

Native sekundäre Inhaltsstoffe in Rapssamen – Eigenschaften und Wechselwirkungen mit Proteinen

Jürgen Kroll¹, Jens-Peter Krause^{2*} und Harshadrai M. Rawel¹

¹ Universität Potsdam, Institut für Ernährungswissenschaft, Arthur-Scheunert Allee 114–116, D-14558 Nuthetal, OT Bergholz-Rehbrücke

² Pilot Pflanzenöltechnologie Magdeburg, Berliner Chaussee 66, D-39114 Magdeburg

Zusammenfassung

Rapssamen enthalten als native, sekundäre Inhaltsstoffe Glucosinolate, phenolische Verbindungen (vor allem Sinapinsäure) und Phytinsäure. Struktur und wichtige Eigenschaften dieser Verbindungen werden erläutert. Über Reaktionen/Wechselwirkungen dieser sekundären Pflanzeninhaltsstoffe mit Proteinen und die daraus resultierenden Folgen hinsichtlich physikochemischer, technofunktioneller und ernährungsphysiologischer Proteineigenschaften wird berichtet.

Summary

Rape seeds contain as native secondary plant metabolites glucosinolates, phenolic compounds (esp. sinapic acid) and phytic acid. Structure and relevant important properties of this class of compounds are discussed. Further the reactions/interactions of these secondary plant metabolites with proteins and the resulting effect on the physico-chemical, technofunctional and nutritional properties of the protein are evaluated.

Keywords: Rapssamen, native sekundäre Inhaltsstoffe, Glucosinolate, phenolische Verbindungen, Sinapinsäure, Phytinsäure, Proteinwechselwirkungen / Rape seeds, secondary plant metabolites, glucosinolate, phenolic compounds, sinapic acid, phytic acid, protein interactions

Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe in Rapssamen

Die sekundären Pflanzeninhaltsstoffe werden im Sekundärstoffwechsel der Pflanze gebildet, liefern keine Energie, zählen nicht zu den Hauptnährstoffen, sind aber biologisch aktiv. Von diesen Inhaltsstoffen sind einige Tausend Vertreter bekannt, die zu unterschiedlichen chemischen Klassen gehören. Diese Verbindungen als Inhaltsstoffe pflanzlicher Lebensmittel sind in den letzten Jahren zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Von einer Reihe dieser Verbindungen sind interessante biologische Wirkungen bekannt, die Ansätze für das Verständnis positiver Effekte bei einer entsprechenden Ernährungsweise bieten. Andere sekundäre Inhaltsstoffe entfalten negative biologische (sogar toxische) Wirkungen; und wiederum eine dritte Gruppe dieser Verbindungen besitzt sowohl positive als auch negative Auswirkungen als Lebensmittelinhaltsstoff. Im Rapssamen sind verschiedene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe enthalten. Die bekannteste Verbindungsklasse, die typische Inhaltsstoffe aller Kruziferen (Familie der Kreuzblütler) darstellen, sind die Glucosinolate (Thioglucoside). Über Glucosinolate als sekundäre Inhaltsstoffe von

Rapssamen bzw. Kruziferen sind eine Reihe von Übersichtsarbeiten erschienen^{1–4}. Die Glucosinolate bestehen aus einer Glucoseeinheit, einer schwefelhaltigen Gruppierung mit dem Agluconrest R und einer Sulfatgruppe (Abb. 1). Die einzelnen Verbindungen dieser Klasse unterscheiden sich nur im Aglucon. Dieses kann eine Alkyl-, Alkenyl-, Aryl- oder Indolylstruktur aufweisen. Es sind etwa 20 verschiedene Glucosinolate in den einzelnen Kruziferenarten nachgewiesen worden.

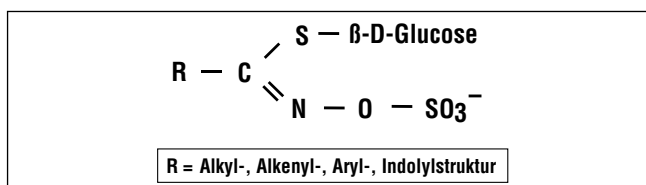


Abb. 1 Struktur der Glucosinolate

Das kruziferene Enzymsystem Myrosinase (β -Thioglucosidasen) liegt in den intakten Pflanzenzelle getrennt von den Glucosinolaten vor. Bei der Verletzung der Zelle, z. B. bei der technologischen Be- und Verarbeitung von Rapssamen, kommt die Myrosinase mit den Glucosinolaten in Kontakt und es kommt zur Spaltung dieser Inhaltsstoffe⁵ (Abb. 2). Den entstehenden Verbindungen werden sowohl negative als auch positive physiologische Wirkungen zugeschrieben (Tab. 1). Als Hauptspaltprodukte entstehen Isothiocyanate⁴, die auf Grund ihrer starken Elektrophilie (Abb. 3) sehr reaktive Verbindungen darstellen, die schon unter vergleichsweise milden Bedingungen (Zimmertemperatur, pH-Werte 5–9) mit Proteinen reagieren (weitere Ausführungen dazu im nächsten Abschnitt). Auf die mögliche Bedeutung solcher Reaktionen im Zusammenhang mit der Gewinnung von Proteinprodukten aus Rapssamen wird weiter unten eingegangen.

