

진정아미노산이용율(TAAA)방법에 의한 단백질공급원의 아미노산 이용율 및 대사에너지 측정

남궁 환 · 백인기 · 이희석¹
중앙대학교 산업대학 축산학과
(1993. 11. 26 접수)

Determination of Amino Acid Availability and Metabolizable Energy in Protein Feedstuffs by True Amino Acid Availability(TAAA) Method

H. Namkung, I. K. Paik and H. S. Lee¹

Department of Animal Science, Chung-Ang University

(Received November 26, 1993)

ABSTRACT

True amino acid availability(TAAA) and true metabolizable energy(TME) values of 8 protein feedstuffs were determined by feeding three roosters exactly 30 g of each protein feedstuff after 36 h of fasting. From each rooster excreta were collected for 36 h. TAAA were significantly($P < 0.01$) different among protein feedstuffs. TAAA was highest in fish meal(96.1%), followed by corn gluten(91.2%), rapeseed meal(88.8%), soybean meal(88.7%), meat meal(87.2%), canola meal(86.1%), cottonseed meal(82.6%) and feather meal(82.5%). Available lysine values obtained by TAAA method were highly correlated($P < 0.01$) with those obtained by chick bioassay(CBA) and FDNB method. TME was highest in corn gluten(4,011 kcal/kg, as fed basis), followed by fish meal(3,906), feather meal(3,098), soybean meal(3,007), meat and bone meal(2,631), canola meal(2,326), cottonseed meal(2,246) and rapeseed meal(2,120).

(Key words : TAAA, available lysine, TME, protein feedstuffs)

I. 서 론

사료원료들의 可用아미노산함량은 사료원료의 종류, 원산지 또는 가공방법 등에 의해 영향을 받는다. 따라서 각 원료의 아미노산 이용율을 고려하지 않고 화학분석에 의한 아미노산함량으로 사료를 제조하게 되면 영양소의 과부족과 경제적 손실이 야기되게 된

다. 그러므로 각 원료의 정확한 아미노산 이용율을 알아야만 가축의 요구량을 정확히 충족시켜줄 수 있다.

그 동안 가용아미노산의 측정을 위해 성장시험법(Batterham 등, 1986; Netke와 Scott, 1970), 화학적 방법(Booth, 1971; Ousterhout와 Wood, 1970), 미생물학적 방법(Shorrocks, 1976), 혈장아미노산분석 방법(Erbersdobler, 1976), TAAA(true amino acid availability)방법(Likuski와 Dorrell, 1978)등

¹ 미원식품(주)(Miwon Foods Company, Ltd.)

“본 연구는 미원식품(주)의 연구비에 의해 수행되었음.”

이 이용되고 있다.

이들 방법중 TAAA방법은 Likuski와 Dorrell (1978)과 Sibbald(1979)에 의한 TME(true metabolizable energy)측정방법을 준용하여 아미노산이용율을 측정하는 것이다. TAAA방법은 糞의 아미노산에 대한 腸미생물의 영향(Parsons 등, 1981)과 代謝糞과 內生尿아미노산함량이 절식구와 시험구에서 동일하지 않을 수 있다는 문제점(McNab과 Fisher, 1981)을 가지고 있으나 측정방법이 간단하고 빠르며 경제적이기 때문에 널리 이용되고 있다.

본 실험은 TAAA방법에 의해 단백질공급원들의 可 用아미노산과 代謝에너지함량을 측정하기 위하여 실시하였다. 또한 얻어진 결과중 可 用 lysine 함량을 별

도의 실험(남궁과 백, 1993)에서 다른 방법들에 의해 측정된 값과 비교하여 可 用 lysine 측정방법으로써 TAAA방법의 효용성을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물과 시험원료

31주령의 Shaver Starcross 수탉 12수를 공시하였으며 시험원료는 남궁과 백(1993)이 사용한 원료와 동일한 원료로서 Table 1에서 보는 바와 같이 옥골분(미국산), 채종박(인도산), 캐놀라박(캐나다산), 면실박(중공산), 어분(국내산), 우모분(국내산), 대두박(국내산), 옥수수글루텐(국내산) 등 8가지 원료가

