

Einsatz reiner Xylanasen in der Fütterung von Schwein und Geflügel

Dr. M. Schurz (Cuxhaven)

Die Grundlagen zum Einsatz von NSP-spaltenden Enzymen wurden im Rahmen zahlreicher Veröffentlichungen hinreichend diskutiert. Im vorliegenden Beitrag soll eine neu entwickelte reine Xylanase vorgestellt und in diesem Zusammenhang über einige neue Erkenntnisse zur Wirkungsweise von NSP-hydrolysierenden Enzymen informiert werden.

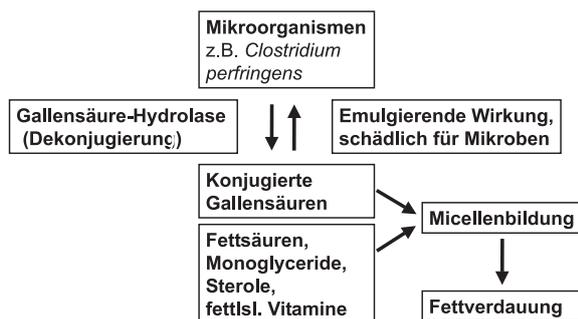
Wirkungsweise

Im Rahmen der Aufklärung der Wirkungsweise NSP-spaltender Enzyme hat man sich in letzter Zeit verstärkt dem Einfluß der Enzyme auf die Darmmikroflora und die Darmmorphologie gewidmet (z.B. Simon, 1997). Beide Wirkungsebenen sind selbstverständlich mit den bisher am häufigsten angeführten Enzymeffekten, nämlich Viskositätssenkung und Aufbrechen des Käfigeffektes eng verbunden. Es sind gewissermaßen Sekundäreffekte.

In Verdauungsversuchen mit NSP-spaltenden Enzymen war oft eine besonders starke Verbesserung der Fettverdaulichkeit festzustellen, die in erster Linie mit der verringerten Viskosität des Darminhaltes in Verbindung gebracht wurde. Die Effektivität der Fettverdauung hängt außer von den physikalischen Resorptionsbedingungen jedoch auch entscheidend von dem Vorhandensein ausreichender Mengen an konjugierten Gallensäuren ab.

Abbildung 1 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Darm-Mikroorganismen, Gallensäure-Hydrolase-Aktivität und Fettverdaulichkeit. Eine Xylanaseergänzung des Futters kann vermutlich über die Veränderung des Substratangebotes die intestinale Mikroflora beeinflussen (SIMON, 1997). Sollte es dadurch zu einer Verschiebung zuungunsten von Gallensäurehydrolasebildnern kommen, so könnte dies den deutlich positiven Effekt von Xylanasen auf die Fettverdaulichkeit erklären. In den Untersuchungen von HÜBENER und anderen (1998, 1999a) wurde eine verringerte Gallensäurehydrolase- sowie eine tendenziell erhöhte Lipaseaktivität infolge einer Xylanaseergänzung (ZY68) festgestellt. In weiterführenden Experimenten konnte die Zurückdrängung gallensäuredekonjugierender Mikroorganismen durch ZY68 bestätigt werden.

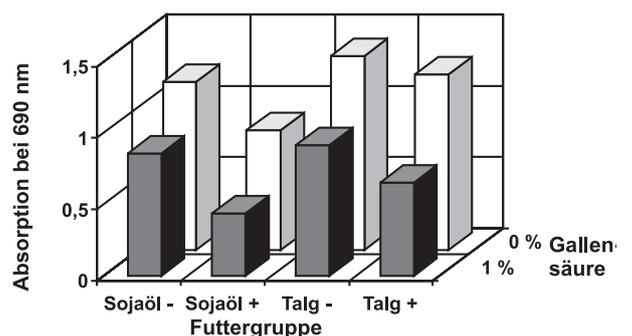
Abbildung 1: Negativer Einfluß einiger Mikroorganismen auf die Fettverdauung



