Lebensmittelbestrahlung - eine Auslegeordnung*

Hans-Jürg ZEHNDER, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau (FAW), CH-8820 Wädenswil

Die Strahlenbehandlung von Lebensmitteln bezweckt eine Verlängerung der Haltbarkeit sowie die Verbesserung der hygienischen Sicherheit. Eine internationale Expertenkommission kam 1980 zum Schluss, dass korrekt bestrahlte Lebensmittel für den Konsumenten kein besonderes Risiko darstellen. Bisher haben 35 Länder einzelne bestrahlte Nahrungsmittel zum Konsum zugelassen. In der Schweiz wurden bisher noch keine Bewilligungen erteilt. Eine Zulassung ist nicht nur ein sachlicher, sondern letztlich auch ein politischer Entscheid.

Für viele Konsumenten hat heute die Konservierung von Lebensmitteln einen negativen Beigeschmack. Frische Lebensmittel, und diese möglichst direkt vom biologischen Bauern, sind heute «in». Nichts gegen frische Früchte und Gemüse und nichts gegen das Fleisch von glücklichen Schweinen und Kälbern. Nur, wieviele Leute können sich dies heute leisten? Stellen Sie sich vor, dass alle New Yorker, alle Einwohner von Tokio, Berlin, Mexiko City, Hongkong oder andern Millionenstädten ab sofort nur noch Frischfleisch oder sonnenwarme Erdbeeren geniessen möchten. Es wäre schlicht unmöglich, diese Forderung zu erfüllen. Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie und Lebensmittelhandel wären völlig überfordert. Die Möglichkeit Lebensmittel zu konservieren, also Lebensmittel ohne Verluste aufzubewahren und über weite Strecken zu transportieren, hat einst zur Urbanisierung, zur Städte- und später zur Staatenbildung geführt. Eine Tatsache der wir unter anderem verdanken, dass wir heute tiefgefrorenen Fisch, Rauchwürste, Erbsen und Karotten aus der Konservendose, Kartoffelstock aus Kartoffelflöcken, Äpfel aus dem Lager mit kontrollierter Atmosphäre oder strahlenbehandelte Crevetten essen.

Warum werden Lebensmittel bestrahlt?

Die Lebensmittelbestrahlung hat zwei Ziele:

- die Verlängerung der Haltbarkeit der behandelten Produkte und
- die Verbesserung ihrer hygienischen Sicherheit.

Zu diesem Zweck wird ionisierende beziehungsweise energiereiche Strahlung eingesetzt. Diese Strahlung durchdringt das Behandlungsgut und löst dort radiochemische Prozesse aus, welche die gewünschten - aber auch unerwünschte - Effekte verursachen.

Die Werkzeuge der Lebensmittelbestrahlung

Unter all den Strahlenarten, die wir kennen, haben lediglich Gammastrahlen, welche die radioaktiven Nuklide Kobalt-60 und Cäsium-137 aussenden, oder beschleunigte Elektronen, welche mit Hilfe von Elektronenbeschleunigern erzeugt werden, praktische Bedeutung. Während es sich bei der Gammastrahlung um eine elektromagnetische Welle handelt, sind beschleunigte Elektronen elektrisch negativ geladene Partikel. Durch eine Strahlenenergie von mehr als zehn Megaelektronenvolt kann im Bestrahlungsgut Radioaktivität induziert werden. Diese Strahlenenergie wird jedoch von Gammastrahlen aus Kobalt-60 oder Cäsium-137 bei weitem nicht erreicht. Elektronenbeschleuniger, welche zur Lebensmittelbestrahlung genutzt werden, sind so gebaut, dass sie die ausgesandten Elektronen nicht auf die kritische Strahlenenergie zu beschleunigen vermögen. Durch eine Strahlenbehandlung wird deshalb im Lebensmittel keine Radioaktivität induziert.

Bestrahlungsanlagen

Radioaktive Strahlenquellen oder Elektronenbeschleuniger befinden sich in strahlenabgeschirmten Räumen. Als Abschirmungen dienen Beton, Blei und Wasser. Bei kommerziell arbeitenden Bestrahlungsanlagen wird das Gut mittels automatischer Transporteinrichtungen solange um die Strahlenquelle beziehungsweise durch das Strahlenfeld bewegt, bis es die notwendige Strahlendosis empfangen hat. Abbildung 1 zeigt eine kommerzielle Gamma-Bestrahlungsanlage, wie sie für die Bestrahlung von Lebensmitteln eingesetzt werden könnte.

