

# 국내산 어분의 종류별 아미노산 이용율에 관한 연구\*

김 대 진 · 김 영 길 · 김 진 성

동아대학교 농과대학

(1984. 5. 21 접수)

## A Bioassay on Amino Acid Availability of Various Domestic Fish Meal

Dae Jin Kim, Young Kil Kim and Jin Sung Kim

College of Agriculture, Dong-A University

(Received May 21, 1984)

### SUMMARY

Proximate, calcium, phosphorus and amino acid composition were determined for sardine fish meal (SM), herring fish meal (HM), anchovy fish meal (AM), alaskapolack by-product meal (ABM) and file fish by-product meal (FBM) produced domestically.

These fish protein sources were fed to adult male of meat type (Waren G) broiler chicks to determine the true availability of amino acids.

The true availability of essential amino acids were closely related to various fish meals with a few exceptions (e.g. valine, methionine, isoleucine and leucine). Average true availability of essential amino acids (9 amino acids) were 95, 93, 93, 91 and 91 percent for AM, SM, FBM; HM and ABM, respectively.

Significant differences in the true availability of each individual amino acid were observed among fish meal tested ( $P < 0.01$ ).

Lysine availability was low in HM, ABM and FBM whereas phenylalanine was the lowest in FBM and ABM, respectively.

AM showed the highest true amino acid availability among all fish meal tested.

---

\* 이 논문은 1983년도 문교부 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

## I. 서론

동물이 성장한다는 것은 세포수와 세포크기의 증가라고 표현하는 것이 타당할 것이며, 세포증식은 세포내의 단백질의 양적 증가이며 이는 외부로부터 섭취한 사료단백질 즉, 아미노산에 의한 것이다.

그리하여 단백질의 개념에서 아미노산의 개념으로 바뀌었으며 그리고 섭취된 아미노산의 체내이용은 단백질의 생물학적 가치와 일치하는 중요한 역할을 한다. 사료의 아미노산 이용율은 가공방법(Nesheim과 Carpenter, 1967; 김대진, 1983) 등에 따라서 많이 영향을 받는다고 하였다.

또한 아미노산의 이용율 측정방법은 많이 종설되어 왔으며, 그 대표적인 것으로는 Bragg 등(1969)의 방법으로 대사성분과 내인성노의 아미노산을 protein free diet를 급여하여 측정된 연구(Ivy 등, 1971; Stephenson 등, 1971; Rostagno 등, 1973; Sarwar와 Bowland, 1975; Nwokolo 등, 1976; Nitsan 등, 1981; 김대진, 1983)가 있으며 Sibbald(1976)의 TME 측정방법을 응용한 방법으로 24시간 절식시킨 후 대사성분과 내인성노 아미노산을 측정하여 보정한 아미노산의 진정이용율에 관한 연구보고가 있다(Likuski와 Dorrell, 1978; Sibbald, 1979, 1981; Parsons 등, 1982; 김대진, 1983). 그러나 김대진(1983)이 두 방법을 비교평가하였는데 일반적인 사료에서는 Bragg 등(1969)의 방법보다 측정과정이 간편 용이한 Sibbald(1976)의 TME 방법도 상호간 큰차이가 없었다고 지적하였다.

그리하여 본연구에서는 국내에서 생산되는 어분의 종류별 아미노산 이용율 측정성적이 없으므로 각개별 필수아미노산의 균형있는 급여를 위한가급 사료배합의 기초 자료를 얻고져 본 실험을 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 어분의 종류별 수집

청어와 정어리는 부산소재 어분제조회사인 S사와 D사에서 기계착유후 직화건조조에 의해 제조되었으며 명태는 냉동저장 후 필렛후의 부산물을 부산의 S사에서 기계착유와 직화건조조로 제조되었으며 멸치는 4~5cm길이에 1cm직경 크기의

식용등급 하품인 사료용으로 유통되는 것을 시중 구입하였고 쥐치부산물 어분은 삼천포와 여수지방의 어분제조 업체로부터 수집하였는데 멸치를 제외한 어분은 3점씩을 5Kg씩 수집하였는데 그기간은 1983. 4~1983. 10월까지였다.

