



UFOP-SCHRIFTEN | RAPSÖL & ERNÄHRUNG

ABSCHLUSSBERICHT

Einfluss von Rapsproteinen auf die postprandiale
metabolische Antwort

Autoren

Prof. Gabriele Stangl

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Von-Danckelmann-Platz 2, 06120 Halle (Saale)

Einfluss von Rapsproteinen auf die postprandiale metabolische Antwort

Prof. Gabriele Stangl
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Naturwissenschaftliche Fakultät III
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften
Von-Danckelmann-Platz 2
06120 Halle (Saale)

Zusammenfassung

Die Aufnahme von Mahlzeiten induziert einen spezifischen Anstieg verschiedener Metaboliten und Hormone im Blut. Ein hoher postprandialer Anstieg von Glukose und Triglyceriden wird als Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen erachtet. In Studien konnte gezeigt werden, dass Proteine aus Soja gegenüber tierischen Eiweißen den Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel günstig beeinflussen. Raps ist eiweißreich und enthält ein dem Sojaprotein vergleichbar günstiges Aminosäurenprofil. Bislang wurde allerdings die Wirkung von Rapsprotein auf gesundheitsrelevante Parameter noch nicht untersucht, obwohl die Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) Rapsprotein im Jahr 2013 als sicher bewertete. Ziel der Studie war es, die Wirkung von Rapsprotein auf die postprandialen Konzentrationen von Nährstoffmetaboliten und Insulin mit der von Sojaprotein zu vergleichen.

Im Rahmen des Projektes wurde eine randomisierte, kontrollierte Humanstudie im Cross-Over-Design durchgeführt. Hierfür erhielten 20 gesunde und nüchterne Probanden eine kohlenhydrat- und fettreiche Testmahlzeit, der entweder 25 g Rapsprotein, 25 g Sojaprotein oder kein zusätzliches Protein zugesetzt wurde. Jeder Proband bekam in zufälliger Reihenfolge alle 3 Testmahlzeiten mit einer jeweils dazwischenliegenden 2-wöchigen Auswaschphase. Das Rapsproteinisolat bestand zu > 60% aus Napin und > 35% Cruciferin und wurde vor dem Einsatz thermisch behandelt. Neben der Sättigung und dem Blutdruck wurde das Blut der Probanden über einen Zeitraum von 6 Stunden auf Metaboliten und Insulin untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Sättigung durch Raps- und Sojaprotein ähnlich positiv beeinflusst wurde. Bezüglich der Gesamtwirkung auf den postprandialen Kohlenhydratstoffwechsel (postprandiale Konzentrationen von Glukose und Insulin) war Rapsprotein sogar etwas günstiger zu bewerten als Sojaprotein. Beide Proteine erhöhten geringfügig den postprandialen Lipidspiegel. Die postprandialen Konzentrationen der Aminosäuren waren abhängig von der verzehrten Proteinquelle,

zeigten sich jedoch zwischen Raps- und Sojabehandlung nur geringfügig unterschiedlich.

Die Ergebnisse lassen insgesamt erkennen, dass Raps- und Sojaprotein ähnliche Wirkungen auf die Sättigung und die postprandialen Profile von Metaboliten haben. Es ist davon auszugehen, dass Rapsprotein eine ernährungsphysiologisch günstige Nahrungskomponente in der menschlichen Ernährung darstellt und sich als Rohstoff für die Lebensmittelherstellung eignet.

Summary

Influence of rapeseed proteins on the postprandial metabolic response

The intake of meals induces a specific increase of various metabolites and hormones in blood. High postprandial concentrations of glucose and triglycerides are considered to be risk factors for cardiovascular diseases. Previous studies have shown that soy protein compared to animal proteins has beneficial effects on carbohydrate and lipid metabolism. Rapeseed is rich in protein and contains an amino acid profile that is similarly favorable to that of soy protein. However, effects of rapeseed protein on health parameters has not yet been investigated, although in 2013 rapeseed protein has been considered safe by the European Food Safety Authority (EFSA). This study aimed to compare the effect of rapeseed protein on the postprandial concentrations of metabolites and insulin with that of soy protein.

In this project, a randomized, controlled human study was conducted in a cross-over design. For this purpose, 20 healthy individuals, who were fasted for 12 hours, received a test meal rich in carbohydrates and fat which was supplemented with either 25 g of rapeseed protein, 25 g of soy protein or no additional protein. Each individual received the three interventions randomly, with a 2-week washout period in between. The rapeseed protein consisted of > 60% napin and > 35% cruciferin and was thermally treated prior to its use. Besides satiety and blood pressure, the blood of the subjects was analyzed for metabolites and insulin over a period of 6 hours.

The results show that rapeseed protein and soy protein were comparable in their beneficial effects on satiety. Regarding the overall effect on postprandial carbohydrate metabolism (postprandial concentrations of glucose and insulin), rapeseed protein was even slightly more favorable than soy protein. Both proteins marginally increased the postprandial lipid levels. The postprandial concentrations of the amino acids depended on the protein source that was consumed, and showed no considerable differences between rapeseed and soy protein treatment.

To conclude, the results show that rapeseed and soy protein have similar effects on satiety and the postprandial profiles of metabolites. It can be assumed that rapeseed protein represents a nutritionally favorable compound in the human diet and is suitable as food ingredient.

1. Einleitung

Im Rahmen dieses Projekts sollte untersucht werden, wie sich beim Menschen die postprandiale metabolische Antwort auf eine fett- und kohlenhydratbetonte Testmahlzeit durch Zugabe von Rapsprotein verändert. Dabei sollte eine Testmahlzeit mit Rapsprotein verabreicht werden, eine Testmahlzeit mit Sojaprotein (als Vergleichsprotein) und eine Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein, um die Wirkung von Rapsprotein im Vergleich zu einem bereits gut charakterisierten pflanzlichen Protein zu ermitteln.

Jede Mahlzeit induziert einen spezifischen Anstieg der Metaboliten Glukose, Triglyceride, Aminosäuren, Fettsäuren sowie von Hormonen, deren Konzentrationen von Mahlzeitenkomponenten und individuellen Faktoren abhängen (JACKSON et al. 2012). Der postprandiale Glukosespiegel stellt zum Beispiel einen bedeutenden, unabhängigen Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen dar (CERIELLO 2005) und trägt maßgeblich zur Entwicklung von Atherosklerose bei (ZILVERSMIT 1979). Erhöhte postprandiale Konzentrationen an Triglyceriden werden mit einem erhöhten Risiko für Angina pectoris, Myokardinfarkt und erhöhter Sterblichkeit assoziiert (NORDESTGAARD et al. 2007).

Bislang gibt es wenige Studien, die sich mit Effekten von Rapsproteinen befassten, während für Sojaprotein bereits mehrfach günstige gesundheitliche Wirkungen beschrieben wurden. So konnte gezeigt werden, dass Sojaproteine gegenüber tierischen Proteinen wie Milcheiweiß, den Lipid- und Kohlenhydratstoffwechsel günstig beeinflussen (SIRTORI et al. 2007). In zahlreichen Studien der eigenen Arbeitsgruppe wurde nachgewiesen, dass auch Proteine aus der Süßlupine den Lipid- und Glukosestoffwechsel positiv modifizieren.

Rapsprotein ist bezüglich solcher möglichen gesundheitlichen Wirkungen noch weitgehend unerforscht und bisher vor allem als Futter von Nutztieren bekannt. Angesichts der immer knapper werdenden Nahrungsmittelressourcen ist man schon seit vielen Jahren bestrebt, auch Rapsproteine in größerem Umfang in die menschliche Ernährung zu integrieren. 2013 wurde Rapsprotein von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) als sicher bewertet (EFSA 2013). Im Rahmen einer an der Universität von Jena durchgeführten Humaninterventionsstudie konnte man

feststellen, dass Rapsprotein und Sojaprotein ähnlich hohe postprandiale Konzentrationen von Aminosäuren hervorrufen (FLEDDERMANN et al. 2013). Da bei allen bislang untersuchten pflanzlichen Proteinen günstige Wirkungen auf dem Metabolismus gefunden wurden, haben wir die Hypothese aufgestellt, dass Rapsprotein eine ähnlich günstige postprandiale metabolische Antwort hervorruft wie Sojaprotein. Sollte dies der Fall sein, kann man postulieren, dass auch Rapsprotein ein für die menschliche Ernährung empfehlenswertes Pflanzeneiweiß darstellt.

Im Rahmen der geplanten Intervention sollten die postprandialen Plasmakonzentrationen an Glukose, Insulin, Triglyceriden sowie Cholesterin bestimmt werden. Spezifische Veränderungen in den postprandialen Konzentrationen von Aminosäuren sollten Aussagen über die Veränderungen im Profil zirkulierender Aminosäuren und deren Verfügbarkeit erlauben. Sie dienen auch dazu, die von FLEDDERMANN et al. (2013) ermittelten postprandialen Aminosäureprofile zu verifizieren. Mittels der Bestimmung der Harnstoffkonzentration sollten außerdem Rückschlüsse auf die Verwertbarkeit der Aminosäuren aus den Proteinen gewonnen werden. Da die bislang untersuchten Proteine auch günstige Wirkungen auf den Blutdruck vermuten lassen, sollten zusätzlich Blutdruck und Puls bestimmt werden. Da Nahrungsproteinen ein sättigender Effekt zugeschrieben wird (GOSBY et al. 2014, LEE et al. 2006), wurde auch die subjektive Sättigung ermittelt.

