

## Thiamin in bestrahlten Lebensmitteln

### II. Kombiniertes Einfluß von Bestrahlung, Lagerung und Erhitzen auf den Thiamingehalt

Johannes-Friedrich Diehl

Institut für Strahlentechnologie der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe (BRD)

Eingegangen am 11. November 1974

#### Thiamine in Irradiated Foodstuffs.

### II. Combined Effects of Irradiation, Storage and Cooking on the Thiamine Content

*Summary.* The effects of 10 MeV electron radiation, of storage for several months and of heating on the thiamine content of wheat flour, crushed oats, ground pork, and dried whole egg were studied. A synergistic effect of these treatments on thiamine losses was observed. In irradiated samples thiamine content was more affected by storage and heating than in unirradiated ones.

*Zusammenfassung.* Die Wirkung von 10 MeV-Elektronenstrahlen, mehrmonatiger Lagerung und Erhitzen auf den Thiamingehalt von Weizenmehl, Haferflocken, Schweine-Hackfleisch und Trockenvollei wurde untersucht. Die Kombination dieser Behandlungen wirkt synergistisch auf den Thiaminverlust. Durch Lagerung und Erhitzen wurde der Thiamingehalt in bestrahlten Proben stärker vermindert als in unbestrahlten.

#### Einleitung

In einer vorangehenden Mitteilung [1] wurde über den Einfluß verschiedener Bestrahlungsbedingungen auf die Thiaminzerstörung berichtet. Nachdem frühere Versuche [2] gezeigt hatten, daß bestrahlte Lebensmittel nach Lagerung und Erhitzen geringere Thiamingehalte aufwiesen, als die rein additive Wirkung dieser Behandlungen erwarten ließ, wurde in der vorliegenden Arbeit die kombinierte Wirkung von Bestrahlung, Lagerung und Erhitzen systematisch untersucht.

#### Methoden

Die Bestrahlungs- und Untersuchungsbedingungen entsprachen den in der vorhergehenden Mitteilung [1] beschriebenen. Die Lebensmittelproben wurden vor der Bestrahlung ohne Luftausschluß in Polyäthylenbeutel eingeschweißt und erst unmittelbar vor der Vitaminanalyse bzw. vor dem Erhitzen den Beuteln entnommen. Bestrahlung bei Raumtemperatur. Um die vitaminzerstörende Wirkung des Erhitzens bei der küchenmäßigen Zubereitung zu simulieren, wurde ein Teil der Proben aus den Polyäthylenbeuteln in Petrischalen umgefüllt und 10 min in einem auf 100° C eingestellten oder 30 min in einem auf 200° C eingestellten Trockenofen erhitzt. Analyse nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur.

Bei den Lebensmitteln handelt es sich um Produkte des Handels. Das Weizenmehl war Type 405, das Hackfleisch wurde beim Kauf aus Schweinebug hergestellt. Das Hackfleisch wurde bei 0° C, die übrigen Produkte wurden bei Raumtemperatur im Dunkeln gelagert.

#### Ergebnisse

##### *Wirkung der Bestrahlung*

Die unmittelbar nach Bestrahlung festgestellten Thiaminverluste sind sehr unterschiedlich (Abb. 1). Während bei Schweinehackfleisch nach Behandlung mit der Dosis 100 krad nur ein Verlust von 5% auftrat und bei Vollei die Wirkung der Dosis 35 krad kaum meßbar war, verursachten 35 bzw. 25 krad bei Weizenmehl 20% und bei Haferflocken 36% Thiaminverlust.

