Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 76 (1985)

Heft: 1

Artikel: Lebensmittelbestrahlung = Food irradiation

Autor: Kampelmacher, E.H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-982350

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: 10.07.2025

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

Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 10–27 (1985)

E. H. Kampelmacher, Laboratorium für Lebensmittelmikrobiologie und -hygiene, Landwirtschaftliche Hochschule, Wageningen und Reichsinstitut für die Volksgesundheit und Umwelthygiene, Bilthoven

Lebensmittelbestrahlung

Food Irradiation

Einleitung

Die konservierende Wirkung von Strahlenenergie gehört zu den frühesten Erkenntnissen bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln. Trocknen und Salzen, d. h. Herabsetzen der Wasseraktivität, wodurch das Wachstum von Mikroorganismen unterbunden wird, ist zweifelsohne eine der ersten Methoden gewesen, um Lebensmittel für längere Zeit vor Verderb zu schützen. Die Römer haben dies mit dem Spruch «Sole ac sale omnia conservatur» («Sonne und Salz erhalten alles») kurz und kräftig zusammengefasst. Zu einer ersten wissenschaftlichen Beurteilung kommt F. Minck 1896 in der «Münchner Medizinischen Wochenschrift» in einer vorläufigen Mitteilung über «Zur Frage über die Einwirkung der Röntgenschen Strahlen auf Bakterien und ihre eventuelle therapeutische Verwendbarkeit», nachdem er bereits seit 1892 systematisch den Einfluss von Licht auf Bakterien untersucht hat.

Sowohl in der Zeit vor als auch nach dem Ersten Weltkrieg wurden verschiedene Experimente mit Kathoden- und Ultraviolett-Strahlen in ihrer Wirkung auf Bakterien beschrieben. Die Anwendung von Elektronen- bzw. γ-Strahlen, ob durch Elektronenbeschleuniger oder durch radioaktive Elemente wie vor allem Co^{60} erzeugt, wurde erst nach dem Zweiten Weltkrieg intensiv in Angriff genommen, wobei militärische Bedürfnisse nach guter und schneller Lebensmittelkonservierung eine wichtige Rolle gespielt haben. In diesem Zusammenhang sind vor allem die grundlegenden Untersuchungen in den amerikanischen Armeelaboratorien in Natick zu nennen.

Unabhängig von den militärischen Bedürfnissen, die auf vielen Gebieten den Anstoss zur wissenschaftlichen Innovation gegeben haben, wird seit jeher nach besseren und billigeren Konservierungsmethoden gesucht. Trotz der langen Geschichte der Lebensmittelkonservierung, die mit Trocknen, Räuchern und Pökeln begonnen hat und die durch N. Apert mit der Einführung von Konserven, durch die grundlegenden Untersuchungen von L. Pasteur bezüglich Abtötung von Bak-

terien mittels Hitzeeinwirkung und durch die Anwendung von Tiefkühlung, Gefriertrocknung, Uperisation und letztlich Lebensmittelbestrahlung immer weiter vorangetrieben wurde, ist eine umfassende Lösung des Problems noch nicht in Sicht. Solange noch in sehr vielen Regionen unserer Welt ein Viertel bis ein Drittel der Lebensmittelproduktion oder der Ernte durch Verderb verloren geht und solange noch aus unseren Lebensmitteln, auch und vor allem in hochentwickelten Ländern, pathogene Keime in hohen Prozentsätzen isoliert werden können, muss die Suche nach besseren Konservierungsmethoden fortgesetzt werden. Hierbei muss gleich vorweggenommen werden, dass unsere heutigen Methoden nicht schlecht sind, im Gegenteil, die Pasteuriserung von Milch hat sich voll bewährt, die Fermentation ist in vielen Teilen der Welt eine überaus wichtige Konservierungsmethode, die Konserven- und Tiefkühlkostindustrie hat die Möglichkeit geschaffen, Produkte sehr lange und, was die Qualität betrifft, sehr gut haltbar zu machen und, was vor allem die Konserven betrifft, gesundheitlich einwandfrei herzustellen. Die Gefriertrocknung hat eine ganze Reihe von Produkten mit ausgezeichneter Haltbarkeit und einem hohen Grad von Sicherheit hervorgebracht. Das Problem ist nur, dass all diese guten Methoden nicht überall und nicht immer angewendet werden können, sei es aus finanziellen Gründen (hauptsächlich Investitions- und Energiekosten in Konserven-, Tiefkühl-, Gefriertrocknungsindustrie), sei es aus Gründen der Konsistenz- und Geschmacksveränderung (Pökeln, Fermentation), sei es aus Gründen eventueller Gefahr für die Gesundheit (Räuchern).

Es muss gleich vorweggenommen werden, dass die Lebensmittelbestrahlung nicht die Lösung all dieser Probleme gebracht hat. Die Einführung eines neuen Produktes oder einer neuen Methode durchläuft in den meisten Fällen drei Phasen, nämlich die der zu hohen Erwartungen, die der kritischen Bewertung und die der unvermeidlichen Enttäuschung. Ein sehr gutes Beispiel für diese Phasen in der Lebensmittelkonservierung war die vor einigen Jahrzehnten mit grossen Erwartungen angewendete Antibiotikakonservierung, die sich nach kritischer Bewertung, wobei vor allem das schnelle Entstehen von resistenten Bakterien im Vordergrund stand, schliesslich als völlig ungeeignet erwies und die heute so gut wie nicht mehr angewendet wird.

Auch in der Lebensmittelbestrahlung hat man diese Phasen nur allzu gut kennengelernt. Es gibt wahrscheinlich wenig Untersuchungsgebiete, in denen in den letzten Jahrzehnten so stark eine Stimmung zwischen «himmelhoch jauchzend» und «zu Tode betrübt» geherrscht hat wie bei der Lebensmittelbestrahlung. Es gibt aber andererseits wenige Technologien, die so gründlich und über soviele Jahre auf ihre Effekte, ihre Schädlichkeit bzw. Unschädlichkeit für die menschliche Gesundheit und auf ihre Vor- und Nachteile geprüft wurden wie die Behandlung von Lebensmitteln mit ionisierenden Strahlen. Wenn man heute zum Beispiel das Kochen, vor allem aber das Braten einschliesslich des Grillens und Barbecuens einer so kritischen Bewertung unterziehen würde, wie dies toxikologisch und mikrobiologisch bei der Lebensmittelbestrahlung während mehr als 30 Jahren in zahlreichen Laboratorien der Welt geschehen ist, dann erhebt sich zweifelsohne die Frage, ob die Weltgesundheitsorganisation (WHO) diese Lebensmittel-

zubereitungsmethoden heute als gesundheitlich einwandfrei empfehlen würde. Eine solche Empfehlung wurde von dieser Organisation zusammen mit der FAO und der IAEA vor einigen Jahren für die Bestrahlung von Lebensmitteln mit Dosierungen bis zu 10 kGy wohl gegeben.

Was ist Lebensmittelbestrahlung?