2. Material und Methoden

2.1 Proteine

Rapsproteinisolat wurde von Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg e.V. bereitgestellt. Als durchschnittlicher Proteingehalt der Musterprobe wurde 90,1% angegeben, bei einer Feuchte von 5,6%. Das Proteinisolat setzt sich aus den beiden Speichereiweißen Napin (62,4%) und Cruciferin (36,2%) zusammen. Die prozentualen Anteile von Napin und Cruciferin entsprechen nicht der natürlichen Zusammensetzung im Rapsprotein, sondern sind das Resultat des technologischen Gewinnungsprozesses, der sich aus einer einstufigen Proteinextraktion, Separation, Ultrafiltration und Sprühtrocknung zusammensetzt. Das tatsächliche Verhältnis von Cruciferin zu Napin liegt bei den üblichen Rapssorten zwischen 0,6 und 2,0 (WANASUNDRA 2011).

Sojaprotein wurde von der Euroduna Food Ingredients GmbH, Barmstedt, bezogen. Bei dem eingesetzten Produkt Dunapro95M handelt es sich laut Herstellerangaben um ein funktionelles Sojaproteinisolat mit sehr guter Löslichkeit, einem milden Geschmack und einem Proteingehalt von mindestens 90% (bei einem maximalen

Fettgehalt von 1%). Von beiden eingesetzten Proteinen wurden von der Firma CBA GmbH, Böhlen, der Rohproteingehalt, die Zusammensetzung der Aminosäuren sowie der Gehalt an Natrium, Kalium, Calcium und Phosphor bestimmt. Die Analyse der Elemente erfolgte auch in den Testmahlzeitvarianten ohne zusätzliches Protein oder mit Raps- bzw. Sojaprotein (Aufschluss nach VDLUFA 10.8.1.2; Bestimmung nach VDLUFA 10.8.2). Außerdem wurde der Phytinsäuregehalt in den beiden Proteinisolaten ermittelt (HARLAND UND OBERLEAS 1986). Hierfür wurde die Phytinsäure mit 2,4% HCl extrahiert. Anschließend wurden die Proben filtriert und auf einem Anionentauschermaterial immobilisiert (AG1-X4, Bio-Rad Laboratories, Hercules, California, USA). Nach Waschen des Säulenmaterials mit 0,1 M NaCl erfolgte die Elution der gebundene Phytinsäure mit 0,7 M NaCl. Das Eluat wurde in 5 M HClO₄, 1 M H₂SO₄ hydrolysiert und bei 250°C verascht. Anschließend wurde die Menge des anorganischen Phosphates nach Zugabe eines Farbreagens spektrophotometrisch quantifiziert und der Phytinsäuregehalt anhand der Phosphatkonzentration berechnet.

Um die mikrobiologische Sicherheit der verwendeten Proteinisolate zu gewährleisten, wurden beide Proteine am Institut für Lebensmittelhygiene der Universität Leipzig einer mehrfachen mikrobiologischen Untersuchung unterzogen. Die Methoden orientierten sich an den Vorgaben der Amtlichen Sammlung nach § 64 LFGB. Im kommerziell erworbenen Sojaproteinisolat war die aerobe Gesamtkeimzahl sehr niedrig. Im Rapsproteinisolat lag die Gesamtkeimzahl deutlich über dem Richtwert (Tab. 1). Hauptkeim war *Enterococcus faecium* (MALDI-TOF Identifizierung), einem klassischen Umwelt-, Haut- und Abwasserkeim, der als fakultativ pathogen einzustufen ist und bei immunsuppressiven Menschen problematisch sein kann.

Da *Enterococcus faecium* thermolabil ist, wurden zunächst verschiedene Temperaturregime getestet und die Gesamtkeimzahl (aerobe mesophile Koloniezahl, nach 72 h Inkubation) erneut bestimmt. Eine hinreichende Keimreduzierung konnte nach 60 Sekunden bei 135°C erreicht werden. Daher wurde 1.) das gesamte Rapsproteinisolat bei 135°C für 60 Sekunden erhitzt, und 2.) die Tomatensoße der Testmahlzeit nach Zugabe des Proteins kurz aufgekocht. Außerdem wurde sichergestellt, dass die Testmahlzeiten nach der Zubereitung relativ schnell verzehrt wurden.

Die Energiegehalte der Testmahlzeiten wurden mittels Bombenkalorimetrie (C1, IKA, Stauffen) in Doppelbestimmung ermittelt. Hierfür wurden repräsentative Mengen der Mahlzeiten homogenisiert, gefriergetrocknet und gemahlen.

Tab. 1: Ergebnisse der mikrobiologischen Analyse der Proteinisolate mit Richt- und Warnwerten¹

	Rapsprotein- isolat (KbE²/g)	Sojaprotein- isolat (KbE/g)	Richtwert (KbE/g)	Warnwert (KbE/g)
aerobe mesophile Koloniezahl	6,07 x 10¹⁰	8,7 x 10 ¹	1 x 10⁶	-
Hefen und Schimmelpilze	1,8 x 10 ²	1,1 x 10 ²	1 x 10 ⁴	-
Enterobacteriaceae (<i>E. coli</i>)	< 10	< 10	1 x 10 ¹	1 x 10 ²
Salmonellen ³	n.n. in 5 g	n.n. in 5 g	--	n.n. in 125 g
Listerien ³	n.n. in 5 g	n.n. in 5 g		
präsumtive <i>Bacillus cereus</i>	8,1 x 10 ²	< 10	1 x 10 ²	1 x 10 ³
Koagulase-positive Staphylokokken	< 10	< 10		

¹Richt- und Warnwerte der DGHM für rohe, nicht gemahlene, ganze Ölsaaten, die zur Abgabe an den Verbraucher und zum Verzehr ohne weitere Erhitzung bestimmt sind, 2010 (für Proteinisolate gibt es keine Daten)

²KbE: Koloniebildende Einheit, < 10 KbE/g = unter Nachweisgrenze

³Salmonellen und>Listerien nur mit 5 g Isolat angesetzt, da verfügbare Mengen begrenzt

⁴n.n.: nicht nachweisbar

2.2 Humanstudie

2.2.1 Probanden

Für die Studie wurden gesunde erwachsene Probanden im Alter zwischen 18 und 65 Jahren über einen universitätsinternen Server, Flyer sowie über Aushänge in Universitätsgebäuden rekrutiert. Ausschlusskriterien waren akute und chronische Erkrankungen, Medikamenteneinnahme, Schwangerschaft, Stillen, bekannte Lebensmittelallergien und –unverträglichkeiten, Durchführung von Diäten, Blutspende während der letzten zwei Monate, Rauchen sowie Einnahme von Eiweiß- und Aminosäurepräparaten. Vor Beginn der Studie wurde ein Votum der Ethikkommission der MLU eingeholt und eine Probanden- sowie eine Wege- und Unfallversicherung abgeschlossen. Außerdem wurde die Studie vor der Rekrutierung der Probanden im Deutschen Register Klinischer Studien (DRKS00015016), sowie in ClinicalTrials.gov (NCT03620812) offiziell registriert. Nach umfangreicher Information der Probanden, Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien und Vorlage der unterschriebenen Einwilligungserklärung wurden geeignete Probanden in die Studie aufgenommen. Von den Probanden wurden anthropometrischen Daten (Alter, Körperlänge, Körpergewicht) sowie Angaben zum Gesundheitsstatus und zur Einnahme von Präparaten bzw. Nahrungsergänzungsmitteln erfasst.

2.2.2 Studiendesign und Interventionen

Es wurde eine prospektive, randomisierte, kontrollierte, doppel-blind Studie im Cross-Over-Design durchgeführt. Dieses Design wurde gewählt, da mit einer mäßig starken individuellen metabolischen Antwort auf die Testmahlzeit gerechnet werden musste. Die Probanden wurden mittels computergestützter Randomisierung in eine der Gruppen eingeteilt (Abb. 1). Die Studienteilnehmer sollten an den Testtagen (Interventionen) jeweils eine der drei Testmahlzeiten in der jeweils zugewiesenen Reihenfolge („Periode“) verzehren. Bei den Testmahlzeiten handelte es sich um ein kohlenhydrat- und fettreiches Gericht (Nudelgericht mit Tomatensauce und Maiskeimöl), welches entweder 25 g Rapsprotein, 25 g Sojaprotein oder kein zusätzliches Protein enthielt. Jeder Proband hatte also drei Interventionen in zufälliger Reihenfolge zu durchlaufen. Die Aufnahme der Mahlzeit erfolgte morgens, nach einer 12-stündigen Nüchternphase. Am Abend vor den Interventionen erhielten die Teilnehmer eine standardisierte Mahlzeit, um unterschiedliche Einflüsse der vorhergehenden Nahrungsaufnahme auf die postprandiale Antwort zu minimieren. Während der 3-tägigen Vorbereitungsphasen vor den Interventionen (Run-In) sollte auf intensiven Sport und den Konsum von Alkohol verzichtet werden. Zudem sollten keine extremen Abweichungen von der üblichen Ernährungsweise erfolgen. Letztere wurde in der ersten Run-In-Phase mit Hilfe eines 3-Tage-Wiegeprotokolls erfasst. Die Auswertung des Ernährungsprotokolls erfolgte mit dem Programm DGExpert. Zwischen den drei Interventionen lagen jeweils Auswasch- (Wash-out-) Phasen von mindestens 2 Wochen.

