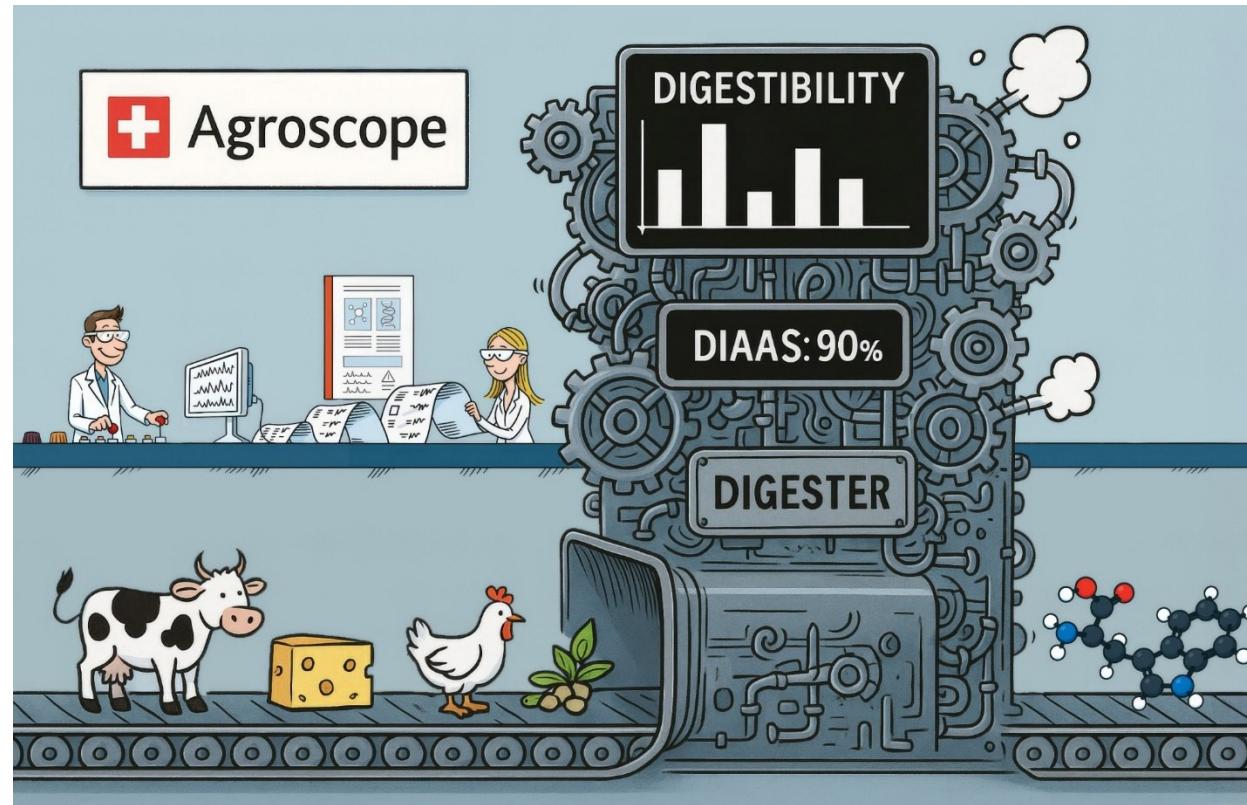




Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
Agroscope

Vom Teller zum Trizeps: Mehr als Quantität – Warum die Proteinqualität wirklich zählt



Lotti Egger, Ana Blanco, Cédric Brügger, Reto Portmann

Vortrag, Fachgruppe Ernährung von Public Health Schweiz, 18. November 2025



Proteine: Baustoffe des Körpers

Körperzellen (Muskulatur, Haut etc)

Wachstum

Protein Synthese

Signalübertragung

Immunsystem / Gesundheit

RNA & DNA Synthese

Reproduktion

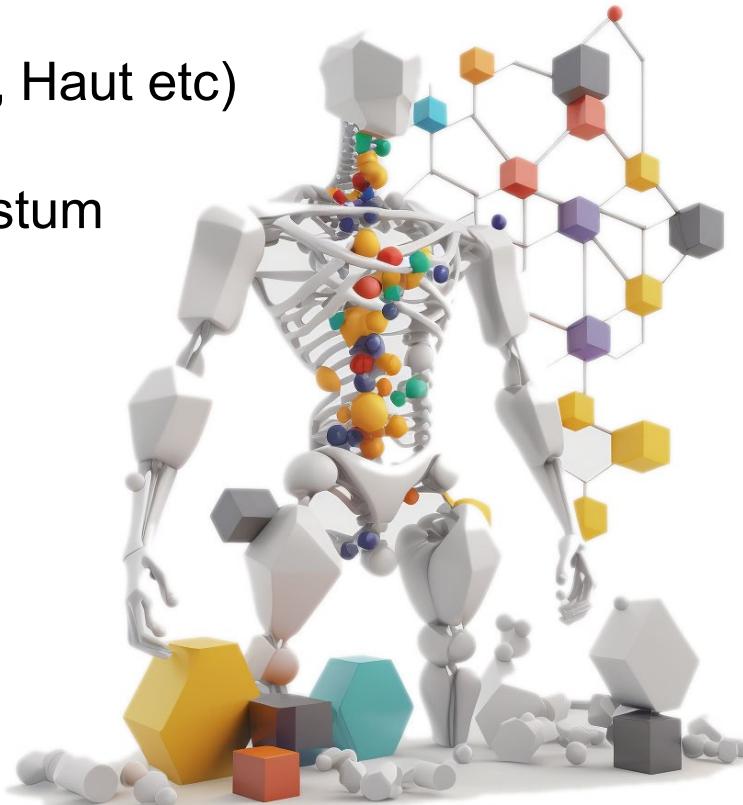
Milchproduktion

Appetitregulierung

Metabolische Regulierung

Hormonproduktion

Verhalten (Depression, Schlaf etc)