Bei der Lebensmittelbestrahlung werden zwei Strahlenarten verwendet, und zwar Elektronen- oder β-Strahlen, die durch Elektronenbeschleuniger erzeugt werden, und γ-Strahlen, die für unseren Zweck hauptsächlich von den radioaktiven Elementen Co^{60} und Ce^{137} ausgestrahlt werden. Eine Übersicht des elektromagnetischen Spektrums wird in Abbildung 1 gegeben. Der Elektronenbeschleuniger hat den grossen Vorteil, dass es sich um eine Maschine handelt, die zu jeder Zeit abgeschaltet werden kann, jedoch den ebenso grossen Nachteil, dass die Strahlen eine geringe Durchdringung von nur einigen cm haben und deshalb nur zur Oberflächendekontamination verwendet werden können. Bei den durch die radioaktiven Elemente erzeugten Strahlen ist die Durchdringung einschliesslich des Verpackungsmaterials einerseits viel effektiver, andererseits aber handelt es sich hier um technisch relativ komplizierte Anlagen, die zwar 24 Stunden in Betrieb sein können, aber auch einer permanenten Kontrolle und Überwachnung bedürfen. Bei der Bestrahlung, wie sie heute in vielen Ländern praktisch durchgeführt wird, steht die Anwendung von Co^{60} im Zusammenhang mit seiner höheren Energie und dem damit besseren Durchdringungsvermögen bei weitem an der Spitze. Die Eigenschaft der Durchdringung ist bei der Lebensmittelbestrahlung von grösster Bedeutung, da man somit Lebensmittel verpackt behandeln und damit eine weitere Kontamination ausschliessen kann.

Die Strahlungsdosierung ist bei der Abtötung von Mikroorganismen, dem eigentlichen Zweck der Lebensmittelbestrahlung, von grosser Bedeutung. Abhängig von dieser Dosierung, die, was die verschiedenen Werte betrifft, in Tabelle 1 zusammengefasst ist, lassen sich verschiedene mikrobielle Effekte erzielen, wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist. Der Effekt der Strahlung ist kumulativ und direkt proportional mit der Totaldosis und hängt im übrigen auch von der Komplexität des Materials ab. Die Einwirkung auf lebende Bestandteile ist viel ausgesprochener als auf tote Bestandteile, d. h. dass Organismen mit potentiellem Wachstums-

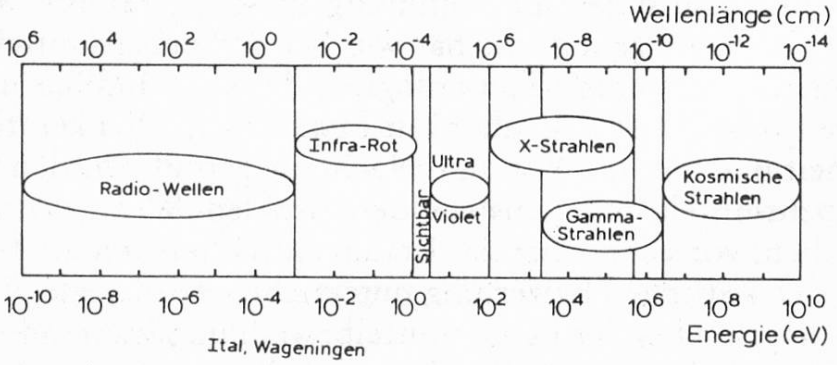

Abb. 1. Elektro-magnetisches Spektrum

vermögen, wie z. B. Bakterien, schneller beschädigt und abgetötet werden, als ruhende («dormancy») Zellen, wie z. B. Bakteriensporen. Im übrigen sind höhere Organismen, die aus mehr als einer Zelle aufgebaut sind, wie z. B. Parasiten, viel

Tabelle 1. Nomenklatur

1 rad	= 100 erg/g = 0,01 Joule/kg	1 Gy	= 1 Joule/kg	= 100 rad
1000 rad	= 1 krad	1 kGy	= 100 000 rad	= 100 krad
1000 krad	= 1 Mrad	10 kGy	= 1000 krad	= 1 Mrad

Tabelle 2. Mikrobiologische Strahleneffekte (dosisabhängig)

Desinfestation	(Insekten, Larven, Eier)
Dekontamination	(nicht sporenbildende pathogene Mikroorganismen)
Pasteurisation	(Reduktion von Mikroorganismen; «shelf-life»-Verlängerung)
Sterilisation	(Destruktion aller Mikroorganismen)

empfindlicher als einzellige Organismen, wie z. B. Bakterien. Dies bedeutet in der Praxis, dass z. B. Insekten und Parasiten mit Dosierungen < 1 kGy abgetötet werden können, Dosierungen, die auch das Auskeimen von Kartoffeln und Zwiebeln unterbinden, während zur Abtötung von Bakterien abhängig davon, ob man pasteurisieren oder sterilisieren will, Dosierungen von 2–60 kGy erforderlich sind.

Bei Laien taucht immer wieder die Frage auf, ob durch die Einwirkung von radioaktiven Strahlen Lebensmittel oder Verpackungen, vor allem wenn es sich um Metall handelt, nicht auch radioaktiv werden. Die Antwort auf diese Frage kann ganz deutlich und kurz sein. Ebensowenig wie jemand, der unter einer brennenden Glühbirne sitzt, elektrisch geladen wird, kann ein Lebensmittel oder die Verpackung bei der bei der Bestrahlung verwendeten, relativ geringen Energie radioaktiv werden. Wohl treten durch die Strahlen Veränderungen im Zellkern und Protoplasma von Mikroorganismen auf, auf denen ja die Anwendung zur Abtötung beruht. Diese Veränderungen beschränken sich jedoch nicht nur auf Mikroorganismen, sondern umfassen auch alle anderen Zellbestandteile des Lebensmittels. Es sind diese Veränderungen, die physiologisch und gegebenenfalls toxikologisch, wie bereits erwähnt, ausführlich untersucht wurden.

Wozu Lebensmittelbestrahlung?

Um diese Frage, die sich spezifisch auf Bestrahlung richtet, beantworten zu können, muss man zuerst einmal wissen, aus welchen Gründen Behandlungstechniken von Lebensmitteln überhaupt nötig sind. Hierbei spielen zwei Probleme die weitaus wichtigste Rolle, nämlich Vorbeugung von Verderb und Abtötung von pathogenen Mikroorganismen. Was den Verderb von Lebensmitteln betrifft, spielt dieser, wie bereits erwähnt und wie jedem von uns zweifelsohne bekannt, eine sehr bedeutende Rolle bei der Lebensmittelversorgung der Weltbevölkerung.

