

## استفاده از قانون بازده نزولی به منظور تفکیک لیزین و متیونین مصرفی به نیازمندی‌های نگهداری و رشد در جوجه‌های گوشتی نر جوان

حسن درمانی کوهی\*

استادیار گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۹۲/۳/۱۹)

### چکیده

در این مطالعه با استفاده از داده‌های آزمایشی برگرفته شده از مقالات معتبر بین‌المللی، کاربردی بودن مدل رشدی مونومولکولر در راستای فراهم نمودن تخمین‌هایی برای نیازمندی‌های نگهداری و رشد به لیزین و متیونین در جوجه‌های نر جوان مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از رویه NLMixed برنامه آماری SAS استفاده شد. جهت اعتبارسنجی مدل، از معیارهای متفاوتی از قبیل نحوه رفتار مدل در برازش داده‌ها، معیارهای آماری (ضریب تعیین و اشتباه معیار) و همچنین معنی‌دار بودن نیازهای برآورده شده توسط مدل از نظر بیولوژیکی استفاده شد. در مطابقت با نحوه رفتار مورد انتظار از مدل، متوسط راندمان استفاده از لیزین و متیونین در سطوح مصرفی پائین این اسیدهای آمینه در مقایسه با سطوح مصرفی بالاتر بیشتر بود و با افزایش سطح مصرف اسیدهای آمینه، این راندمان کاهش پیدا کرد. با توجه به توانایی مدل در برازش داده‌ها و همچنین مطابقت نزدیک بین تخمین‌های صورت گرفته توسط مدل و مقادیر گزارش شده توسط سایر محققین، نتایج نشان دهنده کاربردی بودن این مدل در راستای برآورد نیازمندی‌های نگهداری و رشد به لیزین و متیونین در جوجه‌های گوشتی است.

**واژه‌های کلیدی:** جوجه‌های گوشتی، قانون بازده نزولی، لیزین، متیونین، نیازمندی‌های نگهداری و رشد

## مقدمه

نیازمندی‌های اسیدآمینهای جوجه‌های گوشتی با استفاده از روش‌های متعددی از قبیل متغیرهای رشدی، تجزیه لاشه، ایزوتوپ‌های رادیواکتیو، تجزیه اسید آمینه پلاسما و سرعت اکسیداسیون اسیدهای آمینه در داخل بدن، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند (Pencharz and Ball, 2003; Coleman *et al.*, 2003). از این میان، رایج‌ترین روش‌های مورد استفاده شامل ارزیابی عملکرد رشدی جوجه‌های گوشتی در پاسخ به سطوح افزایشی اسیدهای آمینه سنتتیک (D'Mello, 1982) و جیره‌های تهیه شده بر مبنای تکنیک رقیق‌سازی بوده است (Fisher and Morris, 1970). در این روش‌ها، غلظتی از اسید آمینه که منجر به تولید حداکثر رشد و بالاترین راندمان غذایی می‌شود به عنوان نیازمندی به آن اسید آمینه در نظر گرفته شده و معمولاً به صورت یک غلظت ثابت از جیره بیان می‌شود. این مقادیر ثابت در جداول نیازمندی‌های غذایی مورد استفاده بوده و مبنایی برای فرموله کردن جیره بر اساس حداقل قیمت محسوب می‌شوند. با استفاده از این مقادیر ثابت، پیش‌بینی سرعت رشد، مصرف خوراک و ترکیب لاشه از طریق تغییر در غلظت جیره‌ای اسیدهای آمینه و یا توازن بین آنها غیرممکن خواهد بود. بعلاوه، از آنجائیکه پاسخ جوجه‌های گوشتی به سطوح افزایشی مواد مغذی در جیره از نوع کاهشی است، بنابراین، به منظور داشتن اقتصادی‌ترین تخمین در خصوص غلظت مواد مغذی در داخل جیره، اساس تعیین نیازمندی‌ها بایستی بر مبنای الگوی کاهشی به جای الگوی ثابت فعلی باشد (Clark *et al.*, 1985; Gous *et al.*, 1985). با وجود استفاده از مدل‌های غیر خطی به منظور تعیین نیازمندی‌های اسید آمینه‌ای در جوجه‌های گوشتی (Samadi and Guevara, 2004; Liebert, 2007a, b, 2008)، مدل‌های تغذیه‌ای اندکی برای طیور در اختیار بوده و کارهای تحقیقاتی بیشتری به منظور تعیین نیازمندی‌های نگهداری و راندمان استفاده از مواد مغذی برای منظورهای متفاوت رشدی مورد نیاز است. اولین بار، Spillman and Lang (1924) کاربرد مدل بودن قانون بازده نزولی را در مورد توصیف ارتباط بین مصرف خوراک و وزن زنده در حیوانات در حال رشد گزارش نمودند. توسط Parks (1982) نشان داده شد که یک شکل ویژه از قانون بازده نزولی می‌تواند به منظور توضیح تغییر در اندازه بدنی با افزایش سن دام مورد استفاده قرار گیرد.