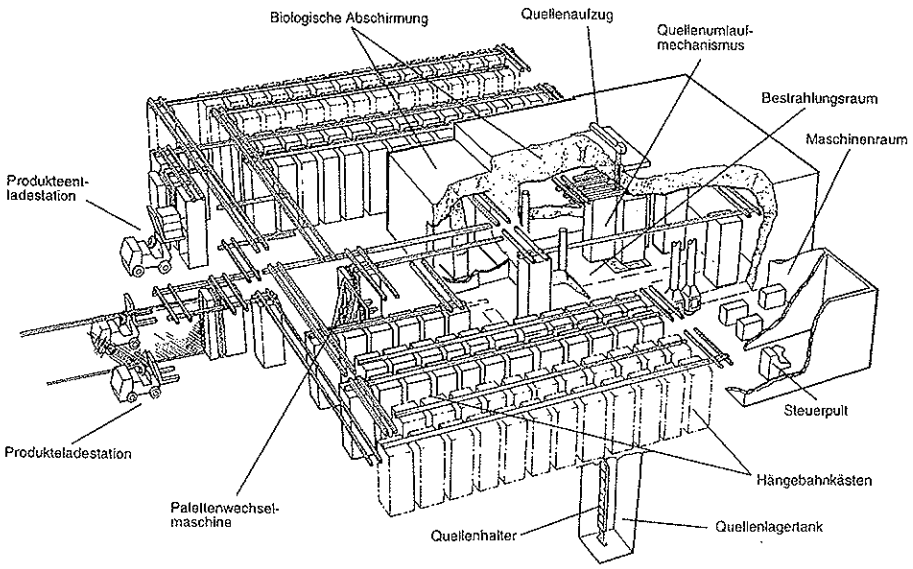

Abb. 1. Schema einer kommerziellen Gamma-Bestrahlungsanlage (Nordion International, Kanata, Kanada).

* nach einem Vortrag, gehalten am 17. Jan. 1995 vor der Eidg. Kommission für Strahlenschutz in Bern

Tab. 1. Zusammenstellung bestrahlter Lebensmittel, welche in verschiedenen Ländern zugelassen sind (vereinfachte Darstellung)

Lebensmittel	Dosis / kGy	Zweck der Behandlung
Kartoffeln, Zwiebeln, Knoblauch, Knollen	0,1 –0,15	Keimhemmung
Erdnüsse, Mandeln, Kakaobohnen	0,4 –5,0	Entwesung, Keimzahlsenkung
Getreide und Getreideprodukte, Teig, Brot	0,2 –5,0	Entwesung, Keimzahlsenkung
Hülsenfrüchte	–1,0	Entwesung
Trockenfrüchte, -gemüse, -konzentrate	0,5 –1,0	Entwesung
Eindickungsmittel, Bindemittel, Proteine	–10,0	Keimzahlsenkung
Lebensmittelenzyme	–10,0	Keimzahlsenkung
Gewürze, Würzen, Kräuter, Extrakte, Tee	–30,0	Keimzahlsenkung
Früchte	0,15 –4,0	Entwesung, Reifehemmung, Keimzahlsenkung
Gemüse, Suppengrün, Salat, Pilze	0,15 –4,0	Entwesung, Reifehemmung, Keimzahlsenkung
Fleisch, Geflügel, Fisch, Meerfrüchte	0,3 –4,0	Keimzahlsenkung
Käse	2,25 –3,5	Keimzahlsenkung
Patientendiäten	25,0 –45,0	Sterilisation

Welches sind nun die erwünschten Effekte?

Auskeimhemmung: Bereits relativ kleine Strahlendosen (vgl. Tab. 1) können in biologisch aktiven Zellen eine irreversible (nicht umkehrbare) Hemmung der Zellteilung bewirken. Dieser Effekt wird dazu benutzt, um ein Auskeimen bei verschiedenen Lagergemüsen zu verhindern (Kartoffeln, Zwiebeln (Abb. 2), Knoblauch, etc.).

