

V. ZUSAMMENFASSUNG

Nach Fütterung unterschiedlich hoher Stärke- (Gerste) und Fettmengen ohne bzw. mit Zulage eines Enzymgemisches (60 g/Tier und Mahlzeit: α -Amylase 1000 U/g, Xylanase 600 U/g, β -Glucanase 150 U/g und Pectinase 25 U/g) sollten Verdauungsabläufe im praeilealen Bereich insbesondere unter dem Aspekt Stärkeverdaulichkeit und Verträglichkeit überprüft werden.

An drei jejunumfistulierten Ponies wurden Zusammensetzung, pH-Werte, Laktatkonzentrationen sowie Enzymaktivitäten des jejunalen Chymus untersucht sowie die scheinbare praeileale Verdaulichkeit bestimmt (Aliquot-Sammelmethode). Zum Einsatz kamen folgende Rationen jeweils ohne (0) oder mit Enzymsupplementierung (E):

G I: ca. 1 kg uS/100 kg LM * d⁻¹, wovon etwa 2/3 aus Gerste (gequetscht) bestand, das restliche Drittel aus Heu;

G II: ca. 2 kg uS/100 kg LM * d⁻¹, davon etwa 2/3 Gerste (erhöhte Stärkeaufnahme), gequetscht, 1/3 Heu;

MF: ca. 2 kg uS/100 kg LM * d⁻¹, wovon 2/3 aus fettreichem Mischfutter (Rfe 10,04 % in der TS), der Rest aus Heu bestand;

Die Chymussammlung über die Fistel erfolgte über 12 h ppr. für jeweils 15, bei geringem Fluß über 30 Minuten.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Die Futteraufnahmedauer variierte -individuell bedingt- im Mittel zwischen rund 80 und 220 Minuten. Bei einem Tier war eine extrem langsame Futteraufnahme und Kautätigkeit zu beobachten; die beiden anderen Tiere zeigten eine hastige Futteraufnahme, v. a. beim Kraftfutter. Die scheinbare praeileale Verdaulichkeit korrelierte positiv mit der Verzehrsdauer (s. S. 107).
2. Der mittlere TS-Gehalt im Jejunumchymus betrug 5,79 %. Bei hohem Wassergehalt (\emptyset 94 %) lag die im jejunalen Chymus gemessene Viskosität im Mittel bei 1,06 cP; sie wies nur geringe tageszeitliche Schwankungen auf.
3. Der durchschnittliche Gehalt an organischer Substanz im jejunalen Darminhalt variierte bei den Pferden von 801 bis 836 g/kg TS (Max. 833 g/kg TS in G II 0).

Mit zunehmender Stärkeaufnahme über Gerste (G I (0) 2,02, G II (0) 3,38 g/kg LM je Mahlzeit) in den enzymfreien Rationen zeichneten sich ansteigende Stärkegehalte im Chymus ab (G I (0) 130,7, G II (0) 135,1 g/kg TS); bei Stärkeaufnahme vom 2,29 g/kg LM je Mahlzeit über MF wurde eine mittlere Stärkekonzentration von 75,6 g/kg Chymus-TS beobachtet. Nach Enzymsupplementierung der Getreiderationen trat ein Rückgang im jejunalen Stärkegehalt auf, der in G II (E) Signifikanz erreichte. Beim Mischfutter konnte kein vergleichbarer Effekt nachgewiesen werden.

Das Mischfutter enthielt 100,4 g Rfe/kg TS; die Rfe-Aufnahme erreichte hier 60 g/100 kg LM je Mahlzeit (bei G I (0) 0,12 und G II (0) 22 g/100 kg LM je Mahlzeit). Die Chymus-TS enthielt 37,5 (0) bzw. 29,0 g Rfe/kg TS (E).

4. Die Amylaseaktivität im jejunalen Chymus wies erhebliche individuelle Unterschiede sowohl zwischen den Tieren als auch zwischen Wiederholungen auf. Im Mittel wurden Werte von 7,9 bis 52,4 U/g Chymus gemessen. Nach Enzymzulage zur stärkereichen Gersteration wurde in G II (E) ein signifikanter Anstieg der Amylaseaktivität (von 49,5 auf 55,7 U/g) registriert.

