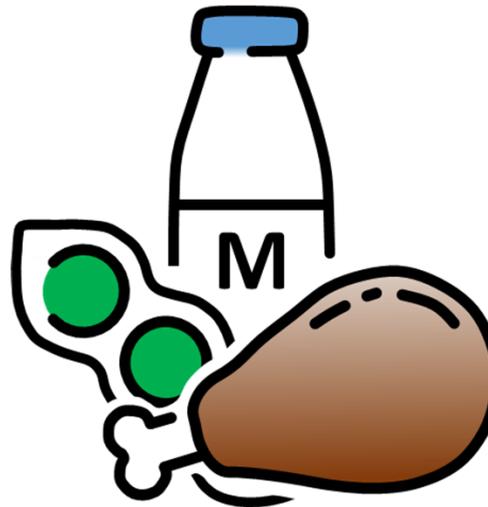




Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit



Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

*Forum Milchverarbeitung
Liebefeld, 28. November 2023*

warum überhaupt?

wie genau?

wie gut ist es?

wie weiter?

Proteine: Baustoffe des Körpers

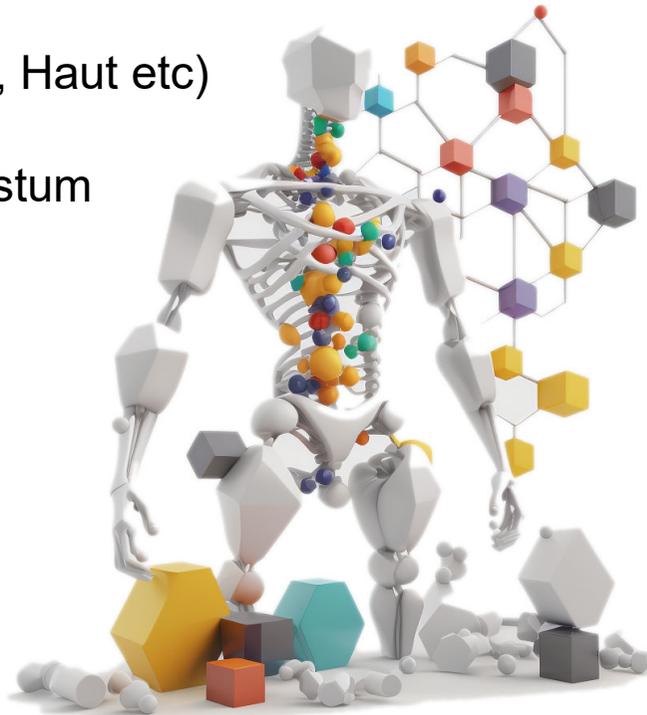
Körperzellen (Muskulatur, Haut etc)

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

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

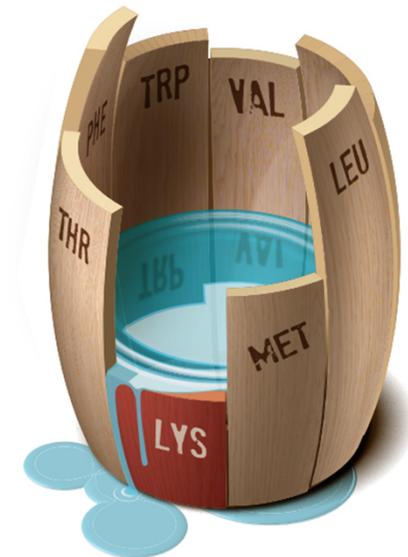
Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

warum überhaupt?

