



Ganzpflanzenmais: Futtermittel für Schweine?

Caspar WENK, Giuseppe BEE und Ruth MESSIKOMMER, Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährungsbiologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

Die Schweinemast ist ein wichtiger Bestandteil der Schweizer Landwirtschaft. Sie soll in die gesamtbetrieblichen Abläufe eingebettet sein und den Ansprüchen einer umweltgerechten Erzeugung qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel genügen. Dabei ist neben den Nebenprodukten aus der Lebensmittelherstellung die Nutzung von qualitativ hochwertigen betriebseigenen Futtermitteln ein zentrales Anliegen.

Schweinefleisch ist ein beliebtes Nahrungsmittel der Schweizer. Es wird heute noch weitgehend in der Schweiz produziert. Die Schweineproduzenten geraten aber zunehmend unter Preisdruck und müssen alle Möglichkeiten ausschöpfen, möglichst preisgünstig Schweinefleisch zu erzeugen.

Die Schweineproduktion stellt in verschiedenen Regionen der Schweiz einen umweltbelastenden Faktor dar. Es werden zu viele unverwertete Nährstoffe über die Exkremente auf Wiesen und Felder ausgebracht, die zum Teil in die Gewässer oder in die Luft gelangen. Durch das konsequente Ergreifen von agronomischen Massnahmen können diese Verluste stark

reduziert werden. In diesem Zusammenhang sind eine möglichst bedarfsgerechte Versorgung der Tiere mit essentiellen Nährstoffen während der ganzen Wachstumsperiode (Phasenfütterung) und die Anwendung von Futterzusätzen wie hauptsächlich Enzyme oder auch antimikrobielle Leistungsförderer zu nennen (Wenk 1995a).

Gesamtschweizerisch betrachtet ist das Schwein ein ausserordentlich wichtiger Verwerter von Nebenprodukten der Lebensmittelherstellung. Alternativen zu diesem Nutztier würden sich für die Lebensmittelindustrie bei der heutigen Umweltschutzgesetzgebung nur schwer finden lassen. Aufgrund von Schätzungen für das Jahr

1993 fallen jährlich etwa 620'000 Tonnen Trockensubstanz (TS) aus der Inlanderzeugung an (Chaubert 1994), die über die Mischfutterherstellung verwertet werden. Bezogen auf die gesamte Mischfutterproduktion beträgt der Anteil der Nebenprodukte rund ein Drittel. Die Verwendung von Nebenprodukten im Rinderfutter ist aus physiologischen und gesetzlichen Gründen nur beschränkt möglich, und beim Geflügel lassen sich ebenfalls nicht beliebige Mengen einsetzen. Somit kann das Schwein als eigentlicher Verwerter von vielen Nebenprodukten bezeichnet werden. Schätzungen zufolge beträgt der gesamte Anteil an inländischen Nebenprodukten in der Gesamtration für Schweine 60 % (Wenk 1995 b). Die Verwertung von Nebenprodukten der Lebensmittelindustrie in der Schweinefütterung trägt wesentlich zur Entlastung der gesamtschweizerischen Nährstoffbilanz bei (Abb. 1). Dennoch können regional grosse Nährstoffüberbelastungen auftreten.

