

# 採卵鷄 단백질 급원의 蛋白質과 에너지 利用性的 同時 生物檢定

고태송 · 주양돈 · 우경목 · 최철림 · 박병석  
건국대학교 축산대학 사료영양학과

## Concurrent Bioassay of Energy and Protein Utilization of Protein Sources in Layer Diets

T. S. Koh, Y. D. Joo, K. M. Woo, C. L. Choi, B. S. Park

Department of Feed & Nutritional Sciences, College of Animal Husbandry  
Kon-Kuk University, Seoul, Korea 133-701

### ABSTRACT

A study of concurrent bioassay for protein quality and energy level in protein sources was made by determining urinary nitrogenous compounds in excreta. The carry over effect of previous feeding was eliminated by 48 h of feeding the experimental diets prior to the determination of for protein digestibility and utilizability, and energy digestibility and metabolizability at 24 h interval during 3 days. Then, protein qualities and energy levels for soybean meal, rapeseed meal and fish meal were calculated by a substitution method. Apparent protein utilization (NB/NI) was affected by the increased fecal nitrogen excretion in soybean meal and by the increased urinary nitrogen excretion in rapeseed meal and fish meal. The apparent metabolizability of energy (ME/GE) was affected by the fecal energy excretion in soybean meal and rapeseed meal and by urinary energy excretion in fishmeal. The results indicated that the concurrent bioassay of protein quality and energy levels in ingredients appears to be applicable to chickens of other age, sex, breeds and environmental conditions.

(Key words : concurrent bioassay, carry over effect, apparent protein utilization, AME)

### 緒 論

飼料의 에너지 값은 糞과 尿中 에너지 배설량을 기준으로 계산된다. 蛋白質의 代謝產物은 주로 尿를 통하여 배설되나, 尿中 배설물은, 실제 실험에서는 飼料 에너지 값 또는 蛋白質의 質의 어느 한 쪽의 評價에만 이용되고, 양쪽의 평가에 동시에 이용된 報告는 별로 없다. 體內 代謝에 의해서 생산된 尿질소와 蛋白質

給源의 代謝결과로 생산된 尿질소를 구분할 수 없을 뿐만 아니라, 가끔에서는 분뇨 혼합물로서 분과 노가 함께 배설되기 때문이다. 이러한 점은 蛋白質 給源의 단백질의 질 또는 에너지 값을 檢定하려고할 때 誤差가 發生하는 원인이 되어왔다. 본 실험에서는 家禽의 排泄物중에 排泄된 窒素化合物을 定量하여 糞中 질소 또는 에너지 그리고 尿中 질소 또는 에너지가 사료의 단백질 또는 에너지값에 기여하는 정도를 계산하였다 (Koh와 Oh, 1984; Lim 등, 1986; Koh 등, 1992).

Krogdahl과 Dalsgard (1981)는 인공항문을 장착한 백색레그혼 채란계에서 노중 질소화합물의 분포를 측정하고 이것을 이용하여 단백질 소화율의 계산이 가능하다고 하였다. 한편 Biellorai 등(1985)은 가금 배설물중의尿酸만을 정량하여 飼料중粗蛋白質의外觀上消化率을計算하였다. Rotter 등(1989)은 배설물중 노산을 정량하여 외관상의 단백질 소화율을 계산하는 것은 아미노산의 분석에 의하여 얻어진 값과 비교하여 간단하고 신뢰성이 있다고 하였다.

배설물을 이용하여蛋白質給源의蛋白質質이나 에너지 함량을測定하기 위해서는 우선 前食에 의한 장내消化物의 carry-over를 消去해야 한다. Bourdillon 등(1990)은 實驗飼料를 給與하기 전에 가금을絶食하여 飼料의 代謝에너지 값에 미치는 carry-over 영향을 消去하였다. 그러나 絶食狀態에서의 내인성 에너지 損失은 정상적인 生理狀態에서 排泄되는 것과 다르다 (Muztar와 Slinger, 1981; McNab, 1980). 이러한 carry-over 영향이 에너지값 측정시에는 검토되었으나, 단백질의 질을 평가시에는 연구되지 않았다. 우리들은 基礎飼料를 급여하는 産卵鷄에 實驗飼料로 바꾸었을 때의, 사료 단백질의 질과 에너지 이용성에 미치는 carry-over 영향을 조사하여, 安定된 단백질 및 에너지 이용율을 얻는데 必要的 時間을 確認하였다. 계속해서 大豆粕(SBM), 유채박(RSM) 및 魚粉(FM)의 蛋白質의 質과 에너지값을 古典的인 代置法(Hill과 Anderson, 1958; Sibbald와 Slinger, 1963; Bourdillon 등, 1990ab)으로 計算하였다. 이러한 方法은, 절식 또는 인공항문 장착시에 비해서 生理的인 狀態에서, 그리고 비교적 영양소 균형이 맞는 사료로 정상적인 상태에서 사료 이용성을 정밀하게 평가할 수 있을 뿐만 아니라, 動物福祉의 관점에서도 문제가 없다.

