

## **Gehalt an verfügbarem Lysin in gammabestrahlten Sojaproteinprodukten**

**M. Horvatić, M. Grüner und N. Mulalić**

Institut für Lebensmittelchemie der Pharmazeutisch-biochemischen  
Fakultät, Universität Zagreb  
Institut für Lebensmittelchemie der Lebensmittel-biotechnologischen  
Fakultät, Universität Zagreb  
Fakultät für Lebensmitteltechnologie, Banja Luka, Jugoslawien

*Zusammenfassung:* Es wurde der Gehalt an verfügbarem Lysin in Sojaproteinprodukten nach Gammabestrahlung untersucht. Die Ergebnisse zeigten, daß bei Strahlendosen von 1, 3 und 5 kGy keine signifikanten ( $p = 0,05$ ) Veränderungen des Gehalts an verfügbarem Lysin sowie des Gesamtstickstoffgehalts sowohl unmittelbar nach der Bestrahlung als auch nach dreimonatiger Lagerung auftraten. Mit der Dosis von 1 kGy bestrahlte sowie unbestrahlte lecithinreiche Sojaproteinprodukte zeigten eine signifikante ( $p = 0,05$ ) Abnahme des verfügbaren Lysins nach neunmonatiger Lagerung; bei den anderen Produkten sowie bei den mit 3 bzw. 5 kGy bestrahlten Proben wurde keine signifikante Abnahme festgestellt.

Unmittelbar nach der Bestrahlung trat eine signifikante ( $p = 0,05$ ) Reduktion der Mikroflora auf. Nach dreimonatiger Lagerung zeigten die mit Dosen von 3 bzw. 5 kGy bestrahlten Proben eine fast 100%ige Reduktion der Mikroflora.

*Summary:* The content in available lysine of soya protein products irradiated in a  $^{60}\text{Co}$ -gamma cell were investigated. The results indicate that available lysine content and crude protein content at irradiation doses of 1, 3 and 5 kGy were unaffected at the 95 % significance level. During 3-month storage the irradiated samples showed no significant ( $p = 0,05$ ) changes of available lysine content. In samples with high content of lecithine, which were irradiated at 1 kGy as well as non-irradiated the content of available lysine was significantly ( $p = 0,05$ ) reduced after 8-month storage; the other products as well as the at 3 and 5 kGy irradiated samples showed no significant decrease.

Immediately after irradiation the microflora was significantly ( $p = 0,05$ ) reduced. Under the effect of radiation treatment at 3 and 5 kGy the microflora was reduced to nearly 100 % after 3-month storage.

*Schlüsselwörter:* Sojaproteinprodukte; Gammabestrahlung; verfügbares Lysin

*Key words:* Soya protein products; gamma irradiation; available lysine

### **Einleitung**

Sojaproteinprodukte haben einen hohen Proteingehalt und enthalten eine beachtliche Menge an Lysin, der sie geeignet zur ernährungsphysiologischen Aufwertung lysinarmer Lebensmittel (z.B. von Getreide) macht.

Aus Literaturangaben geht hervor, daß sich durch Bestrahlung ernährungsphysiologisch relevante Komponenten verändern. Die Untersuchungen einiger Autoren über Strahlenempfindlichkeit des Proteins bei Leguminosen zeigten, daß keine oder nur geringfügige quantitative Veränderungen auftreten (9, 11, 14).

Es tritt jedoch eine Qualitätsverminderung des Eiweißes aufgrund von Verlusten bei verschiedenen essentiellen Aminosäuren auf, wie nach Untersuchungen an Modellsustanzen (13) und an Proteinen komplexer biologischer Systeme sowie an Lebensmitteln festgestellt wurde (3, 8, 12, 16). Bei Leguminosen bewirkte Gammabestrahlung eine Abnahme fast aller essentieller Aminosäuren, wobei die einzelnen Aminosäuren sehr unterschiedliche Empfindlichkeit zeigten (10, 11).

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit waren darauf gerichtet festzustellen, inwieweit der Gehalt an verfügbarem Lysin in Sojaprotein-erzeugnissen durch Gammabestrahlung, wie sie zur Mikrofloraabtötung und Verbesserung der Haltbarkeit angewandt wird, verändert wird.

### Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an Sojaproteinprodukten durchgeführt, deren Zusammensetzung Tabelle 1 zeigt. Diese Erzeugnisse sind wichtige Zusatzstoffe bei der industriellen Herstellung von Fleisch-, Back- und Konditoreierzeugnissen sowie von diätetischen und parapharmazeutischen Produkten. Die Proben stammten vom Hersteller<sup>1)</sup>.

Für die Bestrahlungsexperimente wurden zwei Proben von jedem Erzeugnis bei Zimmertemperatur unter Luftzutritt Gammastrahlen (<sup>60</sup>Co-Gammastrahlenquelle –

Tab. 1. Zusammensetzung von Sojaproteinprodukten.

Erzeugnis	Eiweiß (N × 6,25)	Fett	Phospho- lipide	Mineral- stoffe	Roh- faser	Enzymaktivität
g/100 g TS						
1 – Sojamehl entfettetes	52,8	1,53	0,59	6,5	3,5	Lipoxygenase 20 µkat/mg
2 – Sojamehl entfettetes	52,6	2,01	0,52	6,5	3,5	Urease Δ pH = 0,1
3 – Sojamehl entfettetes	51,9	2,00	0,63	6,5	3,5	Lipoxygenase 60 µkat/mg
4 – Sojamehl lecithiniertes	43,6	22,62	7,10	6,5	3,0	Urease Δ pH = 0,1
5 – Sojamehl lecithiniertes	34,4	44,82	10,87	6,5	3,0	Urease Δ pH = 0,1
6 – Sojamehl vollfettes	41,3	23,28	0,46	5,5	4,0	Lipoxygenase 60 µkat/mg

<sup>1)</sup> Der Fabrik „Sojaprotein“ danken wir für die Überlassung der Proben.

350 Gy · h<sup>-1</sup>, Firma Alcyon, C.G.R.)<sup>2)</sup> ausgesetzt. Die Strahlendosen betrugen 1, 3 und 5 kGy.

Für die Lagerungsversuche wurden die bestrahlten Proben sowie unbestrahlte Kontrollproben bis zur Untersuchung bei Zimmertemperatur im Dunkeln gelagert.

Der Gesamtstickstoffgehalt wurde nach Kjeldahl bestimmt (1) und das verfügbare Lysin nach Carpenter (6). Bei jeder Probe wurden sechs Parallelbestimmungen durchgeführt und der Gehalt an verfügbarem Lysin nach der mittels der Methode der kleinsten Quadrate berechneten Regression ermittelt. Für jedes Ergebnis wurden die Vertrauensbereiche berechnet (7). Bei mikrobiologischen Untersuchungen wurden die Methoden nach (17) verwendet und die Ergebnisse nach (7) statistisch bewertet. Der Fett-, Phospholipid- und Aschegehalt wurden nach AOAC-Methoden (2) ermittelt. Beim Rohfasergehalt und der Ureaseaktivität wurden die Methoden nach (15) verwendet und bei der Lipoxygenaseaktivität die Methode nach (5).

Tab. 2. Zahl der Keime, aerober Bakteriensporen und Schimmelpilzsporen in bestrahlten und unbestrahlten Sojaproteinprodukten.

