

Körnerleguminosen in der Humanernährung

Nährstoffgehalt und Proteinqualität von Hülsenfrüchten

Teil 1 & 2

Veröffentlicht in der ERNÄHRUNGS UMSCHAU

Autoren

Helmut F. Erbersdobler, Christian A. Barth, Gerhard Jahreis

Körnerleguminosen in der Humanernährung

Nährstoffgehalt und Proteinqualität von Hülsenfrüchten

Helmut F. Erbersdobler, Christian A. Barth, Gerhard Jahreis

Abstract

Anhand von Angaben aus der Literatur wurden der Nährstoffgehalt und die Proteinqualität der Körnerleguminosen (Hülsenfrüchte) Erbsen, Ackerbohnen (Faba-Bohnen), Süß-Lupinen und Sojabohnen ermittelt. Aus den Aminosäurewerten wurden durch Vergleich mit einem Standardprotein, das aus den Bedarfswerten für Kinder im Alter von 3 Jahren und höher gebildet wurde, der *Amino Acid Score* (AAS) und mit den Werten für die Proteinverdaulichkeit der *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS) errechnet.

Die Mineralstoff- und Vitamingehalte sind verhältnismäßig hoch, insbesondere Kalium und Kalzium (Lupinen und Soja), Magnesium, Eisen und Zink sowie Vitamin B₁ (Thiamin) und Folat. Sojabohnen sind eine wesentliche Quelle für Linolsäure, aber auch für α -Linolensäure. Die übrigen Körnerleguminosen spielen wegen ihres geringen Fettanteils als Lieferanten von Fettsäuren keine große Rolle. Der Gehalt an Ballaststoffen ist sehr hoch. Bemerkenswert sind die Gehalte an Di- und Oligosacchariden. Bei Ackerbohnen und Lupinen sind die schwefelhaltigen Aminosäuren (Methionin und Zystin) wertbegrenzend (limitierend). Die Proteinverdaulichkeit liegt mit 89–96% bei allen Leguminosen sehr hoch. Daraus ergeben sich PDCAAS-Werte von 81 (Lupinen) bis 96 (Erbsen). Diese hohen Werte sind vergleichbar mit denen tierischer Proteine. Erbsen, Bohnen und etwas weniger deutlich die Lupinen haben eine gute Ergänzungswirkung an Lysin auf das lysinärmere Getreideprotein. Lupinenprotein ist zudem argininreich.

Schlüsselwörter: Körnerleguminosen, Hülsenfrüchte, Erbsen, Sojabohnen, Ackerbohnen, Süß-Lupinen, Proteinqualität, Aminosäuren, Mineralstoffe, Vitamine, Ballaststoffe

für den geringen Konsum sind die blähende Wirkung, v. a. beim Verzehr von Bohnen, das Image des Einfachen und eher Rustikalen und die Vorstellung, dass Körnerleguminosen insbesondere in der Tierernährung eingesetzt werden. Ein weiterer Grund ist die niedrige landwirtschaftliche Ertragsituation, die zu einem geringeren Angebot führt. Getreideprodukte und inzwischen auch Kartoffelerzeugnisse sind heute nicht zuletzt vielfältiger und diversifizierter als Lebensmittelspezialitäten auf der Basis von Leguminosen.

Dieses eher angestaubte Image der Leguminosen ändert sich allerdings seit einiger Zeit. Dies hat folgende Gründe:

1. Die gesundheitliche Bedeutung der Leguminosen wird zunehmend erkannt und anerkannt (z. B. [2]). In einer Studie von BECERRA-TOMÁS et al. [3] an 3 349 Teilnehmern mit unterschiedlicher Verzehrmenge an Leguminosen (Linsen, Kichererbsen, Bohnen, Erbsen) traten innerhalb der über 4-jährigen Studiendauer 266 neue Diabetes-mellitus-Erkrankungen auf. In der Gruppe mit der höchsten Quartile des Leguminosenverzehr (knapp 35 g/Tag) war das Diabetesrisiko niedriger als in der Gruppe mit der niedrigsten Quartile (9,5 g/Tag). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass der mittlere Verzehr an Leguminosen in Deutschland bei unter 2 g/Tag liegt.
2. Es werden dringend hochwertige Proteine aus Pflanzen in der Humanernährung benötigt v. a. für

Einleitung

Leguminosen gehören zu den Lebensmitteln, deren regelmäßiger Verzehr besonders empfohlen wird. Im Altertum und im Mittelalter zählten sie zu den wichtigsten Energie- (Stärke-) und Proteinträgern in der menschlichen Ernährung. Heute haben Getreide und Kartoffeln in Verbindung mit tierischen Lebensmitteln diese Funktionen übernommen. Der Verzehr an Leguminosen beträgt daher z. B. in Deutschland durchschnittlich nur noch < 1 kg pro Person und Jahr [1]. Gründe

Zitierweise:

Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G (2017) Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. *Ernährungs Umschau* 64(9): 134–139; 64(10): 140–144

The English version of this article is available online: DOI: 10.4455.eu.2017.034



© chengyuzheng/iStock/Thinkstock



© nipapornnan/iStock/Thinkstock



© UrosPoteko/iStock/Thinkstock



© PicturePartners/iStock/Thinkstock



© victoriya89/iStock/Thinkstock

die wachsende Weltbevölkerung und als Alternative zu kohlenhydrat- bzw. fettreicher Nahrung. Leguminosen sind relativ proteinreich mit 20–40 % Protein in der Trockensubstanz, während z. B. Getreidearten nur 10–15 % Protein enthalten.

3. Proteinkonzentrate und -Isolate werden zunehmend für Spezialnahrungen, z. B. von Sportlern, eingesetzt.
4. Es wird verstärkt empfohlen, den Verzehr von Lebensmitteln tierischer Herkunft aus gesundheitlichen Gründen und aus Gründen der Nachhaltigkeit zugunsten pflanzlicher Proteinträger zu reduzieren. Eine prospektive Kohortenstudie an 131 342 Teilnehmern der *Nurses' Health Study* kam zu dem Schluss, dass eine hohe Aufnahme tierischer Lebensmittel positiv mit kardiovaskulärer Mortalität assoziiert sein kann. Hingegen ist eine hohe Aufnahme pflanzlicher Proteinträger umgekehrt assoziiert mit der Gesamt-Mortalität und der kardiovaskulären Mortalität. Diese Beziehung war besonders deutlich bei Personen mit mindestens einem Lebensstil-Risikofaktor [4].
5. Für die im Trend liegende vegetarische und vegane Ernährung werden dringend proteinreiche Lebensmittel mit hoher Proteinqualität benötigt.
6. Des Weiteren werden laufend neue Proteine mit technofunktionellen Eigenschaften wie Löslich-

keit, Emulgierbarkeit, Schaumbildung, Gelbildung etc. gesucht [5, 6]. Einige Proteinisolate verschiedener Leguminosen erfüllen diese Anforderungen. Leguminosenmehle und insbesondere Spezialprodukte auf der Basis von Protein- (ggf. auch Stärke-)Isolaten spielen daher auch in der Lebensmitteltechnologie eine immer größere Rolle.