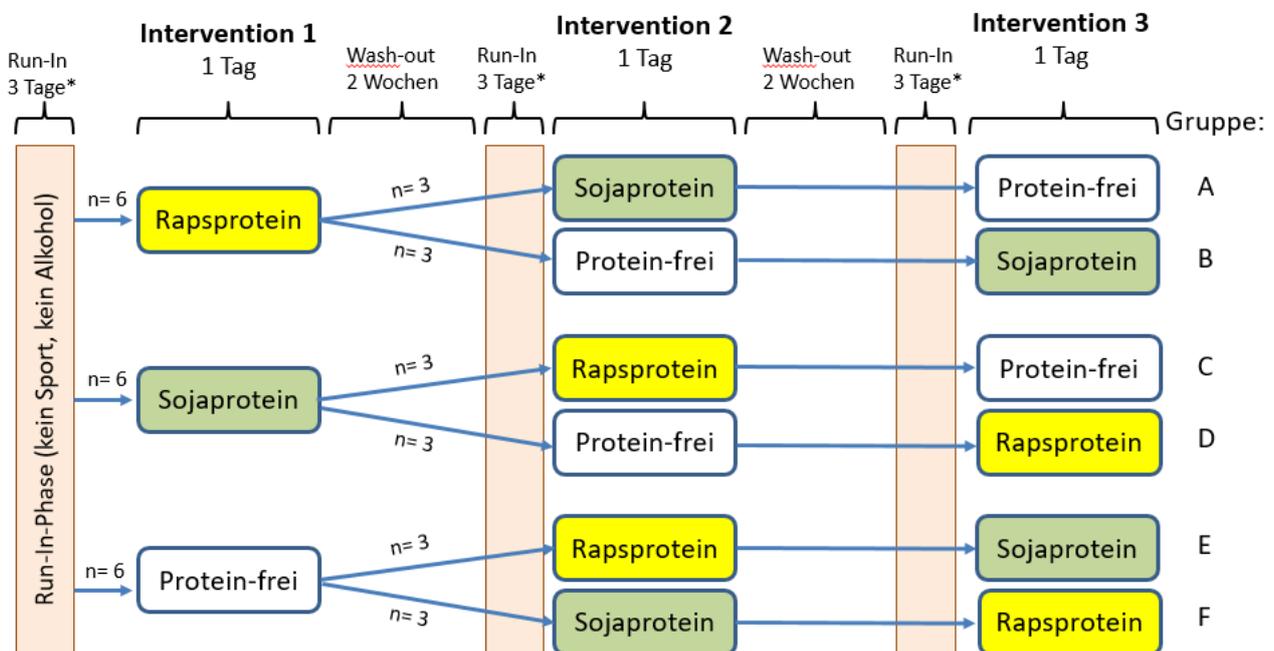


Abb. 1: Cross-Over-Design mit 3 Interventionen in zufälliger Reihenfolge

An den Interventionstagen erschienen die Probanden morgens im Universitätsklinikums Halle, wo ihnen vor Erhalt der Testmahlzeit eine Venenverweilkanüle gelegt und die erste Blutprobe entnommen wurde (Nüchtern- bzw. Nullwert). Danach erhielten die Probanden die Testmahlzeit, die innerhalb von 10 Minuten vollständig verzehrt werden sollte. Anschließend erfolgten 11 weitere Blutabnahmen zu den Zeitpunkten 15, 30, 45, 60, 75, 90, 120, 180, 240, 300 und 360 Minuten (Abb. 2). Sämtliche Blutentnahmen wurden von approbierten Ärzten durchgeführt.

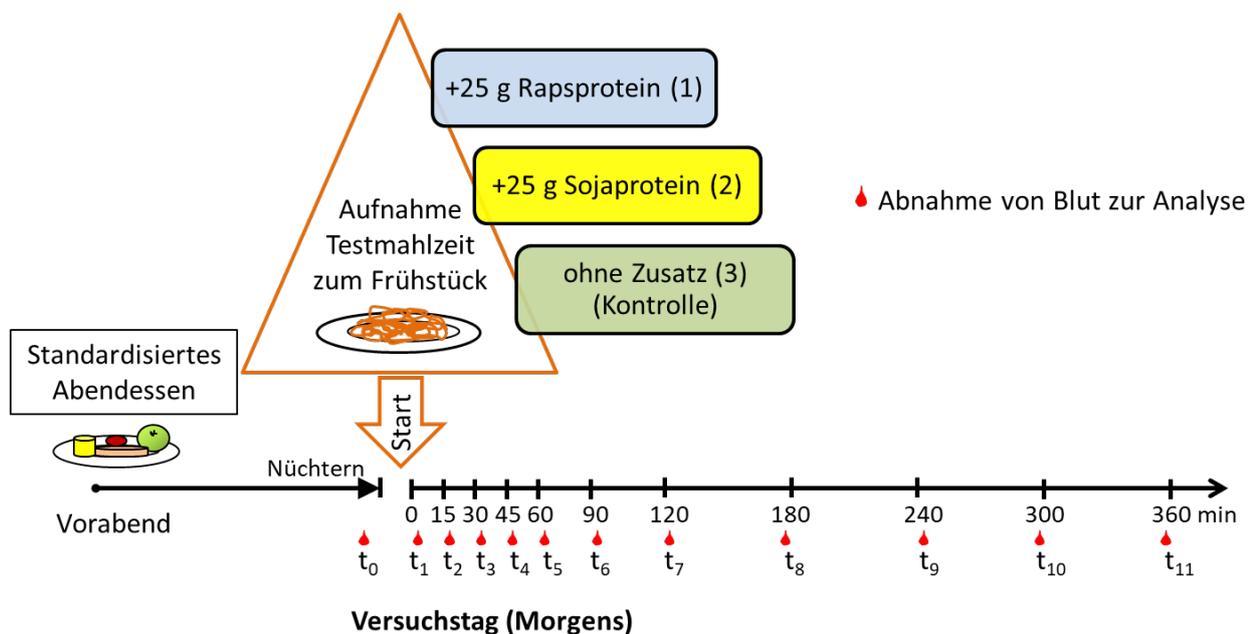


Abb. 2: Interventionsschema

Vor und während der 6-stündigen Interventionsphase wurden Blutdruck und Puls der Probanden mit einem Blutdruckmonitor (BPM300, MESM) im Automatik-Modus gemessen, wobei jeweils die Werte der 1. Messung automatisch verworfen wurden und Mittelwerte aus der 2. und 3. Messung gebildet wurden. Nach Aufnahme der Testmahlzeit mussten die Probanden außerdem stündlich mit Hilfe von Visual Analog Skalen (VAS, Abb. 3) ihr Hunger- und Sättigungsgefühl schätzen.

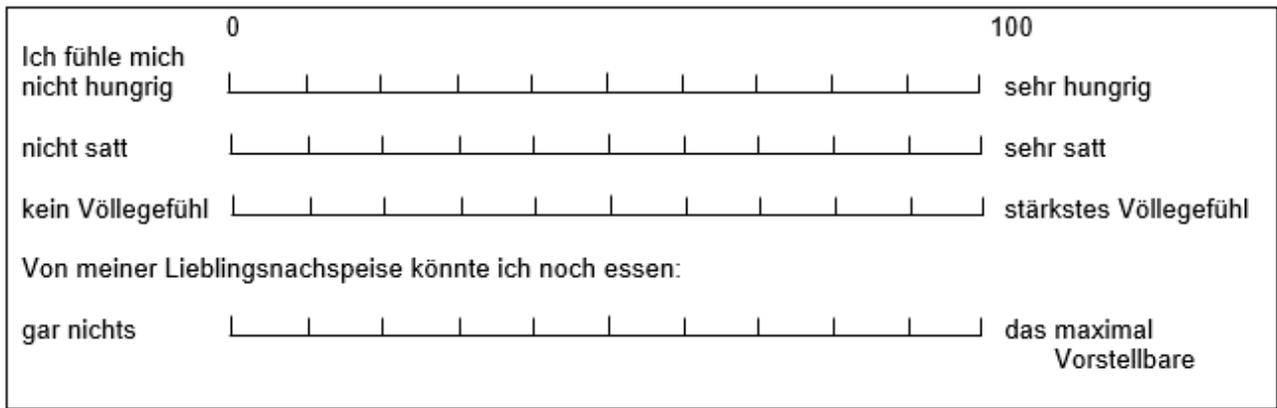


Abb. 3: Visual Analog Skala zur subjektiven Einschätzung von Hunger-, Sättigungs- und Völlegefühl sowie des Appetits auf Nachspeise

2.2.3 Blutanalysen

Von den gewonnenen Blutproben wurden im Plasma die Konzentrationen von Glukose, Insulin, Triglyceriden, Cholesterin, Harnstoff und ausgewählten Aminosäuren bestimmt. Die Quantifizierung von Glukose, Triglyceriden, Cholesterin und Harnstoff erfolgte photometrisch mittels kommerzieller enzymatischer Testkits. Für die Quantifizierung der Glukosekonzentration wurde ein Aliquot Blut in speziellen Glukose-Monovetten mit Fluoridbeschichtung (Sarstedt) gesammelt und das Plasma innerhalb einer Stunde durch Zentrifugation abgetrennt. Mit Hilfe eines kommerziell erhältlichen ELISA (DRG) wurde Insulin quantifiziert. Die Plasmakonzentrationen der Aminosäuren wurden mit Hilfe einer HPLC-Methode bestimmt, die bereits in früheren Untersuchungen der Arbeitsgruppe zum Einsatz kam (WESSELS et al., 2016).

2.2.4 Statistische Auswertung

Die Fallzahlplanung basierte auf den Unterschieden der postprandialen Insulinresponse (0-60 min Area Under the Curve, AUC), die in einer Studie von SCHOPEN et al. (2017) beim Vergleich von Molken- und Lupinenprotein ermittelt wurden. Zugrunde gelegt wurde eine Power von 90% und ein Signifikanzniveau von 5%. Insgesamt sollten 18 Probanden in die Studie eingeschlossen werden, wobei eine Dropout-Rate von 10% bis 15% erwartet wurde.

