

Zeitschrift:	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber:	Bundesamt für Gesundheit
Band:	79 (1988)
Heft:	4
Artikel:	Nachweis bestrahlter Champignons (<i>Agaricus bisporus</i>) : Theorie und Praxis = Identification of irradiated mushrooms (<i>Agaricus bisporus</i>) : theory and practice
Autor:	Zehnder, H.J.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-982590

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nachweis bestrahlter Champignons (*Agaricus bisporus*) – Theorie und Praxis

Identification of Irradiated Mushrooms (*Agaricus bisporus*) –
Theory and Practice

H. J. Zehnder

Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil

Einleitung

Artikel 11b der eidg. Lebensmittelverordnung bestimmt, dass bestrahlte Lebensmittel erst dann zum Verkehr zugelassen werden können, wenn zweifelsfrei bewiesen ist, dass sie durch die Behandlung keine gesundheitlich bedenklichen oder andere unzulässige Veränderungen erfahren haben. Für die Zulassung bestrahlter Lebensmittel bzw. für die Anerkennung des Verfahrens ist das Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG) zuständig (1). Eine gemischte Expertengruppe von WHO, FAO und IAEA kam 1980 zum Schluss, dass die Strahlenbehandlung von Lebensmitteln bei Einhaltung gewisser Bedingungen wie Art und Energie der Strahlung sowie einer maximalen durchschnittlichen Dosis aus toxikologischer, mikrobiologischer und ernährungsphysiologischer Sicht akzeptiert werden kann und dass keine weiteren toxikologischen Untersuchungen notwendig sind (2). In der Schweiz ist derzeit die Lebensmittelbestrahlung und auch das Inverkehrbringen solcherart behandelter Nahrungsmittel nicht gestattet. Auch bei einer allfälligen Lockerung dieses Verbotes müssen, aus Gründen des Täuschungsschutzes, den Vollzugsorganen der Lebensmittelgesetzgebung, den kantonalen Laboratorien, Methoden zur Verfügung stehen, die es gestatten, bestrahlte Nahrungsmittel eindeutig von unbestrahlten zu unterscheiden (3). Bis heute ist jedoch noch keine Routinemethode zur Erkennung bestrahlter Lebensmittel bekannt, obwohl schon viele Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet durchgeführt wurden. Dies führt dazu, dass wohl mehr bestrahlte Lebensmittel auf unseren Markt gelangen, als man sich gemeinhin vorstellt. Es ist daher verständlich, dass die zuständigen Behörden darauf drängen, Methoden zu finden, welche die Erkennung bestrahlter Nahrungsmittel ermöglichen.

Verschiedene Autoren publizierten Methoden zur Erkennung bestrahlter Lebensmittel. Eine gute Zusammenstellung möglicherweise erfolgversprechender Methoden stammt von *Ehlermann* und *Delincee* (4). Oft sind die vorgeschlagenen Untersuchungen als Routinemethoden zur Kontrolle bestrahlter Lebensmittel unbrauchbar, weil die untersuchte Reaktion nur unter bestimmten Bedingungen als Erkennungsmerkmal herangezogen werden kann, die untersuchten Reaktionsprodukte auch durch andere Behandlungen oder im Laufe der Lagerung entstehen oder bereits im unbestrahlten Lebensmittel in grösseren oder kleineren Mengen, je nach Herkunft, vorhanden sind. Neben rein chemischen Kontrollmethoden wurden auch biochemische, biologische oder physikalische Kriterien, welche die Erkennung strahlenbehandelter Lebensmittel ermöglichen sollen, vorgeschlagen. Etwa die Änderungen der enzymatischen Aktivität (z. B. 5, 6), die Art der Zusammensetzung der Mikroflora (7), die Neubildung von Organen (8, 9), die Messung der Elektrospinresonanz (z. B. 10, 11), der Thermolumineszenz (12) oder die Änderung der elektrischen Eigenschaften (13). Auch hier zeigte sich, dass verschiedene Methoden unter praktischen Bedingungen nicht eingesetzt werden können. Zum Beispiel können auch bestrahlte Zwiebeln wieder neue Wurzeln bilden (14), sind enzymatische Reaktionen stark abhängig vom physiologischen Zustand der untersuchten Produkte, oder lebende Nahrungsmittel wie Früchte und Gemüse erholen sich nach einiger Zeit wieder von den erlittenen Strahlenschäden.