##### *Wirkung des Lagerns*

Während der Lagerung fiel der Thiamingehalt in den bestrahlten Proben stärker ab als in den unbestrahlten. So enthielt die bestrahlte Weizenprobe nach 2monatiger Lagerung 63% weniger Thiamin als die unbestrahlte, während unmittelbar nach der Bestrahlung nur 20% Verlust festgestellt worden waren. Lediglich bei Hackfleisch

<sup>1</sup> Für zuverlässige technische Assistenz gebührt Frau A. Schaffer der Dank des Verfassers.

ließ sich eine potenzierende Wirkung der Lagerung auf den strahlenbedingten Vitaminverlust nicht erkennen – vielleicht weil die unbestrahlte Vergleichsprobe wegen des einsetzenden Verderbs nicht länger als 2 Monate bei 0° C gelagert werden konnte.

### Wirkung des Erhitzens

In der Abbildung wird lediglich die Wirkung des milden Erhitzens (10 min auf 100° C) gezeigt. Während bei der unbestrahlten Mehlprobe diese Erhitzung einen Verlust von nur 5% verursachte, ergab sich bei bestrahltem Mehl ein Erhitzungs-

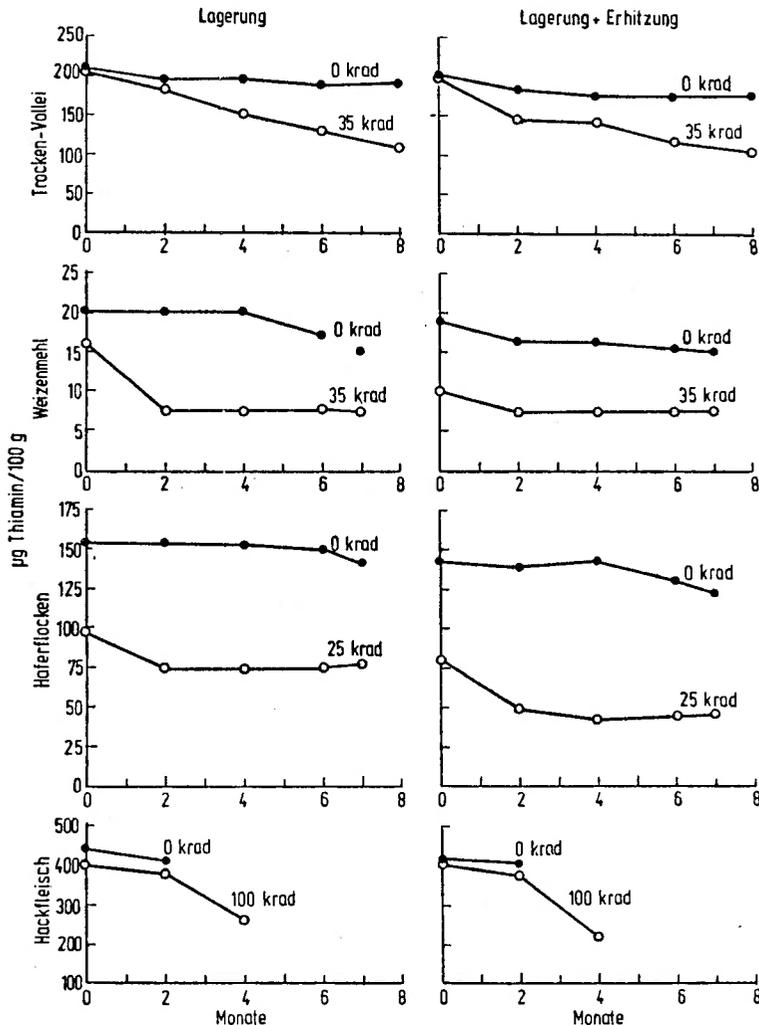


Abb. 1. Wirkung von Elektronenstrahlen, Lagerung und Erhitzen (10 min auf 100° C) auf den Thiamingehalt verschiedener Lebensmittel

verlust von 38%. Bei den anderen Lebensmitteln war die Wirkung des Erhitzens nicht so auffallend; die Kombination von Lagerung und Erhitzen zeigte jedoch bei Haferflocken einen deutlich synergistischen Effekt: Nach 4 Monaten Lagerzeit enthielten nichterhitzte bestrahlte Haferflocken 52% weniger Thiamin als unbestrahlte. Durch Erhitzen erhöhte sich der Verlust auf 72% gegenüber der ebenfalls erhitzten unbestrahlten Vergleichsprobe.

