

目次

研究要旨

前書き

1. 誘導放射能

- 1) 被爆量の安全性に関する国際勧告
- 2) コバルト 60 線源利用の場合
- 3) 電子線源使用の場合

2. 放射線分解物

- 1) 過酸化水素
- 2) フリーラジカル
- 3) 脂肪等の分解
- 4) 糖分解物
- 5) DNA 分解物

3. 照射食品の安全性・健全性に関する文献調査

- 1) 調査にあたって
- 2) 毒性試験結果について
  - 2-1. 亜慢性毒性試験
  - 2-2. 発がん性・繁殖・催奇形性試験
  - 2-3. 変異原性試験
- 3) 安全性・健全性に対して考慮すべき点
- 4) 調査した報告書の特徴

表 1 亜慢性毒性試験結果

表 2 文献一覧（亜慢性毒性試験）

表 3 発がん、繁殖、催奇形性試験結果

表 4 文献一覧（発がん、繁殖、催奇形性試験）

表 5 慢性毒性試験結果

表 6 文献一覧（慢性毒性試験）

表 7 変異原性試験結果

表 8 文献一覧（変異原性試験）

4. 照射食品中の微生物学的安全性

- 1) ボツリヌス菌の危険性
- 2) アフラトキシン生産性の増強

5. 資料の毒性学的評価

- 1) 評価のために必要な事柄
- 2) 評価のための指標
- 3) 過酸化物質の変異原性
- 4) 過酸化物質の発がん性
- 5) 結論

## 1. 誘導放射能

一般に物質にたとえ微少な放射線を暴露しても、ごくわずかだが放射性を帯びることが知られている。照射食品の場合、特に種々の元素で構成されており、人に摂取された場合の影響については十分に検討が必要である。

### 1) 被曝量の安全性に関する国際勧告(1)

国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告によると放射線防護における線量制限体系は以下の要件に基づいている。

- a) いかなる行為もその導入が正味でプラスの便益時のみ、採用する。
- b) すべての被曝は、経済的社会的要素を考慮しながら、合理的に達成できるだけ低く保たなければならない。
- c) 個人に対する線量当量は、この委員会がそれぞれの状況に応じて勧告する限度を超えてはならない。

このような考え方は放射線のリスクについて、それに閾値が存在するか否か現在でも定説はない(2)との考えに立っている。従って、被曝線量を最小限にするべきだと言う考え方を基に照射食品の放射化の問題を取り扱う。

### 2) コバルト 60 線源利用の場合

照射食品を摂取して安全かという問題については20年ほど前に国際原子力委員会が勧告した内容だけが現在入手可能で、その経緯は不明であった。ただ、当時の状況から、線源は放射性廃棄物の再利用という観点からの検討であったと推測させるので、再検討が必要かもしれない。

その内容としてはコバルト60を中心に照射をすれば安全だとの見解であった。このことは理論的に1.33MeV程度のエネルギーのガンマ線を用いれば、放射化があっても、カリウムなどの自然放射能とほぼ同じ程度の放射能ですむことを意味している。自然放射能以下であればそのような環境での、そのような食事を介しての暴露は考慮する必要はないのではないか。さらに、放射化の起

きやすい元素を多く含む魚介類や海草など日本人が多く食する食品を長期に摂取した場合の人体への影響を調べた文献は見あたらない。

### 3) 電子線線源使用の場合

食品照射に用いられる線源はコバルト60だけではなく、最近では電子線による照射が一般的になってきている。この装置はエネルギーが10MeV以下であれば放射化の危険がないとされてきた。理論的には、ターゲット元素に固有のある閾値以下のエネルギーを持つ電子線から生じる制動X線では、そのターゲット物質を放射化できないという原理に基づき議論が進められてきた。安全性の検討を理論的に行うことは重要であるが、その根拠となっているアメリカ陸軍の研究についてデータの吟味が不足している。

たとえば安全性を確認した例として、イギリス政府は照射食品を認めるに当たり、照射食品の放射化の問題を論議している(NRPB: National Radiological Protection Board)。

#### 1) 10MeV以下の電子線による放射化反応

光子中性子反応 ( $\gamma, n$ )、

異性体励起、

光子陽子反応 ( $\gamma, p$ )