...und für viele andere biologische Prozesse

Wie kann Proteinqualität beurteilt werden

EU Regulation: Nahrungsmittel mit über 12% der Energie aus Proteinen gelten als Proteinquellen, ab 20% als «high protein» Nahrungsmittel

→ Limitierende Aminosäure im Produkt bestimmt, in welchem Ausmass das Nahrungsprotein für den Aufbau von körpereigenem Protein genutzt werden kann.



LYS = Lysin / MET = Methionin

ILE = Isoleucin / LEU = Leucin / PHE = Phenylalanin

THR = Threonin / TRP = Tryptophan / VAL = Valin

www.sge-ssn.ch/protein-2022.



Quantität versus Qualität: “High Protein”



Bio Chia Samen

100 % Bio-Chiasamen als natürliche Protein- und Ballaststoffquelle

<https://www.myprotein.com/>

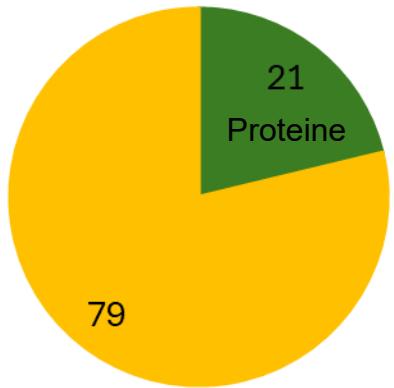
Hauptvorteile

- 100 % Bio
- 20 % Proteingehalt
- Ballaststoffreich
- Enthält Omega-3, -6 und -9

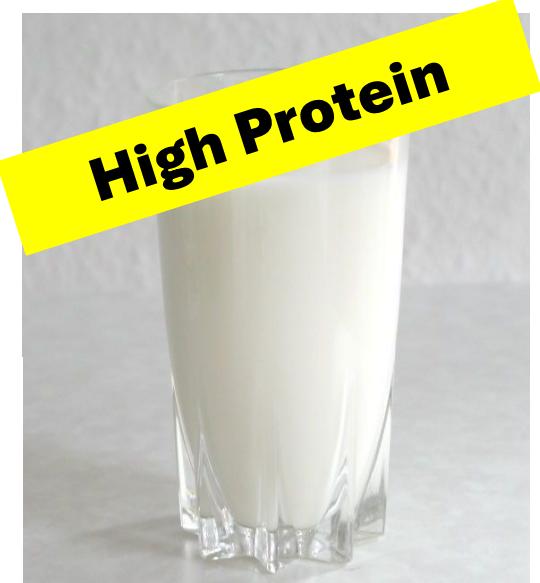
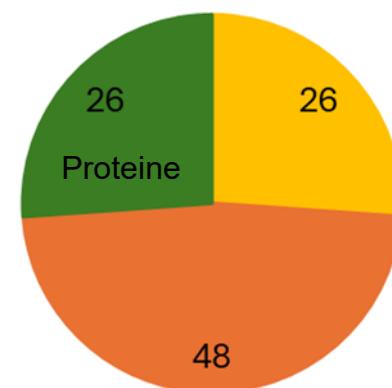
Warum sollte ich Chia-Samen in meine Ernährung einbauen?

Mit einem Proteingehalt von 20 % sind diese Samen ein echtes pflanzliches Kraftwerk, das deine Trainingsziele optimal unterstützt. Sie liefern dir die Energie, die du brauchst, um wichtige Muskeln aufzubauen und zu erhalten.¹

Chia (Energie %)



