

# Konsep Ideal Protein (Asam amino) Fokus Pada Ternak Ayam Pedaging (*review artikel*)

(Ideal protein (amino acids) concept focused on broiler)

Samadi<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Pertanian, Jurusan Peternakan Universitas Syiah Kuala – Banda Aceh

**ABSTRACT** Accurate estimation of the amino acid requirement is very importance for diet formulation in growing animals such as broiler. Inadequate formulation of dietary amino acids will impair protein utilization and increase the total nitrogen output to the environment. Amino acids requirement of animals changes due to dietary, sex, and genetic and environmental factors. To address all potential combinations of factors with dose-response experiments is almost impossible. Thus

the ideal protein concept provides a simple and effective approach to solve this problem. Based on this concept, the requirement of indispensable amino acids can be determined. For this concept, lysine has been used as the reference amino acid to calculate other indispensable amino acids due to several considerations. This paper will review more detailed about protein concept based on amino acid profile by using broiler as sampel review.

**Key words:** *ideal protein, amino acids, broiler, requirement and lysine.*

2012 Agripet : Vol (12) No.2: 42-48

## PENDAHULUAN

Dalam mengembangkan suatu usaha peternakan tidak dapat dipungkiri bahwa pakan merupakan biaya output yang terbesar dikeluarkan bahkan mencapai 70% dari total keseluruhan biaya produksi. Berbagai usaha dilakukan oleh peternak terutama peternak dengan skala besar untuk mendapatkan biaya pakan yang murah, efisien dan berkualitas. Dengan mendapatkan bahan pakan yang efisien dan berkualitas, tentu dapat menambah profit bagi suatu usaha peternakan.

Saat ini penentuan dari suatu bahan pakan tidak hanya ditentukan dari kemampuan dari bahan pakan tersebut untuk berproduksi, tetapi lebih dititik beratkan biaya per unit yang dikeluarkan dan biaya per unit yang diperoleh. Artinya bahan pakan yang dikonsumsi ternak tidak hanya dinilai dari efisiensi daya cerna (*digestibility*) dan performan, tapi juga bagaimana perbandingan produksi dengan biaya yang dikeluarkan per unit produksi. Berkaitan dengan efisiensi dan ekonomis suatu bahan pakan, tentunya membuka peluang bagi para peneliti untuk melakukan berbagai riset berkaitan dengan bahan pakan ternak, bagaimana memperoleh bahan pakan yang

berkualitas, efisien dan murah tentu saja. Berbagai riset yang berkaitan dengan efisiensi bahan pakan seperti peningkatan daya cerna ternak dengan penambahan zat aditif, enzim ataupun probiotik pada pakan ternak telah banyak dilakukan oleh para peneliti. Disamping itu, para peneliti telah mencari sumber-sumber bahan pakan yang murah berupa hasil limbah pertanian dan peternakan, namun dengan sentuhan teknologi bahan pakan tersebut dapat ditingkatkan kualitasnya. Misalnya bulu ayam yang merupakan limbah rumah potong memiliki protein tinggi, tetapi 90% merupakan protein karatin yang memiliki daya cerna rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak. Namun melalui proses enzimatis, protein yang terdapat pada bulu ayam dapat digunakan sebagai bahan pakan ternak (Onifade *et al.*, 1998).

Salah satu yang sangat menarik para *nutritionist* terutama dalam memformulasi pakan ayam akhir-akhir ini adalah bagaimana mendapatkan nilai asam amino esensial yang tepat untuk diberikan pada ternak sesuai dengan kebutuhan, sehingga jumlah protein yang diekresi bisa diminimalisir. Kandungan asam amino yang pada pakan tidak hanya berdampak pada nilai ekomis tapi juga berkaitan dengan lingkungan. Polusi yang

---

Corresponding author : samadi177@yahoo.de

diakibatkan oleh ternak seperti nitrogen dan juga phosphor mendapat perhatian yang serius di negara-negara maju.