Das Spektrum, der aus den Glucosinolaten nach Spaltung entstehenden Substanzen ist von der Struktur des Aglucons und von den technologischen Bedingungen der Rapssamen Be- und Verarbeitung abhängig. Kujawa et al.⁶, haben dazu

* Korrespondenz an: Dr. Jens-Peter Krause, E-Mail: jpkrause@ppm-magdeburg.de, Fax: 0391-8189-299, Tel.: 0391-8189-156 oder PD. habil Dr. Harshadrai M. Rawel, E-Mail: rawel@uni-potsdam.de, Fax: 033200-88582, Tel.: 033200-88525

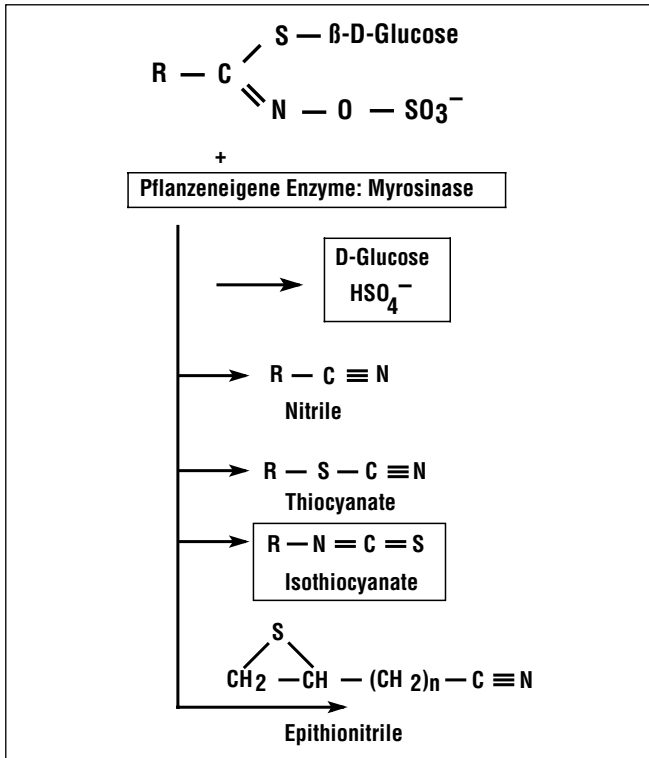


Abb. 2 Spaltprodukte von Glucosinolaten

Tab. 1 Physiologische Wirkungen von Glucosinolat-Spaltprodukten

intensive Aroma- und Geschmackseigenschaften
anticarcinogene Wirkungen
antimikrobielle (fungistatische und bakteriostatische) Effekte
goitrogene Wirkung (5-vinyl 2-oxazolidimethione – VOT)
mutagene Wirkungen (VOT)
cytotoxische Wirkungen (Isothiocyanate – ITC)
hepatotoxische Effekte (Nitrile, Epithionitrile)
phytotoxische Effekte

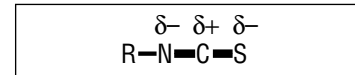


Abb. 3 Reaktivität von Isothiocyanaten

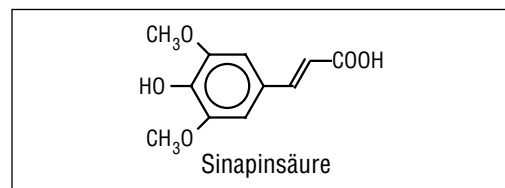


Abb. 4 Struktur von *trans*-Sinapinsäure

in einem 1989 verfassten Bericht die Literaturbefunde zusammengefasst (Tab. 2).

Als weitere sekundäre Inhaltsstoffe sind verschiedene phenolische Verbindungen in Rapssamen enthalten⁷⁻¹⁵⁾, deren Gesamtgehalt wesentlich höher als in anderen Ölsamen (Sojabohne, Baumwollsamens, Erdnuss) liegt⁸⁾. Das dominierende Raps-Phenol ist die *trans*-Sinapinsäure, ein Derivat der Hydroxyzimtsäure (Abb. 4). Die Struktur der in Raps-

samen nachgewiesenen Phenolsäuren ist in Abbildung 5 ersichtlich. Die phenolischen Verbindungen liegen in freier, veresteter und als kondensierte Tannine vor und werden für die dunkle Farbe, für den Bittergeschmack und die adstringierende Wirkung von Rapsproteinprodukten verantwortlich gemacht⁸⁾. In Abhängigkeit von ihrer Struktur können phenolische Verbindungen schon unter vergleichsweise milden Bedingungen mit Proteinen reagieren und deren physikochemische sowie ernährungsphysiologische Eigenschaften verändern (weitere Ausführungen dazu weiter unten).