#### 2) 誘導放射能の寿命は短いと思われる。

#### 3) 誘導放射能は加速電圧10MeVで吸収線量10kGyを代表的な同位元素に照射し、1日後に測定する時

計算  $3.5 \times 10^{-2}$  Bq/g ( $^{126}\text{I}, ^{24}\text{Na}, ^{135\text{m}}\text{Ba}, ^{204\text{m}}\text{Pb}$ )

実測  $1.2 \times 10^{-4}$  Bq/g ( $^{24}\text{Na}, ^{117\text{m}}, ^{119\text{m}}\text{Sn}$ )

#### 4) 摂取量の推定

仮定：英国民の1日の食品摂取量は1.4kgでその内の100gを照射食品と

## 誘導放射能

して摂取する。理論値である  $3.5 \times 10^{-2}$  Bq/g を全部ヨウ素が放出するとする。照射後 1 日後に摂取し、経口摂取による線量当量を  $1.9 \times 10^{-8}$  Sv/Bq として計算。

結果：年間の預託実効線量当量（各器官が放射性核種を摂取してから、決められた期間内に、その器官が受けた線量当量）は  $2.5 \times 10^{-6}$  Sv である。

これらは、微少線量処理に関する国立放射線委員会の勧告、消費物資に関する勧告、飲料水のガイドラインに比べて十分に安全と考えられる。

- 5) 非照射食品の放射能レベルは魚介類では実測  $0.04-0.1$  Bq/g で、上の  $3.5 \times 10^{-2}$  Bq より小さい。
- 6) 誘導化される放射能の量は極めて少なく、また半減期が短い。従って、實際上、健康への危害について心配することはない。

この英国国立放射線委員会の答申においては、モデルとした食品の構成が不明で、用いた英国国民の食生活のパターンが明示されていない。

理論はともかく、実際に放射能が検出できるか否か測定した例は少ない。たとえば、香辛料について実際の食品に照射したときの実測が行われた結果がある。日本アイソトープ協会が行った実験で、1992 年に出版報告された(3)。実験は大阪府立大学の古田氏らによって行われている。

### 〔実験の概要〕

#### 照射条件

試料：25g（ $\gamma$ 線用試料）と灰化試料 1g（ベータ線用試料）

照射条件：10MeV、100kGy 照射、室温。

表1 照射及び非照射胡椒の全 $\gamma$ 線量

試料	10MeVEB	cpm			
		1	2	3	平均
黒胡椒	照射	157.4	157.3	153.7	155.6 $\pm$ 1.8
	非照射	155.9	155.2	155.1	155.5 $\pm$ 0.3
白胡椒	照射	154.6	158.7	156.7	156.7 $\pm$ 1.7
	非照射	152.0	154.1	154.8	153.6 $\pm$ 1.2

表2 照射及非照射胡椒の全 $\beta$ 線量

試料	10MeVEB	cpm
黒胡椒	照射	3.4 $\pm$ 0.5
	非照射	2.8 $\pm$ 0.4
白胡椒	照射	1.4 $\pm$ 0.3
	非照射	1.2 $\pm$ 0.3

統計的に有意な差はないが、10MeV照射の検体の放射能は非照射に比べて高い傾向を示している。ただ、照射から測定までの時間がどれくらいだったか明記されていないためはっきりとしたことはいえないが、この実験で生成する核種の寿命は短い場合が多いので、照射直後に測定すると照射、非照射の差が顕著に見られる可能性がある。

上の例でも分かるように、実在の物質は純粋な元素で構成されておらず、複雑な元素構成で形作られているので、多くの仮定や推論を前提としている。

近年、科学技術庁が全国調査を行い、工業用に使用されている電子線照射装

置の放射化を警告している (4)。 使用後、装置周辺から環境放射能の10倍程度の放射能が検出されている。このことは食品中の重金属等が放射化する危険性を示唆している。

一方、我が国において、放射化された元素を含む輸入食品に対して規制が設けられたことがある。すなわちチェルノブイリ原子力発電所の事故の際、緊急時暫定的に設定された食品中放射能の基準 370Bq から考えると、誘導化される放射能は極めて微少である。

