

동물성단백질 공급원의 사료적 가치

하종규 교수

서울대 동물자원학과

연사약력

- 1967 ~ 1971 경상대학교 농과대학 축산학 전공(학사)
- 1975 ~ 1977 서울대학교 대학원 가축영양학 전공(석사)
- 1977 ~ 1981 South Dakota State University 반추가축영양학 전공(박사)
- 1984 ~ 현재 서울대학교 농업생명공학부 동물자원학과 교수
- 1991 ~ 1995 서울대학교 농업생명과학대학 동물자원학과 학과장
- 1993 ~ 1998 제8회 세계축산학회 서울대회 조직위원회 위원장
- 1995 ~ 1997 서울대학교 농업생명과학대학 부속실험목장 목장장
- 1996 ~ 현재 Animal Feed Science and Technology 편집위원
- 1997 ~ 현재 한국영양사료학회 부회장
- 1999 ~ 2001 Livestock Production Science 편집위원
- 1999 ~ 2001 축산과학기술연구소 소장
- 2000 ~ 2001 서울대학교 Brain Korea 21 농생명공학사업단 국제협력위원장
- 2000 ~ 현재 AAAP 사무총장

동물성단백질 공급원의 사료적 가치

하 종 규 / 서울대 동물자원과학과 교수

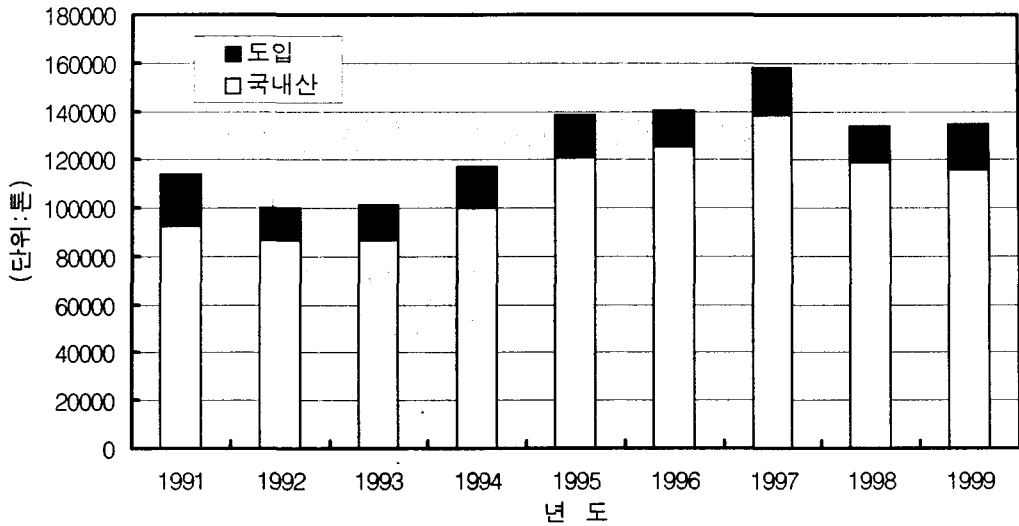
이 상 석 / 서울대 농생명공학단 박사

I. 서 론

동물성단백질 사료원은 고기의 가공과 지방정제과정, 가금류와 가금류가공, 생선가공과정을 통하여 얻어지는 부산물이다. 즉 동물성 단백질사료에는 1) 수산물이나 수산부산물로부터 얻어지는 물고기단백질, 2) 정육포장 및 출하공장이나 도축장에서 얻어지는 고기 부스러기, 내장 및 뼈의 부산물인 육골분, 육분, 혈분 3) 가금부산물인 우모분 등을 들 수 있다.

이들 동물성 사료원료는 단백질의 함량이 높고 식물성단백질에 부족하기 쉬운 우수한 아미노산의 공급원으로 사용할 수 있다. 이외에도 비타민, 광물질 및 미지성장인자의 함유로 가축에게 우수한 사료자원이다. 그러나 동물성 부산물은 수분을 많이 함유하고 있어 쉽게 변패되기 쉬우며 미생물에 의한 오염이 쉽게 될 수 있는 단점이 있다. 따라서 동물성단백질 사료원으로서 적절한 이용을 위해서는 장기 보존방법, 가공처리방법 개선 등이 요구된다. 특히 수분 함량이 높고, 고단백질과 에너지원이기는 하나 원료의 가공처리비용이 높은 것이 특징이다.

연도별 동물성단백질의 사용내역은 그림 1에서 보듯이 1999년에 전체 사용량은 13만 6천톤에 이르고 있다. 이는 1997년 최대 사용량인 16만톤에 비해 약간 감소한 추세이지만 1990년 이후 동물성 단백질의 사용은 조금씩 증가하는 경향을 보이고 있다. 이중 국외에서 도입되는 동물성단백질 사료는 전체의 약 16% 정도로서 80년대의 5%에 비해 상



<그림 1> 최근 10년간 동물성단백질의 국내산 및 도입량 비교

당량 증가되었다. 각 원료별 동물성단백질의 사용현황은 표 1과 같다. 현재 가장 많이 사용되는 동물성단백질은 어분으로 페루, 미국, 브라질, 칠레, 러시아, 덴마크 등지에서 다량 생산하고 있다. 1970년대 중반부터 국내에서 어분 생산량이 증가되어 1975년에는 대부분 국산에 의존하였고 1986년까지 수요의 95%를 국내산으로 충당하였다. 현재 전체 어분 사용량은 1999년에 57,406톤에 달하고 있으나 1986년의 139,942톤에 비하여 상당량 감소하고 있는 추세이다. 1990년대 이후 어분 사용량은 1993년에 약 5만톤까지 감소하던 것이 1997년까지 8만톤까지 증가하는 경향을 보였다. 현재 어분 수요의 약 30%가 국외산 어분을 이용하고 있으며 이는 1980년대의 총 어분 사용량의 약 90% 이상에 달하는 국내산 어분의 이용률에 비교하여 볼 때 점차 어분의 국외산 수요가 증가될 것으로 예상된다. 1998년의 경우 전세계 어분 소요량의 70% 이상을 공급해 오고 있는 남미의 칠레와 페루의 98년도 어분 생산량이 전년보다 절반이하로 격감됨으로서 잠시 수입물량이 감소하였으나 국내산 어분에 비하여 가격면이나 질적인 면에서 국외산 어분이 우수한 까닭으로 보인다.

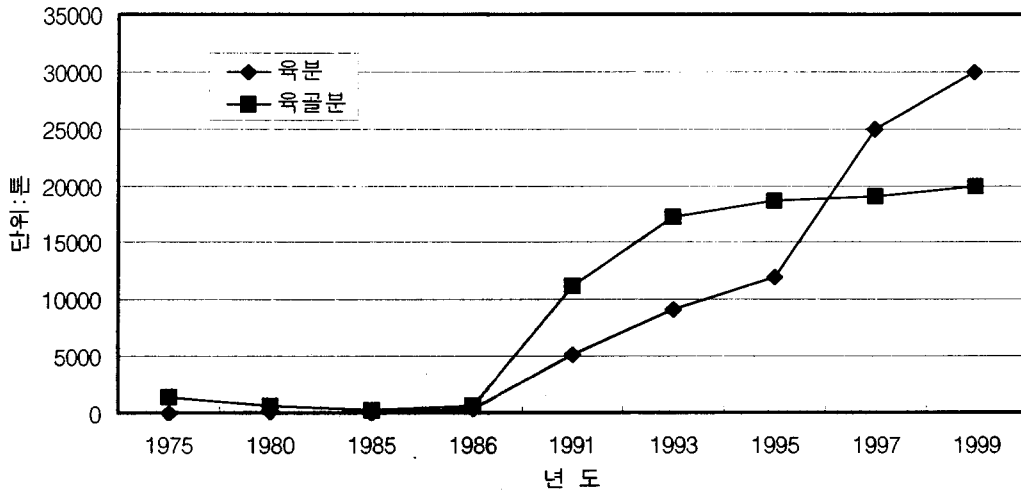
국내산 동물성단백질 원료중에서 1975년 이후 가장 많은 증가를 보인 것은 육분과 육골분이라 할 수 있다 (그림 2). 1975년에 육분은 사용되지 않았고, 육골분은 1,400톤에 불과하였으나 현재 국내산 육분의 사용량은 3만톤을 넘어섰고 육골분은 2만톤에 이르렀