Es wundert daher nicht, dass Tendenzen bestehen, die Erzeugung vom „erweiterten gärtnerischen Bereich“ auf große Ackerflächen zu verlegen. Feldprodukte aus dem Bereich der Tierernährung, bspw. Felderbsen, Ackerbohnen und Süßlupinen, rücken daher ins Visier der Ernährungs- und Lebensmittelbranche. Es ergibt sich die Frage, ob auch diese Erzeugnisse hinsichtlich des Gehalts an Nährstoffen und ggf. unerwünschten Inhaltsstoffen den Ansprüchen in der Humanernährung genügen und ob sie nicht sogar gesundheitlich positive Wirkungen entfalten können.

Die vorliegende Arbeit behandelt v. a. die wichtigsten Nährstoffe und wegen der besonderen Rolle der Proteine auch deren Qualität.

Methodik

Es wurden die besonders favorisierten Leguminosenmehle aus Erbsen (*Pisum sativum* L.), Ackerbohnen (*Vicia faba*) und Süß-Lupinen (*Lupi-*

(Körner)Leguminosen/Hülsenfrüchte

Aus der botanischen Bezeichnung *Leguminosae* für Hülsenfrüchte hat sich der Begriff Leguminosen etabliert. Hülsenfrüchte sind die trockenen Samen von Schmetterlingsblütlern. Sie gehören zur drittgrößten Familie der höheren Pflanzen. Im landwirtschaftlichen Bereich werden sie als Körnerleguminosen bezeichnet. Am verbreitetsten sind Sojabohnen, Ackerbohnen, Erbsen, Gartenbohnen, Linsen, Lupinen und Kichererbsen. Von der weltweiten Erzeugungsmenge her sind Sojabohnen mit großem Abstand führend, gefolgt von Ackerbohnen und Erbsen. Leguminosen haben eine besonders positive Wirkung auf die Bodenfruchtbarkeit, nicht zuletzt, weil sie mithilfe der symbiontischen Knöllchenbakterien in ihren Wurzeln Luft-Stickstoff fixieren und somit auch für andere Pflanzen verfügbar machen.

a) Ackerbohnen (*Vicia faba*), b) Sojabohnen (*Glycine max*), c) Süß-Lupinen (*Lupinus angustifolius*), d) Erbsen (*Pisum sativum*)

Verdaulichkeit

Die Verdaulichkeit wird in so genannten Bilanzversuchen festgestellt. Dabei wird bspw. die Relation der N-Ausscheidung in den Fäzes zur N-Aufnahme festgestellt. Bei der „wahren Verdaulichkeit“ (V_w) werden Verdaulichkeitswerte (Aufnahme an N abzüglich fäkale Ausscheidung geteilt durch die Aufnahme) durch die endogenen Anteile der fäkalen Ausscheidungen korrigiert. Die endogenen Anteile werden in gesonderten Versuchen z. B. mit proteinfreier Ernährung ermittelt.

$$V_w = \frac{\text{Aufnahme} - (\text{Ausscheidungen} - \text{endogener Anteil der Ausscheidungen})}{\text{Aufnahme}}$$

Nicht erfasst werden damit die Veränderungen einzelner AS durch das Mikrobiom im Blind- und Dickdarm. Dies versucht man durch die ileale Verdaulichkeit zu berücksichtigen, wie weiter unten im Text dargestellt.

nus angustifolius) im Vergleich mit Soja (*Glycine max*) ausgewählt. Bei den Erbsen handelt es sich um das mit den Gartenerbsen weitgehend vergleichbare Produkt in geschälter Form. Ackerbohnen zählen zur Gattung der Wicken und nicht zur Gattung *Phaseolus* wie die Gartenbohnen. Bei den Lupinen wird v. a. über die blaublütigen geschälten Süßlupinen berichtet. Sie werden in Deutschland gegenüber den weiß sowie den gelb blühenden Lupinenarten bevorzugt, da sie weniger anfällig für die Pilzerkrankung Anthraknose sind. Zumeist sind die Unterschiede in den Nährstoffgehalten zwischen den Arten nicht größer als die Variation innerhalb einer Art

in Abhängigkeit von der Sorte, den Anbau- und Klimabedingungen etc. Bei einigen Nährstoffen wird auch auf Werte der weißen und gelben Lupinen verwiesen. Bei den Fettsäuren werden die Werte der drei Lupinenarten gegenübergestellt (nach [7]). Bei den Aminosäuregehalten gelten die Werte für alle drei Lupinenarten.

Da die Angaben in den deutschen Lebensmitteltabellen für Erbsen, Ackerbohnen und Lupinen spärlich sind und die Produkte bisher überwiegend in der Tierernährung eingesetzt wurden, wurden auch Werte aus Futtermitteltabellen herangezogen [8, 9]. Grundsätzlich sind Daten aus Tabellenwerken zu bevorzugen,

da ihnen zumeist Mehrfachanalysen zugrunde liegen, sodass die Angaben sicherer sind. Es lagen ausreichend Daten für die energieliefernden Nährstoffe, Mineralstoffe und Aminosäuren vor. Für Vitamine, Fettsäuren und Ballaststoffe gibt es dagegen nur wenige Daten. In Einzelfällen (v. a. bei der Erbse) wurde auf Angaben für Gartenfrüchte zurückgegriffen [10]. Als Kontrolle diente die Arbeit von JAHREIS et al. [11], aus der ebenfalls einige Einzelwerte direkt übernommen wurden (in den Tabellen vermerkt). Zur Beurteilung der Nährstoffdichte erfolgte ein Bezug der Daten auf die Referenzmengen für die Zufuhr von Energie, einigen Nährstoffen sowie Vitaminen und Mineralstoffen in der Lebensmittelinformationsverordnung (LMIV) der Europäischen Union (EU) [12]. Diese Werte stimmen mit Ausnahme von Folat in etwa mit den D-A-CH-Referenzwerten für eine 19–25 Jahre alte Frau überein [13].

Zur Berechnung der Proteinqualität wurden die Gehalte an unentbehrlichen (früher „essenziellen“) Aminosäuren (AS) der Leguminosen auf ein „Idealprotein“, entsprechend des Bedarfs für ein wachsendes Kind im Alter von 3 Jahren und höher, bezogen. Die Daten für Kinder gelten als bisher am besten gesichert. Außerdem ist der AS-Bedarf in diesem Alter hoch [14, 15] und dessen Beachtung deshalb besonders wichtig. Dies gilt auch im Hinblick auf vegane Ernährung von Kindern. Die Werte für Erwachsene erscheinen bisher noch nicht zuverlässig genug [14–16], sind aber niedriger, sodass die Proteinwertigkeit, die für Kinder gültig ist, auch für Erwachsene passt. Die *Food and Agriculture Organization* (FAO) der Vereinten Nationen [14] unterscheidet daher nur 3 Stufen des AS-Bedarfs: 0–6 Monate, 6 Monate bis 3 Jahre und 3 Jahre und höher (einschließlich Erwachsene).

