

가공방법을 달리한 우모분의 아미노산 이용율에 관한연구(I)

- 순수사료와 준순수사료의 Meal Feeding 하에서의 아미노산 이용율 -

김대진

동아대학교 농과대학

(1987. 8. 14 接受)

Studies on the Bioavailable Amino Acid of Feather Meals Processed by Different Methods

- Available Amino Acid on the Meal Feeding of Semipurified
and Purified Diet with Chick -

Dae Jin Kim

College of Agriculture, Dong-A Univ, Pusan, Korea

(Received August 14, 1987)

SUMMARY

This study was conducted to bioassay of amino acid availability of feather meal processed by a different methods, commercial feather meal and raw feather meal.

The feather meals were processed by laboratory pressure cooker(autoclave) at 2kg/cm² for 30 minutes ; 3kg/cm² for 90 minutes ; 4kg/cm² for 120 minutes.

Chick employed in the present experiment were Abor Acre strain, male of meat type (body weight, 100-140g), fed with semipurified diet and protein free diet was given during the determination of the metabolic and endogeneous amino acid.

The contents of amino acid of samples were investigated by ion-exchange chromatography. The results were as follows :

1. The amino acid availability of raw, 2kg/cm² for 30 minutes, commercial, 4kg/cm² for 120 minutes and 3kg/cm² for 90 minutes of feather meal were -3.09, 63.28, 67.47, 71.22 and 73.75 % respectively.

2. The essential amino acid availability of raw, 2kg/cm² for 30 minutes, commercial, 4kg/cm² for 120 minutes and 3kg/cm² for 90 minutes of feather meal were 2.55, 66.78, 66.89, 72.56 and 73.62%, respectively.

3. In individual amino acid of the different processing feather meal and commercial feather meal, bioavailabilities were increased methionine, phenylalanine, leucine, arginine, threonine, isoleucine, however, histidine, lysine and aspartic acid were remarkably decreased.

In conclusion, the bioavailability of amino acid for the feather meal processed at 3kg/cm² for 90 minutes was superior to those of other treatment or raw feather meal.

I. 緒 論

우모는 증기압 처리, 화학처리, 효소처리 등에 의해 서만이 사료로서 이용이 가능하다는 것은 이미 알려져 있다. 가압처리 효과는 여러 관점에서 화학처리 효소 처리보다 유익하다고 알려져 있다 (Papadopoulos, 1984).

여러해 동안 단위동물에 대한 가수분해 우모분의 아미노산 소화율 혹은 이용율을 결정하기 위하여 연구자들이 노력하였지만 실용적 사료에 이용할 만한 성적은 거의 없다.

돼지에 대한 소화시험 (Dammers, 1964) 에서 우모분은 아미노산의 진정이용율이 80~90% 정도로 높았고 비슷한 결과가 쥐를 이용한 Eggum (1970) 에 의하여 보고되었다. Smith (1968) 는 병아리의 성장시험에 의한 시판용 우모분의 아미노산 이용율은 어분과 대두박에 비하여 낮았다고 보고 하였는데 특히 lysine 과 histidine 의 경우에는 더욱 낮았다.