Nach Angaben der FAO geht ein Viertel bis ein Drittel der Ernte bzw. der Produktion vor allem von leicht verderblichen Lebensmitteln wie Früchten und Gemüsen, Fisch, Weich- und Schalentieren, Fleisch und Fleischerzeugnissen, Milch und Milchprodukten durch Verderb verloren, übrigens in starker Abhängigkeit von den klimatologischen und ökologischen Umständen der jeweiligen Region. Unter Verderb ist hier nicht nur mikrobieller Verderb zu verstehen, sondern auch Verlust des Lebensmittels durch Auskeimen (Kartoffeln, Zwiebeln) und Befall bzw. Frass durch Parasiten, eine Verderbsart, die bei Getreide eine überwiegende Rolle spielt. Diese Arten des Verderbs werden heute vor allem mit chemischen Mitteln bekämpft, die aus toxikologischer Sicht nicht unbedenklich sind. Die Bestrahlung von Kartoffeln und Zwiebeln zur Vorbeugung des Auskeimens mit Dosierungen von 0,1 bis 0,15 kGy ist eine der ältesten praktizierten Bestrahlungsanwendungen, die heute in vielen Ländern in mehr oder weniger grossem Umfang erfolgt und als Alternativverfahren gegenüber Behandlung mit Chemikalien anzusehen ist. Was den Parasitenbefall betrifft, können hierbei mit relativ niedrigen Dosierungen von 0,2 bis 1 kGy ausgezeichnete Resultate erzielt werden. Je höher ein Organismus entwickelt ist, desto empfindlicher ist er, wie bereits erwähnt, für Strahlenschädigung, eine Tatsache, von der dankbar Gebrauch gemacht werden kann, nicht nur bei der Bekämpfung von Verderbsparasiten, sondern auch bei den pathogenen Parasiten, die im Fleich vorkommen. Die Bestrahlung von Getreide, Getreideprodukten, getrockneten Früchten, Kakaobohnen, Konzentraten usw. hat den zusätzlichen Vorteil, dass die Ware vor der Bestrahlung verpackt werden kann, wodurch ein erneuter Parasitenbefall so gut wie unmöglich wird. Der Vorteil der Bestrahlung nach dem Verpacken spielt natürlich auch bei der Vorbeugung vor mikrobiellem Verderb und Kontamination von Lebensmitteln mit pathogenen Keimen eine ausserordentlich wichtige Rolle.

Gegen mikrobiellen Verderb, der durch Bakterien, Schimmel und Hefen hervorgerufen wird, hat sich Bestrahlung mit niedrigen bis sehr niedrigen Dosierungen bei der Haltbarkeitsverlängerung als sehr effektiv erwiesen. Hierbei muss in erster Linie an schnellem Verderb unterliegende Früchte, wie z. B. Erdbeeren, gedacht werden, wobei nach Bestrahlung der vorverpackten Ware mit ca. 2 kGy zumindest eine Verdoppelung der Lagerzeit erreicht werden kann. Auch vorverpackte Gemüsesorten, z. B. Spargel und Champignons, können mit Dosierungen von 0,5 bis 2 kGy länger haltbar gemacht werden. Die Haltbarkeitsverlängerung von Früchten und Gemüsen kann vor allem im internationalen Handel, wobei Waren aus tropischen und subtropischen Gebieten über weite Entfernungen transportiert werden müssen, von Bedeutung sein. Immer mehr sind Früchte und Gemüsesorten aus der ganzen Welt in den sogenannten reichen Ländern fast ganzjährlich erhältlich, und es ist offensichtlich, dass der Export dieser Waren, vor allem aus Entwicklungsländern, für diese von ökonomischer Bedeutung ist. Bestrahlung von z. B. Bananen, Mangos, Papayas, frischen Datteln sowie verschiedenen tropischen Gemüsesorten hat sich bei der Verderbsvorbeugung sehr gut bewährt und könnte in Zukunft zu der so nötigen Exportsteigerung der Entwicklungsländer beitragen. Vor allem in Südafrika wurden auf diesem Gebiet nicht nur Experimente durchgeführt, sondern es erfolgten auch Anwendun-

gen in grossen Masse, die sich sehr gut bewährt haben. Auch beim mikrobiellen Verderb von Produkten tierischer Herkunft wie Fisch, Fleisch und Geflügel ist die Anwendung von Strahlen zur Haltbarkeitsverlängerung von Bedeutung. Aber da bei diesen Produkten Vorbeugung vor Verderb und die Notwendigkeit der Dekontamination mit Bezug auf pathogene Keime Hand in Hand gehen, möchte ich diese Problematik zusammen besprechen.

Das grosse Publikum ist heute davon überzeugt, dass Krebs sowie Herz- und Gefässkrankheiten die Killer der 2. Hälfte unseres Jahrhunderts sind, während Infektionskrankheiten keine wichtige Rolle mehr spielen. So richtig der erste Teil dieser Meinung ist, so falsch ist der zweite. Zwei wichtige Aktivitäten des menschlichen Lebens, nämlich Sex und Essen, haben in den letzten Jahrzehnten zu einer Wiedergeburt der Infektionskrankheiten geführt mit der Folge, dass in der ganzen Welt die Zahl der infektiösen Geschlechtskrankheiten und der Lebensmittelinfektionen und -vergiftungen in bedeutendem Masse zugenommen hat und noch zunimmt. Die durch Lebensmittel ausgelösten Krankheiten sind darauf zurückzuführen, dass heute ein relativ hoher Prozentsatz von Lebensmitteln tierischer Herkunft, wobei vor allem Fleisch und Geflügel eine wichtige Rolle spielen, mit pathogenen Keimen sowie Salmonellen, Campylobacter, Staphylokokken und Chlostridien, um nur die wichtigsten zu nennen, kontaminiert sind. Der Grund hierfür sind die nach dem Zweiten Weltkrieg massiv importierten kontaminierten Futtermittel, wodurch Tiere in hohen Prozentsätzen klinisch gesunde Keimträger wurden, die Massenaufzucht, -schlachtung und -verarbeitung dieser Tiere und deren Produkte, die Umweltverschmutzung und die damit zustande gekommenen Kontaminationskreisläufe, in denen Abfall- und Oberflächenwasser, Boden, Nagetiere, Insekten, Vögel und der Mensch selbst eine Rolle spielen und schliesslich die veränderten Zubereitungs- und Verzehrsgewohnheiten. Obwohl die genannten Lebensmittel als solche in den meisten Fällen nicht so stark kontaminiert sind, dass sie direkt Krankheiten auslösen, kommt es doch zu Oberflächenkontaminationen in der Küche (Schneidebretter, Hände, Messer usw.) mit der Möglichkeit einer schnellen Keimvermehrung. Hierbei spielt vor allem die Kontamination erhitzter und noch warmer Speisen (Brathähnchen, Fleischstücke, Puddings), die nicht schnell abgekühlt werden, eine wichtige Rolle. Aufgrund dieser Tatsachen wird immer wieder in der Presse von umfangreichen Ausbrüchen berichtet, während es in den Familien und Einrichtungen mit Gemeinschaftsverpflegung permanent zu Krankheiten, hauptsächlich verursacht durch Salmonellen und Campylobacter, kommt.

Ausser den Bakterien bedrohen auch Parasiten im Lebensmittel sowie Cysticercen, Echinokokken, Trichinen und Toxoplasma, abhängig von den verschiedenen Regionen, noch immer die Gesundheit des Menschen.