## 材料 및 方法

50주령된 갈색 산란계의 채란에 필요한 모든 영양소가 함유된(NRC, 1984) 基礎飼料를 급여한 다음 SBM, RSM 또는 FM 30%와 基礎飼料 70%가 함유된 실험 飼料를 각각 給與하여 7일간 飼育하였다. 산란계는 개체별로 케이지에서, 各 處理 당 네 개의 채란

계 케이지를 할당하여 23~25℃의 室溫 과 14L 10D를 維持하는 사육실에서 사육하였다. 飼料와 물은 自由로 攝取하도록 하였다. 총배설물중의 총질소량 또는 에너지 함량으로부터 尿酸, 암모니아, 總크레아티닌 및 尿素를 定量하여 계산된 尿窒素 또는 에너지가 區分되었다. 蛋白質의 外관상 消化率은 吸收된 질소(AN)/질소섭취량(NI), 外관상 단백질 利用率은 질소밸런스(NB)/NI, 外관상 에너지 소화율은 가소화 에너지(DE)/에너지 섭취량(GE), 外관상 대사율은 ME/GE 로, 이 값들은 24시간 간격으로 개체별로 測定되었다. 여기서 AN은 NI에서 糞중 배설 질소(FN)를 뺀 값이고, NB는 AN에서 尿중 배설 질소(UN)를 뺀 값이며, DE는 GE에서 糞중 배설 에너지(FE)를 뺀 값이고 ME는 DE에서 尿중 배설질소(UE)를 뺀 값이다. 실험사료의 蛋白質의 質과 에너지 水準이 乾物基準으로 計算되었고, 미네랄과 비타민을 同量 含有한 기초사료 또는 실험사료는 질소보정 代謝에너지값(MEn)에 영향을 미치지 않는다고 가정되었다 (Sibbald와 Slinger, 1963).

## 結果 및 考察

기초사료로 부터 SBM, RSM 및 FM 飼料로 바뀌어 급여한 가금에서, 外관상 단백질 소화율(AN/NI) 과 이용율(NB/NI), 外관상 에너지 소화율(DE/GE)과 이용율(ME/GE)은, 실험사료로 바뀌어 급여한 뒤 평균 48시간에 安定한 값이 되었다. 이것은, 前食의 carry-over가 48시간에 平衡이 되므로, 48시간 이후부터는 전식의 소화물이 소화관에 남지 않은(carry-over 효과가 없는) 단백질 또는 에너지 이용율을 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 전식에 의한 carry-over 영향이 평형이 된 후 3일동안 실험사육시의 사료의 단백질이용성(Table 1) 과 에너지 이용성(Table 2)이 기초사료와 실험사료 사이에 비교되고 SBM, RSM 및 FM의 단백질 및 에너지 이용율이 각각 계산되었다.

### 1. 단백질 이용율

단백질의 外관상 소화율(AN/NI) 및 外관상 단백질 이용율(NB/NI)은 기초사료에 비해서 SBM 飼

**Table 1.** Protein utilization of soybean meal, rapeseed meal and fish meal<sup>1</sup>

Diets	AN /NI	FN /NI	NB /NI	UN /NI
	----- % -----			
Basal	83.9±5.9 <sup>c</sup>	16.4 <sup>b</sup>	45.7±2.9 <sup>a</sup>	38.2 <sup>c</sup>
Diet SBM	69.3±7.3 <sup>d</sup>	30.7 <sup>a</sup>	31.2±8.0 <sup>c</sup>	38.1 <sup>c</sup>
RSM	89.0±3.4 <sup>b</sup>	11.0 <sup>c</sup>	41.1±4.6 <sup>b</sup>	47.9 <sup>b</sup>
FM	93.3±1.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>d</sup>	38.2±6.6 <sup>b</sup>	55.1 <sup>a</sup>
<i>Ingredients tested</i>				
SBM	45.4±7.1 <sup>c</sup>	54.6 <sup>a</sup>	18.0±7.8 <sup>b</sup>	27.4 <sup>b</sup>
RSM	66.5±3.8 <sup>a</sup>	33.5 <sup>c</sup>	27.4±5.2 <sup>a</sup>	39.1 <sup>a</sup>
FM	54.2±12.7 <sup>b</sup>	45.8 <sup>b</sup>	24.0±6.0 <sup>a</sup>	30.2 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> Figures with different superscripts are significantly different (P<0.05).