Reifeverzögerung: Etwas höhere Strahlendosen verzögern den Reifeprozess bei Früchten und Gemüsen. Diese Reifehemmung erlaubt zum Beispiel den billigen Schiffstransport von kälteempfindlichen tropischen Früchten oder verhindert, dass Champignons schon bald nach der Ernte den Hut öffnen und zäh werden (Abb. 3).

Abtöten von Insekten, Parasiten, Mikroorganismen, Viren: Lebensmittelverderbende und pathogene, tierische und pflanzliche Organismen in unserer Nahrung können durch Strahlen abgetötet werden. Je höher ein Lebewesen organisiert ist, desto strahlenempfindlicher ist es. Um Insekten oder Parasiten abzutöten, sind wesentlich geringere Strahlendosen notwendig, als um Mikroorganismen zu eliminieren. Um Viren abzutöten, sind oft noch weit höhere Strahlendosen notwendig.

Welches sind unerwünschte Auswirkungen?

Jedes lebensmitteltechnologische Verfahren verursacht im behandelten Gut Veränderungen. Aber auch wenn Lebensmittel nicht behandelt werden, verändern sie sich, sie verderben. Die Strahlenbehandlung verursacht ebenfalls Veränderungen. Bei niedrigen Strahlendosen sind diese meist vernachlässigbar klein. Bei höheren Strahlendosen können sensorische Qualitätseinbussen sowie Nährstoffverluste auftreten. Lebensmittelinhaltsstoffe in reiner Form sind strahlenempfindlicher als wenn sie als Lebensmittelbestandteil einer Strahlenbehandlung unterworfen werden. Eiweisse und Kohlehydrate gelten als wenig strahlenempfindlich. Bei der Absorption einer Strahlendosis von 10 kGy entstehen in der wasserunlöslichen Stärke weniger als 1 % wasserlösliche Abbauprodukte, zum grössten Teil Zukker (NZZ 1986). Vitamine sind unterschiedlich strahlenempfindlich. Von den wasserlöslichen sind die Vitamine B1, B12 und C, bei den fettlöslichen die Vitamine A und E besonders strahlenempfindlich. Die Verluste an Vitaminen in bestrahlten Lebensmitteln sind meist ähnlich gross, wie wenn Lebensmittel ohne weitere Vorsichtsmassnahmen erhitzt werden, zum Beispiel beim Kochen.

Was spricht gegen die Lebensmittelbestrahlung?

Ionisierende Strahlen sind mit unsern Sinnen nicht fassbar. Man kann sie nicht sehen, nicht hören, nicht riechen, nicht schmecken und nicht fühlen. Der Gedanke dass Lebensmittel bestrahlt sein könnten, löst deshalb in vielen Menschen Angstgefühle aus.

Bezüglich seiner Nahrung ist der Mensch ausgesprochen konservativ. Viele Leute betrachten die industrielle Lebensmittelverarbeitung und die angewandten Verfahren mit Argwohn. Menschen, vor allem in den reichen, satten Ländern, bedauern, dass sich ihre Nahrung mehr und mehr von der ursprünglichen Form entfernt. Sie befürchten, dass die Lebensmittelbestrahlung diesen Trend noch verstärken könnte. Neben diesen eher emotionell begründeten Vorbehalten gibt es aber auch durchaus sachliche Einwände:

Lange Zeit wurde befürchtet, dass durch die Strahlung neue toxische oder mutagene Verbindungen erzeugt werden könnten. Nach heutigem Stand des Wissens ist die Gefahr gering, dass solche Stoffe - wenn überhaupt - in physiologisch wirksamen Mengen entstehen.

