

Der Einfluß der Keimung auf die Proteinqualität von Weizen und Mungbohnen – Stickstoffbilanzversuche an wachsenden Ratten

A.-E. Harmuth-Hoene

Institut für Ernährungsphysiologie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Zusammenfassung: Es wurde geprüft, ob die während der Keimung von Weizen und Mungbohnen neugebildeten limitierenden Aminosäuren (Lysin, Cystin und Methionin) biologisch verfügbar sind. Im Stickstoffbilanzversuch an wachsenden Ratten wurde der Einfluß der Keimung und einer Hitzebehandlung auf den Proteinnährwert von Weizen und Mungbohnen untersucht. Im Vergleich zu ungekeimtem Weizen erhöhten sich die NPU von 30 % auf 41 % und die biologische Wertigkeit (BW) von 36 % auf 52 %, während die scheinbare Proteinverdaulichkeit (PV) von 82 % auf 79 % zurückging. Die Hitzebehandlung verbesserte lediglich die PV in ungekeimtem Weizen von 82 % auf 85 %. Die Verfütterung von gekeimten Mungbohnen verursachte eine deutlich eingeschränkte Futteraufnahme durch die Tiere, so daß eine gesicherte Aussage über eine Veränderung der Proteinqualität während der Keimung nicht möglich war. Die Hitzebehandlung der ungekeimten Mungbohnen bewirkte einen Anstieg der PV von 77 % auf 81 %, der NPU von 38 % auf 48 % und der BW von 49 % auf 60 %.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, daß die während der Keimung von Weizen neugebildeten Aminosäuren, vor allem das Lysin, biologisch verfügbar sind. Eine Verbesserung der Proteinqualität von ungekeimten Mungbohnen konnte durch Hitzeeinwirkung erzielt werden.

Summary: The bioavailability of limiting amino acids (lysine, cystine and methionine), which are formed during the germination of wheat and mung beans, was assessed in nitrogen balance trials on growing rats. In addition, the influence of heat treatment on the protein nutritional value of wheat and mung beans was determined. Compared to ungerminated wheat, net protein utilization (NPU) and biological value (BV) increased from 30 % and 36 % to 41 % and 52 %, respectively. Apparent protein digestibility (PD) decreased from 82 % to 79 % during 4 day germination. Heat treatment improved PD from 82 % to 85 % in ungerminated wheat, but not during germination. NPU and BV were not changed by heat treatment. Feeding germinated mung beans caused a markedly reduced feed intake by the animals, which made it impossible to evaluate changes in protein nutritional value during germination. Heat treatment of ungerminated mung beans improved PD, NPU and BV from 77 %, 38 % and 49 % to 81 %, 48 % and 60 %, respectively.

The results indicate that the amino acids, in particular lysine, which are formed in germinating wheat, are available to the rat. Heat treatment will improve considerably the protein nutritional value of ungerminated mung beans.

Schlüsselwörter: Keimung, Hitzebehandlung, Proteinverdaulichkeit biologische Wertigkeit, limitierende Aminosäuren

Key words: germination, heat treatment, protein digestibility, biological value, limiting amino acids

Einleitung

Der Verzehr gekeimter Zerealien und Leguminosen wird seit vielen Jahren in einer Reihe von Entwicklungsländern praktiziert und erfreut sich neuerdings auch in den westlichen Industrieländern zunehmender Beliebtheit. Im Verlauf des Keimprozesses werden die Reserveproteine des Samens enzymatisch abgebaut (1, 2). Aus den freigesetzten Peptiden und Aminosäuren werden die für die Entwicklung des Keimlings notwendigen Proteine synthetisiert. Es wurde verschiedentlich nachgewiesen, daß sich das Aminosäuremuster nach Hydrolyse im Keimling deutlich von dem des ungekeimten Samens unterscheidet (3, 4, 5, 6). Bei Weizen und Mungbohnen wurde bei der Keimung ein deutlicher Anstieg der limitierenden Aminosäuren Lysin bzw. Cystin und Methionin und damit eine Verbesserung des „chemical score“ beobachtet (6). In der vorliegenden Arbeit wurde mit Hilfe des Stickstoffbilanzversuchs an wachsenden Ratten untersucht, ob die während der Keimung neugebildeten limitierenden Aminosäuren biologisch verfügbar sind. Zusätzlich wurde die Auswirkung einer Hitzebehandlung von ungekeimten und gekeimten Samen auf die Proteinqualität geprüft.