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

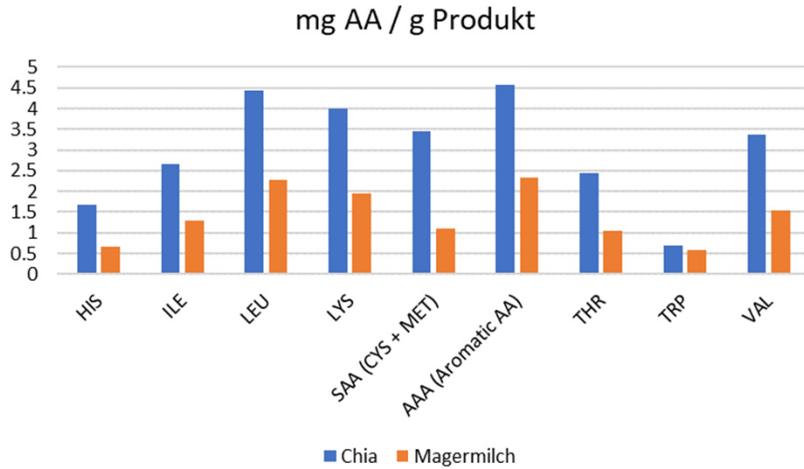
www.sge-ssn.ch/protein-2022

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebefeld, 28. November, 2023

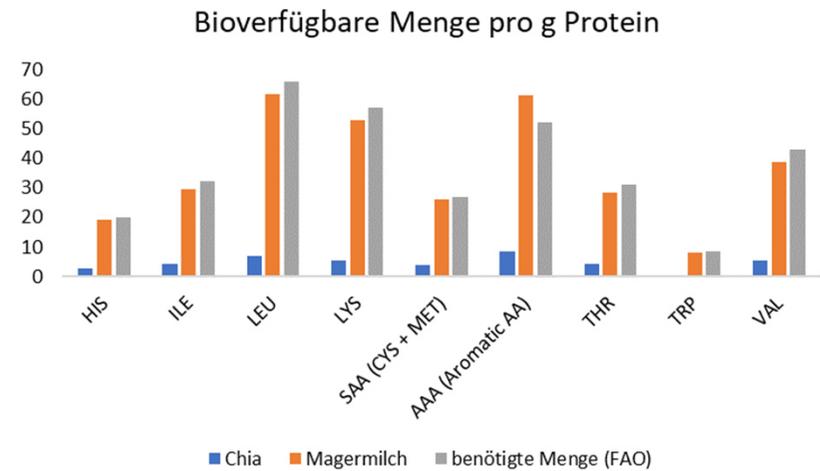
warum überhaupt?

Quantität versus Qualität



	Chia	Magermilch
Protein per food [g/kg]	64	35

	Chia	Magermilch
Total digestibility [%]	12.6	99.8



→ Die Qualität eines Nahrungsmittel hängt von dessen Proteinkonzentration, Aminosäurenmuster und Verdaulichkeit ab

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
 Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebefeld, 28. November, 2023

warum überhaupt?



Wie wird Proteinqualität beurteilt? State of the Art

Proteinwirksamkeitskoeffizient (Protein Efficiency Ratio (PER))

Das Wachstum von Ratten welche vom zu testenden Nahrungsmittel gefüttert werden wird mit Casein als Nahrung verglichen

Vorteile

- Einfache Berechnung

Nachteile

- Erfordert Tierversuche
- Ratten sind nicht Menschen
(unterschiedlicher Proteinbedarf, unterschiedliche Anatomie und Physiologie)

Protein Digestible Indispensable Amino Acid Score (PDCAAS)

Das Aminosäuremuster von einem Nahrungsmittel wird über die Stickstoffausscheidung von Ratten welche damit gefüttert wurden korrigiert

Vorteile

- Eine Korrektur wird verwendet

Nachteile

- Die Verdaulichkeit wird nicht am Absorptionsort gemessen

Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS)

Das Aminosäuremuster von einem Nahrungsmittel wird über die Messung der Verdaulichkeit von Aminosäuren in Menschen korrigiert

Vorteile

- Ileale Verdaulichkeit wird berücksichtigt
- Verdaulichkeit der individuellen Aminosäuren

Nachteile

- Invasiv
- Zeitaufwändig
- Derzeit nur begrenzte Daten verfügbar

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

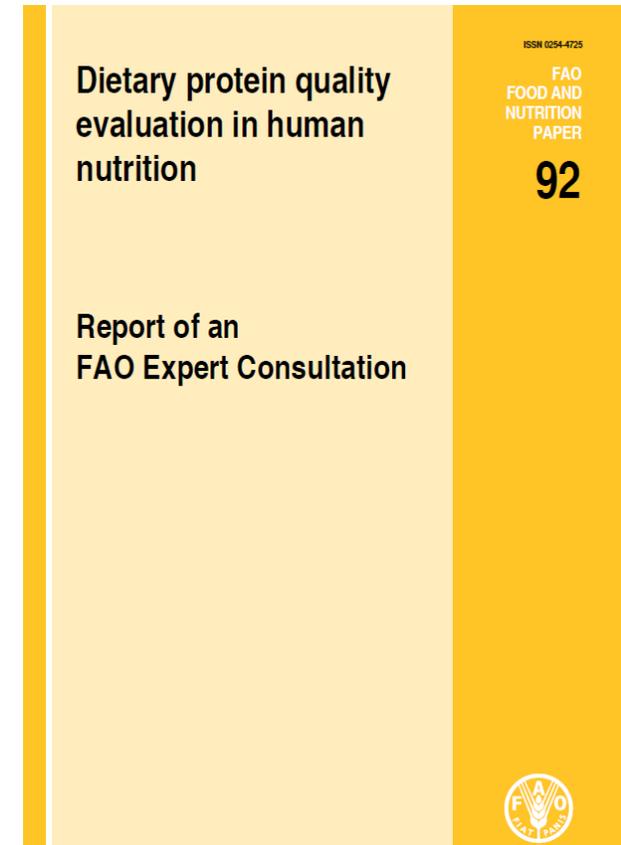
Forum Milchverarbeitung, Liebefeld, 28. November, 2023

wie genau?