Durch den Bezug auf ein Referenzprotein lässt sich gut darlegen, welche AS, bezogen auf den Bedarf, knapp bemessen sind. Die im Ver-

Hauptnährstoffe (pro 100 g)		Erbsen	Ackerbohnen	Lupinen, blau	Sojabohnen
Trockensubstanz	g	88	88	91	92
Energie	kJ	1 350	1 250	1 366	1 376
	kcal	322	299	327	329
Protein	N x 6,25	23	27	32	38
Fett	g	1,4	1,6	6,1	20
Stärke	g	44	39	7,5	1,9
verwertbare Zucker	g	2,8 ^a	3,9	4,1	6,5
Ballaststoffe	g	10 ^b	18	36	22,0

Tab. 1: **Energieliefernde (Haupt-)Nährstoffe in den untersuchten Körnerleguminosen**

^a aus SOUCI et al. Erbsen getrocknet [10]

^b JAHREIS et al. 2016 [11]

hältnis zum Bedarfswert das größte Defizit aufweisende unentbehrliche („erste limitierende“) AS bestimmt den *Amino Acid Score* (AAS). Werte einer AS über dem Bedarf, also ein scheinbarer *Amino Acid Index* über 100, werden dabei gleich 100 gesetzt (die Wissenschaft spricht von „truncated“ = gestutzt). Beispiel: Bei Bohnen und Lupinen erreichen die schwefelhaltigen AS Methionin + Zystin mit 2,1 % den „Bedarfswert“ nur zu 91 %. Der AAS beträgt somit 91.

Eingeschränkt wird die Proteinqualität jedoch nicht nur durch die AS-Gehalte, sondern auch durch die Verdaulichkeit des Proteins bzw. die Bio-Verfügbarkeit der AS. Diese wird v. a. durch die Anwesenheit von Substanzen, die die Proteinverdaulichkeit negativ beeinflussen, beeinträchtigt. Bekanntlich kann man Leguminosen nicht in roher Form verzehren. Sie enthalten z. T. größere Mengen an Protease-Inhibitoren, Lektinen (Phytohämagglutininen), Phytaten, Tanninen u. a. m. Ein bekannter Weg, diese Einflüsse zu reduzieren ist maßvolles Erhitzen, wie das „Toasten“ (von Sojасhrot), Extrudieren, Backen, Dämpfen und Kochen. Auf dem schmalen Grat zwischen der ausreichenden Erwärmung und einer zu vermeidenden Überhitzung gilt es, die optimale Proteinqualität zu suchen.

Als geeignet zur Einbeziehung der Verdaulichkeit gilt die Bewertung nach dem so genannten *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS) [14–19]. Dabei wird der AAS mit dem Quotienten für die wahre Verdaulichkeit des Proteins (gemessen im Tierversuch an Ratten) multipliziert. In früheren Versuchen wurde festgestellt, dass die an Ratten gemessenen Verdaulichkeitswerte denen für den Menschen weitgehend entsprechen [16, 19]. Wenn z. B. bei Ackerbohnen der AAS bei 91 % liegt und der Verdaulichkeitsquotient bei 0,95, dann betrüge der PDCAAS 86,5. Dies kommt in etwa dem biologischen Wert des Proteins nahe. Als Nachteil des PDCAAS wird angeführt, dass er die Proteinqualität von stark erhitzten Lebensmitteln über-

Mineralstoffe	Erbsen	Ackerbohnen	Lupinen, blau	Sojabohnen
Kalium g	1,0 ^a	1,2	1,1	1,8
Kalzium g	0,05	0,14	0,24	0,21
Magnesium g	0,12	0,15	0,13 ^a	0,22
Eisen mg	5,2	6,7	5,4	8,0
Kupfer mg	0,66	1,1	0,6	1,2
Zink mg	3,2	4,1	5,1	4,2
Selen µg	1,6 ^a	2,0	4,7 ^a	19

Tab. 2: Die wichtigsten Mineralstoffe in den untersuchten Körnerleguminosen

^a JAHREIS et al. 2016 [11]

Vitamine	Erbsen	Ackerbohnen	Lupinen, blau	Sojabohnen
α-Tocopherol mg	0,11 ^b	0,08	1,1 ^b	6,5 ^b
γ-Tocopherol mg	5,0 ^b	n. b.	15,3 ^b	23,0 ^b
Thiamin (Vitamin B ₁) mg	0,7	0,55	0,32 ^b	1,0
Riboflavin (Vitamin B ₂) mg	0,27 ^a	0,29	0,59 ^b	0,46
Pyridoxin (Vitamin B ₆) mg	0,12 ^a	0,37	0,4	1,1
Folat µg	274	423	40	250

Tab. 3: Die wichtigsten Vitamine in den untersuchten Körnerleguminosen

^a aus SOUCI et al., Erbsen getrocknet [10]

^b JAHREIS et al. 2016 [11]

n. b. = nicht bestimmt

schätzt, da hier die Bioverfügbarkeit einiger AS (v. a. Lysin) beeinträchtigt ist [14, 17]. Aus diesen Gründen wird vorgeschlagen, den so genannten *Digestible Indispensable Amino Acid Score* (DIAAS) als Maßstab der Proteinqualität zu verwenden, vorzugsweise über die ileale AS-Verdaulichkeit [14, 20]. Dabei wird mittels Fistel der Darminhalt am Ileum (meist vom Schwein) entnommen und analysiert. Veränderungen der unverdaulichen Proteinbestandteile der Nahrung im Dickdarm werden dadurch umgangen. Diese Methode wird in der Tierernährung eingesetzt und gilt auch in der Humanernährung als zukunftssträftig. In der Humanernährung hat sich diese zeitlich und materiell aufwendigere Methode im Vergleich zum PDCAAS bisher jedoch nicht durchgesetzt, zumal noch nicht ausreichend Daten für die AS-Verdaulichkeit vorliegen [14].

Ergebnisse und Diskussion

Zubereitung und Einsatz

Leguminosen sind z. T. seit Jahrtausenden als Lebensmittel etabliert und die Zubereitungsmethoden bekannt. Im Wesentlichen ist eine ausreichende Erhitzung erforderlich, die nicht nur abträgliche Inhaltsstoffe inaktiviert, sondern durch Denaturierung auch die Verdaulichkeit insbesondere des Proteinanteils erhöht. Getrocknete Ackerbohnen waren in Mitteleuropa bisher kein häufig verzehrtes Lebensmittel. Sie sind gelegentlich als Zutat in Müsli oder Brot zu finden, was sich im Zuge des aktuellen Trends zu vegetarischer/veganer Ernährung verstärken wird. Der Einsatz der Lupinen in der Humanernährung ist ebenfalls neueren Datums, zumal die Züchtung von alkaloidarmen Süßlupinen erst Anfang des 20. Jahrhunderts erfolgte.