Selama lebih kurang lima dasawarsa sebagai akibat dari perbaikan genetik pertumbuhan ternak broiler meningkat sampai 2,5 kali dibandingkan dengan tahun 1950-an (Jorgensen *et al.*, 1990). Peningkatan pertumbuhan broiler yang begitu dinamis, *nutritionist* terus melakukan penelitian untuk mengevaluasi kebutuhan nutrisi baik energi maupun protein yang tepat dalam rangka menekan biaya dan juga polusi lingkungan. Pada ternak monogastrik seperti ayam, kebutuhan protein tidak didasarkan pada kebutuhan protein kasar, tetapi lebih ditekankan kepada kebutuhan asam amino esensial. Dengan mengetahui kebutuhan asam amino esensial secara tepat maka kebutuhan protein ayam bisa diminimalisir (Baker, 2009) dengan demikian biaya pakan bisa ditekan dan polusi lingkungan juga bisa diminimalisir.

Penelitian yang berkaitan dengan kebutuhan asam amino esensial pada ayam broiler telah banyak dilakukan (Bilgili *et al.*, 1992 ; Chamruspollert *et al.*, 2002 ; Kidd *et al.*, 2004 ; Greenwood *et al.*, 2005 ; Samadi and Liebert 2007 and Dozier *et al.*, 2010). Dalam penelitian tersebut berbagai metoda digunakan untuk mendapatkan angka kebutuhan asam amino yang tepat bagi ternak Mack *et al.* (1999). Salah satu cara yang digunakan untuk menghitung kebutuhan asam amino adalah dengan menggunakan konsep ideal protein. Metode ini diterapkan dengan menggunakan lisin sebagai pembanding terhadap asam-asam amino esensial lainnya. Sampai saat ini belum banyak penyusunan ransum di Indonesia menggunakan cara penyusunan ransum berdasarkan konsep ideal protein. Tulisan ini akan memberikan informasi tentang konsep ideal protein dan berbagai teknik perhitungan asam amino dengan mengambil ayam pedaging sebagai bahan kajian.

### **Konsep Ideal Protein**

Saat ini formulasi bahan pakan ternak dapat dilakukan dengan tepat, cepat dan mudah. Berbagai program komputer dan software telah tersedia dengan data kandungan nutrisi bahan pakan yang akan digunakan

untuk penyusunan ransum dan kebutuhan nutrisi dari tiap ternak secara lengkap. Untuk kebutuhan nutrisi ternak ayam, sampai saat ini umumnya para *nutritionist* masih menggunakan literatur yang dikeluarkan oleh NRC (1994). Dalam memformulasi pakan ternak perlu juga diperhatikan keseimbangan dari asam amino terutama asam amino esensial. Formulasi asam amino esensial yang tidak tepat baik kelebihan ataupun kekurangan akan mengakibatkan ketidakseimbangan asam amino, antagonis dan juga menjadi racun bagi ternak. Pada akhirnya mengakibatkan terganggunya pertumbuhan ternak. Antagonis antar asam amino, misalnya terdapat pada *branched-chain amino acid* (BCAA) seperti leusin, isoleusin dan valin bersifat antagonis demikian juga dengan lisin dan arginine (D'Mello, 2003). Kelebihan threonine pada pakan dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan ternak, demikian juga kelebihan methionin pada pakan ternak dapat mengakibatkan meningkatnya kebutuhan vitamin B<sub>6</sub> (Scherer and Baker, 2000).

Keseimbangan asam amino dalam pakan sejalan dengan hukum minimum Liebig yang menyatakan bahwa kekurangan salah satu asam amino esensial dalam diet akan mengakibatkan terhambatnya penggunaan asam-asam amino lain, walaupun asam amino tersebut tersedia cukup pada pakan. Dalam penyusunan ransum ternak perlu juga diperhatikan berbagai faktor yang mempengaruhi kebutuhan nutrisi ternak seperti faktor jenis kelamin ternak, genetik, tingkatan umur dan juga faktor lingkungan. Konsep ideal protein dapat dikembangkan dalam penyusunan ransum walaupun berbeda jenis kelamin, berat maupun genetic. Konsep ideal protein pertama sekali diperkenalkan oleh Wang dan Fuller (1989) dan Chung and Baker (1992). Konsep ideal protein didasarkan pada relative asam amino yang dibutuhkan oleh ternak untuk pertumbuhan dan pemeliharaan, dimana kebutuhan dari asam amino tersebut akan berbeda menurut jenis kelamin, umur, berat dan juga genetik dari ternak, namun perbandingan antara asam amino esensial selalu sama (Cole, 1978).