Material und Methoden

Die zur Keimung verwendeten Samen von Weizen (*Triticum vulgare* Vill.) und Mungbohnen (*Phaseolus aureus* Roxb. oder *Vigna radiata* L.) mit einer hohen Keimfähigkeit wurden von der Firma Biokosma GmbH, Konstanz, FRG, bezogen. Die Keimung erfolgte in handelsüblichen Keimgeräten aus Plastik der gleichen Firma bei 22–24°C und einem 12 Stunden Hell-dunkel-Rhythmus. Die Samen wurden zweimal (Weizen) oder dreimal (Mungbohnen) täglich gewässert. Die Keimdauer betrug 2 oder 4 Tage. Das Keimgut wurde lyophilisiert und fein zermahlen. Zur Hitzebehandlung wurde das Keimgut vor der Gefriertrocknung 15 Minuten im Dampftopf unter Druck erhitzt (115°C). Als Vergleichsprobe wurden ungekeimte Samen gemahlen und getrocknet oder vor dem Zerkleinern 15 Minuten im Dampftopf unter Druck erhitzt (Abb. 1). Durch Zusatz von Maisstärke, Zucker, Maiskeimöl und Vitamin- und Mineralstoffmischungen wurde das Keimgut entsprechend seinem Proteingehalt zu Futtermischungen mit einem Proteingehalt zwischen 10,2 und 10,6% verarbeitet.

Die Futtermischungen wurden über einen Zeitraum von 7 Tagen an Gruppen von jeweils 8 männlichen Sprague-Dawley-Ratten mit einem mittleren Anfangsgewicht von 72 g ad lib. gefüttert. Während der letzten 4 Tage wurden die Tiere in Stoffwechselfäße gesetzt. Die Ratten wurden unter Standardbedingungen (20–22°C, 65% rel. Luftfeuchtigkeit, 12 Stunden Hell-dunkel-Rhythmus) gehalten und hatten freien Zugang zu Wasser. Während der Bilanzperiode wurden täglich Kot und Urin gesammelt und der Futterverbrauch nach Korrektur für verstreutes Futter registriert. Zu Beginn und nach Abschluß der Bilanzperiode wurde das Gewicht der Tiere notiert.

Die Fäzes wurden über 48 Stunden bei 70°C getrocknet. Der Urin wurde über 3 ml 2 N-H₂SO₄ aufgefangen und bis zur Analyse eingefroren. Der Stickstoffgehalt in Fäzes, Urin und Futter wurde nach Kjeldahl unter Verwendung des Kjeltec-Auto-1030-Analysators (Fa. Tecator GmbH, Rodgau, FRG) bestimmt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit Hilfe der einfachen Varianzanalyse und des Scheffé-Tests.

