

(案)

添加物評価書

ナイシン

2007年7月

食品安全委員会 添加物専門調査会

目次

審議の経緯.....	1
食品安全委員会委員名簿.....	1
食品安全委員会添加物専門調査会専門委員名簿.....	1
ナイシンを添加物として定めることに係る食品健康影響評価について.....	2
・ 要約	2
1 . はじめに.....	3
2 . 背景等.....	3
3 . 添加物指定の概要.....	3
4 . 物理化学的性質等.....	4
5 . 安全性.....	4
(1) 体内動態.....	4
(2) ナイシン様抗生物質産生菌のウシ及びヒトにおける存在.....	5
(3) 微生物の耐性.....	5
(4) 毒性.....	6
急性毒性.....	6
亜急性毒性.....	6
亜慢性毒性.....	7
慢性毒性.....	8
慢性毒性(/ 繁殖毒性).....	9
発がん性.....	9
繁殖毒性.....	9
遺伝毒性.....	9
抗原性.....	10
一般薬理.....	10
6 . 国際機関等における安全性評価.....	10
(1) JECFA における評価.....	10
(2) 米国食品医薬品庁(FDA)における評価.....	10
(3) 欧州食品科学委員会(SCF)における評価.....	11
7 . 一日摂取量の推計.....	11
8 . 評価結果.....	12
【引用文献】.....	12
安全性試験結果一覧.....	16

1	審議の経緯	
2	平成15年10月20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、関係書類の接受
3		
4	平成15年10月23日	第21回食品安全委員会（要請事項説明）
5	平成16年4月9日	第7回添加物専門調査会
6	平成16年11月16日	第14回添加物専門調査会
7	平成17年1月26日	第17回添加物専門調査会
8	平成19年7月30日	第46回添加物専門調査会
9		
10	食品安全委員会委員	
11	平成18年6月30日まで	
12	寺田 雅昭（委員長）	中村 靖彦
13	寺尾 允男（委員長代理）	本間 清一
14	小泉 直子	見上 彪
15	坂本 元子	
16	平成18年12月20日まで	
17	寺田 雅昭（委員長）	野村 一正
18	見上 彪（委員長代理）	畑江 敬子
19	小泉 直子	本間 清一
20	長尾 拓	
21	平成18年12月21日から	
22	見上 彪（委員長）	畑江 敬子
23	小泉 直子（委員長代理*）	廣瀬 雅雄**
24	長尾 拓	本間 清一
25	野村 一正	*平成19年2月1日から
26		**平成19年4月1日から
27		
28	食品安全委員会添加物専門調査会専門委員	
29	平成15年9月25日から平成17年9月30日まで	
30	福島 昭治（座長）	大野 泰雄
31	山添 康（座長代理）	西川 秋佳
32	井上 和秀	林 真
33	今井田 克己	三森 国敏
34	江馬 眞	吉池 信男
35	平成17年10月1日から	
36	福島 昭治（座長）	久保田 紀久枝
37	山添 康（座長代理）	中島 恵美
38	石塚 真由美	西川 秋佳
39	井上 和秀	林 真
40	今井田 克己	三森 国敏
41	江馬 眞	吉池 信男
42	大野 泰雄	

1
2
3 ナイシンを添加物として定めることに係る
4 食品健康影響評価について
5
6

7 要 約
8

9 保存料として使用される添加物「ナイシン」(CAS 番号：1414-45-5)について、
10 各種試験成績等を用いて食品健康影響評価を実施した。

11 評価に供した試験成績は、ナイシン及びそれを含有する製剤もしくは加水分解物
12 を被験物質としたものも含め、反復投与毒性、発がん性、生殖発生毒性、遺伝毒性
13 等である。

14
15 ナイシンについて、*in vitro* 及び *in vivo* における遺伝毒性試験において全て陰性の
16 結果が得られており、生体にとって問題となる遺伝毒性を有するとは考えられず、
17 また発がん性を有するものではないと考えられる。

18
19 現時点で得られている知見から判断して、添加物として適切に使用される場合に
20 あっては、耐性菌出現による医療上の問題を生じる可能性は極めて少ないと考えら
21 れる。

22 なお、ナイシンを添加物として適切に使用するためには、使用基準を慎重に検討
23 することが重要であり、欧米における使用状況を勘案した上で、耐性菌出現により
24 有効性等に影響を及ぼすことがないよう十分な配慮が必要と考えられる。

25 また、新たな知見が得られた場合には、必要に応じて再評価を検討する必要があ
26 ると考える。

1 はじめに

ナisinは発酵乳から分離されたラクトコッカス・ラクティス (*Lactococcus lactis*) が生産産生する 34 個のアミノ酸から成るペプチド (ランチピオティック注1系バクテリオシン注2) で、*Bacillus* 属と *Clostridium* 属を含むグラム陽性菌の熱処理後における芽胞の発芽後生育を低濃度で阻害する。

ナisinは、現在、50 カ国以上で保存料として、チーズ、乳製品、缶詰等に使
用されている。米国では、「Nisin preparation」(ナisin製剤) は一般に安全と認
められる物質 (Generally Recognized as Safe ; GRAS 物質) として、低温殺菌チーズ
スプレッド、低温殺菌プロセスチーズスプレッド等に抗菌剤として使用されている
2-6)。欧州連合 (EU) では、ナisinは保存料としてチーズ等への使用が認められ
ている (E234) 2-12)。

FAO/WHO 合同食品添加物専門家会議 (JECFA) では、第 12 回 (1968 年) 会議
でにおいてナisinが評価され、2 年間のラットへの反復投与試験の結果より、無
毒性量 (NOAEL) は 3,330,000 U/kg 体重*とされ、ADI は 0-33,000 U/kg 体重とされ
ている 2-4)。

(*原著によると、3,330,000 U/kg は飼料中濃度である。94 ページ参照)

2 背景等

厚生労働省は、平成 14 年 7 月の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会での了承
事項に従い、JECFA で国際的に安全性評価が終了し、一定の範囲内で安全性が
確認されており、かつ、米国及び EU 諸国等で使用が広く認められていて国際
的に必要性が高いと考えられる食品添加物 46 品目については、企業等からの指定
要請を待つことなく、指定に向けた検討を開始する方針を示している。これに該
当するナisinについては、関係企業からの 指定の要請もあったことから、食品
安全基本法に基づき食品健康影響評価が食品安全委員会に依頼されたものである。
(平成 15 年 10 月 20 日、関係書類を接受)