今回の調査では次のような点が明らかになっていない。第一に各種食品の構成元素のうち、放射化されやすい元素の量。第二に我が国の食生活に鑑みて、それらの元素の摂取量。第三に照射食品を長期間にわたり摂取した時の生物学的半減期や内部被曝量。第四に妊婦や成長期の子供に対する影響などである。照射食品の放射化については、さらに精査する必要がある。

文献

- 1) 英国照射食品と新規食品に関する諮問委員会 照射食品の安全性と健全性について 1984(Recommendation of the ICRP, ICRP Publication,26,1977, Pergamon Press, Oxford)
- 2) Karen Birchard, Expert still arguing over radiation dose, *Lanset*, 1999, 359, 400.
- 3) 武田篤彦、古田雅一 10MeV 電子線照射食品中の誘導放射能についての評価、食品照射研究員会 研究成果最終報告書 アイソトープ協会 1992、pp4-27
- 4) 加速器施設における放射化問題検討員会 加速器施設における放射化物の生成とその安全取り扱い アイソトープ協会 1994、pp.62-63

## 2. 放射線分解物

照射によって食品成分の一部は分解する。この分解物の中に、有毒で危険な物質が存在しないか検討した。放射線が食品中を通過するとき、そこに含まれている水を分解して、多数のヒドロキシルラジカル等とその飛程に沿って発生させる。これが食品中の成分と反応して多数の生成物を与えることが知られている。多くの分解物は自然の変敗や調理加熱などの過程で生じる化学物質と同じと考えられている。ここでは毒性が問題となりそうな分解物を中心にまとめる。

### 1) 過酸化水素

食品成分の中でもっとも普遍的に存在するものは水分である。これが分解して、最終的に生成するものは過酸化水素である。生成する過酸化水素の量は 1～4kGy の範囲で 1g のトウモロコシでんぷんから  $0.66 \mu\text{g/kGy}$  生成する。過酸化水素は発がん物質なので食品中に残存すると危険である。しかし、これは保存、調理の過程で消滅すると考えられている。しかし、生食する食品にはそのまま残存する。

### 2) フリーラジカル

フリーラジカルは不対電子をもつ物質の総称であるが、ここでは狭義として、放射線によって生成する不安定な分子をさすものとする。検出はその分子に不対電子が存在するか否かを電磁気的な性質の変化として検出する ESR 装置を用いる。その寿命は保存条件のうち、特に酸素の有無、温度等の影響を受け、およそ数秒から数年におよぶものまでである。ラジカルはその性質として反応性が高いものが多く、生物の構成成分特に DNA やタンパク等に対する作用が強いことが知られており、有毒とされている。照射食品に長い寿命のラジカルが残留する例として、香辛料や乾燥野菜のなかにある糖類がラジカルとして数ヶ月残留することが知られている。また、照射骨付き鶏肉の骨の部分には数年に及



び残留フリーラジカルが存在することが知られている。

### 3) 脂肪等の分解物

脂質は空気中の酸素などによって酸化をうけ、長時間放置すると食用に適さなくなることが知られている。これと同様な反応が脂質を照射すると短時間の間に起こり、脂質の酸化を促進する。60kGy 照射した場合、生成する一群の化合物はアルデヒド、アルデヒドエステル、炭化水素、アルコール、ケトン、ヒドロキシル酸、ケト酸、ラクトン、元の脂肪酸の二量体などである。炭化水素の生成量は 39 から 200ppm、脂肪の分解生じるアルデヒドは 42 から 120ppm 生じる。

加熱時に生成する分解物との比較では、30kGy 照射して生成する炭化水素の量は 170°C、24 時間加熱に等しいとされている。

照射によってのみ生成すると言われる脂肪分解物シクロブタノン類は変異原性のある物質として知られている。その内の一つである 2-ドデシルシクロブタノンの生成量は 4kGy で 2.3mg/kg (鶏脂肪) (Crone., A.V.J., Hamilton, J.T.G., Stevenson, M. H., Effect of storage and cooking on the dose response of 2-Dodecylcyclobutanone, a potential marker for irradiated chicken, *J. Sci. Food Agric.*, 1992, **58**, 249-252.) である。