معادله قانون بازده نزولی اخیراً به‌عنوان یک جز از سیستم انرژی قابل متابولیسم در انگلستان پذیرفته شده است (Agnew *et al.*, 2004).

پتانسیل و ارزشمندی یک شکل خاص از قانون بازده نزولی به منظور تفکیک انرژی و پروتئین مصرفی جوجه‌های گوشتی به نیازمندی‌های نگهداری و رشد در سایر مطالعات نشان داده شده است (Darmani Kuhi *et al.*, 2003, 2004, 2007, 2009, 2011, 2012). با توجه به کاربردی بودن مدل مورد نظر، هدف از انجام مطالعه حاضر استفاده از این مدل به منظور ارایه تخمین‌هایی در رابطه با نیازمندی‌های نگهداری و رشد جوجه‌های گوشتی به اسیدهای آمینه لیزین و متیونین بود.

## مواد و روش‌ها

توسعه یک روش پویاتر به منظور تعیین احتیاجات اسید آمینه‌ای در طیور، نیازمند آگاهی از قابلیت هضم پروتئین، الگوی ذخیره شدن اسیدهای آمینه در بدن و راندمان نسبی استفاده از اسیدهای آمینه جذب شده برای نگهداری و ابقای پروتئین است (NRC, 1994; Edwards and Baker, 1999). لذا، در این مطالعه کاربردی بودن یک نوع خاص از مدل مونومولکولر<sup>۱</sup> (معادله ۱) در راستای فراهم نمودن تخمین برای نیازمندی‌های نگهداری و رشد به لیزین و متیونین در جوجه‌های گوشتی مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$y = y_{\max} [1 - e^{-K(x-x_m)}], x \geq 0 \quad (\text{معادله ۱})$$

که  $y$  میزان ابقای پروتئین در بدن (گرم برای هر کیلوگرم وزن زنده در روز)،  $y_{\max}$  سطح ماکزیممی ابقای پروتئین (ماکزیمم مقداری که  $y$  می‌تواند بپذیرد)،  $K$  یک پارامتر بوده،  $x$  میزان مصرف لیزین یا متیونین (میلی‌گرم برای هر کیلوگرم وزن زنده در روز) و  $x_m$  محل برخورد منحنی با محور  $x$  در نقطه‌ای که ابقای پروتئین (y) صفر است (شکل ۱)، بیانگر میزان مصرف لیزین یا متیونین در سطح نگهداری است. جهت ارزیابی کاربردی بودن مدل بالا در رابطه با توصیف ارتباط بین مصرف لیزین و متیونین با ابقای پروتئین از داده‌های آزمایشی برگرفته شده از مقالات معتبر بین‌المللی استفاده شد (جدول ۱). هیچگونه انتخاب، استانداردسازی و یا غربالگری روی داده‌های جمع‌آوری شده

