

# EU.L.E.N-SPIEGEL



5/97

Wissenschaftlicher Informationsdienst des Europäischen Institutes für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften (E.U.L.E.) e.V.  
3. Jahrgang, 11. Juli 1997

## Bestrahlung: jetzt zugelassen

Zum ersten Mal dürfen bestrahlte Lebensmittel legal in Deutschland verkauft werden. Die Zulassung gilt für Gewürze aus Frankreich wie Knoblauchpulver, Petersilie oder Ingwer. Sie werden überall dort benötigt, wo hohe Keimzahlen die Haltbarkeit des Endproduktes gefährden: bei Knoblauch-Frischkäse, Pfeffersalami oder Shrimps in Kräutersoße „ohne Konservierungsmittel“.

In der Vergangenheit kam Bestrahltes ohne Wissen des deutschen Michels auf den Tisch: Vor allem Enzympräparate lassen sich durch Bestrahlung zuverlässig entkeimen. Sie sind praktisch überall enthalten, vom Brötchen über Fruchtsaft bis hin zu Dosenerbsen oder Kaviar.

### EUPHORIE VERPUFFT

Die jetzigen Anwendungen ionisierender Strahlen sind ein trauriger Rest euphorischer Wünsche. Einst hoffte das US-Militär, den Atommüll seiner Waffenschmieden nutzbringend weiterverwenden zu können. Strahlendes Cäsium 137 sollte die Mikroben in Lebensmitteln abtöten - und schon wäre das Produkt ohne Hitzesterilisation oder Kühlkette endlos haltbar. Würstchen für U-Boot-Besatzungen könnte man buchstäblich zwischen den Torpedos lagern. Nach damaligen Berichten des Fachblattes Science wäre der Vietnamkrieg mit bestrahlten Rationen 18 Mio Dollar billiger gekommen.

Die Euphorie ist längst verfliegen. Denn neben dem mikrobiellen Verderb gibt es auch noch den enzymatischen und chemischen (Oxidation). Die Bestrahlung kann Enzyme nicht stoppen, und die Oxidation wird sogar gefördert. Zudem überstehen viele Mikroben die Strahlen ziemlich unbeschadet - nicht jedoch das Lebensmittel. Je komplexer ein Organismus, desto empfindlicher ist er. Insofern wird bei Äpfeln oder Orangen eher die Wundheilung geschädigt als der Lagerfäule-Erreger abgetötet. Und Steaks erhal-

ten, bevor sie wirklich steril sind, eine aparte Note nach „nassem Hund“, das sogenannte „wet dog flavor“.

### AUFWENDIG UND TEUER

Die Strahlenkonservierung funktioniert nur mit zusätzlichem Aufwand: Spezialpackungen verhindern Reinfektionen und Sauerstoffzutritt, Antioxidantien begrenzen die Radiolyse, eine Hitzebehandlung hilft gegen den enzymatischen Verderb und Tiefgefrieren (optimal wären  $-80^{\circ}\text{C}$ ) bewahrt den Geschmack. Wenn dazu noch der Transport zur Bestrahlungsanlage gerechnet wird, bleiben nur noch ein paar kuriose Nischen übrig, wie die Bestrahlung von (teurem) tropischem Obst. Die Reifeverzögerung bringt Zeitvorteile, so daß sich der Transport vom Flugzeug aufs kostengünstigere Schiff verlagern läßt.

Die Hollandtomate, der Deutschen „kulinarischer Angstgegner“, ist entgegen den Befürchtungen nicht bestrahlt. Die Strahlenbehandlung von frischem Obst und Gemüse ist in Holland verboten, und für ein billiges just-in-time-Produkt ist sie unwirtschaftlich. Vielversprechend ist dagegen die Bekämpfung von Parasiten. Tierische Lebensmittel sind in vielen Teilen der Welt ein bedeutender Infektionsweg für Bandwürmer und Leberegel, Protozoen, Cestoden und Trematoden. Dieses gefährliche „Kleinvieh“ bedroht nicht nur Entwicklungsländer: Man denke an die jüngsten Trichinenfälle in Frankreich oder Erkrankungen nach Sushi. Gelänge es, diese Erreger mit einer Bestrahlung einzudämmen, wäre es zumindest für die 3. Welt hilfreich. Selbst an strengen Maßstäben gemessen bliebe der gesundheitliche Vorteil bestehen: Zur Inaktivierung von Parasiten reichen niedrige Strahlendosen aus, so daß die Veränderungen der Lebensmittel auch im ungünstigsten Fall gering bleiben.