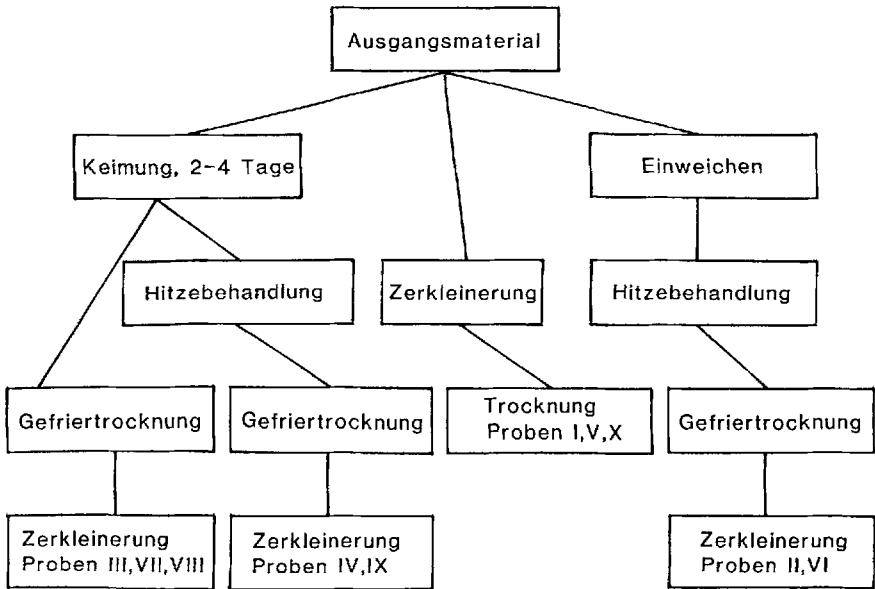


Abb. 1. Probenvorbereitung.

Ergebnisse

Der Gehalt an Hauptinhaltsstoffen in Weizen und Mungbohnen vor und nach der Keimung ist in Tabelle 1, die Zusammensetzung der Futtermischungen in Tabelle 2 wiedergegeben.

Weizen

Im Vergleich zu ungekeimtem Weizen wurde die Proteinverwertung (NPU) von 30 % auf 41 % und die biologische Wertigkeit von 36 % auf 52 % verbessert ($P < 0,01$) (Tab. 3). Dagegen wurde eine durch die Keimung bedingte geringfügige Abnahme der Proteinverdaulichkeit von 82 % auf 79 % ($P < 0,01$) beobachtet. Die Hitzebehandlung des ungekeimten Samens führte nur zu einer leichten Verbesserung der Proteinverdaulichkeit von 82 % auf 85 % ($P < 0,01$). Andererseits verursachte die Hitzebehandlung des gekeimten Weizens keine wesentliche Veränderung der Proteinverdaulichkeit. NPU und biologische Wertigkeit wurden weder in ungekeimtem noch in gekeimtem Weizen durch die Hitzebehandlung verändert. Es fällt auf, daß die Futteraufnahme der Tiere durch die Hitzebehandlung der Proben deutlich anstieg. Dieser Effekt war besonders ausgeprägt bei den Futtermischungen, die gekeimten Weizen enthielten (28 vs. 43 g/4 Tage). Die aufgrund der geringen Futteraufnahme reduzierte Stickstoffzufuhr der Tiere in der Gruppe III blieb ohne Einfluß auf die Ergebnisse der Stickstoffbilanz. Die Gewichtszunahme der Tiere variierte zwischen 6 und 8 g/4 Tagen.

Tab. 1. Inhaltsstoffe von Weizen und Mungbohnen (% TS) vor und nach 2- bis 4tägiger Keimung.

| Probe | Rohprotein ¹⁾ | Fett ²⁾ | Asche | Ballaststoffe ³⁾ | Kohlenhydrate ⁴⁾ |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| Weizen, ungekeimt | 12,9 | 1,86 | 2,27 | 14,7 | 68,3 |
| Weizen, 4 Tage gekeimt | 13,8 | 3,21 | 2,09 | 20,4 | 60,5 |
| Mungbohnen, ungekeimt | 24,1 | 1,76 | 4,05 | 14,3 | 55,8 |
| Mungbohnen, 2 Tage gekeimt | 27,1 | 1,50 | 3,47 | 13,6 | 54,4 |
| Mungbohnen, 4 Tage gekeimt | 29,7 | 1,78 | 3,77 | 21,7 | 43,1 |

¹⁾ N × 6,25²⁾ gravimetrisch bestimmt nach Extraktion mit Chloroform/Methanol³⁾ Bestimmung nach Asp u. Mitarbeitern (7)⁴⁾ Differenz aus Trockensubstanz ~ (Protein + Fett + Ballaststoffe + Asche)

Mungbohnen

Im Gegensatz zu den Ergebnissen mit Weizen bewirkte die Keimung von Mungbohnen keine Beeinträchtigung der scheinbaren Proteinverdaulichkeit, aber mit zunehmender Keimdauer einen deutlichen Rückgang von NPU und biologischer Wertigkeit (Tab. 4). Die Hitzebehandlung der ungekeimten Mungbohnen bewirkte eine signifikante Erhöhung der Proteinverdaulichkeit von 77 % auf 81 %, der NPU von 38 % auf 48 % und der biologischen Wertigkeit von 49 % auf 60 % ($P < 0,01$). Dieser Effekt wurde nach 4tägiger Keimung von Mungbohnen nicht beobachtet.