Dalam menentukan konsep ideal protein, asam amino lisin digunakan sebagai referensi dari asam amino lainnya. Ada beberapa alasan mengapa asam amino

lisin digunakan sebagai referensi seperti yang dikemukakan oleh Emmert dan Baker (1997) yaitu : 1). dalam pakan ternak, lisin merupakan faktor pembatas kedua setelah asam amino sulfur (methionin) dan threonin, 2). lisin dapat dianalisis langsung, 3). lisin digunakan langsung untuk produksi dan maintainen (tidak digunakan sebagai precursor), dan 4). Data kebutuhan lisin dalam berbagai jenis pakan, kondisi lingkungan dan komposisi tubuh ternak telah tersedia lengkap. Sehingga mudah untuk digunakan sebagai dasar untuk menghitung kebutuhan asam amino esensial lainnya. Tabel 1 di bawah ini memperlihatkan susunan ideal protein pada ternak ayam yang dibagi berdasarkan kelompok umur.

Tabel 1. Konsep ideal protein pada ayam broiler dimana lisin sebagai pembanding untuk asam amino esensial lainnya.

Asam Amino	Broiler			
	Emmert and Baker (1997)		NRC (1994)	
	1-21 Minggu	21-42 Minggu	1-21 Minggu	21-42 Minggu
Lys	100	100	100	100
Met	36	37	46	38
His	35	35	32	32
Met+Cys	72	75	82	72
Trp	16	17	18	18
Thr	67	70	73	74
Leu	109	109	109	109
Val	77	80	82	82
Ile	67	69	73	73
Phe+Tyr	105	105	122	122
Arg	105	108	114	110

Sumber : Emmert and Baker (1997) dan NRC (1994)

Menurut Emmert and Baker (1997) dengan konsep ideal protein memudahkan dalam memformulasi ransum 1). Jantan dan betina, 2) Nilai ME energi dan protein baik rendah maupun tinggi, 3). Ternak dengan kemampuan genetik berbeda (tinggi atau rendah) dan 4). Formulasi pakan dengan kondisi lingkungan berbeda. Dengan metode ini diharapkan dapat mengurangi polusi akibat kelebihan atau kekurangan asam amino esensial dalam ransum. Dalam hal ini perlu diperhatikan juga bahwa penentuan lisin sebagai kebutuhan pakan ternak sangat penting, karena lisin akan menjadi dasar pembanding untuk asam amino lainnya. Semua ideal asam amino didasarkan kepada

daya cerna asam amino. Kemampuan ternak untuk mencerna asam amino yang terdapat pada pakan akan berbeda tergantung dari bahan pakan. Namun asam amino buatan (*crystalline amino acids*) 100% bisa dicerna oleh ternak. Pakan yang diformulasi menggunakan jagung dan kacang kedelai sebagai sumber asam amino dengan kandungan total lisin 1.26%, jumlah lisin yang dicerna adalah sebesar 1,12% berdasarkan Parson (1991) dimana daya cerna lisin adalah 89%. Apabila menyusun ransum dengan menggunakan 1,00% lisin yang berasal dari jagung dan kacang kedelai, maka sisanya 0,26% harus disuplai dari asam amino buatan. Berdasarkan kalkulasi didapat bahwa daya cerna lisin menjadi 1,15% (1,00 x 89% + 0,26 x 100%) sehingga melebihi kebutuhan ternak (Emmert and Baker, 1997). Tabel 2 memperlihatkan ideal asam amino sebagai pembanding dengan Tabel 1 dengan sumber berbeda.

Tabel 2. Ideal asam amino dengan menggunakan lisin sebagai pembanding.

Asam Amino	Broiler			
	IICP <sup>1</sup>	Mack <i>et al.</i> (1999) <sup>2</sup>	Baker <i>et al.</i> (2002) <sup>3</sup>	CVB (2001) <sup>4</sup>
Lys	100	100	100	100
Met+Cys	75	75	-	73
Thr	70	63	56	63
Trp	17	19	17	16
Iso	69	71	61	66
Leu	111	-	-	-
Val	80	81	78	-
His	37	-	-	-
Arg	108	112	-	110

<sup>1</sup>IICP = Illinious Ideal Chick Protein for Broiler (Baker and Han, 1994)

