

Vergleichende Untersuchungen zur Nährstoffverdaulichkeit und zum energetischen Futterwert von unbehandeltem und ethanolisch behandeltem Rapsextraktionsschrot an wachsenden Schweinen

Wolfgang Hackl¹, Kirsten Büsing¹ und Antje Priepke²

¹Lehrstuhl für Ernährungsphysiologie und Tierernährung, Institut für Nutztierwissenschaften und Technologie, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 8, 18059 Rostock

²Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Institut für Tierproduktion, Wilhelm-Stahl-Allee 2, 18196 Dummerstorf

Zusammenfassung

Durch ein spezielles ethanolisches Behandlungsverfahren wurde der Glucosinolatgehalt in einem handelsüblichen, ethanolisch unbehandeltem Rapsextraktionsschrot (RES-u) von 4,8 auf 1,1 mmol / kg TS in behandeltem Rapsextraktionsschrot (RES-b) erheblich vermindert. Darüber hinaus hatte die Behandlung eine deutliche Erhöhung des Rohprotein- und Rohfasergehaltes von 378 auf 447 bzw. von 145 auf 180 g / kg TS und eine Verminderung des Rohfett- und Zuckergehaltes von 45 auf 18 bzw. von 89 auf 5 g / kg TS zur Folge. Eine Beeinflussung der Proteinqualität (g AS / 100 g Rohprotein) wurde nach einer Analyse des Aminosäuremusters nicht festgestellt. Daraus resultiert im Zusammenhang mit dem erhöhten Rohproteingehalt ein deutlich höherer absoluter Aminosäuregehalt in dem RES-b, der für die in der Schweinefütterung erst limitierenden Aminosäuren (Lysin, Methionin + Cystin, Threonin) ca. 3 bis 4 g / kg TS ausmacht.

Die Ergebnisse der Verdauungsversuche an wachsenden Schweinen (Differenzversuch mit Weizen, regressive Auswertung) zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Varianten RES-u und RES-b für die Verdaulichkeit der organischen Substanz (68,1 vs. 68,0 %) und des Rohproteins (80,8 vs. 78,1 %) sowie eine gute Übereinstimmung mit den Angaben der DLG-Futterwerttabelle (1991). Das Rohfett aus RES-b wurde hingegen vergleichsweise deutlich schlechter verdaut (64,4 vs. 44,8 %). Dies sollte jedoch wegen des sehr geringen Fettgehaltes nicht überbewertet werden.

Der auf der Grundlage der Nährstoffzusammensetzung und -verdaulichkeit berechnete Energiegehalt lag im RES-b mit 11,3 MJME_S / kg TS um relativ 2 % unter dem des unbehandelten Ausgangsmaterials (11,6 MJME_S / kg TS), stimmte

aber mit den Angaben der DLG-Futterwerttabelle (1991) für handelsübliches 00-Rapsextraktionsschrot überein.

Summary

Comparative research on the digestibility of nutrients and the energetic nutritional value of untreated and ethanolic treated rape seed meal in growing pigs

With a special ethanolic treatment the content of glucosinolate in an usual rape seed meal (RES-u) was vastly reduced from 4,8 to 1,1 mmol / kg dry matter in the treated rape seed meal (RES-b). Furthermore the treatment resulted in a noticeable increase of the content of crude protein and crude fibre from 378 to 447 and 145 to 180 g / kg dry matter and a decrease of the content of crude fat and sugar from 45 to 18 and 89 to 5 g / kg dry matter, respectively. An influence on the quality of protein (g amino acid / 100 g crude protein) was not detectable after an analysis of the amino acids. Relating to an increase in the content of crude protein the absolute content of amino acids in the RES-b was with circa 3 to 4 g / kg dry matter remarkably higher for the in the nutrition of pigs first limiting amino acids (lysine, methionine and cysteine, threonine).

The results on digestion with growing pigs (substitutional trial with wheat, regressive analysis) detected no differences between both variants RES-u and RES-b on the digestibility of organic substance (68,1 % vs. 68,0 %) and crude protein (80,8 % vs. 78,1 %) plus a well accordance to the data of nutritional values in the tables of the DLG (1991). The digestibility of crude fat in RES-b was much more decreased (64,4 vs. 44,8 %). This fact should not be overvalued because of the very low content of fat within the ration.