MacAlpine 과 Payner (1977) 는 화학적 방법 (F DNB) 으로 lysine 은 72.5%의 이용율이라고 하였다. 또한 in vitro pepsin 에 의한 우모분에 있는 이용 가능한 lysine 에 대한 비슷한 결과가 Morris 와 Balloum (1973) 에 의하여 보고 되었다. 그들은 또한 보다 높은 증기압력 (445KPa, 60분) 이 낮은 압력처리 우모분보다 이용 가능한 lysine, methionine, histidine 이 많았다고 하였다. 산란계 소화시험에서 Vogt 와 Stute (1975) 는 우모분 아미노산의 외견상 소화율이 79%였다고 하였다. 한편 병아리의 배설물 분석을 통한 진정 소화율은 Burgos 등 (1974) 과 Kirby 등 (1978) 이 각각 97%와 94%였다. Kim 등 (1980) 은 병아리 성장을 표준으로, 처리방법이 다른 것과 제조업체가 다른 5가지 우모분의 이용 가능한 함유량 아미노산 함유량을 연구하였는데 함유량 아미노산의 이용율 범위는 41~82%로 제조업체간의 차이가 심했다고 발표하였다. 또한 Parsons 등 (1982) 은 배설물 분석 방법을 이용한 시판 우모분 아미노산의 평균 진정 이용율은 cystine 은 76%에 비하여 다른 아미노산은 82%라고 하였다. 따라서 우모분의 아미노산 소화율 (혹은 이용율) 은 다양하고 실용적인 사료 배합에 이용되기에는 불충분하다. 이 연구에 앞서 김대진 등 (1981) 에 의하여 여러 조건의 증기 가압처리의 우모분 소화율 및 생물학적 가치에 대하여는 보고한 바 있다. 따라서 이 연구

의 목적은 정확한 가압조건과 시판 우모분에 대한 배설물 분석 방법을 이용하여 아미노산의 이용율을 연구하고 이에 따라 다양한 품질의 우모분을 아미노산 이용율에 의해 사료 배합에 운용하도록 자료를 제공하기 위한 것이다.

II. 材料 및 方法

1. 우모분의 처리

부산 근교 도계장에서 육용계 우모를 도계와 동시에 수집하여 물로 깨끗이 씻고 건조기에서 수분이 5% 되도록 통풍건조 후 20용량에 최고 50 kg / cm² 압력 (350℃) 의 증기압 솥에서 물을 2ℓ 채우고 철망 바구니에 우모를 1kg씩 정확히 평량하여 2kg / cm² (121 ± 1℃), 3kg / cm² (140 ± 4℃), 4kg / cm² (150 ± 5℃), 5kg / cm² (160 ± 2℃) 에서 각각 30, 60, 90, 120분씩 처리하여 16종류의 가수분해 우모분을 가공하였으며, 이들 16개는 in vitro pepsin 소화율을 측정하고 가압별, 시간별에 따른 차이가 인정된 (김대진 등, 1981) pepsin 소화율이 45%, 65%, 75%인 2kg / cm² 30분, 3kg / cm² 90분, 4kg / cm² 120분 처리된 것과 시판 우모분을 부산 소재 우모분 공장에서 생산된 것을 구입하여 1mm 체가 부착된 whilly mill로 분쇄하여 사용하였다.

2. 동물시험

시험에 사용된 동물은 부산의 한일 부화장에서 부화된 Abor Acre 숫병아리를 생물학적 실험 (13일간) 완료된 후 처리를 바꾸지 않고 6수씩 1구로 하여 처리당 2반복으로 배치한 후 24시간 절식시켰다. Table 1의 시험사료의 일정량을 meal feeding에 의해 임의채식 후 24시간 동안 배설물을 수집하였으며, 대사성분과 내인성 노 아미노산을 측정하기 위하여 순수한 무단백질사료 (protein free diet) 를 급여 후의 배설물도 동일하게 수집하였으며 모든 배설물도 동일하게 수집하였으며 모든 배설물은 냉동건조하 1mm 체를 부착한 Whilly mill로 분쇄하여 시료로 제공하였다.

3. 시료의 아미노산 분석과 이용율

시험사료와 분뇨는 6N-HCl 과 함께 분해관에 취하고 진공 봉입하여 110℃에서 24시간 가수분해시켜 常法에 따라서 처리한 후 이온교환 chromat-

graphy에 의해 자동분석기 (일본전자, JLC, 6AH) 구하였다.