Die mittlere Lipaseaktivität im jejunalen Chymus betrug 59,3 U/g. Bedeutende tageszeitliche und rationsbedingte Schwankungen lagen nicht vor.

Die durchschnittlichen Chymotrypsinaktivitäten im distalen Dünndarminhalt lagen bei zwei Pferden nach stärkereicher Fütterung (G II (0)) im Bereich von 0,30 bis 4,09 U/g Chymus.

5. Der L-Laktatgehalt (mmol/l) im jejunalen Chymus wies deutliche Schwankungen zwischen den Pferden auf (im Mittel zwischen 5,5 und 12,3 mmol/l); diese waren größer als die Differenzen zwischen Kontroll- und enzymsupplementierter Vergleichsration ((E) > (0)).

Die mittleren pH-Werte im Jejunumchymus lagen zwischen $7,44 \pm 0,26$ (G II (E)) und $7,63 \pm 0,18$ (G I (0)).

Innerhalb der Kontrollrationen zeichnete sich ein ähnlicher Verlauf der pH-Werte mit postprandialer Rhythmik ab, wobei die Minima der pH-Werte in der 5. - 7. h. ppr. lagen. Nach Zulage der Enzymmischung wurden besonders in der hohen Gerste-Heu-Ration G II (E) deutlich niedrigere Werte in den Stunden 5 bis 8 registriert als in der enzymfreien Variante.

Zwischen den pH-Werten und den L-Laktatkonzentrationen bestand eine enge negative Beziehung ($y = 7,76 - 0,03 x$; $r = 0,72$ **; bei $n = 524$);

Die Konzentrationen für flüchtige Fettsäuren variierten zwischen 1,5 und 5,7 mmol/l Chymus auf sehr niedrigem Niveau (Essigsäure 83 %, Propionsäure 9 %).

6. Der mittlere jejunoileale Wasserfluß betrug $8553 \text{ g}/100 \text{ kg LM} \cdot 12 \text{ h}^{-1}$.

Die mittleren Flußmengen vom Jejunum zum Ileum für oS ($\text{g}/100 \text{ kg LM} \cdot 12 \text{ h}^{-1}$) nahmen mit steigender oS-Aufnahme (zwischen 4,9 und 8,3 g/kg LM und Morgenmahlzeit) zu: G I (0) 308,4; G II (0) 426,6; MF (0) 587,6. Die Enzymzulage hatte keinen einheitlichen Effekt zur Folge.

Die Stärkeflußraten erreichten bei erheblicher Streuung zwischen den Pferden 50,1 in G I (0), 65,7 in G II (0) und 57,3 $\text{g}/100 \text{ kg LM} \cdot 12 \text{ h}^{-1}$ in MF (0). Nach Enzymzulage zeigte sich in den Rationen G II (E) und MF (E) eine Abnahme auf 38,2 bzw. 47,7 $\text{g}/100 \text{ kg LM} \cdot 12 \text{ h}^{-1}$ (G I (E) blieb unverändert gegenüber G I (0)).

7. Nach intensiver, stärkereicher Fütterung traten die höchsten scheinbaren praeilealen Verdaulichkeiten für oS auf (56,0 %), gefolgt von der niedrigen Gerste-Heu-Ration (42,8 %) sowie der Mischfütterration (32,1%). Die Enzymzulage stellte nur im Abschnitt MF (E) eine geringfügige Verbesserung dar (37,2 %).

Die scheinbare praeileale Stärkeverdaulichkeit zeigte in den Kontrollrationen mittlere Werte zwischen 74,6 und 78,1 %. Die Variation in der scheinbaren praeilealen Verdaulichkeit läßt sich z. T. durch die unterschiedliche Verzehrsgeschwindigkeit erklären ($y = 61,76 + 61,01 x$; $r = 0,61$ **; $n = 32$). Nach Supplementierung des Futters mit der Enzymmischung konnte in der stärkereichen Gerste-Heu-Ration G II (E) eine erkennbare Steigerung der Verdaulichkeit von absolut rund 10 % festgestellt werden.

Rfe wurde bei fettreicher Fütterung ($60 \text{ g}/100 \text{ kg LM}$ je Mahlzeit) zu 57,8 % praeileal verdaut. Nach Enzymzulage trat ein Anstieg von durchschnittlich 10 % (absolut) auf.