Die eingeschlossenen Probanden wurden pseudonymisiert und die Datenauswertung erfolgte mit dem Programm SAS (SAS Systems) ohne Kenntnis der Zuordnung der Probanden zu den Behandlungen. Von jedem Parameter wurden postprandiale Profile erstellt und die *incremental* AUC (iAUC) mittels Trapez-Methode bestimmt. Von den Glukose- und Insulinkonzentrationen wurden die iAUC vom Zeitpunkt 0 bis 180 Minuten, von Cholesterin, Triglyceriden und Harnstoff vom Zeitpunkt 0 bis 360 Minuten ermittelt. Die Analyse der Zeitverläufe und der iAUC erfolgte mittels *General*

Linear Modell (GLM) für Cross-Over-Studien, mit den zu testenden Proteinen bzw. Testmahlzeiten („Behandlung“), der Sequenz sowie der Reihenfolge der Behandlungen („Periode“). Im Falle der postprandialen Verläufe wurde die „Zeit“ als fixe Effektgröße berücksichtigt. Bei signifikanten Effekten schloss sich ein post-hoc Test nach Tukey-Kramer an.

3. Ergebnisse

3.1 Proteine und Testmahlzeiten

Trockenmasse, Rohproteingehalt und die Zusammensetzung der Aminosäuren der eingesetzten Proteinisolate sind in Tab. 2 aufgelistet. Die Trockenmasse beider Isolate war vergleichbar und lag bei ca. 94%. Der Rohproteingehalt von Rapsprotein lag 2% höher als der von Sojaprotein. Trockenmasse- und Rohproteingehalt der beiden Proteinisolate wurden bei der Zugabe zu den Testmahlzeiten berücksichtigt, so dass jeweils genau 25 g reines Protein zum Einsatz kamen. Der ermittelte Energiegehalt der Referenzmahlzeit ohne Protein betrug 19,926 kJ/g, der Testmahlzeit mit Rapsprotein 20,661 kJ/g und der Testmahlzeit mit Sojaprotein 21,055 kJ/g.

Die analysierten Mineralstoffgehalte der Proteine und Testmahlzeiten sind in Tab. 3 aufgeführt. Das eingesetzte Rapsproteinisolat zeigte niedrigere Gehalte an Natrium, Kalium und Phosphor als Sojaproteinisolat, hatte jedoch höhere Gehalte an Calcium. Die Phytinsäuregehalte im Raps- und Sojaproteinisolat waren nahezu identisch und betragen knapp 2% (Tab. 3).

Tab. 2: Trockenmasse, Rohproteingehalte und die Zusammensetzung der Aminosäuren der in den Proteinisolaten

	Rapsproteinisolat	Sojaproteinisolat
Trockenmasse (%) ^{1, 2}	93,6	94,1
Rohprotein (% TM) ³	92,6	90,6
Cystin ⁴ (% TM)	2,68	1,05
Asparaginsäure ⁴ (% TM)	5,55	10,3
Methionin (ox) ⁴ (% TM)	1,82	1,21
Threonin ⁴ (% TM)	3,14	3,31
Serin ⁴ (% TM)	3,46	4,60
Glutaminsäure ⁴ (% TM)	20,6	18,0
Prolin ⁴ (% TM)	6,22	4,44
Glycin ⁴ (% TM)	4,21	3,72
Alanin ⁴ (% TM)	3,50	3,86
Valin ⁴ (% TM)	3,72	3,81
Isoleucin ⁴ (% TM)	2,94	4,00
Leucin ⁴ (% TM)	6,49	7,36
Tyrosin ⁴ (% TM)	1,26	3,34
Phenylalanin ⁴ (% TM)	3,17	4,49
Histidin ⁴ (% TM)	3,11	2,81
Lysin ⁴ (% TM)	4,87	5,58
Arginin ⁴ (% TM)	5,64	7,00
Tryptophan ⁵ (% TM)	1,01	0,98

¹TM, Trockenmasse; ²VDLUFA 3.1, 1976; ³VDLUFA 4.1.2; ⁴VDLUFA 4.11.1, 1997; ⁵VDLUFA 4.11.2, 1988

Tab. 3: Mineralstoff- und Phytinergehalte der eingesetzten Proteinisolate sowie der Testmahlzeiten

	Rapsprotein	Sojaprotein	Testmahlzeit + Rapsprotein	Testmahlzeit + Sojaprotein	Testmahlzeit (ohne Protein)
Trockensubstanz (mg/kg OS ²)	93,8	94,4	97,0	97,5	96,8
Natrium (mg/kg OS) ¹	6120	9270	4128	4950	3480
Kalium (mg/kg OS) ¹	950	2210	3033	3240	3280
Calcium (mg/kg OS) ¹	4580	519	1170	476	614
Phosphor (mg/kg OS) ¹	6000	8580	2210	2610	1570
Phytinsäure (g/kg OS)	19,7	19,6	n.a.	n.a.	n.a.

¹nach VDLUFA 10.8.2; 2006

²OS, Originalsubstanz

³n.a., nicht analysiert

3.2 Probanden

Insgesamt wurden 24 Probanden in die Studie aufgenommen, von denen 20 an allen 3 Interventionen teilgenommen haben. Die Drop-out Rate lag folglich bei 16,7%.

Angaben zu anthropometrischen Daten und Nüchternblutwerten vor der ersten Intervention sind in Tab. 4 dargestellt. Die Probanden waren zwischen 18 und 64 Jahren alt; die Mehrzahl von ihnen waren Frauen (75%). Entsprechend den Kriterien der WHO waren 15 Probanden normalgewichtig (BMI > 18,5 und < 25 kg/m²), 4 Probanden waren übergewichtig (BMI > 25 aber < 30 kg/m²) und ein Proband war adipös (> 30 kg/m²). Die Mehrzahl der Probanden (18) hatten laut Definition der Deutschen Hochdruckliga einen normalen Blutdruck (< 130/< 85 mm Hg), die meisten lagen diesbezüglich im optimalen Bereich (< 120/< 80 mm Hg), 2 Probanden wiesen einen Bluthochdruck auf (140 bis 159/90 bis 99 mm Hg). Die Ruheherzfrequenz lag bei allen Probanden im Bereich von gesunden Erwachsenen (50 – 100 Schläge/min). Hinsichtlich der Nüchternblutglukose waren alle Probanden, mit Ausnahme einer Person im normalen Bereich, der laut der American Diabetes Association (ADA) als < 5,6 mmol/l definiert wird.

Tab. 4: Charakteristik der Probanden vor Interventionsbeginn

Charakteristikum	Weiblich	Männlich	Gesamt
Probandenanzahl	15	5	20
Alter (Jahre)	30,8 ± 13,0 (18; 64)	30,8 ± 5,6 (27; 42)	30,8 ± 11,6 (18; 64)
Körpermasse (kg)	64,6 ± 9,2 (50; 82)	79,8 ± 16,8 (63; 108)	68,4 ± 13,3 (50; 108)
BMI (kg/m ²)	23,4 ± 2,7 (18,6; 29,1)	25,2 ± 3,8 (21,5; 30,1)	23,8 ± 3,1 (18,6; 30,1)
Blutdruck – systolisch (mmHg)	109 ± 10 (94; 127)	124 ± 25 (91; 156)	113 ± 16 (91; 156)
Blutdruck – diastolisch (mmHg)	74 ± 7 (64; 85)	84 ± 12 (68; 99)	77 ± 9 (64; 99)
Puls/min	79 ± 11 (59; 94)	78 ± 7 (68; 90)	78 ± 10 (59; 94)
Glukose (mmol/l)	4,78 ± 0,30 (4,19; 5,31)	5,48 ± 0,36 (5,08; 6,16)	4,96 ± 0,44 (4,19; 6,16)

Mittelwerte ± Standardabweichung (Min; Max)

Ausgewählte Analysenergebnisse der 3-Tage-Wiegeprotokolle sind in Tab. 5 dargestellt. Die Aufnahme an Phosphor lag im Mittel deutlich über den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) von 700 mg/Tag (+80%). Die Aufnahme von Calcium lag bei den weiblichen Probanden im Mittel 16% unter den Empfehlungen der DGE (1 g/Tag); bei den männlichen Probanden entsprach sie genau den Empfehlungen (Tab. 5).

Tab. 5: Mittlere tägliche Zufuhr von Energie und ausgewählten Nährstoffen der in die Studie eingeschlossenen Probanden

	Weiblich (n = 15)	Männlich (n = 5)	Gesamt (n = 20)
Energie (kcal)	1975 ± 468	2198 ± 250	2031 ± 430
Kohlenhydrate (g)	254 ± 57	263 ± 37	257 ± 52
Eiweiß (g)	69 ± 20	89 ± 15	74 ± 21
Fett gesamt (g)	78 ± 26	88 ± 13	81 ± 24
ungesättigte FS (g)	36 ± 11	46 ± 9	39 ± 11
gesättigte FS (g)	36 ± 14	36 ± 9	36 ± 13
Phosphor (mg)	1202 ± 302	1463 ± 283	1267 ± 303
Calcium (g)	0,84 ± 0,25	1,00 ± 0,27	0,88 ± 0,26

Mittelwerte ± Standardabweichung; FS, Fettsäuren

Bei einigen Probanden gab es deutliche Diskrepanzen zwischen dem berechneten Energiebedarf (Referenzwert) und der berechneten Energieaufnahme laut Wiegeprotokoll (Abb. 4).