### 2. 시료의 화학성분 분석

일반조성분은 AOAC(1980)에 준하여 분석하였고 칼슘은  $KMnO_4$  적정법, 총인은 비색법에 의해 Spectrophotometer로 430nm에서 측정하였다. 그리고 어분과 분뇨의 아미노산 분석은 1g 시료를 분해관에 취하고 6N HCl을 15ml 넣어 N gas를 충전시켜 탈기하고 110°C에서 24시간 가수 분해후 rotary evaporator로 건조하여 pH 2.2 citrate buffer solution으로 용해시켜 Spakman 등(1958)의 방법으로 아미노산 자동분석기(Hitachi Model, 835)로 분석하였다. 단, cystine은 cysteic acid로 만든후 아미노산 자동분석기로 분석하였다.

### 3. 아미노산 이용율 측정

Sibbald(1976)의 TME 측정방법에 준하여 meat type Warren G 종계(♂)인 평균체중 2,800~3,100g의 성장이 완료된 것을 공시하였으며 개체용 대사 케이지에서 장내의 내용물이 완전배설 되도록 30시간 절식후 어분을 풍진상태로 30g씩을 프라스틱 편필에 강제급여 가능하도록 고안된 설비로 시료당 3회 반복하여 실시 하였으며 얻어진 성적은 분산분석후 Duncan's 다중검정에 의하여 정어리를 기준으로 비교평가 하였다. 진정 아미노산 이용율은 다음 공식에 의했다.

% True amino acid availability

$$= \frac{\text{Total A. A. Consumed} - (\text{Total A. A. Protein feces} - \text{Total A. A. Non-Protein feces}) \times 100}{\text{Total A. A. consumed}}$$

## III. 결과 및 고찰

### 1. 어분의 종류별 화학적 성분조성

일반조성분 및 칼슘, 인의 함량은 Table 1에 표시하였는데 조단백질 함량에 있어서는 청어가 78.48%로서 정어리, 멸치, 명태, 부산물 어분에 비하여 가장 높았으며 쥐치부산물 어분은 건물 함량으로 비교시 58.38%로 가장 낮았다.

Table 1. Proximate, Ca and P contents of various domestic fish meal(DM basis),<sup>a</sup> %

Ingredient	Protein	Fat	Ash	Ca	P	Remark
Sardine meal	68.56	13.66	15.14	4.30	2.47	Busan
Herring meal	78.48	3.57	16.25	4.55	2.62	Busan
Anchovy meal	68.90	7.28	20.63	2.91	2.09	Busan
Alaskapolack by-product	67.54	6.26	24.03	7.73	3.66	Busan
File fish by-product	58.38	11.27	25.43	7.33	3.76	Eysu Samchunpo

a. Mean of triplication.

장윤환과 여영수(1981)가 보고한 정어리 어분의 69.59%와 쥐치부산물 어분 58.28%에 비하여 정어리는 1%정도 낮았으나 쥐치부산물은 비슷한 수준을 보였다.

정어리 어분의 조지방함량은 높았고 조회분과 인의 함량은 비슷하였으나 쥐치부산물의 칼슘함량은 7.33%로서 4.91%에 비하여 많은 차이가 있었다.

청어와 멸치의 일반조성분은 한인규와 장윤환(1983)이 보고한 성적에 비하면 청어의 조단백질 함량은 78.48%로서 66.9%에 비하여 높았으며 반면에 조지방함량은 3.57%로 9.9%비하여 크게 낮았으나 이는 본시험에 공용한 청어의 지방함량이 낮았던 것은 어획기에 따른 1~2월 이라는 점과 냉동 저장으로 인한 지방함량이 낮았기 때문이라 생각되

Table 2. Amino acid contents of various domestic fish meal(DM basis),<sup>a</sup> %