Es dürfte nach diesen Ausführungen klar geworden sein, dass noch einige Zeit vergehen wird, bis die Lebensmittelbehörden über routinemässig einsetzbare Kontrollmethoden zur Identifizierung bestrahlter Lebensmittel verfügen, obwohl erfolgversprechende Ansätze vorhanden sind. Sicher ist jedoch, dass es nicht eine universelle Methode geben wird, sondern deren viele, je nach dem zu untersuchenden Lebensmittel.

1987 hat sich in der Schweiz unter Federführung des BAG eine Arbeitsgruppe gebildet, welche sich mit der praktischen Prüfung von erfolgversprechenden Erkennungsmethoden befasst.

Von importierten Champignons wird immer wieder behauptet, dass sie bestrahlt worden sind. Champignons werden gepflückt, wenn ihre Hüte noch geschlossen sind und die Pilze noch eine kugelige Form aufweisen. Zwei bis drei Tage nach der Ernte öffnen sich die Hüte und die Stiele strecken sich. Pilze mit offenen Hüten verlieren bei der Lagerung relativ viel Wasser und werden rasch unansehnlich. Durch eine Strahlenbehandlung wird der normale Reifeprozess unterbrochen, die Hüte öffnen sich nicht und die Pilze bleiben kugelig.

Anlässlich des Symposiums «Workshop on Health Impact and Control Methods of Irradiated Food» in Neuherberg-München vom 17.—21. November 1986, an dem die Brauchbarkeit alter und neuer Methoden diskutiert wurde, zählten die enzymatische Reduktion von Tetrazoliumsalzen sowie die Hyphenbildung zu den möglicherweise brauchbaren Methoden zur Erkennung bestrahlter Champignons (4). Diese beiden Kontrollmethoden und ihre praktische Anwendbarkeit sind Gegenstand der hier beschriebenen Untersuchung.

Material und Methoden

Biochemische Methode

Prinzip: Enzymatische Reduktion von Tetrazoliumsalzen zu Formazanen

Dehydrogenasen übertragen Wasserstoff über weitere Redoxsysteme auf ungefärbte Tetrazoliumsalze. Dabei entstehen gefärbte Formazane.

Bei der Bestrahlung von Champignons werden die Enzyme teilweise inaktiviert und es wird kein Wasserstoff auf das Tetrazoliumsalz übertragen. Es kommt zu keiner Formazanbildung. Bei unbestrahlten Pilzen verursacht die Wirkung der Dehydrogenasen ein rot gefärbtes Substrat (6).

Vorgehen

Weisse Zuchtchampignons wurden innerhalb von vier Stunden nach der Ernte mit Strahlendosen von 1,0 und 2,5 kGy behandelt. Eine weitere Probe blieb unbestrahlt. Die Pilzproben wurden bei Temperaturen von 4 und 15 °C sowie hoher Luftfeuchtigkeit in kommerziellen Kartonverpackungen mit durchsichtigem Deckel gelagert. Nach einem, drei, fünf und sieben Tagen Lagerung wurden die Proben untersucht. Dabei entnahm man jeder Probe vier etwa gleich grosse Pilze. Diese wurden gewaschen, abgetrocknet und gerüstet. Vom Stiel entfernte man ca. 1 cm, teilte den Rest des Pilzes in zwei gleiche Teile und legte diese in eine Petrischale. In jede der vier Petrischalen pro Probe wurden 15 ml einer 0,1%igen, wässrigen Lösung von 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC) gegeben. Die Lösung war ungefärbt. Alle Proben wurden im Dunkeln bei 25 °C bis zur Farbänderung der Lösungen gehalten.

Biologische Methode

Prinzip: Hyphenbildung

Werden Pilzen steril Gewebestücke entnommen, auf Nähragar gelegt und bei 25 °C bebrütet, kann nach 24 Stunden eine Hyphenbildung beobachtet werden. Bei bestrahlten Pilzen bleibt diese Hyphenbildung aus (9).