Based on the composition and digestibility of nutrients the content of energy was calculated and lay with 11,3 MJME_S / kg dry matter (RES-b) relatively 2 % behind the untreated original material (11,6 MJME_S / kg dry matter), but being concordant with the data of energetic values for usual rape seed meal in the tables of the DLG (1991).

1. Einleitung und Zielstellung

Rapsextraktionsschrot als Nebenprodukt der Rapsölgewinnung wird in der Monogastridenfütterung auf Grund des relativ hohen Proteingehaltes und der guten Proteinqualität immer häufiger eingesetzt. Antinutritive Substanzen, wie Erucasäure

und Glucosinolate, die vor allem in alten Rapssorten in hohen Konzentrationen vorhanden waren, sind in neueren, handelsüblichen Züchtungen mit Doppelnullqualität in deutlich geringeren Mengen nachweisbar. Eine vollständige Eliminierung der antinutritiven Substanzen, insbesondere der Glucosinolate konnte aber nicht erreicht werden. Durch ein von der Firma ÖHMI Engineering GmbH entwickeltes spezielles ethanolisches Behandlungsverfahren wurde der Glucosinolatgehalt, der in handelsüblichen Rapsextraktionsschroten nach den Ergebnissen des Rapsextraktionsschrot-Monitorings mit 55 untersuchten Proben im Jahr 2008 (WEBER) in Deutschland bei durchschnittlich 7,8 mmol / kg TS (1,0 – 19,3 mmol / kg TS) lag, deutlich abgesenkt. Darüber hinaus änderte sich durch das Behandlungsverfahren die Nährstoffzusammensetzung des Ausgangsmaterials. In den vorliegenden vergleichenden Verdauungsversuchen an wachsenden Schweinen sollte geprüft werden, ob sich diese Veränderungen auf die Nährstoffverdaulichkeit und somit den energetischen Futterwert des behandelten Rapsextraktionsschrotes auswirken.

2. Material und Methoden

Für die Durchführung der Verdauungsversuche wurden von der Firma ÖHMI Engineering GmbH, Magdeburg unbehandeltes (RES-u) und ethanolisch behandeltes Rapsextraktionsschrot (RES-b) zur Verfügung gestellt. Diese Prüffuttermittel wurden im Rhythmus der Verdauungsversuche jeweils zur Rationseinwaage fünfmal beprobt und analysiert.

2.1. Futtermittelanalysen

Die Nährstoffzusammensetzung der Futtermittel wurde nach den Richtlinien des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER, 1976) ermittelt. Die Aminosäurenanalyse erfolgte nach saurer und oxidiertes Hydrolyse mittels HPLC ebenfalls nach den Richtlinien des VDLUFA. Der Glucosinolatgehalt wurde mittels HPLC nach DIN EN ISO 9167-1:1995 bestimmt.

2.2. Verdauungsversuch – Versuchsdurchführung

Der Verdauungsversuch wurde an 4 männlichen Landrasse-Kastraten im Lebendmassebereich von 40 bis 50 kg nach den Richtlinien der GfE (2005) im lateinischen Quadrat durchgeführt. Die Haltung der Tiere erfolgte in Stoffwechselkäfigen, die die getrennte Sammlung von Kot und Harn gestatten und in der Größe verstellbar waren. Das Versuchsdesign ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Die Rapsextraktionsschrot-Varianten wurden im Differenzversuch mit Mineralfutter ergänztem Weizen (Grundration) geprüft. Die gesamte Versuchsreihe war in 5 Durchgänge unterteilt. Im ersten Durchgang erhielten alle Tiere über 12 Tage die Grundration. In den folgenden jeweils 10-tägigen Durchgängen (5 Tage Vorversuch und 5 Tage Hauptversuch) wurde entsprechend dem Versuchsdesign Weizen anteilig durch Rapsextraktionsschrot beider Varianten in 2 Niveaus von 15 bzw. 30 % ersetzt (Tab. 1).