Udo Pollmer

### Inhalt

<b>Editorial</b>	1
<b>Schwerpunkt: Lebensmittel- Bestrahlung</b>	2-7
• Schutz vor Parasiten	
• Strahlenkonservierung	
• Nährwertverluste	
• Eiweißschäden	
• Radiolyseprodukte	
• Sekundäre Inhaltsstoffe der Kartoffel	
• Getreide-Mykotoxine	
• Schinken und Nitrit	
<b>Von Arzt zu Arzt</b>	4
<b>Facts &amp; Artefacts</b>	8-9
• Infarkt durch Diät	
• Tee: die Milch macht's	
• Stickstoff-Fixierer auf Reis	
• Fisch: inklusive Sonnenschutz	
• Vitamin E zur Alzheimer -Therapie	
<b>Special: Auch die Natur betreibt Chlorchemie</b>	10-11
• Impressum	
<b>In aller Kürze</b>	12
<b>Die besondere Erkenntnis</b>	12

# LEBENSMITTEL- BESTRAHLUNG

## Strahlenquellen zur Lebensmittel-Behandlung

Zur Bestrahlung von Lebensmitteln können Röntgenstrahlen (Bremsstrahlung), Gammastrahlen aus Cobalt 60 oder Cäsium 137 sowie Elektronenstrahlen aus Beschleunigern benutzt werden. Vereinzelt wurden für Versuchszwecke abgebrannte Brennelemente aus Kernreaktoren eingesetzt, sie haben aber für die industrielle Lebensmittelbestrahlung keine Bedeutung.

Obwohl die Natur der genutzten Strahlen völlig unterschiedlich ist, ist ihre Wirkung auf das Lebensmittel recht ähnlich. Röntgen- und Gammastrahlen haben Wellennatur, bei den Elektronen steht ihre Eigenschaft als Teilchen im Vordergrund.

Als Maß dient die pro Kilo bestrahltem Lebensmittel absorbierte Energie. Sie wird in Gray (Gy) angegeben und löst die alte Einheit rad (100 rad = 1 Gy) ab. Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt als (mittlere) Maximaldosis für Lebensmittel 10 kGy. Es ist allerdings nicht möglich, diese Grenze exakt einzuhalten, so daß Teile des Bestrahlungsgutes auch eine deutlich höhere Dosis abbekommen können.

Die Strahlen übertragen ihre Energie auf die Elektronen der Atomhüllen des Lebensmittels. Dadurch werden Elektronen aus der Hülle „geschlagen“, was eine Ionisation, d.h. Bildung von Ionen und Radikalen, zur Folge hat.

Die sekundär erzeugten Elektronen unterliegen wiederum dem gleichen Prozeß, bis letztlich alle kinetische Energie verbraucht ist: Entlang der Elektronenbahn bleiben weitere ionisierte und angeregte Moleküle zurück. Das führt zu einer Vielzahl von chemischen Reaktionen. Und genau darauf beruht die Strahlenwirkung.

Die Energie der Strahlen wird in MeV (Mega-Elektronen-Volt) angegeben. Sie entscheidet, ob die Strahlung nur die Hüllen verändert oder auch die Atomkerne, d. h. Radioaktivität induziert. Um dies zu verhindern, dürfen zur Behandlung von Lebensmitteln nur solche Strahlenquellen verwendet werden, die unterhalb der kritischen Schwelle liegen.

## Light-Bestrahlung: schützt vor Parasiten

Loaharanu, P, Murrell, D: A role for irradiation in the control of foodborne parasites.