Amino acid	Sardine		Herring		Anchovy		Alaskapolack by-product		File fish by-product	
	Fish	Pro.	Fish	Pro.	Fish	Pro.	Fish	Pro.	Fish	Pro.
Lys	5.97	8.65	5.89	7.48	5.61	8.13	5.39	7.97	4.09	6.99
His	1.89	2.74	1.50	1.90	2.12	3.07	1.50	2.22	1.26	2.15
Arg	3.12	4.52	4.52	5.74	3.48	5.04	4.93	7.29	4.02	6.87
Asp	6.86	9.94	6.51	8.26	6.73	9.75	7.35	10.87	5.70	9.74
Thr	2.69	3.90	2.92	3.70	2.47	3.58	2.18	3.22	2.07	3.53
Ser	2.31	3.34	3.11	3.94	2.15	3.11	2.09	3.09	1.84	3.14
Glu	10.21	14.80	11.01	13.98	9.69	14.05	10.11	14.96	7.85	13.42
Pro	3.01	4.36	4.43	5.62	2.32	3.36	3.43	5.07	1.92	4.99
Gly	4.01	5.81	5.06	6.42	3.88	5.62	5.29	7.82	5.22	8.90
Ala	4.53	6.56	4.66	5.91	4.33	6.27	4.51	6.67	4.19	7.16
Val	3.87	5.61	4.14	5.25	3.73	5.40	3.82	5.65	3.19	5.45
Met	1.66	2.40	1.73	2.19	1.59	2.30	1.61	2.38	1.35	2.30
Iso	2.98	4.32	3.01	3.82	2.69	3.90	2.75	4.07	2.32	3.96
Leu	5.42	7.85	5.74	7.28	5.16	7.48	5.19	7.68	4.27	7.31
Tyr	1.83	2.65	2.00	2.54	1.93	2.79	1.98	2.93	1.82	3.11
Phe	2.44	3.53	2.62	3.32	2.45	3.55	2.28	3.37	2.20	3.76
Cys	0.50	0.72	0.65	0.82	0.59	0.85	0.55	0.81	0.43	0.73

a. Mean of triplication,

며 조회분과 칼슘, 인은 커다란 차이가 없었다.

멸치 어분의 조단백질은 이규호와 김덕교(1974)가 중멸치를 기준으로 61.36%에 비하여 68.90%로 높았고 조회분은 13.48%에 비하여 20.63%로 많이 높았는데 이는 NRC(1977)의 페루산 멸치의 조회분이 16.43%인 점을 보아 본시험에 이용한 것이 중멸치인데도 4%정도 높게 나타난 것은 성장단계간의 차이인지 지역적인 차이인지 불명확하다.

명태부산물 어분에 있어서는 국내외의 명시된 성적이 없으므로 직접비교는 불가능하였는데 조단백질 함량이 67.54%로서 멸치어분과 정어리 어분만큼의 단백질을 함유하고 있으며 조회분과 칼슘, 인은 쥐치부산물 어분과 비슷한 수준이었는데 이는 뼈를 많이 함유하고 있는 점에서 일치한 성격이었다.

어종별 아미노산 조성은 Table 2와 같이 어분중의 함유량과 단백질중의 함유량으로 나타내었다.

어종별 아미노산 조성의 비교에 있어서 단백질중의 필수아미노산만을 비교할때 lysine은 6.99~7.97%로서 쥐치부산물 어분은 낮았고 명태부산물 어분은 높았으며 histidine은 1.90~3.07%로서 청어 어분이 낮았고 멸치 어분이 높았다. Arginine함유량은 4.52~7.29%로 정어리 어분이 낮았고 명태부산물 어분은 3.22~3.90%로 비슷한 수준을 보였으며 methionine은 2.19~2.40%로 비슷한 함량이었고 isoleucine은 3.82~4.32%로 큰 차이가 없었으며 leucine 함유량도 7.28~7.68%로 비슷하였고 phenylalanine은 3.32~3.76%로 어종간의 큰 차이가 없었다.

또한 이들 함량을 기존의 국내의 성분 함유량과 비교해 보면 NRC(1977)의 정어리 어분의 아미노산 보다도 일반적으로 전체 아미노산 함유량이 낮았으며 김대진(1981)이 보고했던 성적중에서 단백질중의 arginine 함유량이 6.10~6.21%에 비하여 4.52%로 현저히 낮았으며 histidine, threonine, methionine 등도 약간 낮았는데 비하여 valine과 isoleucine은 높은 경향을 보였는데 청어 어분의 경우는 NRC(1977)에 비하여 methionine과 phenylalanine이 약간 낮았으나 이는 알을 제거하고 생산되었기 때문이라 생각되며 기타 필수아미노산은 비슷한 수준이었다. 멸치 어분의 경우는 NRC(1977)에 비교하여 볼때 methionine과 lysine, threonine, iso-

leucine은 약간 낮았고 기타성분은 비슷하였으며 lysine은 높은 경향을 보였다. 쥐치부산물 어분은 김대진(1981)의 보고한 성적에 비하여 valine, arginine, methionine은 낮았으나 leucine, isoleucine함유량은 약간 높았고 나머지 아미노산 수준은 비슷한 성적을 보였으나 그 증감의 원인은 명확히 밝힐수 없었다.