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.

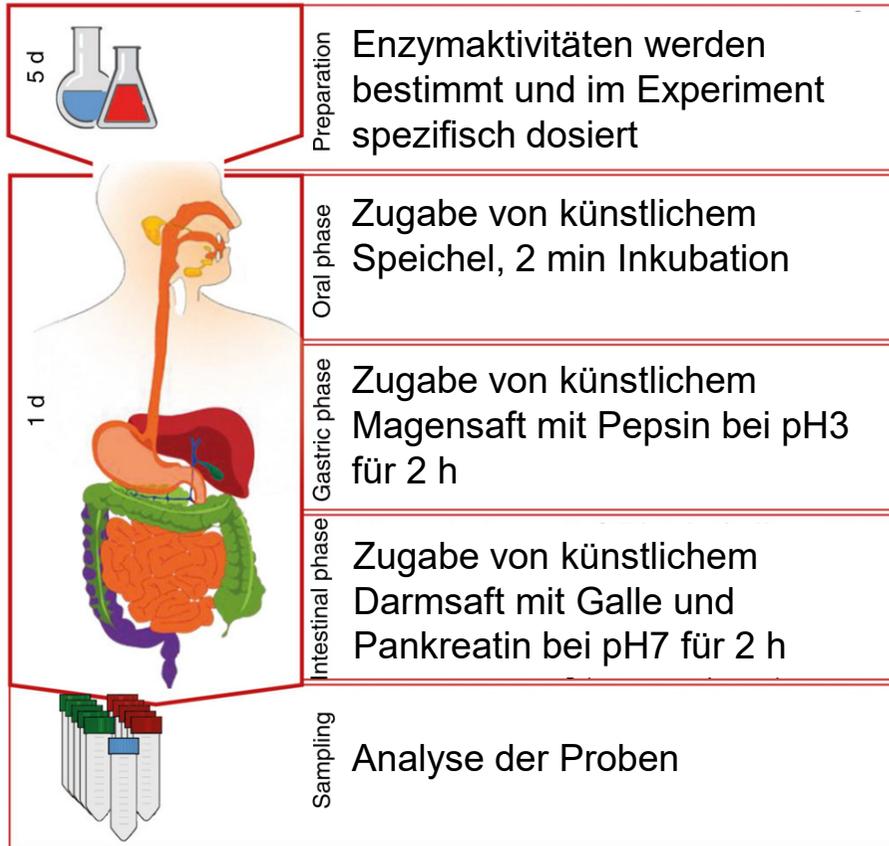
- 1) Bestimmung des DIAAS in einer grösseren Auswahl von Nahrungsmitteln
- 2) Entwicklung von nicht-invasiven, genauen Methoden im Menschen zur Bestimmung der ilealen Verdaulichkeit
- 3) Validierung von Tiermodellen → Schwein
- 4) Entwicklung und Validierung von *in vitro* Modellen, um die ileale Verdaulichkeit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





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, 1115

M. Minekus,^{2*} M. Alminger,^{1*} P. Alvito,^{1*} S. Ballance,^{2*} T. Bohm,^{1*} C. Bourlieu,^{4*} F. Carrière,^{8*} R. Boutroux,^{2*} M. Corredig,^{1*} D. Dupont,^{1*} C. Dufour,^{2*} L. Egger,^{1*} M. Golding,^{1*} S. Karakaya,^{1*} B. Kirkhus,^{5*} S. Le Feunteun,^{9*} U. Lesmes,^{10*} A. Macierzanka,^{1*} A. Mackie,^{1*} S. Marze,^{1*} D. J. McClements,^{1*} O. Ménard,^{1*} I. Recio,^{4*} C. N. Santos,^{2*} R. P. Singh,^{1*} G. E. Vegarud,^{2*} M. S. J. Wickham,^{1*} W. Weitschies^{2*} and A. Brodtkorb^{1*}