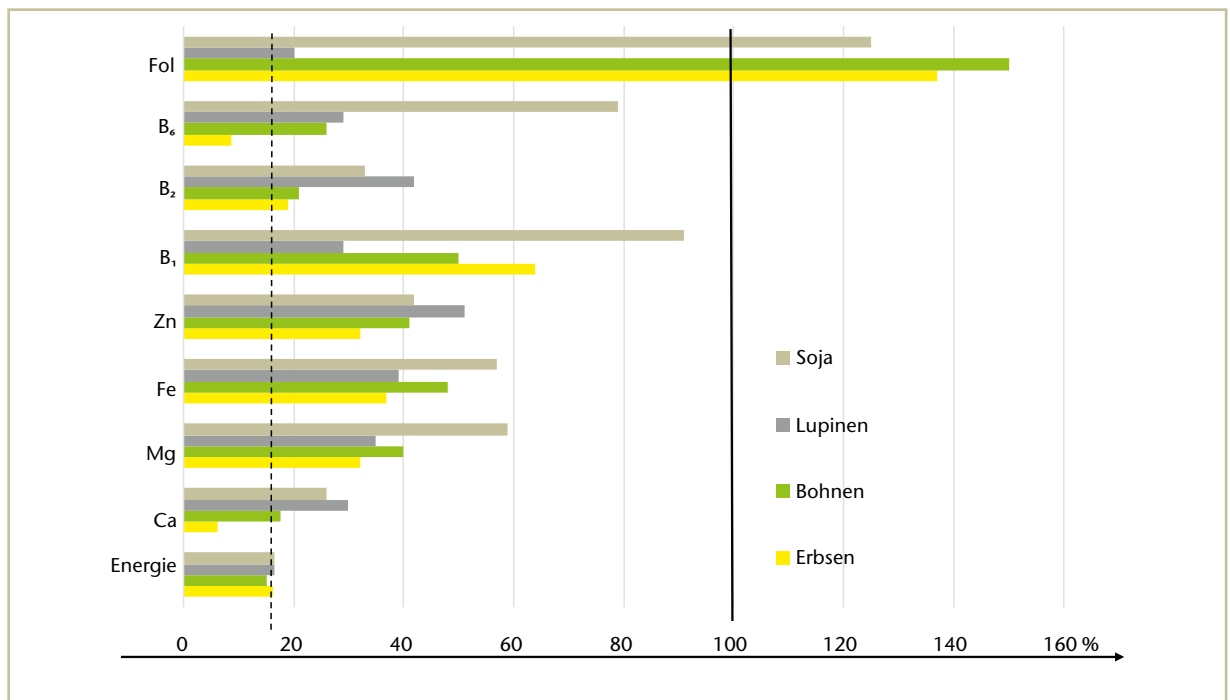


Abb. 1: Relative Gehalte für die wichtigsten Mineralstoffe und Vitamine pro 100 g, bezogen auf Referenzwerte pro Tag
 Referenzmengen für die Zufuhr von Energie, einigen Nährstoffen sowie Vitaminen und Mineralstoffen in der Lebensmittelkennzeichnungsverordnung der Europäischen Union [12]
 — durchgezogene Linie = bei 100 % Referenzmengen
 - - - gestrichelte Linie = relativer Energiebeitrag von 100 g bezogen auf die o. a. Referenzmenge
 B₁ = Thiamin; B₂ = Riboflavin; B₆ = Pyridoxin; Ca = Kalzium; Fe = Eisen; Fol = Folat; Mg = Magnesium; Zn = Zink

Energieliefernde Nährstoffe

Bei Erbsen und Ackerbohnen ist Stärke die Hauptkomponente (♦ Tabelle 1). Erbsen galten vor der Einführung der Kartoffel neben Getreide als eine wesentliche Stärkequelle. Sojabohnen sind arm an verwertbaren Kohlenhydraten, enthalten jedoch einen beachtlichen Fettanteil. Lupinen sind besonders ballaststoffreich. Bei Soja, und häufig auch bei Lupinen, steht das Protein an erster Stelle. Es ist daher nicht verwunderlich, dass zunächst aus Soja, inzwischen aber auch aus Lupinen Proteinkonzentrate und -isolate gewonnen werden, die nutritiven und technofunktionellen Zwecken dienen. Weiße Lupinen enthalten in der Tendenz etwas mehr Protein als blaue und gelbe Lupinen, dafür aber weniger Stärke [21]. Der Fettgehalt ist in weißen Lupinen am höchsten bei etwas niedrigeren Rohfasergehalten, was diese Lupinenart wertvoll für die Tierernährung macht.

Ballaststoffe

Die Ballaststoffgehalte schwanken stark. Dies hängt im Wesentlichen vom Schälen der Samen ab. In der ungeschälten Saat überwiegen die unlöslichen Nahrungsfasern, u. a. durch einen hohen Anteil an Zellulose [22]. Nach dem Schälen der Samen verbleiben vorwiegend lösliche Ballaststoffe, so genannte Kernfasern [23]. In der vorliegenden Arbeit wird über die geschälten Saaten berichtet. Der Ligningehalt ist gering [6]. Bemerkenswert sind die relativ hohen Gehalte an Tri- und Oligosacchariden (Stachiose + Raffinose 1,5–3,5 %, geringe Mengen an Verbascose). Lupinen und Sojabohnen enthalten außerdem Ciceritol in Höhe von ca. 0,65 % bzw. 0,08 % [22]. Diese Oligosaccharide verursachen Flatulenz (Darmwinde), da sie ähnlich wie lösliche Ballaststoffe im Dickdarm fermentiert werden. Durch wässrige bis leicht alkoholi-

sche Extraktion können diese Substanzen vermindert werden, Hitzebehandlung zerstört sie teilweise. Man sollte aber bedenken, dass sie auch präbiotische Wirkungen entfalten können. Bezüglich weiterer gesundheitlicher Vorteile der Ballaststoffe in Leguminosen wird auf die Arbeit von JAHREIS et al. [11] verwiesen. Dies gilt auch für die Frage der Allergenität. In der LMIV der EU sind Sojabohnen und Lupinen unter den 14 zu benennenden Allergie-auslösenden Lebensmitteln aufgeführt [12].

Mineralstoffe und Vitamine

Die Gehalte an den wichtigsten Mineralstoffen und Vitaminen sind in ♦ Tabelle 2 und 3 aufgeführt. Die relativen Gehalte für die wichtigsten Mineralstoffe und Vitamine, bezogen auf die Referenzwerte für die Zufuhr von Energie, einigen Nährstoffen sowie Vitaminen und Mineralstoffen in der LMIV [12],

zeigt ♦ Abbildung 1. Gleichzeitig ist der Energiegehalt in Prozent der Referenzmenge dargestellt. Die Darstellung gibt damit einen Eindruck von der Nährstoffdichte in Leguminosen. Relative Nährstoffgehalte, die über dem relativen Energiewert liegen, verfügen über eine hohe Dichte. Gehalte, die darunter liegen, zeigen eine geringe Dichte für diesen Nährstoff an. Wie aus ♦ Abbildung 1 ersichtlich, übersteigen die relativen Nährstoffgehalte in fast allen dargestellten Fällen den relativen Energiegehalt, so dass Körnerleguminosen generell als mineralstoff- und vitaminreich angesehen werden können. Bemerkenswert hoch sind die Werte für Magnesium und Eisen sowie für Thiamin (Vitamin B₁) und Folat, bei Lupinen und Soja auch für Kalzium. Auch die Spurenelementgehalte für Eisen, Zink und Kupfer sind verhältnismäßig hoch, während der Selengehalt – bei insgesamt nur spärlichen Angaben – nur in Soja bemerkenswert ist (♦ Tabelle 2). Die Bioverfügbarkeit der Mineralstoffe aus Leguminosen ist unterschiedlich und wird vom Gehalt, von Mineral-Mineral-Interaktionen und vom Gehalt an Phytin- und Tanninsäure bestimmt. Die Gehalte an Phytinsäure unterscheiden sich