3 添加物指定の概要

今般、ナisinについて、チーズ、アイスクリーム類、乳飲料、ホイップクリー
ムその他の乳製品、ハム、ソーセージ類肉類、殺菌した缶詰又は瓶詰め野菜、たれ、
つゆ、ドレッシングスープ及びブロス、フラワーペースト類、洋菓子菓子パン、卵
加工品、生菓子液状卵及び液状卵製品、魚介乾製品、魚肉練り製品、いくら、すじ
こ、たらこ、辛子明太子、かずのご調味加工品、豆腐、味噌、米麹等への使用に関
する基準を定め、JECFA の規格等を参考に規格を定めた上で、新たに添加物とし

注1 乳酸菌バクテリオシンは一般的に 3 つあるいは 4 つのクラスに分けられ、クラス はランチピオティ
ックと呼ばれ、細胞膜攻撃性の耐熱性低分子ペプチド (分子量 5,000 未満) である。

注2 細菌が産生し、別の細菌を殺すことができる抗菌性タンパク質あるいはペプチド。

1 て指定しようとするものである。

2

3 4 物理化学的性質等

4 ナイシン(別名：ナイシン A)

5 英名：Nisin

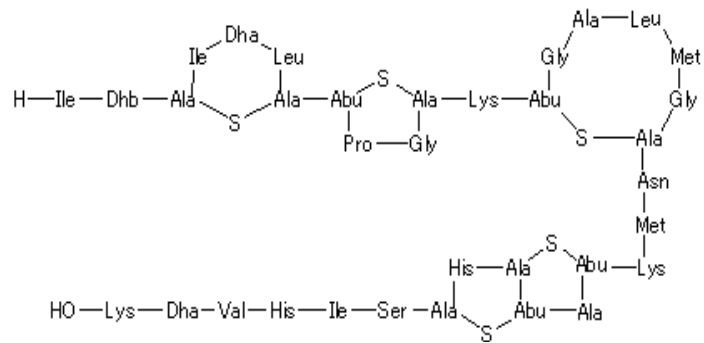
6 CAS 番号：1414-45-5

7 化学式：C₁₄₃H₂₃₀N₄₂O₃₇S₇

8 分子量：3354.12

9 性状：白色～淡黄白色の粉末

10 で、においがなく又
11 はわずかに特異なにお
12 いがある。



Abu = α-アミノ酪酸
Dha = デヒドロアラニン
Dhb = デヒドロブチリン

13

14 *Lactococcus lactis* 菌株の培養液から得られたナイシンを主成分とし、固形無脂
15 肪乳及び塩化ナトリウムの混合物であり、1 mg 当たり 900 IU 以上のナイシンを
16 含む。なお、精製されたナイシンは 1 mg 当たり 4～5×10⁴ IU 程度のナイシンを
17 含む。

18

19 5 安全性に関する検討

20 (1) 体内動態

21 ヒトにおける試験

22 ナイシン約 200 RU/mL 含有のチョコレートミルクを、11 名に摂取させ、残
23 存時間と口腔内細菌叢への影響を検討したところ、投与後の唾液中のナイシン
24 は 1 分以内に大部分が消失し、5 分後には対照と同程度になった。10 分後の唾
25 液中濃度が低下していない例もあったが、実験誤差とされている⁵⁻¹⁶⁾。

26 ボランティアに、ナイシン含有チョコレートミルク(25,000 IU/日)を 14 日
27 間摂取させたところ、唾液中の一般細菌数及びナイシン耐性細菌数に対照群と
28 の差は認められなかった⁵⁻¹⁷⁾。

29

30 *in vitro* 試験

31 ナイシン製剤 100～100,000 U/mL を唾液由来プチアリン(500 U/mL、pH 6.8)
32 又はトリプシン(1,000 H.U.M/mL、pH 7.1)と反応させ、阻止円に及ぼす影響
33 が検討された。いずれの実験においても、低濃度では阻止円の縮小が認められ、
34 ナイシンの抗菌性は低下したが、高濃度では阻止円の縮小は認められなかった
35 ⁵⁻⁴⁾。

36 ナイシン 80 RU/mL [2 µg/mL] を 37 で、濃度 2.5～25.6 mg/100 mL のパン
37 クレアチンと反応させたところ、2.5 mg/100 mL 以外の濃度において、30 分後
38 にはナイシン活性が 0 となり、ナイシンは速やかに分解された⁵⁻¹⁸⁾。

1 ナイシンは精製パンクレアチンと α -キモトリプシンによって分解され、精製
2 トリプシンでは分解されなかったことから、パンクレアチンによるナイシンの
3 分解は α -キモトリプシンによると結論されている⁵⁻¹⁹⁾。

4
5 in vitro 試験から、摂取されたナイシンはタンパク分解酵素により不活性化され、
6 ナイシン分子としては吸収されないと予測され、*in vivo* におけるナイシンの代謝は、
7 他のポリペプチド代謝と類似していると考えられている。

8 9 (2) ナイシン様抗生物質産生菌のウシ及びヒトにおける存在

10 ウシ及びヒトの各種検体を調べた結果、ヒト鼻咽喉粘膜及び糞便から 320 倍希
11 釈液で *Lactococcus agalactie* に対する増殖阻害能を有する 10 菌株が得られ、これ
12 らより分泌される抗菌性物質の抗菌スペクトルはナイシンと類似していた。ウシ
13 由来の生乳から 320 倍希釈液で阻害能を有する 3 菌株が得られ、これらより分泌
14 される抗菌性物質の抗菌スペクトルもナイシンと類似していた⁵⁻²¹⁾。

15 以上より、ナイシン様抗生物質産生菌は、頻度は低いが、ヒト腸内及びウシの
16 腸内や鼻腔内に常在していることから、ナイシンが腸まで到達したとしても、腸
17 内細菌叢のバランスを崩す可能性は低いと考えられるとされている。

18 19 (3) 交差微生物の耐性^{注3}

20 ナイシンは、*Lactococcus lactis* が産生する 34 個のアミノ酸から成るランチビ
21 オティック系バクテリオシンであり、広範囲のグラム陽性菌とその芽胞に対し
22 抗菌活性を有する。作用機序としては、細胞膜に作用して膜孔を形成すること
23 により、膜電位や膜内外の pH 勾配あるいは、その両者のバランスを崩し細胞
24 死を引き起こすことが考えられている^{c)}。

25 バクテリオシン感受性の *Listeria monocytogenes* などの菌を高濃度のバクテリ
26 オシン存在下で培養すると耐性変異株が出現するとの報告があり、このような
27 耐性は、一般的に細胞膜の構造変化（特にリン脂質組成変化）に起因するとさ
28 れている^{c)}。