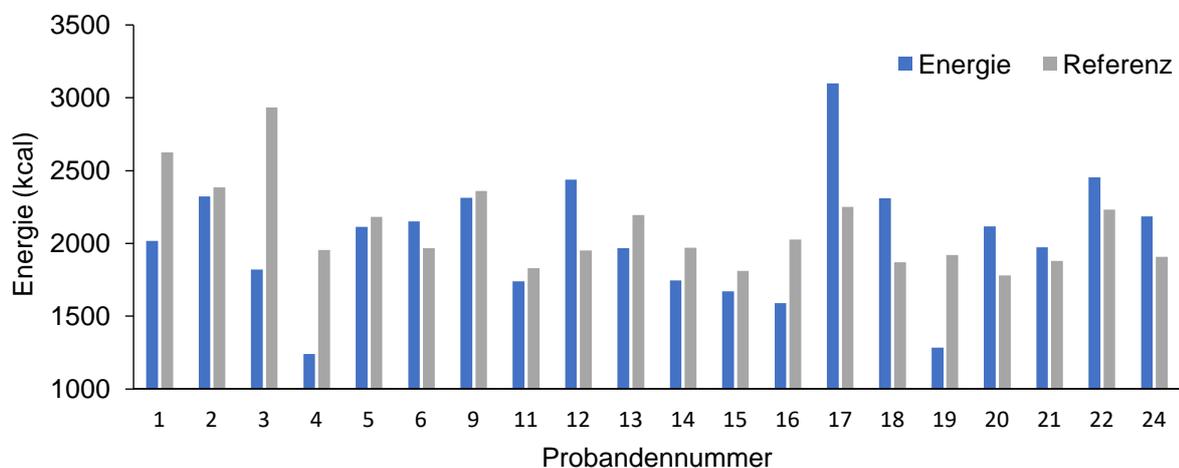


Abb. 4: Mittlere tägliche Energieaufnahme der Probanden im Verhältnis zu den Referenzwerten der Deutschen Gesellschaft für Ernährung

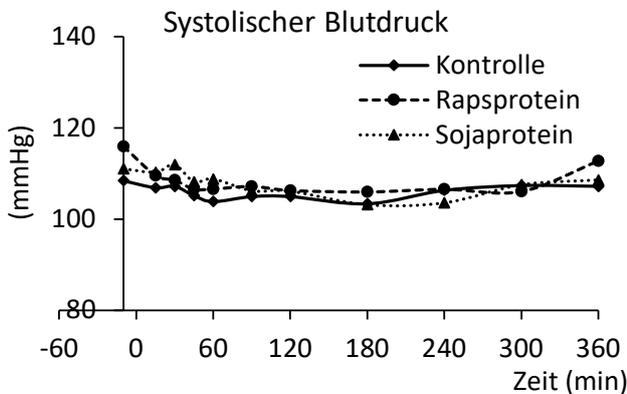
3.3 Postprandiale Antwort

3.3.1 Blutdruck und Puls

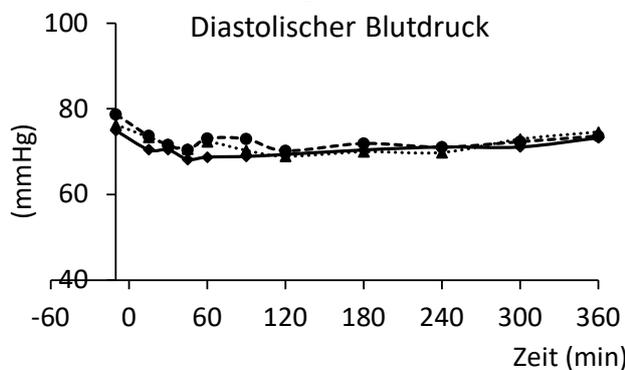
Die Ergebnisse der Blutdruck- und Pulsmessungen sind in Abb. 5 dargestellt. Für alle drei Parameter wurde ein signifikanter Effekt der Zeit festgestellt ($p < 0,0001$). Sowohl systolischer als auch diastolischer Blutdruck nahmen nach Beginn der Intervention leicht ab, veränderten sich danach aber nur unwesentlich (Abb. 5A, 5B). Die Pulsrate stieg kurz nach der Aufnahme der Testmahlzeiten im Mittel leicht an, fiel in den folgenden 4 Stunden leicht ab und blieb bis zum Ende des Messzeitraumes stabil (Abb.

5C). Für die Pulsrate konnte auch ein signifikanter Effekt der Behandlung festgestellt werden ($p < 0,05$). Im post-hoc-Test zeigte sich, dass die Pulsrate nach Aufnahme der Testmahlzeit mit Sojaprotein insgesamt etwas höher war als nach Aufnahme der beiden anderen Testmahlzeiten, wobei der Unterschied zur Mahlzeit mit Rapsprotein signifikant war ($p < 0,005$). Bezüglich Blutdruck konnten zwischen den verschiedenen Interventionen keine Unterschiede festgestellt werden.

(A) GLM-Effekte: Zeit: $p < 0,0001$



(B) GLM-Effekte: Zeit: $p < 0,0001$



(C) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,016$, Zeit: $p < 0,0001$

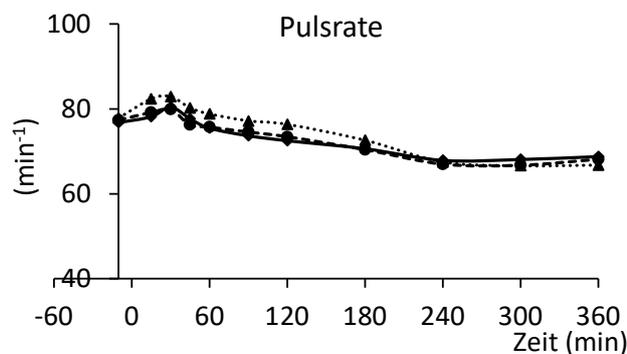
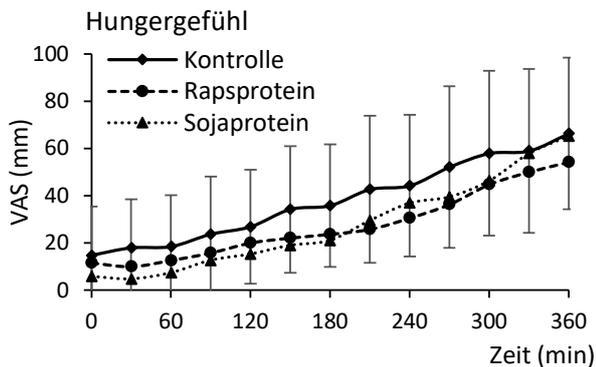


Abb. 5: Zeitverlauf von systolischem (A) und diastolischem (B) Blutdruck sowie Puls (C) der Probanden vor der Studie und bis zu 6 Stunden nach Aufnahme der Testmahlzeit (Zeitpunkt 0) ohne Protein (Kontrolle), mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein
Mittelwerte ($n = 19$), GLM, General Linear Mode

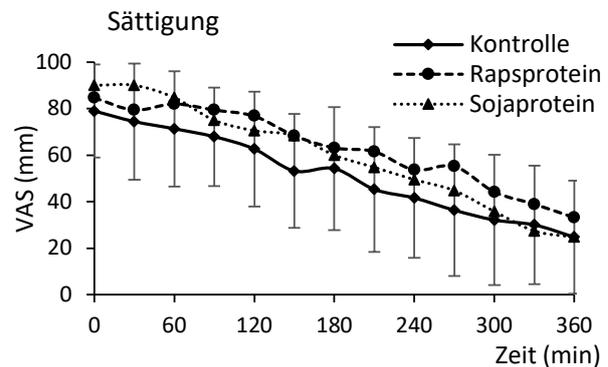
3.3.2 Sättigungsgefühl

Die Ergebnisse der Befragungen zum Sättigungsgefühl sind in Abb. 6 dargestellt. Für alle 4 Kategorien wurde erwartungsgemäß ein signifikanter Effekt der Zeit festgestellt ($p < 0,001$). Die Behandlung hatte einen signifikanten Effekt auf das Hungergefühl ($p < 0,05$, Abb. 6A). Im post-hoc-Test war das Hungergefühl nach Aufnahme der zusätzlichen Proteine tendentiell geringer als nach Aufnahme der Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein ($p < 0,100$). Zwischen Rapsprotein und Sojaprotein zeigte sich kein Unterschied auf das Hungergefühl. Sättigung und Nachtschappetit wurden tendenziell durch die Behandlung beeinflusst ($p < 0,100$, Abb. 6B, D). Im Vergleich zur Testmahlzeit ohne Protein war die Testmahlzeit mit Rapsprotein geringfügig stärker sättigend bzw. der Nachtschappetit geringfügig niedriger.

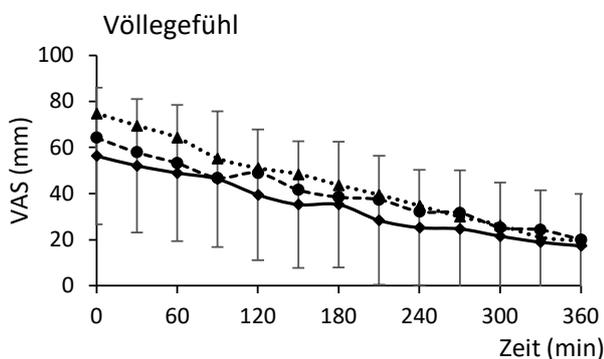
(A) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,042$
Zeit: $p < 0,001$



(B) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,069$
Zeit: $p < 0,001$



(C) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,266$
Zeit: $p < 0,001$



(D) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,094$
Zeit: $p < 0,001$

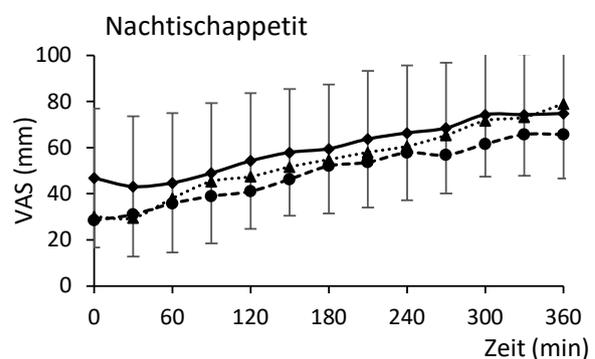


Abb. 6: Einfluss der Testmahlzeit ohne Protein (Kontrolle), mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein auf die subjektive Bewertung von (A) Hungergefühl, (B) Sättigung, (C) Völlegefühl und (D) Nachtschappetit mittels visueller Analogskala (VAS).