جدول ۱- منابع داده‌های آزمایشی استفاده شده در مطالعه حاضر

Table 1. Data sources used in current study

Amino acid and source	Amino acid levels	Growth phase (d)*	Strain
<u>Lysine</u>			
Kim <i>et al.</i> (1997a)	5	8-21	Arbor acres
Edwards <i>et al.</i> (1999), Experiment 1	5	10-20	New Hampshire × Columbia
Edwards <i>et al.</i> (1999), Experiment 2	6	10-20	Avian × Avian
Fatufe <i>et al.</i> (2004)	10	10-20	Ross
<u>Methionine</u>			
Kim <i>et al.</i> (1997b)	5	8-21	Arbor acres
Edwards and Baker (1999)	6	1-20	Peterson × Hubbard
Fatufe <i>et al.</i> (2005), low protein diet	8	8-21	Ross
Fatufe <i>et al.</i> (2005), normal protein diet	8	8-21	Ross

\* Post-hatching

نگهداری و رشد تخمین زده شده توسط مدل، متوسط نیازمندی اسیدهای آمینه لیزین و متیونین به منظور ابقای ۱۰۰ گرم پروتئین در سطح یک تا چهار برابر نیازمندی‌های نگهداری در محدوده مقادیر گزارش شده توسط محققین قبلی قرار دارد (جدول ۲).

سطح مطلوب عملکرد در مباحث تولیدی (از جمله صنایع مرتبط با پرورش طیور) محدوده‌ای است که اختلاف بین هزینه‌های انجام شده و درآمد حاصل حداکثر باشد. سود تا نقطه معینی با افزایش سطح مصرف خوراک و همچنین تراکم مواد مغذی در جیره (یک جزء اصلی از هزینه‌های پرورشی در صنعت طیور) افزایش یافته و بعد از آن روند کاهشی نشان می‌دهد. بنابراین، منطق اقتصادی حکم می‌کند که پرورش‌دهندگان تا جایی در ارتباط با خوراک مصرفی هزینه نمایند که درآمد حاصل از تولید بیشتر یا معادل هزینه‌های صرف شده باشد. مدل‌های ریاضی یکی از ابزارهای ضروری در ارتباط با فهم فرآیندهای بیولوژیکی بوده و در بررسی‌های مرتبط با نتایج اقتصادی تصمیمات مدیریتی سودمند هستند. مطابق با Pesti and Miller (1997) مدل‌های مورد استفاده در نرم‌افزارهایی که امروزه جهت فرموله کردن جیره طیور مورد استفاده قرار می‌گیرند صرفاً ترکیبی از اجزای جیره را که تامین کننده نیازمندی‌های دام با حداقل قیمت هستند را برآورد می‌کنند. چنین مدل‌هایی که بر اساس بازده ثابت

انجام نگرفته و داده‌های آزمایشی همانگونه که از مقالات استخراج شد، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از رویه NLMixed برنامه آماری (2000) SAS<sup>۲</sup> استفاده شد. دلیل استفاده از رویه NLMixed این بود که داده‌های مورد استفاده مربوط به مطالعات متفاوت (منابع تامین کننده داده‌ها، جدول ۱) بود، بنابراین نیاز بود تا اثرات تصادفی مربوط به مطالعه مدنظر قرار گیرد. در تجزیه داده‌ها، توزیع اثرات تصادفی، نرمال فرض شد. پارامترهای  $y_{max}$ ،  $K$  و  $x_m$  در مدل، پارامترهای با اثرات ثابت فرض شدند. جهت اعتبارسنجی مدل از نقطه نظر عملکرد از معیارهای متفاوتی از قبیل نحوه رفتار مدل در توضیح روند تغییرات داده‌های آزمایشی، معیارهای آماری (اشتباه معیار و ضریب تعیین) و همچنین معنی‌دار بودن تخمین‌های صورت گرفته توسط مدل از نقطه نظر بیولوژیکی با مقایسه تخمین‌ها با مقادیر گزارش شده تحقیقی استفاده شد.

