

## BEDEUTUNG METHODISCHER ASPEKTE IN UNTERSUCHUNGEN ZUR PRAECAECALEN VERDAULICHKEIT VON AMINOSÄUREN BEIM GEFLÜGEL (RELEVANCE OF METHODOLOGICAL DETAILS FOR STUDYING AMINO ACID DIGESTIBILITY IN POULTRY)

Holger Kluth, Markus Rodehutsord

*Institut für Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,  
Emil-Abderhalden-Str. 26, 06108 Halle (Saale), Tel.: 0345/5522716, Fax: 0345/5527124,  
E-mail Adresse: markus.rodehutsord@landw.uni-halle.de*

**Zusammenfassung.** Die Bestimmung der Gehalte an praecaecal (pc) verdaulichen Aminosäuren bei Futtermitteln im Geflügelbereich erfordert die Standardisierung des methodischen Vorgehens. Hierfür wird eine Vielzahl von Faktoren genannt.

Grundsätzlich kann zur Gewinnung von repräsentativen Chymusproben aus dem Dünndarm der Abschnitt zwischen dem Meckel'schen Divertikel bis zum terminalen Ileum empfohlen werden. Allerdings sind nur die letzten beiden Drittel zu beproben, da in diesem Teil die Verdauung als nahezu abgeschlossen angesehen werden kann.

Bei Verwendung des vorgestellten regressiven Ansatzes zwischen Aminosäureaufnahme und pc verdauter Aminosäuremenge auf Basis von absoluten Daten entfällt eine Korrektur um endogene basale Aminosäuren, zumal deren methodische Bestimmung unsicher und deshalb in der Diskussion steht.

Zur Etablierung der pc verdaulichen Aminosäuren sowohl in der Futtermittelbewertung und als auch bei der Ableitung von Bedarfsnormen bei verschiedenen Geflügelarten sind weitere Untersuchungen notwendig.

**Schlüsselwörter:** Geflügel, Aminosäuren, praecaecale Verdaulichkeit, basale endogene Verluste.

## METODINIŲ ASPEKTŲ REIKŠMĖ AMINORŪGŠČIŲ PRECEKALINIO VIRŠKINAMUMO TYRIMUOSE SU NAMINIAIS PAUKŠČIAIS

Holger Kluth, Markus Rodehutsord

*Halės-Vitenbergo Martyno Liuterio universiteto Mitybos mokslų institutas,  
Emil-Abderhalden-Str. 26, 06108 Halle (Saale), tel. 0345 552 2716, faks. 0345 552 7124,  
el. paštas: markus.rodehutsord@landw.uni-halle.de*

**Santrauka.** Paukščiams lesinti skirtose pašarinėse žaliavose nustatyti precekalinių (pc) virškinamųjų aminorūgščių kiekį reikia standartizuotų metodų. Pagrindinis chimuso bandinys imamas iš plonųjų žarnų dalies tarp trynio maišelio išgaubos (*Diverticulum vitellinum*) ir klubinės žarnos (*Ileum*). Tirtini tik paskutiniai du trečdaliai, kadangi šioje dalyje baigiasi virškinimas. Naudojamas su lesalais gautų aminorūgščių ir pc virškinamųjų aminorūgščių kiekio absoliučius duomenis būtina koreguoti dėl endogeninės kilmės aminorūgščių. Šias aminorūgštis metodiškai nustatyti sunku. Nustatyti pc virškinamąsias amino rūgštis tiek pašarinėms žaliavoms įvertinti, tiek ir poreikio normoms įvairioms naminių paukščių rūšims reikalingi tolimesni tyrimai.

**Raktažodžiai:** naminiai paukščiai, amino rūgštys, precekalinis virškinamumas, endogeninės kilmės nuostoliai.

---

**Einleitung.** Die Bewertung von Futtermitteln auf Basis der praecaecalen (pc) Verdaulichkeit von Aminosäuren gewinnt in der Geflügelfütterung zunehmend an Bedeutung. Der Vorteil gegenüber Messungen in den Exkrementen ist mittlerweile unumstritten, da die post-ilealen mikrobiellen Aminosäureumsatzungen erheblich sein und zur Fehleinschätzung des Futterwertes führen können (Ten Doeschate et al., 1993; Ravindran et al., 1999; Kadim et al., 2002).