Er- zeugnis	Strahlendosis (kGy)	Keimzahl <sup>*)</sup> in l g	Aerobe Bakteriensporen <sup>*)</sup> in l g		Schimmelpilz- sporen <sup>*)</sup> in l g		
1	0	$2,4 \pm 0,5 \times 10^3$	$6,0 \pm 1,9 \times 10^2$		$125 \pm 31$		
2	0	$4,0 \pm 0,8 \times 10^3$	$2,3 \pm 0,7 \times 10^3$		$535 \pm 133$		
3	0	$4,1 \pm 0,8 \times 10^3$	$1,0 \pm 0,3 \times 10^3$		$205 \pm 51$		
4	0	$4,3 \pm 0,8 \times 10^3$	$6,7 \pm 2,1 \times 10^2$		$145 \pm 36$		
5	0	$7,3 \pm 1,4 \times 10^3$	$1,6 \pm 0,5 \times 10^3$		$70 \pm 18$		
6	0	$5,9 \pm 1,2 \times 10^3$	$1,5 \pm 0,5 \times 10^2$		$40 \pm 10$		
	a	b	a	b	a	b	
1	1	$6,2 \pm 1,5 \times 10^{2*}$	$5,3 \pm 1,4 \times 10^{2*}$	$50 \pm 16^*$	$60 \pm 19^*$	0	0
2	1	$1,0 \pm 0,2 \times 10^{3*}$	$2,0 \pm 0,5 \times 10^{2*}$	0	$30 \pm 9^*$	0	0
3	1	$4,5 \pm 1,1 \times 10^{2*}$	$2,6 \pm 0,7 \times 10^{2*}$	$40 \pm 13^*$	$20 \pm 6^*$	0	0
4	1	$1,7 \pm 0,4 \times 10^{2*}$	$1,2 \pm 0,3 \times 10^{2*}$	$65 \pm 21^*$	$60 \pm 19^*$	$10 \pm 3^*$	0
5	1	$5,5 \pm 1,3 \times 10^{2*}$	$3,8 \pm 1,0 \times 10^{2*}$	0	$30 \pm 10^*$	$40 \pm 10^*$	0
6	1	$3,0 \pm 0,7 \times 10^{2*}$	$1,0 \pm 0,3 \times 10^{2*}$	0	$20 \pm 6^*$	$10 \pm 3^*$	0
1	5	$1,4 \pm 0,4 \times 10^{2*}$	$10 \pm 3^*$	0	0	0	0
2	5	$5,5 \pm 1,4 \times 10^{2*}$	0	0	0	0	0
3	5	$1,2 \pm 0,3 \times 10^{2*}$	0	0	0	0	0
4	3	$2,0 \pm 0,5 \times 10^{2*}$	$80 \pm 20^*$	0	$10 \pm 3^*$	$20 \pm 5^*$	0
5	3	$4,5 \pm 1,1 \times 10^{2*}$	$90 \pm 23^*$	0	$10 \pm 3^*$	$10 \pm 3^*$	0
6	3	$3,1 \pm 0,8 \times 10^{2*}$	0	0	$10 \pm 3^*$	0	0

<sup>\*)</sup>  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \times t$

$t_{0,05} (n-2) = 2,776$

$n = 6$

a – unmittelbar nach der Bestrahlung

b – nach 3monatiger Lagerung

\* – signifikant bei einer Signifikanzschwelle von 5 % von den unbestrahlten Proben unterschieden

<sup>2)</sup> Herrn Zlato Milec, Ing. Radiol., Zentralinstitut für Tumore und verwandte Krankheiten, gilt unser Dank für die sorgfältige Durchführung der Bestrahlung der Proben.

## Ergebnisse und Diskussion

Die Bestrahlungsversuche wurden durchgeführt, um festzustellen, inwieweit eine bessere hygienische Qualität der Sojaprodukte erzielt werden kann. Damit soll verhindert werden, daß Mikroorganismen bzw. ihre hitzeresistenten Ruheformen unter den Bedingungen des Herstellungsprozesses sowie während der Lagerung von mit Sojaprodukten angereicherten Erzeugnissen auswachsen (4).

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Sulfit-reduzierende Clostridien, Koagulase-positive Staphylokokken, *Escherichia coli* und Proteusarten in 1 g Probe sowie Salmonellaarten (in 25 g Probe) wurden nicht nachgewiesen.

Die unmittelbar nach der Bestrahlung durchgeführten Untersuchungen zeigten, daß eine signifikante ( $p = 0,05$ ) Reduktion der Keimzahl bezüglich der Kontrollproben auftrat. Die bei mit 1 kGy bestrahlten Proben erreichte Reduktion der Keimzahl betrug 75 % bis 96 % und bei mit 3 bzw. 5 kGy bestrahlten Proben 86 % bis 97 %. Die aeroben Bakteriensporen wurden trotz ihrer höheren Strahlenresistenz mit Dosen von 3 und 5 kGy vollständig inaktiviert; bei einer Dosis von 1 kGy überlebten sie jedoch teilweise.

Nach dreimonatiger Lagerung bei Raumtemperatur nahmen in den bestrahlten Proben die vermehrungsfähigen Keime weiter ab. Die mit Dosen von 3 bzw. 5 kGy bestrahlten Proben zeigten dabei eine fast 100%ige Reduktion der Keime. Schimmelpilzsporen, die strahlenempfindlich sind, unterlagen nach dreimonatiger Lagerung einer vollständi-

Tab. 3. Gesamtstickstoffgehalt in bestrahlten und unbestrahlten Sojaproteinprodukten.