Table 1. Proximate and amino acid composition of test protein feedstuffs¹

Items	Fish meal	Meat & bone meal	Feather meal	Soybean meal	Canola meal	Rapeseed meal	Cottonseed meal	Corn gluten
.....%, as fed basis.....								
Moisture	11.09	6.42	10.13	10.62	9.62	8.87	10.01	8.96
Crude protein	64.31	46.03	84.96	44.30	36.10	37.40	33.42	60.01
Crude fat	8.19	10.10	3.39	2.77	3.14	1.51	0.75	1.12
Crude fiber	0.34	1.47	0.38	4.32	9.21	8.16	14.90	0.88
Crude ash	14.33	31.27	2.52	6.23	6.77	8.82	5.46	2.47
Amino acids¹								
Arg	3.31	3.06	5.29	2.65	1.61	2.21	3.76	1.48
His	1.40	0.51	0.85	0.73	0.58	0.70	0.67	0.72
Ile	2.56	1.19	4.07	1.68	1.09	1.31	1.07	1.90
Leu	4.77	2.80	7.17	3.03	2.11	2.47	2.10	9.13
Met	1.85	0.71	0.56	0.57	0.62	0.66	0.52	1.23
Phe	2.59	1.54	4.18	2.01	1.21	1.50	1.92	3.32
Thr	2.73	1.66	3.96	1.72	1.31	1.63	1.22	1.77
Val	2.98	1.82	6.09	1.71	1.35	1.65	1.49	2.15
Lys	4.62	2.06	1.76	2.38	1.92	1.79	1.43	1.00
Cys	0.54	0.18	2.89	0.43	0.49	0.98	0.35	0.56
Asp	5.65	4.08	5.18	2.30	2.09	2.44	1.60	3.13
Ser	2.52	1.35	10.21	1.73	1.34	1.39	1.24	2.94
Glu	9.35	6.48	10.50	8.43	5.95	7.76	8.34	13.90
Gly	3.88	4.77	6.93	1.81	1.61	1.85	1.52	1.52
Ala	4.01	3.56	4.06	1.74	1.32	1.45	1.41	4.71
Tyr	2.06	1.03	2.47	1.36	0.85	1.00	0.97	2.64
Pro	2.40	3.61	7.26	1.98	1.65	2.16	1.29	4.50

¹Means of 2 different analysis systems(Beckman, System 6300 and Hitachi, Model 835).

사용되었다.

2. 시험방법

시험원료당 rooster를 3수씩 공시하여 1회 4가지씩 2회에 걸쳐 代謝시험을 실시하였다. 수탉의 소화관을 비우기 위해 36시간을 절식시킨 다음 시험원료 각 30g씩 강제급이후 36시간동안 糞尿를 채취하였으며, 內因性 아미노산을 측정하기 위해 rooster 3수를 絶食區로 공시하여 시험구와 동일한 방법으로 糞尿를 채취하였다(Sibbald, 1979), 채취한 糞尿는 65℃의 건조기에서 48시간동안 건조후 화학분석에 사용하였다.

3. 아미노산, 에너지 및 일반조성분 분석

시험원료의 아미노산함량은 샘플을 22시간동안 110℃에서 6 N HCl로 가수분해한 후 사료원료의 아미노산은 遊離아미노산을 陽이온결합으로 분리후 두가지 amino acid analyzer(Beckman, System 6300과 Hitachi, Model 835)로 분석하였으며, 糞尿의 아미노산은 가수분해한 샘플을 OPA(o-phthaldialdehyde)로 유도체화 시킨 후 HPLC(Waters auto-tag amino acid analyzer)로 분석하였다.

시험원료와 糞尿의 에너지함량은 calorimeter(Parr 1241 adiabatic oxygen bomb calorimeter)를 사용하여 측정하였으며 일반조성분 함량은 AOAC(1990)방법에 의해 측정하였다.