nature
protocols

PROTOCOL

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

INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion

André Brodtkorb^{1*}, Lotti Egger², Marie Alminger^{3*}, Paula Alvito⁴, Ricardo Assunção⁴, Simon Ballance⁵, Torsten Bohm⁶, Claire Bourlieu-Lacanal⁷, Rachel Boutroux⁸, Frédéric Carrière⁹, Alfonso Clemente^{10*}, Milena Corredig¹¹, Didier Dupont¹², Claire Dufour¹³, Cathrina Edwards¹³, Matt Golding¹⁴, Sibel Karakaya¹⁵, Bente Kirkhus¹⁶, Steven Le Feunteun¹⁷, Uri Lesmes¹⁶, Adam Macierzanka¹⁷, Alan R. Mackie¹⁸, Carla Martins⁴, Sébastien Marze¹⁹, David Julian McClements²⁰, Olivia Ménard⁸, Mans Minekus²¹, Reto Portmann², Cláudia N. Santos^{22,23}, Isabelle Souchon²⁴, R. Paul Singh²⁵, Gerd E. Vegarud²⁶, Martin S. J. Wickham²⁷, Werner Weitschies²⁸ and Isidra Recio²⁹

Minekus, M. et al. (2014), A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food – an international consensus, *Food Funct.*

Brodtkorb, Egger, Recio et al. (2019). INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion, *Nature Protocols*

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit

Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

wie genau?



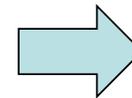
Validierung des Verdauungssystems mit *in vivo* Daten



Interlaborstudie der
statischen *in vitro*
Verdauung
(INFOGEST protocol)



Ein Nahrungsmittel,
zwei Methoden



Schweine *in vivo* Versuch

→ Die *in vitro* Methode ist reproduzierbar und bildet die *in vivo* Verdauung sehr gut ab

Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

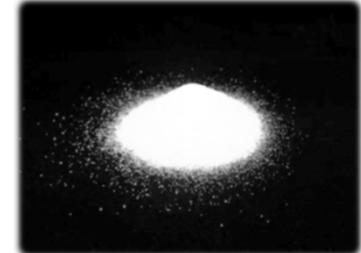
wie genau?

Proteine im Verdau - Bioverfügbarkeit

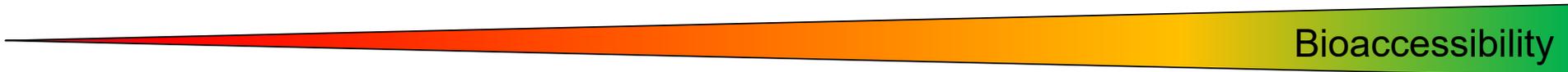
Intaktes Protein



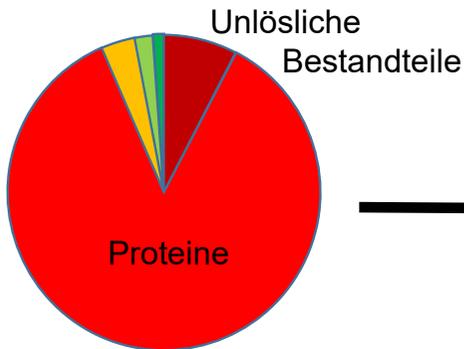
Partiell verdautes Protein / Peptide



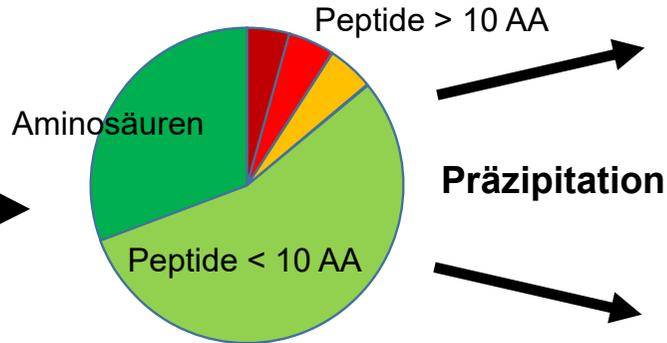
Peptide / freie Aminosäuren



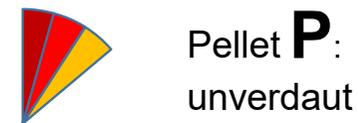
Nahrungsmittel vor dem Verdau



Verdaut im Dünndarm



Präzipitation



Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

wie genau?