Tab. 2 Einflussfaktoren auf die Bildung von Spaltprodukten und Folgeprodukten aus Glucosinolaten⁶⁾

Nitrile, Thioamide, Säuren	Isothiocyanate, Oxazolidinone
– begünstigt durch Vorbehandlung des Substrates –	
frisch Lagerung bei niedrigen Temperaturen luftgetrocknet	längere Lagerung Lagerung bei hohen Temperaturen hitzegetrocknet
– begünstigt durch Reaktionsbedingungen –	
Autolyse bei frischen Material mit substrateigener endogener Myrosinase pH-Werte < und > 7,0 niedrige Temperaturen (0–25) °C geringe Feuchtigkeit Anwesenheit von Metallionen, Thiolverbindungen	Hydrolyse mit exogener zugesetzter Myrosinase pH-Wert um 7,0 hohe Temperaturen (> 55 °C) hohe Verdünnung mit Wasser Myrosinase aktivierende Verbindungen
– begünstigt durch Prozessführung bei der Rapssaatverarbeitung –	
Konditionierung, Dämpfung, trockenes Erhitzen bei hohen Temperaturen und Zusatz von Additiven Pressung bei hohen Temperaturen Desolventisierung/Toasting bei hohen Temperaturen	Konditionierung, Dämpfung, trockenes Erhitzen bei niedrigen Temperaturen schonende Pressung bei Raumtemperatur Desolventisierung bei Raumtemperatur

Die Phenolsäuren sind in Abbildung 5 dargestellt. Die phenolischen Verbindungen liegen in freier, veresteter und als kondensierte Tannine vor und werden für die dunkle Farbe, für den Bittergeschmack und die adstringierende Wirkung von Rapsproteinprodukten verantwortlich gemacht⁸⁾. In Abhängigkeit von ihrer Struktur können phenolische Verbindungen schon unter vergleichsweise milden Bedingungen mit Proteinen reagieren und deren physikochemische sowie ernährungsphysiologische Eigenschaften verändern (weitere Ausführungen dazu weiter unten).

Auch Phytinsäure, der Hexaphosphorsäureester des myo-Inositols (Abb. 6), ist ein sekundärer Inhaltsstoff, der in Rapsamen in Konzentrationen von 2–4 % enthalten ist¹⁶⁾. Diese Verbindung besitzt die Fähigkeit, vor allem zweiwertige Kationen so stark zu binden, dass deren Bioverfügbarkeit herabgesetzt bzw. verhindert wird. Daraus resultieren die bekannten negativen ernährungsphysiologischen Wirkungen. Allerdings werden auch protektive Wirkungen der Phytinsäure diskutiert¹⁷⁾. Dieser Komplexbildner reagiert in Abhängigkeit von den Milieubedingungen auch mit Proteinen^{17,18)}. Auf die Bedeutung dieser Reaktionen im Zusammenhang mit der Gewinnung von Rapsproteinprodukten wird weiter unten eingegangen.

Wechselwirkungen sekundärer Inhaltsstoffe mit Proteinen

Die oben abgehandelten Rapssameninhaltsstoffe sind chemisch reaktive Verbindungen, die in der Lage sind, mit Proteinen zu reagieren. Die Reaktivität der einzelnen Verbindungsklassen ist unterschiedlich und letztlich strukturabhängig. Die größte Reaktivität weisen die bei der genannten Spaltung der Glucosinolate bevorzugt entstehenden Isothiocyanate auf. Auf Grund ihrer Struktur handelt es sich bei den Isothiocyanaten um stark elektrophile, sehr reaktive Verbindungen (Abb. 3), die schon unter vergleichsweise milden Bedingungen (Zimmertemperatur, pH-Werte 5–9) mit Proteinen reagieren, wobei deren physikochemische, strukturelle und biologische (z.B. biologische Proteinwertigkeit, Enzymaktivität) Eigenschaften verändert werden. Unter Verwendung verschiedener Proteine (Eiklar, Ovalbumin, Ovomuroid, Conalbumin, Lysozym, Rinderserum-Proteine, Myoglobin, Legumin aus Ackerbohnen), Enzyme (Proteasen: Bromelain, Papain, Trypsin, Chymotrypsin) und Isothiocyanate (Allyl-, Benzyl-, Butyl- und Phenylisothiocyanat) durchgeführte Untersuchungen zeigten, dass schon unter milden Bedingungen (Zimmertemperatur, pH-Werte 3–9) die Isothiocyanate mit den Proteinen/Enzymen reagieren, wobei die Reaktionen vor allem an freien Aminogruppen (ϵ -Aminogruppe des Lysins), an den SH-Gruppen und an den Tryptophan-Seitengruppen erfolgen. Es bilden sich Thioharnstoff-Derivate (nach Reaktion mit freien Aminogruppen) und Dithiocarbamat-Ester (nach Reaktion mit den SH-Gruppen); damit verbunden ist eine Proteinderivatisierung. In Folge dieser Reaktionen kommt es zu Veränderungen von Proteineigenschaften. Das