In der Literatur wird eine Vielzahl von Faktoren genannt, die den Gehalt an pc verdaulichen Aminosäuren beeinflussen können. Dies erfordert zwangsläufig eine Berücksichtigung bei der Standardisierung von Verdaulichkeitsbestimmungen mit dem Ziel der Futterwertbeschreibung. In der Übersichtsarbeit von Rodehutsord und Kluth (2003) wurden bereits methodische Aspekte wie Standardisierung der Fütterung,

Tötung und Betäubung der Tiere, Effekte von Lebendmasse, Alter, Genetik und Geschlecht sowie zur Übertragbarkeit von Daten zwischen verschiedenen Spezies zusammengefasst, die dahingehend Einfluss nehmen können. Im Folgenden ist deshalb der Schwerpunkt der Betrachtungen auf die Bedeutung der Berücksichtigung von endogenen Aminosäureausscheidungen sowie auf die Definition des Darmabschnittes, der zur Chymusgewinnung herangezogen wird, beschränkt.

**Darmabschnitt.** Grundlage für die Messung der pc Verdaulichkeit von Aminosäuren ist die Verwendung eines standardisierten Dünndarmabschnittes, wobei dies einen abgeschlossenen Verdauungsprozess voraussetzt. Beim Schwein wird nach operativer Behandlung Chymus am lebenden Tier am Ende des Ileums quantitativ oder stichprobenartig gewonnen (GfE, 2002). Prinzipiell ist die Anwendung operativer Techniken beim Geflügel

gleichfalls möglich, hat sich jedoch wegen methodischer Schwierigkeiten nicht durchgesetzt. Da in neueren Arbeiten vor allem der wachsende Broiler im Mittelpunkt steht, erscheinen operative Eingriffe aufgrund der kurzen Wachstumsphase nicht praktikabel. Als Alternative hat sich beim Geflügel die Gewinnung von Chymus unmittelbar nach der Tötung durchgesetzt, zumal sich über den Einsatz von unverdaulichen Markern die Verdaulichkeit ermitteln lässt. Es gilt als international anerkannt, hierfür den Abschnitt zwischen dem Meckel'schen Divertikel und der Einmündung der Blinddarmsäcke in das terminale Ileum zu nutzen. Ein Literaturüberblick von Rodehutsord und Kluth (2003) zeigt jedoch, dass dieses methodische Vorgehen durchaus variabel gehandhabt wird, indem unterschiedliche Teilabschnitte innerhalb des genannten Gesamtabschnittes probiert werden.

Die Etablierung einer Methode zur vergleichenden Futterbewertung setzt eine abgeschlossene Absorption der Aminosäuren voraus. Bislang wurde überwiegend davon ausgegangen, dass es in Teilabschnitten des terminalen Ileums nicht mehr zu Unterschieden in der Verdaulichkeit der Aminosäuren kommt. Allerdings wurden in Untersuchungen von Kluth et al. (2005b) bei einer Drittelung des Abschnittes zwischen dem Meckel'schen Divertikel bis 2 cm vor der Einmündung der Blinddarmsäcke in das terminale Ileum im proximalen Drittel eine um 3 bis 6 Prozentpunkte niedrigere Verdaulichkeit als im medialen und terminalen Drittel gemessen (Abbildung 1). In weiteren eigenen Untersuchungen von Rezvani et al. (2005) mit Legehennen wurde dieser Befund prinzipiell bestätigt. Geprüft wurden die Proteinträger Raps- und Sojaextraktionsschrot, wobei für beide Futtermittel ähnliche Verdaulichkeiten für die Aminosäuren ermittelt wurden. Hieraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass zur Futterwertbeschreibung ausschließlich der Chymus aus den letzten beiden Dritteln entnommen werden sollte. Dagegen erscheint die Verwendung von in ihrer Länge definierten Abschnitten ungeeignet, da die tierindividuelle Variation in der Länge des betrachteten Abschnittes auch bei gleichem Alter oder gleicher Lebendmasse sehr groß ist (Kluth et al., 2005b).