Swiss Digestible indispensable amino acid score (DIAAS)

Nahrungsmittel AA



mg IAA/ g Nahrungsprotein



×

in vitro Verdaulichkeit_{Lys}



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



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



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

Age Group	His	Ile	Leu	Lys	SAA	AAA	Thr	Trp	Val
<i>scoring pattern mg/g protein requirement</i>									
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

DIAAR: Digestible indispensable amino acid **ratio**

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

FAO: Dietary protein quality evaluation in human nutrition (ISBN 978-92-5-107417-6)

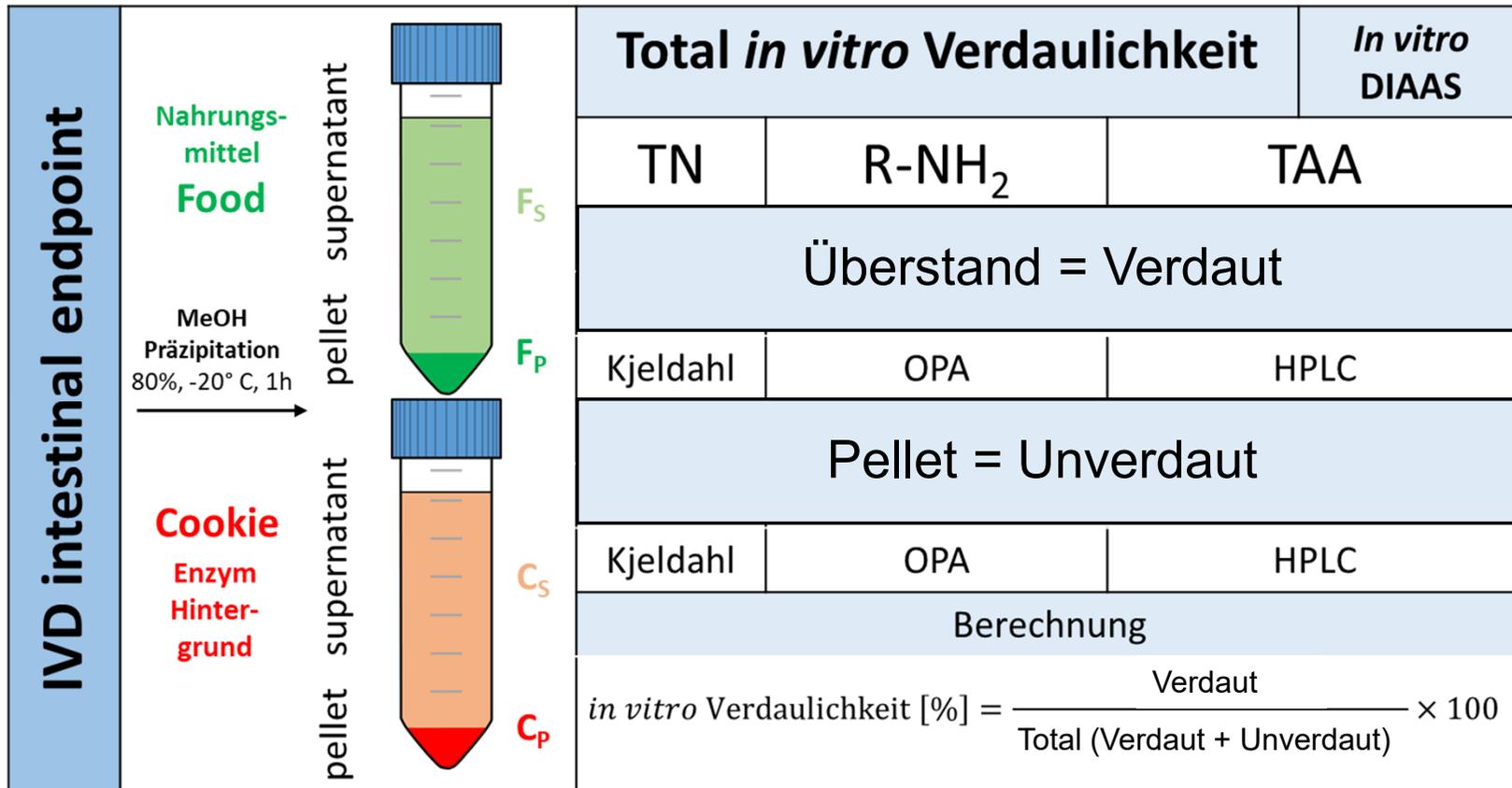
Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

wie genau?



In vitro Verdaulichkeit und DIAAS workflow



Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
 Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

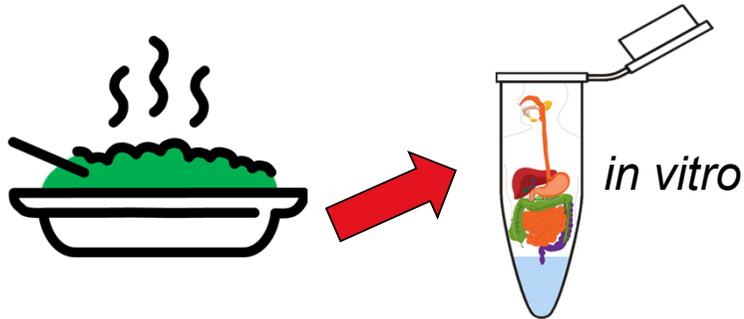
Forum Milchverarbeitung, Liebefeld, 28. November, 2023

wie genau?

