが、
33 上述のとおり、II 2（1）①の試験成績において、95℃で5分間加熱処理
34 しても、本品目はpH1.2の人工胃液中では0.5分未満で3,500 Da以下のペ
35 プチド又はアミノ酸まで分解されることが示されたとされている。（参照

6 指定等要請者によれば、SDAP を用いた資料は、FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議（JECFA）における本品目の評価で用いられたとされている。（参照 2）【本体】

7 アレルゲン性の有無とは関係ない偶然の一致とされている。

1 13、20) 【補足本体、補足文献I】

2
3 以上より、本専門調査会としては、添加物として適切に使用される場合、
4 本品目が易消化性であり、既存アレルゲンとの相同性が認められないことから、
5 本品目のアレルゲン性の懸念は極めて低いと判断した。
6
7

8 IV. 国際機関等における評価

9 1. ~~FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA)~~における評価

10 2008 年の第 69 回会合において、JECFA は、本品目について、13 週間反復
11 投与毒性試験における NOEL 1,038 mgTOS/kg 体重/日と、最も保守的な推定
12 を行った場合の一日摂取量 4.1 mgTOS/kg 体重/日とのマージンが約 250 であ
13 ることをもって、GMP に従って特定の目的で使用される限りにおいては、ADI
14 を「特定しない (not specified)」と結論している。(参照 8、34) 【当初文献
15 3①、3②】

16
17 2. 米国における評価

18 米国では、2007 年 3 月、意図した条件下において使用される限りにおいて
19 本品目は GRAS 物質であるとする指定等要請者からの届出に対し、FDA から
20 異論はない旨の回答がなされている。(参照 6) 【当初文献 2】

21
22 3. 欧州における評価

23 EU (フランス及びデンマークを除く。)では、加工助剤たる酵素は添加物
24 として規制されていなかった。しかしながら、2008 年に公布された欧州議会・
25 欧州理事会規則により、加工助剤たる酵素についても添加物としての規制の対
26 象となる見込みである。(参照 7) 【当初文献 13】

27
28 加工助剤たる酵素を規制しているフランスにおいては、2007 年 5 月、仏食
29 品衛生安全庁 (AFSSA) において安全性に懸念がないと評価されている (参照
30 35) 【文献 9】。同じく加工助剤たる酵素を規制しているデンマークにおい
31 ては 2007 年 9 月に、スイスにおいては 2008 年 6 月にそれぞれ添加物として
32 の本品目の使用が認められている。(参照 36、37) 【当初文献 10、11】

33
34 4. その他の国における評価

35 豪州・ニュージーランドにおいては、2008 年、FSANZ において本品目につ
36 いて安全性に懸念がないと評価されている。(参照 38) 【当初文献 15】

37
38 5. 我が国における評価等

我が国において、アスパラギナーゼは添加物としての使用が認められていない。
*A. niger*を基原とする添加物としては、Ⅱ 1（3）で述べたとおり、種々の物質
が厚生労働省の「既存添加物名簿収載品目リスト」に掲げられていることから、
我が国においては、既に*A. niger*を基原とする添加物が食品の加工等に使用され
てきているものと考えられる。（参照 18）【当初文献 28】

V. 食品健康影響評価（事務局作成たたき台）

本専門調査会としては、本品目の製造を目的として適切に管理された本生産菌
株については、本品目の添加物としての摂取において問題となるような病原性及
び毒素産生性の懸念はないと判断した。

本専門調査会としては、本品目が「添加物に関する食品健康影響評価指針」に
おける「酵素が消化管内で分解して食品常在成分になることが科学的に明らかで
ある場合」に該当すると判断したことから、本品目の毒性について、同指針に基
づき、遺伝毒性、反復投与毒性及びアレルギー性等に係る試験成績を用いて評価
を行うこととした。

本専門調査会としては、本品目に係る製剤化前原末についての毒性に係る知見
を検討した結果、本品目については、遺伝毒性、反復投与毒性及び発生毒性の懸
念はないと判断した。

本専門調査会としては、本品目は、既知のアレルゲンとの 8 アミノ酸配列連続
一致をはじめとする構造相同性が低いこと及び人工胃液により速やかに分解され
ることから、そのアレルゲン性の懸念は低いと判断した。

以上を踏まえ、本専門調査会としては、ラットを用いた 13 週間反復経口投与
毒性試験における NOAEL 1,038 mgTOS/kg 体重/日と、本品目の推定一日摂取量
0.549 mgTOS/kg 体重/日とを比較して得られる安全マージンが十分であること
及び本品目が食経験のある基原微生物である *A. niger*を用いて生産されることを
勘案して、本品目について、添加物として適切に使用される場合、安全性に懸念
がないと考えられ、ADI を特定する必要はないと判断した。