4. 아미노산이용율 및 代謝에너지價

아미노산의 이용율은 다음의 공식에 의하여 계산하였다.

$$TAAA = \frac{\text{아미노산섭취량} - (\text{분노배설아미노산함량} - \text{內生아미노산배설량})}{\text{아미노산섭취량}} \times 100$$

대사에너지는 다음 공식에 의해 계산하였다.

$$TME = \frac{GEf \times X - (Yef - Yec)}{X}$$

5. 可用 lysine함량 측정방법간의 비교

본 시험에서 실시한 TAAA 방법에 의해 얻어진 可用 lysine 함량과 원료로 남궁과 백(1993)이 FDNB(1-fluore-2, 4-dinitrobenzene)방법, TNBS(2,4,6-trinitrobenzene sulfonic acid)방법 그리고 CBA(chick bioassay)방법에 의해 얻은 可用 lysine함량을 비교하여 상관관계를 조사하였다.

6. 통계분석

시험원료의 아미노산이용율과 代謝에너지價는 분산분석을 실시하여 유의성이 인정되는 부분은 Duncan's multiple range test(Steel과 Torrie, 1980)로 검정하였으며, 可用 lysine 측정방법간의 상관관계는 Minitab program(1989)으로 상관계수를 구하여 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

시험원료의 可用아미노산함량은 Table 2에서 보는 바와 같이 우모분이 60.72%로 가장 높았으며 캐놀라가 21.38%로 가장 낮았다. 동물성 단백질원료들의 가용아미노산함량은 우모분, 어분, 육골분 順序이었고 식물성 단백질원료들의 가용아미노산함량은 옥수수글루텐, 대두박, 채종박, 면실박, 캐놀라박 順序이었다. 한편 옥수수글루텐을 제외하면 동물성 단백질원료가 식물성 단백질원료에 비해 가용 아미노산함량이 높은 경향이 있었다. 가금사료에서 제한되기 쉬운 아미노산인 lysine과 methionine을 보면 可用 lysine 함량은

GEf : 사료의 총에너지

X : 사료섭취량

Yef : 시험구 닭이 배설한 분노에너지

Yec : 절식구 닭이 배설한 분료에너지

Table 2. Available amino acid contents of protein feedstuffs determined by TAAA method

Amino acids	Fish meal	Meat & bone meal	Feather meal	Soybean meal	Canola meal	Rapeseed meal	Cottonseed meal	Corn gluten
.....%, as fed basis.....								
Arg	3.22	2.83	14.41	2.46	1.33	1.99	3.48	1.38
Met	1.82	0.64	0.48	0.54	0.60	0.61	0.47	1.16
Val	2.85	1.53	4.97	1.45	1.07	1.38	1.15	1.97
Phe	2.53	1.48	4.03	1.94	1.16	1.49	1.87	3.30
Ile	2.46	1.03	3.61	1.49	0.91	1.00	0.84	1.82
Leu	4.62	2.51	6.34	2.74	1.88	2.29	1.75	8.99
Lys	4.53	1.81	1.20	2.18	1.73	1.60	1.11	0.91
Asp	5.30	3.33	2.93	1.76	1.58	2.07	0.92	2.87
Glu	9.04	5.53	8.02	7.74	5.35	7.28	7.36	13.56
Ser+His	3.85	1.67	10.19	2.35	1.76	1.97	1.71	3.59
Gly+Thr	5.79	4.67	8.98	2.56	2.19	2.69	2.05	1.30
Ala	3.83	3.01	3.31	1.43	1.05	1.25	1.04	4.57
Tyr	2.03	0.96	2.25	1.28	0.76	0.94	0.89	2.60
Total	51.86	30.99	60.72	29.93	21.38	26.56	24.66	48.02

어분이 4.53%으로 가장 높았으며 옥수수글루텐이 0.91%로 가장 낮았으며 可用methionine함량은 어분이 1.82%로 가장 높았으며 우모분과 면실박이 낮았다. 한편 시험원료들의 可用아미노산중 전체적으로 glutamic acid함량이 높고 methionine함량이 낮았다.

단백질원료들의 아미노산 이용율은 Table 3에서 보는 바와 같다. 아미노산 이용율은 원료들간에 유의한 ($P < 0.01$) 차이가 있었다. 평균아미노산 이용율은 어분이 96.1%로 가장 높았고 우모분과 면실박이 각각 82.5%와 82.6%로 낮았으며 옥수수글루텐의 아미노산 이용율(91.2%)은 육골분(87.2%)과 캐놀라박(86.1%)보다 유의하게 ($P < 0.01$) 높았으나 채종박(88.8%)이나 대두박(88.7%)과는 유의한 차이가 없었다.