Vorgehen

Die Strahlenbehandlung und Lagerung der Pilze erfolgte wie oben beschrieben. Nach einem, drei, fünf und sieben Tagen wurden die Pilze untersucht. Dabei wurden jeder Probe zwei Pilze entnommen und diese von anhaftendem Schmutz befreit. Anschliessend wurden die Pilze in 70%igen Alkohol getaut und abflambiert. Mit steriles Messer wurde die Haut entfernt und aus dem Innern Gewebestücke entnommen. Diese wurden in schmale Scheiben geschnitten, nachdem man an den beiden Enden je ein grösseres Stück entfernt hatte. Pro Pilz

legte man 8–9 Gewebescheiben (ca. 2 x 2 mm) in eine Petrischale, welche Plate Count Agar (Difco, Merck) bzw. Standard Methods Agar (BBL) enthielt, und bebrütete diese bei 25 °C. Täglich wurden die Gewebestücke unter der Lupe (Vergrösserung 30mal) kontrolliert.

Lagerversuch

Grössere Pilzmengen wurden, wie oben geschildert, behandelt und gelagert. Täglich wurden sie visuell von aussen, wie auch in zerschnittenem Zustand, beurteilt.

Resultate

Biochemische Methode (Tabelle 1)

Wurden Pilze 36 bis 48 Stunden nach der Ernte angesetzt, konnte bei den unbestrahlten Kontrollproben nach weiteren 36 Stunden ein Farbumschlag der TTC-Lösung auf rot beobachtet werden. Die Lösung war trüb. Rote Farbkörper, welche sich leicht aufschlemmen liessen, waren ausgefallen. Bei den bestrahlten Pilzen waren die Lösungen vorerst klar, hellbraun oder braun. Nach spätestens 48 Stunden erfolgte jedoch auch bei den bestrahlten Pilzen der Farbumschlag auf rot. Wurden die Pilze am dritten, fünften oder siebten Tag nach der Strahlenbehandlung angesetzt, erfolgte der Farbumschlag immer früher. Bei den während fünf und sieben Tagen bei 15 °C gelagerten, bestrahlten Pilzen wurde der Farbumschlag schon nach 24 Stunden festgestellt. Bei den während 7 Tagen bei 4 °C gelagerten, bestrahlten Pilzen dauerte es dagegen 36 Stunden bis zum Farbumschlag.

Tabelle 1. Dehydrogenasenaktivität (Formazanbildung) bei Champignons

Farbumschlag		Ansatz ... Tage nach Strahlenbehandlung							
festgestellt nach ... h		K	1 B	K	3 B	K	5 B	K	7 B
4 °C	12	–	–	–	–	–	–	–	–
	24	hellbr.	hellbr.	–	–	rötlich	hellbr.	rot	hellbr.
	36	rot	hellbr.	d.rot	braun	d.rot	braunrot	d.rot	d.rot
	48	d.rot	rot	d.rot	braunrot	d.rot	d.rot	–	–
15 °C	12	–	–	–	–	–	–	braun	hellbr.
	24	hellbr.	hellbr.	rot	hellbr.	d.rot	hellrot	d.rot	rot
	36	–	–	–	–	–	–	–	–
	48	d.rot	rot	d.rot	d.rot	–	–	–	–

K = Kontrolle unbestrahlten

B = Bestrahl mit 2,5 kGy

Biologische Methode (Tabelle 2)

Nach 24, meist aber erst nach 48 Stunden, konnten bei den unbestrahlten Pilzproben erste Hyphen beobachtet werden, welche sich innerhalb von weiteren zwei bis vier Tagen zu Hyphenpelzen um das ganze Pilzstückchen entwickelten. Weder Lagertemperatur noch -dauer hatten auf diese Entwicklung einen wesentlichen Einfluss. Auch die Gewebestücke aus bestrahlten Pilzen konnten mit einiger Verzögerung Hyphen ausbilden. Die Gewebestückchen aus mit 1,0 kGy bestrahltem und bei 4 °C gelagertem Pilzmaterial bildeten nach zwei bis fünf Tagen Hyphen. Dabei ging die Hyphenbildung um so schneller vor sich, je älter die Pilze waren. Eigentliche Hyphenpelze bildeten sich aber erst nach 10 bis 14 Tagen. Diese waren jedoch deutlich weniger dicht als jene der Kontrollproben. Bei den mit einer Dosis von 2,5 kGy bestrahlten Pilzen zeigten nur die Gewebeproben der während 7 Tagen bei 4 °C gelagerten Proben nach 5 Tagen Ansatz ein sehr geringes Hyphenwachstum. Die Gewebestückchen der mit 1,0 oder 2,5 kGy bestrahlten und bei einer Temperatur von 15 °C während 3 und mehr Tagen gelagerten Pilze bildeten nach 24 bis 48 Stunden erste Hyphen. Die weitere Entwicklung verlief jedoch zögernd und schien nach einigen Tagen sogar zum Stillstand zu kommen. Ein Teil der Hyphen starb ab.

