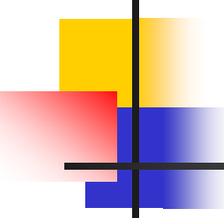


食品への照射について(その3)

照射食品の安全性と栄養学的適格性

平成17年12月14日



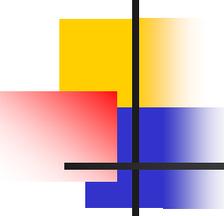
照射による誘導放射能

- 食品照射に用いる電離放射線については、エネルギーの上限*が設けられており、それを超えなければ、検出可能な有意な量の誘導放射能は生成されない。

- 電子線のエネルギーの上限: 10 MeV
- エックス線及びガンマ線のエネルギーの上限: 5 MeV

- コバルト-60からのガンマ線のエネルギーは1.173 MeV及び1.333 MeV
- セシウム-137からのガンマ線のエネルギーは0.662 MeV

*:この上限は、Codex照射食品に関する一般規格
(FAO/WHO(1983))になっている。(Codexについては参考1参照)

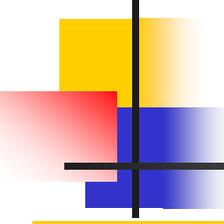


放射線の照射により生じる化学反応

電離放射線のエネルギーが食品に吸収されると、励起分子が生成される。この分子が、解裂またはイオン化を引き起こす。さらに化学結合が切断され、電荷を有するラジカルが生成される。

ラジカルは、非常に不安定で化学反応を起こしやすく、ほとんど瞬間的に反応が起き、食品中に分解生成物ができる。

- 分解生成物は、そのほとんどがよく知られているもので、加熱または光照射でも同様な物質が生成する。
- 放射線照射特有の化合物の生成はわずか(脂質に照射した場合の2-アルキルシクロブタン類生成の報告あり)。



照射食品の安全性と栄養学的適格性

照射食品の安全性は、以下の2つの観点で検討がなされている

毒性学的安全性

- 照射した食品の急性毒性、慢性毒性、発ガン性、遺伝毒性、細胞毒性、催奇形性、変異原性等(参考2参照)はどうか。

微生物学的安全性

- 照射した食品に生残する微生物による影響はどうか。
- 照射による微生物の突然変異はどうか。

加えて以下の観点での検討がなされている。

栄養学的適格性

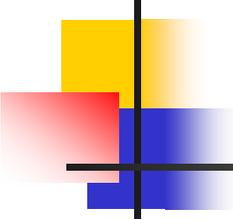
食品の栄養は照射によりどう変化するのか。

なお、上記3つの観点を合わせて「健全性」と呼んでいる。

【参考文献】WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994年)

古田雅一「照射食品の健全性」FFI J., 209(12), 1069(2004).

伊藤均 JAERI-Review 2001-029



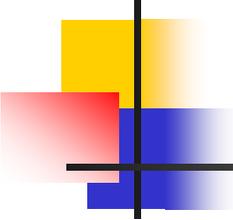
照射食品の健全性の知見

健全性については、国際的な機関による大規模な調査に基づく報告書が複数ある。

WHOは、各加盟国に食品照射に対する不安・批判があったため、再評価を行い、以下の報告書を示した。

WHOによる「照射食品の安全性と栄養適性」(1994年)

- 過去に国際的及び各国の専門家委員会により既に検討された膨大な量の研究と共に1980年以降に実施された科学的研究も検討し評価。
- その当時議論の的となった研究や指摘について特に注意深く評価した。



照射食品の健全性(1)

毒性学的安全性

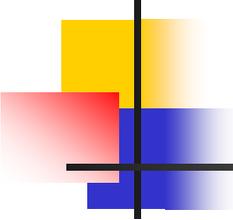
- WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994)
 - 非常に多くの動物実験が過去数十年にわたって実施されてきたが、照射食品を摂取することによる悪影響を示唆する証拠は1つもなかった。
 - 慢性や亜慢性毒性、繁殖性、催奇形性、変異原性などすべての毒性学因子に関する何百もの研究が評価・検討された。対象とする因子によっては、検討の対象とする研究の数が不足していることもあるが、照射食品の摂取による毒性学的な影響はないという研究結果で一致していることは注目すべきである。
 - 確立された適正製造基準(GMP(参考3))に従った食品の照射は、安全性に関して未解決の問題を生じないといえることができる。

慢性毒性試験： 動物を用いた毒性試験を行う際に被験物質を通常6ヶ月以上投与し、その際に発現する影響の種類、質、程度、時期を観察することにより、被験物質による何らかの毒性影響を明らかにする試験。

繁殖性： 雌と雄の生殖関連事象及び出生児の成長や発達に及ぼす影響

催奇形性： 妊娠中の母体に化学物質などを投与したとき、胎児に対して形態的及び機能的な悪影響を及ぼすこと。

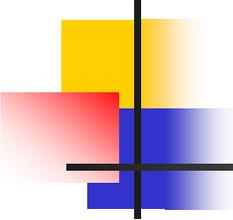
変異原性試験： 突然変異を引き起こす性質を変異原性といい、突然変異を引き起こす物理的、化学的、生物学的因子を変異原(Mutagen)と呼ぶ。変異原性を検索する手段として細菌、培養細胞、実験動物を用いる試験法があるが、総称して変異原性試験という。