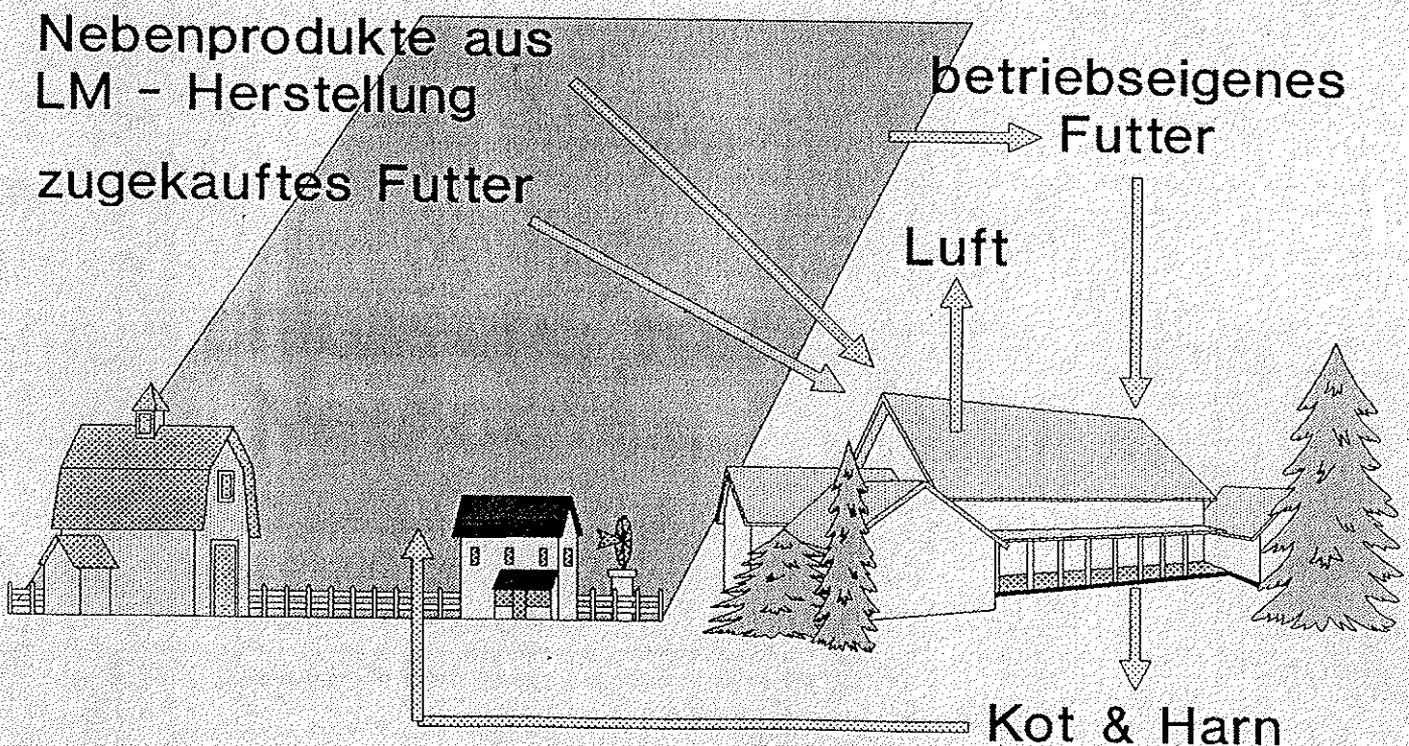


Abb. 1. Geschlossene Nährstoffkreisläufe - nachhaltige Produktion: Bedeutung der Verwertung von Nebenprodukten aus der Lebensmittel(LM)-erzeugung und von betriebseigenen Futtermitteln in der Tierernährung.

Tab. 1. Mittlerer Nährstoffgehalt von ganzen Maispflanzen (in der TS)

Organische Substanz	940 - 960 g/kg
Rohprotein	75 g/kg
Rohfett	20 - 25 g/kg
Rohfaser	190 - 220 g/kg
<i>Faserfraktion</i>	
NDF (Neutral Detergent Fiber)	440 - 490 g/kg
ADF (Acid Detergent Fiber)	225 - 260 g/kg
ADL (Acid Detergent Lignin)	30 g/kg
Bruttoenergie	18,4 - 18,6 MJ/kg

Die Verwendung von grösseren Mengen an betriebseigenen Futtermitteln erlaubt den Produzenten die Senkung der Futterkosten. Aus ökologischen Überlegungen ist die Verwendung von betriebseigenen Futtermitteln besonders günstig, denn die Nährstoffe im Futter entstammen dem eigenen Nährstoffkreislauf. Neben Getreide wie Weizen, Roggen, Gerste oder Triticale könnten auch Körnerleguminosen wie Acker- oder Sojabohnen in Schweinerationen Verwendung finden. Neben diesen Futterpflanzen stellt der Mais eine besonders geeignete Komponente in der Tierernährung dar. Wegen des unerwünschten Einflusses der mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf die Fettqualität, muss der Anteil an Mais und möglicherweise auch anderen Futterpflanzen in der Gesamtration für Schweine jedoch eingeschränkt werden.