Tab. 1: Versuchsdesign

Experimental design

Durchgang	Ration	Tier Nr.			
		1	2	3	4
1	Grundration	Weizen + Mineralfutter			
2	Prüfration: Grundration + RES	RES-u_N ₁₅	RES-u_N ₃₀	RES-b_N ₁₅	RES-b_N ₃₀
3		RES-u_N ₃₀	RES-b_N ₁₅	RES-b_N ₃₀	RES-u_N ₁₅
4		RES-b_N ₁₅	RES-b_N ₃₀	RES-u_N ₁₅	RES-u_N ₃₀
5		RES-b_N ₃₀	RES-u_N ₁₅	RES-u_N ₃₀	RES-b_N ₁₅
N ₁₅ ,N ₃₀ – RES-Niveau in der Ration 15 bzw. 30 %					

Vor Beginn eines jeden Durchganges wurden die an die Lebendmasse der Versuchstiere angepassten Tagesrationen nach Einzelkomponenten für täglich zwei Mahlzeiten eingewogen und zeitgleich Sammelproben der Futterkomponenten für die Laboranalysen gezogen.

In der Hauptversuchszeit wurde eine vollständige quantitative Kotsammlung durchgeführt (zweimal täglich), wobei die Aufbewahrung des Sammelkotes in einer Kühlzelle bei -21°C erfolgte. Am Ende eines jeden Durchganges wurde von dem aufgetauten und sorgfältig durchmischten Gesamtkot von jedem Tier eine frische Probe zur Trockensubstanz- und Stickstoffbestimmung entnommen und ein anderer Teil für weitere Analysen gefriergetrocknet.

2.6. Versuchsauswertung

Die Bestimmung der Verdaulichkeit der für die energetische Futterbewertung von Einzelfuttermitteln relevanten Nährstoffe Organische Substanz, Rohprotein und Rohfett erfolgte regressiv entsprechend dem von POPPE (1981) beschriebenen Ansatz zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit für zwei Futtermittel im Steigerungsversuch:

$$(1) NA = NA_{FM 1} + NA_{FM 2}$$

$$(2) NV = \alpha * NA_{FM 1} + \beta * NA_{FM 2}$$

$$(3) 1 = \alpha * \frac{NA_{FM 1}}{NV} + \beta * \frac{NA_{FM 2}}{NV}$$

$$x = \frac{NA_{FM 1}}{NV} \quad y = \frac{NA_{FM 2}}{NV}$$

$$(4) 1 = \alpha * x + \beta * y$$

$$a = \frac{1}{\beta} \quad \beta = \frac{1}{a}$$

$$(5) y = \frac{1}{\beta} - \frac{\alpha}{\beta} * x$$

Regression: $y = a + bx$

$$b = \frac{-\alpha}{\beta} \quad \alpha = \frac{-b}{a}$$

$\alpha * 100$ = Nährstoffverdaulichkeit Futtermittel 1

$\beta * 100$ = Nährstoffverdaulichkeit Futtermittel 2

NA = Nährstoffaufnahme gesamt (g)

$NA_{FM 1}$ = Nährstoffaufnahme aus Futtermittel 1 (g)

$NA_{FM 2}$ = Nährstoffaufnahme aus Futtermittel 2 (g)

NV = gesamt verdauter Nährstoff (g)

Nach entsprechender linearer Regressionsanalyse wurde für die vorliegenden Versuche aus den Regressionsparametern a und b neben der Nährstoffverdaulichkeit der Grundration (Weizen + Mineralfutter) die Verdaulichkeit beider Rapsextraktionsschrot-Varianten (RES-u und RES-b) berechnet. Für die Regressionsanalyse standen ursprünglich für jeden Nährstoff acht Wertepaare zur Verfügung, für das Rohfett mussten jedoch wegen unplausibler Kot-Fettausscheidungen 4 (RES-u) bzw. 3 (RES-b) Werte von der Auswertung ausgeschlossen werden.