Gallensäuren emulgieren in ihrer konjugierten Form, d.h. gebunden an Taurin oder Glycin, die Fette im Verdauungstrakt. Gemeinsam mit Fettsäuren, Monoglyceriden, Sterolen und fettlöslichen Vitaminen bilden sie die sogenannten Micellen, die eine notwendige Vorstufe für eine effektive Fettabsorption darstellen. Die emulgierende Wirkung der konjugierten Gallensäuren kann jedoch für verschiedene Mikroben des Verdauungstraktes schädlich sein, d. h. sie wirken bakterizid. Einige Mikroorganismen, z.B. Clostridium perfringens haben scheinbar einen eigenen Abwehrmechanismus entwickelt. Sie produzieren Gallensäurehydrolasen, die zur Dekonjugierung der Gallensäuren führen und damit deren emulgierende Wirkung erheblich abschwächen. Dadurch stören diese Mikroorganismen die Micellenbildung und damit die Fettabsorption.

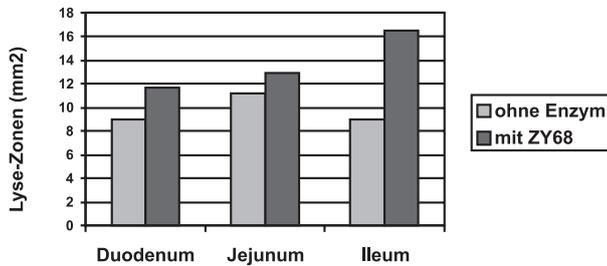
In einem zweifaktoriellen Versuch dazu (HÜBENER et al., 1999b) erhielten Broiler eine pentosanreiche Weizen/Roggendiät, die als Fettquelle Sojaöl oder Talg enthielt und mit (+) bzw. ohne (-) Enzymergänzung zum Einsatz kam. Am 13. Tag wurden die Tiere getötet, Jejundigestaprogen unter anaeroben Bedingungen entnommen und in Mikrotiterplatten, die ein Vollmedium enthielten, angeimpft. In einer parallelen Versuchsreihe wurde dem Vollmedium zusätzlich 1 % Gallensäure (Taurocholat) zugesetzt (Abbildung 2). In den Gruppen mit Talg als Fettquelle war ein höheres Keimwachstum festzustellen. Die Xylanasezugabe führte grundsätzlich zu einem geringeren Keimwachstum. Auch die Gallensäurezugabe reduzierte die Keimdichte. Dies war zu erwarten, da wie oben erwähnt konjugierte Gallensäuren bakterizid wirken können (FEIGHNER und DASHKEVICZ, 1988). Diese keimhemmende Wirkung der Gallensäure war in den Xylanasegruppen relativ stärker. Das heißt die Population von Gallensäurehydrolasebildnern war bei den Tieren, die enzymhaltiges Futter erhielten, schwächer ausgebildet. Sie hatten somit bessere Voraussetzungen für eine optimale Fettverdauung.

Abbildung 2: Keimwachstum im Vollmedium aus Jejundigesta am 13. Lebenstag (nach HÜBENER et al., 1999b)



Eine weitere interessante Studie derselben Arbeitsgruppe widmete sich der Produktion kohlenhydratspaltender Enzyme durch intestinale Mikroorganismen. Dazu wurde ein Broilerversuch durchgeführt (HÜBENER et al., 1998), in dem der Einfluß einer Xylanase-Ergänzung auf die intestinale β -Glucanaseproduktion geprüft werden sollte. Zwei Gruppen erhielten ein pentosanreiches Futter, jeweils mit oder ohne ZY68-Ergänzung. Im Alter von 4 Wochen wurden die Tiere getötet und in verschiedenen Abschnitten des Dünndarmes die bakterielle β -Glucanaseaktivität bestimmt. Wie man der Abbildung 3 entnehmen kann, bewirkte die Zulage der Xylanase in den vorderen Verdauungsabschnitten eine deutliche Erhöhung der β -Glucanaseaktivität. Das heißt, die Xylanaseergänzung führte zu Milieueränderungen im Darm, die förderlich für Glucanase-produzierende Darm-Mikroorganismen waren.