### 4) 糖分解物

糖の放射線分解物には強い変異原性があることは古くから知られている。たとえば照射グルコースの水溶液の変異原性を調べると極めて強い変異原性を示すが、10 日ほどで消失する。5kGy 照射したときに生成する成分を表にまとめる。

## 放射線分解物

表 グルコース水溶液の放射線分解物

分解物	5kGy 照射時の濃度 mg/100g	
	酸素	無酸素
グルコン酸	4.1-5.1	2-3
グルクロン酸	9	0
クルコソン	0	4.1

トウモロコシでんぷんの放射線分解産物の生成量を調べた結果を示す。これは複数の文献を調べたものなので単位を統一して記述してある。(P.Selias, A. J., Cohen, 編著 林 力丸、齋藤和実 訳 照射食品の化学、学会センター 1981)

表 トウモロコシでんぷんの主な放射線分解物

放射線分解産物	濃度 ( $\mu$ g/g/10kGy)
ホルムアルデヒド	20
アセトアルデヒド	40 (8kGy まで)
アセトン	2.1 (20kGy 以上)
マロンアルデヒド	2
グリコールアルデヒド	9
グリオキザール	3.5
グリセリンアルデヒドと ジヒドロオキシアセトン	4.5
蟻酸	100
過酸化水素	6.6(1-4kGy)

### 5) DNA 分解物

シヨウジヨウバエに照射 DNA を与えると突然変異を起こすことが報告されている。その本体は不明である。チミンに照射して生成するチミンハイドロパーオキシドは強い変異原性を示す報告がある。(Thomas, H. F., Herriot, R.M., Hahn, B.S., Wang, S. Y., Thymine hydroperoxide as a mediator in ionizing radiation mutation, Nature, 1976, 259, 341-342) .

まとめ 以上種々の主な放射線分解物を概観してきたが、一部を除き生成量は極めて少ないことが報告されている。その安全性が確認された化学物質もある。

### 3. 照射食品の安全性・健全性に関する文献調査

#### 1) 調査にあたって

照射食品の安全性・健全性について、1950年代から研究がなされ多数の報告が発表されている。これらの文献を精査し取りまとめた、次の2つの報告書が国連食糧農業機関（FAO）/国際原子力機関（IAEA）/世界保健機関（WHO）から出版されている。

1) 照射食品の安全性と栄養適正（原題 Safety and nutritional adequacy of irradiated food）コープ出版 1996年4月15日

2) HIGH DOSE IRRADIATION WHOLESOMENESS OF FOOD IRRADIATION WITH DOSES ABOVE 10kGy(1999)

これらの報告書の毒性試験結果を基に安全性・健全性についてリストを作成した。リスト作成にあたっては、報告書に準じ、次の4種類に分けてある。（表1～表8）

1. 亜慢性毒性試験
2. 発がん・繁殖・催奇形性試験
3. 慢性毒性試験
4. 変異原性試験

1つの文献に数種の試験が含まれているものは、それぞれの表に記載した。また、試験に用いた動物、食品等が複数あるものはそれぞれ別の試験とした。

#### 2) 毒性試験結果について

これらの報告書に収録されている試験結果について、照射食品（飼料）によ

る影響を中心に整理してある。照射の影響については一部しか原文を確認できないため、報告書の「専門委員の評価」を基にそのまま表記してある。即ち、何らかの影響があった試験は「影響あり」としている。「影響なし」の試験ですべての要因に対して、「有意差なし」と評価している試験もある。一方、「影響なし」と評価されていても一部の要因に影響がある可能性があるが、全ての文献を検討できないので、「影響なし」としている。

報告書では照射によるビタミン類（カロチン、ビタミンB1、ビタミンK）の破壊、脂肪の酸化・重合は栄養の問題と捉えている。しかし、空気中で照射しなくても、食品には酸素が少量含まれているため照射によって線量依存的に脂肪が酸化し、過酸化脂質が生じてくる。生成過酸化脂質は有害であり、照射による影響と見なされる。また、オレイン酸などの不飽和脂肪酸に照射すると、二量体、三量体が生じる（参照；食品照射の化学）。ビタミン類の破壊も照射の線量依存的に引き起こされるため、食品の健全性に関し影響も見られる。