zwischen Getreidearten und Leguminosen unwesentlich; insgesamt unterliegen sie in Abhängigkeit von den Kultivierungsbedingungen großen Schwankungen. Sojabohnen haben mit > 2 % den höchsten Gehalt an Phytinsäure gefolgt von Ackerbohnen und Erbsen [11, 23]. TRINIDAD et al. [24] nutzten die Dialysierbarkeit der Mineralstoffe als Maß für die Bioverfügbarkeit. Die Bioverfügbarkeit von Eisen aus Leguminosen wurde besonders durch einen hohen Tanninsäuregehalt gemindert. Phytin- und Tanninsäuren der Leguminosen beeinflussten die Verfügbarkeit von Zink nicht. Im Allgemeinen war die Bioverfügbarkeit von Kalzium und Zink hoch, die von Eisen eingeschränkt.

Die Gehalte an Riboflavin (Vitamin B₂) und Pyridoxin (B₆) (letzteres außer bei den Erbsen) liegen ebenfalls hoch, Vitamin E ist nur in den fettreichen Sojabohnen bemerkenswert. Einige Nährstoffe, die nicht aufgeführt sind, wie die Vitamine B₁₂, A und C, sind nicht oder nur in geringen Mengen vorhanden.

Die Fortsetzung samt Literatur dieses Beitrags können Sie in der nächsten Ausgabe der ERNÄHRUNGS UMSCHAU (Heft 10/2017) lesen.

Interessenkonflikt

Prof. ERBERSDOBLER und Prof. BARTH sind Mitglieder, Prof. JAHREIS ist Vorsitzender der UFOP-Fachkommission Humanernährung (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.). Darüber hinaus erklären die Autoren, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Prof. Dr. Helmut F. Erbersdobler¹

Prof. Dr. Christian A. Barth²

Prof. Dr. Gerhard Jahreis³

¹ ehemals Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
E-Mail: h-erbersdobler@t-online.de

² Professor für Ernährungsmedizin an der Universität Potsdam

Wissenschaftlicher Direktor Deutschen Instituts für Ernährungsforschung (DIfE) i. R.

³ Institut für Ernährungswissenschaften der Friedrich-Schiller-Universität Jena

DOI: 10.4455/eu.2017.034

Körnerleguminosen in der Humanernährung

Nährstoffgehalt und Proteinqualität von Hülsenfrüchten

Helmut F. Erbersdobler, Christian A. Barth, Gerhard Jahreis

Fortsetzung aus ERNÄHRUNGS UMSCHAU Heft 9/2017

Fettsäurenverteilung

Die Gehalte an den wichtigsten Fettsäuren (FS) sind in ♦ Tabelle 4 und 5 aufgeführt, in g/100 g sowie in Prozent des Fettanteils (Etherextrakt bzw. g FS-Methylester pro 100 g der Summe der FS-Methylester). Erbsen und Ackerbohnen spielen als Fett- und FS-Quelle praktisch keine Rolle. Sojabohnen sind eine wesentliche Quelle für Linolsäure, die häufigste n-6-FS. An zweiter Stelle steht die Ölsäure. Aber auch der Gehalt an der n-3-FS α -Linolensäure (ALA) ist hoch, womit sich Sojaöl in die Reihe der Fette mit mittlerem ALA-Gehalt, wie Raps- und Walnussöl einreicht. Im Gegensatz zu Rapsöl entspricht jedoch das Linolsäure/ α -Linolensäure-Verhältnis nicht dem empfohlenen Verhältnis von 5:1 in der Gesamt-Diät [13]. Zum Ausgleich für die Fette aus der übrigen Nahrung (Getreide, Lebensmittel tierischer Herkunft) sollten Pflanzenöle besser noch ein engeres Verhältnis als 5:1

aufweisen. Das trifft für Lupinen-Öl schon eher zu, wenngleich der absolute Beitrag an ALA hier eher gering ist.

Bei den FS treten deutlichere Unterschiede zwischen blauen, weißen und gelben Lupinen zu Tage, weshalb diese in ♦ Tabelle 4 und 5 jeweils gesondert abgebildet werden (nach [7]). Das Fett der blauen Lupinen weist höhere Gehalte an gesättigten FS auf als die anderen beiden Arten, während der Gehalt an ALA vergleichsweise niedrig ist. Weiße Lupinen sind reicher an Ölsäure, enthalten aber weniger Linolsäure. Gelbe Lupinen enthalten besonders viel Linolsäure.

Proteinqualität

Leguminosenproteine gelten grundsätzlich als wertvolle Aminosäure(AS)-Quellen und werden daher oft in die Nähe von tierischem Protein gerückt bzw. als deren Alternative eingesetzt. ♦ Tabelle 6 zeigt alle nutritiven AS, auch die entbehrlichen (früher nicht essenzielle AS genannt).

Die entbehrlichen AS können jedoch – im Gegensatz zu den unentbehrlichen – durch metabolische Bereitstellung des Kohlenstoffgerüsts und durch Transaminierung aus einer anderen AS aufgebaut werden. Dazu bedarf es jedoch einer ausreichenden Menge der übrigen AS. Um die unentbehrlichen AS vor dieser Transaminierung zu „schonen“, sollte die Menge an entbehrlichen AS in einem ausgewogenen Verhältnis zur Gesamtmenge an nutritiven AS stehen. Wie • Tabelle 6 zeigt, ist dies für Leguminosen der Fall.

♦ Tabelle 7 und ♦ Abbildung 2 zeigen die Gehalte an unentbehrlichen AS in den verschiedenen Leguminosen. In ♦ Tabelle 7 werden die AS-Gehalte in Prozent des Rohproteingehalts ($N \times 6,25$) angegeben und den Referenzwerten für ein Kind im Alter von 3 Jahren und höher gegenübergestellt. Daraus lässt sich der *Amino Acid Score* (AAS) berechnen und die limitierende AS (in ♦ Tabelle 7 *kursiv*) feststellen.

Erbsenprotein deckt annähernd den Bedarf eines wachsenden Kindes an den schwefelhaltigen AS Methionin und Zystin. Bei Ackerbohnen und Lupinen sind Methionin und Zystin bei einem AAS von jeweils 91 % leicht im Minimum. Dies ist aber nicht gravierend, da man eine limitierende AS bis zu einem gewissen

Zitierweise:

Erbersdobler HF, Barth CA, Jahreis G (2017) Legumes in human nutrition. Nutrient content and protein quality of pulses. Ernährungs Umschau 64(9): 134–139; 64(10): 140–144
 The English version of this article is available online:
 DOI: 10.4455/eu.2017.038

Im Grunde sind alle nutritiven AS notwendig, da sie bei der Proteinsynthese am richtigen Ort in der benötigten Menge zur Verfügung stehen müssen und in diesem Sinne nicht austauschbar sondern „essenziell“ sind.