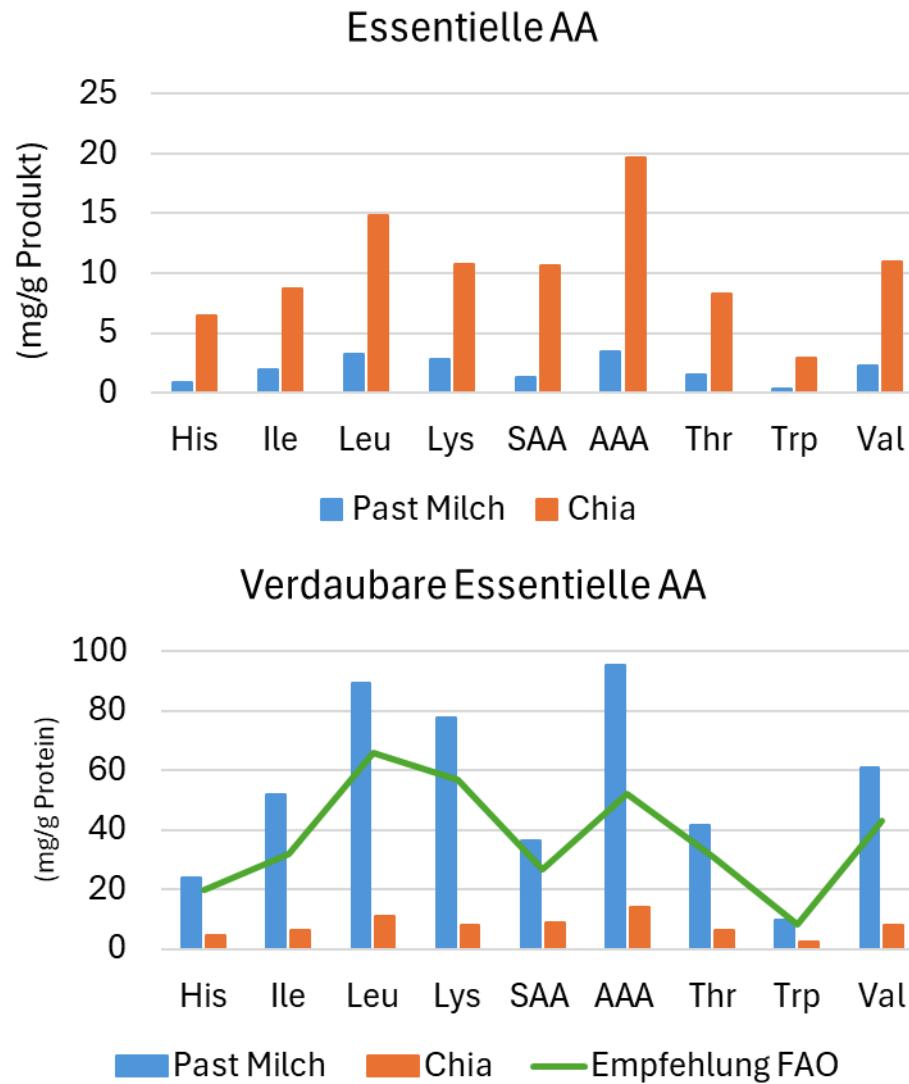
Milch (Energie %)



Quantität versus Qualität: Vergleich Chia & Milch



Verdaulichkeit
Chia 0 %
Chia, eingeweicht
16.6 %



Milch
Verdaulichkeit
98.6 %

→ Die Qualität eines Nahrungsmittels hängt von dessen Proteinkonzentration, Aminosäuremuster und Verdaulichkeit ab.



Methoden zur Messung der Proteinqualität



PER (Protein Efficiency Ratio)

Gewichtszunahme von Ratten pro Gramm des Nahrungsproteins, im Vergleich zu Casein.

→ Einfaches wachstums-basiertes Rattenmodell

PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Indispensable Amino Acid Score)

Aminosäurenprofil korrigiert mit fäkaler Stickstoffverdaulichkeit in Ratten gemessen.

→ Methode ist aufgrund der fäkalen Verdaulichkeit weniger genau

DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score)

Ileale Verdaulichkeit der individuellen essenziellen Aminosäuren, gemessen im Menschen oder im Schwein.

→ Aktuell die genaueste Messung der Proteinqualität



Bewertung der Qualität von Nahrungsproteinen durch die FAO

Die **FAO empfiehlt** in ihrem Expertenbericht die Anwendung des **DIAAS** als Methode für die Beurteilung der Proteinqualität.

- 1) Bestimmung des DIAAS in einer grösseren Auswahl von Nahrungsmitteln
- 2) Entwicklung von nicht-invasiven, genauen Methoden im Menschen zur Bestimmung der ilealen Verdaulichkeit
- 3) Validierung von Tiermodellen → Schwein
- 4) Entwicklung und Validierung von *in vitro* Modellen, um die ileale Verdaulichkeit zu simulieren

Dietary protein quality evaluation in human nutrition

Report of an FAO Expert Consultation

ISSN 0254-4725

FAO
FOOD AND
NUTRITION
PAPER

92

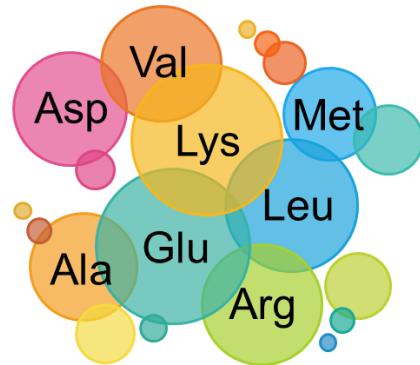


FAO: "Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen" (Food and Agriculture Organization of the United Nations)



Digestible indispensable amino acid score (DIAAS)

Aminosäuren pro Gramm
Nahrungsmittel



mg IAA/ g Nahrungsprotein



mg verdaute IAA/g Nahrungsprotein
(DIAA_{gemessen})



in vitro Verdaulichkeit_{Lys}



mg IAA/ g Ref Protein (DIAA_{Referenz})



Age Group	His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val
scoring pattern mg/g protein requirement									
Infant (birth to 6 months) ¹	21	55	96	69	33	94	44	17	55
Child (6 months to 3 year) ²	20	32	66	57	27	52	31	8.5	43
Older child, adolescent, adult ³	16	30	61	48	23	41	25	6.6	40

FAO Referenz Protein (DIAA_{Referenz}) (ISBN 978-92-5-107417-6)

$$in \text{ } vitro \text{ DIAAR} = \frac{DIAA_{gemessen}}{DIAA_{Referenz}} \times 100$$

DIAAR: Digestible indispensable amino acid **ratio** (%)