〈표 1〉 국내산 동물성단백질 사료의 연도별 사용현황¹⁾

(단위 : 톤)

연 도	구 분	어 분	어 분 흡 착	우모분	육골분	육 분	도 축 부산물	기 타
1991	국 내 산	71,998		2,545	11,237	5,211		1,631
	도 입	16,104		152	4,424	26		228
	계	88,097		2,697	15,661	5,237		1,859
1992	국 내 산	57,288	754	4,225	14,905	6,791		2,374
	도 입	9,198	-		3,883			569
	계	66,486	754	4,225	18,788	6,791		2,943
1993	국 내 산	45,601	148	8,114	17,189	9,077		6,561
	도 입	10,043		1	2,708	-		1,721
	계	55,644	148	8,115	19,897	9,077		8,262
1994	국 내 산	50,679	16	13,513	15,833	5,601	2,185	2,650
	도 입	14,401	-	-	2,230	-	-	29
	계	65,080	16	13,513	18,063	5,601	2,185	2,679
1995	국 내 산	62,807	452	15,463	18,637	12,005	5,908	3,381
	도 입	13,588	-	13	3,708	-	15	118
	계	76,395	452	15,476	22,345	12,005	5,923	3,499
1996	국 내 산	55,191	629	13,223	22,840	18,736	6,982	4,992
	도 입	9,659	-	-	5,384	-	63	180
	계	64,790	629	13,223	28,224	18,736	7,045	5,172
1997	국 내 산	66,017	635	14,222	19,067	24,963	5,556	6,423
	도 입	14,536	-	-	4,906	-	73	229
	계	80,553	635	14,222	23,973	24,963	5,629	6,472
1998	국 내 산	49,359	656	10,375	21,270	26,130	3,369	6,945
	도 입	11,781	-	-	2,952	-	50	425
	계	61,140	656	10,375	24,222	26,130	3,419	7,370
1999	국 내 산	42,425	617	10,831	20,000	30,012	3,500	7,882
	도 입	14,891	58	-	3,397	-	72	248
	계	57,406	675	10,831	23,397	30,012	3,572	8,130

¹⁾사료협회와 축협이 사용합계



〈그림 2〉 1975년 이후 국내산 육분·육골분 사용량

다. 점차 사료자원의 개발과 국내 육류소비의 증가추세와 맞물려 육골분과 육분의 사용증가가 예상되나 항생제 등의 잔류물질로 인한 부적당한 원료의 관리가 요구되고 있다. 프랑스는 유럽지역내의 광우병 감염 축산물이 사용될 가능성이 있는 육골분 사용사료의 중단을 요구하기도 하여 1999년도에 육골분의 재고가 300만톤에 달하는 것으로 추정한다.

따라서 국내외 동물성 사료자원의 효율적인 이용을 위해서는 원료의 수요와 공급에 따른 경쟁력 확보, 효과적인 가공처리 및 각각의 단백질원의 특성을 파악하며 사료자원의 이용효율을 높이는 증진시키는 노력이 필요할 것으로 보인다.

II. 동물성단백질 사료원의 종류 및 특성

1. 어 분

어분은 수산업의 부산물로서 생선의 근육조직에 지방이 다량 함유되어 있어 식용으로는 적합하지 못한 경우 어분으로 제조하거나 통조림공장에서 나오는 생선부산물을 증기로 삶아 기름을 추출한 후 건조, 분쇄하여 생산한다. 어분을 크게 6종류로 구분한다. 북서태평양과 알래스카에서 생산되는 청어분(herring meal), 미국에서 주로 생산되는 Manhaden

meal, 캐나다와 알래스카의 연어 통조림 가공부산물인 Salmon meal, 정어리와 청어류 가공부산물인 Sardine meal, 고급단백질로 대구와 대구분 가공공정에서 나오는 백색어분, 근육조직과 내장부위의 지방을 20% 함유하고 있는 멸치, 청어, 고등어 등으로 제조한 갈색어분으로 나눌 수 있다.

일반적으로 어분은 착유법, 건조방법, 생산지 및 어종에 따라 영양소 함량 및 사료가치가 차이가 나지만, 어분중의 단백질 함유량은 35~75% 수준으로 특히 식물성단백질에 부족하기 쉬운 lysine, methionine, tryptophan, threonine 등이 풍부히 함유되어 있다 (표 2).

〈표 2〉 동물성단백질 사료원의 아미노산 조성(g/16g N)

	탈지유 ¹⁾	Blend animal meal ¹⁾	육분 ²⁾	혈분 ¹⁾	우모분 ¹⁾	백색어분 ²⁾	Herring meals ²⁾
Lysine	8.2	5.8	4.5	9.6	1.9	6.90	7.73
Methionine	2.6	1.5	1.1	1.3	0.7	2.60	2.86
Methionine plus cystine	3.5	2.4	1.9	2.6	4.6	3.53	3.83
Tryptophan	1.3	0.9	0.4	1.3	0.6	0.94	1.15
Histidine	2.8	2.2	1.3	5.7	0.6	2.01	2.43
Leucine	9.8	6.7	5.0	13.4	8.2	6.48	7.50
Isoleucine	5.6	3.4	2.4	1.2	5.3	3.70	4.49
Arginine	3.6	6.6	7.1	4.6	6.9	6.37	5.84
Phenylalanine	4.8	3.7	3.0	7.3	4.7	3.29	3.91
Tyrosine	5.0	2.7	2.0	3.3	2.8	2.60	3.13
Threonine	4.6	3.7	2.9	5.4	4.9	3.85	4.26
Valine	6.9	5.1	3.9	9.6	8.4	4.47	5.41
Glycine	2.0	11.8	15.8	4.2	8.0	9.92	5.97
Crude protein (g kg ⁻¹ DM)	360	642	513	970	946	722	783

¹⁾ Source: Veevoedertabel(1986)

²⁾ Source: F.A.O

또한 vitamin B군이 풍부하게 함유되어 있으며 어린 짐승의 성장을 촉진할 수 있는 미지 성장인자(UGF)의 공급원으로 이용되기도 한다. 반추가축의 경우 어분은 제 1위내에서 분해되지 않고 소장으로 내려가 소화되어 이용되는 비분해성 단백질(undegradable protein)의 함량이 높아 분만직후 유량이 많은 젖소사료에 이용효율이 높을 뿐만 아니라 종계에 어분을 급여하면 부화율이 높아진다. 근래에 들어서 어분 생산량은 점차 감소하고 있는데 반해 전량이 사료로서 사용되고 있다. 국내산 어분은 국외에서 수입하는 어분보다 단백질 함량이 10% 정도 떨어지며, 염분농도가 높은 단점이 있다.