## نتایج و بحث

چگونگی توصیف ارتباط بین میزان ابقای پروتئین با مقادیر مصرف اسیدهای آمینه لیزین و متیونین توسط مدل در شکل ۱ نشان داده شده است. چنانچه از شکل ۱ مشخص است، این ارتباط می‌تواند بطور رضایت بخشی توسط مدل توضیح داده شود. در ارتباط با نیازمندی‌های

جدول ۲- تخمین‌های پارامتری بدست آمده و مشخصه‌های رشدی محاسبه شده با استفاده از معادله مونومولکولر، اعداد آرایه شده در پراترها خطاهای معیار پارامترها هستند.

Table 2. Parameter estimates obtained and growth indicators calculated using the monomolecular model, standard errors of parameters are given in parentheses

Parameter estimates*					(References) <sup>†</sup> Values	
Amino acid	$y_{max}$	$k$	$x_m$	$R^2$	-	Maintenance (mg/kg LW/d)
Lysine	19.5 (1.67)	0.001 (0.0002)	78.6 (32.2)	94.93	-	(F) 60, (M) 76, (W) 70
Methionine	16.9 (0.688)	0.0037 (0.0004)	36.3 (12.62)	93.25	-	F (25), M (31)
Biological indicators					(References) <sup>‡</sup> Values	
	$\bar{k}_g (1-2)^{\ddagger}$	$\bar{k}_g (2-3)^{\ddagger}$	$\bar{k}_g (2-4)^{\ddagger}$	$\bar{k}_g^{\delta}$	Model, 1/ $\bar{k}_g (0.1)^{\#}$	g/100 g protein
Lysine	0.019	0.017	0.016	0.017	5.73	(E1) 6, (F) 7.5, (W) 6.2
Methionine	0.061	0.053	0.046	0.054	1.84	(E2) 1.84, (F) 2.5, (Fa) 1.9

\*  $y_{max}$  is the maximum attainable value for protein accretion (g/kg LW/d),  $k$  is a fractional rate parameter (mg of AA intake/kgLW/d)<sup>-1</sup>, and  $x_m$  is AA intake at maintenance (mg/kg LW/d).

<sup>†</sup>Reported values of maintenance requirement for lysine and methionine: (F) Fisher (1998); (M) McDonald and Morris (1985); (W) Wiseman (1994).

<sup>‡</sup>Average efficiency of AA utilization for protein accretion (mg of AA accreted/mg of AA ingested) between 1-2, 2-3, 2-4 times maintenance.

<sup>§</sup>Average efficiency of AA utilisation for protein accretion between 1-4 times maintenance (g of protein accretion/mg of AA).

<sup>#</sup>Average AA requirement for protein accretion between 1-4 times maintenance (g of AA/100 g of protein accretion).

<sup>‡</sup>Reported values of amino acid composition of the whole carcass of young chicken. (E1) Edwards *et al.* (1999); (F) Fisher (1998); (W) Wiseman (1994); (E2) Edwards and Baker (1999); (Fa) Fatufe *et al.* (2005).

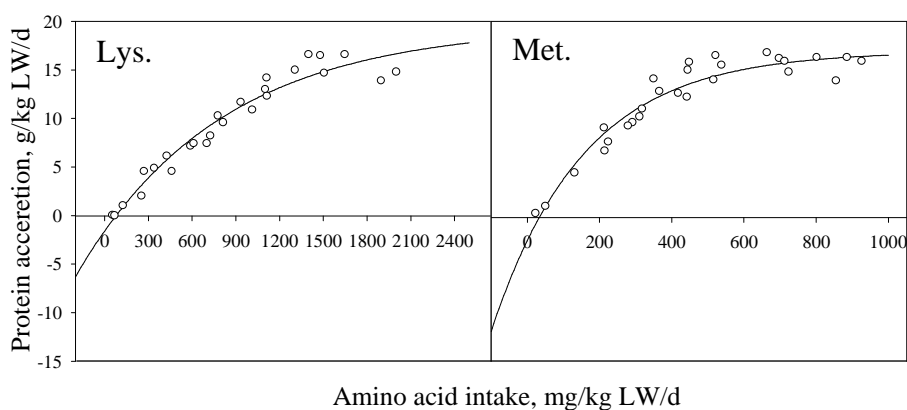


Fig. 1. Plots of protein accretion (g/kg LW/d) against intake showing the fit of the monomolecular equation. Lysine (Lys), methionine (Met) (mg/kg LW/d).

