

Pflanzenbasierte Ernährung

Ermittlung der biologischen Äquivalenz pflanzlicher Proteine

Foto: z/Vg



Paolo Colombani

Paolo Colombani

Die Diskussionen über ein nachhaltiges Essverhalten und der Klimawandel führen zu einem stärkeren Konsum an pflanzlichen Proteinen. Die resultierende geringere Einnahme an Protein tierischen Ursprungs gilt üblicherweise in der Praxis als unproblematisch. Diese Einstufung muss aber über Bord geworfen werden, denn die Beurteilung der Proteine nach aktuellen Kriterien offenbart eine klar geringere Wertigkeit der pflanzlichen Proteine.

Die biologische Wirksamkeit eines Proteins wird durch die Menge und die Zusammensetzung seiner Aminosäuren sowie deren Verfügbarkeit im Darm bestimmt. Ein Protein gilt dabei als umso hochwertiger, je mehr davon im Körper genutzt werden kann (1). Die älteste Bestimmung der Wertigkeit der Proteine wurde Anfang 1900 von Thomas entwickelt (2), und diese «biologische Wertigkeit» ist in einer weiterentwickelten Form auch heute noch im Einsatz. Anhand einer genauen Betrachtung dieser ursprünglichen biologischen Wertigkeit lässt sich nun aufzeigen, weshalb die biologische Wertigkeit für unsere heutige Zeit nicht mehr anwendbar ist und wie heute die Wertigkeit der Proteine idealerweise zu ermitteln ist.

Die ursprüngliche biologische Wertigkeit ist überholt

Die biologische Wertigkeit von Thomas beurteilt weder die Qualität noch die Wirksamkeit der Proteine. Denn Thomas analysierte vor über 100 Jahren nicht die Nahrungsproteine selbst, sondern den Stickstoffgehalt von Lebensmitteln, die Proteine enthalten. Ein grosser Teil des Stickstoffs von Lebensmitteln befindet sich in der Tat in den Aminosäuren der Proteine. Aber da insbesondere in pflanzlichen Lebensmitteln der Stickstoff auch als sogenannter Nicht-Protein-Stickstoff vorliegt, führt die Schätzung des Proteingehalts aufgrund der Analyse des Stickstoffs zu falsch hohen Proteingehalten (3). Zudem erlaubt die Kenntnis des Stickstoffgehalts allein keine Aussagen über die im Protein enthaltenen Aminosäuren, was für die Beurteilung der Proteinwirksamkeit ausschlaggebend ist (4).

Thomas bestimmte auch nicht die Wirkung der Proteine, denn damals konnte die Proteinsynthese im Körper noch gar nicht analysiert werden. Thomas nutzte hingegen die Standardmethode der Stickstoffbilanz-Untersuchung, mit der die Menge an Stickstoff bestimmt wird, die der Körper zwingend jeden Tag verliert (und somit wieder zugeführt werden muss). Diese Methode ist deshalb für die Ermittlung der be-

nötigten Mindestmenge an Stickstoff stimmig, aber nicht zur Identifikation der Stickstoffmenge für eine optimale Funktion der stickstoffhaltigen Körpersubstanzen, also in erster Linie der Muskulatur. Das war bereits zu Zeiten von Thomas klar (2), wird aber heute bei der Nutzung der biologischen Wertigkeit stillschweigend ignoriert.

Die biologische Wertigkeit von Thomas umschreibt nun, wie viel Gramm Körperstickstoff durch 100 Gramm an Stickstoff aus einem Lebensmittel ausgeglichen werden können. Für Kuhmilch ergab sich eine Wertigkeit von 100, 1 Gramm Stickstoff aus der Milch konnte also ein Gramm Körperstickstoff ersetzen. Für Rindfleisch ermittelte Thomas die höchste biologische Wertigkeit der knapp 20 von ihm untersuchten Lebensmittel. Sie betrug 105, 1 Gramm Fleischstickstoff führte somit im Körper zur Bildung von 1,05 Gramm Stickstoff. Bei Erbsen brauchte es fast doppelt so viel Stickstoff für einen äquivalenten Effekt. Ihre Wertigkeit war 55, 1 Gramm Erbsenstickstoff konnte also nur 0,55 Gramm Körperstickstoff ersetzen. Aber da sich die biologische Wertigkeit eben an der Mindestmenge an Körperstickstoff ausrichtete und nicht am optimalen Erhalt oder gar am Ansatz an Stickstoff (also dem Muskelwachstum), ist die biologische Wertigkeit heute als veraltet und nicht zielbringend einzustufen. Denn im Gegensatz zur Zeit der Entwicklung der biologischen Wertigkeit Anfang des 20. Jahrhunderts liegt heute das Augenmerk auf einer optimalen Muskelfunktion und auf dem Muskelwachstum und nicht mehr auf dem Hungerzustand und dem Minimalbedarf an Stickstoff.

