

4.17 Senfe der Brassicaarten (E. Strobel)

4.17.1 Vorkommen und Bedeutung

Die Anlage 5 zur Futtermittelverordnung (FMV): ‚Unerwünschte Stoffe‘ listet eine Reihe von Senfarten auf, welche in Form von Saaten und Früchten und aus deren Verarbeitung gewonnenen Erzeugnissen in Futtermitteln nur in nicht bestimmbareren Mengen vorhanden sein dürfen. Im Einzelnen betrifft dies (s. auch Tab. 4.1.):

Nr. 35 - Indischer Braunsenf - *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss ssp. *integrifolia* (West) Thell. (Abbildung 1)

Nr. 36 - Sareptasenf - *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss ssp. *juncea*

Nr. 37 - Chinesischer Gelbsenf - *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss ssp. *juncea* var. *lutea* Batalin

Nr. 38 - Schwarzer Senf - *Brassica nigra* (L.) Koch (Abb. 4.19.)

Nr. 39 - Abessinischer (äthiopischer) Senf- *Brassica carinata* A. Braun



Abbildung 4.19. Pflanzenteile von *Brassica nigra* und *Brassica juncea* (www.plant-pictures.de, Köhlers Medicinal Plants)

Diese zur Familie der Kreuzblütler (*Cruciferae* oder *Brassicaceae*) zählenden Brassicaarten werden als Ölsaaten, Grünfütter und Gewürz angebaut. Sie enthalten Stoffe, welche in Abhängigkeit von der Dosis, mit der sie durch das Tier aufgenommen werden, antinutritive Wirkungen entfalten. Hierin dürfte der Grund für ihre Bezeichnung als ‚unerwünschte Stoffe‘ liegen. Sie selbst oder mit ihnen verunreinigte Futtermittel sind von der Herstellung von Mischfuttermitteln ausgeschlossen.

Taxonomisch können Indischer Braunsenf, Sareptasenf und Chinesischer Gelbsenf einfacher als Subspezies von *Brassica juncea* (Abb. 4.19.) angesehen werden. *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss. ist durch Hybridisierung von *Brassica nigra* (Abb. 4.19.) und *Brassica campestris*, wahrscheinlich in den sich überlappenden Ausbreitungsgebieten im südwestlichen Asien und Indien, entstanden. Die Pflanze ist ein- oder mehrjährig und bis zu 1m oder mehr hoch. Der schwarze Senf (*Brassica nigra* (L.) Koch) ist im Mittelmeerraum heimisch und wird seit Menschengedenken kultiviert. Heute ist er in Zentral- und Südeuropa und in Gebieten mit gemäßigttem Klima weit verbreitet. Neben dem Anbau tritt er auch als Unkraut auf. Die einjährige bis zu einen Meter hohe Pflanze liebt warme und feuchte Böden und bildet Schoten, welche 7 bis 11 kugelförmige Samen mit ungefähr einem Millimeter Durchmesser enthält. Der sogenannte äthiopische Senf (*Brassica carinata* A. Braun) ist ein natürlicher Hybrid von *Brassica nigra* (weiblich) und *Brassica oleracea* (männlich) und hauptsächlich auf Äthiopien beschränkt. Diese Art ist in erheblichem Maße dürre- und hitzeresistent.

4.17.2 Stoffe mit antinutritiven Eigenschaften in Brassica-Senfarten

Zu den Verbindungen mit antinutritiver Wirkung, welche in unterschiedlichen Anteilen und teilweise Formen in allen entweder dem Raps oder dem Senf zurechenbaren Brassicaarten enthalten sind, zählen die Glucosinolate (GSL), Phenolsäuren, die Erucasäure sowie Phytat. In der Saat des schwarzen Senfs wurden jedoch auch hitzestabile Proteininhibitoren für die Enzyme Trypsin und Subtilisin nachgewiesen (Genov et al., 1997). Als Substanz mit der höchsten toxischen Bedeutung wird bei *B. juncea* und *B. nigra* das zu den GLS zählende Sinigrin (2-Propenylglucosinolat, Abb. 4.20.) angesehen.