명태부산물 어분의 아미노산 함유량에 있어서는 직접적인 성분표가 없으므로 비교하여 설명할 수 없었다. 이상의 어분의 화학적 조성을 기초로하여 생각해 본다면 정어리, 멸치, 청어 등은 아미노산의 조성이 국내외에서 이루어졌으나 명태부산물어분과 쥐치부산물 어분에 대하여는 명확히 표시된 것이 거의 없으므로 계속적인 분석이 이루어져야 되리라 사료된다.

## 2. 어분의 종류별 아미노산 이용률

국내에서 생산되는 어분의 어종별 아미노산 이용률은 Table 3과 같다.

정어리 어분의 아미노산 이용률은 김대진(1983)이 sibbald(1976)의 TME 방법에 의하여 체중1000g인 육용탍에 평가한 성적과는 전체 아미노산과 필수아미노산의 진정이용률에 있어서 4%와 2%정도 낮았는데 Nesheim과 Carpenter(1967)가 지정한 protein-fat interaction에 의해 낮아졌는지 실험에 공여한 탍의 연령의 차이에서 온것인지는 명확하지 않으나 Allen(1983)이 발표한 정어리의 지방함유량이 6.1%이고 김대진(1983)이 발표한 조지방의 함유량이 5.87%~6.08%에 비하여 본시험에 공여된 정어리 어분은 13.66%로 크게 높아서 protein-fat interaction에 영향을 받아 아미노산의 진정이용률이 낮은 것으로 해석된다.

청어 어분의 아미노산 진정이용률에 있어서 전체아미노산 이용률은 88%이고 필수아미노산 이용률은 91%로서 Allen(1983)의 95%이용률에 비하여 4%나 낮았는데 이는 국내 어분 가공시에 건조과정에서 과도한 열처리를 받은 것으로 육안으로 확인할 수 있었다.

이는 Nesheim과 Carpenter(1967)김대진(1983)의 보고에 있어서 과열건조 정어리 어분의 경우 전체 아미노산의 이용률이 낮아졌는데 특히 lysine의 이용률이 현저하게 낮아진다는 것과 일치하였는데 이는 free amino acid group이 carbonyl 생성물과

Table 3. True amino acid availability in various domestic fish meal<sup>a</sup> (%)

Amino acid	Fish protein source <sup>b</sup>					Average
	SM	HM	AM	ABM	FBM	
Lys	94 <sup>a</sup>	85 <sup>c</sup>	95 <sup>a</sup>	89 <sup>b</sup>	89 <sup>b</sup>	90
His	100 <sup>a</sup>	97 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	94 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	98
Arg	93 <sup>a</sup>	92 <sup>ab</sup>	94 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	89 <sup>b</sup>	92
Asp	93 <sup>a</sup>	87 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	92
Thr	94 <sup>a</sup>	91 <sup>ab</sup>	95 <sup>a</sup>	88 <sup>b</sup>	91 <sup>ab</sup>	92
Ser	94 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	85 <sup>b</sup>	87 <sup>b</sup>	90
Glu	94 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	93
Pro	92 <sup>ac</sup>	90 <sup>ab</sup>	95 <sup>c</sup>	88 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>	90
Gly	48 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	89 <sup>b</sup>	85 <sup>b</sup>	94 <sup>c</sup>	71
Ala	93 <sup>ab</sup>	90 <sup>ac</sup>	95 <sup>a</sup>	90 <sup>ac</sup>	88 <sup>c</sup>	91
Val	92 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	92
Met	94 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	93
Iso	92 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	92
Leu	93 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	92 <sup>a</sup>	93 <sup>a</sup>	93
Tyr	94 <sup>a</sup>	91 <sup>a</sup>	94 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	94 <sup>a</sup>	91
Phe	90 <sup>ab</sup>	90 <sup>ab</sup>	92 <sup>a</sup>	87 <sup>bc</sup>	83 <sup>c</sup>	88
Average	90	88	95	90	90	—
EAA <sup>c</sup>	93	91	95	91	93	—

a. Means with different letters among protein sources are significant ( $P < 0.01$ ).

b. Fish protein sources are SM, sardine fish meal; HM, herring fish meal; AM, anchovy fish meal; ABM, alaskapolack by-product meal; FBM, file fish by-product meal.

c. EAA, Essential amino acid availability.