Scharfes Erhitzen (30 min auf 200° C) führte bei Weizenmehl und Haferflocken zu einem praktisch vollständigen Thiaminverlust – gleichgültig ob die Proben bestrahlt waren oder nicht. Eipulver enthielt nach 8monatiger Lagerung und scharfem Erhitzen noch 50% (unbestrahlt) bzw. 24% (bestrahlt) des ursprünglich vorhandenen Thiamins. In 4 Monate gelagertem und scharf erhitztem bestrahltem Hackfleisch wurden noch 28% des Ausgangswertes gefunden (unbestrahlte Vergleichsprobe verdorben).

### Diskussion

Der an kristallinem Thiamin und an wäßrigen Thiaminlösungen beobachtete Nacheffekt der Bestrahlung [1] macht sich auch in Lebensmitteln deutlich bemerkbar. Als Ursache für diese Nachwirkungen kommen während einer ersten Phase nach der Bestrahlung in trockenen Lebensmitteln freie Radikale, in feuchten Lebensmitteln Wasserstoffperoxid in Frage. Diese reaktionsfähigen Radiolyseprodukte können unmittelbar zu Thiaminverlusten Anlaß geben, werden aber außerdem mit den verschiedensten Bestandteilen der Lebensmittel reagieren, wobei z. T. Verbindungen entstehen (Peroxide, ungesättigte Aldehyde), die ihrerseits mit Thiamin reagieren können. Diese während der Lagerung ablaufenden Reaktionen werden durch Erhitzen beschleunigt. Das Vorhandensein von Luftsauerstoff spielt dabei vermutlich eine große Rolle. Eine noch nicht abgeschlossene Versuchsserie läßt deutlich erkennen, daß unter Stickstoff bestrahlte und gelagerte Haferflocken auch bei anschließendem Erhitzen unter Luftzutritt viel weniger Thiamin verlieren als die in Gegenwart von Luftsauerstoff bestrahlten und gelagerten. Die Beobachtung, daß Bestrahlung mit der Dosis 0.2 Mrad und 3monatige Lagerung keine Abnahme im Thiamingehalt von Weizen verursacht [2], während die eigenen Untersuchungen eine hohe Strahlenempfindlichkeit des Thiamins in Weizenmehl zeigten, hängt vermutlich mit dem geringeren Sauerstoffzutritt im ungemahlten Korn zusammen.

Auffallend ist die im Vergleich zu Mehl und Haferflocken viel höhere Beständigkeit des Thiamins in Fleisch und Trockenei. Möglicherweise spielt hier der Proteingehalt eine Rolle. Es ist bekannt, daß insbesondere schwefelhaltige Aminosäuren eine Strahlenschutzwirkung auf andere Substanzen ausüben.

Im Falle einer praktischen Anwendung der Lebensmittelbestrahlung ergibt sich aus diesen Untersuchungen die Forderung, bei der Beurteilung des Thiamingehaltes die kombinierte Wirkung von Bestrahlung, Lagerung und küchenmäßiger Zubereitung zu berücksichtigen. Soweit in der Literatur Angaben über die Strahlenwirkung auf Thiamin in Lebensmitteln zu finden sind, bleibt meist unklar, zu welchem Zeitpunkt nach der Bestrahlung analysiert wurde. Angaben von Proctor u. Goldblith [3] ist allerdings zu entnehmen, daß Thiamin in verschiedenen strahlensterilisierten Lebensmitteln während 8monatiger Lagerung stärker abnahm als in entsprechenden hitzesterilisierten Proben. Neuerdings haben Krylova *et al.* [4] über signifikante Thiaminverluste bei der Lagerung von bestrahltem Schweinefleisch berichtet. In mit 600 krad bestrahltem Rindfleisch fanden Syunyakova *et al.* [5] während 6–12monatiger Lagerung eine Abnahme des Thiamingehalts von nur 5–10%. Die kombinierte Wirkung von Bestrahlung und Erhitzen auf den Thiamingehalt wurde bisher anscheinend lediglich an Fisch, Rindsleber und Putenfleisch untersucht. Während bei Fisch [6, 7] und Rindsleber [8] kein synergistischer Effekt von Strahlung und Hitze beobachtet wurde – was den eigenen Feststellungen bei Hackfleisch und Trockenei entspricht – lag der Kochverlust in bestrahltem Putenfleisch höher als in unbestrahltem [9].