شکل ۱- نمودارهای ابقای پروتئین (g/kg LW/d) در مقابل مصرف اسید آمینه (mg/kg LW/d) که نشان دهنده برازش مدل مونومولکولر به داده‌های آزمایشی است. (Lys) لیزین، (Met) متیونین

بایستی در ساختار چنین نرم‌افزاری مورد استفاده واقع شوند. از بین مدل‌های ریاضی، استفاده از مدل‌های رشدی از اهمیت خاصی در آنالیز پاسخ‌های رشدی طیور به انتخاب ژنتیکی و تغییرات محیطی برخوردار هستند (Pasternak and Shalev, 1983). به هر حال و با وجود سودمندی

استفاده از مواد مغذی پایه‌ریزی شده‌اند، به طور مکفی بیانگر پدیده‌های بیولوژیکی دخیل در امر متابولیسم مواد مغذی نیستند و اینکه مدل‌های دینامیکی (از قبیل قانون بازده نزولی)، که می‌توانند تعیین کننده سطوحی از مواد مغذی باشند که منجر به استفاده اقتصادی بیشتری شوند،

جوجه‌های گوشتی به اسیدآمین لیزین و متیونین بوده است. با توجه به نتایج حاصل، مدل رشدی معرفی شده به دلیل اینکه می‌تواند بزرگی و روند پاسخ‌های جوجه‌های گوشتی نر جوان را به محتوای لیزین و متیونین جیره بدون هیچ پیش فرضی پیش‌بینی نماید، مفید به فایده در نظر گرفته می‌شود. به علاوه تخمین‌های صورت گرفته توسط مدل مورد استفاده دارای معنی و مفهوم بیولوژیکی بوده که مطابق با گزارش Morris (1989)، سه نتیجه از آن می‌تواند حاصل شود. اولاً، با در اختیار داشتن یک مجموعه از داده‌های آزمایشی برای یک دام با خصوصیات تولیدی مشخص، امکان تعمیم نتایج بدست آمده به گروه‌های با اندازه بدنی یا با پتانسیل تولیدی متفاوت وجود دارد. ثانیاً، با در دسترس بودن نتایج حاصل از آزمایشات مختلف، امکان کنار هم قرار دادن نتایج جهت بدست آوردن بهترین تخمین از پاسخ دام وجود دارد. ثالثاً، امکان برآورد راندمان عملکردی دام با روشی غیر از یک آزمایش ساده به وجود می‌آید.

منحنی‌های رشدی، چنین منحنی‌هایی به حیوان به عنوان یک سیستم صرفاً دارای خروجی می‌نگرند. از آنجائی که سیستم‌های تولیدی حیوانی از نوع سیستم‌های دارای ورودی-خروجی هستند، داده‌های حاصل از چنین منحنی‌های رشدی هیچ‌گونه اطلاعاتی از مکانیسم‌های درگیر در فرآیند رشد حیوان را در اختیار قرار نمی‌دهند. به طوریکه توسط McCance (1960) و Lister *et al.* (1966) نشان داده شده است، سن خود به خود نمی‌تواند عاملی در رابطه با تغییر اندازه بدنی باشد، بلکه فرصتی را در رابطه با رشد و بالغ شدن در اختیار دام قرار می‌دهد. در این ارتباط یک عامل غیروابسته دیگر که می‌تواند به‌جای سن در مطالعات رشدی مورد استفاده قرار گیرد، مصرف جمعی مواد مغذی است (Fitzhugh, 1976). پتانسیل و ارزشمندی یک شکل خاص از قانون بازده نزولی به منظور تفکیک انرژی و پروتئین مصرفی جوجه‌های گوشتی به نیازمندی‌های نگهداری و رشد اخیراً توسط Darmani Kuhl *et al.* (2003, 2004, 2007, 2009, 2011, 2012) نشان داده شده است. با توجه به کاربردی بودن مدل مورد نظر، هدف از انجام تحقیق حاضر استفاده از این مدل به منظور آرایه تخمین‌هایی در رابطه با نیازمندی‌های نگهداری و رشد

