

氏 名	かわむら ようこ 河 村 葉 子
学位(専攻分野)	博 士 (薬 学)
学位記番号	論 薬 博 第 522 号
学位授与の日付	平成 7 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	食品照射における $\gamma$ 線の照射影響並びに照射検知法開発に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教授 横山 陽 教授 中川照眞 教授 河合明彦

### 論 文 内 容 の 要 旨

食品照射は $\gamma$ 線等の放射線がもつ殺虫、殺菌、発芽抑制、熟度調整等の生物作用を利用して、それらを食品に照射することにより食品の貯蔵性を高める新しい食品保存技術である。食品照射は、従来の保存技術と比較して処理による温度上昇がほとんどなく新鮮なままあるいは冷凍のままでも処理できる、包装し密封した状態で照射できるので2次汚染がない、食品に化学物質を添加していない等の利点がある。食品照射は我が国ではジャガイモの発芽防止にのみ許可されているが、世界的には1980年に国連食糧農業機関/国際原子力機関/世界保健機関 (FAO/IAEA/WHO) の合同専門委員会が「平均10 kGy以下の線量で照射した食品の健全性に問題はない」という勧告を出して以来、各国で食品照射の許可や実用化が一段と促進されてきた。主な用途としては、ジャガイモ・タマネギの発芽防止、穀類・果実類の殺虫、香辛料・冷凍肉・冷凍エビの殺菌等があげられる。

照射食品の実用化にともない、照射表示の適正化、不許可照射食品の流通防止、再照射の防止等のため、照射の有無を判別する検知法の確立が求められてきたが、多くの研究にもかかわらず検知法の確立は困難であり、とくに全ての食品に包括的な検知法の確立についてはほぼ不可能であると考えられるに至った。しかし、近年個々の食品または食品群毎の検知法については、いくつかの実用可能と思われる報告が提出されてきた。そこでFAO/IAEAは1990年から5年計画で「照射食品の検知法に関する共同研究計画」を開始し、検知法の確立をめざすこととなった。検知法としては識別性、特異性、安定性、再現性、検出感度等が必須である。また複数の独立した方法を用いて照射の有無を判別することが望まれているため、種々の方向から検知法の開発が進められている。

著者は、 $\gamma$ 線照射による食品の照射影響と検知法開発に関する研究を先駆的に進め、上記共同研究計画にも参画している。本研究では香辛料、果実類、穀類等の植物性食品について、 $\gamma$ 線照射による照射影響を化学的、物理的、分子生物学的、生物学的な方向から多角的に検討し、照射影響による諸因子の変化を検索し新たな変動因子を見い出すと共に、それらの変動因子に検討を加え照射の有無を判別する検知法の開

発を試みた。

第一に、ラジカルやエネルギー状態に由来する物理的な変化について、電子スピン共鳴 (ESR) 法および熱発光 (TL) 法により検討を行った。照射香辛料の ESR スペクトルでは、 $g$  値 2.0043 に主シグナルがみられ照射により大きく増加したが、加熱や光照射によっても増加し照射に特異的ではなかった。しかし、トウガラシ、パプリカ、オールスパイス、シナモン等において、主シグナルから  $-30\text{ G}$  離れたところに副シグナルが出現することを見出した。この副シグナルは強度と照射線量に相関があり、熱や光では増加せず照射に特異的で、メチルラジカルに由来すると推定された。この副シグナルを指標とすることにより、トウガラシ等の照射香辛料の検知が可能となった。また TL 法については照射後 1 年経過した香辛料を用いてその検知の可能性を検討した。直接測定法では判別は不可能であった。抽出測定法では  $\gamma$  線照射により熱発光量が大幅に上昇したが、種類等による変動が大きく判別には不十分であった。一方、再標準化法では、 $1\text{ kGy}$  照射試料の 90%、 $5\text{ kGy}$  以上照射した試料では 100% が判別可能であり、検出限界および信頼性においても検知法として優れていることを明らかにした。

次に、食品成分の化学的な変化について、ガスクロマトグラフィー及び高速液体クロマトグラフィーにより検索を行った。実用線量の照射では、グレープフルーツの精油成分、アミノ酸、タンパク質に変化はみられず、果汁中の脂肪酸に若干の増加がみられた。また香辛料では黒コショウ、白コショウ、トウガラシのメタノール抽出画分、精油成分について検索を行ったが、大きな変動はみられず、また照射に由来すると思われる新たな生成物も検出されなかった。