1 別紙 1 : 略称

2

略称	名称等
AFFSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments : 仏食品衛生安全庁
EC	Enzyme Commission : <u>国際生化学・分子生物学連合</u> 酵素委員会
EU	European Union : 欧州連合
FAO	Food and Agriculture Organization : 国際連合食糧農業機関
FOB	Functional Observational Battery : 機能観察総合検査
FSANZ	Food Standards Australia New Zealand : 豪州・ニュージーランド食品基準機関
GMP	Good Manufacturing Practice : 適正使用規範
GRAS	Generally Recognized As Safe : 一般的に安全とみなされる
IARC	International Agency for Research on Cancer : 国際癌研究機関
JECFA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives : FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議
SDAP	Structural Database of Allergenic Proteins : アレルゲン性たん白質の構造データベース
SDS-PAGE	Sodium Dodecyl Sulfate-Poly-Acrylamide Gel Electrophoresis : ドデシル硫酸ナトリウム-ポリアクリルアミドゲル電気泳動
TOS	Total Organic Solids : 総有機固形分
WHO	World Health Organization : 世界保健機関

3

4

- 1 別紙 2 : 各種毒性試験等成績
- 2 (略)
- 3

別紙3：本品目の推定一日摂取量（使用食品（群）摂取量ベース）

指定等要請者によれば、本品目が使用される可能性のある食品（群）に対する本品目の使用量及び最終製品中の残存量は、以下の表1のとおりである。これは、2008年にJECFAにおいて評価された際に用いられたデータと同一である。（参照エラー! ブックマークが定義されていません。エラー! ブックマークが定義されていません。）

表1 各食品（群）に対する本品目の使用量及び最終製品中の残存量

対象食品群	a. 原料への酵素最大添加量 (ASPU/kg)	b. 最終製品中の最大原料量 (%)	c. 最終製品中の最大残存酵素量 (ASPU/kg) (a×b)	d. 最終製品中の最大残存酵素量 (mgTOS/kg) *
パン類	385	91	350	9.97
シリアル食品	850	95	808	23.1
ポテト製品	15,000	100	15,000	428
調味料**	6,200	≤2	124	3.54

* JECFAに提出された申請資料に用いられたロットにおける酵素活性及びTOSの平均値から算出されている。

** 海外におけるProcess Flavours（アミノ酸や糖等をメイラード反応させて生成する調味料）を想定している。

指定等要請者は、本品目が直接使用される食品（群）摂取量（平成21年国民健康・栄養調査（参照23 3-9）【文献403-8】より）を基に、本品目の一日摂取量を以下の表2のように推定している。（参照2）【本体】

表2 本品目の推定一日摂取量

表1における対象食品群	「平成21年国民健康・栄養調査」において参照した分類		d. 最終製品への最大残存酵素量 (mgTOS/kg)	e. 一日食品摂取量 (g/人/日)	f. 本品目の推定一日摂取量 (mgTOS/kg体重/日) (d÷1,000×e÷50)
	中分類	小分類			
パン類	小麦・加工品		9.97	99.4	0.0198
	菓子類	ケーキ・パストリー類	9.97	6.3	0.0013
		ビスケット類	9.97	1.6	0.0003
シリアル食品	その他の穀類・加工品		23.1	8.2	0.0038
ポテト製品	いも類		428	54.6	0.4674
	菓子類	その他の菓子類***	428	6.1	0.0522
調味料	調味料・香辛料類	その他の調味料****	3.54	59.4	0.0042
合計					0.549