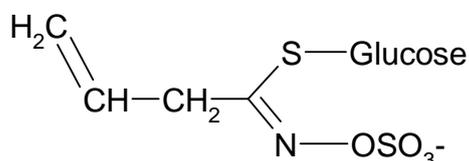


Abbildung 4.20. Sinigrin

Die Hydrolyse durch das Enzym Myrosinase führt zu den als Senföl bezeichneten Allyl-Isothiocyanaten. Sinigrin findet sich in verschiedenen Konzentrationen in allen Pflanzenteilen, wobei die in der Saat am höchsten ist. Bei *B. juncea* resultiert ein mittlerer Gehalt an Allyl-Isothiocyanaten von 0,9 % (0,25 bis 1,4%). Daneben treten bei der Hydrolyse geringere Anteile von Methyl-, Isopropyl-, Butyl-, 3-Butenyl-, 4-Pentenyl-, Phenyl-, 3-Methylthiopropyl-, Benzyl- und Phenylethyl-Isothiocyanaten auf. Methoden zur Bestimmung von Sinigrin und Allyl-Isothiocyanaten einzeln oder gleichzeitig (Tsao et al., 2002) bzw. nach kompletter Hydrolyse (Tsiafoulis et al., 2003) wurden beschrieben. Die Allyl-Isothiocyanate sind der hauptsächliche Wirkstoff in der Heilanwendung von Senf beim Menschen. Bekannt ist seine magenanregende und verdauungsfördernde Wirkung. Zudem wird das Senföl über die Haut resorbiert und führt zu Hautreizungen und Kontaktdermatiden. Hierauf beruht die Anwendung bei Rheuma.

Ausführlichere Informationen zu den GSL sowie zu den bei ihrer Hydrolyse entstehenden Produkten sowie möglichen Effekten beim Tier finden sich im Abschnitt 4.4 Senföl und Vinylthiooxazolidon.

Die Brassica-Senfarten enthalten wie auch der Raps Phenolsäuren in veresterter, gebundener und freier Form. Den Hauptanteil der freien Phenolsäuren macht die Sinapinsäure aus. Bei den veresterten Phenolsäuren ist der Cholinester der Sinapinsäure, das Sinapin (Abb. 4.21.), von Bedeutung. In *B. nigra* wurden bis zu 1,2% dieses Bitterstoffes gefunden.

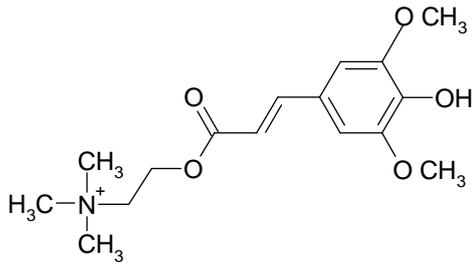


Abbildung 4.21. Sinapin

Sinapin aus Rapssamen und Produkten daraus steht bei Legehennen mit einem fischigen Geschmack und Geruch der Eier in Verbindung. Im Verdauungstrakt wird es durch Enterobakterien zu Trimethylamin abgebaut (Abb. 4.21.). Die im Gewebe lokalisierte Trimethylaminoxidase oxidiert diese Verbindung, welche dann mit dem Kot ausgeschieden werden kann. Eine Hemmung der Trimethylaminoxidase ist durch den Metaboliten VOT (Goitrin) des Progoitrins, einem im Raps bekannten GSL und durch Tannine möglich (Butler und Fenwick, 1984). Bei braunschalige Eier legenden Hennen ist ein genetischer Defekt bekannt, der zu einer ungenügenden Synthese der Trimethylaminoxidase führt. Legehennen mit diesem Defekt (sogenannte Tainter) legen Eier mit fischigem Geruch und Geschmack (Abb. 4.22.).

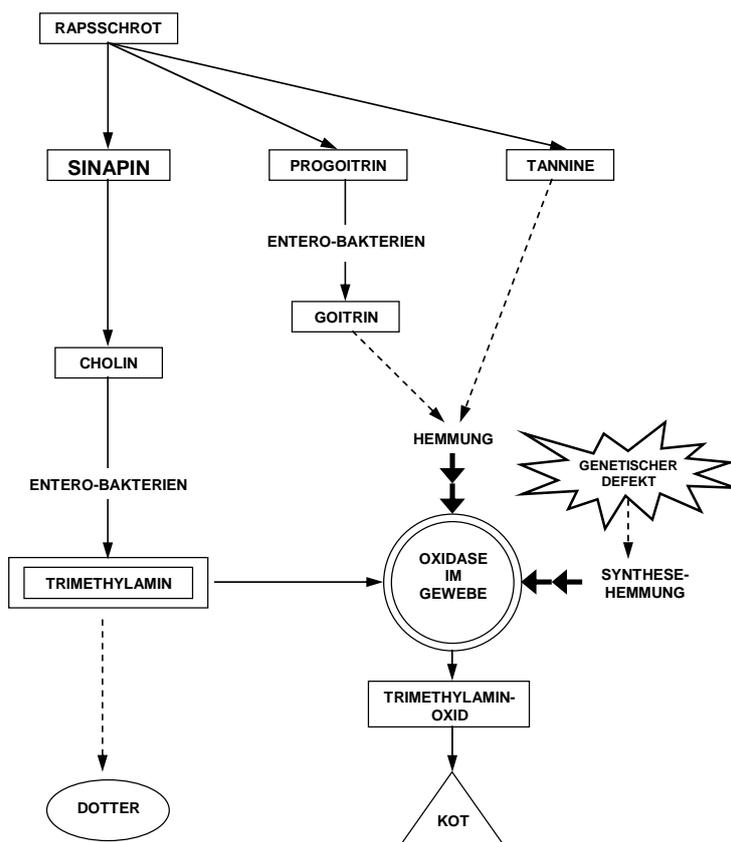


Abbildung 4.22. Stoffwechsel von Sinapin (verändert nach Kamphues et al., 2004 sowie Butler und Fenwick, 1984)