<sup>2</sup>Rasio spesifik untuk broiler umur 20-40 hari (Mack *et al.*, 1999)

<sup>3</sup>Rasio spesifik untuk umur broiler 8-21 hari (Baker *et al.*, 2002)

<sup>4</sup>Rasio spesifik untuk semua umur broiler (CVB, 2001)

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ideal Asam Amino

Dalam menentukan kebutuhan asam amino pada ternak ayam tidak hanya diperhatikan kebutuhan untuk produksi tetapi juga kebutuhan untuk *maintenance* (pemeliharaan). Beberapa penelitian membuktikan bahwa kebutuhan ideal asam amino berbeda berdasarkan umur dan berat badan ternak dimana kebutuhan untuk pemeliharaan meningkat dengan

bertambahnya umur (Leeson dan Summers, 2001).

Menurut Leveille dan Fisher (1960) dengan menggunakan *zero body protein accretion* sebagai variabel respon kebutuhan lisin untuk pemeliharaan jaringan tubuh adalah lebih rendah dibandingkan dengan kebutuhan asam amino esensial lain karena proses turn over lebih lambat yang mempunyai konsentrasi lisin yang tinggi. Berdasarkan tiori ini Baker dan Han (1994) berpendapat bahwa rasio optimum asam amino methionine, sistin, threonine dan tryptophan meningkat karena peningkatan kebutuhan asam amino untuk pemeliharaan setelah umur 3 minggu. Hal ini juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mack *et al.* (1999) yang menyatakan bahwa terdapatnya perbedaan rasio asam amino pada ternak ayam mulai dari DOC sampai umur pemotongan. Dari berbagai penelitian disarankan untuk perhitungan kebutuhan pemeliharaan tubuh, maka kalkulasi kebutuhan lisin dihitung berdasarkan lisin *zero lysine accretion* daripada *zero protein accretion*.

Estimasi kebutuhan lisin seperti yang dinyatakan oleh Edwards *et al.* (1999) dan Emmert dan Baker (1997) kebutuhan lisin untuk pemeliharaan meningkat dengan meningkatnya umur hal ini juga berlaku sama untuk asam amino esensial lainnya. Sebagai contoh terjadi peningkatan kebutuhan threonine dengan lisin dari 0,65:1 ke 0.68:1. Dengan menggunakan FCR (feed conversion ratio) kebutuhan ideal protein threonine:lisin meningkat dari 0.67:1 (umur 0-21 hari) ke 0.70:1 (umur 21-41 hari). Hal yang sama juga ditemukan oleh Kerr *et al.* (1999) yang menyatakan bahwa kebutuhan threonine:lisin 0.67:1 perhitungan berdasarkan berat badan dan konversi pakan, sementara perhitungan berdasarkan daging dada (*breast meat*) bahwa rasio threonine:lisin menjadi 0.70:1 pada umur 21-52 hari.

### Metode Perhitungan Kebutuhan Asam Amino

Estimasi kebutuhan asam amino terutama asam amino esensial sesuai dengan kebutuhan tubuh ternak seperti untuk kebutuhan pemeliharaan, protein deposisi pada jaringan dan produksi ternak lainnya adalah sangat penting. Dengan mengetahui kebutuhan

asam amino secara tepat, maka efek polusi dan juga ekonomis dapat diminimalisir. Berbagai metode telah diterapkan untuk menghitung kebutuhan asam amino pada ternak dengan harapan didapat hasil yang akurat kebutuhan asam amino dalam tubuh. Beberapa metode yang dilakukan untuk menghitung asam amino misalnya dengan cara analisis protein tubuh, dose respon dan juga exponentsial N-model. Kebutuhan asam amino berdasarkan dose respon dikembangkan berdasarkan teknik suplementasi dikembangkan oleh Morris *et al.*, (1999). Berdasarkan teknik ini, evaluasi asam amino didasarkan kepada kebutuhan asam amino yang dievaluasi yang diberikan ke pakan berdasarkan level tertentu. Kemudian respon dari pakan tersebut dievaluasi berdasarkan kurva yang terbentuk. Sementara metode menghitung asam amino berdasarkan factorial metode dengan menghitung kebutuhan asam amino berdasarkan pemeliharaan tubuh dan juga untuk produksi.