毒性試験に影響があった場合その原因をさらに試験し、影響がなかったと結論を得た例がある（心臓障害；表5、6－文献No3, 4, 5）。また、栄養・飼料に問題があったと専門委員が評価している例もある。しかし、影響が見られた例に対して専門委員の評価のない例（表5, 6－文献No7, 9等）もあり、照射食品・飼料中に残存したラジカルや生成した化合物等の影響を示唆している。

### 2-1. 亜慢性毒性試験

（試験結果；表1、文献一覧；表2）

《具体的影響》

・成長の低下、死亡率の増加、血液成分の変化が認められている。

## 2-2. 発がん性・繁殖・催奇形性試験

(試験結果；表3、文献一覧；表4)、慢性毒性試験(試験結果；表5、文献一覧；表6)

2つの報告書には発がん性試験、繁殖試験、催奇形性試験、慢性毒性試験は区別してあるが、試験結果はこれらの試験があわせて記載されているので、まとめらる。

### 《具体的影響》

- ・発がん性が疑われた例が2例ある。(表5、6-文献No7, 表3、4-文献No10)
- ・成長・寿命・出生率の低下が認められている。
- ・心臓障害(表5、6-文献No3, 4, 5)が報告されているが、銅、鉄の欠乏と推定され、Thompsonの追試でも確認されていない。(表3、4-文献No37, 53)

## 2-3. 変異原性試験

(試験結果；表7、文献一覧；表8)

### 《具体的影響》

- ・小麦、ジャガイモ、糖類、DNAに照射すると変異原性がある。
- ・照射直後の小麦、ジャガイモ、糖類には変異原性があるが、照射後、貯蔵する等の処置で変異原性を示さなくなる。

### 《変異原性物質》

- ・照射した糖類に生じる変異原性物質が特定されている。
- ・脂肪の照射によって生じる照射生成物2-ドデシルシクロブタノン(2-DCB)には変異原性のあることが確認されている。

### 3) 安全性・健全性に対して考慮すべき点

《照射直後に存在するラジカルの濃度、寿命》

・照射直後の飼料・食品を投与した試験と照射後、長期間貯蔵した食品・飼料を投与した試験が行われている。照射直後の飼料・食品を投与した試験で影響があった例、なかった例がともにあるが、放射線を食品に照射するとラジカルを生成するので、照射後の貯蔵期間を考慮する必要がある。

《脂肪の酸化・重合》

・酸素が存在する条件下の照射では脂肪が酸化されるので、脂肪を含む食品を照射するには嫌氣的条件が必須である。好氣的条件では過酸化物質も生成される。反面、嫌氣的条件ではボツリヌス菌の繁殖に注意を要する。

《ビタミン類の破壊》

・ビタミンB1、カロチンなどビタミン類は照射により破壊されることがあるので、注意を要する。

### 4) 調査した報告書の特徴

2つの報告書に記されている文献を整理すると表9のとおりである。

前記にも説明したように、1つの文献に「影響あり」と「影響なし」の試験が混在しているのは「影響あり」に区分されている。

報告書に取り上げられた文献には米国陸軍、IAEAなどの政府機関等が行ったプロジェクト研究の報告書が多く含まれている。これらの文献は一般に入手が困難であり、「影響なし」の割合が多い。雑誌に収録された文献は、亜慢性試験、変異原性試験が多く、かつ「影響あり」の割合が高い。

今回の調査では安全性・健全性についての報告の概略をまとめた。一般に入手可能な雑誌に掲載された文献が142件あり、詳細な検討が必要であれば、これらの文献を読む必要がある。

表9 毒性試験を調査した文献

文献の区分	試験の区分	亜慢性	慢性毒性	発ガン等	変異原性
雑誌	影響あり	14	7	6	27
	影響なし	14	20	15	39
政府機関等	影響あり	3	3	4	2
	影響なし	12	32	31	23
合計		43	62	56	91