Abbildung 3: Einfluß einer Xylanaseergänzung des Futters auf die bakterielle β -Glucanase-Aktivität im Dünndarm (nach HÜBENER et al., 1998)



Monoenzyme

Durch die Anwendung modernster Produktionstechniken (z.B. rekombinierte DNA-Technik) ist es möglich, für die Tierernährung optimierte Enzyme ohne nennenswerte Nebenaktivitäten zu gewinnen. So wurde z.B. bei dem neu eingeführten Produkt ZY68 die Gencodierung zur Xylanaseproduktion von dem Stamm *Thermomyces lanuginosus* auf einen *Aspergillus*-Produktionsstamm übertragen und damit ein maßgeschneidertes Enzym entwickelt, das sich durch folgende Eigenschaften auszeichnet:

- ausgewogene Wirkung auf unlösliche und lösliche Pentosane (d.h. gleichzeitige Beseitigung des sogenannten Käfigeffektes der NSP und effektive Viskositätssenkung)
- besonders breites pH-Spektrum (mindestens 60 % der maximalen Xylanaseaktivität im pH-Bereich von 4,5 - 7,0) und
- überlegene Hitzestabilität.

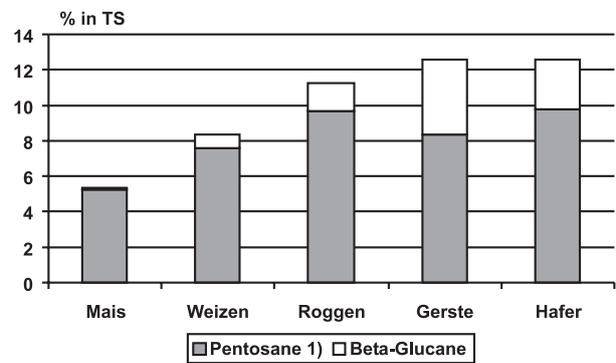
Nebenaktivitäten, die bei der Anwendung konventioneller Fermentationsverfahren (wie z.B. bei der Herstellung des bewährten Produktes ZY28) grundsätzlich und unvermeidbar entstehen, sind für die Anwendung in der Tierernährung nicht notwendig. Dies wird durch folgende Fakten untermauert:

- In allen Getreidearten sind Pentosane (Arabinoxylane) die am stärksten vertretene NSP-Fraktion (Abbildung 4).
- β -Glucane sind nur in Gerste und Hafer in wesentlichen Mengen enthalten. Diese Getreidearten kommen unter

unseren Bedingungen in Rationen für Jungmastgeflügel, das empfindlich auf erhöhte β -Glucangehalte reagiert, praktisch nicht zum Einsatz. Für Ferkel und Mastschweine gilt Gerste als hervorragendes Futtermittel. Leistungsdepressionen oder Viskositätsprobleme aufgrund von Gerstefütterung sind nicht bekannt. Dies ist vermutlich auf die bekannte β -Glucanaseproduktion durch darmliegende Mikroorganismen zurückzuführen. Schweine benötigen also auch in gerstereichen Rationen keine β -Glucanaseergänzung. Dagegen produzieren Mikroorganismen des Magen-Darm-Traktes nur in geringem Umfang Pentosan- (Arabinoxylan) spaltende Enzyme. Eine Ergänzung mit einer reinen Xylanase ist demzufolge sinnvoll (siehe Versuch BOLDUAN, 1998).

- Zulagen von weiteren Enzymaktivitäten wie Proteasen und α -Amylasen haben in vielen Untersuchungen keine zusätzlichen Effekte gebracht.

Abbildung 4: Pentosan- und β -Glucan-Gehalte in Getreide (BACH KNUDSEN, 1997)



1) Summe Arabinose plus Xylose

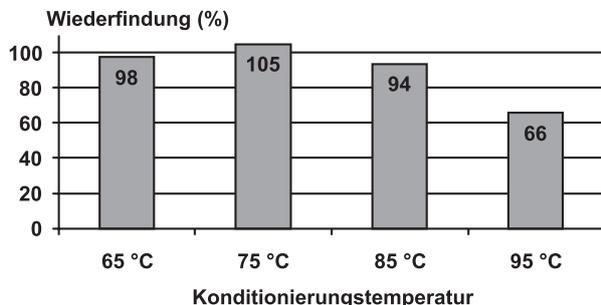
Eine optimierte, reine Xylanase ist praktisch für alle in Westeuropa üblichen Geflügel- und Schweinerationen am sinnvollsten einzusetzen. Sollten jedoch aus Gründen der Ökonomie oder der Rohstoffverfügbarkeit hohe Anteile an Gerste oder Hafer im Geflügelmastfutter zum Einsatz kommen, ist die zusätzliche Ergänzung einer effektiven Endo- β -Glucanase notwendig.