Erzeugnis	Gesamtstickstoff (g/100 g TS)*)			
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	5 kGy
1	8,44 ± 0,26	8,52 ± 0,27	—	8,48 ± 0,26
2	8,42 ± 0,26	8,43 ± 0,26	—	8,48 ± 0,26
3	8,31 ± 0,26	8,27 ± 0,26	—	8,39 ± 0,26
4	6,98 ± 0,22	6,97 ± 0,22	7,05 ± 0,22	—
5	5,50 ± 0,17	5,48 ± 0,17	5,55 ± 0,17	—
6	6,60 ± 0,21	6,57 ± 0,20	6,64 ± 0,21	—
Nach neunmonatiger Lagerung				
1	8,55 ± 0,27	8,44 ± 0,26	—	8,33 ± 0,26
2	8,50 ± 0,26	8,43 ± 0,26	—	8,48 ± 0,26
3	8,44 ± 0,26	8,31 ± 0,26	—	8,24 ± 0,26
4	6,98 ± 0,22	6,90 ± 0,22	6,98 ± 0,22	—
5	5,47 ± 0,17	5,48 ± 0,17	5,41 ± 0,17	—
6	6,75 ± 0,21	6,72 ± 0,21	6,56 ± 0,20	—

\*)  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \times t$

$t_{0,05 (n-2)} = 2,228$

$n = 12$

gen Abtötung sowohl bei der mit niedrigeren als auch mit höheren Dosiswerten bestrahlten Proben. Diese weitere Reduktion der Keimzahl während der Lagerung läßt sich auf einen Nacheffekt durch die bei der Bestrahlung erzeugten Radikale erklären.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefaßt.

Die Dosen von 1, 3 und 5 kGy bewirkten keine signifikanten ( $p = 0,05$ ) Veränderungen des Stickstoffgehalts im Vergleich zu den Kontrollproben. Dabei zeigt sich eine Übereinstimmung mit ähnlichen Untersuchungen anderer Autoren (9, 11, 14). Auch neun Monate nach der Bestrahlung war kein signifikanter Einfluß auf den Stickstoffgehalt nachweisbar.

Aus den Ergebnissen über den Gehalt an verfügbarem Lysin aus den unmittelbar nach der Bestrahlung durchgeführten Analysen ist ersichtlich, daß keine signifikanten ( $p = 0,05$ ) Verluste des Lysingehalts bei Dosen von 1, 3 sowie 5 kGy auftraten. Das stimmt ebenfalls mit Angaben in der Literatur überein (10). In unserem Fall handelte es sich um Erzeugnisse, bei denen gewisse Verluste an verfügbarem Lysin durch die thermi-

Tab. 4. Gehalt an verfügbarem Lysin in bestrahlten und unbestrahlten Sojaproteinprodukten.

Erzeugnis	Verfügbares Lysin (g/16 g N)*)			
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	5 kGy
1	4,32 ± 0,12	4,23 ± 0,12	—	4,36 ± 0,12
2	4,47 ± 0,12	4,31 ± 0,12	—	4,25 ± 0,12
3	4,31 ± 0,12	4,45 ± 0,12	—	4,23 ± 0,12
4	4,52 ± 0,14	4,55 ± 0,14	4,40 ± 0,14	—
5	4,28 ± 0,18	4,44 ± 0,18	4,21 ± 0,18	—
6	4,51 ± 0,15	4,39 ± 0,15	4,51 ± 0,15	—
Nach dreimonatiger Lagerung				
1	4,30 ± 0,12	4,28 ± 0,12	—	4,23 ± 0,12
2	4,43 ± 0,12	4,25 ± 0,12	—	4,28 ± 0,12
3	4,37 ± 0,12	4,39 ± 0,12	—	4,16 ± 0,12
4	4,38 ± 0,14	4,39 ± 0,14	4,33 ± 0,14	—
5	4,22 ± 0,16	4,26 ± 0,18	4,09 ± 0,18	—
6	4,39 ± 0,15	4,41 ± 0,15	4,51 ± 0,15	—
Nach neunmonatiger Lagerung				
1	4,32 ± 0,12	4,24 ± 0,12	—	4,21 ± 0,12
2	4,47 ± 0,12	4,29 ± 0,12	—	4,38 ± 0,12
3	4,24 ± 0,12	4,39 ± 0,12	—	4,25 ± 0,12
4	4,17 ± 0,14*	4,18 ± 0,14*	4,38 ± 0,14	—
5	3,92 ± 0,17*	4,00 ± 0,18*	4,01 ± 0,18	—
6	4,39 ± 0,15	4,26 ± 0,15	4,29 ± 0,15	—