Einige Befunde deuten darauf hin, dass ganze Maispflanzen einen geringeren Einfluss auf das Fettsäuremuster des Schweinefettes ausüben als die Körner allein. Möglicherweise sind die relativ gut abbaubaren Nahrungsfasern in den Spindeln, Stengeln und Blättern für diesen Einfluss verantwortlich.

Ganze Maispflanzen können um 500 g/kg Nahrungsfasern enthalten (Tab. 1). Davon ist ein wesentlicher Teil leicht verfügbar und kann im Verdauungstrakt des Schweines weitgehend verwertet werden. Entsprechend niedrig sind der Rohfaser-, ADF- und ADL-Gehalt. Dennoch liegt der Gehalt an verdaulicher Energie (VE) von Maispflanzen deutlich unter demjenigen üblicher Futtergetreide. Eine Möglichkeit, die Verwertung der Energie zu verbessern, bietet sich durch den Einsatz von kohlenhydratspaltenden Enzymen (Carbohydrasen) an. Dabei zeigt eine Untersuchung von Wenk *et al.* (1993), dass der VE-Gehalt von Rationen mit 50 % Ganzpflanzenmais mit dem Einsatz einer Carbohydrase von 12,8 auf 13,4 MJ VE/kg TS verbessert werden kann. Dies entspricht

einem Anstieg der energetischen Ausnutzung für die Maispflanzen von fast 10 %. Andererseits kann der VE-Gehalt von Schweinemastrationen mit Ganzpflanzenmais durch den zusätzlichen Einbezug von Futterfett verbessert werden.

Inwieweit sich die Verwendung von Fettzulagen mit dem Einsatz von Enzymen kombinieren lässt, war Inhalt verschiedener Untersuchungen, die am Institut für Nutztierwissenschaften, Ernährungsbiologie, durchgeführt wurden. Es wurden an wachsenden Schweinen von 20 bis 100 kg Lebendgewicht Wachstumsversuche in Kombination mit Verdauungsversuchen auf dem Versuchsgut Chamau des Departementes für Agrar- und Lebensmittelwissenschaften der ETH Zürich durchgeführt.

Versuch mit Ganzpflanzenmais

Dem Versuch lag ein 2 x 2 Faktorendesign (+/- Enzym; +/- Futterfett) zugrunde (Tab. 2). Die Kontrolldiät (K) bestand zu je 50 % aus Grundfutter und Ganzpflanzenmais. Bei den Varianten F und EF wurde 5 % des Grundfutteranteils durch tierisches Extraktionsfett ersetzt. Extraktionsfett weist eine niedrigere Verdaulichkeit auf als hochwertiges Schweinefett oder pflanzliche Fette (Bee *et al.* 1995). Hingegen kann es besser verwertet werden als kristalline Fette mit einem hohen Schmelzpunkt. Die

Tab. 2. Versuchsanordnung

Variante	K	E	F	EF
Grundfutter (%)	50	50	45	45
Ganze Maispflanzen (%)	50	50	50	50
Extraktionsfett (%)	-	-	5	5
Pentosanase	-	+	-	+

K: Kontrolle F: Fettzulage
E: Enzymzulage EF: Enzym- und Fettzulage

Futtermischungen E und EF wurden mit Pentosanase¹ (200 ppm) supplementiert. Die Komponenten der Grundmischung waren Gerste (48 %), Weizen (36 %), Kartoffelprotein (4 %), Sojaschrot (4 %), Fleischknochenmehl (2 %), Lysin, eine Vitamin-Mineralstoffmischung sowie Celite 545 (2,5 %) als Indikatormittel. Die Enzymmischung bestand aus einer Pentosanase, mit vorwiegender Xylanaseaktivität (13'400 U/g). Die Nebenaktivitäten dieser Enzymmischung im Bereich des Zellulose- und Stärkeabbaus dürften ebenfalls von Bedeutung gewesen sein.