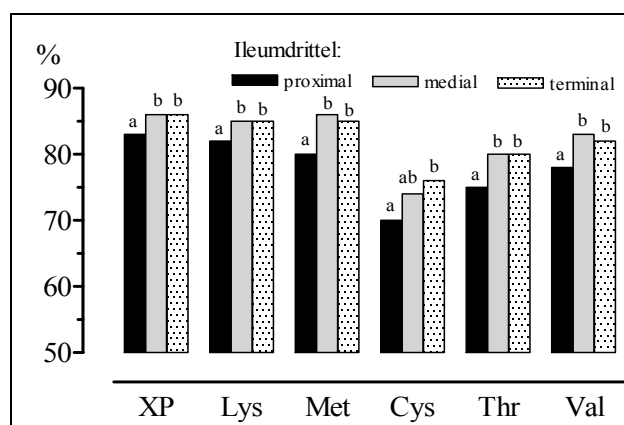


Abbildung 1: Verschwindensrate von Rohprotein (XP) und ausgewählten Aminosäuren aus dem Ileum, gemessen in drei Abschnitten bei Einsatz von Sojaextraktionsschrot und Erbsen als den wesentlichen Proteinträgern (Kluth et al., 2005b)

**Bedeutung und Berücksichtigung endogener Ausscheidungen an Aminosäuren.** Endogene Aminosäuren, die das terminale Ileum erreichen, werden in „basale“ und „spezifische“ Ausscheidungen unterteilt. Während erstere üblicherweise als von der Höhe der Futteraufnahme abhängig angesehen werden, sind die spezifischen Ausscheidungen zwischen Futtermitteln verschieden und von deren Inhaltsstoffen beeinflusst (Abbildung 2). Sie sind somit ureigenster Bestandteil des Futterwertes und in der pc Verdaulichkeit der Aminosäuren des Futters enthalten. Basale endogene Ausscheidungen sind hingegen besser als Komponente des Bedarfes zu berücksichtigen und nicht eine Komponenteneigenschaft. Sie sind daher bei der Bestimmung der Verdaulichkeit zu berücksichtigen. Die Ansätze hierzu sind unterschiedlich. Problematisch ist die Quantifizierung der endogenen Ausscheidungen und der sie beeinflussenden Faktoren.

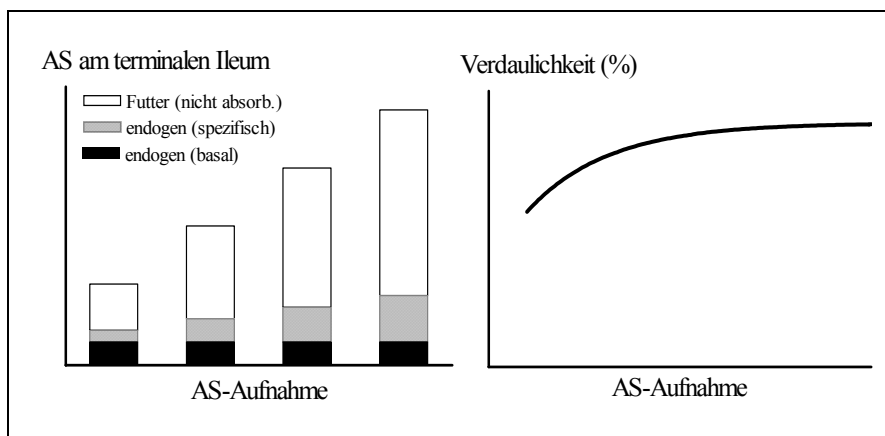


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Veränderung in der Anflutung von Aminosäuren am terminalen Ileum bei zunehmender Aminosäureaufnahme und der Veränderung in der berechneten Verdaulichkeit

Die pc Verdaulichkeit steigt zunächst aufgrund der zunehmenden Aminosäureaufnahme und des geringer werdenden Anteils der basalen endogenen Ausscheidungen an, wobei letztlich ein Plateau erreicht wird (Fan et al., 1994; GfE, 2002).