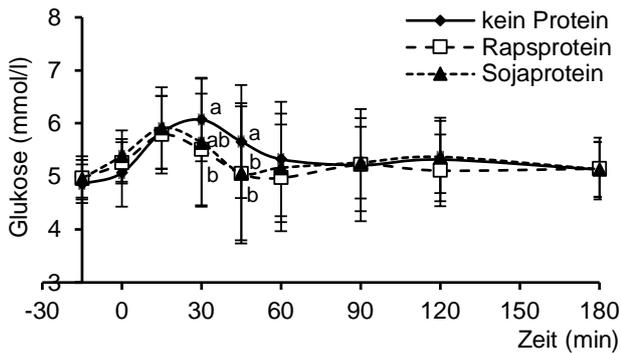
Mittelwerte \pm Standardabweichung ($n = 19$), GLM, General Linear Model

3.3.3 Plasmakonzentrationen an Metaboliten und Insulin

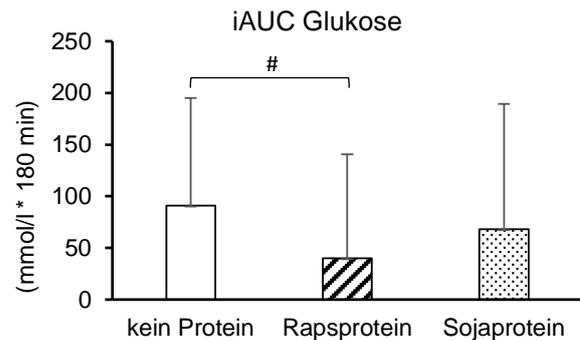
Glukose und Insulin

Unmittelbar nach Aufnahme aller drei Testmahlzeiten stieg die Glukosekonzentration im Blut aller Probanden an (Abb. 7A). Bei Verzehr der Testmahlzeit ohne Protein wurde die höchste Konzentration nach 30 min gemessen, die Änderung im Vergleich zum Nüchternwert betrug hier im Mittel 1,21 mmol/l. Der Verzehr der beiden Proteinmahlzeiten führte bereits nach 15 min zu den höchsten Glukosewerten, allerdings stieg die Glukosekonzentration bei Sojaprotein im Mittel nur um 0,95 mmol/l an und bei Rapsprotein sogar nur um 0,82 mmol/l an. Während nach der Referenzmahlzeit ohne Protein die Glukosekonzentration noch länger erhöht blieb, fiel sie bei Verzehr der beiden Proteinmahlzeiten relativ schnell ab. Die statistische Auswertung der Glukosekonzentrationen ergab eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Behandlung und Zeit ($p < 0,005$), wobei hier mittels post-hoc-Test nur zwischen der Rapsproteinmahlzeit und der Referenzmahlzeit ein signifikanter Unterschied ermittelt wurde ($p = 0,038$). Die Analyse der einzelnen Zeitpunkte zeigte 45 Minuten nach Aufnahme der Testmahlzeit signifikant niedrigere Werte bei den Interventionen mit den zusätzlichen Proteinen im Vergleich zur Referenzmahlzeit ohne Protein. Bei der Testmahlzeit mit Rapsprotein war bereits nach 30 Minuten ein Unterschied feststellbar (Abb. 7A). Die Analyse der iAUC-Werte ergab aufgrund der hohen interindividuellen Unterschiede keinen signifikanten Effekt der Behandlung, obwohl der mittlere Wert nach der Rapsproteinmahlzeit 56% bzw. 25% niedriger war als nach der Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein bzw. mit Sojaprotein (Abb. 7B). Die Insulinkonzentrationen im Blut stiegen rasch nach Aufnahme der Testmahlzeiten an und erreichten nach 30 Minuten bei allen 3 Behandlungen die Maximalwerte (Abb. 7C). Die Auswertung ergab einen signifikanten Effekt von Behandlung ($p = 0,0002$) und Zeit ($p < 0,001$). Die Aufnahme der Testmahlzeit mit Sojaprotein führte insgesamt zu signifikant höheren Insulinkonzentrationen als die Aufnahme der Testmahlzeit mit Rapsprotein oder ohne zusätzliches Protein. Die iAUC-Werte von Insulin nach Aufnahme der Sojaproteinmahlzeit waren signifikant höher als die nach Aufnahme der Rapsproteinmahlzeit und der Testmahlzeit ohne Protein ($p < 0,01$). Der iAUC-Wert, der nach Aufnahme der Rapsproteinmahlzeit resultierte, unterschied sich nicht von dem nach der Testmahlzeit ohne Protein (Abb. 7D).

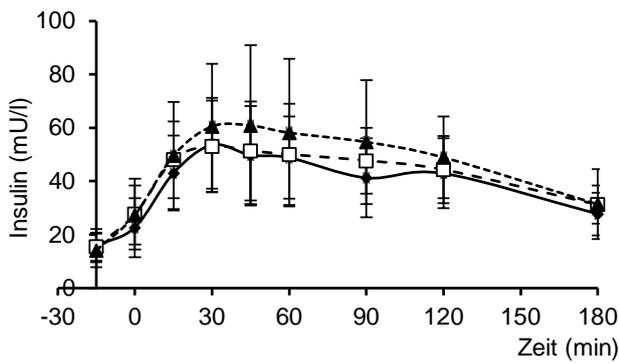
(A) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0437$
 Zeit: $p < 0,001$
 Behandlung * Zeit: $p = 0,0049$



(B) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,1061$



(C) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0002$
 Zeit: $p < 0,001$



(D) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0044$

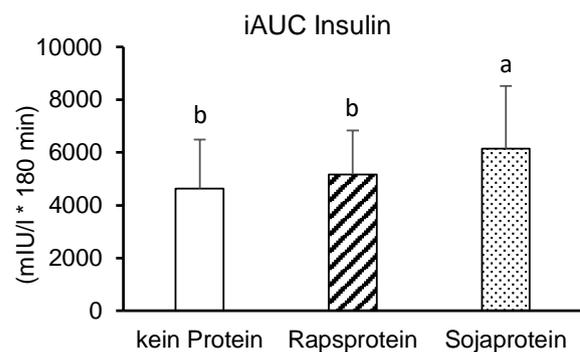


Abb. 7: Einfluss der Testmahlzeit ohne Protein, mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein auf die Plasmakonzentrationen von Glukose (A, B) und Insulin (C, D) über einen Zeitraum von 3 Stunden nach Aufnahme der Testmahlzeiten

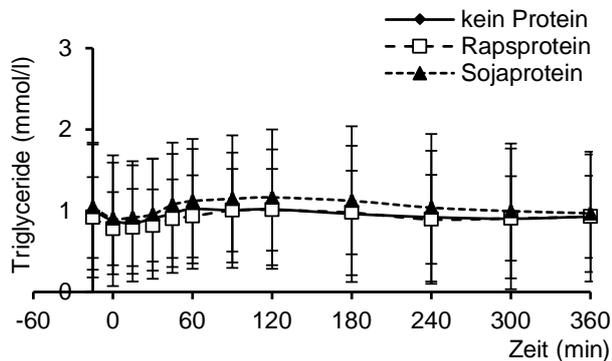
Mittelwerte \pm Standardabweichungen ($n = 19$), ^{a,b} Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$), # $p < 0,100$ (Tukey-Kramer-Test)

Triglyceride und Cholesterin

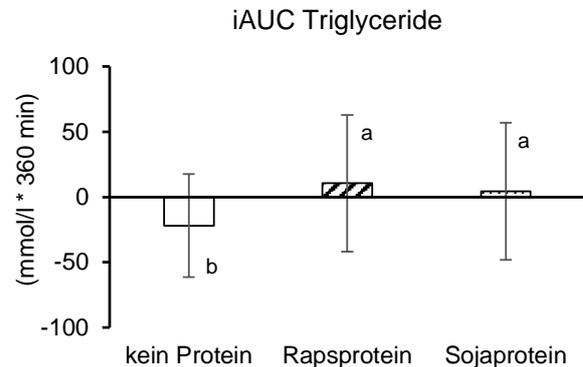
Nach Aufnahme der Testmahlzeiten sanken die Triglyceridkonzentrationen geringfügig ab; sie erreichten jedoch nach 45 bzw. 60 Minuten wieder den Ausgangswert (Abb. 8A). Obwohl es bei allen 3 Behandlungen nur zu geringfügigen Änderungen der Triglyceridspiegel kam und zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen den 3 Behandlungen festgestellt werden konnte, ergab die statistische Auswertung neben einem signifikanten Effekt der Zeit ($p < 0,001$) auch einen signifikanten Effekt der Behandlung ($p < 0,01$): Die Aufnahme der beiden Proteinmahlzeiten resultierte in höheren Triglyceridspiegeln. Auch die Auswertung der iAUC der Triglyceridwerte ergab einen signifikanten Effekt der Behandlung ($p < 0,05$): Bei Aufnahme der beiden Proteinmahlzeiten ergaben sich signifikant höhere Werte als

bei Aufnahme der Testmahlzeit ohne Protein; die Werte bei den beiden Proteinmahlzeiten unterschieden sich nicht (Abb. 8B).