Lysine의 이용율은 전체단백질원료중 어분이 98.0%로 가장 높았고 우모분이 68.0%로 가장 낮았다. 동물성 단백질원료들의 lysine이용율은 어분, 육골분, 우모분 순이었고 식물성 단백질원료들은 대두박, 채종박, 캐놀라박, 옥수수글루텐이 비슷하였으나 면실박은 유의하게 ($P < 0.01$) 낮은 이용율을 나타내었다.

총 lysine 함량, TAAA방법에 의한 可用 lysine 함량 그리고 남궁과 백(1993)에 의한 화학적 방법과

CBA에 의한 可用 lysine 함량을 Table 4에서 보는 바와 같이 비교하였다. 우모분과 면실박의 可用 lysine 함량은 TAAA방법에 의한 것이 다른 방법들에 의한 것보다 높았으며 대두박, 캐놀라는 TAAA방법에 의한 것이 CBA에 의한 것보다 낮았다.

TAAA방법에 의한 可用 lysine 함량과 다른 방법들에 의한 可用 lysine 함량과의 상관관계는 Table 5에서 보는 바와 같다. 상관계수가 매우 낮은 TNBS방법을 제외한 다른 방법들에 의해 측정된 可用 lysine 함량과 TAAA방법에 의한 것과의 상관관계는 유의하게 ($P < 0.01$) 높은 것으로 나타났다. 한편 TAAA방법에 의한 可用 lysine과 상관관계에서 FDNB에 의한 것은 식물성 원료보다는 동물성 원료에서, 그리고 TNBS에 의한 것은 동물성 원료보다는 식물성 원료에서 상관관계가 높았다.

시험원료의 에너지價(TME)는 Table 6에서 보는 바와 같이 어분과 옥수수글루텐이 가장 높았으며 채종박, 캐놀라박, 면실박이 낮았고 우모분과 대두박이 중간정도의 TME함량을 나타내었다.

이상의 결과를 고찰해 보면 可用아미노산함량은 이등(1988)이 TAAA방법으로 수탁을 이용하여 측정한

Table 3. Amino acid availabilities of protein feedstuffs determined by TAAA method

Amino acids	Fish meal	Meat & bone meal	Feather meal	Soybean meal	Canola meal	Rapeseed meal	Cottonseed meal	Corn gluten	SEM
.....%, as fed basis.....									
Asp	93.8 ^A	81.5 ^C	56.5 ^E	76.5 ^D	75.8 ^D	84.9 ^{BC}	57.7 ^E	91.8 ^{AB}	2.31
Glu	96.7 ^A	85.4 ^E	76.4 ^F	91.9 ^{BC}	90.0 ^{CD}	93.9 ^B	88.2 ^{DE}	97.6 ^A	0.92
Ser+His	98.2 ^A	89.8 ^{DE}	92.2 ^{CD}	95.5 ^B	91.5 ^{DE}	94.2 ^{BC}	89.5 ^E	98.1 ^A	0.81
Gly+Thr	87.6 ^A	72.6 ^A	82.4 ^A	72.6 ^A	75.0 ^A	77.3 ^A	74.7 ^A	39.6 ^B	5.36
Arg	97.2 ^A	92.4 ^{BC}	83.4 ^D	92.7 ^{BC}	82.8 ^D	90.1 ^C	92.7 ^{BC}	93.4 ^B	0.89
Ala	95.5 ^A	84.5 ^B	81.7 ^{BC}	82.4 ^{BC}	79.8 ^C	86.1 ^B	73.9 ^D	97.0 ^A	1.39
Tyr	98.3 ^A	92.9 ^{BC}	91.0 ^C	94.3 ^B	89.9 ^C	94.2 ^B	92.0 ^{BC}	98.4 ^A	0.96
Met	98.4 ^A	90.6 ^{BC}	86.1 ^C	94.7 ^{AB}	96.7 ^A	92.0 ^B	90.6 ^{BC}	93.9 ^{AB}	1.82
Val	95.6 ^A	84.0 ^B	81.6 ^{BC}	84.7 ^B	78.9 ^{CD}	83.4 ^{BC}	77.1 ^D	91.6 ^A	1.50
Phe	97.6 ^{BC}	95.9 ^C	96.3 ^C	96.7 ^C	95.7 ^C	99.1 ^{AB}	97.4 ^C	99.4 ^A	0.56
Ile	96.0 ^A	86.7 ^{BC}	88.7 ^B	88.7 ^B	83.6 ^C	76.3 ^D	79.0 ^D	95.7 ^A	1.56
Leu	96.8 ^A	89.7 ^C	88.4 ^C	90.4 ^{BC}	89.0 ^C	92.9 ^B	83.5 ^D	98.5 ^A	0.98
Lys	98.0 ^A	88.0 ^B	68.0 ^D	91.5 ^B	90.4 ^B	89.6 ^B	77.9 ^C	91.1 ^B	1.96
Mean	96.1 ^A	87.23 ^C	82.5 ^D	88.7 ^{BC}	86.1 ^C	88.8 ^{BC}	82.6 ^D	91.23 ^B	1.10