Die Aufnahme der Futtermischungen mit gekeimten Mungbohnen (20–29 g/4 Tage) war gegenüber der der Futtermischungen, die ungekeimte Mungbohnen enthielten (41–47 g/4 Tage), erheblich herabgesetzt. Hierdurch sank die Stickstoffzufuhr in den Gruppen VII–IX so stark ab, daß eine für das Wachstum ausreichende Proteinversorgung vermutlich

Tab. 2. Zusammensetzung der Futtermischungen (%).

| Futtermischungen | I–IV | V–IX |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| Weizen | 73–90 | – |
| Mungbohnen | – | 34–44 |
| Maisstärke | 5–11 | 44–34 |
| Saccharose | 4 | 10 |
| Maiskeimöl | 4 | 4 |
| Mineralstoffe ¹⁾ | 6 | 6 |
| Vitamine ²⁾ | 2 | 2 |
| Protein (N × 0,25) | 10,2–10,5 | 10,3–10,6 |

¹⁾ Mineralstoff- und Spurenelementvormischung C 1000, Altromin²⁾ Vitaminvormischung C 1004, Altromin

Tab. 3. Einfluß von Keimung und Hitzebehandlung auf die Proteinqualität von Weizen, N-Bilanzversuche an wachsenden Ratten, Mittelwerte \pm SD, n = 8.

| Futtermischung | Gewichtszunahme g/4T | Futterzufuhr g/4T | N-Zufuhr mg/4T | Proteinverdaul. % | NPU % | Biolog. Wertigkeit % |
|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| I Weizen, roh, ungekeimt | 5,9 $\pm 2,3$ | 37,1 $\pm 4,6$ | 658,6 $\pm 81,5$ | 82,1 ^{b1)} $\pm 1,2$ | 29,9 ^b $\pm 2,9$ | 36,4 ^b $\pm 3,3$ |
| II Weizen, erhitzt, ungekeimt | 6,9 $\pm 0,8$ | 43,4 $\pm 0,7$ | 768,7 $\pm 11,6$ | 85,3 ^a $\pm 1,0$ | 30,6 ^b $\pm 1,4$ | 35,9 ^b $\pm 1,5$ |
| III Weizen, roh, 4 Tage gekeimt | 6,4 $\pm 2,9$ | 28,4 $\pm 5,0$ | 517,2 $\pm 90,6$ | 79,0 ^c $\pm 2,2$ | 40,8 ^a $\pm 3,2$ | 51,6 ^a $\pm 3,5$ |
| IV Weizen, erhitzt, 4 Tage gekeimt | 7,9 $\pm 2,4$ | 42,6 $\pm 1,5$ | 744,1 $\pm 25,8$ | 81,1 ^{bc} $\pm 1,5$ | 43,4 ^a $\pm 2,4$ | 53,6 ^a $\pm 2,5$ |

¹⁾ Mittelwerte in einer Spalte mit unterschiedlichen Buchstaben weisen signifikante Unterschiede auf, $p < 0,01$

nicht mehr gewährleistet war und körpereigenes Protein zur Bedarfsdeckung herangezogen wurde. Eine verzögerte Gewichtszunahme und erhöhte Stickstoffausscheidung im Urin (Verringerung der NPU und der biologischen Wertigkeit) sind kennzeichnend für diese Situation.

Um zu prüfen, ob bei einer Stickstoffzufuhr um 500 mg/4 Tage eine Proteinunterversorgung eintritt, wurde die Stickstoffbilanz an einer

Tab. 4. Einfluß von Keimung und Hitzebehandlung auf die Proteinqualität von Mungbohnen. Stickstoff-Bilanzversuche an wachsenden Ratten, Mittelwerte \pm SD, n = 8.