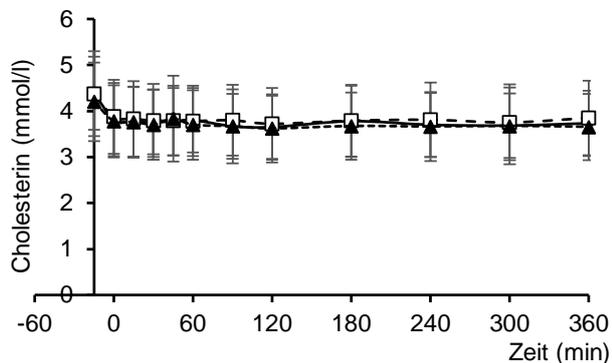
(A) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0068$
Zeit: $p < 0,001$



(B) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0109$



(C) GLM-Effekte: Behandlung: $p < 0,001$
Zeit: $p < 0,001$



(D) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0858$

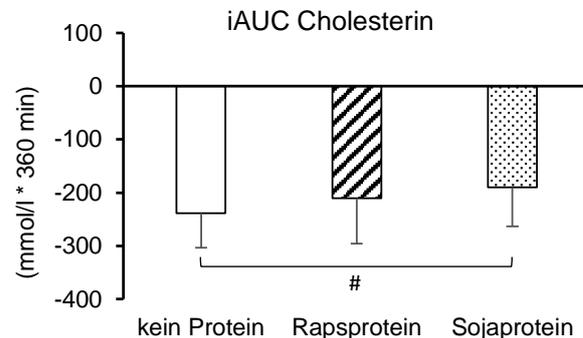


Abb. 8: Einfluss der Testmahlzeit ohne Protein, mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein auf die Plasmakonzentrationen von Triglyceriden (A, B) und Cholesterin (C, D) über einen Zeitraum von 6 Stunden nach Aufnahme der Testmahlzeiten.

Mittelwerte \pm Standardabweichungen ($n = 19$), ^{a,b} Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,05$), # $p < 0,100$ (Tukey-Kramer-Test)

Auch die Cholesterinkonzentrationen sanken nach Aufnahme aller 3 Testmahlzeiten geringfügig ab, blieben aber bis zum Ende der Messungen unterhalb des Nüchternwertes (Abb. 8C). Die Analyse der Werte zu den einzelnen Zeitpunkten ergaben keine Unterschiede zwischen den 3 Behandlungen. Die GLM-Analyse zeigte jedoch signifikante Effekt von Behandlung und Zeit (jeweils $p < 0,001$): Die Cholesterinspiegel nach den beiden Proteinmahlzeiten waren signifikant höher als bei Aufnahme der Testmahlzeit ohne Protein. Trotz Signifikanz waren die Unterschiede jedoch nur minimal. Die Auswertung der iAUC der Cholesterinwerte ergab einen tendenziellen Effekt der Behandlung ($p < 0,100$): Bei Aufnahme der

Sojaproteinmahlzeit waren die Werte tendenziell niedriger als bei Aufnahme der Testmahlzeit ohne Protein ($p < 0,100$); die Werte zwischen den beiden Proteinmahlzeiten unterschieden sich nicht (Abb. 8D).

Harnstoff

Die Harnstoffkonzentrationen sanken nach Aufnahme der Testmahlzeiten geringfügig ab, stiegen dann nach 30 und 45 Minuten wieder an. Die Anstiege der Harnstoffkonzentrationen nach Aufnahme der beiden Proteinmahlzeiten fiel stärker aus als nach Aufnahme der Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein (Abb. 9A). Signifikant höhere Werte wurden bei Aufnahme der Sojaproteinmahlzeit bereits ab 45 Minuten festgestellt, bei Aufnahme der Rapsproteinmahlzeit war der Anstieg erst ab 90 Minuten signifikant ($p < 0,01$). Die Auswertung mittels GLM zeigte eine signifikante Interaktion zwischen den beiden Faktoren Behandlung und Zeit ($p < 0,001$), der post-hoc-Test ergab einen tendenziellen Unterschied zwischen den beiden Proteinmahlzeiten ($p = 0,0504$), wobei die Werte nach der Sojaproteinmahlzeit etwas höher waren als nach den beiden anderen Interventionen. Nach Aufnahme der beiden Proteinmahlzeiten waren die iAUC Werte von Harnstoff signifikant höher als nach Aufnahme der Testmahlzeit ohne Protein ($p < 0,001$); ein Unterschied zwischen den beiden Proteinmahlzeiten war nicht erkennbar (Abb. 9B).

(A) GLM-Effekte: Behandlung: $p = 0,0068$
 Zeit: $p < 0,001$
 Behandlung * Zeit: $p < 0,0001$

(B) GLM-Effekte: Behandlung: $p < 0,0001$

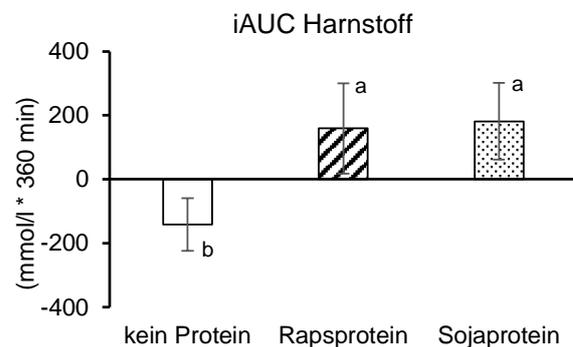
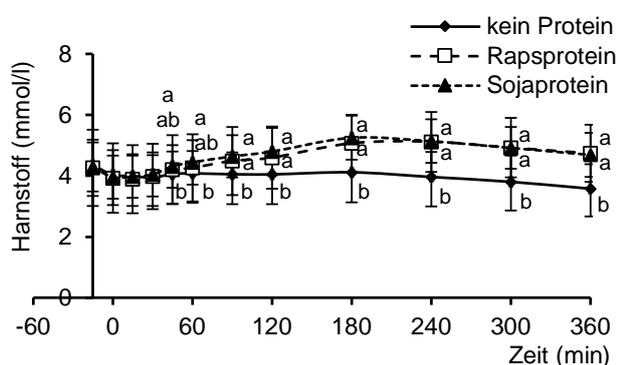


Abb. 9: Einfluss der Testmahlzeit ohne Protein, mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein auf die Plasmakonzentrationen von Harnstoff über einen Zeitraum von 6 Stunden nach Aufnahme der Testmahlzeiten.

Mittelwerte \pm Standardabweichungen ($n = 19$), ^{a,b} Werte mit unterschiedlichen Hochbuchstaben sind signifikant unterschiedlich ($p \leq 0,01$, Tukey-Kramer-Test)

Aminosäuren

In Abb. 10 sind Zeitverläufe von Plasmakonzentrationen essentieller Aminosäuren abgebildet. Nach Aufnahme der Testmahlzeiten mit den Proteinen stiegen die Plasmakonzentrationen an Aminosäuren in Relation zur Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein an. Es bestanden nur geringfügige Unterschiede zwischen den beiden Interventionen mit Raps- bzw. Sojaprotein. Im Wesentlichen spiegelten die postprandialen Aminosäurenkonzentrationen die Zusammensetzungen der Nahrungsproteine wider.