Löslichkeitsprofil dieser Biopolymere verändert sich, ebenso der isoelektrische Punkt und auch das Verhältnis der hydrophilen/hydrophoben Eigenschaften. Weiterhin kommt es zu einer Zunahme der Molmassen. Die Derivatisierung der Proteine verändert deren enzymatisches Abbauverhalten, wie andererseits die Derivatisierung der Enzyme deren Aktivität verändert^{19–29}. In einem Tierversuch konnte nachgewiesen werden, dass die biologische Wertigkeit von einem Eiklarproteingemisch nach Reaktion mit Benzy-ITC vermindert wird³⁰.

Auch bei den Pflanzenphenolen handelt es sich um reaktive Verbindungen, die in Abhängigkeit von ihrer Struktur mit Proteinen reagieren können. Unter Verwendung verschiedener Pflanzenphenole und verwandter Verbindungen (China-, Ferula-, Kaffee-, Chlorogen-, Gallus-Säure, Brenzcatechin, Resorcin, Hydrochinon; Flavon, Apigenin, Kämpferol, Quercetin, Myricetin) sowie einer Reihe von Proteinen (Eiklar, Ovalbumin, Ovomuroid, Conalbumin, Lysozym, Rinderserum-Proteine, Myoglobin, Legumin aus Ackerbohnen) und Enzymen (Proteasen: Bromelain, Papain, Trypsin, Chymotrypsin) haben wir Untersuchungen durchgeführt, die zeigen, dass schon unter milden Bedingungen (Zimmertemperatur, pH-Werte 3–9) – ähnlich wie bei den Isothiocyanaten – die Phenole in Abhängigkeit von ihrer Struktur mit den Proteinen/Enzymen reagieren, wobei die Reaktionen vor allem an freien Aminogruppen (ϵ -Aminogruppe des Lysins), an den SH-Gruppen und an den Tryptophan-Seitengruppen erfolgt. Vergleichbar wie nach Reaktion mit den Isothiocyanaten werden die Proteine derivatisiert. In Folge dieser Reaktionen kommt es zu Veränderungen von

Derivate der <i>p</i> -Hydroxybenzoesäure		
Säure	R ₁	R ₂
Protocatechusäure	H	OH
Vanillinsäureäure	OCH ₃	H
Syringasäure	OCH ₃	OCH ₃
Gallussäure	OH	OH
<i>p</i> -Hydroxybenzoesäure	H	H

Derivate der <i>p</i> -Hydroxyzimtsäure		
Säure	R ₃	R ₄
<i>p</i> -Cumarsäure	H	H
Caffeesäure	H	OH
Ferulasäure	H	OCH ₃
Sinapinsäure	OCH ₃	OCH ₃

Abb. 5 Struktur von Phenolsäuren in Raps und Canola⁸⁾

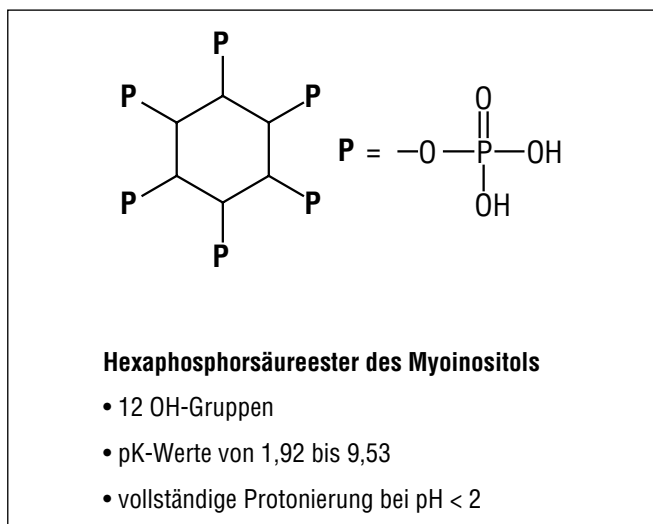


Abb. 6 Phytinsäure (Struktur und pK-Werte)

Proteineigenschaften. Das Löslichkeitsprofil dieser Biopolymere verändert sich, ebenso der isoelektrische Punkt wie auch das Verhältnis der hydrophilen/hydrophoben Eigenschaften. Weiterhin kommt es zu einer Zunahme der Molmassen. Die Derivatisierung der Proteine verändert deren enzymatisches Abbauverhalten, wie andererseits die Derivatisierung der Enzyme deren Aktivität verändert^{29,31–50}. In zwei Tierversuchen konnte nachgewiesen werden, dass die biologische Wertigkeit von einem Molkenproteingemisch bzw. von einem Sojaprotein nach Reaktion mit Chlorogensäure bzw. Quercetin vermindert wird^{51,52}. Solche Reaktionen sind auch zwischen den Rapsphenolen und -proteinen nicht auszuschließen.