Ergebnisse und Diskussion

Der Nährstoffgehalt der Versuchsmischungen der Varianten K und E war sehr ähnlich (Tab. 3). Dies weist auf eine hohe Mischgenauigkeit hin. Mit rund 300 g/kg

¹Pentosanase von Alltech Inc., Nicholasville, Kentucky

Tab. 3. Nährstoffgehalt der Versuchsmischungen (g bzw. MJ/kg)

	Variante			
	K	E	F	EF
Grundmischung %	100	100	95	95
Extraktionsfett %	-	-	5	5
Pentosanase ¹	-	+	-	+
Trockensubstanz (g/kg)	913	910	919	916
<i>g/kg bzw. MJ/kg Trockensubstanz</i>				
Rohasche (g)	66	64	62	61
Rohprotein (g)	132	135	127	127
Rohfett (g)	23	23	86	68
Bruttoenergie (MJ)	18,102	18,129	19,416	19,015
Rohfaser (g)	111	110	105	108
NDF ² (g)	293	291	274	284
ADF ³ (g)	134	134	127	136
ADL ⁴ (g)	20	16	20	20
Hemizellulose ⁵ (g)	160	156	148	148
Zellulose ⁶ (g)	114	118	107	115
Viskosität (cP ⁷)	1,76	1,42	1,49	1,34

¹ Allzyme pentosanase enthält gemäss Angaben des Herstellers als Hauptenzymaktivität: Xylanase (13400 U/g)

² Neutral detergent fiber

³ Acid detergent fiber

⁴ Acid detergent lignin

⁵ Gehalt an unlöslicher Hemizellulose wurde aus der Differenz zwischen NDF und ADF berechnet

⁶ Gehalt an Zellulose wurde aus der Differenz zwischen ADF und ADL berechnet

⁷ Centi Poise: mPas x s

Tab. 4. Wachstumsleistung und Verwertung der verdaulichen Energie für das Wachstum (VE)

	Variante				Pooled SE
	K n = 6	E n = 7	F n = 6	EF n = 6	
Lebendgewicht (kg)					
Versuchsbeginn	22,47	21,62	21,05	22,55	0,661
Versuchsende	90,49	89,24	89,25	90,84	0,379
Tageszuwachs (kg/Tag)	0,619	0,627	0,619	0,637	0,0118
Futterverzehr (kg)	237,0	226,6	233,6	229,9	2,88
Futterverwertung (kg/kg)	3,49	3,35	3,42	3,37	0,038
VE-Aufnahme (MJ VE/Tag)	24,98 ^a	25,91 ^{ab}	29,19 ^b	28,77 ^{ab}	0,564
Energieverwertung (MJ VE/kg)	40,42 ^a	41,40 ^{ab}	47,39 ^c	45,29 ^{bc}	0,775

	faktorielle Mittelwerte				signifikante Effekte		
	Pentosanase		Futterfett		E	F	E x F
	-	+	-	+			
Tageszuwachs (kg/Tag)	0,619	0,631	0,623	0,629	NS	NS	NS
Futterverzehr (kg)	235,5	228,1	231,4	231,6	NS	NS	NS
Futterverwertung (kg/kg)	3,46	3,36	3,42	3,39	NS	NS	NS
VE-Aufnahme (MJ VE/Tag)	26,90	27,23	25,48	28,96	NS	**	NS
Energieverwertung (MJ VE/kg)	43,59	43,20	40,95	46,25	NS	****	NS

SE, Standardfehler des Mittelwertes
 ungleiche Buchstaben zwischen den Mittelwerten innerhalb der Zeile weisen auf Unterschiede hin mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit: NS, nicht signifikant; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; **** $p \leq 0,0001$