Alle bis jetzt genannten Risiken für die Gesundheit des Menschen sind entweder durch die Aufzucht von Tieren, die frei von pathogenen Keimen sind, oder durch Behandlung des Lebensmittels zum Zwecke der Dekontamination oder durch Information der Konsumenten darüber, dass alle potentiell gefährlichen Lebensmittel gekühlt aufbewahrt und vor dem Verzehr erhitzt werden müssen, zu unterbinden. Der erste Weg, nämlich Aufzucht von Tieren, die nicht infiziert

sind, ist vorläufig in grossem Ausmass nicht zu realisieren, während der letztgenannte Weg die Verantwortung allein beim Konsumenten lässt, ganz abgesehen von der Tatsache, dass dieser die nötige Information und die Bereitschaft zur Anwendung der Massnahmen besitzen muss. Die meist ideale Situation wäre Behandlung eines Lebensmittels auf solche Weise, dass damit die Gefahr für die Gesundheit des Konsumenten soweit wie möglich ausgeschlossen wird. Das beste Beispiel hierfür ist die Milchpasteurisierung, die Milch zu einem gesundheitlich einwandfreien Lebensmittel gemacht hat. Leider beschränkt sich diese Behandlungsmethode nur auf flüssige Bestandteile, während andere Hitzebehandlungen, wie z. B. Konservierung, nicht bei rohem Fleisch und Geflügel, bei Lebensmitteln also, die heute weitaus am meisten kontaminiert sind, angewendet werden können. Hier bietet sich die Bestrahlung als eine mögliche Methode zur Dekontamination an, wobei gleich vorweggenommen werden soll, dass damit nicht eine 100prozentige Lösung des Problems erzielt werden kann. Wie bei allen anderen Konservierungsmethoden, so bestehen auch bei der Bestrahlung Einschränkungen, und es muss kritisch untersucht werden, bei welchen Lebensmitteln Bestrahlung angebracht ist und bei welchen nicht.

Welche Lebensmittel eignen sich für Bestrahlung?

Was die Haltbarkeitsverlängerung, das Auskeimen und den Parasitenbefall betrifft, habe ich bereits eine Anzahl von Lebensmitteln genannt, bei denen Bestrahlung zu postiven Effekten führt.

Ich möchte jetzt ihre Aufmerksamkeit auf einige Lebensmittel lenken, deren Bestrahlung heute sehr aktuell ist und bei denen bereits sehr gute Erfolge mit dieser neuen Technologie erzielt wurden. Hierbei sind in erster Linie Gewürze zu nennen, die in vielen Fällen stark kontaminiert sind und dadurch Schwierigkeiten bei der weiteren Verarbeitung, z. B. in Fleischwaren, verursachen. Es handelt sich hierbei meistens um potentielle Verderbkeime, aber auch pathogene Keime sind regelmässig in Gewürzen zu finden und haben in den letzten Jahren ebenfalls einige Male zu Lebensmittelinfektionen bei Menschen geführt. Aus diesen Gründen werden Gewürze regelmässig vor allem mit Gasen wie Ethylenoxiden dekontaminiert, eine Behandlung, die aus toxikologischer Sicht nicht unbedenklich ist. Hier bietet sich als alternative Behandlung die Bestrahlung mit 5 bis 10 kGy an, wobei mit dem Vorteil der Vorverpackung und damit Unterbindung erneuter Kontaminationen sehr gute Resultate erzielt werden. Eine Bestrahlung von Gewürzen wird bereits seit vielen Jahren in verschiedenen Ländern, wie z. B. in den Niederlanden und in Ungarn, mit Erfolg angewendet. Kürzlich wurden in den Vereinigten Staaten Gewürze für die Bestrahlung bis zu 10 kGy zugelassen.

Ein weiteres Lebensmittel, das für Bestrahlung in Betracht kommt, ist rohes Geflügel, das wie gesagt zu einem hohen Prozentsatz mit pathogenen Keimen behaftet ist, ohne dass sich ein praktisch durchführbares alternatives Dekontaminationsverfahren anbietet. Mit einer Dosierung von ca. 3 kGy kann eine Reduzierung von Salmonella um 3 Dezimalstellen und eine noch höhere Reduzierung

von Campylobacter erreicht werden, womit eine fast 100prozentige Dekontamination bewirkt werden kann. Auch andere Keime, wie z. B. Staphylokokken und die vegetative Form von Clostridium perfringens, werden mit der genannten Dosierung abgetötet. Dies bedeutet, dass heute mit der sogenannten low-level-Bestrahlung von frischem oder – noch besser – tiefgefrorenem, vorverpacktem Geflügel ein so gut wie gesundheitlich einwandfreies Produkt auf den Markt gebracht werden kann. Aufgrund der Bedeutung, die heute Geflügel und Geflügelprodukte beim Auftreten von Lebensmittelinfektionen haben, würde meiner Meinung nach eine solche Dekontamination, wenn in weitem Umfang angewendet, eine signifikante Abnahme der Lebensmittelinfektionen bedeuten. In den Niederlanden, Kanada und den UdSSR ist bestrahltes Geflügel für sogenanntes test-marketing freigegeben worden, bei Dosierungen von 3 bis 7 kGy. Die WHO hat eine Bestrahlung von Geflügel mit einer Dosierung bis maximal 7 kGy als «vorbehaltlos sicher für den menschlichen Konsum» erklärt (Tabelle 3).

Tabelle 3. Zulassung Lebensmittel tierischen Ursprungs in den Niederlanden

	Kategorie II	
Produkt	Dosierung (kGy)	Jahr der Zulassung
Garnelen	1,0 max.	1970/1976
Garnelen (tiefgefroren)	7,0 max.	1980
Froschschenkel (tiefgefroren)	5,0 max.	1978
Geflügelteile	3,0 max.	1971
Fischfilet	1,0 max.	1976/77
	Kategorie III	
Geflügelteile	3,0 max.	1976

Kategorie I nicht für unbeschränkten Handel, experimentelle Mengen bis zu 100 kg
Kategorie II beschränkte Mengen für Versuchszwecke bis zu einigen Tonnen
Kategorie III unbeschränkte Mengen mit bedingungsloser Zulassung

Für sogenanntes «rotes Fleisch» gelten, was die Kontamination und die Behandlung mit Strahlen betrifft, im grossen und ganzen dieselben Werte wie für Geflügel. Aber hier muss deutlich darauf geachtet werden, bei welchen Produkten Bestrahlung sinnvoll und praktisch durchführbar ist. Hierbei ist in erster Linie an Produkte zu denken, die wie Hackfleich und rohe Würste ohne jedwede Behandlung roh verzehrt werden. Vor allem bei Hackfleisch, das in den einzelnen europäischen Ländern nach unterschiedlicher Zubereitung konsumiert wird, oft mit pathogenen Keimen oder Parasiten behaftet ist und das auf keine andere Weise dekontaminiert werden kann, wäre Bestrahlung eine gute Behandlung zum Schutze des Konsumenten (Abb. 2–4). Bei Parasitenbefall, der noch immer in verschiedenen Regionen der Welt eine wichtige Rolle spielt, kommt Bestrahlung als alternative Behandlung für Tiefgefrieren in Betracht oder kann zusammen mit Tiefgefrieren angewendet werden, um die Energiekosten zu senken. Dosierungen von 0,2 kGy sind bereits ausreichend, um die Infektiosität von Trichinen