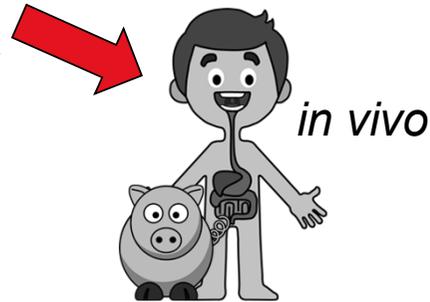


Validierung der *in vitro* Verdaulichkeit

Validation *in vivo* / *in vitro*



7 food sources and isolated proteins of different digestibility



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}

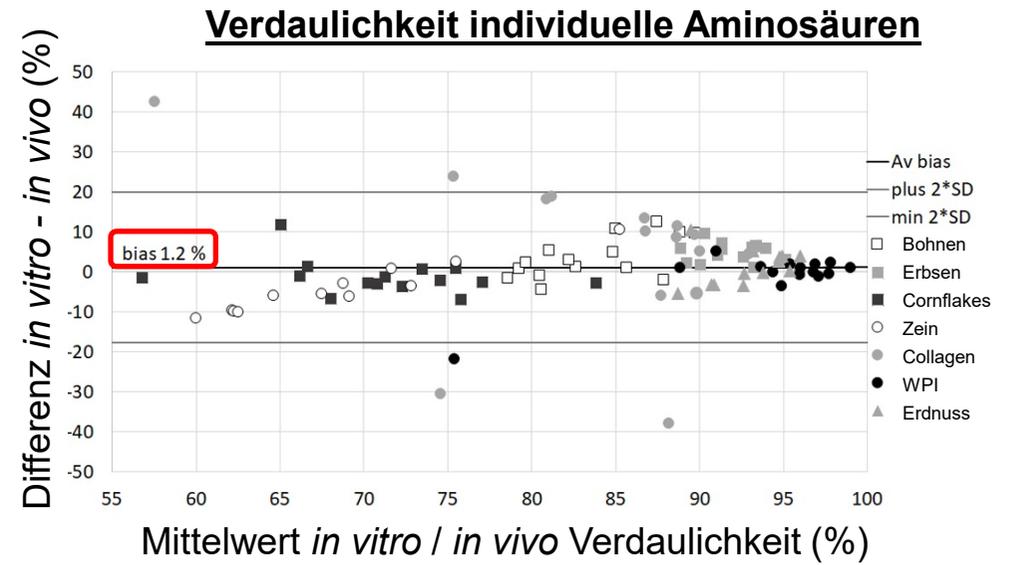
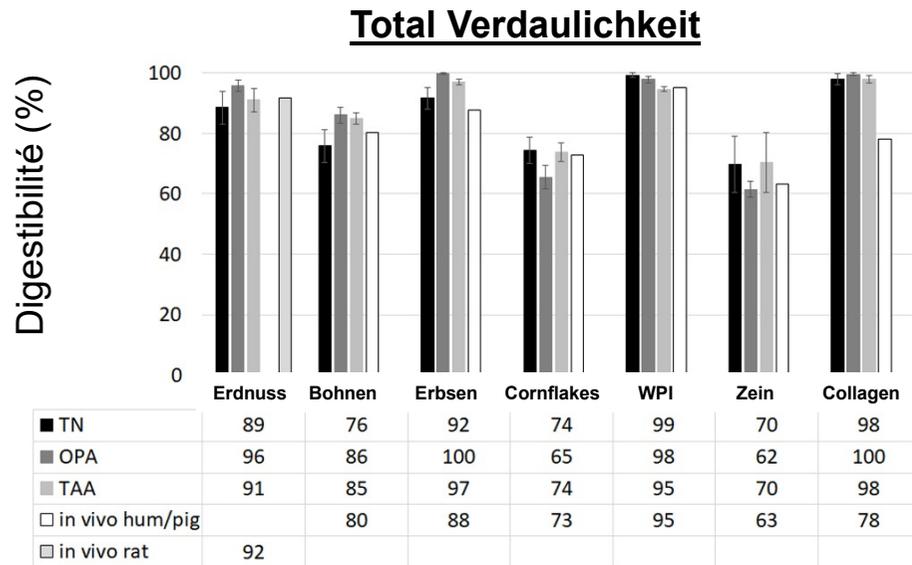
Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

wie gut ist es?