Eine Möglichkeit der Berücksichtigung besteht darin, die Messung grundsätzlich in einem Bereich der Aminosäureaufnahme vorzunehmen, der ein Plateau in der Verdaulichkeit gemäß Abbildung 2 garantiert. Diesen Weg ist der Ausschuss für Bedarfsnormen bei der Standardisierung der Messungen mit Schweinen gegangen, indem er Mindestgehalte für Aminosäuren im Futter definiert hat (GfE, 2002).

Für das Geflügel gibt es eine Standardisierung der Methode bislang nicht. Häufig wurden die gemessenen Verdaulichkeiten unter Verwendung separat gemessener oder der Literatur entlehnten Werten für die endogenen Ausscheidungen korrigiert und somit die „wahre“ oder „standardisierte“ Verdaulichkeit berechnet. Unbefriedigend ist, dass endogene Ausscheidungen allein in Abhängigkeit von der verwendeten Methode sehr unterschiedlich sein können (z.B. Pérez et al., 1993; Siriwan et al., 1993; Donkoh und Moughan, 1999; Cremers, 2002; Jansman et al., 2002; Ravindran et al., 2004) und es die Methode der Wahl noch nicht gibt (Sauer et al., 2000). Hinzu kommt, dass eine Differenzierung zwischen basalen und spezifischen endogenen Ausscheidungen nicht bei jedem methodischen Ansatz möglich ist. Die in Untersuchungen mit Geflügel häufig vorgenommene Quantifizierung der endogenen Ausscheidungen bei Gabe N-freier Diäten scheint jedenfalls eine Unterschätzung zu beinhalten (Ravindran et al., 2000). Nach einem Vergleich mit Messungen bei Einsatz von enzymatisch hydrolysiertem Casein (EHC) und guanidiniertem Casein lehnen Ravindran et al. (2004) diese Methode ab, weil sie unlogisch und wegen der proteinfreien Ernährungssituation realitätsfremd sei. Der Einsatz von guanidiniertem Casein oder EHC führte bei 5 Wochen alten Broilern nicht zu signifikanten Unterschieden in der Höhe der endogenen Ausscheidungen (Ravindran et al., 2004).

Rutherford et al. (2004) machten ebenfalls Messungen zur Höhe der endogenen AS-Ausscheidungen mittels EHC. Sie wichen in der Höhe von den Ergebnissen anderer Untersuchungen deutlich ab. Die Autoren heben die großen Unterschiede in den ermittelten Daten zwischen verschiedenen Laboren, aber auch innerhalb der eigenen Arbeitsgruppe hervor. Sie vermuten als Variationsursachen neben dem Alter der Tiere auch unterschiedliche Qualitäten des EHC.

Die Annahme, dass endogene Ausscheidungen von der Höhe der Futtermittelaufnahme abhängig seien, ist aufgrund neuerer Erkenntnisse zu hinterfragen. Auf der Basis von Futtermischungen mit EHC waren bei Broilern im Alter von 14 bzw. 42 Tagen und bei einem Futtermittelfressen von 28 bzw. 108 g/d die endogenen Ausscheidungen, bezogen auf die verzehrte Trockensubstanz, bei den älteren Tieren

je nach Aminosäure zwischen 20 und 90 % höher als bei den jüngeren (Ravindran und Hendriks, 2004). Dies bestätigt die Notwendigkeit, im Falle einer „Korrektur“ von Messwerten, die endogenen Ausscheidungen unter den Bedingungen des jeweiligen Versuches zu messen. Hiermit sind die grundsätzlichen methodischen Schwierigkeiten bei der Ermittlung der endogenen Ausscheidungen aber noch nicht gelöst.