**Table 2.** Energy utilization of soybean meal, rapeseed meal and fishmeal<sup>1</sup>

Diets	DE /GE	FE /GE	ME /GE	UE /GE	DE	ME
	----- % -----				----- kcal /g DM -----	
Basal	81.4±2.5 <sup>a</sup>	18.6 <sup>c</sup>	79.4±2.4 <sup>a</sup>	2.0 <sup>b</sup>	3.515 <sup>a</sup>	3.428 <sup>a</sup>
Diet SBM	77.1±3.2 <sup>b</sup>	22.9 <sup>b</sup>	74.0±3.2 <sup>b</sup>	3.1a <sup>b</sup>	3.369 <sup>b</sup>	3.234 <sup>b</sup>
RSM	69.0±1.6 <sup>c</sup>	31.0 <sup>a</sup>	65.7±1.6 <sup>c</sup>	3.3 <sup>ab</sup>	3.035 <sup>c</sup>	2.890 <sup>c</sup>
FMS	82.9±2.3 <sup>a</sup>	17.1 <sup>c</sup>	78.0±2.7 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	3.569 <sup>a</sup>	3.358 <sup>a</sup>
<i>Ingredients tested</i>						
SBM	66.1±10.0 <sup>B</sup>	33.9 <sup>B</sup>	60.3±10.2 <sup>B</sup>	5.8 <sup>B</sup>	3.123 <sup>B</sup>	2.849 <sup>B</sup>
RSM	44.0±5.1 <sup>C</sup>	56.0 <sup>A</sup>	37.6±5.2 <sup>C</sup>	6.4 <sup>B</sup>	2.024 <sup>C</sup>	1.729 <sup>C</sup>
FM	91.8±8.1 <sup>A</sup>	8.2 <sup>C</sup>	79.3±9.4 <sup>A</sup>	12.5 <sup>A</sup>	3.793 <sup>A</sup>	3.277 <sup>A</sup>

<sup>1</sup> Figures with different superscripts are significantly different (P<0.05).

료를 급여한 것에서 유의하게 (P<0.05) 낮았다. 여기에는 분질소의 배설율 (FN/NI)이 유의하게 높은 것이 반영되었으나, 尿질소 (UN/NI)의 배설율은 기초사료와 SBM 飼料 사이에 비슷하였다. SBM 飼料의 낮은 NB/NI에는 단백질의 낮은 소화율이 가장 크게 기여하였다. RSM사료와 FM사료의 AN/NI는 기초사료에 비해서 유의하게 높고 NB/NI는 유의하게 낮았다. 이것은 FN/NI가 유의하게 낮아지고 UN/NI가 유의하게 높아지는 것이 반영되었다. RSM사료와 FM사료의 NB/NI가 낮아지는 것은 단백질이 흡수된 다음 체단백질의 합성에 이용되지 않고 뇨를 통한 질소 화합물의 배설량이 많아지는 것이 원인이 되었다.

이들 값으로부터 계산된 SBM 단백질의 외관상 소

화율 (AN/NI) 45.4 %는 RSM 66.5% 와 FM 54.2%에 비해서 낮았다. SBM 단백질의 NB/NI 18.0%도 RSM과 FM의 이들 값보다 낮았으며, RSM사료를 급여한 것에서는 뇨중질소 배설량이 높아졌으며, RSM 단백질이 흡수된 후 그 이용성이 낮아진다는 것을 시사하고 있다.

본 연구에서 단백질의 외관상 소화율과 이용율이 실제 요구량보다 높게 함유된 사료를 이용하여 측정되었으나, SBM 단백질의 이용율은 소화율의 감소로 그리고 RSM과 FM의 이용율은 뇨중 질소 배설량의 증가로 그 이용성이 낮아진다는 것을 나타내고 있다.