Tab. 5. Einfluss der Supplementierung von Carbohydase und von Fett auf die Verdaulichkeit der organischen Substanz v(OS), der Energie v(E) und der Faserfraktionen

	Variante				Pooled SE
	K n = 7	E n = 7	F n = 7	EF n = 7	
v(OS)	0,654 ^a	0,695 ^b	0,722 ^b	0,713 ^b	0,0062
v(E)	0,638 ^a	0,682 ^b	0,711 ^b	0,702 ^b	0,0066
Verdaulichkeit der Faserfraktion					
NDF	0,220 ^a	0,309 ^b	0,368 ^b	0,356 ^b	0,0145
ADF	0,086 ^a	0,206 ^b	0,277 ^b	0,284 ^b	0,0186

	faktorielle Mittelwerte				signifikante Effekte		
	Pentosanase		Futterfett		E	F	E x F
	-	+	-	+			
v(OS)	0,688	0,704	0,675	0,718	NS	****	**
v(E)	0,674	0,692	0,660	0,707	*	****	**
Verdaulichkeit der Faserfraktion							
NDF	0,294	0,333	0,264	0,362	NS	****	*
ADF	0,182	0,245	0,146	0,281	**	****	*

SE, Standardfehler des Mittelwertes
 ungleiche Buchstaben zwischen den Mittelwerten innerhalb der Zeile weisen auf Unterschiede hin mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit: NS, nicht signifikant; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; **** $p \leq 0,0001$

war der Gehalt an NDF hoch. Die Fettzulage in den Varianten F und EF bewirkte einen deutlichen Anstieg des Rohfett- und Energiegehaltes. Zwischen diesen beiden Versuchsmischungen traten vor allem in der Faserfraktion und im Gehalt an Rohfett und Bruttoenergie deutliche Unterschiede auf. Mit rund 13% war der Rohproteingehalt aller vier Versuchsmischungen niedrig. Die Zulage der Pentosanase zu den Versuchsmischungen E und EF führte zu einer Reduktion der Viskosität.

Im Gegensatz zu Broilern dürfte aber die Viskosität beim wachsenden Schwein im untersuchten Gewichtsbereich keinen wesentlichen Einfluss auf den Verzehr und die Verdauungsvorgänge ausgeübt haben (Campbell und Bedford 1992; Hadorn 1994).

Tageszuwachs, Futterverzehr und Futterverwertung (ausgedrückt in kg Futter je kg Zuwachs) wurden weder durch die Fett- noch durch die Enzymzulage signifikant beeinflusst (Tab. 4). Die Enzymzulage

Versuchsmethoden

Die Versuche wurden mit insgesamt 28 kastrierten männlichen Schweinen der Rasse Edelschwein durchgeführt. Je sieben Tiere wurden zufällig den vier Futtervarianten zugeteilt. Das Futter wurde den Tieren in pelletierter Form während des gesamten Wachstumsversuches *ad libitum* vorgelegt. Das Lebendgewicht sowie der Futterverbrauch wurde bei allen Tieren wöchentlich erhoben. In den Berechnungen der Mastleistung konnten je ein Tier der Varianten K, F und EF nicht berücksichtigt werden, da die Leistung dieser Tiere in der Ausmastperiode deutlich geringer war als der Gesamtdurchschnitt. Bei einem Lebendgewicht von durchschnittlich 60 kg wurde bei allen Tieren an einem Tag Kot gesammelt, um die Verdaulichkeit der Energie und der Nährstoffe zu bestimmen.

Die Kotproben wurden bei 60 °C während 48 Stunden getrocknet, gemahlen und der Analyse zugeführt. Die Bestimmung der Verdaulichkeit der organischen Substanz, der Energie sowie der Faserfraktionen NDF (Neutral Detergent Fiber) und ADF (Acid Detergent Fiber) erfolgte anhand der Indikatormethode (Prabucki *et al.* 1975). Die Messung der Viskosität der Futtermischungen erfolgte nach der bei Vukic-Vranjes und Wenk (1995) beschriebenen Methode.