・政府機関等とは、米国陸軍、IAEAなどが行ったプロジェクト研究の報告などを意味する。

照射食品の毒性試験において、高線量（特に10kGy以上）になると影響が強く現れてくるのがこの研究から、明らかになっている。しかし、低線量域（特に1kGy以下）においては、一部の食品（青果物、果実など）を除き、照射による大きな影響は表れず、毒性学的には安全であると考えられている。

一方、近年WHOは高線量域での安全性を確認したとして、10kGyを越える照射を認めるよう勧告を出している。個々の食品に固有の耐性線量を超えて、高線量を照射すると、照射やけ、悪臭等の食品成分の変動を招き、食用に不適になることが良く知られている。従ってこの勧告では、照射線量に制限を設けなくても、このことが自ずと照射線量の抑止になることが期待されていると考えられる。



毒性試験の結果

表 1 亜慢性毒性試験結果

文献食品 No	試験動物 または菌	試験期 間	線 量 ( k Gy)	影響	専門委員の評価	WHO等の評価
1鶏肉	ラット	54	59	あり	チアミン (ビタミンB1) 欠乏が 14 ~16 日間続き、27 日間十分与え た。ラットに鶏肉の飼料を十分与 えた (対照、照射とも)。両群間に 成長、赤血球トランスフェリンの活性に 差なし。(飼料のチアミン量に影響を 受けやすい)	
2桃	ラット	12W	60	あり	高線量照射の桃投与群の成長遅延 は高濃度ショ糖のため (市販のシ ョ糖液)	
3飼料	鶏 (雛)	5W	60	あり	成長の低下と照射飼料中の脂肪の 自動酸化の影響あり。	
4イチゴ	ラット	84	10	あり	高線量のイチゴ粉末を食べたマ群 では成長が遅延。マ群と仔ゴジュ マ群で有意差なし。	
5油 (大豆)	ラット	280	88	あり	2.2kGy では毒性なし。40 週 -8.8kGy で死亡率が増加、44 k Gy-24 週で明らかに。88 kGy 群で は成長と P E R が 10 週後に減少 し、6ヶ月で 18%の死亡率。	死亡率は油に極度の照 射による重合と自動酸 化に起因。
5油 (大豆)	ラット	280	88	あり	2.2kGy では毒性なし。40 週 -8.8kGy で死亡率が増加、44 k Gy-24 週で明らかに。88 kGy 群で は成長と P E R が 10 週後に減少 し、6ヶ月で 18%の死亡率。	死亡率は油に極度の照 射による重合と自動酸 化に起因。
6飼料	マウス		54	あり	成長の遅延、貧血	非照射飼料が不適切。 FDAはこの試験を不 備なものとし否定。
7大麦食	日本ウズラ	26	1000	あり	リンパ球、白血球、血清のトリグ リセリドの減少を報告した。著者 は照射大麦中の原因物質の特定 と、それが毒性を持つか更に研究 する必要を提案した。	
8タマネギ	イヌ	90	0.25	あり	貧血	1 群当たりの動物数が 少なく評価不可能。よ り高い線量で影響な し。
9大麦食	日本ウズラ	26	1000	あり	リンパ球、白血球、血清のトリグ リセリドの減少を報告した。著者 は照射大麦中の原因物質の特定 と、それが毒性を持つか更に研究 する必要を提案した。	