| Futtermischung | Gewichtszunahme g/4T | Futterzufuhr g/4T | N-Zufuhr mg/4T | Proteinverdaul. % (app.) | NPU % | Biolog. Wertigkeit % |
|--|-------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| V Mungbohnen, roh, ungekeimt | 7,9 $\pm 1,8$ | 41,3 $\pm 2,2$ | 761,5 $\pm 40,5$ | 77,0 ^{b1)} $\pm 1,7$ | 37,9 ^b $\pm 1,7$ | 49,2 ^b $\pm 1,8$ |
| VI Mungbohnen, erhitzt, ungekeimt | 9,4 $\pm 1,3$ | 47,2 $\pm 0,5$ | 901,2 $\pm 9,1$ | 81,2 ^a $\pm 1,3$ | 48,5 ^a $\pm 3,3$ | 59,7 ^a $\pm 3,5$ |
| VII Mungbohnen, roh 2 Tage gekeimt | 3,0 $\pm 2,9$ | 28,6 $\pm 4,2$ | 510,4 $\pm 74,1$ | 77,5 ^b $\pm 1,1$ | 27,6 ^c $\pm 1,9$ | 35,5 ^c $\pm 2,3$ |
| VIII Mungbohnen, roh 4 Tage gekeimt | 2,8 $\pm 0,7$ | 24,9 $\pm 1,6$ | 452,7 $\pm 29,5$ | 76,6 ^b $\pm 1,3$ | 20,8 ^d $\pm 1,6$ | 27,2 ^d $\pm 2,2$ |
| IX Mungbohnen, erhitzt, 4 Tage gekeimt | 0 $\pm 2,5$ | 20,1 $\pm 2,4$ | 357,8 $\pm 42,0$ | 77,3 ^b $\pm 1,4$ | 20,8 ^d $\pm 3,6$ | 26,8 ^d $\pm 4,7$ |
| X Mungbohnen, roh, ungekeimt, restriktiv gefüttert | 1,2 $\pm 2,8$ | 25,9 $\pm 0,1$ | 483,7 $\pm 1,7$ | 78,6 ^b $\pm 1,4$ | 28,4 ^c $\pm 3,4$ | 36,1 ^c $\pm 3,9$ |

¹⁾ Mittelwerte in einer Spalte mit unterschiedlichen Buchstaben weisen signifikante Unterschiede auf, $p < 0,01$

Gruppe von 8 Ratten, die mit der Futtermischung der Gruppe V (rohe, ungekeimte Mungbohnen) restriktiv gefüttert wurden, durchgeführt (Tiergruppe X). Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Gruppe V verdeutlicht, daß die Reduzierung der Stickstoffzufuhr von 762 mg auf 484 mg/4 Tage eine signifikante Verringerung der NPU und der biologischen Wertigkeit verursachte, während die Proteinverdaulichkeit nicht beeinträchtigt wurde. Gleichzeitig verringerte sich die Gewichtszunahme der Tiere von 7,9 auf 1,2 g/4 Tage. Diese Werte zeigen, daß eine Zufuhr von Protein aus Leguminosen in Höhe von ca. 500 mg/4 Tage unzureichend ist, um eine Stickstoffbilanz durchzuführen, da durch den Abbau von körpereigenem Protein vermehrt Stickstoff im Urin ausgeschieden wird.

Diskussion

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Bilanzversuche mit Weizen ist eine deutliche Verbesserung der NPU und der biologischen Wertigkeit des Proteins um 11 bzw. 15 Prozentpunkte nach 4tägiger Keimung erkennbar. Diese Wirkung ist in erster Linie auf den erhöhten Gehalt an Lysin in gekeimtem Weizen (4,4 mg/16 mg N) gegenüber 2,9 mg/16 mg N in ungekeimtem Weizen) (6) zurückzuführen. Neben Lysin nahmen auch die Gehalte an Threonin, Asparagin, α -Alanin und Tyrosin im Verlaufe der 4tägigen Keimung von Weizen bei gleichbleibendem Rohproteingehalt zu. Hanad und Fields (8) untersuchten den Einfluß der Keimung (5 Tage) auf die Proteinqualität von Weizenschrot unter Verwendung eines mikrobiologischen Testsystems (Tetrahymina pyriformis, W.) und fanden einen Anstieg des relativen Nährwertes (RNV) um 14 Prozentpunkte.