반응하여 이용성의 저하를 초래된다고 밝혀졌다. 멸치 어분의 아미노산 진정이용율에 있어서 전체 아미노산 이용율과 필수아미노산 이용율이 같은 수준인 95%로서 Allen(1983)의 보고와 일치였는데 이는 기계적 건조가 아닌 태양에서 건조되었기 때문에 높은 이용율을 보였는데 이는 김대진 (1983)의 보고와 일치하는 경향을 보여 주었다.

쥐치부산물 어분의 아미노산 진정이용율에 있어서 전체 아미노산과 필수아미노산이 각각 90%와 93%의 이용율을 보여 김대진(1983)이 1000g 체중의 육용계에서 실시한 것보다 2%와 3%의 높은 이용율을 보였다. 그러나 쥐치부산물 어분의 경우는 닭의 주령이 증가하면서 그 이용율이 높았다고 보고된 (김대진, 1983) 성적 이외의 다른 연구자

의 성적이 없으므로 본시험에서 이용율이 높은 것은 2,800~3,100g의 육용성제를 공시켰기 때문이라 추찰된다.

명태부산물 어분의 국내외의 측정된 성적이 없으므로 이 시험만으로는 비교할수 없으며 단지 전체 아미노산과 필수아미노산이 각각 90%와 91%의 이용율을 보였다.

### 3. 어분의 종류별 개별 필수아미노산 이용율

개별 필수아미노산의 진정이용율에 있어서는 lysine 95% (멸치어분), 94% (정어리)에 비하여 89% (명태부산물 어분)로 유의하게 낮았으며 ( $P < 0.01$ ) 청어 어분은 85% lysine 이용율을 보여 다른 종류의 어분에 비하여 매우 낮다 ( $P < 0.01$ ). 이는 청어 어분의 가공공정중에서 건조가 너무 지나쳤음이 의

견상 식별이 가능할 정도였기 때문이라 생각된다.

Histidine은 보편적으로 아미노산 이용율이 모든 어종에서 94%이상의 이용율을 보였으며 특히 정어리 어분과 멸치어분 그리고 쥐치부산물 어분은 그 이용율이 100%로 높은 이용율을 보였다. 이는 대사성분과 내인성노의 아미노산 배설량이 어분급 여시와 같은량을 배설하였기 때문이다.

Arginine 이용율은 87%(쥐치부산물어분)로서 정어리어분, 명태부산물 어분의 93%, 94%, 93%에 비하여 유의하게 그 이용율이 낮았다( $P < 0.01$ ).

Threonine 이용율은 명태부산물 어분이 각각 88%로 이용율이 낮았으며 다른 어분의 종류간에는 이용율이 비슷한 수준이었다.

Valine, methionine isoleucine, leucin은 어종간의 아미노산의 이용율이 유의적인 차이점없이 90%이상의 이용성을 보였다.

Phenylalanine은 87%(명태부산물어분), 83%(쥐치부산물어분)로 92%의 멸치 어분에 비하여 유의적으로 이용율이 낮았다.

이상으로 어종간의 필수아미노산 이용율을 종합적으로 검토해 볼때 멸치, 정어리, 쥐치부산물, 청어, 명태부산물어분 순위로 95%, 93%, 93%, 91%, 91%의 이용율을 보였는데 모든 어분에서 90%이상의 이용율을 보였고 쥐치부산물 어분은 phe-

nylalanine의 이용율이 현저히 낮았고 청어 어분은 lysine의 매우낮은 이용율을 보였으나 국내산 어분의 평균 아미노산 이용율은 국제적 수준과 비슷하거나 약간 낮음을 알수 있었다.