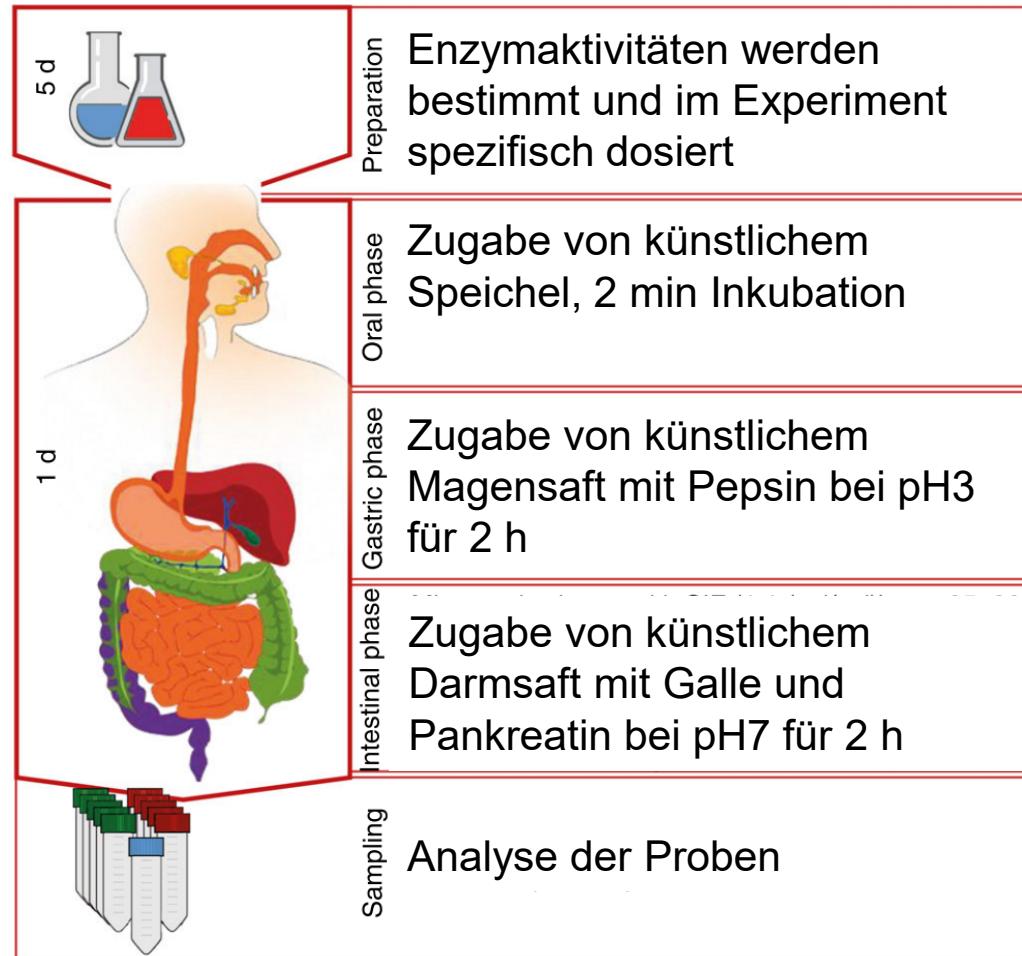
DIAAS: Digestible indispensable amino acid **score** =tiefster DIAAR

IAA: Essenzielle Aminosäure



INFOGEST *in vitro* digestion protocol 2.0

INFOGEST
CoST



Food & Function

PAPER



[View Article Online](#)
[View Journal](#) | [View Issue](#)

A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus†

Cite this: *Food Funct.*, 2014, 5, 1113

M. Minekus,^{‡,§} M. Alminger,^{‡,§} P. Alvito,^{‡,§} S. Ballance,^{‡,§} T. Bohn,^{‡,§} C. Bourlieu,^{‡,§} F. Carrière,[§] R. Boutrou,^{‡,§} M. Corredig,[‡] D. Dupont,^{§,¶} C. Dufour,[‡] L. Egger,^{‡,§} M. Golding,^{||} S. Karakaya,^{‡,¶} B. Kirkhus,[§] S. Le Feunteun,^{‡,§} U. Lesmes,^{‡,§} A. Macierzanka,^{‡,¶} A. Mackie,^{‡,§} S. Marze,[§] D. J. McClements,^{||} O. Ménard,^{‡,§} I. Recio,^{‡,¶} C. N. Santos,^{‡,¶,¶} R. P. Singh,^{||} G. E. Vigarud,^{‡,¶} M. S. J. Wickham,^{‡,¶} W. Weitsches,^{‡,¶} and A. Brodkorb,^{‡,¶}

nature
protocols

PROTOCOL

<https://doi.org/10.1038/s41596-018-0119-1>

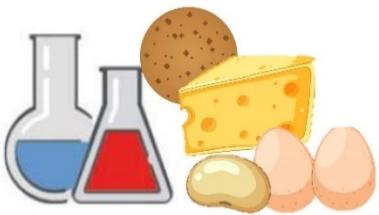
INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion

André Brodkorb^{○,1*}, Lotti Egger², Marie Alminger^{○,3}, Paula Alvito⁴, Ricardo Assunção⁴, Simon Ballance⁵, Torsten Bohn⁶, Claire Bourlieu-Lacanal⁷, Rachel Boutrou⁸, Frédéric Carrière⁹, Alfonso Clemente^{○,10}, Milena Corredig¹¹, Didier Dupont⁸, Claire Dufour¹², Cathrina Edwards¹³, Matt Golding¹⁴, Sibel Karakaya¹⁵, Bente Kirkhus⁵, Steven Le Feunteun⁸, Uri Lesmes¹⁶, Adam Macierzanka¹⁷, Alan R. Mackie¹⁸, Carla Martins⁹, Sébastien Marze¹⁹, David Julian McClements²⁰, Olivia Ménard⁸, Mans Minekus²¹, Reto Portmann², Cláudia N. Santos^{22,23}, Isabelle Souchon²⁴, R. Paul Singh²⁵, Gerd E. Vigarud²⁶, Martin S. J. Wickham²⁷, Werner Weitsches²⁸ and Isidra Recio²⁹

Minekus, M. et al. (2014), A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus, *Food Funct.*
Brodkorb, Egger, Recio et al. (2019). INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion, *Nature Protocols*



In vitro Verdaulichkeit und DIAAS workflow



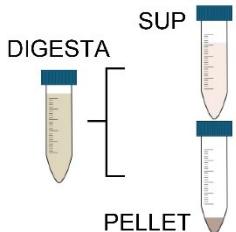
Vorbereitungsarbeiten:

- Proteingehalt des Nahrungsmittels bestimmen (Stickstoffgehalt)
- Proteinfreie Kontrollprobe zubereiten: Cookie
- Zubereitung des Nahrungsmittels wie es gegessen wird
- Simulieren des Kauvorgangs: Zerkleinern zu 2-3 mm Partikelgrösse



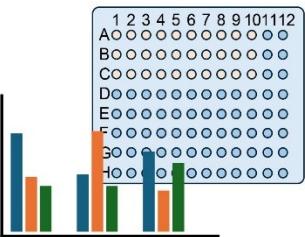
In vitro Verdauung:

- Verdau des Nahrungsmittels normalisiert auf 40 mg Protein
- Parallel dazu Verdau der proteinfreien Kontrollprobe



Fällung der Proteine:

- Stoppen der Verdauung nach Dünndarmphase mit Proteinfällung
- Überstand (Sup) = verdaute Proteine
- Rückstand (Pellet) = unverdaute Proteine



Analyse und Berechnung:

- Hydrolyse der restlichen Proteine und Peptide zu individuellen Aminosäuren
- Analyse der Aminosäuren
- Berechnung der Verdaulichkeit und der DIAAR, DIAAS Werte

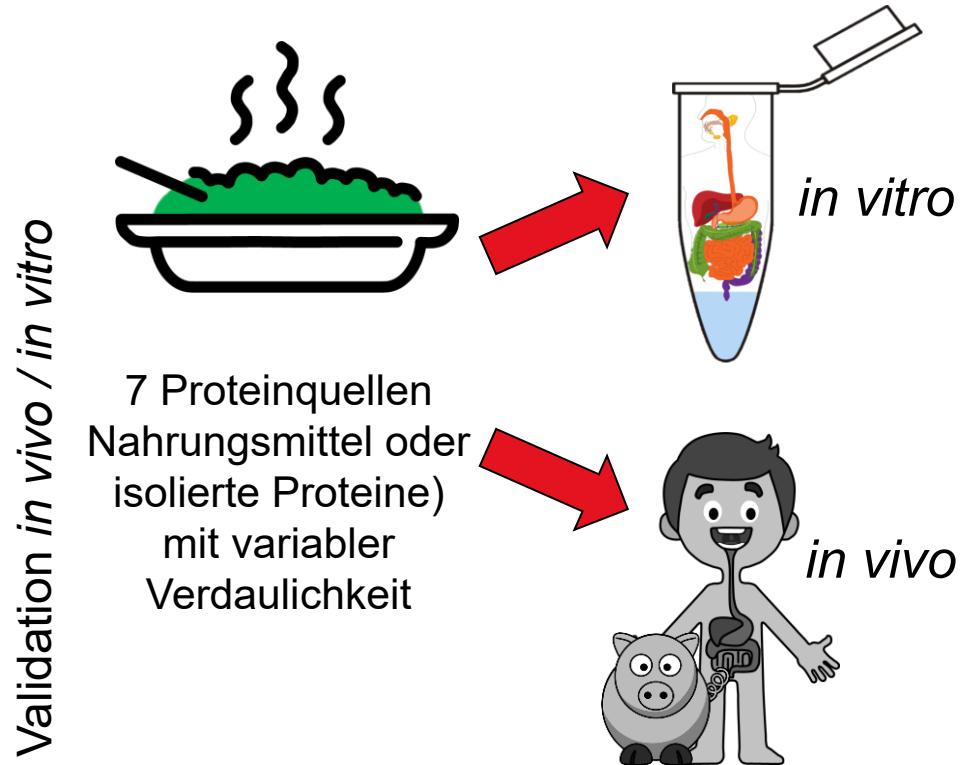
nature protocols (Article accepted and in production)

Standardised in vitro determination of digestibility and DIAAS of 1 dietary proteins based on the INFOGEST static digestion model

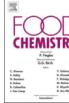
Lotti Egger, Ana Blanco-Doval, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Eliane Binz, André Brodkorb, Didier Dupont, Isidra Recio, Reto Portmann