Angesichts dieser noch ungelösten methodischen Probleme ist es zweifelhaft, ob durch Korrekturen von Messwerten zur „scheinbaren“ Verdaulichkeit ein höheres Maß an Genauigkeit erreicht werden kann. Gleichzeitig wird deutlich, dass für die Futterbewertung jeder methodische Ansatz von Vorteil ist, der eine Berücksichtigung der basalen endogenen Ausscheidungen sichergestellt, ohne dass eine Messung vorgenommen werden muss. Dies ist möglich, wenn die Verdaulichkeiten über Regressionsrechnung auf der Grundlage von gestaffelten Zulagen des zu prüfenden Proteins ermittelt werden. Die lineare Beziehung zwischen Aufnahme und Fluss am terminalen Ileum, für Gesamt-N lange bekannt (Rodehutsord und Kluth, 2003), wurde in neueren Untersuchungen beim Broiler belegt (Rodehutsord et al., 2004; Kluth et al., 2005a).

Die Konsequenz ist einfach. Wird die Aminosäureaufnahme aus einem definierten Proteinträger in Stufen gesteigert und wird der Fluss am Ende des Ileums gemessen, so lässt sich die Beziehung mittels einer linearen Funktion beschreiben. Die Steigung dieser linearen Regression enthält die spezifischen endogenen Aminosäureausscheidungen. Die basalen endogenen Ausscheidungen sind Bestandteil des Intercepts. Somit ist die Steigung der Regressionsgeraden ein direktes Maß für die Verdaulichkeit der Aminosäuren aus der zugelegten Proteinquelle. Voraussetzung ist, dass die lineare Regression auf der Grundlage quantitativer x- und y-Werte errechnet wird. Eine Korrektur um basale endogene Ausscheidungen ist nicht erforderlich. Der experimentelle Aufwand ist durch die Notwendigkeit von mindestens zwei Zulagestufen des zu prüfenden Proteins höher, allerdings entfällt der experimentelle Aufwand für die Ermittlung der endogenen Ausscheidungen (Rodehutsord et al., 2004).

Unterschiedliche Futtermittel wie Weizen, Erbsen, Ackerbohnen und Blaue Lupinen wurden bereits nach dieser Methode bewertet (Short et al., 1999; Wiseman et al., 2003; Simon, 2004 a, b; Kluth et al., 2005a). Im Ergebnis ergaben sich deutliche Unterschiede in der Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Partien bzw. Sorten des gleichen Futtermittels (Abbildung 3).

Nach den Untersuchungen von Ganzer et al. (2006) sollten die Grundmischungen, denen die zu prüfenden Komponenten stufenweise zugelegt werden, mit freien Aminosäuren entsprechend des Bedarfes supplementiert werden. Unter diesen Bedingungen wäre die Futtermittelaufnahme zwischen allen Behandlungen weitgehend gleich, der Einfluss von endogenen basalen Aminosäureausscheidungen gering.

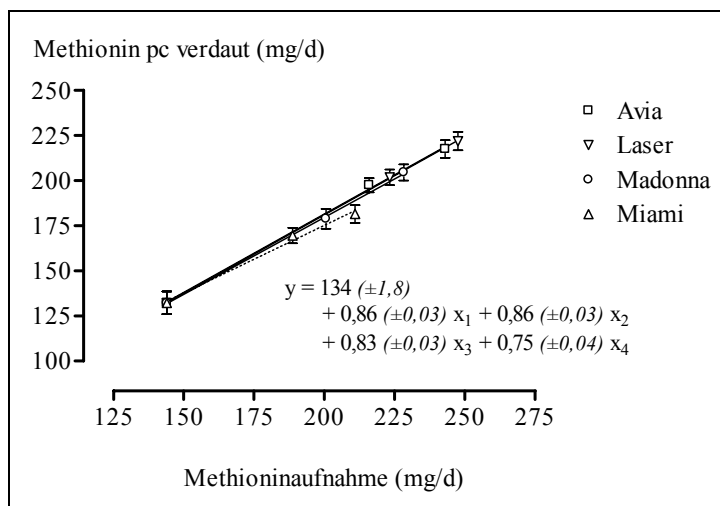


Abbildung 3: Vergleich der Verdaulichkeit verschiedener Erbsensorten mittels multipler linearer Regression, beispielhaft dargestellt für Methionin (Kluth et al., 2005a)