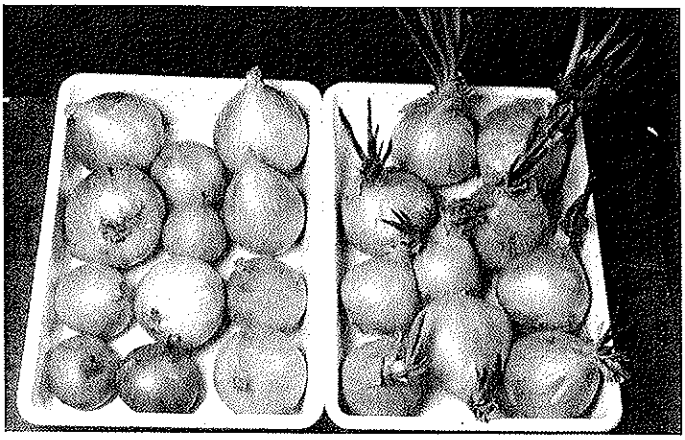

Abb. 2. Unbestrahlte (r) und bestrahlte (l) Gemüsezwiebeln nach drei Monaten Lagerung. (Foto St. Wicki, Luzern)

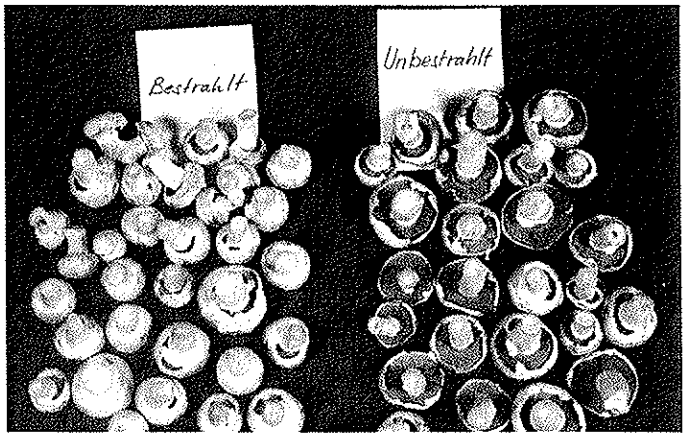

Abb. 3. Unbestrahlte Champignons beginnen schon kurz nach der Ernte die Hüte zu öffnen. (Foto FA Wädenswil)

Verschiedene Lebensmittel werden durch eine Strahlenbehandlung so verändert, dass sie vom Konsumenten kaum akzeptiert werden.
Die Möglichkeit Lebensmittel zu bestrahlen, könnte einen Produzenten aus Kostengründen dazu verführen, der hygienischen Qualität seiner Produkte während der Verarbeitung nicht die notwendige Aufmerksamkeit zu schenken, da eine Bestrahlung am Schluss alles wieder gut macht.
Die Lebensmittelbestrahlung ist ein teures Verfahren; zu teuer um für billige Grundnahrungsmittel wie Kartoffeln, Getreide oder Hülsenfrüchte eingesetzt zu werden.
Isotopen-Bestrahlungsanlagen erzeugen früher oder später radioaktiven Abfall, weil schwach aktiv und deshalb unrentabel gewordene Strahlenquellen irgendeinmal gegen neue ausgetauscht werden müssen.

Erkennung bestrahlter Lebensmittel

Die Unterschiede zwischen unbestrahlten und bestrahlten Lebensmitteln sind dermassen klein, dass zu ihrer Erkennung hochspezialisierte Verfahren und sehr teure Apparate eingesetzt werden müssen (Zehnder und Meier 1993). In den letzten Jahren wurden grosse Fortschritte in der Analytik bestrahlter Lebensmittel gemacht. Eine ganze Anzahl von neu entwickelten Analysenmethoden wurden kürzlich in die Sammlungen der offiziellen Lebensmitteluntersuchungsmethoden von Deutschland und der Schweiz aufgenommen (BGA 1993; SLB 1994):

- Elektrospinresonanz-Messung (ESR) zur Feststellung von bestrahlungsinduzierten Radikalen bei trockenen Lebensmitteln oder trockenen Lebensmittelbestandteilen wie Knochen, Gräten, Schalen, Samen, verholzte Stiele etc.
- Thermolumineszenz-Messung (TL) bei Lebensmitteln, aus denen mineralische Verschmutzungen (Staub, Sand) extrahiert werden können, zum Beispiel Gewürze (Abb. 4; Zehnder und Meier 1993), Trockengemüse, Tee, Pilze, Kartoffeln, Crevetten, Muscheln u.a.
- Bestimmung von bestrahlungsinduzierten gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffen in Fetten (Abb. 5; Meier und Biedermann 1990).