*** ポテトチップス等を想定している。

**** Process Flavoursを想定している。

1 <参照>

- 1 厚生労働省,「*Asparaginase niger* ASP-72 株を利用して生産されたアスパラギナーゼ」の添加物指定及び規格基準の設定に関する食品健康影響評価について (平成 24 年 9 月 26 日付けで食品健康影響評価を依頼した事項), 第 448 回食品安全委員会 (平成 24 年 10 月 1 日)【委員会資料】
- 2 DSM ニュートリションジャパン(株), 食品添加物指定の要請資料 *Aspergillus niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼ (指定等要請者作成資料), 2012 年 9 月 24 日【本体】
- 3 Schuster E, Dunn-Coleman N, Frisvad JC and van Dijck PWM: On the safety of *Aspergillus niger* – a review. Appl Microbiol Biotechnol 2002; 59: 426-35 【文献 6】
- 4 食品安全委員会, 加工食品中のアクリルアミドについて.
参考: <http://www.fsc.go.jp/sonota/acrylamide-food170620.pdf> (2012 年 8 月閲覧)【文献 1】
- 5 Codex Alimentarius Commission, Code of practice for the reduction of acrylamide in foods, CAC/RCP 67-2009. 【文献 2】
- 6 Tarantino LM (Director, Office of Food Additive Safety, Center for Food Safety and Applied Nutrition (CFSAN), Food and Drug Administration (FDA)), Agency response letter GRAS notice No. GRN 000214, CFSAN/Office of Food Additive Safety, March 12, 2007【文献 4】
- 7 European Parliament and Council of the European Union: Regulation (EC) No 1331/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 establishing a common authorization procedure for food additives, food enzymes and food flavourings, Official Journal of the European Union, 31.12.2008, L354/1-6【文献 1 3】
- 8 [Asparaginase from *Aspergillus niger* expressed in *A. niger*. In WHO \(ed.\), Food Additives Series 60, Safety evaluation of certain food additives, prepared by the sixty-ninth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives \(JECFA\), Rome, 17-26 June 2008, WHO, Geneva, 2009; pp.3-13. 【文献 3 ②】](#)
- 9 Nyiredy I, Etter L, Fesüs I and Mayer G: The fate of mould “spores” in the digestive tract of chicks. Acta Vet Acad Sci Hung 1975; 25: 123-8【文献 2 7】
- 10 [Frisvad JC, Larsen TO, Thrane U, Meijer M, Varga J, Samson RA et al.: Fumonisin and ochratoxin production in industrial *Aspergillus niger* strains. PLoS One 2011; 6\(8\): e23496 【補足文献 B】](#)

- ^{1 1} Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Science (KNAW) , Report, analyses of two *Aspergillus niger* strains, TM06.055 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【文献 2 6】
- ^{1 2} Pel HJ, de Winde JH, Archer DB, Dyer PS, Hofmann G, Schaap PJ et al.: Genome sequencing and analysis of the versatile cell factory *Aspergillus niger* CBS 513.88. Nat Biotechnol 2007; 25(2): 221-31 【補足文献 A】
- ^{1 3} DSM ニュートリションジャパン株式会社, *A. niger* ASP-72 株を用いて生産されたアスパラギナーゼの補足資料提出依頼に関する調査結果, 2013 年 9 月 12 日 【補足資料本体】
- ^{1 4} Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Science (KNAW) , Report, analyses of four fermentation broths on the presence of toxic metabolites, TM 11.124 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【補足資料 C】
- ^{1 5} DSM Food Specialities B. V., STATEMENT REG#00060018. August 29, 2013 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【補足資料 D】
- ^{1 6} DSM Food Specialities B. V., Absence of fumonisins in the enzyme asparaginase. 2013 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【補足資料 H】
- ~~^{1 7} α -アミラーゼ, アントシアナーゼ, イヌリナーゼ, インベルターゼ, カタラーゼ, α -ガラクトシダーゼ, キシラナーゼ, キトサナーゼ, グルカナーゼ, β -グルコシダーゼ, グルコースオキシダーゼ, 酸性ホスファターゼ, セルラーゼ, トランスグルコシダーゼ, フィターゼ, プロテアーゼ, ペクチナーゼ, ペプチダーゼ, ヘミセルラーゼ, ホスホジエステラーゼ, ホスホリパーゼ, ポリフェノールオキシダーゼ, リパーゼ. 日本食品添加物協会技術委員会編, 既存添加物名簿収載品目リスト注解書. 日本食品添加物協会, 東京, 1999 【文献 2 8】~~
- ^{1 8} α -アミラーゼ, アントシアナーゼ, イヌリナーゼ, インベルターゼ, カタラーゼ, α -ガラクトシダーゼ, キシラナーゼ, キトサナーゼ, グルカナーゼ, β -グルコシダーゼ, グルコースオキシダーゼ, 酸性ホスファターゼ, セルラーゼ, トランスグルコシダーゼ, フィターゼ, プロテアーゼ, ペクチナーゼ, ペプチダーゼ, ヘミセルラーゼ, ホスホジエステラーゼ, ホスホリパーゼ, ポリフェノールオキシダーゼ, リパーゼ. 日本食品添加物協会技術委員会編, 既存添加物名簿収載品目リスト注解書. 日本食品添加物協会, 東京, 1999 【文献 2 8】
- ^{1 9} Rulis AM (Director, Office of Food Additive Safety, Center for Food Safety and Applied Nutrition, Food and Drug Administration), Re: GRAS Notice No. GRN 000089, April 3, 2002. 【文献 7】