### Evaluasi kebutuhan asam amino berdasarkan Exponensial N-utilisasi Metoda

Perhitungan kebutuhan asam amino dengan menggunakan metode ini dilakukan berdasarkan efisiensi protein yang digunakan. Dengan metode ini, asam amino yang akan diukur dicampur dengan asam amino lain, dimana asam amino yang dievaluasi dibatasi dalam pakan. Metode ini diperkenalkan oleh Gebhard (1966) kemudian dikembangkan oleh Liebert (1995) dan Samadi dan Liebert (2007). Beberapa langkah untuk perlu dilakukan dengan metode ini:

#### 1. Kalulasi N-balance

Dalam melakukan N-balance, kehilangan N dari kulit dan juga bulu diabaikan, N-balance dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{N-balance} = \text{N-Intake} - (\text{Faecal-N} + \text{Urinary-N}) \\ (\text{mg/BW}_{\text{kg}}^{0,67})$$

Secara teoritik N-deposisi ditambah dengan NMR dapat dihitung dengan rumus Gebhard (1966) sebagai berikut:

$$y = A (1 - e^{-bx})$$

Dimana :

$$-y = \text{N-balance harian} + \text{NMR} \quad (\text{mg/BW}_{\text{kg}}^{0,67})$$

- A= Maksimum N deposisi N- Balance + NMR (PD<sub>max</sub> Theor.) (mg/BW<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>)
- x = N-Intake harian (mg/BW<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>)
- b = Slop N retensi (kualitas protein berdasarkan protein kualitas dan umur)
- e = Nomor dasar logaritma

## 2. Kalkulasi kualitas protein

Kualitas protein (b) dikalkulasi berdasarkan rumus Gebhardt (1966) sebagai berikut:

$$b = \ln A - \ln (A-y) / x$$

Efisiensi penggunaan asam amino (bc<sup>-1</sup>) dikalkulasi berdasarkan metode Liebert and Gebhardt (1988) method in the following equation:

$$bc^{-1} = \ln A - \ln (A-y) / 16 \times LAA$$

Dimana:

- bc<sup>-1</sup> = efisiensi penggunaan asam amino terbatas (*limiting amino acid*)
- xLAA = konsumsi harian asam amino terbatas (mg/BW<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>)

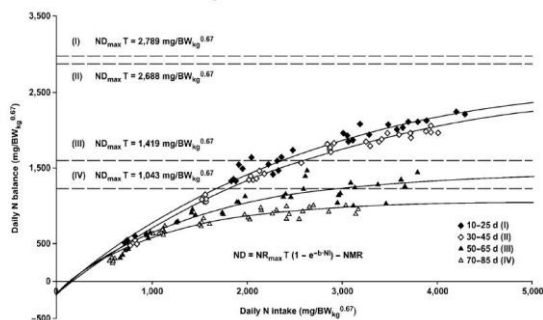
## 3. Kalkulasi Kebutuhan Asam amino

Kebutuhan asam amino (mg/BW<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>) tergantung kepada efisiensi dari asam amino yang digunakan dan level dari protein dikalkulasi berdasarkan rumus berikut:

$$x_{LAA} = \ln A - \ln (A - y) / 16 bc^{-1}$$

Metode ini telah digunakan pada penelitian yang dilakukan oleh Thong dan Liebert (2002) pada babi, Mohammed (2002) pada ikan dan Samadi dan Liebert (2007) pada ayam.

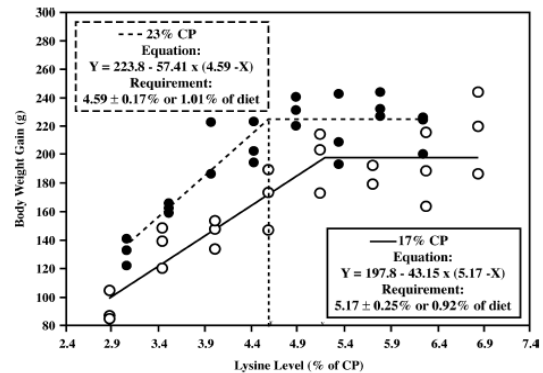
Gambar berikut adalah perhitungan PD<sub>max</sub>T pada ayam yang dilakukan oleh Samadi dan Liebert (2007).