에 의해 분석하였다. 아미노산 이용율은 다음과 같이

$$\text{아미노산 이용율(\%)} = \frac{\text{섭취한 아미노산량} - \left(\frac{\text{공시사료 섭취한 분뇨중의 아미노산량}}{\text{공시사료 섭취한 분뇨중의 아미노산량}} \times \text{무단백사료 섭취한 분뇨중의 아미노산량} \right)}{\text{섭취한 아미노산량}} \times 100$$

Table 1. Test diet for bioavailability of amino acid(%)

Item	Protein free diet	Test diet
Corn starch	33	33
Feather meal ¹⁾		+
Corn oil	3	3
Mineral mixture ²⁾	4	3
Vitamin mixture ²⁾	0.5	0.5
Glucose	58.5	to 100.0

1) To provide 13% protein.

2) Summer and Fisher(1961)., test diet was removed from ration containing feather meal because these ingredients containing considerable amount of trace mineral.

III. 結果 및 考察

1. 우모분의 아미노산 함량변화

가공 혹은 시판이나 미가공의 생우모분의 조성은 Table 2와 같다. 17개의 아미노산중 가공된거나 시판 혹은 생우모분은 cystine을 제외한 16종의 아미노산의 큰 변화는 없었다. Cystine 함량의 변화는 생우모분에서는 5.63%에서 2kg/cm에서 30분 가수분해 처리는 3.34%, 3kg/cm에서 90분 처리는 1.12%, 4kg/cm에서 120분 처리는 전혀 측정되지 않았는데 가압도와 가압시간의 증가에 따라 크게 저하하였다. 또한, 시판 우모분은 1.36%로 3kg/cm에서 90분간 처리한 우모분과 비슷하였다. 이러한 결과는 Davis등(1961), Morris와 Balloun(1973), Wheeler와 Latshaw(1980)의 결과에 의해서 입증되었다. 가압중기 처리에 따른 시간과 압력이 다른 아미노산 조성에 영향을 준다는 자료는 극히 제한되어 있다.

Gregory등(1956)은 생우모와 비교하여 가압중기 처리한 우모에 있어서 phenylalanine, isoleucine, arginine이 약간의 감소를 나타냈다고 하였다.

Morris와 Balloun(1973)은 가수분해된 우모분은 30분에서 60분으로 경과함에 따라 375 KPa (141 °C) 압력하에서 methionine, lysine, histidine 함량은 감소하였고 성적의 통계적 평가는 없었지만 445 KPa (170 °C)에서는 증가되었다고 하였다. 가압중기 처리가 아닌 열처리 결과로는 cystine, lysine, arginine, threonine, serine의 손실이 Ucles등(1971), Varnish와 Carpenter(1975), Ford(1976), Gumbmann등(1983)에 의한 여러 종류의 동물성 단백질원에서 보고되었다. 그러나 열처리 casein에서 glycine과 alanine의 증가는 Pienagek등(1975)에 의하여 관찰되었다. 이 연구에서는 생우모와 비교하여 가압중기 처리하의 우모분 아미노산의 변화는 없었으므로 변화가 있었다는 발표와의 차이점을 설명하기 위해서는 연구가 더 필요하다고 생각한다.

Table 2. Amino acid composition of feather meal processed by different method(%)¹⁾

Item	Feather meal				Commercial
	Raw	2kg/cm ² ·30m	3kg/cm ² ·90m	4kg/cm ² ·m	
DM	91.30	95.35	93.52	93.50	94.00
CP	85.76	88.56	88.23	88.38	85.26
Lye	1.54	1.63	1.47	1.67	1.61
His	0.42	0.42	0.52	0.62	0.53
Arg	5.88	6.09	5.90	4.96	5.79
Asp	5.64	5.52	5.05	4.70	5.26
Thr	4.18	4.26	3.91	4.01	4.03
Ser	10.43	10.19	10.00	9.05	9.83
Glu	9.14	9.53	9.37	9.30	9.39
Pro	6.08	11.46	13.15	15.20	14.21
Gly	6.38	6.93	6.90	7.13	6.91
Ala	3.55	4.03	3.81	3.84	3.81
Cys	5.63	3.34	1.13	trace	1.36
Val	5.42	5.95	5.64	5.76	5.51
Met	0.90	0.92	0.90	1.00	0.94
Ileu	3.30	3.68	3.53	3.54	3.37
Leu	5.92	6.24	6.23	6.44	5.99
Tyr	2.34	2.39	2.24	2.31	2.15
Phe	3.95	4.03	4.00	4.06	3.90
Sum	80.45	86.61	83.75	83.59	84.59
P-R ²⁾	93.80	97.79	94.92	94.58	99.21