^{A-F} Values within the same row with different superscripts differ significantly(P<0.01).

Table 4. Total lysine, and available lysine determined by chemical methods, chick bioassay and TAAA method in protein feedstuffs

Feedstuffs	Total lysine	Available lysine				TAAA ⁶
		Chemical method ¹		Chick bioassay(CBA) ¹		
		FDNB ²	TNBS ³	CBA-A ⁴	CBA-B ⁵	
.....%, as fed basis.....						
Fish meal	4.62	4.44(96.1) ⁷	1.28(27.7)	4.14(90.0)	4.67(101.0)	4.53(98.0)
Meat & bone meal	2.06	1.29(62.6)	1.68(81.6)	1.37(66.0)	1.84(89.3)	1.81(88.0)
Feather meal	1.76	0.70(40.0)	0.83(47.0)	0.39(23.0)	0.66(37.3)	1.20(68.0)
Soybean meal	2.38	2.19(92.0)	1.37(58.0)	2.20(92.5)	2.36(99.3)	2.18(91.5)
Canola meal	1.92	1.16(60.4)	1.77(92.2)	2.34(122.0)	2.21(115.0)	1.73(86.1)
Rapeseed meal	1.79	1.79(100.0)	1.82(101.7)	1.68(94.0)	1.83(102.0)	1.60(89.6)
Cottonseed meal	1.43	0.97(67.8)	0.86(60.1)	1.06(74.0)	1.13(79.2)	1.11(82.6)
Corn gluten	1.00	0.70(70.0)	0.80(80.0)	0.69(94.0)	0.82(81.5)	0.91(91.1)

¹Namkung and Paik(1993).

²FDNB : 1-fluoro-2,4-dinitrobenzene.

³TNBS : 2, 4, 6-trinitrobenzene sulfonic acid.

⁴CBA-A : Available lysine estimates based on the regression of weight gain on percent of lysine supplied by the test protein feedstuff.

⁵CBA-B : Available lysine estimates based on the regression of weight gain on amount of lysine intake from the test protein feedstuff.

⁶TAAA : True amino acid availability.

⁷Figures in parenthesis are availabilities in %.

Table 5. Correlation coefficient of available lysine in protein feedstuffs determined by TAAA and other methods

	All protein feedstuffs	Animal feedstuffs	Plant feedstuffs
CBA-A ¹ vs TAAA ²	0.935**	0.997**	0.924*
CBA-B ³ vs TAAA	0.975**	0.993	0.971**
FDNB ⁴ vs TAAA	0.976**	1.000**	0.887*
TNBS ⁵ vs TAAA	0.250	0.205	0.687
TL ⁶ vs TAAA	0.992**	0.997*	0.988**

¹⁻⁵ See footnotes of Table 4.⁶ Total lysine.

** P<0.01.

* P<0.05.