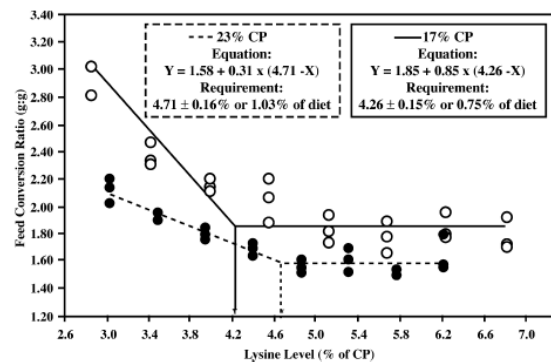
Gambar 1: Evaluasi potensial maximum nitrogen deposisi (ND<sub>max</sub>T) pada ayam broiler genotype Red JA berdasarkan tingkatan umur yang berbeda (Sumber: Samadi dan Liebert 2007).

## Evaluasi kebutuhan asam amino berdasarkan suplementasi teknik

Perhitungan kebutuhan asam amino pada ternak ayam dapat juga dilakukan dengan teknik suplementasi. Penelitian dengan metode suplementasi telah dilakukan oleh Sterling *et al.*, (2003), dalam penelitian ini dihitung kebutuhan lisin broiler pada umur 10-18 hari dengan kandungan protein berbeda (17% dan 23 % protein kasar). Evaluasi kebutuhan lisin dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Dimana kebutuhan lisin pada ternak ayam ditentukan pada garis patah (*broken line*) dengan menggunakan berat badan dan juga konversi pakan pada ternak ayam sebagai parameter.



Gambar 2: Perhitungan kebutuhan asam amino (lisin) dengan suplementasi teknik yang diukur berdasarkan berat badan. Broken line (garis patah) terjadi pada level lisin 5,17% pada pemberian 17 % protein dan 4,59% pada pemberian 23% protein dalam pakan. (Sumber: Sterling *et al.*, 2003).



Gambar 3: Perhitungan kebutuhan asam amino (lisin) dengan suplementasi teknik yang diukur berdasarkan konversi pakan (FCR). *Broken line* (garis patah) terjadi pada level lisin 5,26 % pada pemberian 17 % protein dan 4,71 % pada pemberian 23% protein dalam pakan. (Sumber: Sterling *et al.*, 2003).

### KESIMPULAN

Konsep ideal protein berdasarkan profil asam amino dapat digunakan dalam menghitung kebutuhan asam amino esensial pada ternak ayam pedaging (broiler). Dengan konsep ini kebutuhan asam amino dapat ditentukan pada jenis kelamin ayam, tingkatan umur dan lingkungan yang berbeda. Berdasarkan konsep ini, atas berbagai pertimbangan lisin digunakan sebagai pembanding untuk menentukan kebutuhan asam-asam amino esensial lain dalam memformulasikan ransum. Oleh karena itu, penentuan lisin untuk kebutuhan ternak ayam harus dilakukan dengan teliti dan tepat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Baker, D.H. 2009. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *Amino Acids*. 37:29-41.
- Baker, D.H., and Y.M. Han. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks posthatching. *Poult. Sci.* 73:1441-1447.
- Baker, D.H., A.B. Batal, T.M. Parr, N.R. Augspurger, and C.M. Parsons. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) or tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second and third weeks posthatch. *Poult. Sci.* 81:485-494.
- Bilgili, S.F., E.T. Moran, and N. Acar. 1992. Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: Live performance and further-processing yields. *Poult. Sci.* 71: 850-858.
- Chamruspollert, M., G.M. Pesti, and R.I. Bakali. 2002. Determination of the methionine requirement of male and female broiler chicks using an indirect amino acid oxidation method. *Poult. Sci.* 81:1004-1013.
- Chung, T.K. and D.H. Baker, (1992). Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. *J. of Anim. Sci.* 70: 3102-3111.
- Cole, D.J.A. (1978). Amino acid nutrition of pig. In: Haresign, W. and Lewis, D. (edition) *Recent Advances in Animal Production*. Butterworths, London, pp: 59-72.
- Centraal Veevoederbureau (CVB), 2001. *Veevoedertabel 2001. Gegewens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen*. Centraal Veevoederbureau, Postbus 2176 8203 AD, Lelystad, The Netherlands.
- D'Mello, J.P.F. 2003. Adverse effects of amino acids. In: D'Mello, J.P.F. (ed) *Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. CAB International, Wallingford, UK, pp: 125-142
- Dozier, W.A. Corzo, A., Kidd, M.T., Tillman, P.B., McMurtry, J.P and Branton, S.L. 2010. Digestible lysine requirements of male broilers from 28 to 42 days of age. *Poult. Sci.* 89: 2173-2182.
- Edwards, H.M. III, S.R. Fernandez, and D.H. Baker, 1999. Maintenance lysine requirement and efficiency of using lysine for accretion of whole-body lysine and protein in young chicks. *Poult. Sci.* 78:1412-1417.
- Emmert, J.L. and Baker, D.H. 1997. Use of the ideal protein concept for prediction formulation of amino acid levels in Broiler Diets. *Appl. Pro.Res.* 6: 462-470.
- Gebhardt, G., 1966. In:Hock, A. (Hrsg). *Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und Seiner Haustier*, Fischer-Verlag, Jena-Germany, 323-348.
- GfE, 1999. *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler)*. DLG-verlag, Frankfurt am Main.
- Jorgensen, H., P. Sorensen, and B.O. Eggum. 1990. Protein and energy metabolism in broiler chickens selected for either body weight gain or feed efficiency. *Br. Poult. Sci.* 31: 517-524.