Grad durch eine erhöhte Proteinaufnahme ausgleichen kann, was bei der hierzulande üblicherweise proteinreichen Ernährung grundsätzlich der Fall ist. Sojaprotein erfüllt dagegen, wie bekannt, die Erwartungen. Eine weitere bemerkenswerte AS ist Arginin, die besonders reichlich in Lupinen vorhanden ist. Im Vergleich zu Lebensmitteln tierischer Herkunft, die nur knapp 4 % im Vollmilchprotein sowie ca. 7 % in Hühner- oder Rindfleischprotein enthalten, enthalten auch die übrigen Leguminosenproteine viel Arginin. Arginin gilt als Donator von Stickoxid (NO), das Gefäßerweiterung und Blutdrucksenkung bewirkt [25, 26]. Eigene Untersuchungen mit Lupinenprotein sprechen für eine gewisse Argininwirkung [27].

◆ Tabelle 7 zeigt außerdem den AAS, die wahre Proteinverdaulichkeit [28, 29] und den *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS) [14, 19]. Verdaulichkeitsangaben für Acker- und Sojabohnen liegen bei knapp 91 %, für Erbsen bei knapp 96 % [28], für Lupinen bei 89,4 % [29]. Dies ergäbe PDCAAS-Werte für Lupinen bei 82,5, für Soja 90,7 und für Erbsen von 95,9. Da die Verdaulichkeit der Lebensmittel je nach Zusammensetzung (z. B. Ballaststoffgehalt) und Be- und Verarbeitung bzw. Zubereitung schwanken kann, sollten diese Unterschiede nicht überbewertet werden. Grundsätzlich sind die Werte sehr hoch und durchaus vergleichbar mit den nur noch wenig höher liegenden Werten für tierische Proteine.

MATHAI et al. [20] haben u. a. für Erbsen-Proteinkonzentrat, Soja-Proteinisolat, Sojamehl und Weizen unter Zugrundelegung der Referenzwerte für Kinder von 3 Jahren und höher PDCAAS-Werte von 84, 102, 109 und 51 (nicht „truncated“) gefunden. Die entsprechenden DIAAS-Werte lagen bei 73, 98, 105 und 54 – eine gute Übereinstimmung. Die etwas niedrigeren Werte für das Erbsen-Proteinkonzentrat im Vergleich zu den Werten dieser Arbeit erklären sich durch den gerin-

Fettsäuren (g/100 g)	Erbsen ^a	Ackerbohnen	Lupinen, blau ^c	Lupinen, weiß ^c	Lupinen, gelb ^c	Sojabohnen
Fettgehalt	1,4	1,6	4,0	8,7	5,5	20
Palmitinsäure (16:0)	0,16	0,21	0,43	0,66	0,22	2,1
Stearinsäure (18:0)	0,03 ^b	0,03	0,25	0,18	0,09	0,7
Ölsäure (18:1)	0,33	0,33	1,26	3,86	1,16	4,4
Linolsäure (18:2)	0,62	0,64	1,27	1,59	2,52	10,0
α-Linolensäure (18:3)	0,11	0,05	0,25	0,77	0,42	1,3

Tab. 4: Fettsäuregehalte der untersuchten Körnerleguminosen in g/100 g

^a aus SOUCI et al., Erbsen getrocknet [10]

^b JAHREIS et al. 2016 [11]

^c Musco et al. [7]

Fettsäuren (g/100 g der Lipide)	Erbsen ^a	Ackerbohnen	Lupinen, blau ^c	Lupinen, weiß ^c	Lupinen, gelb ^c	Sojabohnen
Fettgehalt	1,4	1,6	4,0	8,7	5,6	20
Palmitinsäure (16:0)	12,6	13,5	11,4	8,0	4,3	10,6
Stearinsäure (18:0)	2,1 ^b	2,1	6,5	2,2	1,8	3,6
Ölsäure (18:1)	25,0	20,8	33,3	46,5	22,3	21,8
Linolsäure (18:2)	47,7	39,7	33,5	19,2	48,6	49,8
α-Linolensäure (18:3)	8,3	2,8	6,6	9,3	8,1	6,7
Relation 18:2/18:3	5,7:1	14,2:1	5,1:1	2,1:1	6,0:1	7,5:1

Tab. 5: Fettsäuregehalte der untersuchten Körnerleguminosen in g/100 g Etherextrakt bzw. pro 100 g der Summe der Fettsäuremethylester

^a aus SOUCI et al., Erbsen getrocknet [10]

^b JAHREIS et al. 2016 [11]

^c Musco et al. [7] (in g/100 g der Fettsäuremethylester)

geren Gehalt an Methionin und Zystin, der wohl durch die Aufarbeitung des Produkts zum Konzentrat zustande kam.

Da sich Menschen in unseren Breiten nicht nur von einer Proteinquelle allein ernähren, ist auch die Wirkung im Verbund mit anderen Proteinen wichtig. Dies gilt besonders, wenn Pflanzen die Hauptquelle für die Proteinversorgung sind. So machen Getreideproteine einen großen Anteil in unserer Ernährung aus. Ins-

besondere die Proteine aus Weizen, Mais und Reis sind grundsätzlich arm an Lysin. Für Weizen liegt der PDCAAS-Wert daher nur bei 58 % Deshalb wurde schon immer auf die „Ergänzungswirkung“ an Lysin durch proteinreiche Lebensmittel geachtet. Dies galt zunächst für die lysinreichen tierischen Lebensmittel und wurde später v. a. auch auf Sojaprotein ausgedehnt. Inzwischen werden diese Anforderungen auch an andere pflanzliche Proteinquellen

Aminosäuren (g/100 g)	Erbsen	Ackerbohnen	Süß-Lupinen	Sojabohnen
Lysin	1,68	1,67	1,54	2,39
Methionin	0,23	0,22	0,22	0,53
Zystin	0,32	0,35	0,45	0,57
Threonin	0,97	0,95	1,18	1,44
Leuzin	1,6	2,00	2,27	2,89
Isoleuzin	0,97	1,13	1,38	1,63
Valin	1,04	1,22	1,28	1,82
Phenylalanin + Tyrosin	1,80	2,03	2,53	2,26
Tryptophan	0,21	0,24	0,26	0,49
Arginin	2,02	2,40	3,26	2,85
Histidin	0,56	0,73	0,83	0,99
Summe der unentbehrlichen AS	11,40	12,94	15,20	17,86
Alanin	0,95	1,05	1,14	1,59
Asparaginsäure	2,56	2,80	3,26	3,89
Glutaminsäure	3,87	4,40	7,00	6,05
Glyzin	0,95	1,09	1,38	1,32
Prolin	0,94	0,99	1,37	1,65
Serin	1,05	1,22	1,61	1,67
Summe der entbehrlichen AS	10,32	11,55	15,76	16,17