Die Interpretation der Ergebnisse für NPU und biologische Wertigkeit von Mungbohnen ist aufgrund der deutlich herabgesetzten Futteraufnahme der Tiere bei Verfütterung von gekeimten Mungbohnen erschwert. Die Tatsache, daß bei ungefähr gleicher Stickstoffzufuhr in den Gruppen VII (rohe Mungbohnen, 2 Tage gekeimt) und X (rohe Mungbohnen, ungekeimt, restriktiv gefüttert) gleiche Werte für NPU und biologische Wertigkeit gemessen wurden, ist ein Hinweis, daß die Proteinqualität nach 2tägiger Keimung nicht verbessert war. Zur Proteinqualität der über 4 Tage gekeimten Mungbohnen kann lediglich festgestellt werden, daß die Proteinverdaulichkeit unverändert blieb. Über NPU und biologische Wertigkeit kann wegen der unzureichenden Stickstoffzufuhr keine gesicherte Aussage gemacht werden.

Die Verbesserung der Proteinverdaulichkeit durch Hitzebehandlung wird häufig beobachtet und ist auf die bessere Zugänglichkeit des denaturierten Proteins für die Proteasen im Magen-Darm-Trakt zurückzuführen. Warum dieser Effekt nach 4tägiger Keimung bei Weizen und Mungbohnen nicht mehr erkennbar ist, muß dahingestellt bleiben.

Die deutliche Erhöhung der NPU und biologischen Wertigkeit des Proteins in erhitzten Leguminosen ist verschiedentlich festgestellt worden (9, 10, 11) und wird mit der Zerstörung der in rohen Leguminosen enthaltenen Proteaseinhibitoren erklärt. Die Inaktivierung der Proteasen insbesondere des Trypsins im Magen-Darm-Trakt stimuliert den Pankreas zu erhöhter Sekretion endogener Proteine (Enzyme) (12), die besonders reich an schwefelhaltigen Aminosäuren sind (13). Dieses Protein geht dem

Organismus verloren, wodurch der Bedarf an schwefelhaltigen Aminosäuren erhöht wird (14). Hinzu kommt, daß der Trypsininhibitor selbst einen hohen Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren enthält, die zwar chemisch nachweisbar, aber biologisch nicht verfügbar sind, weil sie in einem nicht resorbierbaren Komplex an das Trypsin gebunden sind. Demzufolge ist die biologische Verfügbarkeit des Leguminosenproteins geringer, als es seinem Aminosäuremuster entspricht. Durch Hitzebehandlung wird der Trypsininhibitor weitgehend denaturiert, wobei die Aminosäuren biologisch verfügbar werden. Gleichzeitig normalisiert sich die Enzymsekretion des Pankreas, und der Verlust an S-haltigen Aminosäuren geht zurück. Es ist anzunehmen, daß dieser Wirkungsmechanismus des Trypsininhibitors für die beobachtete erhöhte biologische Wertigkeit nach Hitzebehandlung von ungekeimten Mungbohnen verantwortlich ist.

Aussagen anderer Autoren über die Proteinqualität von gekeimten Mungbohnen sind widersprüchlich. Noor und Mitarb. (15) beobachteten bei Ratten ebenfalls eine verminderte Futteraufnahme von Diäten, die gekeimte Mungbohnen enthielten. Sie beobachteten einen Rückgang der NPR (Net Protein Ratio) und der PER (Protein Efficiency Ratio) mit zunehmender Keimdauer (2–4 Tage). Vermutlich beeinträchtigt der in Wurzeln und Blättern der keimenden Mungbohne enthaltene Bitterstoff (16) die Freßlust der Ratten. Bei Verfütterung von Mungbohnen nach 2tägiger Keimung konnten Khan und Ghafoor (17) keine Veränderungen der NPU oder biologischen Wertigkeit im Vergleich zu ungekeimten Samen feststellen. In diesen Versuchen trat keine Beeinträchtigung der Futteraufnahme beim Verzehr von gekeimten Mungbohnen auf. Abweichend von diesen Ergebnissen wurde in mikrobiologischen Untersuchungen zur Proteinqualität gekeimter Mungbohnen mit *Tetrahymena pyriformis* W. ein mit der Keimdauer (– 2½ Tage) ansteigender relativer Nährwert (RNV) gefunden (16). Bei dieser Methode werden die mit *Tetrahymena* beimpften Proben zuvor im Autoklaven sterilisiert, was möglicherweise die Freisetzung von schwefelhaltigen Aminosäuren und damit einen verbesserten Nährwert bewirkt.