- Kerr, B.J., Kidd, M.T, McWard, G.W. and Quarles, C.L. 1999. Interactive Effects of Lysine and Threonine on Live Performance and Breast Yield in Male Broilers J. Appl. Poult. Res. Winter, 1999 vol. 8 no. 4 391-399
- Kidd, M.T., A. Corzo, D. Hoehler, B.J. Kerr, S.J. Barber, and S.L. Branton. 2004. Threonine needs of broiler chickens with different growth rates. Poult. Sci. 83: 1368 -1375.
- Leeson, S., L. Caston, and J.D. Summers. 1996. Broiler response to diet energy. Poult. Sci. 75:529-535.
- Leveille, G. A., and H. Fisher. 1960. Amino acid requirements for maintenance in adult rooster. III. The requirements of leucine, isoleucine, valine, and threonine, with reference to the utilization of the D-isomers of valine, threonine and isoleucine. J. Nutr. 70:135-140.
- Mack, S., D. Becovici, G. De Groote, B. Leclercg, M. Lippens, M. Pack, J.B. Schutte, and S. Cauwenberghe. 1999. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20-40 days age. Br. Poult. Sci. 40:257-265.
- Mohammed, K. 2002. Study to determine maximum growth capacity and amino acid requirements of Tilapia genotypes. Doctoral Diss, Georg-August University Göttingen, Germany.
- Morris, T.R. R.M. Gous and C. Fisher, 1999. An analysis of the hypothesis that amino acid requirements for chick should be stated as proportion of dietary protein. *World Poultry Science Journal*. 55:7-22.
- Onifade, A.A., Al Sane, N.A, Al-Mussalam, A.A. and AL-Zarban, 1998. A review: Potentials for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources. *Bioresources Technology*, Vol: 66 Issue: 1 : 1-11.
- Parsons, C.M. 1991. Amino acid digestibility for poultry: Feedstuff evaluation and requirements. *BioKyowa Tech. Rev.* 1:1-15.
- Samadi and Liebert, 2007. Threonine requirement of slow-growing male chickens depends on age and dietary efficiency of threonine utilization. *Poult. Sci.* Vol. 86 no. 6: 1140-1148.
- Scherer, C.S. and Baker, D.H. (2000). Excess dietary methionine markedly increase the vitamin B-6 requirement of young chicks. *J. of Nutrition*. 130; 3055-3058.
- Sterling, K.G., G.M. Pesti, and R.I. Balkali. 2003. Performance of broiler chicks fed various levels of dietary lysine and crude protein. *Poult. Sci.* 82:1939-1947.
- Thong, H.T. and F. Liebert. 2002. Threonine requirement of growing male castrated pigs of modern genotype. *Proc. Sec. Nutr. Physiol.* 11: 75.
- Wang, T.C. and M.F. Fuller, (1989). The optimum dietary amino acid patterns for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. *British J. of Nutr.* 62:77-89.