1) Value of duplication.

2) P-R, proein-recovery: sum of amino acid/protein.

2. 아미노산 이용률

생우모와 가압증기 처리별 우모분, 그리고 시판 우모분의 아미노산 이용률은 Table 3 과 같다. 여기에서 배설물중의 proline 과 cystine 은 산 가수분해에 의해서 과분해로 인하여 변이가 컸으므로 이용률 계산에서 제외시켰다.

생우모에 있어서 methionine, lysine, tyrosine, histidine, aspartic acid에서 각각 63.30%, 31.61%, 17.18%, 16.33%의 이용률을 보였으나 11개 아미노산은 모두 negative 이용성을 보였다. 이러한 이용률은 이용될 수 없는 keratin 단백질이라는 점에서 생각할 때 positive 이용성에 있어서 24시간내에 소화가 이루어지지 않아서 장내에 머무는 시간이 길어져서 분으로 배설이 안되었기 때문에 이용되어진 것으로 생각되고 이용이 안된 아미노산은 섭취시보다 많은 량이 배설되었기 때문인데 이는 keratin 단백질과 같은 소화가 어려운 물질이 소화기 내에서 생리적으로 대상성에 의해 소화액, 장탈피세포, 기타 장액등의 분비물의 증가로 무단백질사료 급여에 따른 대사성분과 내인성노 아미노산을 보정해 준다 하더라도 섭취 아미노산보다 배설 아미노산이 높은 것에 기인한다. 그러나 이 연구 이외의 생우모 급여에 따른 아미노산의 이용성에 대한 연구성적이 없기 때문에 비교가 곤란하고 또한 위와 같은 이유만으로 아미노산의 평형에 직접적인 것인지는 확실치 않으므로 더 많은 연구가 요망된다.

2 kg / cd에서 30 분의 증기가압처리 우모분은 15개의 아미노산 이용률 평균은 66.28%였으며 9개의 필수 아미노산 이용률 평균은 66.78%로 3 kg / cd에서 90 분간 증기가압 처리한 것의 73.75%와 73.62%, 4 kg / cd에서 120 분 처리는 71.22%와 72.56%, 그리고 시판 우모분의 67.46%와 66.89%로서 3 kg / cd에서 90 분간 증기가압처리 우모분이 아미노산 이용률에서 가장 높았으며 생물학적 시험 (김대진등 1981) 에서와 일치하였다. 3 kg / cd에서 90 분간 처리한 우모분은 생물학적 시험과 아미노산 이용률이 높았는데, 다른 연구자들의 성적에 의하면, Burgos 등 (1974) 의 97%, Kirby 등 (1978) 의 94%, Parsons 등 (1982) 의 82%, Papadopoulos (1984) 의 72%로서 본연구의 가장 높은 이용률이 73.62%로서 낮은 이용률에 속하며 특히 시판 우모분은 66.89%로 모든 성적에 비교하여 크게 낮은 것으로 나타났다.