29 また、ナイシン耐性 *Listetia* 属の細菌が、他のクラスのバクテリオシン（ペデ
30 ィオシン等）に対し、感受性低下を示すとの報告もある^{d)-g)}。

31 ナイシンへの暴露は、*L. monocytogenes* の抗生物質アンピシリンとクロラムフ
32 ェニコールに対する耐性菌出現頻度に影響を与えない、種々のグラム陽性病原
33 菌において、抗生物質多剤耐性獲得はナイシンに対する感受性に影響を与えない、
34 ナイシンと 33 種の抗生物質間の交差耐性^{注4}を調査した結果、*Staphylococcus*
35 *aureus* のペニシリン耐性菌は野性株に比べナイシンに対して 50 倍以上の高い

注3 一般に、環境条件や化学物質などに対する抵抗性。抗生物質に対する細菌の抵抗力など。

注4 ある薬物に対して形成された耐性が、他の薬物にもみられること。

1 感受性を示した等の研究から、バクテリオシン耐性が抗生物質に対して交差耐
2 性を示す可能性は極めて低いと考えられるとされている⁹⁾。

3 また、17種の頻用される医療用抗生物質の標的となる 19種の一般的な病原微
4 生物の感受性に、ナイシンが影響を与える可能性について検討すべく、各菌株を
5 2.5 µg/mL のナイシン含有培地又は非含有培地で 24 時間培養した後、抗生物質の
6 最小発育阻止濃度 (MIC) を測定した。全てのグラム陰性細菌はナイシン非感受
7 性であった。感受性菌である *Staphylococcus* 属では、ナイシン含有培地ではナイ
8 シンに対する感受性が低下した。ナイシン以外の17種その他の医療用抗生物質
9 では、変化は散見されたが、有意な感受性の低下は認められとはみな
10 されなかった。以上から、ナイシンによる医療用抗生物質に対する交差耐性は認
11 められないとされている⁵⁻²⁰⁾。

12 ナイシンは、その化学構造、物性、作用機序、交差耐性、消化管酵素による
13 影響などから、一般に言われる抗生物質又は抗菌性物質とは異なる範疇の物質
14 と言える。海外における使用経験からも特段問題となる報告はなく、食品添加
15 物として使用しても、ヒト腸内細菌をはじめとする各菌種に影響を与える可能
16 性は極めて低いと考えられる。

18 (4) 毒性試験

19 急性毒性

20 ラットへの経口投与での LD₅₀ は 2,000 mg/kg 体重以上⁵⁻²⁾、マウスへの経口
21 投与での LD₅₀ は 6,950 mg/kg 体重⁵⁻⁴⁾ 等が報告されている。

23 亜急性毒性試験

24 CrI:CDBR ラット (雌雄各 5 匹) に、10日間精製ナイシン (ナイシンとして
25 0、500、1,000、2,000 mg/kg 体重/日) を 10日間強制経口投与したところ、一
26 般状態、生存率、体重、摂餌量、血液生化学的検査、臓器重量、剖検所見及び
27 病理組織学的検査において投与に関連した変化は認められなかった。血液学的
28 検査では、雄でヘモグロビン濃度、赤血球数及び平均赤血球容積に用量に相関
29 した減少がみられ、雌でも同じ項目において投与群が対照群より低値を示した
30 が、用量相関性は認められていない⁵⁻⁶⁾。

31 CrI:CDBR ラット (雌雄各 10 匹) に精製ナイシン (ナイシンとして 0、500、
32 1,000、2,000 mg/kg 体重/日) を 28 日間強制経口投与したところ、一般状態、
33 体重及び体重増加量、摂餌量、血液生化学的検査、尿検査、眼科学的検査、剖
34 検所見及び病理組織学的検査において、投与に関連した変化はみられていない。
35 血液学的検査では、いくつかの項目に変化がみられ、臓器重量では、雌の高用
36 量群において、肝臓重量が対照群に比べ有意に減少したが、この週齢と動物種
37 で通常認められる範囲の値であり、生物学的意義はないとされている⁵⁻⁷⁾。

38 ビーグル犬 (雌雄各 2 匹) に精製ナイシンを最大耐量 (MTD: 12 日間かけ

1 て 500、1,000、2,000 mg/kg 体重/日と増量)と固定用量 (MTD 投与期間に続いて 2,000 mg/kg 体重/日を 7 日間)を強制経口投与したところ、MTD 及び固定
2 用量投与期間において、一般状態、生存率、体重、摂餌量、血液学的検査、尿
3 検査、臓器重量、剖検所見及び病理組織学的検査において投与に起因する変化
4 はみられず、精製ナイシン 2,000 mg/kg 体重/日投与での毒性は認められていな
5 い⁵⁻⁸⁾。

7 ビーグル犬(雌雄各 3 匹)への精製ナイシン(ナイシンとして 0、150、500、
8 2,000 mg/kg 体重/日)の 28 日間強制経口投与により、一般状態、生存率、眼
9 科学的検査、心電図検査、血液学的検査、血液生化学的検査、尿検査、臓器重
10 量、剖検所見及び病理組織学的検査結果では、に投与に関連した変化はみられ
11 ていない。2,000 mg/kg 体重/日投与群の雄及び 150 mg/kg 体重/日投与群以上
12 の雌の全投与群と高用量投与の雄で、対照群と比較して体重増加抑制がみられ
13 が減少し、500 mg/kg 体重/日投与群以上の雌の中、高用量群で摂餌量の減少
14 が認められたした⁵⁻⁹⁾。

15 亜慢性毒性試験

17 離乳 Birmingham-Wistar 雄性ラット(各群 10 匹)に 12 週間、投与群にはナ
18 イシン含有チーズ(0、2.00、3.01、4.01) $\times 10^4$ U/g 飼料;0、1,000、1,500、
19 2,005 IU/kg 体重/日^{h)})、対照には非含有チーズを含む飼料を与えた。ナイシ
20 ン投与群の体重、一般症状態、行動及び剖検時の所見に対照群と差は認められ
21 なかった⁵⁻¹⁾。

22 ラット(雌雄各 5 匹)に 12 週間、飼料中濃度 10,000 RU/g のナイシン製剤
23 (生物学的力価 :- 10^6 RU/g、飼料中濃度 0、10,000 RU/g ; 0、500 RU/kg 体
24 重/日^{h)})を混餌投与した結果、対照群と投与群の体重増加に差は認められず、
25 投与群には何ら異常は認められなかった。投与群と対照群の雄の生殖率は同
26 等(100%)で、投与群と対照群の雌も同程度であった(それぞれ 90%と 85%)。
27 すべての出生児は正常であった⁵⁻³⁾。