8. Mit zunehmender Stärkefütterung ließ sich eine Reduzierung des Kotwasser-pH-Wertes erkennen, während in G I (0) und MF (0) mittlere Werte zwischen 6,3 und 6,7 gemessen wurden, traten in G II (0) einzelne Werte bis 5,67 auf. Nach Zusammenfassung der Rationen G II und MF ergaben sich für die enzymbesetzten Durchgänge signifikant niedrigere Stärkegehalte in der Kot-TS (G II (E) + MF (E) $0,084 \pm 0,02 \text{ g}/\text{kg}$

TS, n = 5) gegenüber dem Vergleichswert (G II (0) + MF (0) $0,128 \pm 0,02$ g/kg TS, n = 5).

Die Verdaulichkeit von Stärke im Magen-Dünndarm-Trakt ist mit rund 73 % hoch. Dennoch gelangen insbesondere bei hoher Stärkeaufnahme (>3 g/kg LM je Mahlzeit) kritische Mengen leicht fermentierbarer Kohlenhydrate in den Dickdarm; hierauf deuten auch die niedrigen Kot-pH-Werte hin (< 6). Die vorliegenden Befunde geben Hinweise, daß durch die Enzymsupplementierung die Verdaulichkeit im praeilealen Abschnitt erhöht wird und weniger Stärke in den Dickdarm gelangt. Dies wird auch durch höhere pH-Werte bei niedrigeren Stärkegehalten im Kot im Vergleich zu enzymfreien Rationen belegt.

Heintzsch, Anja: Effects of mixed enzyme supplementation (α -amylase, xylanase, β -glucanase and pectinase) as a feed-additive on the preileal digestibility of ration based on high content of starch on horses.

VI. SUMMARY

The course of digestion in the preileal part of the gut, especially on the fact of starch digestibility and compatibility should be considered by feeding different levels of starch (barley) and fat without and with a mixture of enzyme (60 g/animal and meal, α -amylase 1000 U/g, xylanase 600 U/g, β -glucanase 150 U/g and pectinase 25 U/g).

In three ponies -fitted with a permanent fistula at the terminal jejunum- the composition of chyme, it 's pH, the concentration of lactate as well as the activity of the enzymes and the apparent preileal digestibility were analysed. The following rations were used occasionally without (0) or with enzyme (E):

G I: about 1 kg uS/100 kg body weight * d⁻¹, while about 2/3 was barley (rolled), the rest hay;

G II: about 2 kg uS/100 kg body weight * d⁻¹, 2/3 barley (higher intake of starch), 1/3 hay;

MF: about 2 kg uS/100 kg body weight and * d⁻¹, 2/3 was a high fat mixed feed -MF- (10.04 % crude fat in dry matter), the rest was hay.

Sampling of chyme through the fistula was done during 12 hours postprandially for 15 or 30 (at low flow) minutes-intervals.

The following results were obtained:

1. The time for feed intake varied individually on average between 80 and 220 minutes. One of the animals consumed the feed extremely slow and chewed completely; while the two other horses consumed in haste, especially the concentrate. The apparent preileal digestibility correlated with feed intake.
2. The average concentration of dry matter in the chyme of jejunum was 5.79 %. With high content of water (\varnothing 94 %) the viscosity of chyme was on average of 1.06 cP; there were only few changes during the day.

3. Average content on organic matter in the intestinal contents varied between the horses from 801 to 836 g/kg dry matter (max. 833 g/kg dry matter in G II 0).

With increased intake of starch by barley (G I 0 2.02; G II 0 3.38 g/kg body weight and meal) in the rations without enzyme increased concentrations of starch were found (G I (0) 130.7, G II (0) 135.1 g/kg dry matter). Consumption of MF resulted in a starch intake of 2.29 g/kg body weight per meal and the starch concentration in chyme reached 75.6 g/kg dry matter. After supplementation with enzyme, in rations of grain occurred a decrease in starch concentration, which got significance in G II (E), while it had no effect in the ration with MF. The commercial MF comprised 100.4 g crude fat/kg dry matter; the intake of crude fat reached 60 g/100 kg body weight and meal (in G I 0 0.12 and G II 0 0.22 g/kg body weight and meal). The dry matter of chyme contained 37.5 (0) and 29.0 g crude fat/kg dry matter (E) respectively after feeding the concentrate without and in addition of enzyme respectively.