Auch die Phytinsäure als weiterer sekundärer Inhaltsstoff von Rapssamen hat die Fähigkeit, mit Rapsproteinen zu interagieren. Dabei handelt es sich offensichtlich um nicht-kovalente Wechselwirkungen. Diese Reaktionen führen dazu, dass der isoelektrische Punkt der Rapsglobuline in den sauren Bereich verschoben wird. Eine Abtrennung der Phytinsäure gelingt durch Ultrafiltration. Dadurch werden der isoelektrische Punkt wie auch funktionelle Eigenschaften (Löslichkeit, Schaumeigenschaften) der resultierenden Proteinprodukte verändert¹⁸.

Schlussbetrachtung

Rapssamen sind neben einer spezifischen Proteinzusammensetzung durch ihren Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen (Glucosinolate, phenolische Verbindungen, Phytinsäure) charakterisiert. Bei der Gewinnung von Proteinpräparaten aus Rapssamen sind prozessabhängige Wechselwirkungen zwischen den Proteinen und den nativen sekundären Inhaltsstoffen bzw. deren Spaltprodukten, verbunden mit einer Veränderung der Biopolymeren, nicht auszuschließen.

Literatur

- 1) Lange, R., R. Baumgrass, M. Diedrich, K.-P. Henschel und M. Kujawa: Glucosinolate in der Ernährung – Pro und Contra einer Naturstoffklasse. *Ernährungs-Umschau* **39** (6), 252–257 (1992).
- 2) Fenwick, G. R., R. K. Heaney, and W. J. Mullin: Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* **18**, 123 (1983).
- 3) Fenwick, G. R., and R. K. Heaney: Glucosinolates and their breakdown products in cruciferous crops, foods and feedingstuffs. *Food Chem* **11**, 249 (1983).
- 4) Anonym: Isothiocyanates. *Crit Rev Food Sci Nutr* **39** (3), 245–257 (1999).
- 5) Bones, A. M., and J. T. Rossiter: The enzymic and chemically induced decomposition of glucosinolates. *Phytochem* **67** (11), 1053–1067 (2006).
- 6) Kujawa, M.: Analytik, Wirkung und Bewertung von gesundheitsbeeinträchtigenden Pflanzeninhaltsstoffen als Grundlage für deren Beseitigung. Abschlussbericht G4, Zentral Institut für Ernährung (ZfE), Bergholz-Rehbrücke, AdW der DDR (1989).
- 7) Krygier, K., F. Sosulski, and L. Hogge: Free, Esterified, and Insoluble-Bound Phenolic-Acids. 2. Composition of Phenolic-Acids in Rapeseed Flour and Hulls. *J Agr Food Chem* **30** (2), 334–336 (1982).
- 8) Naczki, M., R. Amarowicz, A. Sullivan, and F. Shahidi: Current research developments on polyphenolics of rapeseed/canola: a review. *Food Chem* **62** (4), 489–502 (1998).
- 9) Wang, S. X., B. D. Oomah, and D. I. McGregor: Application and Evaluation of Ion-Exchange UV Spectrophotometric Method for Determination of Sinapine in Brassica Seeds and Meals. *J Agr Food Chem* **46** (2), 575–579 (1998).
- 10) Amarowicz, R., M. Naczki, and F. Shahidi: Antioxidant activity of various fractions of non-tannin phenolics of canola hulls. *J Agr Food Chem* **48** (7), 2755–2759 (2000).
- 11) Naczki, M., R. Amarowicz, D. Pink, and F. Shahidi: Insoluble condensed tannins of canola/rapeseed. *J Agr Food Chem* **48** (5), 1758–1762 (2000).
- 12) Li, J., and Z. El Rassi: High performance liquid chromatography of phenolic choline ester fragments derived by chemical and enzymatic fragmentation processes: analysis of sinapine in rape seed. *J Agr Food Chem* **50** (6), 1368–1373 (2002).
- 13) Vuorela, S., A. S. Meyer, and M. Heinonen: Impact of isolation method on the antioxidant activity of rapeseed meal phenolics. *J Agr Food Chem* **52** (26), 8202–8207 (2004).
- 14) Vuorela, S., K. Kreander, M. Karonen, R. Nieminen, M. Hamalainen, A. Galkin, L. Laitinen, J. P. Salminen, E. Moilanen, K. Pihlaja, H. Vuorela, P. Vuorela, and M. Heinonen: Preclinical evaluation of rapeseed, raspberry, and pine bark phenolics for health related effects. *J Agr Food Chem* **53** (15), 5922–5931 (2005).
- 15) Romani, A., P. Vignolini, L. Isolani, F. Ieri, and D. Heimler: HPLC-DAD/MS characterization of flavonoids and hydroxycinnamic derivatives in turnip tops (*Brassica rapa* L. ssp. *sylvestris* L.). *J Agr Food Chem* **54** (4), 1342–1346 (2006).
- 16) Reddy, N. R., S. K. Sathe, and D. K. Salunkhe: Phytates in legumes and cereals. *Adv Food Res* **28**, 1–92 (1982).
- 17) Ingelmann, H.-J., G. Rimbach, and J. Pallauf: Phytinsäure – ein antinutritiver Faktor? *Ernährungs-Umschau* **40** (10), 400–402 (1993).
- 18) Kroll, J.: Selected Functional-Properties of Detoxified Rapeseed Protein Preparations Effected by Phytic Acid. *Nahrung/Food* **35** (6), 619–624 (1991).
- 19) Rawel, H., J. Kroll, and I. Schröder: Reactions of isothiocyanates with food proteins: influence on enzyme activity and tryptical degradation. *Nahrung/Food* **42** (3/4), 197–199 (1998).
- 20) Kroll, J., H. Rawel, R. Kröck, and W. Schnaak: Interaction of benzyl isothiocyanate with egg white proteins. *Nahrung/Food* **37** (2), 179–181 (1993).