Die kommerzielle Anwendung

1980 befand eine gemischte Expertenkommission der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) sowie der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA) aufgrund der Resultate zahlloser Untersuchungen, welche im Lauf von 30 Jahren gewonnen wurden, dass Nahrungsmittel, welche mit Dosen bis zu einer mittleren Höchstdosis von 10 kGy bestrahlt wurden, weder toxikologisch, noch ernährungsphysiologisch oder mikrobiologisch ein besonderes Risiko darstellen (WHO 1981). Heute bestehen in 35 Ländern Bewilligungen für die Bestrahlung von Lebensmitteln und das Inverkehrbringen dieser Produkte. Weltweit wurden Bewilligungen für über 40 verschiedene bestrahlte Lebensmittel erteilt (Tab. 1; IAEA 1991, 1993a, 1993b). Jedoch wird bisher nur ein geringer Teil dieser Bewilligungen kommerziell ausgenützt (IAEA 1988, 1992, 1994). Konsumentenorganisationen verlangen nun, dass bestrahlte Lebensmittel gekennzeichnet werden müssen. Viele Befürworter einer Lebensmittelbestrahlung sind jedoch dagegen, weil sie fürchten, dass ganze Konsumentengruppen die so gekennzeichneten Produkte boykottieren könnten. Als Argument führen sie ins Feld, dass andere lebensmitteltechnologische Verfahren auch nicht deklariert werden müssten. Im weiteren lasse sich eine solche Massnahme auch aus wissenschaftlichen Gründen nicht rechtfertigen, da bisher kein Beweis für ein erhöhtes gesundheitliches Risiko durch den Verzehr bestrahlter Nahrungsmittel gefunden worden sei. Dieser Ansicht steht entgegen, dass gekennzeichnete Lebensmittel es jedem Verbraucher ermöglichen würden, die ihm zusagenden Produkte auszuwählen. Als Logo für eine erfolgte Strahlenbehandlung wird ein durchbrochener Kreis, welcher eine stilisierte Pflanze umgibt,

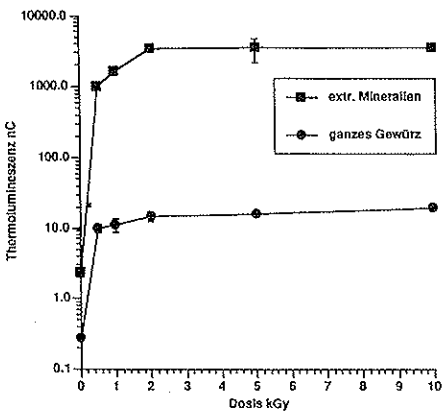

Abb. 4. Erkennung bestrahlter Lebensmittel mit Hilfe der Thermolumineszenz (TL): Gewürz/ Oregano.

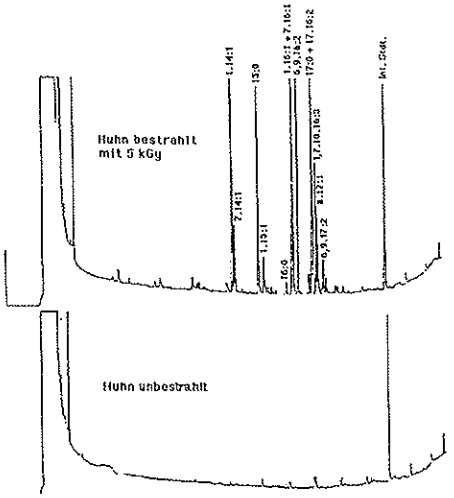

Abb. 5. Erkennung bestrahlter Lebensmittel mit Hilfe von Hochdruckflüssigkeits- und Gaschromatographie (HPLC-GC): Huhn.

nebst einer Inschrift vorgeschlagen. Gegner sind der Meinung, dass dieses Zeichen eher auf ein «biologisches» Produkt hinweist, als auf eine erfolgte Strahlenbehandlung und schlagen ihrerseits das Radioaktivitätszeichen als Symbol für bestrahlte Lebensmittel vor.