28 雄性 Wistar ラット(各群 5 匹)に 0.5~5,000 U/kg 体重/日のナイシン製剤を
29 90 日間強制経口投与したところ、一般状態、体重増加、血液学的検査、臓器
30 重量、主要臓器の病理組織学的検査において投与に起因した変化はみられな
31 かった⁵⁻⁴⁾。

32 Birmingham-Wistar 雄性ラット(各群 10 匹)にナイシン加水分解物(ナイシ
33 ン製剤を 1.0 N 塩酸で加水分解し、脱水して活性炭処理後に再結晶したもの)
34 又はナイシン(3.33×10^6 U/kg 飼料)を 10 週間混餌投与した後、さらに 25 週
35 間混餌投与したところ、ナイシン加水分解物を混餌投与した動物の体重増加に
36 影響はなかった。個別ケージで飼育されたラットの脾臓重量の増加がみられた
37 が、複数でケージに入れられた飼育群に同様の変化はみられず、また、評価さ
38 れた他の指標には影響がみられなかったことからため、ストレスに起因すると

1 結論されている⁵⁻¹⁾。

2 F344/DuCrIj ラット(雌雄各群 10 匹)にナイシン A(生物学的力価:3,000
3 IU/mg、飼料中濃度 0、0.2、1.0 及び 5.0% ; 約 0、120、600、3,000 mg/kg 体
4 重/日相当、参照対照群 3.712%NaCl 添加飼料(5%ナイシン A 添加飼料中の
5 NaCl 含量; 約 2,200 mg/kg 体重/日相当))を 90 日間反復投与したところ、投
6 与期間中に死亡例はみられず、一般状態、体重、摂餌量、眼科的検査、血液
7 学的検査及び肉眼的病理検査において被験物質に起因すると考えられる変化
8 は認められなかった。

9 ナイシン A 投与群において、摂水量の高値、尿検査における尿量の高値、
10 尿中 Na 及び Cl の高値、尿中 K の低値、血液生化学的検査における Na の低
11 値、腎臓の絶対重量及び相対重量の高値、病理組織学的検査における前胃の
12 境界縁における扁平上皮過形成が観察された。しかし、これらの変化は参照
13 対照群においても観察されており、被験物質に含まれる NaCl に起因する変
14 化と考えられる^{道)}。

15
16 白色マウス(雑種)(雌雄各 25 匹、体重 8~10 g 又は 15~20 g)にナイシ
17 ン製剤(生物学的力価~~∴~~、 10^6 IU/g)を 2 ヶ月間強制経口投与(0、0.4、4.0、
18 400 mg/kg 体重/日)したところ、雄の全投与群で体重増加の上昇がみられたが、
19 生存率及び摂餌量には差はみられなかった。2 ヶ月間投与後に実施した 50%食
20 餌制限では、高用量群で対照群の 43%に対して 70%と高い死亡率を示した⁵⁻¹⁰⁾。

21 白色マウス(雑種)(雌雄各 50 匹、体重 8~10 g)に 4.0 mg/kg 体重/日のナ
22 イシン製剤(生物学的力価、 10^6 IU/g)を 3 ヶ月間強制経口投与したところ、
23 投与 2.5 ヶ月後の生存率が低下した。3 ヶ月間投与後に実施した 90%食餌制限
24 の後では、死亡率は対照群で 56.3%に対し、投与群では 84.6%と高値を示した⁵⁻¹⁰⁾。
25

26
27 上記の白色マウス(雑種)を用いた試験については、対照群の死亡率が異
28 常に高いこと、ナイシン投与群における死亡率が非常に高いにもかかわらず
29 死因についての記載がないこと等から、試験自体が非常に粗雑でデータの信
30 頼性が低いため、評価の対象とはしないこととした~~する。~~

31 慢性毒性試験

32
33 Wistar ラット(雌雄各 10 匹)に 2.0 mg/kg 体重/日のナイシン製剤(生物学
34 的力価~~∴~~、 10^6 IU/g)を通常の飼料を与える前にペースト状にして 18 ヶ月間
35 混餌投与した結果、ナイシン投与群の平均摂餌量は対照群と同程度で、摂水
36 量は雌の投与群で高値を示した。血液 pH (blood alkalinity)、C 反応性蛋白~~、~~
37 及び血液形態学的評価~~で~~は、対照群と同程度であった⁵⁻¹⁰⁾。
38

39 慢性毒性試験(/ 繁殖毒性試験)

1 Birmingham-Wistar ラット (雌雄各 10 匹) に基礎飼料又はナイシン製剤 3.33
2 $\times 10^4$ U/kg 含有飼料、 3.33×10^6 U/kg 含有飼料 (1,665、166,500 U/kg 体重/日^{h)})
3 を最長約 2 年間で与えた。16 週間後、同一群の雌雄を交配させ、生殖能力を評
4 価し、各投与群の出生児 (F1) の雌 30 匹と雄 10 匹に親 (F0) と同じ食餌を与
5 えた。F0 の対照群と投与群では生存率及び生殖能力に差はみられず、F1 の血
6 液学的検査、肝臓、腎臓、消化管の機能検査は正常であった。F0 及び F1 と
7 もに、雄の投与群において体重増加の有意な減少がみられたが、これは摂餌量の
8 わずかな低下に起因すると考えられている。雌の高用量群で腎臓、卵巣及び子
9 宮の相対重量が有意に増加したが、肉眼的及び病理組織学的所見に特記すべき
10 異常は認められなかった⁵⁻¹⁾。

11
12 非げっ歯類を用いた慢性毒性試験は実施されていない。

13 14 発がん性試験

15 発がん性試験は実施されていない。なお、ラット 2 年間投与試験の病理組
16 織学的所見に異常はみられていない⁵⁻¹⁾。

17 18 繁殖毒性試験

19 3 世代 (F0、F1B、F2B) の Crl:CDBR ラットに 2.5% ナイシン含有製剤 0、0.2、
20 1.0、5.0% を含有する基礎飼料 (生物学的力量: 10^6 IU/g、(0、0.25、1.25、6.25)
21 $\times 10^4$ IU/kg 体重/日^{h)})、及び対照群に 3.8% 塩化ナトリウム含有飼料を与えた。
22 親動物については結果、F0 の 5.0% 投与群の雄高用量群で体重増加抑制が観察
23 されたが、~~一~~食餌効率、交配行動、妊娠率、妊娠期間、肉眼的病理検査ではに
24 ついて、投与に起因した変化はみられなかった。児動物については、生存率出
25 産後損失、同腹児数、死亡率、剖検所見、試験終了時の臓器重量及び病理組織
26 学的検査、並びに同腹児重量及び児体重に投与に起因した変化はみられなかつ
27 たが、F2B の 5.0% 投与群で低体重が観察された⁵⁻¹¹⁾。