- 21) Kroll, J., H. Rawel, R. Kröck, J. Proll, and W. Schnaak: Interactions of isothiocyanates with egg white proteins. *Nahrung/Food* **38** (1), 53–60 (1994).
- 22) Kroll, J., and H. J. Jancke: Reaktionen von Benzyl-ITC mit Glutathion: NMR-Spektroskopische Untersuchungen. *Nahrung/Food* **38** (1), 96–98 (1994).
- 23) Kroll, J., J. Noack, H. Rawel, R. Kröck, and J. Proll: Chemical reactions of benzyl isothiocyanate with egg white protein fractions. *J Sci Food Agr* **65**, 337–345 (1994).
- 24) Rawel, H., and J. Kroll: Some aspects of reactions of benzyl-ITC with bovine sarcoplasmic proteins. *Nahrung/Food* **39** (5/6), 465–474 (1995).
- 25) Kroll, J., and H. Rawel: Chemical reactions of BITC with myoglobin. *J Sci Food Agr* **72**, 376–384 (1996).
- 26) Rawel, H., J. Kroll, S. Haebel, and M. G. Peter: Reactions of a glucosinolate breakdown product (benzyl isothiocyanate) with myoglobin. *Phytochem* **48** (8), 1305–1311 (1998).
- 27) Rawel, H., J. Kroll, and I. Schröder: In vitro enzymatic digestion of benzyl- and phenylisothiocyanate derivatized food proteins. *J Agr Food Chem* **46** (12), 5103–5109 (1998).
- 28) Rawel, H., J. Kroll, B. Riese-Schneider, and S. Haebel: Physicochemical and enzymatic properties of benzyl isothiocyanate derivatized proteinases. *J Agr Food Chem* **46** (12), 5043–5051 (1998).
- 29) Rawel, H., S. Rohn, and J. Kroll: Reactions of selected secondary plant metabolites (glucosinolates and phenols) with food proteins and enzymes – Influence on physicochemical protein properties, enzyme activity and proteolytic degradation. *Recent Res Devel Phytochem* **4**, 115–142 (2000).
- 30) Hernandez-Triana, M., J. Kroll, J. Proll, J. Noack, and K. J. Petzke: BITC decrease quality of egg white proteins in rats. *Nutr Biochem* **7** (6), 322–326 (1996).
- 31) Rawel, H., H. Ranters, S. Rohn, and J. Kroll: Assessment of the reactivity of selected isoflavones against proteins in comparison to quercetin. *J Agr Food Chem* **52** (16), 5263–5271 (2004).
- 32) Kroll, J., H. Rawel, and N. Seidelmann: Physicochemical properties and susceptibility to proteolytic digestion of myoglobin-phenol derivatives. *J Agr Food Chem* **48** (5), 1580–1587 (2000).
- 33) Rawel, H., J. Kroll, and B. Riese: Reaction of chlorogenic acid with lysozyme: Physicochemical characterization and proteolytic digestion of derivatives. *J Food Sci* **65** (6), 1091–1098 (2000).
- 34) Rawel, H., J. Kroll, and S. Rohn: Reactions of phenolic substances with lysozyme – Physicochemical characterization and proteolytic digestion of the derivatives. *Food Chem* **72** (1), 59–71 (2001).
- 35) Rawel, H., J. Kroll, and U. C. Hohlt: Model studies on reactions of plant phenols with whey proteins. *Nahrung/Food* **45** (2), 72–81 (2001).
- 36) Rohn, S., H. Rawel, N. Pietruschinski, and J. Kroll: In vitro inhibition of chymotryptic activity by phenolic compounds. *J Sci Food Agr* **81** (15), 1512–1521 (2001).