2. 육분과 육골분

육분은 도축장이나 통조림공장에서 얻어지는 고기 찌꺼기를 잘게 썰어 개방식 가마에 넣어 충분히 가열하여 농축한 다음 지방을 분리하고 말린 다음에 분말형태로 만든 것으로 단백질 함량이 약 50% 이상으로 아미노산의 조성이 우수한 동물성 단백질의 일종이라 할 수 있다. 비타민 B군도 풍부하게 들어있으며, 특히 cyanocobalamin과 choline이 많이 들어있고 무기물로는 Ca, P, Mn 등이 풍부하게 들어있다. 그러나 육분과 육골분은 지방 함량 특히 불포화지방산의 함량이 높아서 저장성이 낮고 비타민을 파괴할 우려가 있다. 또한 살모넬라 등의 미생물균에 오염될 가능성이 비교적 높은 사료의 일종이라 하겠다. 반추가축에게는 기호성이 낮고 가격적인 면에서도 이점이 없어서 잘 사용되지 않으나 젖소사료에는 소량 사용하는 것으로 알려져 있다.

육골분은 단백질 함량이 45~55% 정도 함유되어 있고, 육분은 53~55%이며 단백질 함량이 60%인 것을 tankage라고 한다. 특히 뼈를 첨가하여 또는 육분의 인 함량이 4.4% 이상인 경우 육골분이라고 지칭한다. 육골분은 육분보다 단백질 함량이 낮으나 무기물이 육분보다 많이 함유하고 있다. 비록 육골분의 단백질의 아미노산 조성이 육분보다 떨어지기는 하지만 닭, 개, 돼지의 사료로 많이 이용된다.

3. 혈 분

도축가축의 혈액을 모아서 건조·분말화한 것으로 독일에서 가축사료에 혈액을 배합하여 사료로 이용하고 있다. 오늘날의 혈분은 분무건조(spray dried animal blood meal)와 cooker 건조를 통하여 가공하고 있다. 특히 혈분은 단백질 함량이 80% 이상이기 때문에 모든 가축에게 사용이 가능하나 소화율, 기호성(palatability)이 부족하며, isoleucine, Ca, P가 부족하여 이를 보완하는 원료와 같이 사용하여야 한다. 아미노산 조성을 살펴보면 lysine 공급제로 사용될 수 있으나 혈분은 건조기간이 길어지면 열에 의한 lysine의 함량이 적어진다. 돼지 사육시 혈분은 어분과 대체 급여한 결과 4%까지 대체급여가 가능하며 대두박과 육골분을 혼합한 원료와 혈분을 대체할 경우 3~6%까지 사용이 가능하였다.

혈장단백질은 도축장에서 전혈(whole blood)을 취하여 항응고제를 첨가하고 냉각시킨 후 혈장을 원심분리하여 분무 건조한 것으로 갈색을 띠는데 lysine, tryptophan 및 threonine의 함량이 높은 반면 methionine의 함량이 낮으며 기호성과 소화율이 좋고 활성면역항체의 공급원으로 이용될 수 있는 사료원이다. 조기이유를 위한 자돈의 단백질 공급원으로서 1980년대 말까지만 하여도 유제품이 가장 이상적인 사료원으로 이용되어 왔으나 근래에 이유자돈의 대체할 수 있는 사료원으로 혈장단백의 급여는 탁월한 효과를 보았다는 연구 보고가 있었다(Gatnaue 등, 1990; Hansen 등 1991). 혈액제품은 methionine의 함량이 낮기 때문에 이들을 함유한 사료에서는 자돈의 최대성장을 위해서 사료내 총 methionine의 함량이 0.41~0.42%가 되어야 한다고 하였다. 그러나 혈장단백은 가격이 비싸고 최근에는 전 세계적으로 공급이 부족하여 이를 대체할 수 있는 고급단백질의 개발이 요구되고 있다.

4. 우모분

우모분은 가금, 돼지, 반추동물 및 어류용 사료로서 가격면에서 경쟁력있는 사료자원이다. 사료자원으로 보다 효율적인 사용을 위해서는 우모분의 질과 사료배합기술에 달려있다고 할 수 있다. 가금의 깃털을 고압·가열처리하여 분쇄한 것을 우모분(feather mill)이

라고 한다. 국내 우모의 생산량은 연간 2만여톤에 달하고 있다. 우모분은 조단백질 76~87%로서 매우 높고 조섬유, 칼슘 및 인의 함량이 매우 낮으며 닭, 개, 양어사료의 원료로 사용하고 있다. 우모 단백질은 섬유상단백질인 keratin으로 구성되어 있으며 그 구조는 B-helix를 형성하는 펩타이드 결합과 사슬내의 수 많은 수소결합을 형성하고 이들은 다시 황결합(disulfide bond)를 형성하기에 소화효소에 의하여 쉽게 분해가 되지 않는다. 더욱이 우모분의 아미노산 균형이 제대로 이루어져 있지 않아서 methionine, lysine, histidine, tryptophan 등이 부족하며 소화이용율이 매우 낮다. 단백질가치를 향상시키기 위하여 여러 물리·화학적 처리방법이 이용되고 있으며 일반적으로 고온·고압으로 가열 분해시키므로 수소결합과 황결합을 분해시켜 펩타이드 형태로 만들며, 처리시간과 압력의 차이에 의하여 사료가치가 결정된다. 따라서 처리가 불완전할 때 단백질의 pepsin 소화율이 낮아지고 지나치면 소화율이 향상되지만 cystine 등 아미노산이 파괴되거나 lysine의 이용율이 저하된다. 가열처리에 의한 영양소의 파괴를 막기위한 새로운 방법으로 North Caroline 대학에서는 *Bacillus licheniformis*가 분비하는 효소를 이용한 feather lysate를 고안하였다. 그러나 실질적으로 feather-lysate 제조에 5일간의 시간이 요구되며 경제적인 문제로 미국내에서 이용되지 못하고 있다. 그러나 캐나다 토론토의 가금생산공장에서는 보다 효율적인 효소처리를 위하여 밀 등을 우모분과 섞은 후 익스투루더에 의한 가공으로 기간이 단축된 효소처리기술을 사용하고 있다. 우모분은 특히 전처리과정에서 폐수 및 악취가 강해 석회석, NaSO_4 를 첨가하면 분해가 촉진되고 악취의 발생이 억제할 수 있다. 국내산 우모분의 성분을 비교한 결과 단백질 함량이 68.12~80.68%, 수분 함량이 4.04~11.69%의 범위를 나타내고 있다. 이때 지방 함량은 5.08~22.29% 정도였으며 회분은 2.46~4.81%로 생산하는 회사에 따라 차이가 있다.

5. 기 타

이외에도 단백질 사료원으로 이용할 수 있는 원료에는 어즙, 모발분(hair meal), 피혁분, 새우박 등이 있다.

생선의 내장이나 생선전체를 자가소화시키거나 압착하여 얻은 어즙은 농축형태에 따라

액체형태와 말린 형태로 나눌 수 있으며 단백질 함량이 60% 이상이며 수분이 40~50% 정도인 것이 보통이다. 어즙에는 양질의 단백질이 많이 함유되어 있을 뿐만 아니라 비타민 B군이 풍부하게 들어있다. 우리나라에서는 어즙의 생산량이 적고 따라서 사료로서 흔하게 사용되고 있지않은 실정이다.