次に、 $\gamma$  線照射に最も感受性が高いと考えられる核 DNA について照射玄米を用いて分子生物学的な変化を検索したところ、アガロースゲル電気泳動により DNA の収率の低下と分子サイズの減少が観察され、実用線量の  $\gamma$  線照射による玄米中の DNA 鎖切断が確認され、タンパク質とのクロスリンクが推定された。また、ガスクロマトグラフィー質量分析計による DNA 塩基とその変化体の多成分分析法を検討し、照射玄米 DNA より 5-ヒドロキシシトシン、チミングリコール、8-ヒドロキシアデニンおよび 8-ヒドロキシグアニンを検出したが、非照射試料との有意な差は見い出せなかった。

さらに、 $\gamma$  線照射による種子の発芽抑制作用をもとにした生物学的変化の検討を行い、グレープフルーツにおいて種子より調製した half-embryo の発芽の有無を指標とする検知法を開発した。Half-embryo を用いることにより非照射試料の発芽率が著しく向上し、試験期間が大幅に短縮され、種類、産地、個体差による変動も極めて小さくなった。本法はオレンジ、レモン、リンゴにも適用可能であり、またサクランボにおいてはベンジルアデニンを添加して発芽を促進することにより適用可能となった。検出限界は  $0.15\text{ kGy}$ 、試験期間は 1~4 日間であった。また玄米及び玄麦を用い根長を指標とする発芽試験が照射の有無判別のスクリーニング法として有用であることを見出した。

本研究では、植物性食品における  $\gamma$  線の照射影響を種々の方向から明らかにするとともに、さらにそれらの変化を指標とする検知の可能性を検討して検知法やスクリーニング法を確立し、また評価を行った。これらの成果は国際的な照射食品の検知法の開発研究に大きく貢献するとともに、我が国の食品衛生にも大きく寄与するものと考えられる。

## 論文審査の結果の要旨

本邦における輸入食品は増加の一途を辿っているが、一方、新しい食品保存技術として台頭してきた $\gamma$ 線等の放射線による食品照射が WHO 等の国際機関からの勧告もあって、世界各国での放射線食品照射の許可および実用化が急速に進み、放射線照射食品の本邦への輸入もまた非常に多くなっている。放射線による食品照射は形態的および化学的变化が少なく食品を安全に保存できるところに特徴をもつとされる。換言すれば、照射の有無の判別が極めて困難であり、現実には、輸入食品において照射表示の真偽判定等の各種の具体的問題が提起される訳である。

本論文はこうした背景下、FAO、IAEA が計画した照射食品の検知法に関する国際研究プロジェクトの一環として、香辛料、果実類、穀類等の植物性食品を中心に、 $\gamma$ 線照射食品における物理的、化学的、分子生物学的ならびに生物学的変動因子を多角的に調べ、これらの結果を $\gamma$ 線照射の有無判別の検知法の開発に展開させた研究成果をまとめたものである。

著者は、まず、ESR（電子スピン共鳴法）および熱発光法による物理的変動因子の検出をめざした検討を各種食品を対象に行い、トウガラシ、シナモン等の香辛料において、メチルラジカルに帰因する ESR シグナルの検出およびポリタングステン酸ナトリウム飽和溶液抽出と再照射操作とを組み合わせた熱発光法による食品含有鉱物質の検出が放射線照射有無の判定に有効であることを認めた。次に食品成分の化学的变化について香辛料、果実類を対象に検討がなされたが、特に期待される成果は求められなかった。また、DNA の構造変化を指標とする照射検知法の確立をめざした検討が各種の食品を対象になされ、本論文では、その一例として玄米核に関するデータが詳細に述べられているが、放射線照射による DNA 構造の微細変化が種々認められるものの、実用線量の範囲内では、有意性の高い検知法として評価できないとの結論に導かれている。このような研究過程の後、種子の発芽抑制作用の直接観察による照射検知が極めて有効であることが、グレープフルーツ、オレンジ等の果実類を対象に見いだされ、これによる新しい照射検知法の確立に期待がよせられた。実用的な検知法に位置づけるためには、試験期間の短縮が必須であるが、さらに、種類、産地、個体差等の変動が最少とされなければならない。そこで、種皮の損傷による種子の発根および発芽の促進効果に対する着眼のもとに、種々検討の結果、一枚の子葉と幼根から構成される部分（HALF-EMBRYO と命名）を試料とする発芽抑制検知法が考案され、これらの果実類のみでなく玄米、玄麦等の穀類にも適用可能であることが認められた。本法はすでに高い国際的評価をうけ、HALF-EMBRYO 法として、世界各国に普及するに至っている。

以上、本論文における植物性食品を中心とする $\gamma$ 線照射影響の基礎的研究とそれに基づく実用的な照射食品検知法の開発研究の成果は食品衛生研究の発展に大きく貢献するものである。

よって、本論文は博士（薬学）の論文として価値あるものと認める。

さらに、平成 7 年 1 月 6 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。