Die Hitzestabilität eines Enzyms wird durch die sogenannte "intrinsic stability", also die von der Molekülstruktur an sich ausgehende Stabilität und zum anderen von der Formulierung des Produktes, also der Bindung an einen Träger und ggf. einer Ummantelung bestimmt. In dem Produkt ZY68 wurden beide Faktoren optimal gestaltet. Einerseits zeichnet sich die Xylanase aus *Thermomyces lanuginosus* durch eine hervorragende innere Molekülstabilität aus und andererseits bringt das bewährte Coating-Verfahren (Fettummantelung) einen zusätzlichen mechanischen Schutz mit sich.

Die Thermostabilität von ZY68 wurde unter anderem in einem Pelletierungsversuch am Dänischen Biotechik-Institut in Kolding untersucht (Abbildung 5). Unter standardisierten Bedingungen wurden ZY68-haltige Futterproben bei verschiedenen Konditionierungstemperaturen pelletiert und anschließend die Wiederfindungsrate im Vergleich zum Gehalt in den mehlartigen Futtern ermittelt. Bis zu 85°C wurde die Xylanase fast vollständig wiedergefunden. Bei einer Konditionierungstemperatur von 95°C, die mit einer noch höheren kurzzeitigen Temperaturbelastung in der Presse ver-

bunden ist, ergab die Analyse einen Aktivitätsverlust von etwa einem Drittel.

Abbildung 5: Pelletierstabilität von ZY68 (Bioteknologisk Institut, Kolding, DK)



Futter: Standard-Geflügelfutter mit ZY68 (1000 g/t)
 Parameter der Testanlage: „Simon Heesen“ Pilot-Pelletier-Anlage, 300 kg/h, Dampf 2 kg/cm² für 20-30 Sekunden, Matrice mit 3 mm Bohrung und 35 mm Preßkanallänge

Diese unter kontrollierten Bedingungen ermittelte hohe Stabilität von ZY68 konnte inzwischen auch mit Daten aus der Praxis untermauert werden. So wurden bei Anwendung unterschiedlichster Produktionstechniken, die teilweise mit erhöhten thermischen Belastungen verbunden sind (z.B. Doppelpressen, Expander, Kahl-Verdichter) sehr gute bis zufriedenstellende Wiederfindungsraten festgestellt.

Geflügelmastversuche

Die neue Xylanase ZY68 wurden im Rahmen der Zulassung und der Markteinführung in zahlreichen Untersuchungen an verschiedenen Tierkategorien und verschiedenen Rationstypen geprüft. Hier sollen beispielhaft einige neuere Bilanz- und Wachstumsversuche vorgestellt werden.

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse eines an einem Belgischen Institut durchgeführten Versuchs zum Vergleich der Wirksamkeit eines konventionell hergestellten Enzymproduktes (ZY28 mit Xylanase- und β-Glucanaseaktivität) mit der neu entwickelten reinen Xylanase ZY68. 540 männliche Broiler wurden 3 Behandlungen mit je 6 Wiederholungen zugeordnet und vom 1.-42. Tag gemästet. Es kam ein pelletiertes weizenreiches Mastfutter zum Einsatz, das entweder kein Enzym, 400 Einheiten Xylanase aus ZY28 oder 200 Einheiten Xylanase aus ZY68 enthielt. Beide Enzymzulagen verbesserten signifikant die Futtermittelverwertung. Im Falle von ZY68 war auch die erhöhte Lebendmassezunahme um 4 % statistisch abzusichern. Dieser Versuch zeigt deutlich die höhere Effektivität der Xylanase aus ZY68.