Ein Problem bei dieser Methode ist die Gewinnung von sterilen Gewebestücken. Besonders bei den unbestrahlten Pilzen kommt es leicht zu Bakterieninfektionen. Diese verhindern bzw. behindern das Hyphenwachstum. Auf der anderen Seite kommt es vor, dass durch zu heisse Werkzeuge die Zellen an den Aussenflächen zerstört werden, was das Auswachsen von Hyphen verzögert.

Lagerversuch

Generell halten sich Champignons bei einer Lagertemperatur von 4 °C besser als bei einer solchen von 15 °C. Der Pilz bleibt weiss, der Hut geschlossen, der Stiel relativ kurz und die Textur des Fleisches brüchig. Bei 15 °C verfärbt sich der Pilz rasch bräunlich, der Hut öffnet sich innerhalb von drei Tagen, der Stiel wird lang und trocken, die Farbe des Fleisches wird teilweise bräunlich und die Textur wird gummiartig. Bei mit einer Strahlendosis von 2,5 kGy behandelten Pilzen kommt es zu wesentlich weniger bakteriell bedingten, braunen Flecken oder sogar Schimmelpilzinfektionen auf den Hüten. Diese öffnen sich nicht, die Stiele bleiben kurz und der ganze Pilz kugelig. Da die Lamellen nicht voll ausgebildet werden, wird das Fleisch weniger schnell bräunlich verfärbt. Wird den Pilzen jedoch nur eine Strahlendosis von 1 kGy appliziert, sind die positiven Effekte weniger stark ausgeprägt und das Fleisch weist nach einiger Zeit eine bräunlichgraue Farbe auf. Für den Laien bringt die Strahlenbehandlung von Champignons nicht sehr viel. Der Fachmann dagegen sieht offensichtlich Vorteile, besonders wenn die Pilze über längere Strecken transportiert werden müssen. Die Haltbarkeit von Champignons wird durch eine Strahlenbehandlung, je nach Lagerverhältnissen und -temperatur, um einen bis höchstens drei Tage, das heisst von drei auf bestenfalls

sechs Tage verlängert. Dabei muss der Vorbehalt gemacht werden, dass in diesem Versuch nicht nach den besten Lagerbedingungen (Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Verpackung) gesucht wurde. Diese kleine Untersuchung zeigt jedoch, dass eine Strahlenbehandlung von Exportpilzen möglichst noch am Tag der Ernte erfolgen soll. Anschliessend müssen die Pilze, möglichst gekühlt, sofort zum Importeur transportiert werden, damit das Produkt ohne weiteren Zeitverlust zum Verbraucher gelangt.

Tabelle 2. Hyphenbildung bei Champignons

Hyphen-Wachstum festgestellt nach ... Tagen	Ansatz ... Tage nach Strahlenbehandlung							
	1		3		5		7	
	K	B	K	B	K	B	K	B
4 °C	1	++	-	-	-	-	++	-
	2	++	-	++	-	++	++	-
	3	++	-	++	-	++	++	-
	4	++	-	+++	-	+++	+++	-
	5	++	-	+++	-	+++	+++	+
	6	+++	-	Inf.	-	+++	+++	+
	7	+++	-	-	-	Inf.	+++	+
	*	-	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-	-
	14	+++	-	-	-	-	+++	+
15 °C	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	++	-	++	+	++	++	+
	3	++	-	++	++	++	++	+
	4	+++	-	+++	++	++	++	++
	5	+++	-	+++	++	++	+++	++
	6	+++	-	+++	++	+++	+++	+
	7	+++	-	+++	++	+++	+++	+
	*	-	-	-	-	-	-	-
	*	-	-	-	-	-	-	-
	14	+++	-	+++	+	+++	+++	+