Validierung des *in vitro* Verdaulichkeits Workflows mit *in vivo* Daten



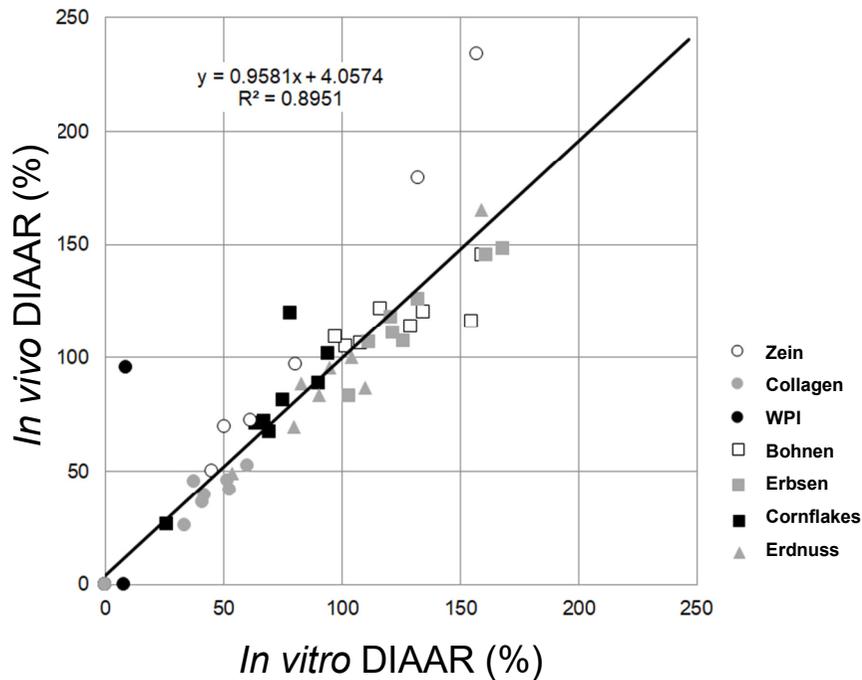
→ Die drei Methoden liefern ähnliche Ergebnisse für die getesteten Substrate

→ *In vitro* Werte im Mittel um 1.2 % höher als *in vivo*

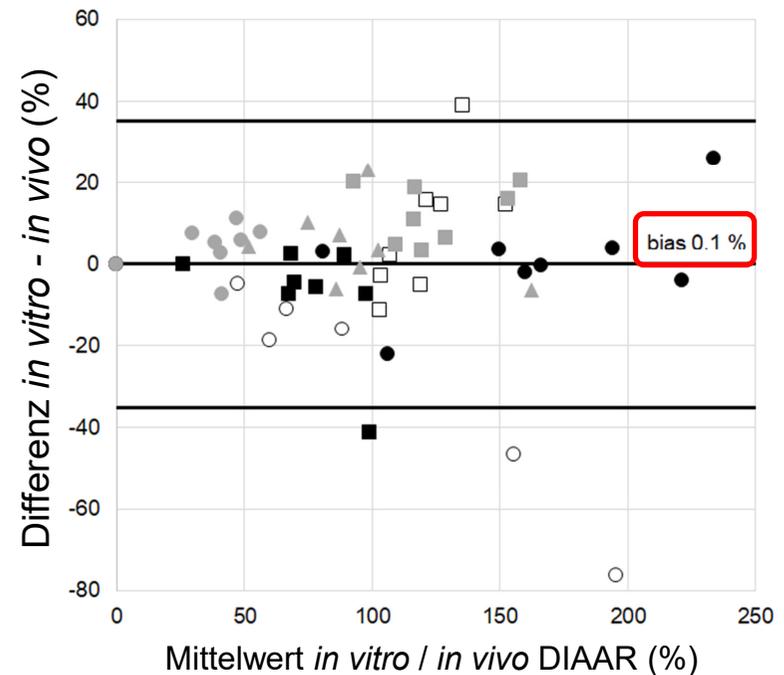
→ Mindestens 95 % der Verdaulichkeit der individuellen Aminosäuren liegen innerhalb von $\pm 2SD$



Korrelation von *in vitro* DIAAR mit *in vivo* DIAAR



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



→ Mittlere Abweichung 0.1 %

→ Mindestens 95 % der Verdaulichkeit der individuellen Aminosäuren liegen innerhalb von $\pm 2SD$