Tab. 6: Aminosäuregehalte der untersuchten Körnerleguminosen in g/100 g
 AS = Aminosäure(n)

gestellt. Die hier genannten Leguminosenproteine, insbesondere Erbsen, Soja- und Ackerbohnen, ebenso die hier nicht behandelten Linsen und Kichererbsen, enthalten reichlich Lysin. Dies sei an dem nachstehenden Beispiel erläutert:

Die empfohlene Zufuhr an Protein im Alter von 3–10 Jahren und für ein Kind mit einem Körpergewicht von 20 kg beträgt 18g/Tag [14]. Dafür würden 82g Rindfleisch, 220g Weizenbrot, 78g Erbsen, 67g Bohnen, 56g Lupinen oder 47g Sojabohnen benötigt (unterschiedliche Trockensubstanzgehalte nicht berücksichtigt). Der Lysinbedarf von 700 mg für das oben genannte Kind wäre bei den 220g Weizenbrot mit nur 63% Bedarfsdeckung nicht gedeckt, während die übrigen Lebensmittel in den genannten Mengen Überschüsse von 23% (Lupinen) bis 87% (Erbsen) bzw. 170% (Rindfleisch) erbringen würden. Damit haben alle Leguminosenproteine eine sehr gute Ergänzungswirkung an Lysin auf lysinärmere Proteine wie Getreide. Dies gilt auch für die meisten anderen unentbehrlichen AS und auch für jüngere Kinder mit einem noch höheren AS-Bedarf. Es sei an dieser Stelle betont, dass die Proteinzufuhr jenseits des Wachstums von geringerer Bedeutung ist. Insbesondere der Lysinbedarf ist bei Erwachsenen wegen des geringeren Muskel-Neuaufbaus niedriger als bei Kindern.

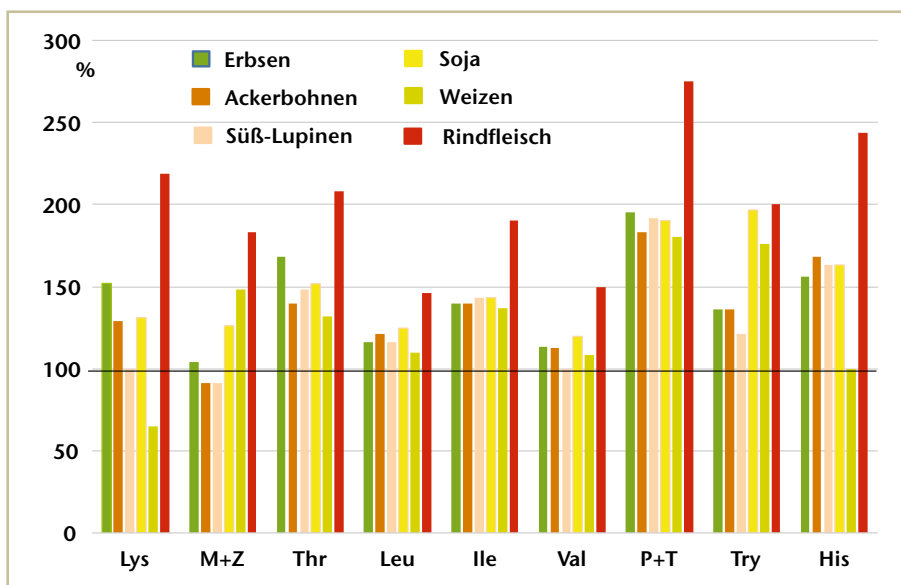


Abb. 2: Gehalte der untersuchten Körnerleguminosen sowie von Weizen- und Rindfleischprotein an unentbehrlichen Aminosäuren, angegeben in Prozent des Idealproteins (Bedarfwerte für ein Kind im Alter von 3 Jahren und älter)
 Lys = Lysin; M + Z = Methionin + Zystin; Thr = Threonin; Leu = Leuzin; Ile = Isoleuzin; Val = Valin; P + T = Phenylalanin + Tyrosin; Try = Tryptophan; His = Histidin

Für die Beurteilung dieser Ergänzungswirkung empfiehlt es sich ggf. für den AAS die nicht „gestutzte“ („truncated“) Version zu verwenden, d. h. die Überschüsse einzelner unentbehrlicher AS nicht auf 100 zu kürzen [18]. Diese Werte für den AAS können übrigens aus ♦ Abbildung 2 ersehen werden.

Aminosäuren (g/16 g N)	Idealprotein ^a	Erbsen	Ackerbohnen	Süß-Lupinen	Sojabohnen
Lysin	4,8	7,3	6,2	4,8	6,3
Methionin	2,3 (Methionin + Zystin)	1,0	0,8	0,7	1,4
Zystin	s. o.	1,4	1,3	1,4	1,5
Threonin	2,5	4,2	3,5	3,7	3,8
Leuzin	6,1	7,1	7,4	7,1	7,6
Isoleuzin	3,0	4,2	4,2	4,3	4,3
Valin	4,0	4,5	4,5	4,0	4,8
Phenylalanin + Tyrosin	4,1	8,0	7,5	7,9	7,8
Tryptophan	0,66	0,9	0,9	0,8	1,3
Arginin	-	8,8	8,9	10,2	7,5
Histidin	1,6	2,5	2,7	2,6	2,6
AA-Score	–	100	91	91	100
wahre Verdaulichkeit (%)	–	95,9	90,8	89,4	90,7
PDCAA-Score	–	95,9	82,6	81,4	90,7

Tab. 7: Gehalte der untersuchten Körnerleguminosen an unentbehrlichen Aminosäuren (AS), angegeben in Prozent des Proteins

^a AS-Muster des Idealproteins (Bedarfs-Werte für ein Kind im Alter von 3 Jahren und älter) sowie der *Amino Acid Score* (AAS), die wahre Proteinverdaulichkeit und der *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS) *kursive Werte* = limitierende Aminosäuren

In der Praxis treten in der Ernährung im Allgemeinen viele Kombinationen auf, wozu tierische und pflanzliche Proteine unterschiedliche Beiträge leisten, wie es schon vor vielen Jahren KOFRANYI [30] feststellte.

Für die Beurteilung der Lebensmittel für eine vegane Ernährung spielen derartige Berechnungen eine große Rolle. Prinzipiell sind proteinreiche pflanzliche Lebensmittel rar und dies gilt noch mehr für Produkte mit hoher Proteinqualität. In diesem Zusammenhang haben Leguminosen unter den nativen pflanzlichen Lebensmitteln eine Sonderstellung. Dies gilt in besonderem Maße für die Proteinversorgung von Kindern, wo bei entsprechender Wahl und Rationierung der Proteinquellen dann auch diesbezüglich eine vegane Ernährung möglich wird.

Fazit

Abschließend kann festgestellt werden, dass es sich bei Körnerleguminosen um nährstoffreiche und hoch

verdauliche Lebensmittel mit einer bemerkenswert hohen Proteinqualität handelt. Dies macht sie durchaus vergleichbar und austauschbar mit Proteinen tierischer Herkunft.