Ein beachtlicher Anteil des in den Brassica-Senfarten enthaltenen Fettes wird von der Erucasäure gestellt. Bei je nach Varietät schwankendem Fettgehalt von 24 bis 40% liegt der Anteil dieser einfach ungesättigten C22-Fettsäure (cis-13-Docosensäure, Abb. 4.23.) bei 20 bis 52%.

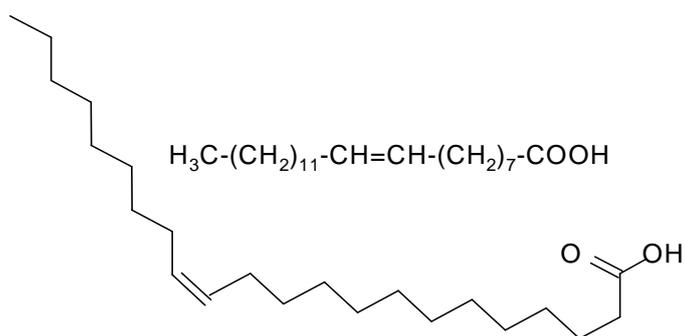


Abbildung 4.23. Erucasäure

Bei natürlich vorkommenden Subspezies von *B. carinata* wurden Gehalte an Erucasäure zwischen 0 und mehr als 50% gefunden. Sie hat einen kratzig-bitteren Beigeschmack und ist Ursache für die frühere, überwiegend technische Verwendung von Rapsöl. Erucasäure wird mit Schädigungen des Herzens in Verbindung gebracht. Hohe Dosen führen zu

Herzmuskelverfettung. Bei Ratten wurden pathologische Veränderungen des Herzmuskels beschrieben (Kramer et al., 1979; Charlton et al., 1975; Vogtmann et al., 1975). Des Weiteren traten im Tierversuch Wachstumsdepressionen auf (Kramer et al., 1979).

Bei zahlreichen Kulturarten ist Phytat (Abb. 4.24.), ein Salz der Inositphosphorsäure die Hauptspeicherform für Phosphor. Die Phytinsäure selbst enthält 28,2% Phosphor. In dieser Form gebunden, kann er nicht resorbiert werden. Die Verwertung von Phytatphosphor durch Monogastrier ist eingeschränkt. Die Inositphosphorsäure kann auch weitere bivalente Kationen der Elemente Ca, K, Mg, Mn, Fe, Zn im Verdauungstrakt chelatisieren und damit diese Ionen der Versorgung des Tieres entziehen (Reddy et al., 1982; Zhou et al., 1995).

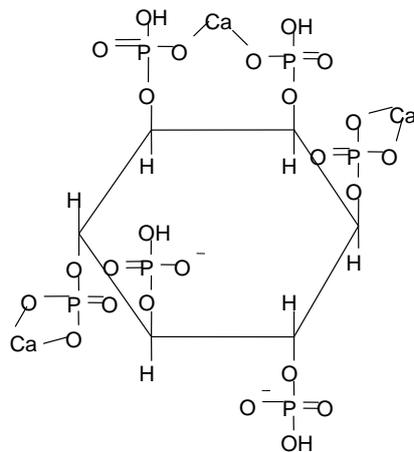


Abbildung 4.24. Phytat

4.17.3 Vermeidung

Die Brassica-Senfarten treten als Beikraut in verschiedenen Kulturen auf. Eine Verunreinigung des Erntegutes mit den Samen ist daher nicht ausgeschlossen. Eine entsprechende Bekämpfung dieser Beikräuter ist besonders dann angezeigt, wenn eine Reinigung der Partien nicht möglich erscheint. In Rapslieferungen aus Polen und der Ukraine wurden höhere als für 00-Sorten übliche GSL-Gehalte festgestellt. Durch die Analyse des Glucosinolatmusters dieser Chargen und der aus ihnen erzeugten Extraktionsschrote und Kuchen konnte auf die Beimengung von Senfsamen geschlossen werden. Es erscheint denkbar, dass diese durch Aufwüchse von in den Vorjahren auf diesen Flächen angebautem schwarzem Senf zustande kamen.

4.17.4 Reinigung (Verminderung oder Entfernung)

Da die als Senf bezeichneten Samen der Brassicaarten nur in nicht bestimmbarer Menge in Futtermischungen enthalten sein dürfen (s. Tab. 4.1.), ergibt sich als einzige Möglichkeit die Reinigung der betroffenen Partien. Über technische Verfahren und ihre Praktikabilität gibt es keine Angaben.