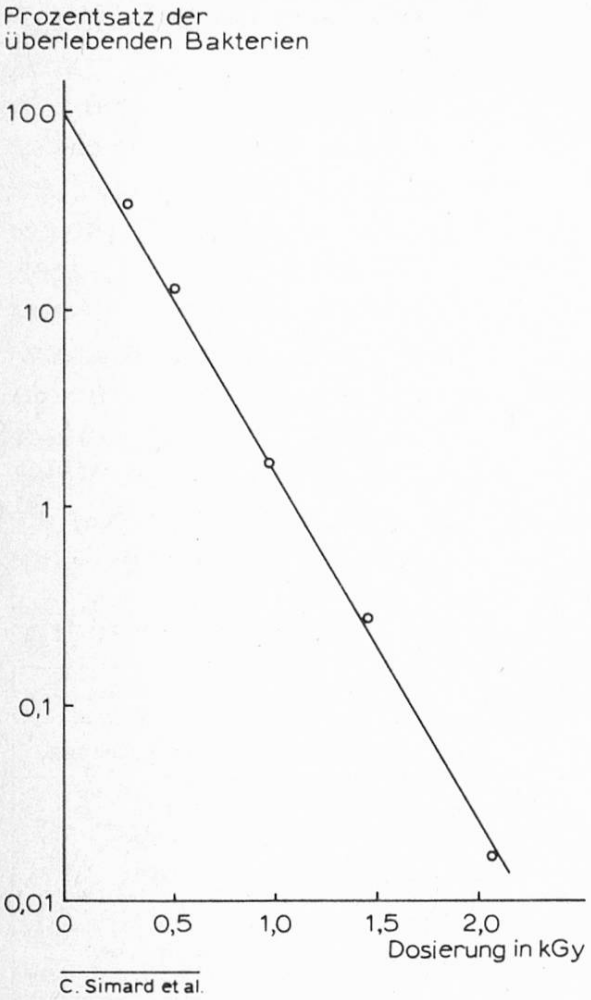

Abb. 2. Bestrahlungseffekt auf S.typhimurium in Hackfleisch

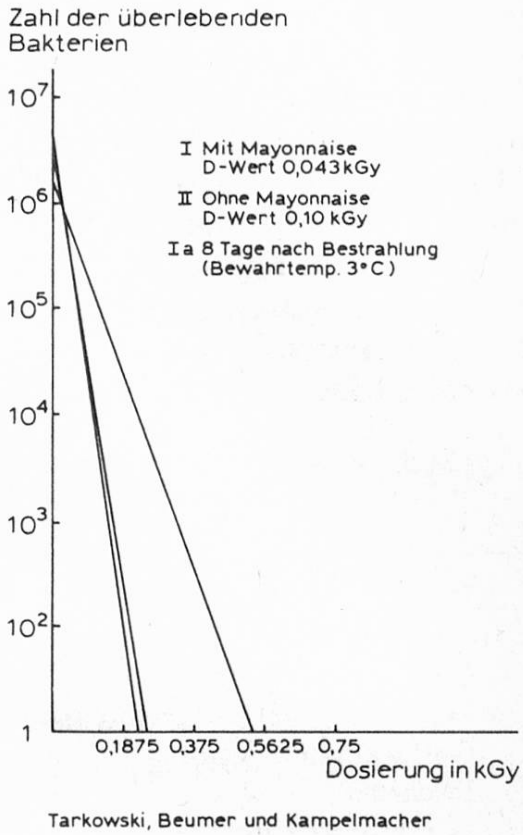

Abb. 3. Bestrahlungsresistenz von Y.enterocolitica in «filet americain»

und Toxoplasma zu unterbinden. Bis jetzt wurde vor allem in der UdSSR Fleisch, das mit 0,5 bis 3 kGy bestrahlt wurde, zu experimentellen Zwecken freigegeben.

Auch Fische, Schalen- und Weichtiere sind Gruppen von Lebensmitteln, bei denen sich die Behandlung mit γ-Strahlen sehr gut bewährt hat. In unserer gemässigten Klimazone muss hierbei in erster Linie an Haltbarheitsverlängerung gedacht werden, während diese Produkte in subtropischen Ländern sowohl mit Bezug auf Haltbarkeit als auch auf Kontamination mit pathogenen Keimen einer Behandlung bedürfen. Diese bei hohen Temperaturen sehr schnell verderblichen Waren, die in verschiedenen Gebieten der Erde als Eiweissquelle für die Bevölkerung von grosser Bedeutung sind, können durch Bestrahlung mit 0,5 bis 2,5 kGy für einige Zeit haltbar gemacht werden, vor allem in Kombination mit Salzen, Trocknen und Räuchern. Eine Endbehandlung mit γ-Strahlen tötet ausserdem Salmonellen, Staphylokokken, pathogene E.-coli-Stämme und Vibrionen ab, die zusammen mit pathogenen Parasiten in solchen Gebieten regelmässig in Fisch bzw. Schalen- und Weichtieren vorkommen. Ein Teil dieser Produkte wird tiefgefroren in die westlichen Länder exportiert mit allen Kontaminationsgefahren, die soeben genannt wurden. Eine Beginn dieses Jahres aufgetretene Ruhrepidemie

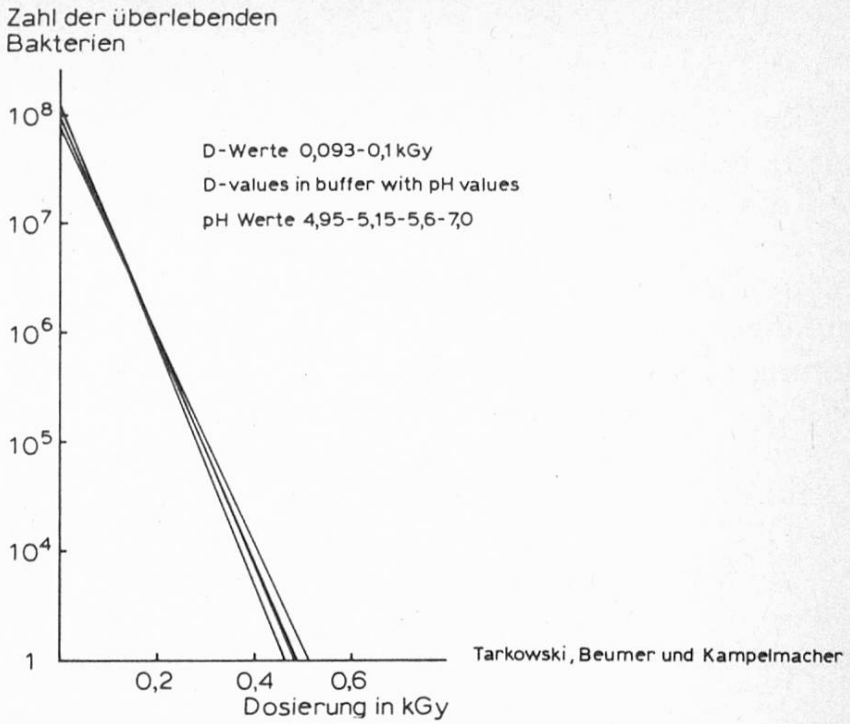

Abb. 4. Bestrahlungsresistenz von Campylobacter fetus subsp. jejuni in Pufferlösungen mit verschiedenen pH-Werten

nach Genuss von importierten Garnelen hat in den Niederlanden 14 Todesopfer zur Folge gehabt, ein Vorfall der die Bedeutung von Bestrahlung dieser Waren stark unterstrichen hat. Hierbei ist nicht nur an Garnelen- und Krabbenfleisch zu denken, sondern auch an Froschschenkel, die in grossen Mengen von verschiedenen europäischen Ländern und den USA eingeführt wurden.