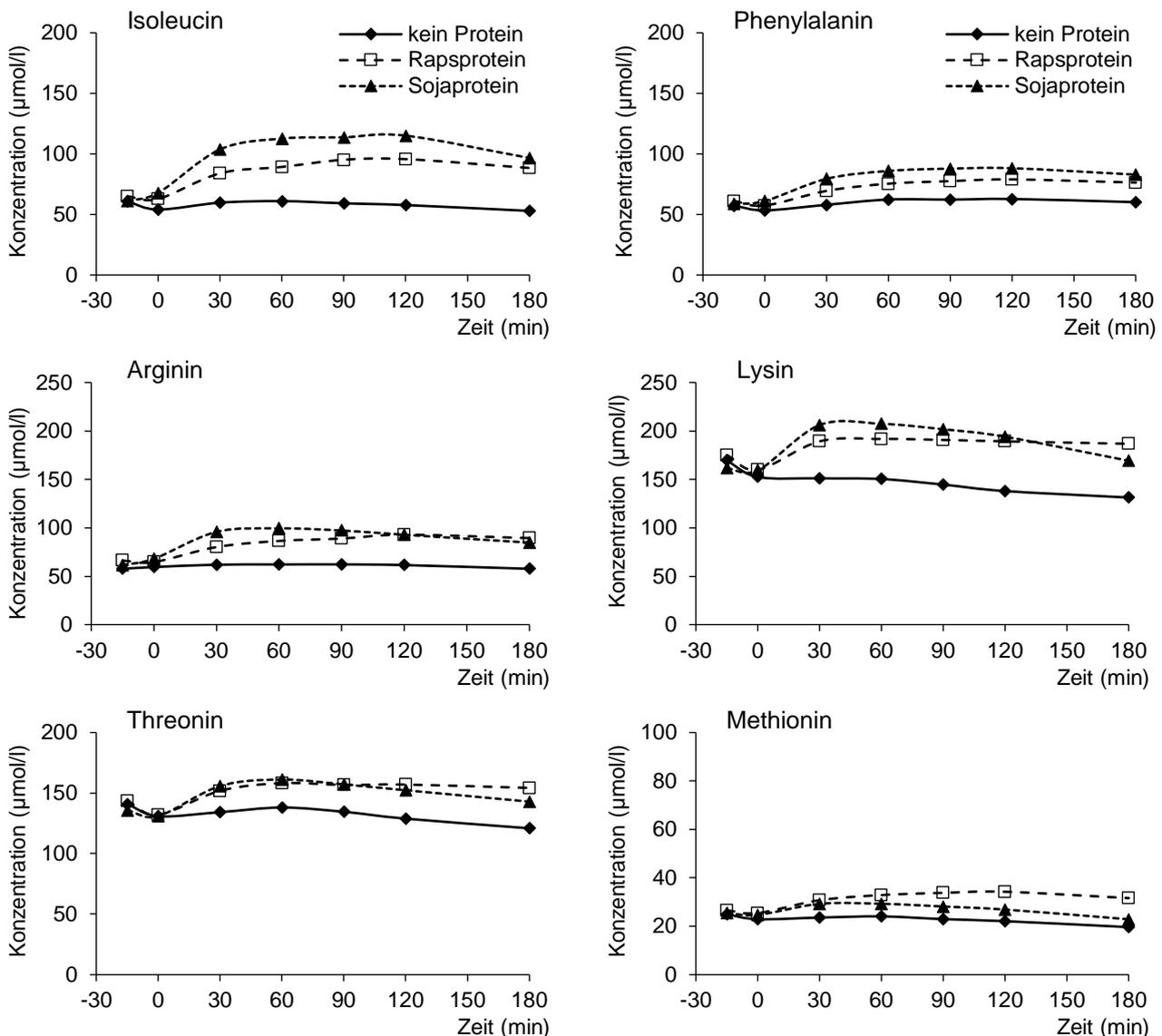


Abb. 10: Einfluss der Testmahlzeit ohne Protein, mit Rapsprotein oder mit Sojaprotein auf die Plasmakonzentrationen von ausgewählten essentiellen Aminosäuren über einen Zeitraum von 3 Stunden nach Aufnahme der Testmahlzeiten.

Mittelwerte (n = 19)

4. Diskussion

Die im Rahmen des Projektes durchgeführte Humanstudie ist insgesamt die zweite Studie, welche die Effekte von Rapsprotein beim Menschen testete. Rapsprotein, welches im Cross-Over Design an gesunden Probanden getestet wurde, zeigt im Vergleich zu einer Testmahlzeit ohne zusätzliches Protein eine sättigende Wirkung, eine geringfügig positive Wirkung auf die postprandialen Glukosekonzentrationen, jedoch keine nachweislich günstigen Effekte auf die Blutlipidspiegel. Insgesamt sind die Effekte von Rapsprotein mit denen von Sojaprotein vergleichbar. Dies gilt insbesondere auch für die postprandialen Konzentrationen an Harnstoff und Aminosäuren. Die Höhe des postprandialen Anstiegs einzelner Aminosäuren war vergleichbar mit dem postprandialen Anstieg von freien essentiellen Aminosäuren in der Studie von FLEDDERMANN et al. (2013).

Im Rahmen unserer Humanstudie wurde ein nicht-kommerzielles Rapsproteinisolat getestet. Dieses konnte erst nach einer entsprechenden thermischen Behandlung eingesetzt werden, da die mikrobielle Belastung vergleichsweise hoch war. Das bedeutet, dass die erzielten Effekte nicht für natives Rapsprotein, sondern für prozessiertes, insbesondere thermisch behandeltes Protein gelten.

Die Ergebnisse zur Wirkung von Rapsprotein lassen im Vergleich zu Sojaprotein keine gesundheitlichen Nachteile erkennen. Da es Hinweise gibt, dass erhöhte postprandiale Konzentrationen an Glukose, Insulin und Triglyceriden mit einem erhöhten Krankheitsrisiko assoziiert sind (ZILVERSMIT, 1979, CERIELLO, 2005, NORDESTGAARD et al., 2007), lag der Fokus der Studie auf diesen Parametern. Die günstigen Effekte von Rapsprotein auf Blutglukose- und Insulinspiegel sind insgesamt als relativ gering zu bezeichnen. Ebenso kann die Blutlipidspiegel-erhöhende Wirkung von Rapsprotein als relativ schwach bezeichnet werden. Im Vergleich zum gut untersuchten Sojaprotein fiel die postprandiale Antwort von Metaboliten und Insulin nach Gabe von Rapsprotein mindestens ähnlich gut aus.

Interessant waren die Anstiege der postprandialen Harnstoffkonzentrationen nach Aufnahme der beiden Proteine. Harnstoff ist ein Abbauprodukt von Aminosäuren und kann als Verwertung der anflutenden Aminosäuren interpretiert werden. Allerdings fällt der Anstieg von Harnstoff bei Gabe von Rapsprotein sogar etwas geringer aus als nach Gabe von Sojaprotein. Dies lässt insgesamt auf eine insgesamt gute Verwertbarkeit der Aminosäuren aus dem Rapsprotein schließen. Rapsprotein ist sowohl bezüglich der Zusammensetzung von Aminosäuren als auch bezüglich der postprandialen Aminosäurenkonzentrationen mit Sojaprotein vergleichbar.

Auffällig waren die hohen Phytinsäuregehalte, die sowohl im Rapsprotein wie auch im Sojaprotein nachweisbar waren. In Kooperation mit einer Arbeitsgruppe der Universität Potsdam sollen daher in den nächsten Wochen auch die postprandialen Konzentrationen an Mineralstoffen und Spurenelementen bestimmt werden. Damit stünden weitere Daten zur Verfügbarkeit von Mineralstoffen nach Gabe von Rapsprotein zur Verfügung.

5. Schlussfolgerungen

Die Studie hat gezeigt, dass Rapsprotein eine mindestens vergleichbar günstige Wirkung auf die Sättigung sowie auf die postprandialen Konzentrationen von Metaboliten und Insulin entfaltet. Die Ergebnisse lassen keine gesundheitlich ungünstigen Effekte von Rapsprotein erkennen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass Rapsprotein eine ernährungsphysiologisch günstige Eiweißquelle in der menschlichen Ernährung darstellt. Technologisch muss künftig auf eine geringere Keimbelastung bei der Isolation der Proteine geachtet werden. Die Ergebnisse der Studie liefern einen wichtigen Beitrag zum künftigen Einsatz von Rapsproteinen in der menschlichen Ernährung und als Rohstoff für die Lebensmittelherstellung. Der Einsatz könnte höchstens durch das senfartige Aroma von Rapsprotein limitiert werden. In der Humanstudie musste der Geschmack und das Aroma von Rapsprotein durch Einarbeitung in Tomatensauce kaschiert werden.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sollen nach Abschluss aller geplanten Analysen in einem internationalen wissenschaftlichen Journal publiziert werden.

6. Literatur

- CERIELLO, A., 2005: Postprandial hyperglycemia and diabetes complications: is it time to treat? *Diabetes* 54 (1) 1 - 7
- EFSA NDA PANEL (EFSA PANEL ON DIETETIC PRODUCTS, NUTRITION AND ALLERGIES), 2013: Scientific Opinion on the safety of “rapeseed protein isolate” as a Novel Food ingredient. *EFSA J.* 11 (10) 3420 23 pp
- FLEDDERMANN, M., FECHNER, A., RÖBLER, A., BÄHR, M., PASTOR, A., LIEBERT, F., JAHREIS, G., 2013: Nutritional evaluation of rapeseed protein compared to soy protein for quality, plasma amino acids, and nitrogen balance--a randomized cross-over intervention study in humans. *Clin. Nutr.* 32 (4) 519 - 526
- GOSBY, A.K., CONIGRAVE, A.D., RAUBENHEIMER, D. et al., 2014: Protein leverage and energy intake. *Obes. Rev.* 15 183 – 191

- HARLAND, B.F., OBERLEAS, D., 1986: Anion-exchange method for determination of phytate in foods: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 69 (4) 667 - 670
- LEE, Y.P., MORI, T.A., SIPSAS, S. et al., 2006: Lupin-enriched bread increases satiety and reduces energy intake acutely. *Am. J. Clin. Nutr.* 84 975 – 980
- NORDESTGAARD, B.G., BENN, M., SCHNOHR, P., TYBJAERG-HANSEN, A., 2007: Nonfasting triglycerides and risk of myocardial infarction, ischemic heart disease, and death in men and women. *JAMA* 298 (3) 299 - 308
- SCHOPEN, K., EWALD, A.C., JOHANNES, B.W., BLOCH, W., RITTWEGER, J., FRINGS-MEUTHEN, P., 2017: Short-Term Effects of Lupin vs. Whey Supplementation on Glucose and Insulin Responses to a Standardized Meal in a Randomized Cross-Over Trial. *Front. Physiol.* 10 (8) 198 doi:10.3389/fphys
- SIRTORI, C.R., EBERINI, I., ARNOLDI, A., 2007: Hypocholesterolaemic effects of soya proteins: results of recent studies are predictable from the anderson meta-analysis data. *Br. J. Nutr.* 97 (5) 816 - 822
- ZILVERSMIT, D.B., 1979: ATHEROGENESIS: a postprandial phenomenon. *Circulation* 60 (3) 473 – 485
- WANDASUNDRA, J.P.D. (2011) Proteins of Brassicaceae oilseeds and their potential as a plant source. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51 (7) 635-677
- WESSELS, A., KLUGE, H., HIRCHE, F., KIOWSKI, A., SCHUTKOWSKI, A., CORRENT, E., BARTELT, J., KÖNIG, B., STANGL, G.I. (2016) High leucine diets stimulate cerebral branched-chain amino acid degradation and modify serotonin and ketone body concentrations in a pig model. *PLoS One* 11 (3) e0150376



Herausgeber:

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

Claire-Waldoff-Straße 7 · 10117 Berlin

info@ufop.de · www.ufop.de