In einem weiteren Versuch wurde neben Wachstumsparemtern auch die ileale Verdaulichkeit, die Viskosität des Darminhaltes sowie der Gehalt an Umsetzbarer Energie bestimmt. 108 männliche Broiler wurden den zwei Behandlungsgruppen, mit und ohne ZY68-Ergänzung des Futters, zugeordnet. Die Erfassung der Mastleistungsparameter erfolgte bis zum 24. Lebenstag. Im Anschluß wurde ein Teil der Tiere getötet und mit Hilfe der Markertechnik die ileale Verdaulichkeit einzelner Nährstoffe bestimmt sowie die Viskosität des Ileuminhaltes gemessen. Außerdem wurden weitere Tiere zur Ermittlung der Umsetzbaren Energie im Futter verwendet. Wie in Tabelle 2 dargestellt, steigerte ZY68 die

Tabelle 1: Wirksamkeit von ZY68 und ZY28 in der Broilermast (Rijksstation voor Kleinveeteelt, Belgien, 1998)

ZY28 FXU/kg	ZY68 FXU(w)/kg	Lebendgewicht (g/Tier)	relativ	Futtermittelaufwand (1:)	relativ
0	0	2271 ^b	100	1,82 ^a	100
400	0	2321 ^{ab}	102	1,75 ^b	96
0	200	2354 ^a	104	1,76 ^b	97

Tiere: 540 männliche Broiler, 3 Gruppen je 6 Wdh. à 30 Tiere, 1.- 42. Lebenstag
 Futter: ad libitum, pelletiert, 50 % Weizen Starter/Mast mit 23,6/22,6 % Rohprotein, 12,0/12,1 MJ ME/kg
 Haltung: Bodenhaltung auf Einstreu

Mastleistungen bis zum 24. Tag erheblich. Zunahme und Futtermittelverwertung wurden um 9 bzw. 10 % verbessert. Die Viskosität konnte von knapp 10 mPa·s auf 2 mPa·s reduziert werden, was nochmals die starke viskositätssenkende Wirkung des eingesetzten Enzymproduktes bestätigt. Die Parameter der ilealen Nährstoffverdaulichkeit und die Umsetzbare Energie wurden ebenfalls überwiegend signifikant durch die Xylanasezulage verbessert. Eine weitere, hier nicht dargestellte Gruppe erhielt 300 g ZY68 pro t Futter. Diese höhere Dosierung bewirkte keine signifikante weitere Verbesserung in einem der untersuchten Parameter.

Tabelle 2: Wirksamkeit von ZY68 im Mast- und Verdauungsversuch (Research Centre Foulum, DK, 1998)

ZY68 (g/t)	0	200	ZY68 (g/t)	0	200
Zunahme (g/Tier)	530 ^b	578 ^a	Viskosität (mPa·s)	9,38 ^a	2,00 ^b
relativ (%)	100	109	XP Verd. (%)	82,4 ^a	85,4 ^a
FA (1:)	1,58 ^a	1,43 ^b	XL Verd. (%)	58,8 ^b	64,0 ^a
relativ (%)	100	90	ME _N MJ/kg	13,44 ^b	13,82 ^a

Tiere: 108 männliche Broiler, 2 Gruppen, Aufzucht bis 24. Tag, anschließend ileale Verdaulichkeit und ME-Bestimmung
 Futter: ad libitum, schrotförmig, 76 % Weizen 22,6 % Rohprotein, 13,44 MJ ME/kg
 Haltung: Bodenhaltung bzw. Bilanzkäfige

Weitere Versuche, bei denen neben Weizen unter anderem bis zu 30 % Gerste, bis zu 60 % Triticale oder auch Roggenanteile eingesetzt wurden, bestätigen die positive Wirkung von ZY68 auf die Mastleistung sowie die Einstreuqualität.

Auch im Bereich der Putenmast liegen positive Versuchsergebnisse vor.

Ferkelversuche

An der FU Berlin wurde ein umfangreicher Aufzucht-Versuch durchgeführt. Es kamen 192 Ferkel zum Einsatz, die zwei Versuchsgruppen zugeordnet und in Doppelbuchten aufgestellt wurden. Das Futter wurde auf Basis einer pentosanreichen Weizencharge hergestellt und enthielt weder Leistungsförderer noch Säuren oder Probiotika. In der Versuchsgruppe kamen 400 g ZY68/t zum Einsatz. Die Ferkel erhielten bereits ab dem 15. Lebenstag ihre entsprechende Futtervariante als Beifutter angeboten. Bis zum Absetzen zeigte sich, daß die Futteraufnahme in der Enzymgruppe höher ausfiel.