모발분으로 사용되는 원료에는 인모, 돈모, 우모 등이 있으며 과거 이발소나 도축장에서 폐기되는 것을 수집하여 가공 처리한 다음 사료로서 사용하게 되는 것이다. 인모와 우모는 대부분 그대로 폐기되거나 타목적으로 이용되기도 하며 열처리에 의해 제조하였다. 새우박은 일반적으로 새우를 통조림으로 제조할 때 버려지는 머리부분과 등껍질부분 및 식용으로 규격에 맞지않은 새우 등을 steam dryer로 건조시킨 후 갈아서 만든 것으로 일반적으로 단백질 수준이 46% 이상이고 Ca, P, I 등의 광물질 함량이 높으며 칠레, 일본 등지에서 수입하여 사용한다. 가금의 경우 새우박의 단백질을 어분 등의 기존 동물성단백질과 비교할 경우 그 가치가 떨어지나 식물성단백질과 혼용하여 사용할 경우 이용성이 충분히 높다고 할 수 있다.

동물성 폐기물의 일종인 피혁분은 콜라겐형태의 단백질로 triple helix로 되어있어 물리적, 화학적 처리에 의해 가축이 쉽게 이용할 수 있는 형태로의 변화시키기에 많은 어려움이 따른다. 현재까지 피혁분은 고열에 의해 물리적 구조의 변형이 가능하다는 보고가 있으며 일정한 고온과 고압에서 물리적 처리를 가하면 가축이 이용할 수 있을 것이다. 이외에 동물성 단백질사료원으로 사용될 수 있는 사료원으로는 제각분, 육즙흡착사료, 잠용박, 번데기, 낙농가공부산물, 새우분, 계분, 꿀뱅이분, 육가공부산물, 도축 및 가금도축부산물 등이 있다.

Ⅲ. 동물성단백질 사료의 가공에 따른 영양소 변화

일반적으로 동물성단백질 사료의 가공은 크게 저장, 펠릿팅, 열처리과정으로 나눌 수 있다.

어분의 경우, 어분을 만들기 전에 생선을 일정기간 저장하게 되며 저장온도에 따라 가용성 질소화합물, 지방, 비타민의 손실을 막을 수 있다. 안전하게 생선을 저장하기 위해서

sodium nitrite나 formaldehyde를 단독 혹은 혼합하여 방부제로 사용하여 왔으며 겨울에는 nitrite만을 사용하였다. 생선의 보존온도는 일반적으로 영하 1°C의 refrigerated sea water(RSW)를 이용하여 저장할 수 있다. 청어는 이 RSW를 이용하여 2주간 이상 안전하게 사용할 수 있다고 하였으며 다른 화학적 보존방법보다 현재까지 사용되고 있는 방법 중의 한 가지이다.

두 번째로 펠릿팅(pelleting)은 어분, 육분, 육골분 및 기타 부산물사료의 살모넬라균, 기타 미생물의 오염을 막을 수 있기 때문에 사용되어지는 방법이다.

세 번째로 열처리방법은 동물성 단백질사료의 질에 크게 영향을 미친다.

어분은 열처리에 의하여 lysine의 함량이 감소된다고 하였으며 threonine은 이용성마저 저하된다고 하였고, 건조도가 너무 높으면 미지성장인자(UGF) 함량도 떨어진다고 보고되었다. 국내에서 잡힌 정어리와 쥐고기부산물의 건조시 태양건조나 기계건조에 비하여 과열건조를 할 경우 단백질효율은 매우 낮아진다고 알려져 있다.

육골분을 71°C 이상에서 처리를 하면 단백질의 품질변화는 없고 살모넬라를 멸균시킬 수 있으며 아주 높은 온도에서 열처리기간이 길어지면 영양소가 떨어지고 필수 아미노산의 이용성이 현저히 감소한다. 또한 열처리온도에 따른 육분을 돼지에게 급여한 시험에서 115°C에서 가공한 육분의 증체율 및 사료요구율이 각각 9%, 17%의 개선효과를 나타내었다. 온도와 압력이 가공부산물의 영양가에 미치는 영향을 비교한 시험에서는 가공압력을 15, 20, 28, 30, 35 및 45 psi로 하고 가공압력시의 온도를 121, 126, 133, 135, 138 및 145°C로 하여 가공시간을 1분 이내 및 15분으로 처리한 후 브로일러에 급여시 20psi에서 1분 이내 처리한 것과 15psi에서 15분간 처리한 구가 가장 좋은 증체율, 사료효율 및 라이신 이용율을 나타낸 것으로 발표되었다.

혈분의 열처리에 의한 영양소의 손실에 대한 연구에서 건조방법을 160°C에서 4~12시간, 200°C에서 0.5~2시간 및 200~500°C에서 5분 이내로 달리 처리하였을 때 기존에 사용하던 160°C에서 4~12시간 건조처리한 후 혈분의 라이신 함량 및 칠면조의 라이신 이용율은 200~500°C에서 5분 이내 건조시보다 12% 및 19%가 저조하였다고 하였다. 혈액으로부터 단백질을 분리하는 방법은 전혈을 그대로 분무건조 또는 열판건조시켜 분말형태로 이용하는 방법이 있으며, 혈장은 연분홍색의 액체로서 농축하여 분무건조하거나 동결하여

사용이 가능한데 혈장의 유화력은 근육의 염용성단백질 및 다른 동물성 단백질과 같이 유화성이 우수하며 75°C 가열에 의해 gel 형성이 좋다. 또한 혈색소가 많이 들어있는 혈 구부를 제거하면 혈액단백질이 많은 부분(약 65%)이 제거되어 손실이 크므로 산성화된 acetone을 이용하여 globin 단백질을 분리할 수도 있다.

우모의 가공방법은 autoclave hydrolysis, 화학제처리(sodiumsulfide, thioglycolate) 및 효소 처리(trypsin, pepsin, papain) 등이 있다. 우모를 고온고압으로 처리하면 hydrogen bond나 disulfide bond가 쉽게 분해되어 비교적 간단한 펩타이드로 된다. 최근에는 미생물로부터 분비되는 keratinase라는 효소가 collagen, elastin 그리고 우모 keratin을 분해할 수 있어 우 모분의 소화율이 크게 증가되었다고 한다. 우모의 가치를 향상시키기 위해 dimethyl-formamide(DMF)를 사용하는 화학적인 처리방법도 대두되고 있으며 205°C의 고온에서 가 공하면 keratin을 구성하는 교차결합을 완전히 분해시키기 때문에 sulfur 함량이 낮아져 가 용성이 높아지게 된다. 그러나 이러한 고온처리는 에너지비용측면에서 효율적이지 못하기 때문에 재고할 필요가 있다. 우모분의 제조공정상 열처리 전과 열처리 후의 펩신 소화율은 유의적인 차이를 보인다. 그러나 단순분쇄만 할 경우 우모분의 소화율은 차이가 없으나 열 처리 조건에 따라 소화율은 온도가 증가할수록 소화율이 증가하는 경향을 나타낸다 (표 3).