*Trends in Food Science & Technology 1994/5/S.190-195*

Jeder dritte Erdenbürger stirbt an einer Zoonose oder einer Infektion. In Entwicklungsländern werden bis zu 70 % der Durchfallerkrankungen mit Todesfolge auf infizierte Lebensmittel zurückgeführt. In den USA veranschlagt man die jährlichen wirtschaftlichen Verluste durch Trichinosen, Toxoplasmosen, Salmonellosen, Infektionen mit *Campylobacter* und Bandwürmer auf mehrere Milliarden Dollar. Besonders in Ländern, in denen traditionell tierische Lebensmittel roh verzehrt werden, bietet sich eine niedrig dosierte Bestrahlung (< 1 kGy) an, um die Ansteckungsgefahr zu verringern. Ionisierende Strahlung verändert die DNA der bestrahlten Zellen, so daß diese nicht mehr lebensfähig sind.

Im Nordosten Thailands leidet ein Drittel der Bevölkerung unter dem Leberegel *Opisthorchis viverrini*. Eine minimale Dosis von 0,1 kGy reicht bereits aus, um die Larven im Fisch zu töten. Da Geruch und Geschmack dabei kaum beeinträchtigt werden, bietet sich die Methode auch für Sushi an. Mit Bandwürmern (*Taenia solium*) infiziertes Fleisch wird durch eine Bestrahlung mit 0,2 - 0,6 kGy wieder genießbar. Bei Schweinefleisch mit Trichinen verhinderten 0,15 kGy, daß sich die Larven im Darm von Versuchstieren entwickeln konnten. Für zahlreiche weitere Nematoden, Protozoen, Trematoden und Cestoden wurden die erforderlichen Bestrahlungsregime ermittelt, die eine Parasiteninfektion verhindern. Die „Light“- Bestrahlung wird bereits erfolgreich zur Dekontamination eingesetzt, in Frankreich bei Putenfleisch, in Thailand bei Schweinswürstchen.

## Strahlen-Konservierung: ein Flop

Thakur, BR, Singh, RK: Combination processes in food irradiation.

*Trends in Food Science & Technology 1995/6/S. 7-11*

Das Abtöten von Mikroben allein reicht zur Lebensmittelkonservierung nicht aus. Denn neben dem mikrobiellen Verderb findet auch ein chemischer (z.B. Oxidation durch Metallspuren) und ein enzymatischer statt (z.B. Lipolyse von Fleisch in der Tiefkühltruhe). Das schränkt die Eignung der Bestrahlung zur Haltbarkeitsverlängerung ein. Darüber hinaus wirken die energiereichen Gammastrahlen nicht nur auf Bakterien und Pilze, sondern verändern auch den Geschmack. Bei der Radiolyse von Zuckern und Fetten bilden sich geruchlich und geschmacklich auffällige Carbonylverbindungen. Diese können wiederum mit Aminosäuren reagieren und führen so zu einer stärkeren Bräunung. Ab 1 kGy verändern sich Dotterfarbe und Geschmack von frischen Eiern - aber mindestens 2 kGy sind erforderlich, um *Salmonella enteritidis* abzutöten. Auch bei Rindfleisch treten ab 1,5 kGy unangenehme Geschmacksnoten auf („wet dog flavor“). Andererseits sind diese Dosen viel zu gering, um die Haltbarkeit nennenswert zu verlängern. Für sterile Produkte wären je nach Lebensmittel mindestens 20 kGy, manchmal sogar bis zu 58 kGy erforderlich.

Die Bestrahlung wird deshalb mit anderen Methoden - vor allem Hitze und Kälte - kombiniert. Erhitzen inaktiviert Enzyme und erhöht die Empfindlichkeit von Mikroben gegenüber einer Gammabehandlung. Eine Bestrahlung von gefroreter Ware mit anschließender TK-Lagerung bremsst die freien Radikale, was sich positiv auf den Geschmack auswirkt. Optimale Ergebnisse erhält man bei -80°C. Allerdings sind Mikroorganismen bei niedriger Temperatur strahlenresistenter, so daß die Dosis erhöht werden muß. Da vor allem in Entwicklungsländern Möglichkeiten zur Tiefkühlagerung fehlen, werden als praktikablere Alternative bestimmte Zusatzstoffe erwogen: Vor der Behandlung zugesetztes Kaliumsorbat (E 202) stabilisierte den Geschmack vieler Produkte, z.B. von Avocado-paste. Der Ausschluß von Sauerstoff zur Verringerung der Radiolyse erfordert eine stärkere Gammastrahlung. Zugleich begünstigen anaerobe Bedingungen jedoch das Auskeimen von Clostridiensporen.