Table 3. Amino acid availability of feather meal processed by different method in bioassay¹⁾²⁾ (%)

Amino acid	Raw	2kg/cd· 30m	3kg/cd· 90m	4kg/cd· 120m	Commer- cial
Lys	31.61	50.50	53.39	55.44	47.94
His	16.33	31.82	44.36	51.68	25.28
Arg	-4.32	74.63	82.23	76.59	79.52
Asp	4.47	53.10	53.28	48.12	49.23
Thr	-2.31	86.74	70.27	69.16	67.23
Ser	-4.65	42.93	81.57	76.85	78.50
Glu	-10.60	55.25	60.99	67.62	63.96
Pro	-	-	-	-	-
Gly	-18.22	74.30	92.13	71.89	77.18
Ala	-10.00	55.87	83.29	79.24	76.83
Cys	-	-	-	-	-
Val	-22.05	60.47	80.85	79.14	78.06
Met	63.30	85.98	85.80	84.21	80.08
Ileu	-31.90	65.59	79.31	77.21	69.86
Leu	-17.83	70.02	82.69	79.70	76.36
Tyr	17.18	67.97	72.72	71.59	64.30
Phe	-9.82	75.32	83.69	79.99	77.69
Mean	-3.09	63.28	73.75	71.22	67.46
EAA ³⁾	2.55	66.78	73.62	72.56	66.89

1) Value of duplication.

2) Amino acid availability (%)

$$\frac{\text{Total AA Consumed} - (\text{Total AA Protein} + \text{Fed Feces} - \text{Total AA Non Protein Fed Feces})}{\text{Total AA Consumed}}$$

3) EAA, essential amino acid availability.

또한 이 연구의 증기가압 우모분의 개개 아미노산 이용률은 큰 변이를 보였다. 가장 일관성 있게 높은 이용률은 methionine, phenylalanine, leucine, arginine, threonine, isoleucine, valine 이었으며 histidine, lysine, aspartic acid는 증기가압 처리와 시판 우모분에서 변이가 심하고 낮은 이용성을 보였는데 이는 Papadopoulos(1984)의 성적과 이들의 아미노산 순서에서도 일치하였다.

이 연구에서 비필수 아미노산중 glycine이 92.13%까지 높은 이용성을 보였는데 이는 어분을 급여해서 배설물 시료의 6N-HCl로 가수분해중 Uric acid는 부분적으로 glycine으로 전환하므로 glycine의 이용성이 낮았다는 김대진등(1984)의 보고와는 일부 처리에서 상위한 결과로 나타났다. 이러한 일관성을 보이지 않는 아미노산 이용률 혹은 소화율은 사료의 가공 방법간의 차이에서도 기인하

지만 또다른 변이요인은 시험사료의 급여형태로서 단일사료만의 이용이나 다른 물질과 균형되게 배합하여 급여하느냐에 따라서도 동물이 사료에 대한 적응성의 차이도 있을 것이며, 또한 사료의 소화 속도의 차이에 따른 배설물중의 아미노산 차이와 대사성분과 내인성 노 아미노산 측정용 위한 무단백질 사료 급여 혹은 24 시간 절식시켜 얻은 배설물의 차이에서도 큰 변이가 있다. 김대진(1983)과 Papadopoulos(1984)는 대사성분과 내인성 노 아미노산의 배설량은 사료의 탄수화물 수준에 영향을 받는다고 하였다. 따라서 최근에 Sibbald(1976)의 truenemetabolizable energy(TME) 측정에 적용되었던 것을 주로 이용하여 진정 아미노산을 측정한 성적들이 발표되고 있으나 진정 아미노산 이용률 혹은 소화율이 관심의 대상이 되어야 하는지 의문이다. 따라서 주어진 사료에 대하여 대사성과 내인성 아미노산 결정을 위한 믿음만한 방법이 있을 때까지는 의견상 소화율이나 시험 사료의 탄수화물 수준의 비슷한 구성을 지닌 무단백질 사료를 급여하여 측정된 Bragg 등(1969)의 방법이나 이것을 변형한 본 연구에서 제시한 이용률 혹은 소화율은 영양학적 응용의 관점에서 볼 때 보다 실제적인 표준이 될 수 있다고 생각된다.