〈표 3〉 열처리에 따른 우모분의 단백질 함량 및 펩신 소화율

(단위 : %)

	항 목*	110°C	120°C	130°C
Co,80	Protein content	99.12±0.32	93.06±0.51	91.24±0.26
	Protein digestibility	76.61±0.15	78.33±0.28	84.45±0.78
	Digestible protein content ¹⁾	75.93±0.25 ^{ab}	72.89±0.40 ^b	77.05±0.78 ^a
BM	Protein content	99.94±0.16	92.34±0.36	90.53±0.49
	Protein digestibility	72.63±1.21	77.62±0.07	84.84±0.16
	Digestible protein content	72.59±0.11 ^b	71.67±0.28 ^b	76.80±0.42 ^a

(김 등, 1998)

* Co. 80: Ground feather with colloid miller 80 mesh

BM: Ground featherwith ball mill

¹⁾ Digestible protein content: Protein content×Protein digest

^{abc} Means with the same letters in the row are not significantly different at 5% level

IV. 국내이용 동물성단백질 사료원에 대한 영양학적 특성

생산성의 향상과 합리적인 사료의 배합을 위해서는 동물성 단백질 사료원의 양과 이용 효율을 파악하는 것이 대단히 중요하다고 할 수 있다. 특히 국내에서 이용되는 동물성 단백질 사료자원의 정확한 자료의 확보 및 소화율에 대한 체계적인 조사가 요구되는 실정이다. 전체적으로 국내산 동물성 단백질 사료는 국외에서 수입하는 사료원에 비하여 단백질 및 아미노산 조성이 낮은 편이다 (표 4). 동물성 단백질 함량은 우모분, 혈분, 혈장단백질 등은 75~85%로 상당히 높으며, 어분은 50~67%로 비교적 높은 단백질 함량을 지니고 있다. 국산어분의 98년도 분석치에 의하며 국산어분의 단백질 함량은 53%인데 반하여 국외산 어분의 단백질 함량은 64~67%이었다. 반면에 조지방 함량은 13%로 국외산 어분에 비하여 높은 수치를 보였다. 국내산 육분의 단백질 함량은 60%로 조사되었고, 육골분의 단백질 함량은 42%로서 미국산의 50%에 비해 약간 낮은 편이었으나 Ca 함량은 15%로 비교적 높은 수치를 나타냈다. 동물성 단백질원의 최대 급여수준은 여러 요인에 의해 결정된다. 닭과 돼지의 초기사료로 충분한 단백질 공급원으로 이용이 가능한 반면, 육골분은 칼슘과 인의 함량에 의한 기호성이 떨어지는 원인이 되기도 하며 아미노산의 불균형과 낮은 소화율로 우모분의 사용에 제한이 된다 (표 5). 코넬대학에서는 Holstein 비육시에 동물성단백질을 혼합하여 사용할 것을 제안하였는데, CNCPS(Cornell Net Carbohydrate and Protein System)는 육골분, 어분, 가수분해우모분, 혈분의 혼합비율을 39:23:19:19 (corn-based diet)를 권장하였다. 이는 각 동물성단백질의 다양한 아미노산 조성과 반추위내 단백질 소화율에 기초로 하여 보다 효율적인 질소이용율을 얻고자 함이다. Knaus 등(1998)은 비육 후기의 Holstein 수소를 사용한 혼합 동물성단백질의 UIP 수준을 전체 사료내에 2.5%(어분 0.5%, 가수분해우모분 0.5%, 육골분 1%, 혈분 0.5%), 5.2%(육골분 2%, 어분 1.2%, 가수분해우모분 1%, 혈분 1%), 7.8%(육골분 3%, 어분 1.8%, 가수분해우모분 1.5%, 혈분 1.5%)를 급여하였을 때 이용율을 조사하였다 (표 6). 일당증체량은 옥수수 급여구에 비하여 2.5%, 5.2%, 7.8%에서 770g, 1,303g, 1,078g, 1,315g으로 증체효과를 가져왔다. 이는 소장내 아미노산 소실율이 단지 단일 비분해 단백질원료를 급여할 때보다 혼합 단백질의 공급이 더욱 효과적이며, 적당한 동물성 혼합 단백질의 급여는 질소이용율의 개선과 면역증진효과를 기대할 수가 있다. 동물성단백질 각 원료별 영양학적 특성은 다음과 같다.

〈표 4〉 국내·외산 동물성단백질 사료의 영양소 함량¹⁾

구 분	어 분			육 골 분		육 분	혈 분*	혈 장 단백질	우모분	가 금 부산물
	국 산	미 국	페 루	국 내	미 국	국 산		미 국		국 산
수분(%)	5.74	8.42	9.97	5.45	5.20	5.64	11.00	7.81	8.35	4.99
조단백질(%)	53.38	64.31	66.24	42.42	50.31	60.21	84.70	79.07	82.14	54.86
조지방(%)	13.21	11.25	8.65	11.78	9.12	13.18	0.40	0.14	4.75	12.94
조섬유(%)							1.00		0.79	
조회분(%)	19.78	17.01	16.9		30.96	25.80	3.40	8.37	1.95	24.11
Ca(%)	6.21	2.55	4.83	14.99	10.53		0.05		0.28	
P(%)	3.12	2.12	2.86	5.58	4.98		0.18		0.25	

아미노산조성 (%)

Aspartate	4.44	5.90	5.94	2.94	3.57	4.42	9.96	8.26	5.67	4.26
Threonine	2.06	2.80	2.93	1.24	1.53	1.92	2.66	5.38	3.46	2.32
Serine	2.16	2.57	2.68	1.64	1.86	2.27	3.72	5.18	7.63	2.96
Glutamate	6.37	8.70	8.37	4.75	5.83	7.3	6.92	11.26	9.16	7.17
Glycine	4.47	4.73	3.95	6.41	7.03	8.88	4.05	2.88	3.69	4.32
Alanine	3.22	4.09	3.99	3.19	3.68	4.61	6.87	3.85	3.83	3.11
Valine	2.35	2.92	3.07	1.71	2.06	2.44	6.90	5.38	6.20	2.87
Isoleucine	1.92	2.40	2.45	1.07	1.27	1.56	0.27	2.36	3.85	2.09
Leucine	3.47	4.51	4.78	2.30	2.86	3.52	11.77	7.76	7.00	4.05
Tryptophan	1.52	1.88	2.09	0.84	1.04	1.30	1.67	3.85	1.97	1.61
Phenylalanine	1.93	2.38	2.55	1.40	1.65	1.99	5.50	3.99	3.92	2.22
Lysine	3.07	4.99	5.08	1.82	2.38	3.04	7.20	7.15	2.06	2.93
Histidine	1.08	1.46	1.84	0.76	0.91	1.14	6.16	2.32	0.94	0.91
Arginine	3.09	3.89	3.73	2.92	3.44	4.05	3.26	4.32	5.53	3.59
Cystein	0.43	0.48	0.63	0.35	0.38	0.39	0.81	2.41	4.26	0.95
Methionine	1.24	1.69	1.92	0.43	0.70	0.77	0.74	0.91	0.56	0.93

¹⁾ 1998년 한국사료협회 분석자료임

* 조성분 함량은 사료자원핸드북(1989) 자료임

<표 5> 동물성단백질 사료의 사료내 최대허용 함유량

사 료	육분과 육골분	우모분	혈 분	어 분 (지방 6%미만)	가금부산물
Poultry					
Chick	2.5-5	2	2		2-2.5
Grower	5	2	2		2-5
Layer	6	2	2	2	5
Breeder	5	2	2	4	0
Broiler starter	3-6	1	1	4	2-2.5
Ducker starter	5	2	2	4	2
Pig					
Weaner (20kg)	0-5	0	0	제한없음	0
Grower (-50kg)	2.5-5	0-1	0	12	0-2.5
Finisher (>50kg)	4-5	0-2	2.5	10	0-2.5
Sows	4-5	0-2	2.5		0-2.5
Ruminant					
Calf	0	0	0	(g head/day)	0
Dairy	2.5-5	2.5-5	2.5	750	2.5-5
Beef	5	2.5-5	2.5		2.5-5
Sheep (goat)	5	2.5-5	2.5		0-5