Gesetzliche Vorschriften in der Schweiz

Nach Artikel 11b der derzeit noch geltenden Lebensmittelverordnung ist das Inverkehrbringen von bestrahlten Lebensmitteln möglich, wenn eine Bewilligung des Bundesamtes für Gesundheitswesen (BAG) vorliegt. Dazu muss das betreffende Produkt den andern Anforderungen dieser Verordnung entsprechen und eine Notwendigkeit der Behandlung bestehen (SLV 1991). In der neuen Lebensmittelverordnung (NSLV 1995), welche am 1. Juli 1995 in Kraft treten soll, entfällt diese letzte Forderung. Das Lebensmittel muss jedoch entsprechend den Bedingungen der UNO-Organisationen WHO und FAO sowie des Codex Alimentarius, einer internationalen Normen-Kommission für Lebensmittel, bestrahlt und entsprechend gekennzeichnet sein. Bisher wurde noch keine solche Bewilligung erteilt.

Wie verhält sich die EU?

Verschiedene EU-Mitglieder erlauben die Strahlenbehandlung und das Inverkehrbringen von bestimmten bestrahlten Lebensmitteln. Bisher ist man in der EU noch zu keinem abschliessenden Konsens betreffend die Nahrungsmittelbestrahlung gelangt. Vorläufig gilt, dass jedes Land Lebensmittel entsprechend den eigenen

Gesetzen behandeln und diese auch in andere EU-Länder exportieren darf. Bestrahlte Lebensmittel müssen deklariert sein.

Vorteile für die Schweiz?

Der Einsatz ionisierender Strahlung könnte durchaus auch für die Schweiz interessant sein. Ich erinnere hier an das Salmonellen-Problem beim Geflügel, die Listeriose-Infektionen durch kontaminierten Vacherin-Käse oder die zunehmende Zahl von Campylobakter-Infektionen, welche durch verseuchtes Fleisch oder andere Lebensmittel tierischer Herkunft verursacht werden. In den USA wird zurzeit die Tatsache, dass kürzlich eine *Escherichia coli*-Epidemie in Zusammenhang mit Hamburgern ausbrach, zur Propagierung der Strahlenbehandlung von Fleisch benützt. Auch mikrobiologisch kontaminiertes Tierfutter kann ein hygienisches Problem für unsere Lebensmittel darstellen. Die Strahlensterilisierung von Verpackungsmaterial würde zum Beispiel bei Milch-Frischprodukten eine verbesserte Haltbarkeit bewirken.

Keine Verdrängung traditioneller Verfahren

Der Einsatz ionisierender Strahlung in der Lebensmitteltechnologie soll keineswegs traditionelle Verfahren wie Erhitzen, Trocknen, Salzen, Räuchern, Fermentieren, Tiefgefrieren etc. ersetzen. Die Lebensmittelbestrahlung wäre ein zusätzliches Mittel in der Hand des Lebensmitteltechnologen, das dort eingesetzt wird, wo andere Möglichkeiten versagen.

Importierte Lebensmittel

Eine allfällige Strahlenbehandlung von Lebensmitteln in der Schweiz lässt sich leicht kontrollieren. Ein grosser Teil der in der Schweiz verbrauchten Lebensmittel wird jedoch importiert. Diese kommen oft aus Ländern, in denen Klima, grosse Distanzen und fehlende Infrastrukturen dafür verantwortlich sind, dass ein erheblicher Teil der jährlich produzierten Nahrungsmittel verdirbt. In diesen Ländern sehen die verantwortlichen Leute in der Lebensmittelbestrahlung ungleich grössere Perspektiven für ihre Länder, als wir das in der Schweiz tun. Importierte, leicht verderbliche Produkte, zum Beispiel Meeresfrüchte, könnten deshalb durchaus strahlenbehandelt sein. Den Schweizer Konsumenten kann es nicht gleichgültig sein, wie diese Nahrungsmittel vor dem Grenzübertritt behandelt wurden. Die Lebensmittelkontrolle kommt deshalb nicht darum herum, sich mit bestrahlten Lebensmitteln zu befassen. Es müssen umfassende Informationen eingeholt und eigenständige Untersuchungen durchgeführt werden. Die Zusammenarbeit mit entsprechenden Stellen im Ausland und die Normierung der entwickelten Analysenmethoden hat, wie bereits berichtet, zu grossen Fortschritten bei der routinemässigen Erkennung bestrahlter Lebensmittel geführt.