**Nährwert: Gewinner und Verlierer**

Diehl, JF et al: Sind bestrahlte Lebensmittel ohne Nährwert?

*ZFL, Zeitschrift für die Lebensmittelwirtschaft 1991/42/S.314-323*

Professor Johannes F. Diehl von der Bundesforschungsanstalt für Ernährung in Karlsruhe diskutiert die Veränderungen des Nährwertes durch eine Strahlenbehandlung. Während zu Beginn der Forschung teilweise beträchtliche Wertminderungen beobachtet wurden, konnten durch eine bessere Verfahrenstechnik, insbesondere durch Bestrahlung in gefrorenem Zustand und nachfolgender Lagerung unter Sauerstoffausschluß, die Verluste durch Radiolyse minimiert werden.

- **Vitamine:** B<sub>1</sub> gilt als das strahlenempfindlichste Vitamin. 10 kGy zerstören bei Raumtemperatur in Fleisch und Fisch zwei Drittel des Thiamins, bei Kühlung immerhin noch etwa die Hälfte. In Weizen betrug der Verlust bei 5 kGy lediglich 2%. Mehl ist erheblich empfindlicher, vermutlich eine Folge des Sauerstoffzutritts. Während der Lagerung von bestrahltem Mehl schreitet der Thiaminabbau beschleunigt fort. Andere Vitamine des B-Komplexes wie B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, Folsäure und Niacin, aber auch die Vitamine A, E und K sind bei niedriger Temperatur relativ stabil. Beim Tocopherol treten jedoch während der Lagerung in Gegenwart von Sauerstoff beträchtliche Verluste ein. Widersprüchliche Ergebnisse liegen für Vitamin C vor: Die Autoren führen die beobachteten Verluste auf Fehlanalysen zurück. Manchmal sei der Gehalt an Dehydroascorbinsäure nicht mitbestimmt worden, die während der Bestrahlung aus Ascorbinsäure gebildet wird und genauso vitaminwirksam ist.

Es gibt auch Berichte über steigende Vitamingehalte. Typisch sind bestrahlte Kartoffeln, die nach 6 Monaten Lagerung höhere Vitamin-C-Werte aufweisen als gekühlte, unbestrahlte Ware. Dies könnte entweder auf einer strahleninduzierten Neubildung beruhen oder auf einer verbesserten analytischen Erfassbarkeit nach der Bestrahlung.

- **Fette:** Insbesondere die mehrfach ungesättigten Fettsäuren gelten als strahlenempfindlich. Die angeführten Versuche (Sauerstoff-Ausschluß) lassen jedoch auf eine relative Stabilität schließen. Selbst bei 100 kGy blieb die Linolensäure in Sojabohnen vollständig erhalten, lediglich bei der Linolensäure war ein 16 %iger Verlust zu verzeichnen.

- **Eiweiß:** Nach Diehl wird das Eiweiß bis zu einer Dosis von 45 kGy, also einem Vielfachen der erlaubten 10 kGy, nicht signifikant geschädigt. Ein Wachstumstest mit Ratten, denen gammabehandelte Makrelen verfüttert wurden, ergab sogar eine Verbesserung des Eiweißwertes mit zunehmender Strahlendosis. Selbst bei einer exorbitant hohen Dosis von 180 kGy war die Wachstumswirksamkeit von Linsen, die an Hühner verfüttert wurden, noch besser als die von unbehandelten Linsen.