Die heutige biologische Wertigkeit ist ebenfalls irreführend

Das gilt auch für die Weiterentwicklung der biologischen Wertigkeit von Thomas, die heute immer noch genutzt wird. Sie heisst ebenfalls «biologische Wertigkeit», wurde aber von Kofrányi in den 1950er- und 1960er-Jahren unter Nutzung einer abgewandelten

Methode entwickelt. Verwirrend ist dabei, dass die von Kofrányi ermittelten Werte der biologischen Wertigkeit eine komplett andere Bedeutung haben als die Werte von Thomas.

Zu erkennen ist die biologische Wertigkeit von Kofrányi an einem Wert von 100 des Hühnereis, da Thomas die Wertigkeit des Hühnereis nicht bestimmt hatte (5). Kofrányi nutzte ab 1960 die Ergebnisse des Hühnereis als Referenz und wies diesem arbiträr den Wert von 100 zu (6). Diese biologische Wertigkeit von 100 sagt im Gegensatz zur Wertigkeit von 100 der Kuhmilch von Thomas nichts über die Fähigkeit aus, eine bestimmte Menge an Stickstoff im Körper zu ersetzen. Die Wertigkeit von 100 beim Hühnerei ist eine willkürlich definierte Zahl, um einen schnelleren Vergleich zwischen verschiedenen Lebensmitteln zu ermöglichen (ähnlich dem glykämischen Index mit dem arbiträren Wert von 100 für Glukose). Mit welcher Menge Hühnerei eine bestimmte Menge Körperstickstoff ersetzt werden kann, lässt sich aus dem Wert von 100 nicht herleiten. Diese Menge müsste aus den Abbildungen der entsprechenden Publikation herausgelesen werden (5). Da aber die biologische Wirksamkeit eines Proteins im Körper von der eingenommenen Menge abhängt (4), muss die effektiv eingenommene Proteinmenge bekannt sein. Somit sind auch die Werte der biologischen Wertigkeit von Kofrányi für die Beurteilung eines Proteins nicht zielbringend.

Effektiver versus deklariertes Proteingehalt

Beim deklarierten Proteingehalt treffen wir auf eine äusserst kuriose Situation. Der auf Lebensmittelverpackungen oder in Nährstofftabellen deklarierte Gehalt entspricht in der Regel nicht dem effektiven Proteingehalt eines Lebensmittels. In der Schweiz und in Europa schreibt das Lebensmittelgesetz in einer Muss-Verordnung vor, wie der deklarierte Proteingehalt zu bestimmen ist. Einzig erlaubt ist die indirekte Analyse des Stickstoffgehalts im Lebensmittel mit anschliessender Umrechnung unter Nutzung eines universellen Stickstoff-zu-Protein-Faktors von 6,25. 1 Gramm Stickstoff multipliziert mit 6,25 ergibt somit einen zu deklarierenden Gehalt von 6,25 Gramm Protein (7).

Die Nutzung des universellen Faktors von 6,25 ergibt aber für die meisten Lebensmittel einen Proteingehalt, der nicht dem effektiven Proteingehalt entspricht. Das war bereits Thomas zu Beginn des 20. Jahrhunderts bekannt und führte 1931 zu einer ersten grossen Diskussion über die Stickstoff-zu-Protein-Faktoren mit der Quintessenz, man müsse spezifische Faktoren für jedes Lebensmittel verwenden (8). Das Lebensmittelgesetz von heute erlaubt das aber nicht.