Standardisierung der Methode innerhalb IDF und ISO

 ISO #####2023(E)
IDF ####:2023(E)

ISO/TC 34/SC 5
Date: 2023-09-07
Secretariat : NEN

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



In vitro Verdau von 7 Produkten

5 Milchprodukte:

Magermilchpulver, Milchpulver, Molkenproteinisolat, Joghurt, Käse

2 pflanzliche Produkte:

Sojaproteinisolat, Kichererbsen



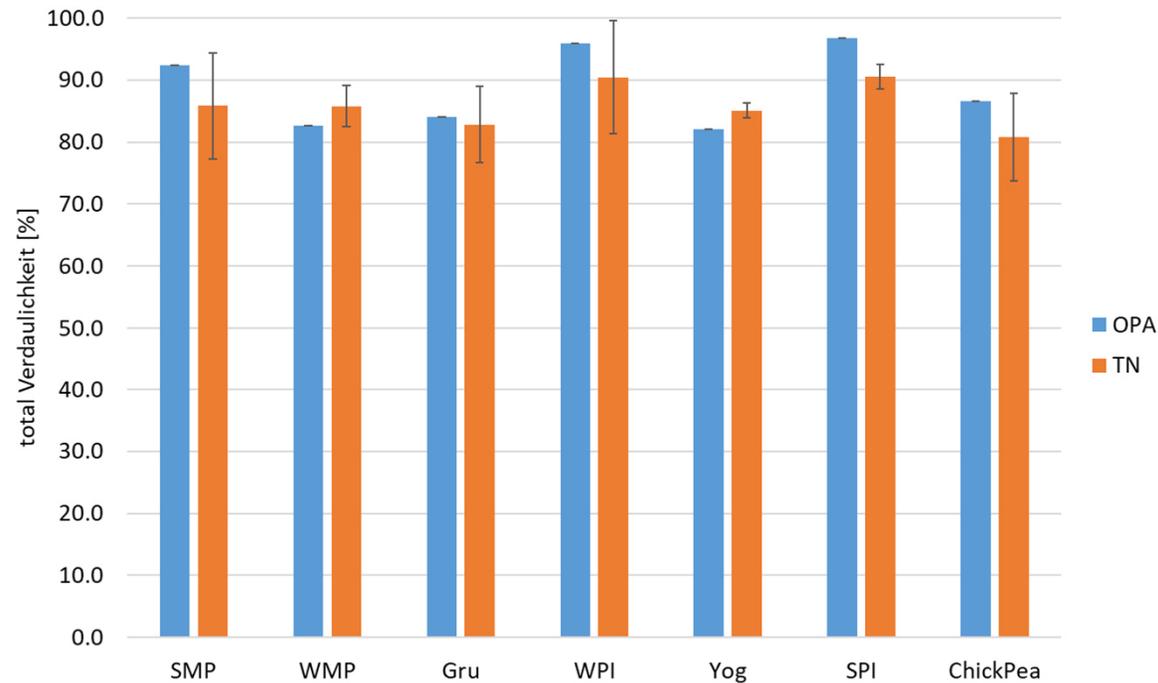
Qualität vor Quantität: Protein Bioverfügbarkeit und Messung der Verdaulichkeit
Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

Forum Milchverarbeitung, Liebfeld, 28. November, 2023

wie weiter?

Standardisierung der Methode innerhalb IDF und ISO

Inzwischen wurden brauchbare Resultate von 17 Labors aus 15 Ländern zurück erhalten



Der IDF Prozess ist bereits seit 2 Jahr am laufen, bis am 12. Dezember läuft noch das ISO Voting aller Länder für die Akzeptanz der Verdaulichkeitsmethode, danach müssen innerhalb 1 Jahres die Validierungsdaten geliefert werden.

Schlussfolgerungen

- Das Aminosäuremuster eines Nahrungsmittel ist nicht ausreichend, um die Proteinqualität zu beurteilen
- Die DIAAS Methode, welche die Verdaulichkeit der Proteine berücksichtigt, ist aktuell die beste Methode zur Beurteilung der Proteinqualität
- Unsere *in vitro* DIAAS Methode ist ein guter Ersatz ohne Einsatz von Tierversuchen
- Die ISO Standardisierung erhebt unsere Methode zu einem internationalen Standard, womit die Industrie einfacher DIAAS ihrer Produkte messen kann
- Die Methode wird weiter validiert und verbessert

Pro+Digy

Protein Digestibility

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Reto Portmann, Raquel Sousa, Cédric Brügger, Lotti Egger

reto.portmann@agroscope.admin.ch

Agroscope good food, healthy environment

www.agroscope.admin.ch