28 29 遺伝毒性試験

30 *Salmonella typhimurium* (TA98、TA100、TA1535、TA1537) と大腸菌
31 (WP2/pKM101、WP2uvrA/pKA101) を用いた精製ナイシンの復帰突然変異試
32 験において、S9mix の有無にかかわらず、試験した全ての用量 (0 ~ 1,500 μ g/
33 プレート) において遺伝毒性を示さなかった⁵⁻¹²⁾。

34 マウスリンパ腫 L5178Y 細胞を用いた精製ナイシンの変異原性試験において、
35 S9mix の有無にかかわらず、いずれの濃度 (最低濃度 25 ~ 50、最高濃度 300 ~
36 1,000 μ g/mL) においても遺伝毒性を示さなかった⁵⁻¹³⁾。

37 ヒトリンパ球初代培養細胞を用いた精製ナイシンの染色体異常試験におい
38 て、S9mix の有無にかかわらず、いずれの用量 (62.5 ~ 500 μ g/mL) において
39 も染色体異常誘発性は認められていない⁵⁻¹⁴⁾。

1 ~~in~~ vivo マウス骨髄小核試験では、最高 2,000 mg/kg 体重/日のナイシン強制
2 経口投与マウスの骨髄の多染性赤血球 (PCE) において小核の誘発は認められ
3 ず、生体内における染色体異常誘発性はないものと考えられる⁵⁻¹⁵⁾。

4 5 抗原性試験

6 モルモット回腸の収縮の測定による感作性の検討において、ナイシン製剤
7 50,000 U を 3 ヶ月間混餌投与した 3 匹の感作性は陰性であったが、等用量を単
8 回腹腔内投与した 3 匹では全て陽性であった。これは、ナイシンが小腸内のタ
9 ンパク分解酵素やペプチダーゼによって分解されることと整合するとされて
10 いる⁵⁻¹⁾。

11 12 一般薬理試験

13 一般薬理試験は実施されていない。

14 15 6 国際機関等における評価

16 (1) JECFA における評価

17 JECFA では、1968 年に、ラット 2 年間試験⁵⁻¹⁾の結果よりラットにおける無毒
18 性量 (NOAEL) を最高用量の 3,330,000 U/kg として、ADI は 33,000 U/kg 体重と
19 設定した²⁻⁴⁾が、原著論文によるとこの値は飼料中の濃度である^{注5}。

20 なお、細菌抵抗性について、細菌においてナイシン以外の抗生物質治療に影
21 響する交差耐性が生じることを示した包括的な微生物学的研究は示されておら
22 ず、ナイシンの抗菌活性は上部消化管におけるタンパク質の分解消化により即
23 座に失われるため、腸内細菌叢に対する影響が示されることはないとされてい
24 る。

25 26 (2) 米国食品医薬品庁 (FDA) における評価

27 米国 FDA では、1984 年に、JECFA が評価に用いた 2 年間試験⁵⁻¹⁾の結果より、
28 ナイシンの ADI を 2.9 mg/ヒト/日と設定した旨公表しており^{2-2), 2-11)}、これは体
29 重 60 kg 換算で、0.049 mg/kg 体重/日となる^{注6}。

30 なお、ナイシンはパンクレアチン (腸内酵素製剤) により分解されることか
31 ら、腸内細菌叢に影響を与えないものと考えられ、重要な病原性微生物の
32 における交差耐性に影響するとのが生じたという報告はないとされしている。

注5 ナイシン 1 g は 40×10^6 Units に相当し⁵⁻¹⁾、「Principles for the Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Food (JECFA, 1987)」において示されたラット (old) の食餌中濃度の換算係数 (1 ppm=0.050 mg/kg 体重/日) を採用すると、NOAEL は 4.16 mg/kg 体重/日となる。

注6 FDA は、実験者の仮定 (ラットの体重を 250 g、摂餌量を 15 g と仮定) に基づき、高用量群の投与量が 1.96×10^5 Units/kg 体重に相当することから ADI を算出している。

1
2 (3) 欧州食品科学委員会 (SCF) における評価

3 SCF が 1990 年に発表した報告書²⁻¹³⁾によると、SCF は、ラット及びマウスの
4 急性毒性、亜急性並びに長期試験、及びラットの繁殖試験について JECFA が
5 1968 年にレビューした資料を入手し、さらに *in vitro* 及び *in vivo* の変異原性試
6 験、繁殖毒性試験についてレビューし、遺伝毒性及び発がん性に関する入手可
7 能なデータでは、現在の毒性試験基準を満たしていないが、投与に関連した有
8 害作用は認められていないとし、近年の繁殖試験の結果⁵⁻¹¹⁾に基づき、ADI を
9 0.13 mg/kg 体重と設定しているが、NOAEL 等の評価の詳細な内容は発表されて
10 いない^{注7)}。

11 なお、本報告書中で引用されているレポートでは、感受性菌である
12 *Staphylococcus* 属がナイシン自身に耐性を示す証拠があるが、微生物がナイシン
13 に暴露されることにより、抗生物質やその他の治療薬に対し耐性を生じる可能
14 性はほとんどないとされしている。

動物種	試験種類	試験期間	飼料中濃度	NOAEL 又は NOEL	備考
ラット	慢性毒性/ 繁殖 ⁵⁻¹⁾	2年間	3.33 × 10 ⁴ 、 3.33 × 10 ⁶ U/kg 飼料 (0.83、83.3 mg/kg 飼料)	3.33 × 10 ⁶ U/kg 飼料 (83.3 mg/kg 飼料) (4.16 mg/kg 体重/日相当) ^{注5)}	JECFA(1968) ADI=3.3 × 10 ⁴ Units/kg (0.042 mg/kg 体重/日)
				(4.9 mg/kg 体重/日相当) ^{注6)}	FDA(1984) ADI=0.049 mg/kg/日
	繁殖 ⁵⁻¹¹⁾	26週間	0、0.2、1.0、5.0%	1.0% [12.5 mg/kg 体重/日 ^{注7)}	EU/SCF(1990) ADI=0.13 mg/kg/日

15
16 7 一日推定摂取量の推計

17 米国では、プロセルチーズスプレッド、フランクフルトのケーシング等に使用
18 されており、ナタマイシンの食品からの推定摂取量は 2.15 mg/ヒト/日(体重 60 kg
19 として 0.036 mg/kg 体重/日)とされている^{2-2), 2-9), a)}。また、EU では、チーズ等
20 に使用されており、推定摂取量は 0.008 mg/kg 体重/日との情報がある^{2-12), b)}。