Da die Brassica- und Sinapissamen wesentlich kleiner als Getreidekörner sind, wäre eine Reinigung von Getreidechargen von unerwünschtem Besatz denkbar. Hingegen scheint die

mechanische Trennung von Rapssamen von unerwünschten Senf Beimengungen technisch aussichtslos und in den Produkten unmöglich.

4.17.5 Dekontamination (Inaktivierung, Detoxifikation)

Jegliche Verfahren zur Senkung der Gehalte an antinutritiven Stoffen, wie die zum Beispiel zur Verminderung der GSL und deren Spaltprodukten in Rapssamen und daraus hergestellten Produkten beschriebenen hydrothermischen Verfahren, scheiden bei den Brassica-Senfarten grundsätzlich aus. Der Grund dafür ist die Bestimmung in Anlage 5 zur FMV, welche jeglichen Gehalt an Saat und Frucht dieser Senfarten und aus deren Verarbeitung gewonnenen Erzeugnissen, der über eine bestimmbare Menge hinausgeht, untersagt.

4.17.6 Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf

Durch den Ausschluss der Brassica-Senfarten als Bestandteil oder Beimengung von Futtermischungen ergeben sich nur die Möglichkeiten der Verhinderung von Verunreinigungen durch eine gute Anbaukontrolle und in gewissem Umfang durch die Reinigung der Erntepartien.

Andererseits wäre es denkbar, die in Bereich humaner Heilpraktiken bekannten positiven Wirkungen zum Beispiel des Senföls auf die Anregung von Verdauungsprozessen aber auch eine gewisse antibakterielle Wirkung auch in der Tierernährung zu nutzen. Die Vermutung, dass ätherische Öle und Kräuter eine ähnliche Wirkung, wie sie den antibiotischen Leistungsförderern zugeschrieben wird, haben, ist hinlänglich bekannt (Kluth et al., 2002; Wald, 2004).

Forschungsbedarf in Bezug auf die Brassica-Senfarten ergibt sich jedoch daraus nur bedingt, da für diese Zwecke der sogenannte weiße Senf (*Sinapis alba* (L.)) genutzt werden könnte, dessen Einsatz sich gegenwärtig nur durch die in Anlage 5 zur FMV festgelegten Höchstgehalte in Bezug auf den Gehalt an Senfölen sowie Vinylthiooxazolidon in Alleinfuttermitteln regelt.

4.17.7 Literatur

- Butler EJ, Fenwick, RG (1984) Trimethylamine and fishy taint eggs. *World's Poultry Sci* 40: 38-51
- Charlton KM, Corner AH, Davey K (1975) Cardiac lesions in rats fed rapeseed oils. *Can J Comp Med* 39: 261-269
- Genov N, Goshev I, Nikolova D (1997) A novel thermostable inhibitor of trypsin and subtilisin from the seeds of *Brassica nigra*: amino acid sequence, inhibitory and spectroscopic properties and thermostability. *Biochimica et Biophysica Acta-Protein Structure and Molecular Enzymology* 1341: 157-164
- Kamphues J, Coenen M, Kienzle E, Pallfu J, Simon O, Zentek J (2004) *Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung*. 10. Aufl., Verlag M & H Schaper Alfred-Hannover. 325 p

- Kluth H, Schulz E, Halle I, Rodehutschord M (2002) Zur Wirksamkeit von Kräutern und ätherischen Ölen bei Schwein und Geflügel. Proc. 7. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 26.-28. November 2002, Wittenberg: 66-77
- Kramer JK, Hulan HW, Trenholm HL, Corner AH (1979) Growth, lipid metabolism and pathology of two strains of rats fed high fat diets. *J Nutr* 109: 202-213
- Reddy NR, Sathe SK, Salunkhe DK (1982) Phytates in legumes and cereals. *Adv Food Res* 28: 1-92
- Tsao R, Yu Q, Potter J, Chiba M (2002) Direct and simultaneous analysis of sinigrin and allyl isothiocyanate in mustard samples by high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 4749-4753
- Tsiafoulis CG, Prodromidis MI, Karayannis MI (2003) Development of a flow amperometric enzymatic method for the determination of total glucosinolates in real samples. *Analytical Chemistry* 75: 927-934
- Vogtmann H, Christian R, Hardin RT, Clandinin DR (1975) The effects of high and low erucic acid rapeseed oils in diets for rats. *Int J Vitam Nutr Res* 45: 221-229.
- Wald C (2004) Die Wirkung phyto gener Zusatzstoffe in der Tierernährung. *Lohmann Information* 2: 19-27
- Zhou JR, Erdman JW (1995) Phytic acid in health and disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 35: 495-508