Es gibt natürlich noch eine ganze Reihe von anderen Lebensmitteln, die zur Haltbarkeitsverlängerung oder mit Bezug auf Dekontamination für die Behandlung mit γ-Strahlen in Betracht kommen. Ich habe mich auf einige Beispiele beschränkt, die heute im Vordergrund der Interesse stehen.

Welche Nachteile hat Bestrahlung?

Wie bereits eingangs festgestellt, ist die ideale Konservierungsmethode noch nicht gefunden worden. Alle bis heute bekannten Technologien verändern das Lebensmittel oder können nur bei bestimmten Lebensmitteln angewendet werden. Auch für die Bestrahlung gelten diese Einschränkungen, wobei vor allem mit Geruchs- und Geschmacksveränderungen, aber auch mit Farb- und Konsistenzveränderungen sowie mit Verlust an Vitaminen und Nährstoffen zu rechnen ist. Bei Dosierungen zwischen 1 bis 10 kGy können diese Effekte, abhängig vom Lebensmittel (Geruch- und Geschmacksveränderung bei Lebensmitteln, die Fett enthalten) auftreten, während sie bei sehr hohen Dosierungen 40 bis 60 kGy) sowie diese zur Sterilisation von Lebensmitteln verwendet werden, sicherlich von Bedeutung sind. Vitaminverluste, wobei vor allem an Vitamin C gedacht werden muss, treten vor allem auf, wenn Luft während der Bestrahlung oder beim späteren Aufbewahren freien Zutritt zur Ware hat. Bei Vakuumverpackung kann dieser Verlust bedeutend herabgesetzt werden.

Zur Vermeidung von Geschmacks- und Geruchsveränderungen sind kombinierte Behandlungen von Bedeutung, wobei Bestrahlung von tiefgekühlten Waren mit oder ohne zusätzliche Vakuumverpackung erfolgt. Auch die Kombination von Bestrahlung und mässiger Hitzeeinwirkung (Pasteurisierungstemperaturen oder noch geringere Erhitzung) sind nicht nur eine Vorbeugung für Veränderungen, sondern verstärken auch den Bestrahlungseffekt, vor allem bei der Abtötung von Schimmel (Abb. 5).

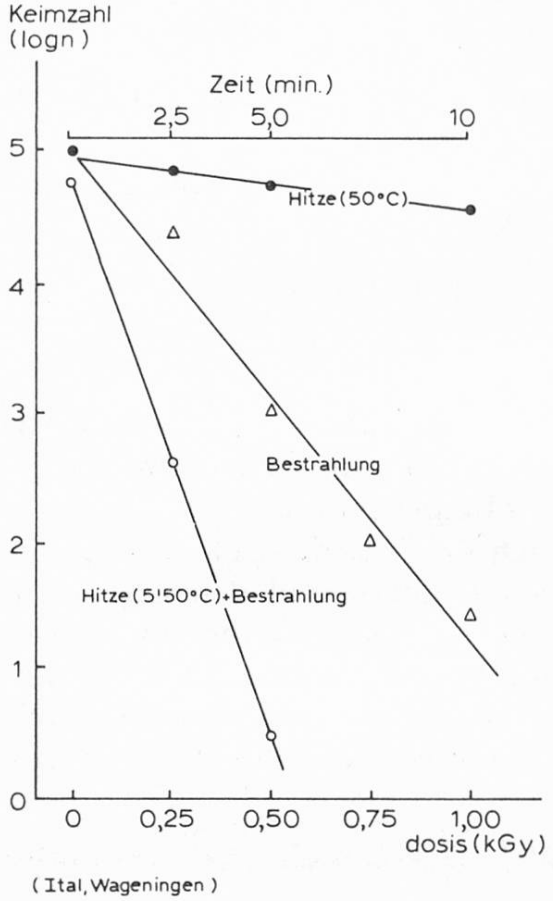

Abb. 5. Effekt von Hitze (50 °C), Bestrahlung und Hitze + Bestrahlung auf Penicillium expansum Sporen

Schliesslich muss noch eine potentielle Gefahr der Bestrahlung auf mikrobiologischem Gebiet genannt werden, und zwar die Behandlung von mit Cl. botulinum E kontaminierten Fischen und Fischprodukten mit γ-Strahlen.

Auch bei der Bestrahlungskonservierung besteht wie bei allen anderen Dekontaminationstechnologien die Gefahr, dass nach Auspacken des Lebensmittels mit keiner oder sehr geringer Keimzahl bei günstiger Temperatur eine eventuelle Kontamination mit pathogenen Keimen schnell zum Wachstum dieser Keime führen kann. Genauso wie bei allen andern Technologien sind auch bei Bestrahlung alle Anforderungen an eine gute hygienische Behandlung des Lebensmittels aufrechtzuerhalten.

Was kostet Bestrahlung?

Der Bau vom Bestrahlungsanlagen ist kostenintensiv, was auch in den Bestrahlungskosten zum Ausdruck kommt. Eine Anlage, mit der 5 t Lebensmittel pro Tag mit 10 kGy bestrahlt, werden können, wobei eine Quellenaktivität von 250 000 curies benötigt wird, kommt heute, was die Anschaffungskosten betrifft, auf einen Betrag von ca. 1,5 Mio sFr. Aufgrund der Halbwertszeit des Co^{60} von ca. 5 Jahren kommt dazu noch jährlich ein Beitrag von 80 000.– sFr. für die Erneuerung des Elementes. Die Energie, die bei den verschiedenen Konservierungsmethoden eingesetzt wird, ist ein wichtiger Faktor bei der Kostenbestimmung.

Tabelle 4. Energie, die für verschiedene Konservierungsmethoden nötig ist

5,5 Tage im Kühlschrank bis 0 °C	318 KJ/kg
Hitzesterilisation	918 KJ/kg
Tieffrieren	7,552 KJ/kg
Bestrahlung mit 3 kGy	17,8–95 KJ/kg

Aus Tabelle 4 geht hervor, dass die für Bestrahlung benötigte Energie bedeutend geringer ist als die Energie, die bei den Hitze- bzw. Kühltechnologien benötigt wird. Aufgrund dieser Tatsachen sind die Kosten für Bestrahlung von einigen Lebensmitteln mit verschiedenen Dosierungen in Tabelle 5 wiedergegeben. Im übri-

Tabelle 5. Bestrahlungskosten in Dollarcents

Keimhemmumg von Zwiebeln	0,10–0,15	kGy	$c.* 1.48/kg
Desinfestierung von Getreide	0,50–1,5	kGy	$c. 3.3 /kg
Dekontamination von Geflügel	3–4	kGy	$c. 5.5 /kg
Dekontamination von Gewürzen	8	kGy	$c. 11 /kg

* $c. = Dollar cent

gen sind die Bestrahlungskosten stark bedingt durch die zu behandelnden Mengen und die Betriebskontinuität der Anlage. So belaufen sich die Bestrahlungskosten nach Angaben von J. F. Diehl, Karlsruhe, für einige 100 kg Gewürze pro Tag auf etwa 400.– sFr. per Tonne, während bei 100 Tonnen per Tag und ganzjährigem Einsatz die Kosten ca. 40.– sFr. pro Tonne betragen. Ein zusätzlicher Kostenfaktor ist übrigens der Transport zu und von der Bestrahlungsquelle, wenn der Produktionsbetrieb nicht selbst über eine Anlage verfügt.