Die Gründe, weshalb die Umrechnung von Stickstoff zu Protein bei den meisten Lebensmitteln zu falschen Gehalten führt, sind einerseits der oben erwähnte Nicht-Protein-Stickstoff-Gehalt in den Lebensmitteln sowie andererseits die Tatsache, dass in den Pro-

teinen aufgrund ihrer variierender Aminosäurezusammensetzung schwankende Stickstoffmengen enthalten sind. Der Faktor von 6,25 geht aber davon aus, dass in jedem Protein, wie vor 180 (!) Jahren ermittelt, exakt 16 Prozent Stickstoff enthalten sind (9). Das ist aber nicht der Fall.

Korrekte Umrechnungsfaktoren, die rein auf den effektiv in einem Protein enthaltenen Aminosäuren basieren, sind heute für diverse Lebensmittel bekannt und können prinzipiell für jedes Protein bestimmt werden. Somit kann man heute eigentlich den effektiven Proteingehalt bei jedem Lebensmittel richtig bestimmen. Aber das Gesetz verbietet, diesen effektiven Gehalt für Nährstoffdeklarationen auf Lebensmittelverpackungen zu nutzen, da er nicht mit der vorgeschriebenen Formel «1 Gramm Stickstoff \times 6,25 = 6,25 Gramm Protein» ermittelt wurde. Nährstofftabellen oder -datenbanken müssten nicht auf das Gesetz achten, da dieses nur für Lebensmittelverpackungen gilt. Aber aus Kompatibilitätsgründen ist der Proteingehalt in Tabellen oder Datenbanken, so wie in der Schweiz, oft mit der gesetzlich vorgeschriebenen Formel berechnet und somit ebenfalls irreführend.

Für die Praxis bedeutet das, dass der deklarierte Proteingehalt meist höher ist als der effektive Gehalt. Bei den trendigen Hafer-, Reis- und Erbsenproteinen liegt beispielsweise der deklarierte Gehalt rund 15 Prozent höher als der effektive Proteingehalt, und die Differenz zwischen deklariertem und effektivem Proteingehalt ist bei pflanzlichen Lebensmitteln generell grösser als bei tierischen Proteinen (3).

Variierende Verdaulichkeit der Proteine

Neben dem effektiven Proteingehalt beeinflusst auch die Verdaulichkeit des Proteins seine Wirksamkeit. Sie variiert wie beim Stickstoff-Umrechnungsfaktor von Lebensmittel zu Lebensmittel und hängt zudem von der Art der Verarbeitung des Lebensmittels ab. Die Verdaulichkeit beträgt beispielsweise beim Kartoffelprotein 47 Prozent bei Chips, 58 Prozent bei gedämpften Kartoffeln und 85 bis 90 Prozent bei Kartoffelproteinkonzentraten (10). Bezogen auf «native» Lebensmittel, also nicht auf Proteinkonzentraten oder -isolaten, ist ähnlich den Stickstoff-Umrechnungsfaktoren auch die Proteinverdaulichkeit von pflanzlichen Lebensmitteln geringer als diejenige von tierischen Lebensmitteln und variiert von knapp 50 bis 90 Prozent (10).

Aminosäuregehalt: Fokus Leucin und essenzielle Aminosäuren

Das Verhältnis und die Menge an Aminosäuren in einem Protein sind die letzten beiden Faktoren, die die Proteinqualität beziehungsweise die biologische Wirksamkeit der Proteine beeinflussen. Erst bei einer Menge von mindestens 2 Gramm der essenziellen Aminosäure Leucin, die als Trigger für die Proteinsynthese gilt, und von mindestens 20 bis 30 Gramm aller essenziellen Aminosäuren kann eine optimale

Zusammenfassung

- Der deklarierte Proteingehalt ist meist falsch hoch, insbesondere bei pflanzlichen Proteinen.
- Die Bioverfügbarkeit nativer, pflanzlicher Proteine beträgt 47 bis 90 Prozent und ist generell geringer als diejenige tierischer Proteine.
- Pflanzliche Proteine haben allgemein einen geringeren Gehalt an Leucin und an anderen essenziellen Aminosäuren, und das führt zu einer minderen Proteinsynthese im Vergleich zu Proteinen tierischer Herkunft.