## 2. 에너지 이용성

기초사료의 외관상 에너지소화율 (DE/GE)과 대

사율 (ME/GE)에 비해서 SBM사료의 이 값들은 유의하게 ( $P < 0.05$ ) 낮았다. 분중 불소화물의 배설율 (FE/GE)이 유의하게 높아지고, 노에너지 배설율 (UE/GE)은 높아지는 경향을 나타내었다. 이것은 SBM 사료의 외관상 단백질 이용율이 분질소 배설량의 증가로 낮아지는 것과 비슷한 경향이였다. RSM사료의 DE/GE 및 ME/GE는 기초사료와 SBM 사료에 비해서 유의하게 낮았다. RSM 사료의 에너지소화율이 낮아지는 것은 RSM 단백질의 소화율과 다른 경향으로 이것은 RSM에 함유된 섬유소 등 다른 요인에 기인하는 것으로 생각된다. FM사료의 DE/GE 및 ME/GE는 기초사료의 이 값들과 유사하여 FM사료에도 노질소의 증가에 의한 단백질 이용율이 낮아지는 것과 다른 경향을 나타내었다.

SBM의 DE/GE는 66.1%로서 RSM의 44.0%보다 높고 FM의 91.8%보다 낮았다. SBM의 ME/GE도 RSM의 이 값보다 높고 FM의 이 값보다 낮았다. SBM과 RSM의 대사율은 불소화 에너지에 의해서 FM의 에너지 대사율은 노에너지 배설량에 의해 영향을 받고 있다는 것을 나타내었다.

일반적으로 분과 노중에 배설되는 질소 또는 에너지를 구분하므로서 체란계 사료의 단백질 급원의 단백질 이용율에는 노중질소가 크게 기여하였고, 에너지 이용성에는 분중배설 에너지가 크게 기여하고 있다는 것을 나타내었다.

## 摘 要

採卵鷄의 배설물 중의 질소 화합물을 定量하여 사료 중 蛋白質 給源의 蛋白質의 質과 에너지 水準의 同時 定量이 實施되었다. 飼料의 外觀上 蛋白質 利用率과 에너지 利用率에 미치는 前食의 影響(carry-over)은 48시간 뒤에 平衡이 되었다. 그 다음 3일 동안 24시간 間隔으로 大豆粕, 유채박 및 魚粉의 蛋白質의 質과 에너지 값이 代置法으로 계산되었다. 그 結果 大豆粕에서는, 糞중 排泄질소의 증가가, 유채박과 어분에서는 尿중 排泄질소의 增加가 外관상 蛋白質 利用率 (NB/NI)이 낮아지는 원인이 되었다. 그리고 대두박과 유채박의 外관상 代謝率(ME/GE)은 糞중 排泄 에너지의 증가로, 한편 魚粉의 대사율은 노중 에너지의 증가

에 의해서 크게 영향 받았다. 본 成績은 사료중 단백질 이용성과 에너지 수준을 同時에 檢定할 수 있으며, 이러한 同時檢定은 사료의 이용효율에 미치는 消化 및 代謝단계에서의 영향을 區分해서 파악하는 手段이 될 수 있다는 것을 보이고 있다.

(색인 : 동시 檢定, 캐리-오버 효과, 外관상 蛋白質 利用率, 外관상 에너지 대사율)

## 引用文獻

- Bielorai R, Iosif B, Neumark H 1985 Nitrogen absorption and endogenous nitrogen along the intestinal tract of chicks. *J Nutr* 115 : 568-572.
- Bourdillon A, Carre B, Conan L, Duperray J, Huyghebaert G, Leclercq B, Lessire M, McNab J, Wiseman J 1990 European reference method for the in vivo determination of metabolizable energy with adult cockerels : Reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. *Brit Poultry Sci* 31 : 557-565.
- Hill FW, Anderson DL 1958 Comparison of metabolizable and productive energy determinations with growing chicks. *J Nutr* 64:587-603.
- Koh TS, Oh CH 1984 Biological value of earthworm (*Eisenia Foetida*) cake protein in chick. *Korean J Anim Sci* 26 : 389-395.
- Koh TS, Choi WI, Han SJ 1992 Effect of urinary nitrogenous compounds on the energy metabolism. *Asian-Australian J of Anim Sci* 5 : 267-274.
- Lim KW, Maeng WJ, Koh TS 1986 Excretion of nitrogenous compounds in fasting chicks and true metabolizable energy. *Korean J Anim Sci* 28 : 411-418.
- McNab JM 1990 Apparent and true metabolizable energy of poultry diets. *Feedstuffs Evaluation*, Butterworths, London.

Muztar AJ, Slinger SJ 1981 Relationship between body weight and amino acid excretion in fasted mature cockerels. Poultry Sci 60 : 790-794.

NRC 1984 Nutrient requirements of poultry. 8th rev ed, National Academy of Science, Washington DC.

Sibbald IR, Slinger SJ 1963 A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. Poultry Sci 42 : 313-325.