Table 6. True metabolizable energy(TME) values of protein feedstuffs determined by roosters

Feedstuffs	kcal /kg±SD, as fed basis
Fish meal	3,906± 74.6
Meat & bone meal	2,631±114.3
Feather meal	3,098± 70.5
Soybean meal	3,007±161.0
Rapeseed meal	2,120±229.4
Canola meal	2,326±125.3
Corn gluten	4,011± 96.6
Cottonseed meal	2,246±147.5

값과 비교하여 어분, 우모분, 옥수수글루텐에서는 높았으나 대두박과 채종박에서는 낮았으며 김(1993)이 TAAA방법으로 육계 수평아리를 이용하여 측정한 것과 비교하면 면실박을 제외하고는 낮은 경향이 있었다. 한편 식물성 단백질원료들의 可用아미노산은 옥수수글루텐이 가장 높고 면실박이 가장 낮았으며 동물성 단백질원료들은 우모분이 가장 높고 어분, 육골분 順序였는데 이러한 결과는 김(1993)의 결과와 유사하였다.

시험원료들의 아미노산 이용율에 있어서는 어분, 육골분, 면실박은 Feedstuffs(1993)의 보고와 비슷하였으며, 우모분은 Han과 Parsons(1991)의 결과와 비슷하였으나 다른 원료들에 비해 이용율이 낮았다. 이는 우모분의 단백질이 85~90%가 keratin태 (Moran 등, 1966)이기 때문인 것으로 사료된다. 한편

옥수수글루텐과 대두박의 아미노산 이용율은 이들의 결과보다 다소 낮은 경향이 있었다. 채종박의 아미노산 이용율은 Nwokolo 등(1976)에 의한 것보다는 낮고 김(1993)에 한 것보다는 높은 경향이 있었는데 본 실험은 rooster로 실시한 반면 이들의 결과는 육계 수평아리를 이용한 TAAA방법에 의한 결과였다.

可用 lysine 측정방법간의 상관관계는 TNBS방법을 제외하고는 TAAA방법에 의한 것과 매우 높은 상관관계가 있었는데 Hvidsten과 Bjornstad(1978)는 TAAA와 CBA에 의한 可用 lysine 함량이 비슷하다고 하였으며 Nordheim과 Coon(1984)은 TAAA와 CBA에 의한 可用 lysine의 상관관계가 매우 높았고 TAAA방법에 의해 可用 lysine을 측정하는 것이 CBA, FDNB, TNBS방법에 의해 측정하는 것보다 더 유용하다고 하였다.

TME價는 어분과 옥수수글루텐이 높고 채종박, 캐놀라박, 면실박이 낮고 육골분과 우모분은 중간 정도였는데 육골분, 채종박, 옥수수글루텐, 면실박의 TME價는 Sibbald(1983)와 Feedstuffs(1993)의 보고와 비슷하였으나 어분은 다소 높고 우모분은 다소 낮은 경향이 있었는데 Dale(1992)은 우모분의 조지방 함량이 1.8~12%로 다양하며 TME價도 3,092~3,996 kcal/kg으로 변이가 비교적 크다고 하였다.

결론적으로 닭에서 아미노산 이용율 측정방법의 하나인 TAAA 방법으로 중요한 단백질 원료들의 아미노산 이용율과 TME를 구하였으며 특히 TAAA방법으로 측정한 可用 lysine 함량은 화학적 방법인 FD-

NB방법이나 생물학적 방법인 CBA(남궁과 백, 1993)에 의해 얻어진 可用 lysine 함량과 상관계수가 매우 높아 可用 lysine 측정방법으로 실용적인 가치가 높다고 사료된다.

IV. 적 요

TAAA(true amino acid availability)방법에 의해 단백질공급원들의 진정아미노산 이용율과 代謝에너지價를 측정하기 위하여 시험원료당 수탉 3수씩을 공시하여 36시간 절식후 30g의 시험원료를 강제급이한 다음 36시간 동안 糞尿를 채취하였다.

진정아미노산 이용율은 단백질원료간에 유의한 차이($P < 0.01$)가 있었는데 어분(96.1%)이 가장 높았고, 다음이 옥수수글루텐(91.2%), 채종박(88.8%), 대두박(88.7%), 육골분(87.2%), 캐놀라박(86.1%), 면실박(82.6%) 그리고 우모분(82.5%) 순이었다.

TAAA방법에 의한 可用 lysine 값은 chick bioassay(CBA)나 화학적 방법중 FDNB방법에 의해 얻어진 可用 lysine 값과 고도($P < 0.01$)의 상관관계가 있었다.