Nacheffekte der Bestrahlung und die Verstärkung des Nacheffektes durch Erwärmen sind bei Proteinen, insbesondere bei der Inaktivierung von Enzymen durch Bestrahlung, schon früh beobachtet [10, 11] und die zugrundeliegenden Mechanismen eingehend untersucht worden [12]. Auch in bestrahlten Fetten ablaufende Nach-

effekte wurden beschrieben [13]. Neuerdings hat Scherz [14] über die strahleninduzierte Bildung von Malondialdehyd in kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln und über die Abnahme des Malondialdehydgehalts während der Lagerung berichtet.

Die für die Thiaminzerstörung verantwortlichen strahleninduzierten Reaktionsprodukte zu identifizieren und die Ursache des Nacheffekts zu klären, sollte eine interessante Aufgabe für die Forschung sein. In Hinblick auf die Licht- (insbesondere UV-) Empfindlichkeit des Thiamins sind die hier angeschnittenen Fragen auch unabhängig von der eventuellen Anwendung ionisierender Strahlen in der Lebensmittelindustrie von Interesse. Wie leicht Thiamin durch UV-Licht zerstört wird, zeigt die Methode von Button [15], Thiamin durch UV-Bestrahlung selektiv aus einem Nährmedium zu entfernen.

### Literatur

1. Diehl, J.F.: Z. Lebensm.-Unters.-Forsch., im Druck
2. Kennedy, T.S.: J. Sci. Food Agr. 16, 81 (1965)
3. Proctor, B.E., Goldblith, S.A.: In: Nutritional Evaluation of Food Processing. Hrsg.: Harris, R.S., von Loesecke, H.: P. 142. New York: Wiley 1960
4. Krylova, N.N., Piulskaya, V.I., Krasilnikova, T.F.: Vopr. Pitaniya 32, 83 (1973)
5. Syunyakova, Z.M., Karpova, I.N.: Vopr. Pitaniya 25 52 (1969)
6. Kennedy, T.S., Ley, F.J.: J. Sci. Food Agr. 22, 146 (1971)
7. Brooke, R.O., Ravesi, F.M., Gadbois, D.F., Steinberg, M.A.: Food Technol. 20, 99 (1966)
8. Williams, C., Yen, J., Fenton, F.: Food Res. 23, 473 (1958)
9. Thomas, M.H., Calloway, D.H.: J. Am. Diet. Assoc. 33, 1032 (1957)
10. Anderson, R.S.: Brit. J. Radiol. 27, 56 (1954)
11. McDonald, M.R.: Brit. J. Radiol. 27, 62 (1954)
12. Eidus, L.Kh., Ganassi, E.E.: Biofizika 4, 215 (1959)
13. Hannan, R.S., Shepherd, H.J.: Brit. J. Radiol. 27, 36 (1954)
14. Scherz, H.: Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm. 1, 103 (1972)
15. Button, D.K.: Appl. Microbiol. 16, 530 (1968)

Professor Dr. J. F. Diehl  
 Institut für Strahlentechnologie  
 der Bundesforschungsanstalt für Ernährung  
 D-7500 Karlsruhe 1, Engesserstr. 20  
 Bundesrepublik Deutschland