IV. 摘 要

본 연구는 우모를 3가지 다른 방법으로 가공한 우모분과 생우모분, 그리고 시판 우모분에 대한 병아리 생체내의 아미노산 이용률을 조사하였다.

우모의 가공방법으로서는 중기가압 솥에서 2kg/cm² 압력에서 30분간 처리한 우모분, 3kg/cm² 압력에서 90분간 처리한 우모분, 4kg/cm²에서 120분

간 처리한 우모분, 시판하는 우모분 그리고 생우모분으로서 이들 우모분을 Abor Acre 제통 육용계 수컷(체중 100~140g)에 반정제 사료 형태로 meal feeding 하고 대사성과 내인성 배설물의 아미노산을 측정기 위해 무단백질 사료를 급여하였다. 가공된 우모분과 배설물들의 시료는 ion-exchange chromatography에 의해서 아미노산을 측정하여 아미노산 조성표와 아미노산 이용률을 결정하였는데 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 중기가압처리 증가에 따라 우모분의 cystine 함량이 현저히 감소하였으나 다른 아미노산은 변화가 없었다.
2. 아미노산 이용률에 있어서는 생우모분, 2kg/cm² 압력에서 30분처리 우모분, 시판 우모분, 4kg/cm² 압력에서 120분처리 우모분, 그리고 3kg/cm² 압력에서 90분간 처리 우모분이 각각 3.09%, 63.28%, 67.46%, 71.22%, 그리고 73.75% 순위로 높았다.
3. 필수 아미노산의 평균 이용률에 있어서는 생우모분, 2kg/cm² 압력에서 30분처리 우모분, 시판 우모분, 4kg/cm² 압력에서 120분처리 우모분, 3kg/cm² 압력에서 90분처리 우모분이 각각 2.55%, 66.78%, 66.89%, 72.56%, 73.62% 순위로 높았다.
4. 중기가압처리 우모분과 시판우모분의 개별 아미노산 이용률에 있어서는 methionine, phenylalanine, leucine, arginine, threonine, isoleucine 순위로 높았으나 histidine, lysine, aspartic acid는 이용률이 낮았다. 이상의 결과로서 3kg/cm² 압력에서 90분처리 우모분은 아미노산 이용률이 우수함을 알 수 있었다.

V. 引用文獻

1. Bragg, D. B., C. A. Ivy, and E. L. Stephenson. 1969. Methods for determining amino acid availability of feeds. Poultry Science, 48: 2135-2137.
2. Buraczewski, S. 1980. Aspects of protein digestion and metabolism in monogastric animals. Proceedings of the 3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Vol I, Braunschweig, pp. 175-195.
3. Burgos, A., J. I. Floyd, and E. L. Stephenson. 1974. The amino acid content and availability of different samples of poultry by-product meal, and feather meal. Poultry Science, 53: 198-203.
4. Dammers, J., 1964. Verteringsstudies bij het varken. Factoren van invloed op de vertering der voeder-componenten op de verteervbaarheid der aminozuren. Thesis. University of Leuven.
5. Davis, J. G., E. P. Mecchi, and H. Lineweaver. 1961. Processing of Poultry By-products and their Utilization in Feeds. 1. Processing of Poultry By-products. U. S. D. A., A. R. S., Utilization Research Report #3.
6. Eggum, B. O. 1970. Evaluation of protein quality of feather meal under different treatments. Acta Agriculturae