Der energetische Futterwert des Rapsextraktionsschrotes wurde auf der Grundlage der für beide Varianten analysierten Rohnährstoffgehalte unter Berücksichtigung der regressiv ermittelten Verdaulichkeiten sowie des analysierten Zuckergehaltes nach der von der GfE (2006) empfohlenen Gleichung zur Schätzung der umsetzbaren Energie (ME) für Einzelfuttermittel für Schweine berechnet :

ME_s [MJ / kg]

$$= 0,0205DXP(g) + 0,0398DXL(g) + 0,0173XS(g) + 0,0160XZ(g) + 0,0147 OR (g)$$

wobei DXP: verdauliches Rohprotein; DXL: verdauliches Rohfett; XS: Stärke; XZ: Zucker; und DOS: verdauliche organische Substanz; OR: DOS-(DXP+DXL+XS+XZ) bedeuten.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Inhaltsstoffe und Nährstoffgehalt

Der Glucosinolatgehalt des Ausgangsmaterials lag mit 4,8 mmol / g TS zwar deutlich unter dem Durchschnittswert aus dem Rapsextraktionsschrot-Monitoring des vergangenen Jahres, der nach WEBER (2008) bei 7,8 mmol / g TS lag, wurde aber durch die Behandlung um nahezu 80% auf 1,1 mmol / kg TS weiter abgesenkt (Tab. 2). Er liegt damit im Bereich des untersten Wertes, der 2008 im Rahmen des Monitorings (55 analysierte Proben) ermittelt wurde.

Tab. 2: Glucosinolatgehalt
Content of glucosinolate

Variante	Gesamtglucosinolatgehalt* [mmol / kg TS]
RES-u – Rapsextraktionsschrot unbehandelt	4,8
RES-b – Rapsextraktionsschrot ethanolisch behandelt	1,1
RES-00- Rapsextraktionsschrot-Monitoring 2008 (WEBER, 2008)	7,8 (1,0 - 19,3)

* Labor Gülzow, LFA MV

Die diesbezügliche Wirkung der ethanolischen Behandlung ist somit sehr beachtlich und im Hinblick auf den Einsatz in der Fütterung der Monogastriden von großer Bedeutung.

Wie aus der Tab. 3 ersichtlich wird, hat die ethanolische Behandlung des Rapsextraktionsschrots zu charakteristischen Veränderungen in der Nährstoffzusammensetzung geführt.

Tab. 3: Nährstoffgehalt
Content of nutrients

Variante	TS	Roh- asche	Org. Subst.	Roh- protein	Roh- fett	Roh- faser	NDF	ADF	ADL	Zucker
	[g / kg]									
RES-u	902 ± 11	101 ± 9,4	899 ± 9,4	378 ± 5,7	45 ± 2,6	145 ± 4,3	363 ± 9,3	228 ± 6,4	92 ± 1,9	90 ± 2,8
RES-b	880 ± 10	96 ± 0,5	904 ± 0,5	449 ± 1,2	18 ± 1,7	180 ± 4,8	473 ± 27,5	273 ± 6,8	111 ± 4,9	5 ± 0,8

Der Rohprotein- und Rohfasergehalt liegt in der RES-b-Variante deutlich (7 bzw. 3,5 % absolut) höher als in RES-u. Das trifft auch für die Zellwandfraktionen zu. Der Fettgehalt dagegen wird durch die Behandlung um mehr als die Hälfte vermindert und der Zuckergehalt geht nahezu gegen Null.

3.2. Proteinqualität und Aminosäuregehalt

Die Proteinqualität (g Aminosäuren / 100 g Rohprotein) von RES-u und RES-b ist als gleichwertig einzuschätzen (Tab. 4). Die analysierten Werte stimmen unter Beachtung der Standardabweichung überwiegend gut mit den Angaben in den Aminosäurentabellen von DEGUSSA (AminoDat, 2005) und AFZ et al. (AmiPig, 2000) überein. Der absolute Aminosäuregehalt (g Aminosäuren / kg TS) ist aufgrund des höheren Rohproteingehaltes beim RES-b deutlich höher (Tab. 4).