21 要請者により提案されている使用基準案に基づき、添加物として使用された場
22 合のわが国における推定摂取量は、国民栄養調査を参考にして算出すると 0.041
23 mg/kg 体重/日とされている^{2-5), 5-22)}。

注7 注5 で用いた換算係数を採用すると、ナイシン製剤(ナイシン 2.5%含有⁵⁻¹¹⁾) 1.0%投与群の投与量は
12.5 mg/kg 体重/日に相当する。

1
2 8 評価結果

3 ナイシンについて、*in vitro* 及び *in vivo* における遺伝毒性試験において全て陰性
4 の結果が得られており、生体にとって問題となる遺伝毒性を有するとは考えられ
5 ず、また発がん性を有するものではないと考えられる。

6
7 ナイシンは、グラム陽性菌の芽胞の生育を阻害する乳酸菌バクテリオシン（ペ
8 プチド）であり、上部腸管でパンクレアチン等により分解され、不活化される。

9 耐性菌の選択に関する専門家の意見のポイントは以下のとおりである。

10 ・経口摂取したとしても体内には吸収されず、腸管への移行も少量であると考
11 えられ、下部腸管における腸内細菌叢への影響も極めて少ない。

12 ・近年、リステリア菌のナイシン耐性及び他のバクテリオシンとの交差耐性に
13 関する報告があるものの、医療用抗生物質との交差耐性は実験的に認められ
14 ておらず、医療上の問題となったとの臨床における報告も得られていない。

15 ・仮に添加物としての使用により、耐性菌が選択されるとしても、海外におけ
16 る長期の使用経験の中で、ヒトの健康に重大な影響を及ぼしたとする報告は
17 現時点で得られていない。

18
19 以上、現時点で得られている知見から判断して、添加物として適切に使用され
20 る場合にあっては、耐性菌出現による医療上の問題を生じる可能性は極めて少な
21 いと考えられる。

22 なお、ナイシンを添加物として適切に使用するためには、使用基準を慎重に検
23 討することが重要であり、欧米における使用状況を勘案した上で、耐性菌出現に
24 より有効性等に影響を及ぼすことがないように十分な配慮が必要と考えられる。

25 また、新たな知見が得られた場合には、必要に応じて再評価を検討する必要が
26 あると考える。

27
28 【引用文献】

29 2-2) Federal Register : 53 FR 11247, Apr. 6, 1988, Food and Drug Administration, HHS.

30 2-4) FAO Nutrition Meetings Report Series: 45A 1968 Specifications for the identity and
31 purity of food additives and their toxicological evaluation: some antibiotics: 33-35.

32 2-5) Report of the 35th session on the codex committee on food additives and
33 contaminants, Codex alimentarius commission (ALINORM 03/12A April 2003).

34 2-6) 21 CFR Ch.I (4-1-03 Edition) Food and Drug Administration, HHS.§184.1538
35 2003.

36 2-9) Agency Response Letter GRAS Notice No.GRN 000065.

37 2-11) Memorandum of November 9, 1984, from Alfred N. Milbert to Jphn W. Gordon.

38 2-12) Official Journal of the European Communities 1995 L Volume.

- 1 2-13) Food-science and techniques Reports of the Scientific Committee for Food
2 (Twenty-sixth series). Commission of the European Communities.
- 3 5-1) Frazer AC, Sharratt M, Hickman JR. The biological effects of food additives. I.
4 -Nisin. *J. Sci. Food&Agri.* (1962) 13: 32-42.
- 5 5-2) 'Purified nisin: Acute oral toxicity (limit test) in the rat'. SPL Project Number:
6 867/002. SafePharm Laboratories, November 1995. Unpublished Confidential
7 Report.
- 8 5-3) Pesquera TI. Nisin -its use, estimation and toxicity in sterilised milk. *Revista*
9 *Espanola de Lecheria.* (1966) 59.
- 10 5-4) Hara S, Yakazu K, Nakakawakji K, Takeuchi T, Kobayashi T, Sata M, Imai Z,
11 Shibuya T. An investigation of toxicity of nisin with particular reference to
12 experimental studies of its oral administration and influence by digestive enzymes. *J.*
13 *Tokyo Med. Coll.* (1962) 20: 176 -207.
- 14 5-5) Hirsch A, Mattick ATR. Some recent applications of nisin. *The Lancet.* (1949) 190.
- 15 5-6) 'Ambicin N (purified nisin): 7 Day oral (gavage administration) toxicity study in the
16 rat'. Corning Hazleton. Report No. 1334/3-1050. December 1995. Unpublished
17 Confidential Report.
- 18 5-7) 'Ambicin (purified nisin): 28 Day oral (gavage administration) toxicity study in the
19 rat'. Corning Hazleton. Report No. 1334/1-1050. April 1996. Unpublished
20 Confidential Report.
- 21 5-8) 'Ambicin N (purified nisin): Maximum tolerated dose (MTD) toxicity study
22 followed by a 7 day fixed dose oral (gavage administration) toxicity study in the
23 dog'. Corning Hazleton. Report No. 1334/4-1050. December 1995. Unpublished
24 Confidential Report.
- 25 5-9) 'Ambicin (purified nisin): 28 Day oral (gavage administration) toxicity study in the
26 dog'. Corning Hazleton. Report No. 1334/1-1050, Corning Hazelton (Europe),
27 Harrogate N. Yorkshire, England. April 1996.
- 28 5-10) Shtenberg AJ, Ignat'ev AD. Toxicological evaluation of some combinations of
29 food preservatives. *Fd. Cosmet. Toxicol.*(1970) 8: 369-380.
- 30 5-11) 'Effect of nisaplin on reproductive function of multiple generations in the rat'.
31 Huntingdon Research Centre. Report No. APL 1/801028, June 1981. Unpublished
32 Confidential Report.
- 33 5-12) 'Ambicin N (purified nisin). Bacterial mutation assay'. Huntingdon Life Sciences.
34 Report No. APM 1/952077, November 1995 and Protocol. Unpublished
35 Confidential Report.
- 36 5-13) 'Ambicin N. Mouse lymphoma mutation assay'. Inveresk Research International.
37 Report number 12242, December 1995 and Protocol. Unpublished Confidential
38 Report.