## فهرست منابع

- Agnew R. E., Yan T., France J., Kebreab E. and Thomas C. 2004. Energy requirement and supply. Pages 11-20 in Feed into Milk. C. Thomas, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Clark F. A., Gous R. M. and Morris T. R. 1982. Response of broiler-chickens to well-balanced protein mixtures. *British Poultry Science*, 23: 433-446.
- Coleman R. A., Bertolo R. F., Moehn S., Leslie M. A., Ball R. O. and Korver D. R. 2003. Lysine requirements of pre-lay broiler breeder pullets: Determination by indicator amino acid oxidation. *Journal of Nutrition*, 133: 2826-2829.
- Darmani Kuhi H., Kebreab E., Lopez S. and France J. 2003. A comparative evaluation of functions for the analysis of growth in male broilers. *Journal of Agricultural Sciences*, 140: 451-459.
- Darmani Kuhi H., Kebreab E., Lopez S. and France J. 2004. A comparative evaluation of functions for describing the relationship between live-weight gain and metabolizable energy intake in turkeys. *Journal of Agricultural Sciences*, 142: 691-695.
- Darmani Kuhi H., Porter T., Kebreab E., Lopez S. and France J. 2007. A comparative evaluation of functions for the analysis of growth in turkeys. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, France*, World's Poultry Science Association, pp. 109- 111.
- Darmani Kuhi H., Kebreab E., Lopez S. and France J. 2009. Application of the law of diminishing returns to estimate maintenance requirement for amino acids and their efficiency of utilization for accretion in young chicks. *Journal of Agricultural Sciences*, 147: 383-390.
- Darmani Kuhi H., Rezaee F., Faridi A., France J., Mottaghtalab M. and Kebreab E. 2011. Application of the law of diminishing returns for partitioning metabolizable energy and crude protein intake between maintenance and growth in growing male and female broiler breeder pullets. *Journal of Agricultural Sciences*, 149: 385-394.
- Darmani Kuhi H., Kebreab E. and France J. 2012. Application of the law of diminishing returns to partitioning metabolizable energy and crude protein intake between maintenance and growth in egg-type pullets. *Journal of Applied Poultry Research*, 21: 547-540.
- D'Mello J. P. F. 1982. A comparison of two empirical methods of determining amino acid requirements. *World's Poultry Science Journal*, 38: 114-119.
- Edwards H. M. III. and Baker D. H. 1999. Maintenance sulfur amino acid requirements of young chicks and efficiency of their use for accretion of whole body sulfur amino acids and protein. *Poultry Science*, 78: 1418-1423.
- Edwards H. M. III., Fernandez S. R. and Baker D. H. 1999. Maintenance lysine requirement and efficiency of using lysine for accretion of whole-body lysine and protein in young chicks. *Poultry Science*, 78: 1412-1417.
- Fatufe A. A., Timmler R. and Rodehutschord M. 2004. Response to lysine intake in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. *Poultry Science*, 83: 1314-1324.
- Fatufe A. A. and Rodehutschord M. 2005. Growth, body composition, and marginal efficiency of methionine utilisation are affected by nonessential amino acid supplementation in male broiler chicken. *Poultry Science*, 84: 1584-1592.
- Fisher C. and Morris T. R. 1970. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. *British Poultry Science*, 11: 67-82.
- Fisher C. 1998. Amino acid requirements of broiler breeders. *Poultry Science*, 77: 124-133.
- Fitzhugh H. A. Jr. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *Journal of Animal Science*, 42: 1036-1051.
- Guevara V. R. 2004. Use of nonlinear programming to optimize performance response to energy dietary in broiler feed formulation. *Poultry Science*, 83: 147-151.
- Gous R. M. and Morris T. R. 1985. Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *British Poultry Science*, 26: 147-161.
- Kim J. H., Cho W. T., Yang C. J., Shin I. S. and Han I. K. 1997 a. Partition of amino acids for maintenance and growth of broilers. I. Lysine. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 10: 178-184.
- Kim J. H., Cho W. T., Yang C. J., Shin I. S. and Han I. K. 1997 b. Partition of amino acids for maintenance and growth of broilers. II. Methionine. *Australasian Journal of Animal Science*, 10: 277-283.
- Lister D., Cowen T. and McCance R. A. 1966. Severe under-nutrition in growing and adult animals. *British Journal of Nutrition*, 20: 633-639.
- McCance R. A. 1960. Severe under-nutrition in growing and adult animals. 1. production and general effects. *British Journal of Nutrition*, 14: 59-73.
- McDonald M. W. and Morris T. R. 1985. Quantitative review of optimum amino acid intakes for young laying pullets. *British Poultry Science*, 26: 253-264.
- Morris T. R. 1989. The interpretation of response data from animal feeding trials. In *Recent Development in Poultry Nutrition* (Eds. D. J. A Cole & W. Haresign), pp. 1-11. London, UK: Butterworth.