<표 6> 국내 이용단백질 사료의 단백질 분해율

사 료 원	Fraction rate			
	A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾	K _{dB} ⁴⁾
어 분 (상)	14.30 ± 4.11	36.35 ± 13.21	49.35 ± 5.78	0.034
어 분 (중)	33.90 ± 2.13	31.95 ± 3.95	34.15 ± 2.77	0.033
육 분	63.66 ± 3.66	21.00 ± 5.93	15.34 ± 3.58	0.046
육 골 분	29.47 ± 1.76	34.71 ± 2.53	35.82 ± 0.78	0.057
대 두 박	18.00 ± 9.96	81.19 ± 10.57	0.81 ± 0.92	0.099
면 실 박	12.27 ± 1.34	82.99 ± 2.09	4.74 ± 0.97	0.045
옥 글 루 텐 밀	16.97 ± 5.32	38.87 ± 9.67	44.66 ± 4.73	0.028
밀 배 아 분	14.81 ± 3.12	20.44 ± 9.93	1.18 ± 0.20	0.053
임 자 박	7.46 ± 3.08	52.18 ± 3.24	40.36 ± 3.14	0.040
채 종 박	45.25 ± 7.51	47.01 ± 7.05	0.81 ± 0.92	0.078

(윤 등, 1990)

¹⁾ A fraction : 즉시 분해되어지는 부분

²⁾ B fraction : 서서히 분해되는 부분

³⁾ C fraction : 1위에서 분해되지 않은 부분

⁴⁾ K_{dB}: degradatation rate constant/h

1. 어 분

어분은 식물성단백질에 비하여 상대적으로 단백질 및 아미노산 함량이 우수한 편이다.

국내산 어분과 국외산 어분의 브로일러에 대한 품질 비교시험에서 국내산 어분의 단백질 함량이 56%로서 외산어분의 60~67% 보다 낮았고, 수분 함량은 국내산 어분은 19%, 국외산 어분은 9% 정도 함유하고 있어서 국내산 어분의 저장과 품질이 떨어지는 것으로 알려져 있다(한 등, 1971). 브로일러의 증체량은 두 종류의 어분간에 차이가 없었으나 국내산 어분을 과다급여시 식염중독현상이 일어난다고 하였다. 국내산 어분의 아미노산 조성은 어류에 따라 각각의 차이가 있었으나 어두, 왕멸치, 중멸치, 뒤포리, 망둥어, 멸치대 가리, 잡어, 도루묵 등 10여종의 국내산 어류의 일반조성과 아미노산을 분석한 결과 조단백질 및 아미노산 조성이 전반적으로 국외의 어류에 비하여 떨어지는 경향을 나타냈다(이 등, 1974). 장과 여(1981)의 연구에 따르면 국내산 어분중에서 정어리 어분의 조단백질, 칼슘, 인의 함량은 63%로 외국의 분석치와 유사한 결과를 나타냈다. 어종간의 필수 아미노산 이용율은 멸치, 정어리, 쥐치부산물, 청어, 명태 부산물 순으로 95%, 93%, 93%, 91%, 91%의 이용율을 보여 국내산 어분의 평균 아미노산 이용율은 국제적 수준과 비슷하거나 약간 낮았다고 보고하였다(김, 1984). 국외산 어분을 대체한 시험에서 국내산 어분을 30%, 50%, 70%를 대체한 결과 일반적으로 국내산 어분의 사료가치는 국외산 어분의 사료가치와 유사하였다. 양계사료로서 어분의 이용한도는 닭고기의 질, 닭고기나 계란의 어취 문제로 인하여 약 10% 정도 또는 그 이하를 사용하는 것이 좋은 것으로 보고 있다. 돼지사료로서 질이 좋은 어분의 이용은 5% 이상을 급여시 풍미를 손상시킬 위험이 있으며 어분에 평균이상의 지방이 함유되어 있을 경우 더욱 심하다고 하였으나, 양질의 어분은 10%까지 사용해도 무방한 것으로 알려져 있다(Vestal, 1945). 반추동물에 어분의 사용은 고능력비육우와 비유량이 높은 젖소의 bypass 단백질 공급원으로 기대가 되는 사료원이다. 국내에 이용하고 있는 어분의 반추위내 분해율을 알아보기 위하여 누관이 장착된 면양에 nylon bag을 이용한 단백질 분해율을 조사한 바에 의하면 어분(중)은 반추위내에서 즉시 분해되는 가용성단백질 분해율은 33.9%, 서서히 분해되는 단백질 분해율은 31%, 제 1위에서 분해되지 않고 분해되지 않은 부분은 34%로 평가되었다(윤 등, 1990). 또한

어분(상)은 가용성단백질 분해율이 14%, 천천히 분해되는 단백질은 36%, 분해되지 않은 단백질은 49%로 평가되었다 (표 7). NRC는 젖소의 bypass 단백질 함량을 전체 단백질의 34 ~36%를 권장하고 있다. 오하이오 대학에서는 사료를 배합할 때 bypass 단백질 요구량을 충족시킬 수 있는 사료원으로 혈분의 사용이 옥수수 사일리지 등의 lysine 함량이 낮은 사료에 첨가하면 좋은 결과를 얻을 수 있다고 하였다. 젖소 사료내 어분의 첨가량은 전체 사료내에 1~3.5% 수준을 권장하고 있으며, TMR 사료에 3~4%를 첨가하였을 때 어분을 첨가하지 않은 사료와 유사한 사료섭취량을 나타냈다. 또한 어분 첨가에 따른 우유 생산량은 비유 4~6주동안에 우유생산량, 유단백질의 증가를 가져왔다고 하였다.

<표 7> 동물성단백질의 급여에 따른 소화율 및 질소 대사에 미치는 영향

항 목	UIP (%)			
	0	2.5%	5.2%	7.8
No. of animals	4	4	4	4
일당증체량 (g/d)	770	1,303	1,078	1,315
사료섭취량 (kg of DM/d)	6.40	6.42	6.43	6.42
Apparent digestibility				
Dry matter	75.3	76.2	77.2	77.8
Nitrogen	63.8	65.8	70.7	71.5
N intake (g/d)	114.2	127.5	141.4	151.4
Fecal N (g/d)	41.4	43.6	41.5	45.1
Urine N (g/d)	53.7	53.5	66.7	67.2
N retention (g/d)	19.6	30.5	33.3	38.3
IGF-I (ng/mL)	491.4	557.9	623.7	508.7

(Knaus 등, 1998)

2. 육분 및 육골분

국내에서 육분이나 육골분은 단백질 사료원으로 사용하는 연구는 매우 드물다. 그러나

외국의 시험결과 가금에는 5~20%까지 배합하여도 무방한 것으로 큰 영향을 미치지 않은 것으로 알려져 있으며 돼지의 사료원으로 트립토판, 라이산 및 메치오닌을 고려하여 사용하여야 한다. 이는 육분내 라이신이 높으나 상대적으로 트립토판은 낮다. 더욱이 트립토판의 생체이용율은 매우 낮아 사료로 급여할 경우 고려해야 할 부분이다. 그러나 육성돈 사료내 합성 트립토판이 첨가될 경우 많은 양의 육분을 사용하고 모든 사료의 경우 단백질 공급량의 1/3까지 첨가가 가능할 수도 있다. 반추동물 중에서 젖소에 대하여는 육분과 같은 동물성단백질은 보통 사용하지 않으나 싼값으로 공급받을 경우에 대체하여 사용한다. Bypass 단백질로서 혈분, 육분, 육골분 등은 대두박보다 비분해 단백질의 이용성이 높다(Krause와 Klopfenstein, 1978).