진정代謝에너지價는 옥수수글루텐(4,011 kcal/kg)이 가장 높았고 다음이 어분(3,906), 우모분(3,098), 대두박(3,007), 육골분(2,631), 캐놀라(2,326), 면실박(2,246) 그리고 채종박(2,120) 순이었다.

(색인 : TAAA, 可用 lysine, 진정代謝에너지, 단백질원료)

V. 참고문헌

1. Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association Official Analytical Chemists. Washington, DC.
2. Batterham, E.S., R.F. Darnell, L.S. Herbert and E. J. Major. 1986. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. Br. J. Nutr. 55:441-453.
3. Boothe, V.H. 1971. Problems in the determination of FDNB-available lysine. J. Sci. Food Agri. 22:658-664.
4. Dale, N. 1992. True metabolizable energy of feather meal. J. Appl. Poultry Res. 1:331-334.
5. Erbersdobler, H. 1976. Protein Metabolism and Nutrition. Ed. D. J. A. Cole *et al.* Butterworths Pub. Co. 139-158.
6. Feedstuffs. 1993. Feedstuffs Reference Issue. Vol. 64. No. 29.
7. Han, Y. and C. M. Parsons. 1991. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry by-product meal by various methods. Poultry Sci. 69:1544-1552.
8. Hvisten, H., and J. Bjornstad. 1978. The digestibility of amino acids in different poultry feeds and comparison with chick growth test of lysine availability. Pages 1720-1724 in Proc. 16th World's Poult. Congr., Brazil.
9. Likuski, H. J. A. and H. G. Dorrell. 1978. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. Poultry Sci. 57:1658-1660.
10. McNab, J. M. and C. Fisher. 1981. The choice between apparent and true metabolizable energy systems-recent evidence. Pages 45-55 in Proc. 3rd Eur. Symp. Poultry Nutr., Edinburgh.
11. Minitab. 1989. Minitab-data analysis software, Release 7.2. Minitab, Inc.
12. Moran, E. T. Jr., J. D. Summers and S. J. Slinger. 1966. Keratin as a source of protein for the growing chick. 1. Amino acid imbalance as the cause for inferior performance of feather meal and the implication of disulfide bonding in raw feather as the reason for poor digestibility. Poultry Sci. 45:1257-1266.

13. Netke, S.P. and H.M. Scott. 1970. Estimates of the availability of amino acids in soybean oil meal as determined by chick growth assay: methodology as applied to lysine. *J. Nutr.* 100:281-288.
14. Norheim, J.P. and C.K. Coon. 1984. A comparison of four determining available lysine in animal protein meals. *Poultry Sci.* 63:1040-1051.
15. National Research Council. 1984. *Nutrient Requirements of Poultry.* Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
16. Nwokolo, E. N., D. B. Bragg and W. D. Krres. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseed and rapeseed meal for the growing chick. *Poultry Sci.* 55:2300-2304.
17. Ousterhout, L. E. and E. M. Wood. 1970. Available lysine in fish meals: chemical (TNBS) method compared with a chick assay. *Poultry Sci.* 49:1423(Abstr.)
18. Parsons, C. M., L. M. Potter and R. D. Brown, Jr. 1981. True metabolizable energy and amino acid digestibility of dehulled soybean meal. *Poultry Sci.* 60:2687-2696.
19. Shorrock, C. 1976. An improved procedure for the assay of available lysine and methionine in feedstuffs using *Tetrahymena pyriformis* W. *Br. J. Nutr.* 35:333-341.
20. Sibbald, I. R. 1979. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Sci.* 58:668-673.
21. Sibbald, I. R. 1983. The TME system of feed evaluation. *Animal Research Centre.* Ottawa, Ontario.
22. Steel, R. G. C. and J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics.* 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York, NY.
23. 김대성. 1993. 가금사료의 아미노산 이용률 측정 방법에 관한 비교 연구. 박사학위논문. 서울대학교.
24. 남궁 환, 백인기. 1993. 사료내 可用라이신의 측정 및 응용에 관한 연구; 화학적 방법과 육계의 slope-ratio assay에 의한 可用라이신의 측정. *한국축산학회지*:35(5)405-413.
25. 이보균, 한인규, 하종규, 이영선. 1988. Rooster를 이용한 원료사료의 아미노산 이용률 측정. *한국영양사료학회지.* 12(1)18-27.