Danksagung

Für die sorgfältige Durchführung der analytischen Arbeiten und die zuverlässige Betreuung der Versuchstiere dankt die Autorin ihren Mitarbeiterinnen Frau Petra Crocoll und Frau Sieglinde Felleisen.

Literatur

1. Bednarski W, Tomasik J, Piatowska B (1985) Processing suitability and nutritive value of field bean seeds after germination. *J Food Agric* 36:745–751
2. Sathe SK, Desphande SS, Reddy NR, Goll DE, Salunkhe DK (1983) Effects of germination on proteins, raffinose, oligosaccharides and antinutritional factors in the great northern bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *J Food Sci* 48:1796–1800
3. Finney PL, Mason WR, Jeffers HC, El-Samahy SK, Vigue GT (1981) The effects of germination on some physical, chemical and breadmaking properties of 12 US wheat variety composites. Paper No. 214. 66th Annual meeting of the AACC. Denver, Co. October 25–29, 1981

4. Oaks A (1982) Regulation of nitrogen metabolism during early seedling growth. *Rec Adv Phytochem* 17:53-76
5. Wu CH, Fenton F (1953) Effect of sprouting and cooking of soybeans on palatability, lysine, tryptophane thiamine and ascorbic acid. *Food Res* 18:640-645
6. Harmuth-Hoene AE, Bogner A, Kornemann U, Diehl JF (1987) Der Einfluß der Keimung auf den Nährwert von Weizen, Mungbohnen und Kichererbsen. *Z Lebensm Unters Forsch* (im Druck)
7. Asp AG, Johansson CG, Hallmer H, Siljeström M (1983) Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J Agric Food Chem* 31:476-482
8. Hamad AM, Fields ML (1979) Evaluation of the protein quality and available lysine of germinated and fermented cereals. *J Food Sci* 44:456-459
9. Jaya TV, Krishnamurthy KS, Venkataraman LV (1975) Effect of germination and cooking on the protein efficiency ratio of some legumes. *Nutr Rep Inter* 12:175-182
10. Bates RP, Knapp FW, Araujo PE (1977) A research note: Protein quality of green mature, dry mature and sprouted soybeans. *J Fd Sci* 42:271-272
11. Liener IE (1958) Effect of heat on plant proteins. In: Altschul AM (ed) *Processed Protein Foodstuffs*. Academic Press, New York, p 79
12. Booth AN, Robbins DJ, Ribelin WE, Deeds F (1960) Effect of raw soybean meal and amino acids on pancreatic hypertrophy in rats. *Proc Soc exp Biol Med* 104:681-683
13. Bender AE (1987) Effects on nutritional balance: antinutrients. In: Watson DH (ed) *Natural Toxicants in Food. Progress and Prospects*. Ellis Horwood series in food science and technology, VCH publishers, Weinheim New York, p 110
14. Liener IE (1975) Effect of antinutritional and toxic factors on the quality and utilization of legume protein. In: Friedman M (ed) *Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds, Part 2*, Marcel Dekker Inc., New York, pp 523-550
15. Noor MI, Bressani R, Elias LG (1980) Changes in chemical and biochemical compounds, protein quality and digestibility of mung bean (*Vigna radiata*) during germination and cooking. *Qual Plant Foods Hum Nutr* 30:135-144
16. Prudente VR, Mabesa LB (1981) Evaluation of the nutritional quality of flours from mungo (*Vigna radiata* L. Wilzeck) sprouts. *Philippine J Nutr* 34:199-203
17. Khan MA, Ghafoor A (1978) The effect of soaking, germination and cooking on the protein quality of mash beans (*Phaseolus mungo*). *J Sci Food Agric* 29:461-464

Eingegangen 7. Oktober 1987

Anschrift des Verfassers:

Anna-Elisabeth Harmuth-Hoene, Institut für Ernährungsphysiologie, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Engesserstraße 20, 7500 Karlsruhe