3. 혈 분

혈분은 동물성단백질 사료원중에서 단백질 함량이 80% 이상으로 단백질 함량이 가장 높으나 질적으로 타 동물성단백질보다 가치가 떨어지는 단점이 있다. 가금 사료원으로서 혈분의 최대 사용량은 사료내 30~60 g kg⁻¹으로 제한하였으며 그 주된 이유는 기호성과 성장률 저하에 원인을 두었다. 사용초기의 혈분은 건조가공법이 발달되지 않아 기호성이 좋지않고 lysine 이용성이 낮아 돼지에는 미량 사용되어 왔으나 점차 가공기술의 발달로 혈분의 이용율이 증가하였다. 특히 lysine 이용성이 낮아 2~3% 정도로 사용이 제한되었으나 6%까지는 대두박과 유사한 일당증체량과 사료요구율을 나타냈다고 하였다(Wahlstrom 과 Libal, 1977).

최근 DonKon 등(1999)는 육계시험에서 어분과 ground nut cake 대신에 SDBM(solar dried blood meal)을 사료내 25, 50, 75 g kg⁻¹을 첨가하였을 때 50g, 75g 급여구의 증체량 및 사료효율이 개선이 되었고, 도체율은 어분 첨가구와 유사한 결과를 얻었다 (표 8). 이는 혈분가공시 열에 의한 아미노산(lysine, leucine) 이용율과 소화율의 감소를 막기 위해 solar dryer를 사용하여 35~50℃에서 건조시켜서 건조과정중에 오는 단점을 보완한 것으로 보인다.

<표 8> 육계에 SDBM(solar-dried blood meal)의 급여 효과*

항 목	SDBM 수준(g kg ⁻¹)			
	0	25 %	50 %	75
Feed intake (kg)	3.76	3.72	3.76	3.74
Protein intake (kg)	0.81	0.82	0.83	0.82
ME intake (MJ)	43.50	43.08	43.35	43.09
Weight gain (kg)	1.79	1.78	1.84	1.82
Feed conversion ratio	2.10	2.09	2.04	2.05
Mortality(%)	0.83	0.83	1.67	0.83
Carcass yield	0.79	0.81	0.79	0.79
Red blood cell count (millions m ⁻³)	2.47	2.40	2.44	2.46
Haemoglobin(g 100ml ⁻¹)	13.80	13.40	13.70	13.80
Haematocrit(%)	33.90	33.80	33.90	33.90
Total plasma protein(g 100ml ⁻¹)	4.62	4.68	4.60	4.64

(Donkon 등, 1999)

* Estimated at 4 and 6 weeks of age and the mean calculated

또한 혈액내의 혈장을 분리하여 건조시킨 혈장단백질은 lysine, tryptophan 및 threonine의 함량이 높으며 기호성과 소화율이 좋으며 면역항체의 공급원으로 관심을 증가하고 있다. 국내에서 혈장단백질을 이용한 연구보고에서 혈장단백의 사용수준이 높을수록 사양성적이 좋은 경향을 보였으며, 특히 조기이유자돈에게 유익한 효과를 보이는 것은 면역성분과 albumin 성분이라고 하였다(김 등, 1996). 특히 초기 이유자돈기간인 0~14일 기간에 효과적인 단백질원으로 이용이 가능하며 사료섭취량의 증가에 따른 일당증체량의 증가를 가져온다. Bergstrom 등(1997)은 초기 이유자돈에 옥수수과 대두박을 대신하여 혈장단백질(2.5%)과 menhaden 어분(2.5%, 5%)을 급여하였을 때 증체량, 사료섭취량을 연구한 결과에서 혈장단백질과 어분을 급여한 실험구가 급여하지 않은 대조구에 비해 일당증체량의 개선을 가져왔다. 특히 혈장 단백질과 어분을 함께 급여한 구에서 유의한 증가를 가져왔다(표 9). 동물의 혈장은 여러 연구결과와 같이 우수한 단백질원이지만 상대적으로 가격

이 비싼 단점이 있다. 따라서 사료에 배합할 경우 적절한 배합비율과 비용을 고려해야 할 것이다.

〈표 9〉 Spray-dried plasma와 menhaden 어분의 조기이유자돈에 첨가 효과

Item	Plasma (%)	0			2.5		
	Fish meal (%)	0	2.5	5	0	2.5	5
Day 7 to 14							
ADG (g)		246	235	218	255	274	257
ADFI (g)		333	309	301	333	309	324
Gain:feed		.74	.76	.72	.77	.88	.80
Day 14 to 21							
ADG (g)		338	355	359	359	342	328
ADFI (g)		432	439	463	436	429	459
Gain:feed		.79	.81	.78	.83	.79	.73
Day 7 to 21							
ADG (g)		294	297	291	311	310	294
ADFI (g)		385	377	385	387	372	394
Gain:feed		.77	.79	.76	.81	.83	.76
Day 21 to 28							
ADG (g)		421	401	409	410	435	411
ADFI (g)		681	665	680	633	663	688
Gain:feed		.62	.61	.60	.67	.65	.60
Day 0 to 28							
ADG (g)		292	285	283	295	305	291
ADFI (g)		414	402	407	400	401	419
Gain:feed		.71	.71	.70	.74	.76	.70

(Bergstrom 등, 1997)

4. 우모분

국내에서 우모분을 이용한 연구는 다양하게 이루어졌다. 브로일러 병아리에 대한 우모분의 사료가치를 알아보기 위하여 임자박과 대두박을 대치하여 실시하였는데 2%와 4%를 대치해도 임자박에서 비슷한 증체효과를 가져왔으나 대두박에서는 6%의 체중감소를 나타내었다(지와 김, 1971). 또한 어분과 옥수수전분의 일부대용으로 8%의 우모분을 급여했으나 성장에는 별다른 차이를 나타내지 않았으며 16% 첨가시에는 성장률이 크게 떨어졌다고 하였다. 그러나 lysine과 methionine를 보충 급여하면 이런 현상이 없어졌다고 하였다(이, 1972).

돼지사료에서의 우모분의 사용은 보다 세심한 주의가 요구된다. 그 주된 이유로는 대두박에 비하여 우모분은 상대적으로 낮은 lysine 수준과 소화율과 영양소 조성의 변이가 심하기 때문이다. 따라서 우모분과 가금에서 나오는 혈액을 함께 가공하는 경우가 있다. 이때 우모분은 갈색으로 나타나는데 lysine 수준이 우모분에 비교하여 높다. 단백질 함량이 83.3%, 지방 2.9%, 회분 4.4%, Ca 0.22, P 0.70%가 함유된 우모분을 전체 질소 함량의 0%, 6%, 12%를 우모분으로 대치한 시험에서 초기 체중이 23kg 인 돼지의 증체량, 사료 전환율, 도체율 등을 조사하였다. 이 시험에서 6% 대치한 돼지의 경우 대조구에 큰 차이를 보이지 않았으나 12% 대치한 급여구에서는 전체적으로 성장률, 사료전환율, 도체깊이 등의 감소를 가져왔다(표 10). 젖소에서의 우모분은 식물성단백질 사료 대신에 5~10%까지 급여하더라도 약간의 적응기간을 거친 후 사료섭취량과 비유량에는 큰 변화가 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 적응기간이 없이 사료를 변경하면 사료섭취량이 현저하게 감소하므로 주의할 필요가 있다.