照射食品の健全性(2)

微生物学的安全性

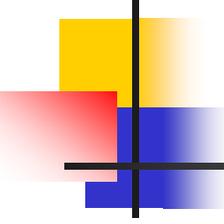
- WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994)
 - 電離放射線は、微生物を殺滅または不活性化させる化学変化を誘発する。ほとんどの応用分野は、存在する微生物を完全に殺滅するには不十分な線量レベルではあるが、微生物数や種類を著しく減少させるには十分である。
 - 照射が、病原性や毒性または放射線抵抗性が増大した突然変異株の誘発を増大させるのではないかという懸念が指摘されているが、そのような誘発が生じているとの科学的な証拠はない。一般的な食品処理技術も突然変異率を増大させる可能性を持っているが、それらが病原微生物の病原性または毒性を増大することに対する証拠はない。
 - 照射食品の管理方法は、通常の方法で処理した食品の管理方法と同様でよい。



照射食品の健全性(3)

栄養学的適格性

- WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994)
 - 食品照射は、主要栄養素及び微量栄養素の両方に変化を起こし得るがその変化量は少ない。
 - 10 kGyまでの線量では、それらの主要栄養素の顕著な破壊は観察されていない。50 kGy以下の線量で、化学分析の結果、ある影響が検出されるがそれは小さく照射に特有なものではない。
 - 必須アミノ酸への顕著な影響は、肉や魚をはじめとして多くの食品で、滅菌線量を照射しても観察されなかった。
 - ビタミンへの照射の影響については、ビタミンはいくつかのものを除き放射線によって簡単に破壊される。ビタミン損失の重要性は、全体の食事に対するその食品の寄与率に依存している。(例えば、豚肉中のビタミンB₁と香辛料に含まれるビタミンB₁は重要性が異なる)
 - ミネラルや微量成分は放射線感受性が低いので照射による損失は起こらない。
 - 照射を無酸素状態、低温下で行うことは、食品中のビタミンの損失を減少させるために有効。照射食品を低温下かつ密封状態で貯蔵することは、それ以上の栄養素の分解を防止するのに有効。



照射食品の健全性(4)

■ WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994)の結論

- 入手可能な科学的な文献の再検討の結果、食品照射は十分に検証された食品処理技術であることを示している。安全性についての研究結果は、現在までのところ有害な影響を示していない。食品照射は、貯蔵期間を延長し、有害動物や病原体を不活性化することで、より安全で豊富な食品の供給を保證することができる。
- 適正製造基準(GMP)に規定される必要条件が満たされている限り、食品照射は安全で効果的である。

食品照射を行う際の前提

「Codex照射食品の一般規格」に示される技術的な条件

【一般条件】照射の正当性は、技術的な必要性のある場合、消費者の健康上の利益となる場合に認められる。

【食品及び容器包装の条件】技術的及び衛生上の目的に見合った線量。GIP(適正照射基準)への適合。照射処理に適した食品及び容器包装の衛生状態。GMP(適正製造基準)に則った照射前後の適正な取扱い。

- 生鮮食料品に過剰の線量を照射すると、その食品本来の特性や商品価値を失う可能性がある。
- 照射前後の管理が不十分な場合、生残した微生物などが増殖する危険性がある。

これまでに示された照射食品の安全性への主な懸念と対応(1)

インドの国立栄養研究所で栄養失調児に0.75 kGy照射した小麦を与えたところ血中の倍数性細胞(ポリプロイド;染色体異常の一種)の出現率が高まった。(Bhaskaram&Sadasivan, 1975)

- この懸念をきっかけに、インド保健省は、専門委員会を設置し詳細な検討を行った。結論は、議論の対象となった試験は0.75 kGy照射した小麦が種々の動物の骨髄やリンパ細胞に染色体異常を生じたり、栄養失調の子供に倍数細胞を出現させる証拠にはならない、ことであり、倍数細胞の増加を主張しているすべての試験は、技術的な欠陥がある。さらに注意深く解析すると、これらの試験結果は、照射小麦が倍数細胞を増加させることはないという結果を出した試験と比べて、有意な差がないことが明らかになった。高線量を照射した飼料を与えた試験の結果も疑問が残るが、いずれにしても10 kGy以下または高線量を照射した飼料を6ヶ月間貯蔵した時には、倍数細胞の増加は認められなかった。

【参考文献】WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994年)(林徹訳)

田中憲保「照射食品の生物学的安全性評価」FFI J., 209(12), 1079(2004).