K = Kontrolle unbestrahlt
- kein Wachstum
++ normales Wachstum

B = Bestrahl mit 2,5 kGy
+ geringes Wachstum
+++ starkes Wachstum

Inf. = Infektion

Beurteilung der beiden Nachweismethoden

Beide Verfahren vermögen nicht voll zu befriedigen, da bestrahlte Pilze sowohl biochemische Reaktionen zu induzieren vermögen, wie auch Hyphen aus-

bilden können. Offenbar können sich die Pilze innerhalb von wenigen Tagen, mindestens teilweise, von den erlittenen Strahlenschäden erholen. Besonders schnell regeneriert sich die Fähigkeit der Pilze, Tetrazoliumsalz enzymatisch zu reduzieren, während es etwas länger dauert, bis wieder Hyphen gebildet werden können, besonders wenn die Pilze nach der Strahlenbehandlung gekühlt werden. Da bei der Untersuchung unbekannt ist, wieviel Zeit seit einer allfälligen Strahlenbehandlung verstrichen ist und unter welchen Bedingungen die Pilze gelagert wurden, kann nicht zweifelsfrei entschieden werden, ob eine Bestrahlung stattgefunden hat oder nicht. Auch die gleichzeitige Anwendung beider Nachweismethoden erlaubt keine sichere Identifikation bestrahlter Pilzproben.

Ob eine Strahlenbehandlung stattgefunden hat oder nicht, kann jedoch auch ohne aufwendige Untersuchung nach wenigen Tagen Lagerung erkannt werden. Öffnen die Pilze den Hut und wird der Stiel lang und zäh, handelt es sich mit grösster Wahrscheinlichkeit um unbestrahlte Pilze. Bleibt der Hut dagegen geschlossen und der ganze Pilz kugelig, ist der Verdacht sicher gerechtfertigt, dass die beobachteten Pilzproben bestrahlt wurden.

Untersuchung von Importpilzen

Auf Veranlassung des BAG er hob der Schweizer Zoll in den Monaten Dezember 1987 bis März 1988 25 Champignonsproben, welche an die Forschungsanstalt Wädenswil zur Untersuchung gesandt wurden. Diese 25 Proben stammten von vermutlich 8 Produzenten. Bei Pilzen aus Holland konnte dies nicht genau geklärt werden, da die Sendungen via Grossexporteure gehen, welche die Pilze irgendwo einkaufen. Andere Sendungen kamen direkt von den Produzenten in Italien und Frankreich. Von den 25 erhobenen Proben wurden 15 gemäss den oben aufgeführten zwei Methoden untersucht. Bei den 10 restlichen Proben handelte es sich um mehrfach erhobene Proben derselben Produzenten. Pro Produzent wurden maximal zwei Proben und von jeder Probe 6 Pilze untersucht. Alle Proben konnten 1 bis höchstens 2 Tage nach der Probenerhebung untersucht werden.

Die Pilze aller untersuchten Proben zeigten nach 24 bis 48 Stunden mit der biochemischen Methode eine Dunkelrotfärbung und bei der biologischen Prüfung nach 36 bis 48 Stunden Hyphenwachstum. Nach 72 Stunden konnte in den meisten Fällen ein Hyphenpelz beobachtet werden. Es ergaben sich keine Hinweise auf eine Strahlenbehandlung der untersuchten Pilzproben.

Dank

- Wir danken Herrn *Patrick Romanens* und der Firma *Hauser, Champignonkulturen AG, 8625 Gossau*, für das Zurverfügungstellen des frischen Pilzmaterials sowie für Beratung,
- Herrn *F. Schmucki* von der Eidg. Zollverwaltung, Bern,

- den Zollämtern Au/SG, Basel-Weil, Flughafen Zürich-Kloten, Brig, Genf-Perly und Ponte Tresa für die Probenerhebungen.

Zusammenfassung

Die Unfähigkeit zur enzymatischen Reduktion von 2, 3, 5-Triphenyltetrazoliumchlorid zu einem rotgefärbten Formazan sowie die Unfähigkeit zur Bildung von Hyphen aus Gewebestückchen wurden zur Identifikation von bestrahlten Champignons herangezogen. Beide Methoden erwiesen sich für eine Lebensmittelüberwachung als ungeeignet, da sich die bestrahlten Pilze schnell wieder von den erlittenen Strahlenschäden erholen und einige Zeit nach einer Bestrahlung sowohl Farbreaktion wie auch Hyphenbildung zeigen. Auch in Verbindung sind beide Methoden nicht für eine routinemässige Kontrolle auf eine erfolgte Strahlenbehandlung einsetzbar.