- 37) Kroll, J., and H. Rawel: Reaction of plant phenols with myoglobin. Influence of chemical structure of the phenolic compounds. *J Food Sci* **66** (1), 48–58 (2001).
- 38) Kroll, J., H. Rawel, S. Rohn, and D. Czajka: Interactions of legumin proteins with plant phenols – Influence on protein properties and proteolytic degradation. *Nahrung/Food* **45** (6), 388–389 (2001).
- 39) Kroll, J., H. Rawel, and D. Czajka: Changes induced in properties of food proteins by apigenin and quercetin. *Food Sci Biotechnol* **11** (1), 1–3 (2002).
- 40) Rohn, S., H. Rawel, and J. Kroll: Influence of plant phenols on the activity of enzymes. *Food Sci Biotechnol* **11** (1), 4–9 (2002).
- 41) Rohn, S., H. Rawel, and J. Kroll: Inhibitor effects of plant phenols on the activity of selected enzymes. *J Agr Food Chem* **50** (12), 3566–3571 (2002).
- 42) Rawel, H., D. Czajka, S. Rohn, and J. Kroll: Interactions of different phenolic acids and flavonoids with soy proteins. *Int J Biol Macromol* **30** (3/4), 137–150 (2002).
- 43) Rawel, H., S. Rohn, H.-P. Kruse, and J. Kroll: Structural changes induced in bovin serum albumin by covalent attachment of chlorogenic acid. *Food Chem* **78** (4), 443–455 (2002).
- 44) Kroll, J., H. Rawel, and S. Rohn: Reactions of plant phenolics with food proteins and enzymes under special considerations of covalent bonds. A Review. *Food Sci Technol Res* **9** (3), 205–218 (2003).
- 45) Rawel, H., S. Rohn, and J. Kroll: Influence of a sugar moiety (rhamnosylglucoside) at 3-O position on the reactivity of quercetin with whey proteins. *Int J Biol Macromol* **32** (3/5), 109–120 (2003).
- 46) Rohn, S., H. Rawel, U. Wollenberg, and J. Kroll: Enzymatical behaviour of chymotrypsin after derivatization with phenolic compounds. *Nahrung/Food* **47** (5), 325–329 (2003).
- 47) Rohn, S., H. Rawel, and J. Kroll: Antioxidant activity of protein-bound quercetin. *J Agr Food Chem* **52** (15), 4725–4729 (2004).
- 48) Seifert, A., H. Rawel, S. Harding, and J. Kroll: Characterization of bovine serum albumin/chlorogenic acid solution mixtures by analytical ultracentrifugation. *Prog Coll Polym Sci* **127**, 83–88 (2004).
- 49) Rohn, S., H. Rawel, M. Röber, and J. Kroll: Reaction of phenolic substances with bromelain induced changes in selected physicochemical properties and enzyme activity – Consequences for supplementary food products. *Int J Food Sci Technol* **40**, 771–782 (2005).
- 50) Rawel, H., K. Meidtner, and J. Kroll: Binding of selected phenolic compounds to proteins. *J Agr Food Chem* **53** (10), 4248–4235 (2005).
- 51) Petzke, K. J., S. Schuppe, S. Rohn, H. Rawel, and J. Kroll: Chlorogenic acid moderately decreases quality of whey proteins in rats. *J Agr Food Chem* **53** (9), 3714–3720 (2005).
- 52) Rohn, S., K. J. Petzke, H. M. Rawel, and J. Kroll: Reactions of chlorogenic acid and quercetin with a soy protein isolate – Influence on the in vivo food protein quality in rats. *Mol Nutr Food Res* **50** (8), 696–704 (2006).