これまでに示された照射食品の安全性への主な懸念と対応(2)

照射処理により、マイコトキシンの一種であるアフラトキシン(ジェマリとギルボー(1969), アペルゲートとチブレー(1973), プリヤダールシニとトゥルプール(1979))やオクラトキシン(パスターら(1985))の生成能が増大する。

- WHO:他の研究者は、照射によるアフラトキシンの生産能は増加せずむしろ減少することを見いだしている。天然にカビに汚染された小麦を貯蔵した際のアフラトキシンの生産能は照射した方が低いレベルであった。科学的知見に基づく総合的な評価は、適正な条件で貯蔵した照射食品のアフラトキシンレベルは増大しないことを示している。

マイコトキシン: かびが産生する有毒物質(かび毒)。アフラトキシンやオクラトキシンには発ガン性のあることが確認されている。

【出典】WHO「照射食品の安全性と栄養適性」(1994年)(林徹訳)

これまでに示された照射食品の安全性への主な懸念と対応(3)

放射線特有の生成物として、脂質トリグリセリドの放射線分解で2-アルキルシクロブタン類が生成するが、このうち、2-ドデシルシクロブタン(2-DCB)はDNAに障害を起こしたというDelincèeらの報告(1998,1999)がある。

WHOの見解(2003):長期間の動物実験とAmes test*がネガティブという結果を含む、現時点での科学的証拠に基づいて、一般に、2-ドデシルシクロブタンおよび2-アルキルシクロブタン類は、消費者に健康の危険をもたらすようには見えない。WHOはこれまで、FAO/IAEA/WHOの専門家グループや各国各地域の専門家によって導き出された”照射食品は、安全で、栄養学的にも適合性がある”という結論に疑問を挟む様ないかなる論拠も持っていない。

米国Sommersら(2003,2005)は、2-DCBによる変異原性はないとする研究結果を得ている。

【参考文献】久米民和「放射線の化学的効果」FFI J., 209(12), 1052(2004).等々力節子「食品照射を巡る状況と課題」原子力委員会 放射線専門部会第3回資料(2003)等

*Ames test (エームス試験):サルモネラ菌などの細菌を用いて遺伝子の突然変異を検出する試験で、突然変異性物質やがん原性物質の可能性のある物質の第一次スクリーニング法として、エームス博士が開発し、広く世界で用いられている試験。エームス試験、サルモネラ試験、サルモネラ変異原性試験とも言う。(食品安全委員会「食品の安全性に関する用語集(改訂版)」(平成17年3月)より)

参考1：Codex委員会

FAO / WHO 合同食品規格計画 (Joint FAO/WHO Food Standards Programme) のコーデックス委員会 (CODEX Alimentarius Commission) は、昭和三十七年に、FAO (国連食糧農業機関) とWHO (世界保健機構) が合同で設立した国際政府間組織であり、その設置目的は、国際食品規格の策定を通じて、消費者の健康を守るとともに、食品貿易における公正を確保することとされている。コーデックス委員会が策定した食品規格は、WTO (世界貿易機構) 条約のもとで、国際的な制度調和を図るものとして位置づけられており、各国は原則としてその規格に基づいた措置をとることが求められている。(ただし、科学的に正当な理由がある場合等には、当該規格より高い水準の措置をとることが認められている。) 日本もコーデックス委員会に昭和四十一年に加盟して以来、総会や関係する各部会等に代表を送り積極的な対応を行っている。なお、平成十五年七月現在、百六十九カ国が同委員会に加盟している。

[参考] 厚生労働省「食品安全情報」ホームページ
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/glossary.html>

参考2：毒性について

急性毒性：ある物に一回または短期間に複数回暴露した後、直ちに引き起こされる毒性。

慢性毒性：長期間(6ヶ月以上)反復または継続投与して発現する毒性

発ガン性：生体に悪性腫瘍を誘発させる能力

遺伝毒性：直接または間接的に遺伝子またはDNAに変化を与え、細胞または個体に悪影響をもたらす性質。

細胞毒性：細胞に悪影響を与える性質

催奇形性：妊娠中の母体に化学物質などを投与したときに、胎児に対して形態的及び機能的な悪影響を及ぼすこと

変異原性：突然変異を起こす性質

【出典】食品安全委員会「食品の安全性に関する用語集(改訂版)」(平成17年3月)等

参考3：適正製造基準 (GMP)

適正製造基準 (GMP : Good Manufacturing Practice)

食品を取り扱う場所・施設・人の管理を行うための衛生規範。個別食品の管理 (HACCPシステムで実施) は GMP と PP (一般的衛生管理基準) が基本となる。

参考4：体内、食品の自然放射性物質

●体内の放射性物質の量

(体重60kgの
日本人の場合)

| | |
|---------------|-----------|
| カリウム40 | 4,000ベクレル |
| 炭素14 | 2,500ベクレル |
| ルビジウム87 | 500ベクレル |
| 鉛210・ポロニウム210 | 20ベクレル |

●食物中のカリウム40の放射能量(日本)

(ベクレル/kg)



【出典】日本原子力文化振興財団
「原子力、エネルギー図面集」