**Anmerkung:** Die von verschiedenen Autoren beobachtete Verbesserung des Eiweißwertes könnte mit der Zersetzung antinutritiver Faktoren zusammenhängen. Dafür spricht auch, daß sich die Bioverfügbarkeit von Eisen in Bohnen mit zunehmender Bestrahlungsdosis (bis 20 kGy) vervierfacht. Parallel dazu nahm der Gehalt an Phenolen, Tannin und Phytin ab. (*Berichte der BFE, R-93-011 1993/2/S.195-199*)

Jedes Lebensmittel erfährt während der Verarbeitung Nährwertveränderungen. Insofern ist es notwendig, die vorgefundenen Werte mit anderen Verfahren zu vergleichen. Diehl und Mitarbeiter zitieren vorzugsweise Ergebnisse, die unter optimalen Bestrahlungsbedingungen ermittelt wurden, d.h. bei tiefen Temperaturen und unter Ausschluß von Sauerstoff. Es ist zu bezweifeln, daß ihre Einhaltung im kommerziellen Wettbewerb stets gewährleistet ist.

**Eiweiß: maskierte Schäden**

Troeder, UH, Steinhart H: Das Verhalten von tryptophanhaltigen Di- und Tripeptiden gegenüber Bestrahlung mit Gammastrahlen.

*Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie 1990/44/S. 36-37*

Betrachtet man die strahlenchemischen Veränderungen im Detail, so ist bei Lebensmitteln mit vielfältigen und durch die Reaktionen freier Radikale auch kaum vorhersehbaren Veränderungen zu rechnen. Nach Professor Hans Steinhart (Universität Hamburg) entstehen bei der Bestrahlung hydratisierte Elektro-

**Cobalt 60** ist die derzeit wichtigste Strahlenquelle für Lebensmittelzwecke, weil ihre Energie von 1,3 MeV eine gute und gleichmäßige Durchdringung aller Produkte gewährleistet. Nachteile sind eine lange Bestrahlungsdauer und die kurze Halbwertszeit von 5,2 Jahren. <sup>60</sup>Co zerfällt dabei in nicht-radioaktives Nickel. Daher müssen jährlich 12 % der Strahler ersetzt und die verbleibenden neu angeordnet werden.

<sup>60</sup>Co wird im Neutronenfluß von Reaktoren aus metallischem <sup>59</sup>Co erzeugt. Der Prozeß dauert etwa 5 Jahre. Einziger Anbieter ist die kanadische Nordion Inc. Außer bei Lebensmitteln wird <sup>60</sup>Co v.a. zur Sterilisation medizinischer Artikel und zur Therapie von Krebs eingesetzt. Allerdings wird für die Strahlentherapie die gleichzeitig auftretende Betastrahlung (2,8 MeV) abgeschirmt.

Cobalt verdankt seinen Namen dem bösen Erdgeist Kobold. Ihn machten Bergeleute dafür verantwortlich, daß cobalthaltige Erze beim Rösten einen üblen Knoblauchgeruch verströmen. Der entsteht allerdings durch Verunreinigungen mit Arsen (Kakodyl). Seine biologisch wichtigste Funktion erfüllt Cobalt als Zentralatom des Vitamin-B<sub>12</sub>-Moleküls.

**Caesium 137** ist ein Abfallprodukt aus alten Kernbrennstäben. Es entsteht bei der Kernspaltung von Uran und Plutonium mit einer Ausbeute von 6%, d.h. ein modernes Kraftwerk (1.200 MWe) erzeugt jährlich 50 kg <sup>137</sup>Cs.

Anfang der 70er Jahre sollten die ungeheuren Mengen an <sup>137</sup>Cs aus den amerikanischen Kernkraftwerken und aus dem Atomwaffenprogramm wiederverwendet werden. Ionenaustauscher ermöglichen eine selektive Abtrennung. Allerdings wurde 1988 in den USA das Programm zur Nutzung von Atomtüll wieder aufgegeben. Da die Kapazitäten zur Wiederaufbereitung begrenzt sind, spielt <sup>137</sup>Cs nur noch eine untergeordnete Rolle. In Deutschland wurde noch 1984 in Geiselbullach bei München eine Anlage zur Entkeimung von Klärschlamm von <sup>60</sup>Co auf <sup>137</sup>Cs umgerüstet.

<sup>137</sup>Cs - oder genauer gesagt, das bei seinem Zerfall entstehende <sup>137m</sup>Barium - ist ein Gammastrahler mit einer Halb-