Die Bestimmung der TS, der Rohfaser und des Soxhlet-Fettes im Futter und Kot erfolgte gemäss den Vorschriften der Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1990). Der Gehalt an Bruttoenergie des Futters und Kotes wurde mit einem Bombenkalorimeter, System C 700 T (IKA Analysentechnik GmbH; Heitersheim, D) ermittelt. Zur Bestimmung der Faserfraktionen NDF, ADF und ADL (Acid Detergent Lignin) gelangte die Methode von Robertson und Van Soest modifiziert nach Zürcher (1992) zur Anwendung.

Die Wachstumsparameter sowie die Ergebnisse des Verdauungsversuches wurden mittels einer multifaktoriellen Varianzanalyse ausgewertet. Im Modell wurden als Hauptfaktoren die Enzym- und die Fettzulage sowie die Einfachinteraktion berücksichtigt. In den Tabellen weisen ungleiche Buchstaben zwischen den betreffenden Mittelwerten innerhalb der Zeile auf Unterschiede hin mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ (Bonferoni-Test).

bewirkte aber einen tendenzmässigen Anstieg beim Tageszuwachs bei gleichzeitig reduziertem Verzehr, was eine bessere Futtermittelverwertung zur Folge hatte. Der Einbezug von 5 % Fett in die Versuchsmischungen F und EF führte zu einem signifikanten Anstieg der Aufnahme an verdaulicher Energie. Weil sich die täglichen Gewichtszunahmen nicht entsprechend erhöhten, kam es zu einer deutlichen Verschlechterung der Energieverwertung für das Wachstum.

Wegen des hohen Nahrungsfasergehaltes lag die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Energie in den Varianten ohne Fettzulage durchwegs unter 0,7 (Tab. 5). Die Zulage der Pentosanase führte zu einer tendenzmässigen Verbesserung der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der NDF sowie zu einem signifikanten Anstieg der Verdaulichkeit der Energie und der ADF. Die Zulage von Extraktionsfett führte zu einem signifikanten Anstieg sowohl der Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Energie als auch der Faserfraktionen.

Die durchwegs signifikanten Interaktionen zwischen Enzym- und Fettzulage lassen vermuten, dass die Kombination einer Carbohydase mit einer Fettzulage bei Futtermischungen mit hohem Fasergehalt nicht linear ist. Mit Ausnahme der ADF war die Verdaulichkeit der erfassten Nährstoffe und der Energie in der Variante EF tatsächlich niedriger als in der Variante F. Es muss somit gefolgert werden, dass die Enzymwirkung bei Futtermischungen mit hohem Fettgehalt weniger ausgeprägt ist als bei solchen mit niedrigerem Fettgehalt. Zur Klärung der Frage, welchen Einfluss die Zusammensetzung des Fettes auf die Wirkung der Enzyme hat, sind weitere Versuche durchzuführen.

LITERATUR

- AOAC., 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Bee G., Zimmermann A., Messikommer R. and Wenk, C., 1995. Effect of fatty acid profile on digestibility of dietary fats in the intestine of pigs. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.* 73, 258 - 268.
- Campbell G. L. and Bedford M. R., 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: a review. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 449 - 466.
- Chaubert C., 1994. Sous-Produits de l'Agro-Alimentaire. Tagungsbericht des Instituts für Nutztierwissenschaften, 12, 13 - 36.

Hadorn R., 1994. Einfluss unterschiedlicher Nahrungsfaserträger (Soja- und Hirscheschalen) im Vergleich zu Weizenquellstärke auf die Nährstoff- und Energieverwertung von wachsenden Schweinen und Broilern. Diss. ETH-Zürich. Switzerland.