Proteinsynthese nach der Einnahme einer Mahlzeit erwartet werden (4, 11). Die spezifische Wirkung auf die Proteinsynthese wird aber weder in der biologischen Wertigkeit noch in den anderen Methoden zur Bestimmung der Proteinqualität berücksichtigt (1). Für das ideale Verhältnis der essenziellen Aminosäuren gäbe es zwar eine Empfehlung der Food and Agriculture Organization der Vereinten Nationen (1). Aber diese Empfehlung ist mittlerweile über 10 Jahre alt und berücksichtigt nicht die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur optimalen Proteinsynthese der letzten 10 bis 15 Jahre. Erst wenn das der Fall ist, kann von einer akkuraten Beurteilung der biologischen Wirksamkeit gesprochen werden.

Referenz Molkenprotein

Als ideales Verhältnis der essenziellen Aminosäuren bietet sich dasjenige des Molkenproteins an, denn seine Einnahme bewirkt bei gesunden Erwachsenen wiederholt eine maximale Proteinsynthese (12, 13). Entsprechend gilt Molkenprotein als das Protein der Wahl, wenn es um die Optimierung der Muskelproteinsynthese geht (14). Pflanzliche Proteine enthalten entweder weniger Leucin oder weniger von mindestens einer anderen essenziellen Aminosäure als Proteine tierischer Herkunft (13). Als Beispiel: Erst etwa 150 Gramm Erbsenprotein enthalten gleich viel Leucin sowie essenzielle Aminosäuren wie 100 Gramm Molkenprotein (13).

Gesamtbeurteilung der pflanzlichen Proteine

Für die Beurteilung der echten Proteinwertigkeit existieren eigentlich alle Informationen. Sie wurden aber noch nie zusammengetragen, und das erschwert eine rasche Beurteilung der Proteine. Insbesondere für die pflanzlichen Proteine, deren Konsum ansteigt, ist, wäre eine rasche und korrekte Beurteilung von grossem Nutzen. Denn derzeit werden sie aufgrund ihrer falsch hoch deklarierten Proteingehalte, der nicht berücksichtigten, minderen Verdaulichkeit sowie der ungünstigeren Aminosäurezusammensetzung häufig überwertet. Das nachfolgende Beispiel des Erbsenproteins verdeutlicht das auf eindrückliche Art und Weise.

Erbsen gehören zu den Hülsenfrüchten und werden oft aufgrund ihres Proteingehalts gepriesen. Führt

man die oben dargestellte, komplexe Beurteilung der Proteinwertigkeit durch, zeigt sich aber ein ganz anderes Bild. Die biologisch äquivalente Menge zu 20 bis 30 Gramm Molkenprotein, entsprechend der Zielmenge an Protein in einer Mahlzeit, liegt erst bei etwa einer Menge von 48 bis 72 Gramm an deklariertem Erbsenprotein vor. Oder anders ausgedrückt: Die gesetzlich deklarierte Proteinmenge ist bei der Erbse mit dem Faktor von 2,4 zu multiplizieren, um eine Wertigkeit wie im Falle des Molkenproteins zu erzielen.

Diese Äquivalenzbeurteilung muss für jedes Lebensmittel separat durchgeführt werden, da die entsprechenden Einflussfaktoren alle lebensmittelspezifisch sind. Für die Praxis ist eine solche Beurteilung offensichtlich sehr umständlich, auch weil sie eine sehr spezifische Expertise erfordert. Während bei einer gemischten Kost mit einem anständigen Anteil an Proteinen tierischer Herkunft die mindere Wertigkeit der pflanzlichen Proteine durchaus kompensiert werden kann, ist das bei einer ausgesprochen pflanzenbasierten Ernährung oft nicht mehr der Fall. Für die Beurteilung einer stark pflanzenbasierten Ernährung oder für die Schätzung der Wirksamkeit gezielt eingesetzter Proteinshakes, zum Beispiel in Fitness, Sport oder beim Abnehmen, wäre deshalb eine Prüfung der Proteinwertigkeit durchaus von Nutzen. Falls das nicht möglich ist, ist eine Mischkost mit einem ausreichenden Anteil an Proteinen tierischer Herkunft eine Alternative und beim Einsatz von Proteinshakes ist auf Molkenprotein zu achten.