Zulassung - ja oder nein?

Objektiv gesehen sprechen manche Argumente für eine Zulassung bestrahlter Lebensmittel, obwohl es auch Gründe gibt, welche gegen eine Anwendung des Verfahrens sprechen. Der Entscheid, ob bestrahlte Lebensmittel auch in der Schweiz zugelassen werden, ist letzten Endes - auch mit der neuen Lebensmittelverordnung - ein politischer Entscheid. Dabei müssen neben wissenschaftlichen und wirtschaftlichen auch emotionelle Argumente, zum Beispiel die Angst, zur Kenntnis genommen und in den Entscheidungsprozess einbezogen werden.

LITERATUR

Das vollständige Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

L'irradiation des denrées alimentaires - état actuel

L'irradiation des denrées alimentaires a pour but de prolonger la durabilité et d'améliorer l'état hygiénique des produits traités. Pour cela, on emploie les rayons ionisants: la radiation gamma émise par des isotopes cobalt-60 et césium-137 ou des rayons d'électrons produits par des accélérateurs d'électrons. L'emploi de la radiation ionisante fait peur à beaucoup de gens. C'est compréhensible, mais guère justifié au vu des connaissances actuelles. Une commission d'experts de OMS/FAO/AIEA avait déjà constaté en 1980 que les aliments irradiés avec une dose moyenne de 10 kGy ne présentent pas de risque toxicologique, physiologique ou microbiologique particulier. A ce jour, les aliments irradiés sont autorisés dans 35 pays. Au cours de ces dernières années, les méthodes d'identification des aliments irradiés ont beaucoup progressé. Dans l'UE, la vente de denrées alimentaires irradiées déclarées est admise, si le traitement est autorisé dans le pays d'origine. En Suisse, ce traitement doit être légalisé par l'Office fédéral de la santé publique, mais jusqu'à présent, aucun aliment irradié n'a encore obtenu d'autorisation. Une part importante des denrées alimentaires consommées en Suisse est importée. Un traitement par radiations ionisantes dans les pays exportateurs ne peut pas être exclu. Des recherches s'imposent par conséquent dans ce domaine, surtout en ce qui concerne le processus et l'identification des aliments irradiés. Objectivement, plusieurs raisons plaident en faveur de l'admission de ce processus, mais un certain nombre d'aspects contreversés sont encore ouverts. En dernier ressort, la légalisation de l'irradiation des denrées alimentaires est une décision politique. Dans le débat, il faudra tenir compte aussi bien des arguments objectifs - économiques et scientifiques - que des arguments émotionels.

SUMMARY

Food irradiation - an update

Food irradiation is a process in food technology which aims at prolonging shelflife and improving microbial safety of the treated food products. To achieve this aim, ionizing radiation is used: Gamma rays originating from cobalt-60 or cesium-137 isotopes or electron beams produced by electron accelerators. The use of ionizing radiation in food technology evokes fears in many consumers. This is understandable but hardly justified on the basis of today's knowledge. In 1980 a WHO/FAO/IAEA expert committee concluded that the irradiaton of any food commodity up to an overall average dose of 10 kGy is not presenting any special toxicological, nutitional or microbial risks. Today, a total of 35 countries have authorized certain irradiated foods. In the last few years an enormous progress in identification of irradiated food was achieved. In the EU labelled irradiated food items may be sold in all countries, if food irradiation in the country of origin is authorized. In Switzerland the authorization of irradiated food items is possible, but until now the health authorities have not given such a permission. A great part of food stuffs consumed in Switzerland is imported. It can not be excluded that some of them were irradiated in foreign countries. So, independent research work in this field, particularly in identification of irradiated food, is required. Objectively seen, many reasons speak in favour of the new process but there are also quite a number of controversial points which remain. The legislation of food irradiation is a political question. Besides of rational arguments - scientific and economic - also emotional arguments have to be taken into consideration.

KEY WORDS: food irradiation, food law, food conservation, ionizing radiation, radioactive isotops, consumer attitude, legislation