4. The activity of amylase in the intestinal contents presented considerable differences as well among the animals as well repetitions. Average values differed between 7.9 and 52.4 U/g intestinal contents. After addition of enzyme to the high starch ration of barley in G II (E) a significant increase of activity of amylase (49.5 to 55.7 U/g) was found.

The mean lipase activity in intestinal contents was 59.3 U/g. There were no considerable changes during the day and between the rations.

After feeding high amounts of starch (G II 0) the average activity of chymotrypsin in the lower intestine was between 0.30 and 4.09 U/g chyme.

5. Among the horses the concentration (mmol/l) of L-lactate in the jejunum indicated clear deviations (in mean between 5.5 and 12.3 mmol/l); these were higher than differences between control and the ration with enzyme supplementation ($E > 0$).

pH in the chyme of jejunum was on an average of 7.44 ± 0.26 G II (E) to 7.63 ± 0.18 G I (0).

A similar rhythm with minima for pH in 5. - 7. h postprandial in the control rations was found. After the addition of enzyme, especially in the high barley-hay ration (G II E), much lower values for pH were found in the hours 5 to 8 postprandial.

Between the pH and the concentration of L-lactate existed a close negative relationship ($y = 7.76 - 0.03 x$; $r = 0.72$ **; $n = 524$).

The concentrations of fatty acids were on a low level with values between 1.5 to 5.7 mmol/l chyme (acetate acid 83 %, propionate acid 9 %).

6. The mean water flow in the small intestine was 8553 g/100 kg body weight * 12 h⁻¹. Average flow of organic matter (g/100 kg body weight * 12 h⁻¹) increased with higher intake (between 4.9 and 8.3 g/kg body weight and feeding in the morning) of organic matter: G I (0) 308.4; G II (0) 426.6; MF (0) 587.6. No clear effect of enzyme supplementation has been observed.

The flow of starch from the jejunum to the ileum indicated values with high deviation among the horses from 50.1 in G I (0), 65.7 in G II (0) and 57.3 g/100 kg body weight * 12 h⁻¹ in MF (0). The supplementation with enzyme in the ration with high starch intake in G II (E) and MF (E) resulted a decrease to 38.2 and 47.7 g/100 kg body weight * 12 h⁻¹ respectively (G I (E) hasn't been changed).

7. The highest apparent preileal digestibility for organic matter were found after feeding high amounts of starch (56.0 %), followed by the low barley-hay ration (42.8 %) as well as the ration with MF (32.1 %). Only in MF (E) the addition of enzyme caused a small improvement (37.2 %).

The apparent preileal digestibility of starch in the rations of control indicated mean values between 74.6 and 78.1 %. Variation in the apparent preileal digestibility may partly depend on differences in time needed for feed intake ($y = 61.76 + 61.01 x$; $r = 0.61^{**}$; $n = 32$). After supplementation of feed with enzyme-additive in high starch barley-hay ration (G II (E)) an increase in digestibility of absolutely 10 % has been recognized.

In feeding 60 g fat/100 kg body weight and meal crude fat was digested preileal with 57.8 %. An increase of average 10 % (absolute) was found following enzyme addition.

8. With increased feeding of starch the pH of faeces decreased; while in G I (0) and MF (0) mean values were measured between 6.3 and 6.7, in G II (0) single values about 5.67 were found.

After summarizing the rations G II and MF significant lower contents of starch in dry matter of faeces resulted for the rations supplemented with enzyme (G II (E) + MF (E) 0.084 ± 0.02 g/kg TS, $n = 5$) in comparison with the control rations (G II (0) + MF (0) 0.128 ± 0.02 g/kg TS, $n = 5$).

The digestibility of starch in the small intestine is with about 73 % rather high. On the other side on high consumption of starch (> 3 g/kg body weight and meal) critical levels of highly fermentable carbohydrates may enter the caecum. This is shown by the low values of pH in faeces (< 6). The present results indicate that with supplementation by enzyme the digestibility of starch in the preileal part may increase and less starch reaches the large bowl. This is shown by the higher values for pH and lower concentration of starch in faeces in comparison to the situation after feeding non-supplemented ration.