Prabucki A. L., Rennerova L., Vogtmann H., Wenk C. und Schürch, A., 1975. Die Verwendung von 4N HCl-unlöslicher Asche als Indikator zur Bestimmung der Verdaulichkeit. Physiologie der Verdauung. Misc. Papers 11, (Landbouwhogeschool, Wageningen, NL)

Vukic-Vranjes M. and Wenk C., 1995. The influence of extruded vs. untreated barley in the feed, with and without dietary enzyme supplement on broiler performance. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54, 21 - 32.

Wenk C., 1995 a). Leistungssteigerung dank Leistungsförderern beim wachsenden Schwein. Tagungsbericht des Instituts für Nutztierwissenschaften, 14, 63-76.

Wenk C. 1995 b). Speisekarte der Schweine und des Geflügels. Tagungsbericht der wissenschaftlichen Tagung der Stiftung Forum Davos in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich 22.-24. Juni, 139 - 158.

Wenk C., Kölliker R. and Messikommer R., 1993. Whole maize plants in diets for growing pigs: effect of 3 different enzymes on feed utilization. Proc. 1st Symp. on Enzymes in Animal Nutrition, 165 - 169. Switzerland.

Zürcher U., 1992. Quantitative Bestimmung des mikrobiellen Abbaus verschiedenartiger Nahrungsfasern im Verdauungstrakt des Schweines. Diss. ETH-Zürich, Switzerland.

RÉSUMÉ

Plantes entières de maïs comme aliment riche en fibres pour les porcs d'engraisement

Le but de l'essai était d'examiner l'effet d'une pentosanase et d'une graisse animale dans une ration à haute teneur en fibres destinée aux porcs d'engraisement. La ration de base contenait 50 % de plantes entières de maïs. Pendant l'essai, 28 porcs mâles castrés de race Large White ont reçu les quatre traitements alimentaires suivants: K-Contrôle (sans supplémentation), E-supplémentation enzymatique (200 ppm Pentosanase), F-graisse (50 g/kg), EF-supplémentation enzymatique (200 ppm Pentosanase) et graisse (50 g/kg). Les paramètres de croissance, la digestibilité de l'énergie, de la matière organique ainsi que des fractions NDF et ADF ont été déterminées.

Le gain moyen quotidien, l'ingestion ainsi que l'indice de consommation n'ont pas été influencés de manière significative la supplémentation d'enzyme ou de graisse. L'apport enzymatique a entraîné une diminution de l'ingestion, une amélioration de l'indice de consommation et une augmentation du gain moyen quotidien. Aussi bien la supplé-

mentation en graisse que celle de l'enzyme ont eu un effet positif significatif sur la digestibilité de l'énergie et des fibres. L'interaction simple pour les deux suppléments était dans tous les cas significative et l'additivité des deux effets n'a pas eu lieu. A l'exception de l'ADF, la digestibilité des éléments nutritifs et de l'énergie de la variante EF se situait entre la variante F et E. On en conclut que l'effet de la supplémentation enzymatique dans des mélanges alimentaires à forte teneur en graisse paraît être moins marqué que dans ceux qui en contiennent moins.

SUMMARY

Whole maize plants, a feedstuff with a high fiber content for growing pigs?

The aim of the experiment was to investigate the effects of a feed enzyme (pentosanase) and a dietary fat in diets with high crude fiber content on growth and metabolism in pigs. The basal diet contained 50 % whole maize plants. The four treatments were as follows: C-control (without supplement), E-enzyme (200 ppm pentosanase), F-extracted fat (50 g/kg), EF-enzyme (200 ppm pentosanase) and extracted fat (50 g/kg). Feed intake, feed conversion ratio and daily weight gain were not significantly influenced by either enzyme or fat addition. There was a tendency of lower total feed intake, FCR and higher daily weight gain as an effect of pentosanase. Dietary fat as well as feed enzyme addition positively influenced digestibility of energy and the degradability of NDF and ADF. The inclusion of both supplements to the diet did not have an additive effect on digestibility of energy and the degradability of NDF and ADF. It seems that dietary fat supplementation inhibits the positive effect of pentosanase.

KEY WORDS: maize plants, pentosanase, dietary fat, nutrient digestibility, growing pigs