Im allgemeinen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei der Bestrahlungstechnologie der Kostenfaktor, im Vergleich mit anderen Technologien, nicht hemmend ist.

Warum keine Lebensmittelbestrahlung?

Ich glaube, dass nunmehr nach allem, was gesagt wurde, diese Frage übrigbleibt. Wenn die Effekte so günstig sind, die Beurteilung des Verfahrens durch unsere höchsten internationalen Gesundheitsgremien so positiv ausfällt, die negativen Aspekte so gering sind und die Technologie relativ billig ist, warum bestrahlen wir in Anbetracht der Tatsache, dass Technologien zur Haltbarmachung von Lebensmitteln und Dekontaminierung mit Bezug auf pathogene Keime wichtiger sind denn je, unsere Lebensmittel nicht?

Ich komme bei der Beantwortung dieser Frage auf das Gebiet der Politik und Psychologie, Gebiete, die nicht unmittelbar zum Fachgebiet Lebensmittelmikrobiologie gehören. Der Wissenschaftler sollte sich auf seinem Fachgebiet nicht mit Politik befassen. Da sich aber die Politik in zunehmendem Masse mit der Wissenschaft beschäftigt – und sie hat dazu sicher das Recht – muss man auch ab und zu imstande sein, Antworten zu geben. Dieses Bemühen kommt z.B. zum Ausdruck in einem Rundschreiben (Nr. A 16/83 des Bundes für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde in der BRD in dem es heisst: «Das Bundesministerium für Jugend, Familie und Gesundheit hat sich bedeckt gehalten, und es steht zu erwarten, dass die Bestrahlung aus politischen Gründen zunächst verboten bleiben wird, auch wenn aus gesundheitlicher Sicht keine Bedenken bestehen können».

Bestrahlung von Lebensmitteln wird heute in vielen Ländern aufgrund emotioneller Bedenken des Konsumenten nicht angewendet. Dieser Widerstand kommt auch in der Politik zum Ausdruck, wobei in manchen Ländern Zulassung und Gesetzgebung mit Bezug auf Lebensmittelbestrahlung nicht nur nicht gefördert, sondern sogar stark gehemmt werden. Es ist eine Tatsache, dass grosse Gruppen von Konsumenten in vielen Ländern heute, oder besser, heute noch immer eine grosse Abneigung haben gegen alles, was mit Atomkraft, Radioaktivität und Strahlen zu tun hat. Das Trauma Hiroshima ist noch nicht abgeklungen, und die heutigen Bedrohungen lassen es auch nicht vergessen. Die Frage bleibt natürlich, ob sich diese Mentalität, die auch Wissenschaftler sehr gut begreifen, auch auf eine Technologie wie die Lebensmittelbestrahlung erstrecken soll, die sich zwar radioaktiver Elemente bedient, aber andererseits in der Bekämpfung von Hunger und Krankheit heute eine bedeutende Rolle spielt. Diese Technologie hat nichts mit dem «Hiroshima-Trauma» zu tun und wird völlig zu Unrecht mit Atomwaffen in Zusammenhang gebracht. Ein früherer Staatssekretär in der Bundesrepublik Deutschland hat vor einigen Jahren mit Bezug auf das Problem Lebensmittelbestrahlung den Kirchenvater Augustinus zitiert, der sagte: «Mag es auch kein Übel geben, so gibt es doch die Furcht vor dem Übel». Diese Furcht, die in der Bevölkerung vor dem vermeintlichen Übel «Lebensmittelbestrahlung» zweifellos vorhanden ist, so sagte ihr früherer Staatssekretär, müsse ebenso ernst genommen werden wie die wissenschaftlichen oder wirtschaftlichen Argumente. Deshalb rate er davon ab, die Strahlenkonservierung in der Bundesrepublik Deutschland zuzulassen. Das Zitat ist aber nicht alles, was Augustinus gesagt hat. Im 22. Buch, Kapitel 23, über «Die besonderen Leiden der Guten», sagt der Kirchenvater auch

dies: «Stets müssen wir wachsam sein, dass wir nicht Schein für Wahrheit nehmen, dass arglistige Rede uns nicht bedrückt, die Finsternis eines Irrtums unseren Blick nicht verdunkelt, dass wir nicht Böses für gut, Gutes für böse halten, uns weder durch Furcht von Pflichterfüllung abhalten, noch durch Begierde zu pflichtwidrigem Tun hinreissen lassen». Der Kirchenvater hat übrigens recht, die Furcht ist vorhanden.

So reell die Furcht vor einem Übel auch sein möge, der Wissenschaftler ist der erste, um zu sagen, ob das Übel wohl ein Übel ist. Viele Kinder haben Angst, in ein dunkles Zimmer zu gehen. Wir als Erwachsene machen dann Licht und sagen: «Schau mal, es ist ja niemand da . . .». Ich habe noch niemals jemanden gehört, der zu dem Kinde sagte: «Bleib aus dunklen Zimmern weg! Pass auf, jemand kann unter dem Bett liegen . . .!».

Ich glaube, dass es mit Bezug auf die Lebensmittelbestrahlung höchste Zeit ist, das Licht anzumachen. Vor allem Wissenschaftler der Physik im allgemeinen und der Strahlungslehre im besonderen sollten zusammen mit dem Lebensmittelhygieniker alles tun um zu zeigen, dass das Übel kein Übel ist. Inzwischen erkennen die internationalen Organisationen und viele Länder das Problem der Ablehnung von bestrahlten Waren von Seiten des Konsumenten. Dies hat in den vergangenen Jahren zu verschiedenen Symposia und Besprechungen geführt, an denen auch Psychologen und Marketing-Fachleute teilgenommen haben. Hierbei kommt immer wieder zum Ausdruck, dass Information, Aufklärung über Tatsachen und objektive, nicht-emotionelle Besinnung des Konsumenten wichtig sind. Alle Fachleute sind sich jedoch darüber einig, dass dies ein mühevoller und langer Weg sein wird. Trotzdem wurden bis heute 40 verschiedene Lebensmittel in 28 Ländern zur Bestrahlung freigegeben. Ausserdem hat die Generalversamm-