Validierung der *in vitro* Verdaulichkeit

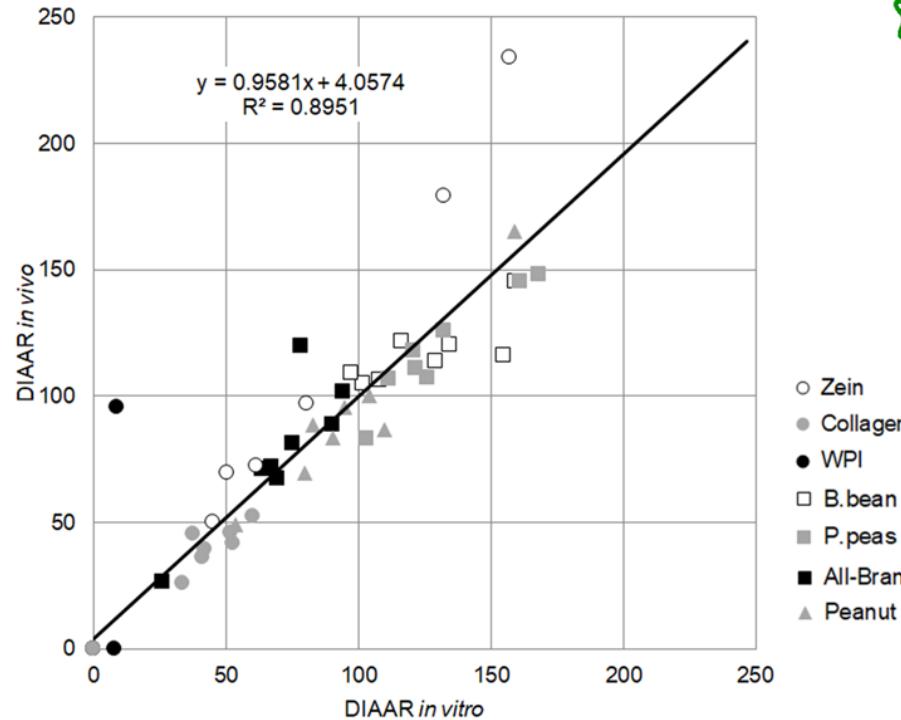


→ Sehr hohe Korrelation zwischen den beiden Methoden (Korrelationssteigung = 0,96)



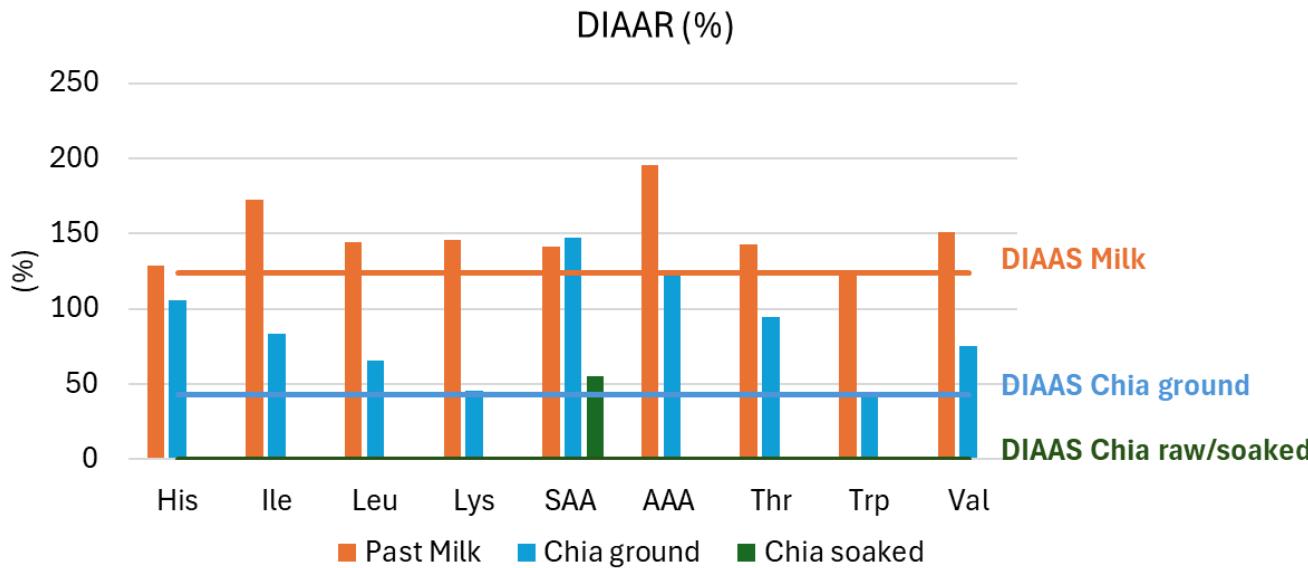
In vitro digestibility of dietary proteins and *in vitro* DIAAS analytical workflow based on the INFOGEST static protocol and its validation with *in vivo* data

Raquel Sousa ^{a,b}, Isidra Recio ^b, Dominique Heimo ^c, Sébastien Dubois ^c, Paul J. Moughan ^d, Suzanne M. Hodgkinson ^d, Reto Portmann ^{a,1}, Lotti Egger ^{a,1}