**Schlussfolgerungen.** Eine konsequente Anwendung eines Systems auf Basis der pc Verdaulichkeit der Aminosäuren setzt eine ausreichend sichere Anzahl von Messungen für die relevanten Einzelfuttermittel voraus. Unter Berücksichtigung der genannten Einflussfaktoren wäre eine Definition von Standards für das methodische Vorgehen sinnvoll, ähnlich wie sie von der GfE (2002) für das Schwein vorgeschlagen wurden. Eine Möglichkeit bestünde in der Verwendung der originalen Messwerte. Dies würde voraussetzen, dass in den Verdaulichkeitsbestimmungen eine Aminosäureaufnahme sichergestellt wird, die einen Einfluss der basalen endogenen Ausscheidungen irrelevant werden lässt. Soll alternativ eine Korrektur um die endogenen Ausscheidungen vorgenommen werden, ist deren Höhe separat zu bestimmen, wobei die N-freie Ernährung für diesen Zweck nicht als hinreichend aussagefähig angesehen werden kann. Die Notwendigkeit einer Korrektur besteht nicht, wenn die Verdaulichkeit mittels des aufgezeigten regressionsanalytischen Ansatzes ermittelt wird.

Die Additivität der Werte für Einzelkomponenten muss in Mischungen geprüft werden. Entsprechend der Bewertung der Futtermittel sind gleichfalls Versorgungsempfehlungen auf der Grundlage der pc Verdaulichkeit für die unterschiedlichen Geflügelarten zu formulieren. Da die Anwendung des Systems in erster Linie beim Broiler Anwendung finden wird, sind weitere Einflussfaktoren wie Alter, Genotyp und Geschlecht zu prüfen. Neuere Untersuchungen von Huang et al. (2005) belegen, dass die Verdaulichkeit der Aminosäuren beim Broiler mit zunehmendem Alter zwischen verschiedenen Futtermitteln erheblich schwanken kann. Eine Übertragbarkeit auf die Legehennen oder andere Spezies scheint nach gegenwärtigem Kenntnisstand nicht gegeben (Kluth und Rodehutsord, 2005).

#### Literatur

1. Cremers, S. Untersuchungen zur scheinbaren und wahren ilealen Protein- und Aminosäureverdaulichkeit von Fleischknochenmehlen beim wachsenden Huhn und Methodenvergleich zur Bestimmung der endogenen Aminosäureverluste. Diss. agr. 2002. Justus-Liebig-Universität.
2. Donkoh, A., Moughan, P.J. Endogenous ileal nitrogen and amino acid flows in the growing pig receiving a protein-free diet and diets containing enzymically hydrolysed casein or graded levels of meat and bone meal. *Animal Science*. 1999. Vol. 68. P. 511-518.
3. Fan, M. Z., Sauer W.C., Hardin, R.T., Lien, K.A. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect of dietary amino acid level. *Journal of Animal Science*. 1994. Vol. 72. P. 2851-2859.
4. Ganzer, C., Kluth, H., Rodehutsord, M. Effect of including free amino acids in the basal diet on prececal amino acid digestibility of test proteins determined by regression analysis in broilers. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2006. Vol. 15. P. 31.
5. GfE [Gesellschaft für Ernährungsphysiologie]. Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Bestimmung der praecaecalen Verdaulichkeit von Aminosäuren beim Schwein - Empfehlung zur standardisierten Versuchsdurchführung. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2002. Vol. 11. P. 233-245.
6. Huang, K.H., Ravindran, V., Li, X., Bryden W.L. Influence of age on the apparent amino acid digestibility of feed ingredients for broiler chickens. *British Poultry Science*. 2005. Vol. 46. P. 236-245.
7. Jansman, A. J. M., Smink, W., van Leeuwen, P., Rademacher, M. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 2002. Vol. 98. P. 49-60.
8. Kadim, I.T., Moughan, P.J., Ravindran, V. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken - comparison of ileal and excreta amino acid digestibility in the chicken. *British Poultry Science*. 2002. Vol. 44. P. 588-597.
9. Kluth, H., Mantei, M., Elwert, C., Rodehutsord, M. Variation in prececal amino acid and energy digestibility between pea (*Pisum sativum*) cultivars determined using a linear regression approach. *British Poultry Science*. 2005a. Vol. 46. P. 325-332.
10. Kluth, H., Mehlhorn, K., Rodehutsord, M. Studies on the intestine section to be sampled in broiler studies on prececal amino acid digestibility. *Archives of Animal Nutrition*. 2005b. Vol. 59. P. 271-279.
11. Kluth, H., Rodehutsord, M. Comparative amino acid digestibility study with growing broilers, turkeys, and ducks. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2005. Vol. 14. P. 32.