- 1 5-14) ‘Ambicin (purified nisin). Metaphase chromosome analysis of human lymphocytes
2 cultured in vitro’. Huntingdon Life Sciences. Report No. APM 2/952601, April
3 1996 and Protocol. Unpublished Confidential Report.
- 4 5-15) ‘Ambicin N (purified nisin). Induction of micronuclei in the bone marrow treated
5 mice’. Corning Hazleton. Report No. 1334/5-1052, January 1996 and Protocol.
6 Unpublished Confidential Report.
- 7 5-16) Claypool L, Heinemann B, Voris L, Stumbo CR. Residence time of nisin in the
8 oral cavity following consumption of chocolate milk containing nisin. *J. Dairy Sci.*
9 (1966) 49: 314-316.
- 10 5-17) Cowell ND, Allen AR, Jarvis B. The *in vivo* effect of nisin on the microflora of the
11 oral cavity. *J. Appl. Bact.* (1971) 34: 787-791.
- 12 5-18) Heinemann B, Williams R. Inactivation of nisin by pancreatin. *J. Dairy Sci.* (1966)
13 49: 312-314.
- 14 5-19) Jarvis B, Mahoney RR. Inactivation of nisin by alpha-chymotrypsin. *J. Dairy Sci.*
15 (1969) 52: 1448-1450.
- 16 5-20) Hossack DJN, Bird MC, Fowler GG. The effects of nisin on the sensitivity of
17 microorganisms to antibiotics and other chemotherapeutic agents. *Antimicrobials*
18 *and Agriculture* (1983) 425-433.
- 19 5-21) Hirsch A, Wheater DM. The production of antibiotics by *Streptococci*. *J. Dairy*
20 *Res.* (1951) 12: 193-197.
- 21 5-22) 健康・栄養情報研究会編：国民栄養の現状（平成12年厚生労働省国民栄養
22 調査結果）
- 23 a) DANISCO CONFIDENTIAL NISIN Feb 2003（非公開資料）
- 24 b) Danisco 社からの E メール（非公開資料）
- 25 c) 川本伸一，島純．乳酸菌科学の最前線-どこに向かうのか 乳酸菌バクテリオシ
26 ンとその利用．*Foods & Food Ingred. J. Jpn.* (2004) 209: 758-767.
- 27 d) Gravesen A, Kallipolitis B, Holmstrom K, Hoiby PE, Ramnath M, Knochel S.
28 pbp2229-Mediated nisin resistance mechanism in *Listeria monocytogenes* confers
29 cross-protection to class IIa bacteriocins and affects virulence gene expression. *Appl.*
30 *Environ. Microbiol.* (2004) 70: 1669-1679.
- 31 e) Rasch M, Knochel S. Variations in tolerance of *Listeria monocytogenes* to nisin,
32 pediocin PA-1 and bavaricin A. *Lett. Appl. Microbiol.* (1998) 27: 275-278.
- 33 f) Crandall AD, Montville TJ. Nisin resistance in *Listeria monocytogenes* ATCC 700302
34 is a complex phenotype. *Appl. Environ. Microbiol.* (1998) 64: 231-237.
- 35 g) Song H-J, Richard J. Antilisterial activity of three bacteriocins used at sub minimal
36 inhibitory concentrations and cross-resistance of the survivors. *Int. J. Food Microbiol.*
37 (1997) 36: 155-161.
- 38 h) Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food.

- 1 Environmental Health Criteria 70. IPCS in cooperation with the JECFA. World Health
- 2 Organization, Geneva. (1987).
- 3 追) ナイシンAのラットを用いた90日間反復投与毒性試験 試験番号0637
- 4 株式会社DIMS医科学研究所 (最終報告書 2007.6.27)
- 5

ナイシンの安全性に関する試験結果

試験	投与期間	動物種	投与方法	1群当たりの動物数	被験物質	投与量又は濃度	試験結果	参考資料
急性毒性	単回 (7日間観察)	ラット	経口	記載なし	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	最高 10^6 U/kg 体重	LD ₅₀ : $>10^6$ U/kg 体重	5-1
			腹腔内	記載なし	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	最高 10^6 U/kg 体重	LD ₅₀ : $>10^6$ U/kg 体重	
	単回 (2週間観察)	ラット	経口	雌雄各5	精製ナイシン (52.2×10^6 U/g)	2,000 mg/kg 体 重	LD ₅₀ : $>2,000$ mg/kg 体重	5-2
	単回 (7日間観察)	ラット	強制経口	3	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	(0.5、1.0、1.5) $\times 10^6$ RU/kg 体 重	LD ₅₀ : $>1.5 \times 10^6$ U/kg 体重	5-3
	単回	マウス	経口	10	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	6,000-8,000 mg/kg 体重	LD ₅₀ : 6,950 mg/kg 体重	5-4
			腹腔内	10	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	3,500-6,000 mg/kg 体重	LD ₅₀ : 4,750 mg/kg 体重	
			皮下注	10	ナイシン製剤 (10^6 U/g)	3,500-5,000 mg/kg 体重	LD ₅₀ : 4,450 mg/kg 体重	
	単回	ウサギ	静注	記載なし	精製ナイシン	記載なし	LD ₅₀ : 約 30 mg/kg 体重	5-5
			筋注	記載なし	精製ナイシン	記載なし	LD ₅₀ : 200 mg/kg 体重	
			皮下注	記載なし	精製ナイシン	記載なし	LD ₅₀ : $>1,000$ mg/kg 体重	
亜急性毒性	10日間	ラット	経口	雌雄各5	精製ナイシン (51.6×10^6 IU/g)	0、500、1,000、 2,000 mg/kg 体 重/日	雄でヘモグロビン濃度、赤血球数、 <u>平均赤血球容積に用量に相関した 減少がみられた。雌でも低値を示し たが、用量相関性はなかった。</u>	5-6
	28日間	ラット	経口	雌雄各 10	精製ナイシン (49.6×10^6 IU/g)	0、500、1,000、 2,000 mg/kg 体 重/日	投与に関連した変化はみられな かった。	5-7
	12日間 (MTD Phase)/ 7日間 (Fixed Dose Phase)	イヌ	経口	雌雄各2	MTD Phase : 精製ナイシン (51.6×10^6 IU/g)	500、1,000、 2,000 mg/kg 体 重/日と増量	投与に起因する変化はみられず、 2,000 mg/kg 体重/日投与で毒性はみ られなかった。	5-8
					Fixed Dose Phase : 精製ナ イシン (50.6 $\times 10^6$ IU/g)	2000 mg/kg 体 重/日		
28日間	イヌ	経口	雌雄各3	精製ナイシン ($49.1-51.1$) $\times 10^6$ IU/g)	0、150、500、 2000 mg/kg 体 重/日	<u>雌の全投与群と雄の高用量投与群 で体重増加が減少し、雌の中・高用 量群で摂餌量が減少した。</u> <u>2,000 mg/kg 体重/日投与群の雄及び 150 mg/kg 体重/日投与群以上の雌 で、対照群と比較して体重増加抑制 がみられ、500 mg/kg 体重/日投与群 以上の雌で摂餌量の減少が認めら れた。</u>	5-9	