- ^{2 0} Stor M and Misset M: Proteolytic breakdown of asparaginase under simulated gastric conditions. July 19, 2013 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【補足文献 I】
- ^{2 1} Gasteiger E, Gattiker A, Hoogland C, Ivanyi I, Appel RD and Bairoch A: ExPASy: the proteomics server for in-depth protein knowledge and analysis. Nucleic Acids Res 2003; 31(13): 3784-88 【文献 2 9】
- ^{2 2} Enzymatic breakdown of asparaginase: ExPASy PeptideCutter (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【文献 3 0】
- ^{2 3} 厚生労働省, 平成 21 年国民健康・栄養調査報告, 平成 23 年 10 月, pp.10-15, 56, 68-71 【補足文献 J、当初文献 4 0】
- ^{2 4} van den Wijngaard MJM (TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Naturwetenschappelijk Onderzoek)), TNO report V6805/15, Bacterial reverse mutation test with enzyme preparation of *Aspergillus niger* (ASP72), TNO project number 031.10803/03.41, TNO study code 6805/15, TNO, the Netherlands, 2006a (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【文献 3 7】
- ^{2 5} Usta B and de Vogel N (TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Naturwetenschappelijk Onderzoek)), TNO report V6802/14, Chromosomal aberration test with an enzyme preparation of *Aspergillus niger* (ASP72) in cultured human lymphocytes, TNO project number 031.10803/03.42, TNO study code 6802/14, TNO, the Netherlands, 2006b. (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【当初文献 3 9】
- ^{2 6} Lina BAR (TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Naturwetenschappelijk Onderzoek)), TNO report V6998, repeated-dose (13-week) oral toxicity study with an enzyme preparation of *Aspergillus niger* containing asparaginase activity (ASP72) in rats, volume 1, TNO project number 031.10642, TNO study code 6998, TNO, the Netherlands, 2006c. (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【当初文献 3 1】
- ^{2 7} 食品安全委員会, 遺伝子組換え食品等評価書「プロテアーゼ」. 2007 年 7 月 【補足文献 P】
- ^{2 8} Krishnappa H, Study No.3716/03, Repeated dose 90-day oral toxicity study by gavage with enzyme preparation of *Aspergillus niger* (GEP 44) in wistar rats. Toxicology Department Rallis Research Centre, India, 2004. (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【補足文献 Q】
- ^{2 9} Tegelenbosch-Schouten MM (TNO (Nederlandse Organisatie voor Toegepast

-
- Naturwetenschappelijk Onderzoek)), TNO report V7043, Oral prenatal developmental toxicity study with an enzyme preparation of *Aspergillus niger* containing asparaginase activity (ASP72) in rats, TNO project number 031.10803, TNO study code 7043, TNO, the Netherlands, 2006d.
(DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【当初文献 3 2】
- ^{3 0} DSM Food Specialties, Sequence comparison between asparaginase and known (food) allergens, reference: DFS/REG 00056472, June 29, 2010 (DSM ニュートリションジャパン株式会社社内資料) (未公表) 【当初文献 3 3】
- ^{3 1} Joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology, Evaluation of allergenicity of genetically modified foods, Rome, Italy, 22-25 January 2001. 【当初文献 3 4】
- ^{3 2} Ivanciuc O, Schein CH and Braun W: SDAP: database and computational tools for allergenic proteins. *Nucleic Acids Res* 2003; 31(1): 359-362 【当初文献 3 5】
- ^{3 3} Hileman RE, Silvanovich A, Goodman RE, Rice EA, Holleschak G, Astwood JD et al.: Bioinformatic methods for allergenicity assessment using a comprehensive allergen database. *Int Arch Allergy Immunol* 2002; 128(4): 280-291 【当初文献 3 6】
- ^{3 4} WHO and FAO (ed.), Technical Report Series No.952, Evaluation of certain food additives, sixty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Rome, 17-26 June 2008, WHO, 2009; pp.19-22 and 187-190. 【文献 3 ①】
- ^{3 5} AFSSA, Opinion of the French Food Safety Agency relating to the application for authorization to use a self-cloned *Aspergillus niger* asparaginase in the preparation of foods containing L-asparagine and carbohydrates which are cooked at temperatures above 120°C, such as bread and the other cereal goods (including breakfast cereals), potato-based fried goods and certain yeast extracts, Afssa-Submission No.2007-SA-0040, Maisons-Alfort, May 31, 2007. 【文献 9】
- ^{3 6} Danish Veterinary and Food Administration, Preventase/Approval, File: 2007-20-5406-00130/BXJE, September 24, 2007. 【文献 1 0】
- ^{3 7} Federal Office of Public Health FOPH, Request for authorization of the enzyme asparaginase (PrevetaSe™) from *Aspergillus niger* strain ASP-72 as processing aid, June 2, 2008. 【文献 1 1】
- ^{3 8} Foods Standards Australia New Zealand, Application A1003, Asparaginase from *Aspergillus niger* as a processing aid (enzyme) approval report, 1

October, 2008. 【文献 1 5】

~~厚生労働省, 平成 21 年国民健康・栄養調査報告, 平成 23 年 10 月. 【文献 4 0】~~