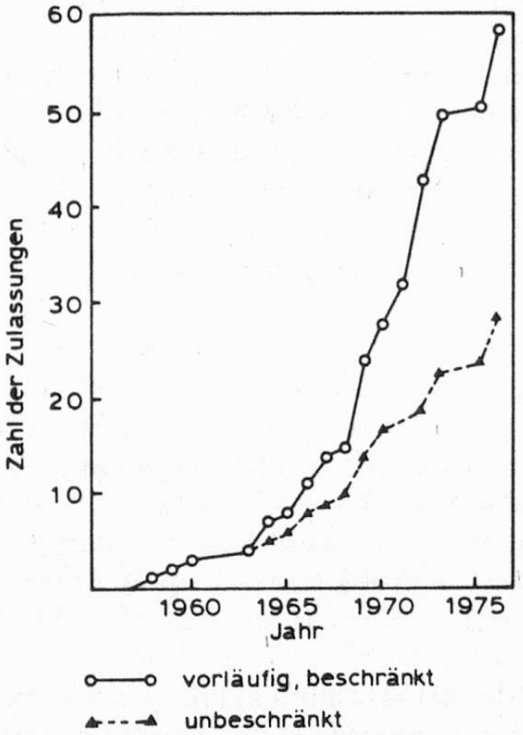

Abb. 6. Fortschritt bei der Zulassung der Lebensmittelbestrahlung

lung der Codex Alimentarius Kommission an ihrer Sitzung vom 6. Juli 1983 das Zulassungsverfahren für Lebensmittelbestrahlung positiv abgeschlossen. Dies bedeutet, dass in allen Mitgliedsländern jetzt die Bestrahlung in die nationale Gesetzgebung aufgenommen werden kann. Nur die Bundesrepublik Deutschland, Österreich und Indien unterschrieben diesen Beschluss nicht. Abbildung 6 zeigt, dass sich eine weltweite Zulassung der Lebensmittelbestrahlung durchsetzt, vor allem angesichts der zunehmenden Einschränkungen in der Verwendung chemischer Konservierungsmittel. Trotz aller Bedenken und Ängste über diese neue Technologie kann die Lebensmittelbestrahlung in den kommenden Jahrzehnten einen wichtigen Beitrag liefern bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln sowie bei der Bekämpfung von Lebensmittelinfektionen und -vergiftungen. Ich hoffe sehr, mit diesem einleitenden Vortrag Ihrer wissenschaftlichen Tagung 1984 gezeigt zu haben, dass das «Übel» Lebensmittelbestrahlung nicht nur kein Übel ist, sondern ein wesentlicher Beitrag zum Schutze der Volksgesundheit.

Die bei der Zusammenstellung dieses Vortrages verwendete Literatur (1–11) wird am Schluss zitiert.

Zusammenfassung

Nach einer kurzen Einleitung über die historische Entwicklung auf dem Gebiete der Strahlenanwendung in der Mikrobiologie und bei der Dekontamination von Lebensmitteln wird die heutige Technik der Lebensmittelbestrahlung näher ausgeführt. Hierbei wird die Frage, warum diese Konservierung heute von Bedeutung ist, eingehend besprochen, wobei vor allem die Problematik der Verderbsverhütung und die Vorbeugung von Lebensmittelinfektionen und -intoxikationen herausgestellt wird.

Im weiteren wird darauf hingewiesen, welche Lebensmittel für die Durchstrahlung geeignet sind, welche eventuellen Nachteile dieser Prozessvorgang mit sich bringt und was die finanziellen Aspekte dieses Dekontaminationsverfahrens sind. Schliesslich behandelt der Autor die Frage des Widerstandes gegen Bestrahlung, die heute bei breiten Lagen der Bevölkerung herrscht und versucht, Wege anzugeben, um mittels Aufklärung und Information diese Widerstände zu überwinden. Die zitierten Aussprachen internationaler Gremien über Lebensmittelbestrahlung und die permanente, wenn auch langsame Anwendung der Methode in vielen Ländern ist hierbei von Bedeutung.

Résumé

Un aperçu historique sur l'utilisation des radiations en microbiologie et pour traiter les denrées alimentaires introduit le sujet. La technique actuelle de l'irradiation des denrées alimentaires est décrite L'importance à accorder de nos jours à ce mode de conservation est exposée de manière détaillée. Les problèmes posés pour prévenir l'altération et l'infestation des denrées alimentaires tout comme des intoxications alimentaires pouvant en résulter, sont mis en évidence.

Il est ensuite fait mention des denrées alimentaires particulièrement propres à être irradiées, des désavantages possibles du procédé et de l'aspect financier. Enfin, l'auteur aborde la question de la méfiance, voire du rejet de l'irradiation par de très larges couches des po-

pulations. Il s'emploie à décrire le moyen de surmonter ces réactions négatives par l'explication et l'information du public. L'attitude favorable d'organisations internationales à l'égard du mode de conservation des denrées par irradiation tout comme l'accroissement lent mais permanent de la mise sur le marché, dans divers pays, de denrées traitées par irradiation, contribuent à faire progresser l'extension et l'acceptation du procédé de conservation des denrées par irradiation.

Summary

After a short introduction on historical developments with regard to x-rays and gamma-rays application in microbiology and decontamination of foods, the present technic of food irradiation procedures is discussed. The question why this conservation technic is today of great interest is reviewed, including problems of prevention of spoilage and food-borne diseases. The autor describes food items suitable for the irradiation process, the possible disadvantages of this procedure and the financial aspects of food irradiation. Finally the problem of resistance against the process and the nonacceptability of irradiated food in large groups of consumers is discussed, together with some advice how to overcome this resistance, mainly through information and explanation. The advices of international organizations regarding food irradiation and the permanent, although slow, increase of foods, which are now irradiated in various countries may be of importance in this aspect.

Literatur

1. Wholesomeness of irradiated food. Report of a joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. WHO Techn. Rep. Series No. 659. Geneva 1981.
2. Food irradiation now. Proceedings of a Symposium held in Ede, The Netherlands, 21 October 1981. 1982 Marinus Nijhoff/Dr. W. Junk, Publishers, The Hague.
3. Combination processes in food irradiation. Proceedings of a Symposium, Colombo, 24–28 November 1980 jointly organized by IAEA and FAO. IAEA, Vienna 1981.
4. Preservation of food by ionizing radiation, Volume I and Volume II. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida 1981.
5. Food irradiation – practical applications. Leatherhead Food R. A., 1981, Scientific and Techn. Surveys no. 125.
6. The microbiological safety of irradiated food. Report of a meeting of the Board of the International Committee on Food Microbiology and Hygiene (ICFMH) of the International Union of Microbiological Societies (IUMS) with participation of WHO, FAO and IAEA, Copenhagen, 16. December 1982.
7. Marketing, market testing and consumer acceptance of irradiated foods. Report of a FAO/IAEA Consultant meeting, 27 September–1 October 1982. IAEA, Vienna.
8. *Josephson, E. S.* and *Peterson, M. S.:* Preservation of food by ionizing radiation, Volume I, II and III. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1982 and 1983.
9. *Diehl, J. F.:* Neuere Entwicklungen auf dem Gebiet der Lebensmittelbestrahlung. Zeitschrift für Lebensmittel-Tech. und Verf.Tech. **31** (3), 1980, 85–88.

10. *Tarkowski, J. A., Stoffer, S. C. C., Beumer, R. R.* and *Kampelmacher, E. H.:* Low dose gamma irradiation of raw meat: I Bacteriological and sensory quality effects in artificially contaminated samples. Int. J. Food Microbiol. **1**, 13–23 (1984).
11. *Tarkowski, J. A., Beumer, R. R.* and *Kampelmacher E. H.:* Low gamma irradiation of raw meat: II Bacteriological effects on samples from butcheries. Int. J. Food Microbiol. **1**, 25–31 (1984).

Prof. Dr. E. H. Kampelmacher
Reichsinstitut für die
Volksgesundheit und Umwelthygiene
Postbus 1
NL-3720 Bilthoven