Die Tabelle 3 zeigt das Aufzuchtergebnis im Zeitraum von 6 Wochen nach dem Absetzen. Die Zunahme lag in der Enzymgruppe um 13 % höher als in der Kontrolle. Dies war in erster Linie auf einen erhöhten Verzehr bei diesen Tieren zurückzuführen. Der Futteraufwand wurde deshalb nur tendenziell um 2 % verbessert. Im Rahmen der täglichen Kontrolle hat man außerdem festgestellt, daß die Enzymzulage das Durchfallgeschehen positiv beeinflusste. Sowohl Häufigkeit als auch Schwere der Durchfälle waren reduziert. Diese Beobachtung wurde in weiteren Ferkelversuchen bestätigt.

Tabelle 3: Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht (SIMON u.a., FU Berlin, 1998)

ZY68 (g/t)	Zunahme		Futtermittelverzehr		Futteraufwand	
	(g/Tier/d)	relativ	(g/Tier/d)	relativ	(1:)	relativ
0	527 ^b	100	879 ^b	100	1,67	100
400	595 ^a	113	978 ^a	111	1,64	98

Tiere: 192 Ferkel, 2 Gruppen, je 48 Wiederholungen à 2 Tiere, 29.- 70. Lebenstag
 Futter: ad libitum, pelletiert, FAZ 1/2 mit 53/66 % Weizen, 23/20 % Rohprotein, 13,9/13,6 MJ ME/kg
 Haltung: Doppelbuchten mit Gitterrosten

Zur Demonstration der vielfältigen Verwendbarkeit von ZY68, soll als weiteres Beispiel ein Versuch vorgestellt werden, in dem ein Futter zum Einsatz kam, das neben Weizen auch Gerste- und Triticaleanteile enthielt (Tabelle 4). 45 Ferkel wurden in drei Gruppen aufgeteilt und in Einzelbuchten aufgestellt. ZY68 wurde hier in einer Dosierung von nur 300 und 400 g/t eingesetzt. Die Leistungsverbesserungen hinsichtlich der täglichen Zunahme fielen wiederum sehr deutlich aus, während im Parameter Futteraufwand ein geringerer Effekt festzustellen war. Die höhere Dosierung von 400 g/t brachte gegenüber 300 g/t keine zusätzliche Leistungsverbesserung.

Schweinemastversuche

Untersuchungen zeigen, daß auch im Bereich der Schweinemast Leistungsverbesserungen durch Einsatz von NSP-spaltenden Enzymen erwartet werden können (HABERER, 1997; DRESCHER et al., 1999). Diese liegen in der Regel auf einem etwas niedrigeren Niveau als bei Ferkeln oder beim Mastgeflügel, sprechen aber aus ökonomischer Sicht für den Enzymeneinsatz.

Tabelle 4: Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht (BOLDUAN, Universität Rostock, 1998)

ZY68 (g/t)	Zunahme		Futteraufwand	
	(g/Tier/d)	relativ	(1:)	relativ
0	344	100	1,83	100
300	373	108	1,77	97
400	365	106	1,80	99

Tiere: 45 Ferkel, 3 Gruppen je 15 Wiederholungen
 8-19 kg Lebendgewicht
 Futter: ad libitum, mehlförmig, 37 % Weizen, 33 % Gerste, 8 % Triticale, 17,7 % Rohprotein, 13,3 MJ ME/kg
 Haltung: Einzelhaltung

Tabelle 5 zeigt beispielhaft Ergebnisse aus Verdaulichkeitsstudien mit ZY28 (DRESCHER et al., 1999). Sowohl auf praececaler als auch auf faecaler Ebene wurde besonders die Verdaulichkeit des Rohfettes verbessert. Die möglichen Ursachen hierfür wurden in den Ausführungen zur Wirkungsweise von Xylanasen diskutiert. Die praececale Verdaulichkeit des Rohproteins und der untersuchten Aminosäuren konnte ebenfalls signifikant erhöht werden. Bei der Untersuchung der Aminosäuren Lysin, Methionin, Cystin und Threonin ergaben sich statistisch abgesicherte Verbesserungen zwischen 4 und 9 %-Punkten. Die beobachtete Verbesserung der Verdaulichkeitsparameter kann sicherlich die Erklärung für die in den parallel durchgeführten Mastversuchen festgestellten Leistungsverbesserungen sein. Vergleichbare Untersuchungen in der Schweinemast laufen derzeit auch mit der reinen Xylanase ZY68.