## 질의 응답

**지규만(고려대) :** 사료중 단백질의 질과 에너지 이용율을 동시에 정량하므로써, 기존의 이용율 평가방법에 비해서, 어떤 意味가 있는지 말씀해 주십시오.

**고태송 :** 사료에너지 값이 영양소의 소화율에 의해서 결정되는지 아니면 흡수된 뒤의 이용성(생물가)에 의해서 결정되는지에 대해서는 보고서가 없습니다. 그 이유는 가금에서는 분뇨혼합물로서 배설되기 때문에 적당한 연구방법이 없었기 때문입니다. 그래서 본 연구는 이러한 문제점에 대해 해답을 제시하고자 시도된 것입니다. 더우기 이제는 多數 사육이 일반화 되어가고 있습니다만, 多數 사육체계 밑에서는 아주 적은 부분의 이용효율 저하, 예를 들면 0.1%의 이용효율 저하도 경영적으로는 중요한 의미를 가지게 되면서 지금까지와는 다른 영양소 이용효율 평가방법이 요구되고 있습니다. 이 점도 본 연구를 하게된 하나의 동기가 됩니다. 그리고 잘 아시다시피 사료의 대사에너지값은 연구자 또는 실험실 사이에 再現性(Reproducibility)이 매우 낮습니다. 본 연구에서와 같이 에너지 이용성이 낮아지는 원인 중의 일부분 또는 전부가 동시에 이해되면, 이것은 자연히 연구자 사이의 재현성 향상에 연결이 된다고 생각합니다. 이것으로부터 사료의 대사에너지함량 또는 영양소 이용성에 따라 사료의 가치 또는 가격

이 보다더 정당하게 정해질 수도 있을 것입니다.

**백인기(중앙대) :** 요증질소(UN) 또는 요중에너지(UE) 정량 방법의 정당성이 잘 이해되지 않습니다만, 이 점을 좀더 설명해 주시면 감사하겠습니다.

**고태송 :** 뇨를 통해서 배설되는 질소 화합물이 여러 가지 조건에 따라서 어떻게 변하는지에 대한 연구는 없습니다. 본 연구실의 성적을 참고로 하면, 노산이 80% 로부터 88% 가 된다는 보고서가 저는 잘 연구된 결과라고 생각합니다. 뇨를 통해서 배설되는 질소화합물의 조성은, 가금을 절식하거나, 사료중 영양소 균형이 맞지 않거나, 주위 환경이 좋지 않아서 스트레스(Stress)를 받게 되면 달라집니다. 특히 인공항문을 장착하거나, 절식시 또는 사료중 단백질 함량이 낮으면 총배설장의 질소화합물이 소장이나 맹장으로 거슬러 올라가서(Retrograde) 이용이 된다는 보고서도 있기 때문입니다. 따라서 뇨중 질소화합물의 정량은 스트레스를 받지 않는 상태에서 측정하는 것이 가장 좋은 방법이고 정상적인 생리상태를 반영하는 것입니다. 정상적인 상태에서는 대사가 되지 않은 아미노산이나 糖 등이 배설되지 않으므로 분뇨혼합물 중의 노산, 암모니아, 총크레아티닌 및 노스토의 질소를 뇨중 질소로 하면 무난하리라고 생각됩니다.

**김규일(제주대) :** 앞으로 단백질과 에너지 이용율의 동시정량 방법의 실용화가 가능하겠습니까. 너무 복잡해서 이론에 치우친 이상론적인 감도 있습니다. 이 점에 대한 의견을 듣고 싶습니다.

**고태송 :** 예. 여기서 제시한 방법은 사실상 既存의 대사에너지 정량 방법에 더 분석해야 될 사항은 노산을 정량하는 것뿐입니다. 잘 아시다시피 노산은 분광광도계(Spectrophotometer)를 이용해서 쉽게 분석할 수 있습니다. 본 연구에서는 암모니아, 크레아티닌 및 노소까지 분석했습니다만 이것은 理論의 정립에 필요한 직선성(Linearity) 또는 상관관계를 확인하기 위한 것입니다. 이미 노산과 뇨중 질소 화합물 사이에는 매우 높은 상관이 있다는 것이 확인이 되었습니다. 既存의 방법에 덧붙여서 노산만 분석하면 단백질 이용성과 에너지 이용성을 동시에 정량이 가능하므로 이 점에 대한 더 많은 데이터가

쌓이고 해석이 되면 매우 효율적이고 신빙성이 높은 사료중 단백질과 에너지 이용율 동시정량 법이 되리라 믿고 있습니다.