Impressum

Deutsche Lebensmittel-Rundschau

Herausgeber

Dr. Gabriele Lauser
(E-Mail: lauser.dlr@t-online.de)
Prof. Dr. Ingrid Steiner
(E-Mail: isteiner@mail.zserv.tuwien.ac.at)

Redaktion

Verantwortlich: Dr. Gabriele Lauser

Deutsches und Europäisches Recht,
DIN- und ISO-Normen:
Dr. Hans Ackermann, Postfach 10 10 61,
D-70191 Stuttgart

Rechtsprechung, Rechtsprechung in Kürze:
Rechtsanwalt Prof. Dr. Alfred Hagen Meyer,
Kanzlei meyer // meisterernst, Sophienstr. 5,
D-80333 München, E-Mail: meyer@meyer-
meisterernst.de

Anzeigenleitung: Kornelia Wind, Tel.: (0711)
2582-245, Fax: -252
Objektbetreuung: Karin Hoffmann, Tel.: (0711)
2582-242, Fax: -294

Verlag

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH,
Birkenwaldstraße 44, Postfach 10 10 61,
D-70191 Stuttgart, D-70009 Stuttgart,
Telefon: (07 11) 25 82-0,
Telefax: (07 11) 25 82-290

Einbanddecken für diese Zeitschrift können bestellt
werden bei Buchbinderei Schuster, Tel. 0711/60 54 18,
E-Mail: Mail@Buchbinderei-Schuster.de

Die DEUTSCHE LEBENSMITTEL-RUNDSCHAU er-
scheint monatlich. Preis im Abonnement jährlich
€ 312,00; Einzelheft € 35,00 (alle Preise zuzüg-
lich Versandkosten). Bestellungen nehmen jede
Buchhandlung im In- und Ausland sowie der Ver-
lag entgegen. Ein Abonnement gilt, falls nicht be-
fristet bestellt, zur Fortsetzung bis auf Widerruf.
Kündigungen des Abonnements können nur zum
Ablauf eines Jahres erfolgen und müssen bis zum
15. November des laufenden Jahres beim Verlag
eingegangen sein.

z. Z. gültiger Anzeigentarif Nr. 56 vom 1.10. 2006.

Mit Namen gezeichnete Artikel geben nicht unbe-
dingt die Meinung der Redaktion wieder. Der Ver-
lag haftet nicht für unverlangt eingereichte Manuskripte. Der Redaktion angebotene wissenschaftliche Beiträge dürfen nicht vorher oder gleichzeitig in anderen Zeitschriften veröffentlicht werden. Eine kurze Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache ist beizufügen. Mit der Annahme zur Veröffentlichung überträgt der Autor dem Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für die Zeit bis zum Ablauf des Urheberrechts. Eingeschlossen sind insbesondere auch das Recht zur Herstellung elektronischer Versionen und zur Einspeicherung in Datenbanken sowie das Recht zu deren Vervielfältigung und Verbreitung online und offline ohne zusätzliche Vergütung.

Alle in dieser Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Kein Teil dieser Zeitschrift darf außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ohne schriftliche Genehmigung des Verlags in irgendeiner Form reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen verwendbare Sprache übertragen werden.

Ein Markenzeichen kann warenzeichenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Die DEUTSCHE LEBENSMITTEL-RUNDSCHAU wird regelmäßig referiert in „Chemical Abstracts“,

„Chemical Engineering and Biotechnology Abstracts“, „Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences“, „Science Citation Index“.

Hinweise für Autoren

Die Deutsche Lebensmittel-Rundschau veröffentlicht Beiträge aus allen Gebieten der Lebensmittelchemie, der Lebensmitteltechnologie, des Lebensmittelrechts und der Ernährungswissenschaften.

Grundsätzlich werden Originalarbeiten nur im Erstabdruck veröffentlicht, d.h. die Arbeit darf in keiner anderen Zeitschrift erschienen und auch nicht gleichzeitig bei einer weiteren Zeitschrift zur Veröffentlichung eingereicht worden sein. Tabellen und Abbildungen bitte nicht in den Text einfügen, sondern als Anlage bzw. bei Grafiken als eigene Dateien (tif-, eps-Format u.a.) beilegen. Bei Literaturziten bitte folgende Zitierweise anwenden, z.B. Maier, H., F. Schultz und M. Weiß: Deut. Lebensmittel-Rundsch. 88, 122–30 (1992).

Bei einem Beitrag in deutscher oder englischer Sprache bitten wir die Zusammenfassung, den Titel und Keywords in Deutsch und Englisch abzufassen.

Manuskripte können auch per E-Mail oder Diskette (Word 6.0/Word 97-Dokument) eingereicht werden.

Als Unkostenbeitrag werden je Druckseite € 25,60 gewährt. Bitte geben Sie beim Zurücksenden der Korrekturfahnen eine private Adresse sowie Ihr privates Bankkonto an.

Kontaktadresse: Dr. Gabriele Lauser, Deutsche Lebensmittel-Rundschau, Postfach 101061, D-70009 Stuttgart oder lauser.dlr@t-online.de

Druck und Bindung: Röhm TYPOfactory Marketing GmbH, Dieselstraße 28–30, 70469 Stuttgart.

© 2006 Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart. Printed in Germany ISSN 0012-0413