Nach LI et al. [31] bestehen die Vorteile von Hülsenfrüchten im Folgenden:

- hoher Proteingehalt und hoher Gehalt an wertbestimmenden Aminosäuren
- hoher Gehalt besonders an löslichen Ballaststoffen (Barorezeptoren sowie zentrale Sättigungswirkung der kurzkettigen Fettsäuren)
- erhöhter Anteil resistenter Stärke nach dem Kochen
- Protease- und α -Amylase-Inhibitoren (verlangsamte Verdauung von Proteinen und Kohlenhydraten)
- lang anhaltende Sättigung durch diese Eigenschaften
- technologische Vorteile (s. a. [5, 6])

Interessenkonflikt

Prof. ERBERSDOBLER und Prof. BARTH sind Mitglieder, Prof. JAHREIS ist Vorsitzender der UFOP-Fachkommission Humanernährung (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.).

Darüber hinaus erklären die Autoren, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Prof. Dr. Helmut F. Erbersdobler¹

Prof. Dr. Christian A. Barth²

Prof. Dr. Gerhard Jahreis³

¹ Institut für Humanernährung und Lebensmittelkunde

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

E-Mail: h-erbersdobler@t-online.de

² Professor für Ernährungsmedizin an der Universität Potsdam

Wissenschaftlicher Direktor Deutsches Institut für Ernährungsforschung (DIFE) i. R.

³ Institut für Ernährungswissenschaften

Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie

Universität Jena

Literatur

1. Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hg). 13. Ernährungsbericht. Köllen Druck und Verlag GmbH, Bonn (2016)
2. Sirtori CR, Triolo M, Bosio R et al. (2012) Hypcholesterolaemic effects of lupin protein and pea protein/fibre combinations in moderately hypercholesterolaemic individuals. *Br J Nutr* 107: 1176–1183
3. Becerra-Tomás N, Díaz-López A, Rosique-Esteban N et al. (2017) Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: a prospective assessment from the PREDIMED Study. *Clinical Nutrition* [published online: March 23, 2017]
4. Song M, Fung TT, Hu FB et al. (2016) Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA Intern Med* 176: 1453–1463
5. Raikos V, Neacsu M, Russell W, Duthie G (2014) Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp and buckwheat flours as affected by pH. *Food Sci Nutr* 2: 802–810
6. Kohajdova Z, Karovicova J, Schmidt S (2011) Lupin composition and possible use in bakery – a review. *Czech J Food Sci* 29: 203–211
7. Musco N, Cutrignelli M, Calabrò S et al. (2017) Comparison of nutritional and antinutritional traits among different species (*Lupinus albus* L., *Lupinus luteus* L., *Lupinus angustifolius* L.) and varieties of lupin seeds. *J Anim Physiol Anim Nutr* [DOI: 10.1111/jpn.12643]
8. National Research Council (USA). Nutrient requirements of swine – ingredient composition – soybeans, lupins, field peas, faba beans. The National Academies Press, Washington, D. C. (2012)
9. Centraal Veevoederbureau (CVB, Niederlande). Veevoedertabel 2000. Postbus 2176 Lelystad ISBN 90-72839-13-7
10. Souci SW, Fachmann W, Kraut H. Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert Tabellen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart (2016)
11. Jahreis G, Brese M, Leiterer M et al. (2016) Legume flours: nutritionally important sources of protein and dietary fiber. *Ernährungs Umschau* 63(2): 36–42
12. Amtsblatt der Europäischen Union (EU). Verordnung (EU) Nr. 1169/2011 des europäischen Parlaments und des Rates (22. 11. 2011), 54, L304/18–L304/63
13. Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (Hg). D–A–CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße (2015)
14. Food and Agriculture Organization (FAO). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Expert Consultation 31 March–2 April, 2011 Auckland, New Zealand. FAO Food and Nutrition Paper 92, Rome (2013)
15. Milward DJ (2012) Amino acid scoring patterns for protein quality assessment. *Br J Nutr* 108: S31–S43
16. FAO/WHO Expert Consultation. Protein quality evaluation report of the joint FAO/WHO expert consultation held in Bethesda, Md., USA, in 1989. FAO Food and Nutrition Paper 51, Rome (1991)
17. Erbersdobler HF (1992) Ein neues System zur Proteinbewertung – Der Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS). *Ernährungs Umschau* 39: 243–247
18. Schaafsma G (2012) Advantages and limitations of the protein digestibility-corrected amino acid score (PDCAAS) as a method for evaluating protein quality in human diets. *Br J Nutr* 108: S333–S336
19. Boye F, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B (2012) Protein evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Br J Nutr* 108: S183–S211
20. John K, Mathai JK, Liu Y, Stein HH (2017) Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *Br J Nutr* 117: 490–499
21. Saastamoinen M, Euroala M, Hietaniemi V (2013) The chemical quality of some legumes, peas, fava beans, blue and white lupins and soybeans cultivated in Finland. *J Agricultural Science and Technology* 11: 92–100
22. Rachwał-Rosiak D, Budryn G, Żyżelewicz D, Nebesny E. Structure, technological and nutritional characteristic of oils and fats of plant origin. 2.1. Legume lipids. In: Budryn G, Żyżelewicz D (Hg). *Plant lipid science, technology, nutritional value and benefits to human health*. Research Signpost Trivandrum/India (2007), S. 21–42
23. Petterson DS. Composition and food uses of lupins. In: Gladstones JS, Atkins CA, Hamblin J (Hg). *Lupins as crop plants. Biology, production, and utilization*. CAB International, Wallingford/UK, New York/USA (1998), S. 353–384
24. Trinidad TP, Mallillin AC, Loyola AS et al. (2010) The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. *Br J Nutr* 103: 569–574
25. Jobgen WS, Fried SK, Fu WJ, Meininger CJ, Wu G (2006) Regulatory role of the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates. *J Nutr Biochem* 17: 571–588
26. Dong JY, Qin LQ, Zhang Z et al. (2011) Effect of oral L-arginine supplementation on blood pressure: a meta-analysis of randomized, double-blind, placebo-controlled trials. *Am Heart* 162: 959–965
27. Bähr M, Fechner A, Kiehntopf M, Jahreis G (2015) Consuming a mixed diet enriched with lupin protein beneficially affects plasma lipids in hypercholesterinemic subjects: a randomized controlled trial. *Clinical Nutrition* 34: 7–14
28. Eggum B. Aminosyrekoncentration og Proteinkvalitet. Stougaard's Forlag, Kopenhagen (1968)
29. Molvig L, Tabe LM, Eggum BO et al. (1997) Enhanced methionine levels and increased nutritive value of seeds of transgenic lupins (*Lupinus angustifolius* L.) expressing a sunflower seed albumin gene. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* 94: 8393–8398
30. Kofranyi E (1967) Die biologische Wertigkeit gemischter Proteine. *Die Nahrung* 11: 863–875
31. Li SS, Kendall CW, de Souza RJ et al. (2014) Dietary pulses, satiety, and food intake: a systematic review and meta-analysis of acute feeding trials. *Obesity* 22: 1773–1780

DOI: 10.4455/eu.2017.038



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (UFOP)

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de