Zurück zur Proteinqualität von Chia & Milch

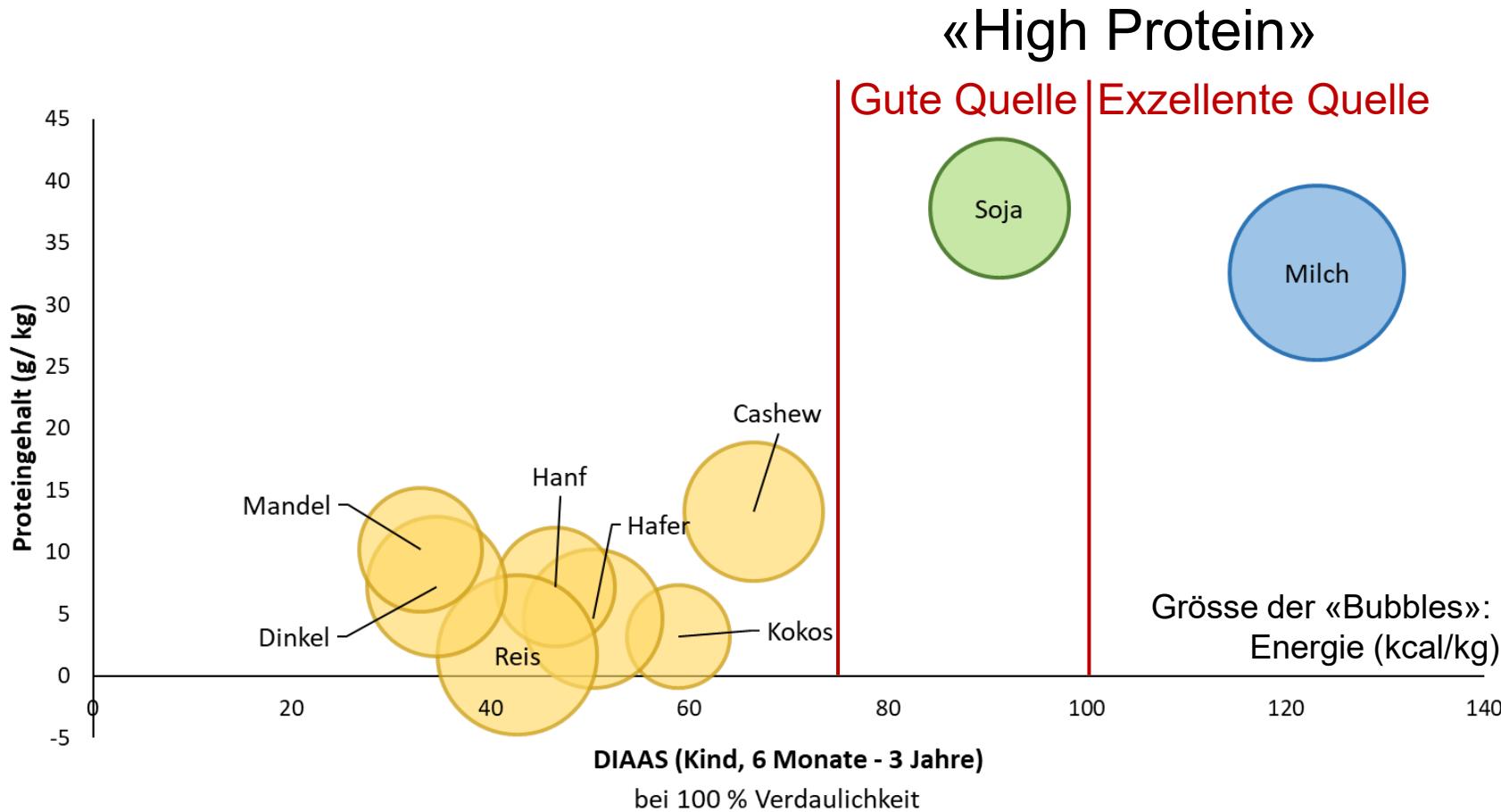


DIAAS > 100 % exzellente Proteinquelle
DIAAS > 75 % < 100 % gute Proteinquelle
DIAAS < 75 % keine Auslobung

- Milch und Milchprodukte sind exzellente Proteinquellen (DIAAS > 100 %)
- Chia Samen roh können gar nicht verdaut werden (DIAAS = 0%),
wenn gemahlen DIAAS < 40 %: keine Auslobung möglich