Résumé

L'incapacité de réduire par une réaction enzymatique le chlorure de triphényl-2, 3, 5 tétrazolium avec formation de formazan, coloré en rouge et l'impossibilité de former des hyphes à partir d'un prélèvement de tissu ont servi de méthodes pour détecter une irradiation des champignons de Paris (*Agaricus bisporus*). Ces deux méthodes ce sont révélées insuffisantes pour le contrôle des denrées alimentaires, car les champignons se rétablissent rapidement des dommages causés par les rayons ionisants et présentent alors tant la réaction colorée que la formation d'hyphes. Même combinées, ces deux méthodes ne se prêtent pas à un contrôle de routine de l'irradiation des champignons de Paris.

Summary

The lack of ability to reduce enzymatically 2, 3, 5-triphenyl-tetrazolium chloride to a red coloured formazane and the lack of ability of the formation of hyphes from tissue were used as methods in controlling irradiated mushrooms. Both methods failed to be suitable as routine food control methods, because irradiated mushrooms recover fastly from radiation damages and show as well the colour reaction as the formation of hyphes. Also in combination the methods were insufficient for the control of irradiated mushrooms.

Literatur

1. Verordnung über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelverordnung) vom 26. Mai 1936, Stand 1. Juli 1986. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1986.
2. WHO: Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint FAO/WHO/IAEA Expert Committee. World Health Organization Technical Report Series No. 659. WHO, Geneva 1981.
3. Zimmerli, B. und Siegwart Y.: Zur Zulassung bestrahlter Lebensmittel. Chem. Rundschau 37 (3) 9 (1984)

4. Ehlermann, D. A. E. and Delincee, H.: The feasibility of an identification of radiation processed food – An overview. WHO-Workshop on Health Impact and Control Methods of Irradiated Food, Neuherberg (FRG), 17.–21. Nov. 1986. ISH-125, Bundesgesundheitsamt, Neuherberg-München 1988.
5. Penner, H.: Der metabolische Nachweis einer Kartoffelbestrahlung. Int. Kolloquium: Die Identifizierung von bestrahlten Lebensmitteln, Karlsruhe (BRD), 24.–25. Okt. 1973. Com. Europ. Commun., Luxemburg.
6. Münzner, R.: Nachweis einer Strahlenbehandlung bei Champignons. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. **151**, 318–319 (1973).
7. Tamminga, S. K., Beumer, R. R. and Kampelmacher, E. H.: Microbiological possibilities to demonstrate that strawberries have been irradiated. Int. Kolloquium: Die Identifizierung von bestrahlten Lebensmitteln, Karlsruhe (BRD), 24.–25. Okt. 1973. Com. Europ. Commun., Luxemburg.
8. Münzner, R.: Nachweis einer Strahlenbehandlung von Küchenzwiebeln. Z. Lebensm. Unters.-Forsch. **162**, 47–48 (1976).
9. Bugyáki, L.: Identification des champignons irradiés. Atomkernenergie **19**, 261 (1972).
10. Fritsch, G. und Boulloires, J. P.: Elektrospinresonanzmessungen an bestrahlter Stärke und bestrahltem Reis. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **60**, 245–251 (1969).
11. Dodd, N. J. F., Swallow, A. J. and Ley, F. J.: Use of ESR to identify irradiated food. Radiat. Phys. Chem. **26**, 451–453 (1985).
12. Heide, L. und Bögl, W.: Die Messung der Thermolumineszenz – ein neues Verfahren zur Identifizierung strahlenbehandelter Gewürze. ISH-58, Bundesgesundheitsamt, Neuherberg-München 1984.
13. Ehlermann, D.: Beurteilung von Lebensmitteln aufgrund elektrischer Eigenschaften. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **70**, 107–116 (1979).
14. Zehnder, H. J.: Zur Strahlenkonservierung von Zwiebeln – Versuche 1977–1983. Alimenta **23**, 114–121 (1984).

H. J. Zehnder
 Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau
 CH-8820 Wädenswil