- Scandinavica, 20: 230-234.
6. Ford, D. J. 1976. The effect of methods of sterilization on the nutritive value of protein in a commercial rat diet. *British Journal of Nutrition*, 35: 267-276.
 7. Gregory, B. R., O. H. M. Wilder, and P. C. Ostby. 1956. Studies on the amino acid and vitamin composition of feather meal. *Poultry Science*, 35: 234-235.
 8. Gumbmann, M. R., M. Friedman, and G. A. Smith. 1983. The nutritional values and digestibilities of heat damaged casein and casein-carbohydrate mixtures. *Nutrition Reports International*, 28: 355-361.
 9. Kim, S. M., M. Winegardner, and W. A. Dudley. 1980. Available sulfur amino acid content of commercial feather meals. *Poultry Science*, 59: 1627-1628.
 10. Kirby, L. K., T. S. Nelson, Z. Johnson, and P. W. Waldroup. 1978. Content and digestibility by chicks of the amino acids in wheat, fish meal and animal by-products. *Nutrition Reports International*, 18:591-598.
 11. MacAlpine, R., and C. G. Payne. 1977. Hydrolysed feather protein as a source of amino acids for broilers. *British Poultry Science*, 18: 265-273.
 12. Morris, W. C., and S. L. Balloun. 1973a. Effect of processing methods on utilization of feather meal by broiler chicks. *Poultry Science*. 52:858-866.
 13. Morris, W. C., and S. L. Balloun. 1973b. Evaluation of five differently processed feather meals by nitrogen retention, net protein values, xanthine de-hydrogenase activity and chemical analysis. *Poultry Science*. 52: 1075-1084.
 14. Papadopoulous, M. C. 1984. Feather; evaluation of processing conditions by chemical and chide assay. Doctoral thesis, Agricultural University, Wageningen. The Netherlands. 1-139.
 15. Payner, C. J., and M. Fox. 1978. Measurement of available lysine in processed beef muscle by various laboratory procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 26: 494-497.
 16. Parsons, C. M., L. M. Potter, and R. D. Brown, Jr. 1982. Effects of dietary protein and intestinal microflora on excretion of amino acids in poultry. *Poultry Science*. 61: 939-946.
 17. Pieniazek, D., M. Rakowska, and H. Kunachowicz. 1975b. The participation of methionine and cystine in the formation of bonds resistant to the action of proteolytic enzymes in heated casein. *British Journal of Nutrition*. 34: 163-173.
 18. Sibbald, I. R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poultry Science*. 55: 303-308.
 19. Smith, R. E. 1968. Assessment of the availability of amino acids in fish meal, soybean meal and feather meal, by chick growth assay. *Poultry Science*. 47: 1624-1630.
 20. Summers, J. D. and H. Fisher. 1961. Net protein value for the growing chicken as determined by carcass analysis: Exploration method. *J. Nutr.* 75: 435-442.
 21. Udes, H., H. H. Hiller, und N. C. Juhr. 1971. Veranderungen der Rohproteinquantitat und -qualitat einer Ratten- und Mauseidiat durch verschiedene Sterilisations-verfahren. *Zeitschrift fur Versuchstierkunde*. 13: 160-166.
 22. Varnish, S. A., and K. J. Carpenter. 1975b. Mechanisms of heat damage in proteins. 6. The digestibility of individual amino acids in heated and propionylated proteins. *British Journal of Nutrition*. 34: 339-349.
 23. Vogt, H., und K. Stute. 1975. Scheinbare Aminosauerverdaulichkeit des Federmehles bei Legehennen. *Archiv fir Geflugelkunde*. 39: 51-53.
 24. Wheeler, K. B., and J. D. Latshaw. 1980. Evaluation of the sulfur amino acid and lanthionine content of feather meal. *Poultry Science*. 59: 1672.
 25. 김대진, 방극승, 맹원재 1981. 단백질 사료의 품질 향상에 관한 한국 과학기술처 연구보고서. R-81-19.
 26. 김대진, 1983. 가공방법별 어분의 단백질 품질에 관한 연구. 경상대학교 대학원 박사학위 논문. 1-57.
 27. 김대진, 김영길, 김진성 1984. 국내산 어분의 종류별 아미노산 이용율에 관한 연구. 한축지. 11:19-25.