- National Research Council. 1994. Metabolic modifiers: effects on the nutrient requirement of food producing animals. Washington DC: NationalAcademy Press.
- Parks J. R. 1982. A Theory of Feeding and Growth of Animal. Springer-Verleg, Berlin, Germany, 322 pages
- Pasternak H. and Shalev B. A. 1983. Genetic-economic evaluation of traits in a broiler enterprise: reduction of food intake due to increased growth rate. *British Poultry Science*, 40:44-51.
- Pencharz P. B. and Ball R. O. 2003. Different approaches to define individual amino acid requirements. *Annual Review of Nutrition*, 23: 101-116.
- Pesti G. M. and Miller B. R. 1997. Modelling for precision nutrition. *Journal of Applied Poultry Research*, 6: 483-494.
- Samadi F. and Liebert F. 2007a. Lysine requirement of fast growing chickens: effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. *The Journal of Poultry Science*, 44: 63-72.
- Samadi F. and Liebert F. 2007b. Threonine requirement of slow-growing male chickens depends on age and dietary efficiency of threonine utilization. *Poultry Science*, 86: 1140-1148.
- Samadi F. and Liebert F. 2008. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. *British Poultry Science*, 49: 45-54.
- SAS. 2000. SAS/STAT User's Guide, Version 8 Edition. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA.
- Spillman W. J. and Lange. 1924. The Law of Diminishing Increment. Chicago, USA: World Book Co, 178 pages.
- Talpaz H., De La Torre J. R., Sharpe P. J. H. and Hurwitz S. 1986. Dynamic optimization model for feeding broilers. *Agricultural Systems*, 20: 121-132.
- Wiseman J. 1994. Nutrition and Feeding of Poultry. Nottingham, UK: Nottingham niversity Press, 306 pages.

# Application of the law of diminishing returns for partitioning lysine and methionine intake between maintenance and growth in young broiler chicks

H. Darmani Kuhi<sup>\*</sup>

Department of Animal Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

(Received: 9-3-2013 - Accepted: 9-6-2013)

## Abstract

In the study presented here, the scope of a reparameterized monomolecular model was extended in growing young male chicks to provide an estimate of their lysine and methionine requirements for maintenance and growth. The equation was used with the NLMixed procedure of SAS to estimate parameters and combine them to determine other biological indicators. A number of criteria were used to evaluate general goodness of fit of the model, including model behavior, biologically meaningful parameter estimates and statistical performance. The estimated maintenance requirements and the determined values of lysine and methionine requirements for protein accretion were in good agreement with values reported previously by other researchers. Average efficiency of recovering lysine and methionine were greatest at low intakes and decreased as intakes increased. In conclusion, results presented here showed the applicability of the monomolecular equation to predict the magnitude and direction of responses of growing young broilers to dietary lysine and methionine intake without making any initial assumptions.

**Key words:** Broilers, Lysine, Methionine, Maintenance and growth requirements, The law of diminishing returns

---

\*Corresponding author: darmani\_22000@yahoo.com