試験	投与期間	動物種	投与方法	1群当たりの動物数	被験物質	投与量又は濃度	試験結果	参考資料
亜慢性毒性	12週間	ラット	混餌	雄 10	ナイシン製剤 (10 ⁶ U/g)	(0, 2.00, 3.00, 4.01) × 10 ⁴ IU/kg 飼料 [1,000, 1,500, 2,005 IU/kg 体重/日]*4	投与群と対照群との間に体重、一般状態及び行動及び剖検時の所見に差は認められなかった。	5-1
	12週間	ラット	混餌	雌雄各 5 *1	ナイシン製剤 (10 ⁶ RU/g)	10 ⁴ RU/g 飼料 [500 RU/kg 体重/日]*4	投与群と対照群との間に体重増加、生殖率の差はみられず、胎児は全て正常であった。	5-3
	90日間	ラット	経口	雄 5	ナイシン製剤 (10 ⁶ U/g)	0.5 ~ 5,000 U/kg 体重/日	投与に起因した変化はみられなかった。	5-4
	10+25週間 *2	ラット	混餌	雄 10	ナイシン加水分解物	(ナイシンとして) 3.33 × 10 ⁶ U/kg 飼料	体重増加に影響はみられなかった。個別ケージで飼育したラットの脾臓重量の増加がみられたが、グループ飼育群にはみられず、他の指標にも影響が認められなかった。	5-1
	90日間	ラット	混餌	雌雄各 10	ナイシン A (3 × 10 ⁶ IU/g)	0, 0.2, 1.0 及び 5.0%飼料中濃度 [約 120, 600, 3,000 mg/kg 体重/日相当] 参照対照群 : 3.712%NaCl 添加飼料 [約 2,200 mg/kg 体重/日相当]	投与期間中に死亡例はみられず、一般状態、体重、摂餌量、眼科的検査、血液学的検査及び肉眼的病理検査において被験物質に起因すると考えられる変化は認められなかった。また、ナイシン A 投与群において、摂水量の高値、尿検査における尿量の高値、尿中 Na 及び Cl の高値、尿中 K の低値、血液生化学的検査における Na の低値、腎臓の絶対重量及び相対重量の高値、病理組織学的検査における前胃の境界縁における扁平上皮過形成が観察された。しかし、これらの変化は参照対照群においても観察されており、ナイシンによる毒性影響とは考えにくい。	追
	2ヶ月間	マウス	経口	雌雄各 25	ナイシン製剤 (10 ⁶ IU/g)	0.4, 4.0, 400 mg/kg 体重/日	雄の全投与群で体重増加が上昇。生存率、摂餌量には変化なし。	5-10
	3ヶ月間	マウス	経口	雌雄各 50	ナイシン製剤 (10 ⁶ IU/g)	4.0 mg/kg 体重/日	投与後 2.5 ヶ月の生存率が低下した。	5-10
慢性毒性	18ヶ月間	ラット	混餌 (ペースト状)	雌雄各 10匹	ナイシン製剤 (10 ⁶ IU/g)	2.0 mg/kg 体重/日	平均摂餌量は変化なし。摂水量が雌で高値を示した。血液 pH、C 反応性蛋白-及び血液形態学的評価は対照群と同程度であった。	5-10
慢性毒性/繁殖	2年間	ラット	混餌	雄 15、雌 30	ナイシン製剤 (10 ⁶ U/g)	0, 3.33 × 10 ⁴ , 3.33 × 10 ⁶ U/kg 飼料 [1,665, 166,500 U/kg 体重/日]*4	雌の高用量群で腎臓、卵巣及び子宮の相対重量が有意に増加したが、肉眼的及び病理組織学的所見に異常は認められなかった。 [NOAEL : 3.33 × 10 ⁶ U/kg 飼料]	5-1

試験	投与期間	動物種	投与方法	1群当たりの動物数	被験物質	投与量又は濃度	試験結果	参考資料
繁殖	26週間 *3	ラット	混餌		ナイシン製剤 (10^6 IU/g)	0、0.2、1.0、5.0% [(0.25、1.25、6.25) × 10^{46} IU/kg 体重 / 日]*4	投与に起因した変化はみられなかった。 親動物：F0 の 5.0% 投与群の雄群で体重増加抑制が観察されたが、投与に起因した変化はみられなかった。 児動物：投与に起因した変化はみられなかったが、F2B の 5.0% 投与群で低体重が観察された。	5-11
		TA98, TA100, TA1535, TA1537, WP2pKM101, WP2uvrA/pKA101	<i>in vitro</i>		精製ナイシン (52.2×10^6 IU/g)	5、15、50、150、500、1,500 µg/plate	代謝活性化の有無にかかわらず陰性。	5-12
遺伝毒性	(予備試験)	マウスリンパ L5178Y	<i>in vitro</i>		精製ナイシン (51.6×10^6 IU/g)	3.3-1,000 µg/mL (6 濃度)	予備試験では、100-1,000 µg/mL で細胞毒性がみられたが、代謝活性化の有無にかかわらず遺伝毒性は示さなかった。	5-13
	(本試験)	細胞			25-10,000 µg/mL (7 濃度)			
	処理時間 21、45 時間	ヒトリンパ球初代培養細胞	<i>in vitro</i>		精製ナイシン (52.2×10^6 IU/g)	62.5-500 µg/mL	代謝活性化の有無にかかわらず、染色体異常誘発性を示さなかった。	5-14
	単回 2 回 (2 日間)	マウス	経口		精製ナイシン (51.6×10^6 IU/g)	500、1,000、2,000 mg/kg 体重	小核誘発性を示さなかった。	5-15
抗原性	3 ヶ月間	モルモット	混餌	各 3 (対照 2)	精製ナイシン (10^6 RU/g)	50,000 U/匹	感作性は示さなかった。	5-1
	3 週間		腹腔内				投与後に感作性を示した。	

*1 対照群は雌 3 匹、雄 2 匹からなる。

*2 1 匹ごとにケージで飼育したラットにナイシン加水分解物を 10 週間混餌投与後、5 匹ずつケージで飼育し 25 週間混餌投与した。

*3 F0、1 世代：交配前に少なくとも 60 日間混餌投与。

*4 「Principles for the Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Food (JECFA, 1987)」において示されたラット (old) の体重 (0.40 kg) 及び摂餌量 (20 g) に基づく事務局換算¹⁾。