#### IV. 적요

국내에서 생산되는 정어리어분, 청어어분, 멸치어분, 명태부산물어분 그리고 쥐치부산물 어분의 일반조성분, 칼슘, 인, 그리고 아미노산 함유량을 측정하였다.

이들 어분의 몇가지 필수아미노산(valine, methionine, isoleucine, leucine)을 제외하고는 필수아미노산 진정이용율의 유의한 차이가 있었다. 어분의 종류별 필수아미노산 이용율은 멸치어분, 정어리어분, 쥐치부산물어분, 청어어분 그리고 명태부산물어분이 각각 95, 93, 93, 91, 91%순위였다. 개별 필수아미노산의 진정이용율은 시험 어분들간에 유의성이 인정되었다( $P < 0.01$ ).

Lysine의 진정이용율은 청어어분, 명태부산물어분 그리고 쥐치부산물 어분순으로 낮은 반면에 phenylalanine은 쥐치부산물과 명태부산물어분 순위로 가장 낮았다. 일반적으로 멸치어분은 모든 어분중에서 진정아미노산 이용율이 높게 나타났다.

#### V. 인용문헌

1. Allen, R.D., 1983. Feedstuff Year Book. U.S.A.
2. A.O.A.C., 1980. Official method of analysis (13th Ed.). Association of Analytical Chemists, Washington D.C.
3. Bragg, D.B., C.A. Ivy and E.L. Stephenson, 1969. Methods for determining amino acid availability of feeds. Poultry Sci., 48:2135-2137.
4. Ivy, C.A., D.B. Bragg and E.L. Stephenson, 1971. The availability of amino acids from soybean meal for the growing chick. Poultry Sci., 50:408-410.
5. Likuski, H.J.A. and H.G. Dorrell, 1978. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. Poultry Sci., 57:1658-1660.
6. National Research Council, 1977. Nutrient requirement of poultry. National Academy of Sciences. Washington, D.C.
7. Nesheim, M.C. and K.J. Carpenter, 1967. The digestion of heat damaged protein. Brit. J. Nutr., 21:399-411.
8. Nitsan, Z., A. Dvorin and I. Nir, 1981. Availability of amino acids from soybean,

- corn and milo for goslings. *Poultry Sci.*, 60:2724-2725.
9. Nwokolo, E.N., D.D. Bragg and W.D. Kitts, 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cotton seed and rapeseed meal for the growing chick. *Poultry Sci.*, 55:2300-2304.
  10. 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.
  11. Rostagno, H.S., J.C. Ragler and W.R. Featherston, 1973. Studies on the nutritional value of sorghum grains with varying tannin content for chicks. 2. Amino acid digestibility studies. *Poultry Sci.*, 52:722-778.
  12. Sarwar, G. and J.P. Bowland, 1975. Availability of amino acid in wheat cultivars used in diets for weanling rats. *Can. J. Anim. Sci.*, 55:579-586.
  13. Sibbald, I.R., 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 55:303-308.
  14. Sibbald, I.R., 1979. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 58:668-673.
  15. Sibbald, I.R., 1981. Metabolic plus endogenous energy excretion by fowl. *Poultry Sci.*, 60:2672-2677.
  16. Spackman, D.H., W.H. Stein and S. Moore, 1958. Automatic recording apparatus for use in chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30:1190-1206.
  17. Stephenson, E.L., J.O. York, D.B. Bragg and C.A. Ivy, 1971. The amino acid content and availability of different strains of grain sorghum to the chick. *Poultry Sci.*, 50:581-584.
  18. 김대진, 1983. 가공방법별 어분의 단백질 품질에 관한연구, 박사학위논문, 경상대학교.
  19. 김대진, 맹원재, 방극승, 1981. 단백질사료의 품질향상에 관한연구, 과학기술처 연구 보고서, R-81-19.
  20. 이규호, 김덕교, 1974. 국내산 어류의 사료가치에 관한연구, 한축지16(4):324~329
  21. 장윤환, 여영수, 1981. 우리나라 연안의 계절별 어분생산량과 품질에 관한연구, 농촌진흥청, 산학협동 '81~6
  22. 한인규, 장윤환, 1982. 한국 사료성분표, 한국 사료정보센터, 미국 국제사료연구소.