Dr. Paolo Colombani,
Consulting Colombani GmbH
Dentenbergrasse 45
3076 Worb
www.colombani.ch

Interessenkonflikte:

Dr. Colombani hat Honorare für wissenschaftliche Beratungen, Vorträge und Produktentwicklungen von diversen Branchenorganisationen der Lebensmittelindustrie (u. a. Milch, Fleisch, Obst, Reis), von vielen Akteuren der Lebensmittelindustrie (u. a. Produzenten von Müesli, veganen und tierischen Proteinshakes, pflanzlichen Snacks und Nahrungsergänzungsmitteln), von den Behörden (BAG, BLV, BASPO u. a. für Reports zu Proteinen generell und für Fitness/Sport) und von Fachorganisationen und Universitäten (u. a. Swiss Sports Nutrition Society, ETH Zürich, Universität Bern für Berichte und Vorträge über Proteine, Proteinshakes, Milch und vegane Ernährung erhalten). Colombani ist ferner Mitglied des Stiftungsrats der Schweizerischen Adipositas-Stiftung (SAPS) und Teilhaber einer Firma, die rein pflanzliche Snacks produziert, sowie einer Firma, die unter anderem eine pflanzenbasierte und entzündungsenkende Ernährung fördert, und Autor eines Sachbuchs zur stillen Entzündung, in dem die Bedeutung einer pflanzenbasierten Ernährung thematisiert wird.

Referenzen in der Onlineversion des Beitrags unter
www.rosenfluh.ch/ernaehrungsmedizin-2021-03

Literatur:

1. Food and Agriculture Organization. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO expert consultation, 31 March–2 April, 2011, Auckland, New Zealand [en]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
2. Thomas K: Über die biologische Wertigkeit der Stickstoffsubstanzen in verschiedenen Nahrungsmitteln: Beiträge zur Frage nach dem physiologischen Stickstoffminimum. Arch f Physiol, 1909: 219–302.
3. Mariotti F, Tome D, Mirand PP: Converting nitrogen into protein – beyond 6.25 and Jones' factors. Crit Rev Food Sci Nutr, 2008; 48: 177–184.
4. Witard O, Wardle S, Macnaughton L et al.: Protein considerations for optimising skeletal muscle mass in healthy young and older adults. Nutrients, 2016; 8: 181.
5. Kofrányi E, Müller-Wecker H: Zur Bestimmung der biologischen Wertigkeit von Nahrungsproteinen, IV. Der Vergleich der Wertigkeiten von Milch-, Roggen- und Weizeneiweiss mit Vollei und ihre Berechenbarkeit aus der Bausteinanalyse. Hoppe-Seyler's Z Physiol Chem, 1960; 320: 233–240.
6. Kofrányi E: Die biologische Wertigkeit gemischter Proteine. Nahrung, 1967; 11: 863–873.
7. Verordnung des EDI betreffend die Information über Lebensmittel (LIV) vom 16.12.2016 (Stand am 1. Juli 2020) [de], 2020.
8. Jones DB: Factors for converting nitrogen in foods and feeds into percentages of protein [en]. Washington, 1931.
9. Mulder GJ: Over proteine en hare verbindingen en ontledings-producten. Natuur en Scheikundig Archief, 1838; VI: 87–162.
10. FAO. Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation on «Protein Quality Evaluation in Human Nutrition» on: The assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods. Rome, 2012.
11. Wilkinson D J, Hossain T, Hill DS et al.: Effects of leucine and its metabolite β -hydroxy- β -methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. J Physiol, 2013; 591: 2911–2923.
12. Devries MC, Phillips SM: Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. J Food Sci, 2015; 80: A8-A15.
13. Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG et al.: Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. Amino Acids, 2018; 50: 1685–1695.
14. Moore DR: Maximizing post-exercise anabolism: The case for relative protein intakes. Front Nutr, 2019; 6: 147.