12. Pérez, L., Fernández-Figares, I., Nieto, R., Aguilera, J.F., Prieto, C. Amino acid ileal digestibility of some grain legume seeds in growing chickens. *Animal Production*. 1993. Vol. 56. P. 261-267.
13. Ravindran, V., Hendriks, W.H. Recovery and composition of endogenous protein collected at the terminal ileum as influenced by the age of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research*. 2004. Vol. 55. P. 705-709.
14. Ravindran, V., Hew, L.I., Ravindran, G., Bryden, W.L. Endogenous amino acid flow in the avian ileum: quantification using three techniques. *British Journal of Nutrition*. 2004. Vol. 92. P. 217-223.
15. Ravindran, V., Hew, L.I., Bryden, W.L. Comparison of methodologies to estimate endogenous amino acid losses in poultry. *Proc. Aust. Poult. Sci. Sym.* 2000. Vol. 12. P. 197.
16. Ravindran, V., Hew, L.I., Ravindran, G., Bryden, W.L. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science*. 1999. Vol. 40. P. 266-274.
17. Rezvani, M.R., Kluth, H., Rodehutschord, M. Effect of ileum segment and protein source on net disappearance rate of amino acids from the ileum of laying hens. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2005. Vol. 14. P. 30.
18. Rodehutschord, M., Kapocius, M., Timmler, R., Dieckmann, A. Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *British Poultry Science*. 2004. Vol. 45. P. 85-92.
19. Rodehutschord, M., Kluth, H. Aminosäurenverdaulichkeit als ein Futterwertkriterium in der Geflügelfütterung: Methodische Aspekte zur Messung. *Lohmann Information*. 2003. Vol. 4. P. 8-15.
20. Rutherford, S. M., Chung, T.K., Morel, P.C.H., Moughan, P.J. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. *Poultry Science*. 2004. Vol. 83. P. 61-68.
21. Sauer, W.C., Fan, M.Z., Mosenthin, R., Drochner, W. In: J.P.F. D'Mello, Ed. *Farm Animal Metabolism and Nutrition: Methods for measuring ileal amino acid digestibility in pigs*. CAB International: Wallingford. 2000. P. 279-306.
22. Short, F.J., Wiseman, J., Boorman, K.N. Application of a method to determine ileal digestibility in broilers of amino acids in wheat. *Animal Feed Science and Technology*. 1999. Vol. 79. P. 195-209.
23. Simon, A. Praecaecal amino acid digestibility of field beans in broilers. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 2004a. Vol. 13. P. 13.
24. Simon, A. Praecaecale Aminosäurenverdaulichkeit von Blauen Lupinen bei Broilern. 116. VDLUFA-Kongress, 13.-17.09.2004 Rostock, 2004b. P. 70.
25. Siriwan, P., Bryden, W.L., Mollah, Y., Annison, E.F. Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. *British Poultry Science*. 1993. Vol. 34. P. 939-949.
26. Ten Doeschate, R.A.H.M., Scheele, C.W., Schreus, V.V.A.M., Van der Klis, J.D. Digestibility studies in broiler chickens: Influence of genotype, age, sex and method of determination. *British Poultry Science*. 1993. Vol. 34. P. 131-146.
27. Wiseman, J., Al-Mazooqi, W., Welham, T., Domoney, C. The apparent ileal digestibility, determined with young broilers, of amino acids in near-isogenic lines of peas (*Pisum sativum L*) differing in trypsin inhibitor activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003. Vol. 83. P. 644-651.