

1.3 食品照射と食品中のアクリルアミド、フラン、アレルゲンとの関係

1. 食品照射と食品中のアクリルアミド、フランとの関係

近年の研究により、食品中に発がん性物質の可能性のあるアクリルアミド、フランが存在することが明らかにされている。

アクリルアミドを添加した水、油及びポテトチップ（アクリルアミドを含有することが知られている）に放射線を照射した実験¹によれば、水中のアクリルアミドは放射線に感受性が高く、1.5kGy の照射でほとんどのアクリルアミドは分解した。しかし、油、ポテトチップ中では 10kGy の照射でもアクリルアミド量には限定的な影響しかなかった。アスパラギンとグルコースの混合物に放射線を照射してもアクリルアミドの生成は検出されなかった。このことから、水中では低い線量でアクリルアミドが分解されるが、実際の食品ではアクリルアミドの減少はわずかである。

同じ研究¹によれば、水中のフランは 2kGy 以下の放射線照射で効果的に分解される。実際の食品では、放射線照射によるフランの分解と生成の両方が起こる。高レベルのフランを含む食品では、10kGy の照射でもフラン分解には限定的な効果しかない。

フランに関する別の研究²によれば、ブドウとパイナップルにおいて放射線照射によりフランが生成された。他の果物や野菜ではフランは検出不可能か 1ng/g 以下のレベルであった。フランは、糖分が多く pH が低い食品で主に生成した。高濃度の糖と低 pH が新鮮なカットフルーツ・野菜でのフラン生成の前提と思われる。ブドウ、パイナップルでの低濃度（ng/g）での存在量とフランの揮発性を考えると、放射線照射で生じるフランは、カットフルーツ・野菜における懸念事項にはならない。

2. 食品照射と食品中のアレルゲンとの関係³

食品照射は、いくつかの食品のアレルギー誘発性を減少させることが示されている。Byun らは、0、1、3、5、7、10kGy（10kGy/h）の各線量でガンマ線を照射して、エビのアレルゲン（熱に安定な HSP）のヒトとマウスの IgE に対する抗原性を調べた⁴。ヒトの IgE は調理されたエビに対して急性の過敏症を示す患者（N=15、データの分析は最小自乗法および Duncan の検定による）の抗体を用いた。その結果、HSP の量は照射線量の増加にともない減少し、ヒトの IgE に対する結合能力も減少することが明らかになった。これは、アレルゲンとなるタンパク質のコンフォメーションの変化のためで、変性したタンパク質はヒトに対する抗原として認識されないことを意味している。著者らは、現在認可されているレベルで、エビの抗原性を減少させることが可能と結論している。同様の結果は、12 種類の主要な感作性タンパク質の 1 種であるミルク中のタンパク質を対象に

して、Lee⁵らによっても報告されている (N=15、データ解析は Byun と同じ方法による)。対象としたミルクタンパク質は α カゼインと β ラクトグロブリンで、IgE 媒介のミルクアレルギーをもつ患者の血清を用いて試験が行われた (N=20)。これら2種のタンパク質に対するウサギのポリクローナル抗体も試験された。サンプルは0、3、5、10kGy (10kGy/h) で照射された。その結果、既述の結果と同様に、照射されたタンパク質のIgE に対する結合能は減少し、その減少は用量依存性を示した。この結果は、構造変化のため照射後のタンパク質の溶解度も減少することを示している。全体としてこの研究は、ガンマ線照射によるミルク抗原のアレルギー誘発性の減少の理論を支持している。

これらの結果は、従来からイオン化照射線がタンパク質の構造に影響を与えることが知られていることを考えれば驚くべきことではない。山本⁶は液体、固体状態の両方で、アミノ酸と酵素に対するこうした影響をレビューしており、照射の効果は液相よりも固相で顕著であると結論している。このメカニズム (ペプチド結合の切断、会合と水の放射線分解産物の影響) も解明されており、別のアレルゲンに照射を行った時に生じる影響を予測することも可能かもしれない。Pom と Anklam⁷は食品中のアレルゲンに対する照射の影響をレビューし、次のように結論している。「照射されたタンパク質は、会合、断片化による構造変化とアミノ酸の修飾を受け、これがタンパク質の溶解度、三次・二次構造、抗原性に影響を与える。」牛乳やエビに加えて、こうした効果は鶏卵^{8,9}でも観察されているが、セロリ¹⁰では見られなかった。コムギではグリアジンのアレルギー誘発性が照射によって増加した¹¹。

¹ Xueting Fan et al, Effectiveness of Ionizing Radiation in Reducing Furan and Acrylamide Levels in Foods J. Agric. Food Chem. 54, p.8266 (2006)

² X.Fan and K.J.B. Sokorai Effect of Ionizing Radiation on Furan Formation in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Journal of Food Science, 73, C79 (2008)

³ 本節の記述は、The Safety of Irradiated Foods: A literature review Technical Report January 2008, Food Standard Agency Project A05009 (UK) による。

⁴ Byun, M. W. et al. Effects of gamma radiation on the conformational and antigenic properties of a heat-stable major allergen in brown shrimp Journal of Food Protection 63, 7, p.940 (2000)

⁵ Lee J.W. et al. Effects of gamma radiation on the allergenic and antigenic properties of milk proteins Journal of Food Protection 64, 2, p.272 (2001)

⁶ Yamamoto, O. Effects of Radiation on Protein Stability "Stability of Protein Pharmaceuticals" Ed. T. J. Ahern and M. C. Manning New York: Plenum Press, p.361 (1992)

⁷ Poms, R.E. and E. Anklam Effects of chemical, physical, and technological processes on the nature of food allergens Journal of Aoac International 87, 6, p.1466 (2004)

⁸ Lee J. W. et al. Changes of the antigenic and allergenic properties of a hen's egg albumin in a cake with gamma-irradiated egg white Radiation Physics and Chemistry 72, 5, p.645 (2005)

-
- ⁹ Lee J. W. et al. Changes of the binding abilities of immunoglobulin G and E on gamma-irradiated ovalbumin by proteolytic enzymes *Food Science and Biotechnology* 14, 3, p.355 (2005)
- ¹⁰ Jankiewicz, A. et al. Influence of food processing on the immunochemical stability of celery allergens *Journal of the Science of Food and Agriculture* 75, 3, p.359 (1997)
- ¹¹ Leszczynska, J. et al. The influence of gamma irradiation on the immunoreactivity of gliadin and wheat flour *European Food Research and Technology* 217, 2, p.143 (2003)