\*)  $\bar{x} \pm s_{\bar{x}} \times t$

$t_{0,05 (n-2)} = 2,048$

$n = 30$

\* — signifikant bei einer Signifikanzschwelle von 5 % von den unbestrahlten Proben unterschieden

sche Vorbehandlung aufgetreten waren. Die Strahlendosen von 1, 3 und 5 kGy haben dagegen offensichtlich keine analytisch erfaßbare zusätzliche Schädigung des verfügbaren Lysins induziert.

Um festzustellen, ob sich nach langer Lagerzeit von bestrahlten Sojaproteinproben ein Nacheffekt auf das verfügbare Lysin bemerkbar macht, wurden die Proben nach drei- und neunmonatiger Lagerung erneut analysiert. Die Ergebnisse zeigen, daß nach einem Zeitraum von drei Monaten keine signifikanten ( $p = 0,05$ ) Veränderungen des verfügbaren Lysins auftraten. Nach der längeren Lagerung (neun Monate) wurde jedoch zum Teil, d.h. insbesondere bei den lecithinierten Produkten (Erzeugnisse 4 und 5), eine signifikante ( $p = 0,05$ ) Abnahme des verfügbaren Lysins festgestellt. Diese Abnahme betrug bei den Kontrollproben 7,7 % und 8,4 % und bei 1 kGy bestrahlten Proben 8,1 % bzw. 9,9 %. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Veränderungen des verfügbaren Lysins in diesen Proben weniger auf den Bestrahlungseffekt als auf andere Ursachen zurückzuführen sind. Möglich sind Reaktionen des Lysins mit Lecithinbestandteilen oder/und mikrobielle Umsetzungen, da die Verluste in den mit 3 kGy bestrahlten Produkten nicht signifikant waren.

#### Literatur

1. AOAC (1960) Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, DC, p 169
2. AOAC (1990) Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Arlington, pp 772, 780, 791
3. Afifi FA, El-Refai S, El-Ballal ASI (1982) Egyptian J Food Sci 10:81-94
4. Bell WN, Shelef LA (1978) J Food Sci 43:315-318
5. Bergmeyer HU (1983) Methods of enzymatic analysis, Vol II. Verlag Chemie, Weinheim Basel, p 239
6. Carpenter KJ (1960) Biochem J 77:604-610
7. Davies OL (1961) Statistical methods in research and production. Oliver and Boyd, London, pp 157-173 und 37-39
8. Diehl JF, Adam S, Delincée H, Jakubick V (1978) J Agr Food Chem 20:15-20
9. Inayatullah, Zeb A, Ahmad M, Hussain B, Khan J (1987) Nucleus 24:31-34
10. Khattak AB, Klopfenstein CF (1989) Cereal Chem 66:171-172
11. Naji EZ, Jaddon H, Sidiqi AM (1988) Iraqui J Agr Sci „Zanco“ 6:55-62
12. Oku T (1983) J Jap Soc Food Sci Techn 30:145-150, 681-687
13. Partmann W, Schlaszus H (1980) Z Lebensm Unters Forsch 171:1-4
14. Sattar A, Atta S, Akhtar MA (1990) Nahrung 34:509-514
15. Schormüller J (1967) Handbuch der Lebensmittelchemie, Band II/2. Teil, Analytik der Lebensmittel, Nachweis und Bestimmung von Lebensmittel-Inhaltsstoffen. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 240, 514
16. Stockhausen K, Bögl W, Weise HP (1978) Z Lebensm Unters Forsch 167:256-261
17. Washington JA (1981) Laboratory procedures in clinical microbiology. Springer, New York Heidelberg Berlin

Eingegangen 24. Juni 1991  
akzeptiert 5. Oktober 1991

Für die Verfasser:

Doc. Dr. Marija Horvatić, Institut für Lebensmittelchemie, Pharmazeutisch-biochemische Fakultät, A. Kovačića 1, 41000 Zagreb, Jugoslawien