毒性試験の結果

10	牛肉(メチオニン、テストステロン添加)	ラット	90	55.8あり	内出血による死亡率に対するメチオニンとテストステロンの色々な濃度の影響を調べた。	影響は飼料の照射に係なし。ビタミンKは破壊されるが、牛肉は重要な供給源ではない。
11	牛肉	ラット	9W	55.8あり	高線量(VH=55・8kGy)群と対照の死亡率を比較した。メチオニンの補給は血液凝固時間を短くし、照射飼料の死亡率を減らした。成獣は子獣より出血しやすい。(出血死)	
12	牛肉	ラット	98	55.8あり	血液凝固時間の増加。ビタミンKとDL-メチオニンは死亡率を下げた。	
13	食事(肉の混合飼料Vc、穀物の混合飼料Vv)	イヌ	90	25あり	肉の混合飼料(Vc)では35%の必須アミノ酸の破壊され、脂肪が酸化、穀物の混合飼料(Vv)は炭水化物。飼料に対する顕著な感能的影響ないが、実験動物は総タンパクと血清中のクレアチンの急激な低下を示した。他の生物学的影響は認められず。	
14	豚肉	ラット	84	55.8あり	体重と血漿アラニンアミノトランスフェラーゼの減少	栄養学の試験、毒性学的に問題なし。
15	飼料	ラット	120	45あり	肝機能に対する飼料の影響を調べた。血漿アスパラギン酸アミノトランスフェラーゼの減少。	線量依存性がなく、結果に疑問の余地あり。有意差はぎりぎり。
16	牛肉	ラット	12W	55.8あり	生か調理済みかに関わらず、室温で貯蔵した牛肉または豚肉を与えた動物の肝臓のトクロームキナーゼが増加した。	
16	豚肉	ラット	12W	55.8あり	生か調理済みかに関わらず、室温で貯蔵した牛肉または豚肉を与えた動物の肝臓のトクロームキナーゼが増加した。	
17	飼料	ラット	200	50あり	染色体の可逆的変化	
18	コーヒー	ラット	84	1なし		
18	黒豆	ラット	84	1なし		
19	豆	ラット	90	1なし		
20	鶏肉	ラット	90	6なし		
21	タラ	ラット	84	3.4なし		
22	魚	ラット	90	6なし		
23	コイ	マウス	90	2.5なし		
23	エビ	マウス	90	2.5なし		
24	ヨーロッパツノガレイ	ラット	90	3.4なし		
25	サバ	ラット	90	1.5なし		
26	マンゴー	ラット	90	0.8なし		
27	飼料	ラット	90	50なし		

毒性試験の結果

28	飼料	ラット	90	50	なし	繁殖：パラメータに影響なし。F1で90日間。組織病理学上の影響なし。
29	サバ	ラット	90	2	なし	
30	豚挽肉（飼料中35%含有）	ラット	84	55.8	なし	関心は血液酵素に集まった。飼料または飼料中の緑豆やエビの量に関する影響なし。
30	パン（飼料中80%含有）	ラット	84	0.5	なし	関心は血液酵素に集まった。飼料または飼料中の緑豆やエビの量に関する影響なし。
30	緑豆（g b、飼料中35%または80%含有）	ラット	84	55.8	なし	関心は血液酵素に集まった。飼料または飼料中の緑豆やエビの量に関する影響なし。
30	エビ（sh、飼料中35%または80%含有）	ラット	84	55.8	なし	関心は血液酵素に集まった。飼料または飼料中の緑豆やエビの量に関する影響なし。
31	チェリー	イヌ	90	4	なし	
32	タマネギ	ラット	90	0.25	なし	
33	タラ	ラット	90	6	なし	
34	ジャガイモ	ラット	90	2	なし	
34	ジャガイモ	イヌ	90	2	なし	
35	飼料	マウス	60	60	なし	血液学的に比較した。
2	牛肉	ラット	84	60	なし	
2	生ハム	ラット	12W	60	なし	
2	タラ	ラット	12W	60	なし	
2	七面鳥	ラット	12W	60	なし	
2	ベーコン	ラット	12W	60	なし	
2	トウモロコシ	ラット	12W	60	なし	
2	ハウレンソウ	ラット	12W	60	なし	
2	ビート	ラット	12W	60	なし	
2	さや豆	ラット	12W	60	なし	
2	イチゴ	ラット	12W	60	なし	
2	パン	ラット	12W	60	なし	
2	シリアルバー	ラット	12W	60	なし	
2	粉乳	ラット	12W	60	なし	
36	小麦粉	イヌ	168	0.74	なし	
37	ベーコン	イヌ	25W	55.8	なし	飼料に関する体重増加、血液検査値に有意差なし。
38	飼料	ブタ	16W	50	なし	Phase 1の再試験。照射に関する影響なし。

毒性試験の結果

39	カカオ豆	ラット	126	0.5	なし	
40	小麦	ラット	105	2	なし	
41	エビ	ラット	90	3	なし	
42	マッシュルーム	ラット	90	5	なし	
43	牛肉	イヌ	130	0.07	なし	
43	羊肉	イヌ	130	0.07	なし	