Tab. 4: Proteinqualität und Aminosäuregehalt

Quality of protein and content of essential amino acids

Variante	RES-u		RES-b		RES-u	RES-b
					Rohprotein [g / kg TS]	
	377,6 ± 5,7		449,0 ± 1,2			
Aminosäure	Proteinqualität [g AS / 100g Rohprotein]				Aminosäuregehalt [g AS / kg TS]	
ASP	7,96	± 0,29	7,94	± 0,18	30,1	35,7
THR	4,59	± 0,17	4,73	± 0,08	17,3	21,2
SER	4,40	± 0,16	4,53	± 0,06	16,6	20,3
GLU	17,82	± 0,63	17,92	± 0,56	67,3	80,5
GLY	5,41	± 0,18	5,53	± 0,12	20,4	24,8
ALA	4,63	± 0,17	4,76	± 0,11	17,5	21,4
VAL	5,25	± 0,28	5,45	± 0,16	19,8	24,5
ILEU	4,17	± 0,20	4,33	± 0,11	15,7	19,4
LEU	7,33	± 0,25	7,60	± 0,17	27,7	34,1
TYR	2,60	± 0,07	2,66	± 0,06	9,8	11,9
PHE	4,25	± 0,17	4,37	± 0,09	16,0	19,6
HIS	2,89	± 0,08	2,94	± 0,05	10,9	13,2
LYS	5,50	± 0,23	5,62	± 0,13	20,8	25,2
ARG	6,16	± 0,26	5,70	± 0,18	23,3	25,6
PRO	6,17	± 0,22	6,30	± 0,13	23,3	28,3
CYS	2,27	± 0,06	2,30	± 0,05	8,6	10,3
MET	1,95	± 0,06	2,01	± 0,06	7,4	9,0
MET+CYS					15,9	19,4

Insbesondere der um 3 bis 4 g höhere Gehalt an den erstlimitierenden Aminosäuren Lysin, Methionin + Cystin und Threonin im RES-b ist für die Monogastridenfütterung bedeutungsvoll.

3.2 Verdaulichkeit und energetischer Futterwert

Die auf der Grundlage der nach linearer Regressionsanalyse erhaltenen Regressionsparameter a und b (Tab. 5) berechneten Nährstoffverdaulichkeiten zeigen für die organische Substanz keinen und das Rohprotein nur marginalen Unterschied zwischen RES-u und RES-b. Für das Rohfett dagegen liegt die Verdaulichkeit nach ethanolischer Behandlung vergleichsweise deutlich um 20 Einheiten niedriger. Unter Berücksichtigung des sehr geringen Restfettgehaltes in RES-b bzw. der Probleme der Fettanalytik bei fettarmen Futtermitteln sollte dieser Unterschied jedoch nicht überbewertet werden.

Tab. 5: Regressionsparameter und Nährstoffverdaulichkeit
Parameters of regression and digestibility of nutrients

Rapsextraktionsschrot - unbehandelt					
Regressionskenngrößen					
Organische Substanz		Rohprotein		Rohfett	
b	a	b	a	b	a
-1,3464	1,4688	-1,1075	1,2370	-0,6990	1,5478
± 0,14	± 0,13	± 0,07	± 0,05	± 0,08	± 0,10
R ² =0,94	SR=0,0258	R ² =0,98	SR=0,0219	R ² =0,97	SR=0,0413
F=89	FG=6	F=280	FG=6	F=77	FG=2
Verdaulichkeit (in %)					
68,1		80,8		64,6	
Rapsextraktionsschrot - ethanolisch behandelt					
Regressionskenngrößen					
Organische Substanz		Rohprotein		Rohfett	
b	a	b	a	b	a
-1,3390	1,4696	-1,1519	1,2700	-0,7971	2,2303
± 0,13	± 0,12	± 0,08	± 0,05	± 0,11	± 0,24
R ² =0,94	SR=0,0241	R ² =0,97	SR=0,0269	R ² =0,94	SR=0,0662
F=101	FG=6	F=195	FG=6	F=49	FG=3
Verdaulichkeit (in %)					
68,0		78,7		44,8	