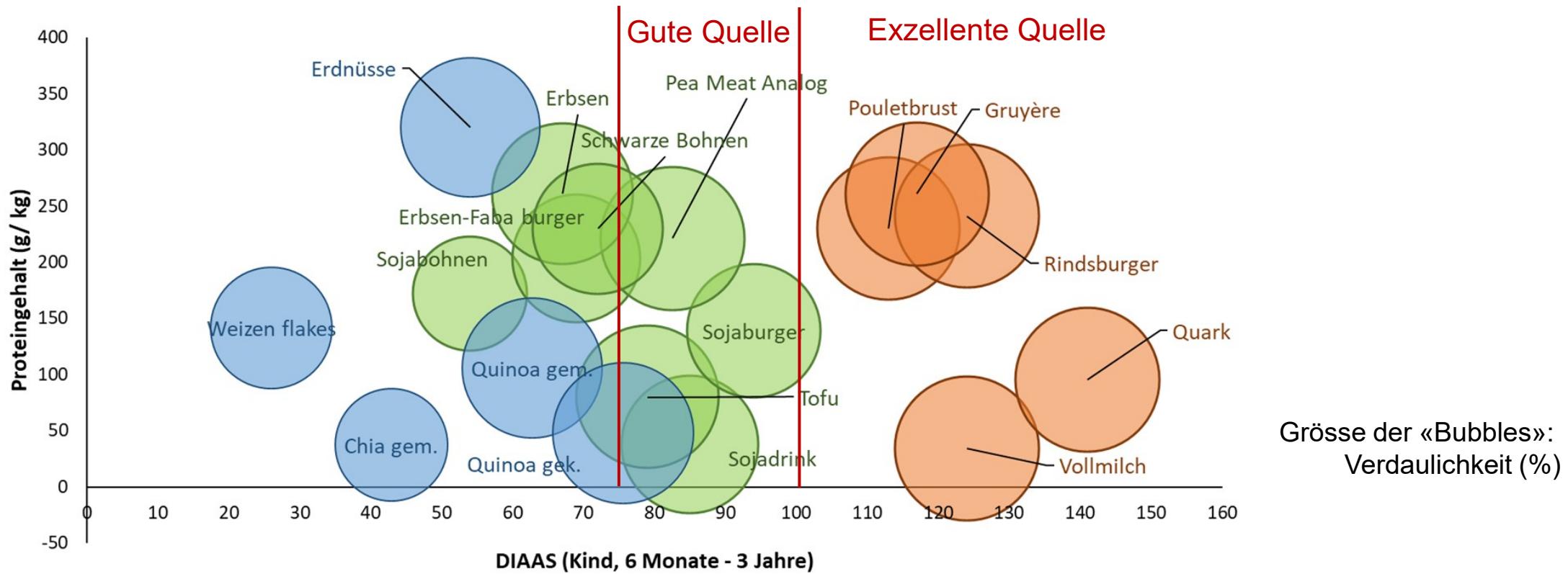
Pflanzendrinks versus Milch



- Von den untersuchten Produkten können nur Soja und Kuhmilch als «High Protein» und als gute bis exzellente Proteinquelle bezeichnet werden.
- Cashew und Mandeldrink können als Proteinlieferanten bezeichnet werden, alle anderen enthalten weniger als 12% ihrer Energie in Form von Protein.



Proteinqualität verschiedener pflanzlicher und tierischer Nahrungsmittel



- Viele Leguminosen, insbesondere Sojaprodukte sind gute Proteinquellen
- durch geeignete Kombination kann die Proteinqualität innerhalb einer Mahlzeit verbessert werden



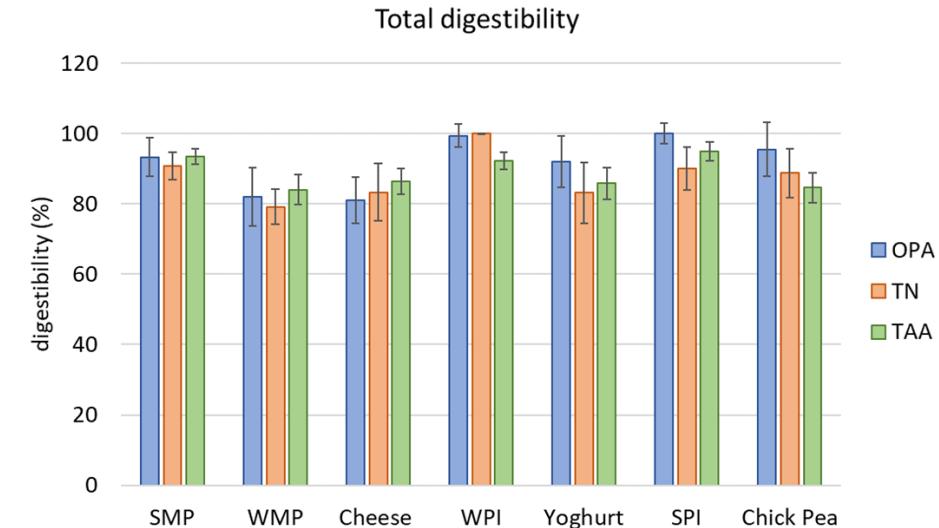
Standardisierung der *in vitro* Methode innerhalb IDF|ISO



ISO/DIS 24167:2025(E)
IDF 261:2025(E)

ISO/TC 34/SC 5
Date: 2025-03-06
Secretariat : NEN

Milk and milk products - *In vitro* digestion protocol for the determination of protein digestibility and *in vitro* digestible indispensable amino acid score (DIAAS)



→ Damit in Zukunft nicht nur die Proteinmenge, sondern auch die Proteinqualität eines Nahrungsmittels berücksichtigt wird, soll die Analysemethode standardisiert und für alle verfügbar gemacht werden.

→ Eine bessere Kenntnis der Qualität der Nahrungsproteine hilft den Konsumenten und Konsumentinnen bei der Auswahl der Proteinlieferanten.



Schlussfolgerungen

- Das Aminosäuremuster eines Nahrungsmittels ist nicht ausreichend, um die Proteinqualität zu beurteilen
- Die DIAAS Methode, welche die ileale Verdaulichkeit der Proteine berücksichtigt, ist aktuell die beste Methode zur Beurteilung der Proteinqualität
- Die an Agroscope entwickelte *in vitro* DIAAS Methode ist ein guter Ersatz ohne Einsatz von Tierversuchen
- Die DIAAS Methode als ISO Standard soll es Produzenten und Konsumenten erleichtern, die Proteinqualität ihrer Produkte zu messen und zu berücksichtigen.



Pro⁺Dig^y

Protein Digestibility

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

**Lotti Egger, Ana Blanco, Cédric Brügger,
Reto Portmann**

charlotte.egger@agroscope.admin.ch

Agroscope good food, healthy environment
www.agroscope.admin.ch