Tabelle 5: Wirkung von ZY28 auf die Nährstoffverdaulichkeit beim Mastschwein (DRESCHER et al., Universität Rostock, 1999)

Nährstoff ZY28 (g/t)	praece. Verdaulichkeit (%)			faecale Verdaulichkeit (%)		
	0	300	Differenz	0	300	Differenz
Organ. Substanz	74,4	76,4	+ 2,0	82,8 ^b	85,2 ^a	+ 2,4
Rohprotein	68,4 ^b	76,8 ^a	+ 8,4	77,4	79,9	+ 2,5
Rohfaser	22,9	22,4	- 0,5	40,1	42,5	+ 2,4
Rohfett	65,0 ^b	78,5 ^a	+ 13,5	18,1	29,3	+ 11,2
Lysin	68,8 ^b	78,0 ^a	+ 9,2	78,6	83,0	+ 4,4
Methionin	72,1 ^b	81,4 ^a	+ 9,3	81,4	84,9	+ 3,5
Threonin	69,4 ^b	75,3 ^a	+ 5,9	78,7	82,0	+ 3,3

Tiere: 8 Mastschweine bzw. 6 adulte ileorectostomierte Minipigs
 Futter: Gerste 26 %, Triticale 17 %, Roggen 14 %, Weizen 10 %, mehlförmig, 18 % Rohprotein, 13,4 MJ ME/kg
 Haltung: Bilanzkäfige

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- Es gibt neue Erkenntnisse zur Wirkung von Xylanasen auf die intestinale Mikroflora. ZY68 führte zu einer verringerten Gallensäurehydrolase-Aktivität und zu einer erhöhten bakteriellen β -Glucanase-Produktion im Dünndarm.
- ZY68 zeichnet sich durch Vorteile hinsichtlich der Wirksamkeit auf unlösliche und lösliche Pentosane, hinsichtlich des pH-Spektrums und der Temperaturstabilität aus.
- ZY68 wurde in der Geflügel- und Schweineernährung umfangreich geprüft. Die Versuchsergebnisse dokumentieren die hervorragende Wirksamkeit dieses Produktes.

Literaturverzeichnis

- Bach-Knudsen, K.E. (1997): Animal Feed Science and Technology, (67), 319-338
- Bolduan, G. (1998): Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht. unveröffentlichter Versuchsbericht
- Dreschel, H., Hackl, W. (1999): persönliche Mitteilung
- Hübener, K., Vahjen, W., Simon, O. (1998): Einflüsse eines Xylanasezusatzes auf die Mikroflora des Intestinaltraktes beim Broiler. 5. Tagung "Schweine- und Geflügelernährung", Wittenberg, Dez. 1998, 142-146
- Hübener, K., Vahjen, W., Simon, O. (1999a): Einfluß eines Xylanasepräparates auf den mikrobiellen Abbau konjugierter Gallensäuren im Verdauungstrakt von Broilern. Proc. of the Soc. of Nutr. Physiology, (8), 119
- Hübener, K., Vahjen, W., Simon, O. (1999b): Wirkungsweise von Xylanasen bei Broilern: Rolle der Darmflora. 7. Symposium "Vitamins and Additives in the Nutrition of Man and Animal", Jena, Sept. 1999, im Druck.
- Research Centre Foulum (1998): Wirksamkeit von ZY68 im Mast- und Verdauungsversuch. Report NN-229
- Rijkstation voor Kleinveeteelt (1998): Wirksamkeit von ZY28 und ZY68 in der Broilermast. Report NN-118
- Simon, O. (1997): Auf dem Weg zu neuen Erkenntnissen über die Wirkungsweise NSP-hydrolysierender Enzyme. LAH Tagung, Cuxhaven, Nov. 1997, 9-17.
- Simon, O. (1998): Wirksamkeit von ZY68 in der Ferkelaufzucht. unveröffentlichter Versuchsbericht