Die ermittelten Nährstoffverdaulichkeiten stimmen mit Ausnahme der relativ hohen Fettverdaulichkeit bei RES-u überwiegend mit den Werten aus der DLG-Futterwerttabelle (1991) überein, wie vergleichsweise aus der Tab. 6 hervorgeht, in

der die aus der Nährstoffzusammensetzung und –verdaulichkeiten berechneten Energiegehalte aufgeführt sind. Die für RES-u berechnete Energiekonzentration liegt mit 11,6 MJME_s / kg TS aufgrund des höheren Rohfettgehaltes und der höheren Verdaulichkeit um relativ 2,6 % über dem Niveau von RES-b und dem Tabellenwert von 11,3 MJME_s / kg TS.

Tab. 6: Energetischer Futterwert
Energetic nutritional value

Variante	TS [g / kg]	Nährstoffgehalt [g / kg TS]						Energie*) [MJ ME _s / kg TS]
		Roh- asche	Org. Subst.	Roh- protein	Roh- fett	Roh- faser	Zucker	
RES-u	902 ± 11	101 ± 9,4	899	378 ± 5,7	45 ± 2,6	145 ± 4,3	90 ± 2,8	11,6
			Verdaulichkeit (in %)					
			68	81	65			
RES-b	880 ± 10	96 ± 0,5	904	449 ± 1,2	18 ± 1,7	180 ± 4,8	5 ± 0,8	11,3
			Verdaulichkeit (in %)					
			68	79	45			
RES-00- DLG- Tabelle (1991)	890	79 ± 14	921	406 ± 28	27 ± 10	129 ± 10	83	11,3
			Verdaulichkeit (in %)					
			67	78 ± 6	42 ± 22	31 ± 11		

*) nach Schätzgleichung gemäß GfE (2006) berechnet

5. Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen kann geschlussfolgert werden, dass sich durch die ethanolische Behandlung die Futterwert-Eigenschaften des Rapsextraktionsschrots im Hinblick auf den Einsatz in der Monogastridenfütterung verbessert haben. Durch eine deutliche Absenkung des Glucosinolatgehaltes ist eine höhere Einsatzsicherheit gegeben und durch einen erhöhten Rohproteingehalt bei gleichbleibender Proteinqualität steigt die Bedeutung als Aminosäurenlieferant. Die ermittelten Unterschiede in der Fettverdaulichkeit führen lediglich zu nur marginalen Veränderungen im Energiegehalt, so dass für

Rationskalkulationen die gegenwärtig gebräuchlichen Tabellenwerte (DLG 1991) auch für das behandelte Rapsextraktionsschrot verwendet werden können.

6. Literaturverzeichnis

- AFZ, Ajinomoto Eurolysine, Aventis Animal Nutrition, INRA, ITCF, 2000: Ileal standardised digestibility of amino acids in feedstuffs for pigs.
<http://www.feedbase.com/amipig.php>
- Degussa, 2005: AminoDat 3.0, <http://www.aminoacidsandmore.com>
- DLG, 1991: DLG-Futterwerttabellen - Schweine -, 6. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- GfE, 2005: Communications of the Committee for Requirement Standards of the Society of Nutrition Physiology: Determination of digestibility as the basis for energy evaluation of feedstuffs for pigs. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 14, 207-213
- GfE, 2006: Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- Naumann, C., R. Bassler, 1976: Methodenbuch Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. 4. Ergänzungslieferung 1997, VDLUFA-Verlag Darmstadt
- Poppe, S., 1981: Bestimmung der Verdaulichkeit In: Tierproduktion - Tierernährung. Seite 96 in M. Anke, H. Berger, H. Bergner, G. Gebhardt, H. Jeroch, S. Poppe, F. Reinisch, and R. Schiemann, eds. Minister für Hoch- und Fachschulwesen, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag DDR - Berlin.
- Weber, M., 2008: By products of the bio ethanol production as new feed for pigs – a possibility to reduce feed costs? European Pig Producers congress, Graz, 04.-07.06.2009