우모분이 bypass 단백질로 유용하게 사용할 수 있는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. Waltz 등(1989)은 누관이 장착된 젖소를 가지고 대두박, 혈분, 우모분, 우모분과 혈분혼합물(1:1)을 사용하여 반추위내 분해율과 아미노산을 조사하였다. 이 시험에서 대두박, 혈분, 우모분, 혈분-우모분혼합물의 반추위내 분해율은 53%, 43%, 32%, 37%이었으며, 대두박 급여구에 비해 암모니아 농도와 미생물 단백질 합성효율이 낮았다. 또한 전체 질소 소화율

〈표 10〉 우모분을 이용한 돼지의 증체율 및 도체율

항 목	전체 단백질중 우모분의 함량			
	대 조 구	25%	50%	% C.V
Number of pigs	11.00	11	11	11
Initial weight (kg)	23.11	23.60	23.45	1.06
Final weight (kg)	109.38	107.87	75.65	19.64
Average daily gain (kg)	0.56	0.54	0.339	20.07*
Dairy feed intake (kg)	1.67	1.73	1.30	15.74
Feed per kg of gain	2.97	3.16	4.17	16.95
Feed cost per kg gain	12.19	11.92	14.44	14.92
Dressing percentage	73.09	73.15	69.64	7.41
도체 length (cm)	82.45	83.74	76.30	3.33
등지방, thickness (cm)	3.23	3.15	3.18	20.19
지방비율, square (sq cm)	27.94	29.68	20.64	13.20
Iodine area, square (sq cm)	51.73	48.55	48.06	10.45
Liver weight (kg)	2.10	2.28	2.17	25.44
Kidney weight (kg)	0.31	0.30	0.19	31.91
Stomach weight (kg)	0.58	0.68	0.51	7.09

(Khajareem 등, 1989)

* $p < 0.05$

은 우모분이 63%로 대두박의 78.5%에 비해 적은 수치를 낮은 소화율을 나타내었다. 아미노산 소화율과 소장으로의 이전되는 양은 혈분-우모분 혼합물이 대두박에 비해 높게 나타난 반면, 우모분을 단독으로 급여할 경우 소장내의 가용성 아미노산 이용율이 감소한 것으로 보고되었다. 따라서 우모분을 단독으로 급여하기보다 혈분 또는 기타 단백질 원료와 같이 급여하는 것이 보다 효율적이다 (표 11).

<표 11> 젖소에서의 아미노산 소화 및 이전량

아미노산	사료내 단백질 ¹⁾ 중에서 50% 대치급여			
	대두박	혈분	우모분	혈분+우모분
전체 섭취량 (g/day)	2,481	2,205	2,475	2,552
필수 아미노산*	1,005	1,032	1,003	1,149
비필수 아미노산**	2,131	2,097	2,642	2,524
Flow to duodenum (g/day)	2,131	2,097	2,642	2,524
EAA to duodenum (g/day)	994	1,020	1,161	1,162
NEAA to duodenum (g/day)	1,136	1,077	1,480	1,362
Flow to ileum (g/day)	543	450	915	651
EAA to ileum (g/day)	241	199	353	264
NEAA to ileum (g/day)	302	250	561	386
Small intestine absorption (g/day)	1,588	1,647	1,727	1,873
Small intestine EAA absorption (g/day)	753	820	808	898
Small intestine NEAA absorption (g/day)	834	826	919	975
Absorption in small intestine (%)	74.5	78.5	65.4	74.2
EAA absorption in small intestine (%)	75.7	80.5	66.6	77.2
NEAA absorption in small intestine (%)	73.4	76.7	62.1	71.6

¹⁾ 50% grain mix, 40% cornsilage, 10% alfalfa pellets on a DM basis.

* Essential amino acids include lysine, histidine, arginine, valine, methionine, isoleucine, leucine, and phenylalanine.

** Nonessential amino acids include aspartic acid, serine, proline, glutamine, glycine, alanine, cysteine and tyrosine.

V. 결 론

급격히 증가하고 있는 동물성 식품 생산 및 어류의 소비는 동물성 사료원료의 지속적인 증가를 예측할 수 있다. 더불어 고도로 정밀한 사료가공 기술의 발달은 단백질의 파괴

를 막고 안정적인 단백질 급여원으로서의 동물성 사료 원료의 이용이 가능하게 되었다. 도축장에서 버려지는 혈액에서 얻어지는 면역성분의 추출방법이 개발되었으며, 반추위내에서 분해를 막기 위해 보호단백질의 생산은 이들 사료원의 이용성을 증가시키는 요인이 되기도 하였다.

그러나 동물성사료 단백질의 가치는 여러 요인에 의해 영향을 받을 수 있다. 어분은 계절적인 영향을 크게 받을 뿐만 아니라 수송과 저장에 변패에 따른 품질의 저하를 가져올 수 있다. 혈분, 우모분 등은 아미노산의 균형이 맞지않기 때문에 영양학적 보충이 필요하며 원료의 수집과 가공처리에 아직도 어려운 점이 남아 있다. 또한 가금 부산물, 육분과 육골분은 살모넬라와 같은 미생물의 오염에 대한 위생적인 처리는 고려해야 할 부분이다.

한편 국내의 사료산업에 이용되는 동물성단백질의 배합 및 이용이 대부분 외국자료에 의존하는 실정에서 체계적인 보완작업이 요구된다.

VI. 참고 문헌

1. Bergstrom, J. R., J. L. Nelssen, M. D. Tokach, R. D. Goodband, S. S. dritz and W. B. Nessmith. 1997. Evaluation of spray-dried animal plasma and select Menhaden fish meal in transition diets of pigs weaned at 12 to 14 days of age and reared in different production systems. *J. Anim. Sci.* 75:3004-3009.
2. Donkoh, A., C. C. Atuahence, D. M. Anang and S. K. Ofori. 1990. Chemical composition of solar-dried blood meal and its effect on performance of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 81:299-307.
3. F.A.O. 1986. The production of Fish meal and Oil. fisheries Technical Paper. 142. Food and Agricultural Organisation, Rome, 63. pp.
4. Gatnau, R., P. S. Paul and D. R. Zimmerman. 1989. Spray dried pocine plasma as a source of immunoglobulins for new born piglet. *J. Anim. Sci. (Supple. 1)* 68:374 (Abstr.).

5. Hansen, J. A., J. L. Nelssen, R. D. Goodband and T. L. Weeden. 1993. Evaluation of animal protein supplements in diets of early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 71:1853.
6. Khajareem, S. 1989. The utilization of hydrolyed feather meal as a protein source in pig and poultry rations. Dept. of Animal Science, Khon Kaen University. Thailand.
7. Knus, W. F., D. H. Beermann, T. F. Robinson, D. G. Fox and K. D. Finnerty. 1998. Effects of a dietary mixture of meat and bone meal, feather meal, blood meal, and fish meal on nitrogen utilization in finishing Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 76:1481-1487.
8. Krause, V. and T. Klopfenstein. 1978. *In vitro* studies of dried alfalfa and complementary effects of dehydrated alfalfa and urea in ruminant rations. *J. Anim. Sci.* 46:499.
9. Miller, E. L. and F. De Boer. 1988. By-products of animal origin. *Livestock production science*, 19:159-196.
10. Vastal, C. M., C. L. Shrewsbury, R. Jordan and O. Milligan. 1945. The influence of fish meal and fish oil on the flavor of pork. *J. Anim. Sci.* 4:1012-1016.
11. Wahlstrom, R. C. and G. W. Libal. 1977. Dried blood meal as a protein source in diets for growing finishing swine. *J. Anim. Sci.* 44:778-783.
12. Waltz, D. M. 1989. Effect of ruminal protein degradation of blood meal and feather meal on the intestinal amino acid supply to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:1509-1518.
13. 김대진, 김영길, 김진성, 1984. 국내산 어분의 종류별 아미노산 이용율에 관한 연구. *가금학회지* 11(1):131-137
14. 김대환, 엄재상, 남두석, 백인기. 1996. 자돈에 있어서 혈장단백대용제(Propline[®])의 급여 효과. *한축지* 38(4):375-382.
15. 윤철석, 김덕영, 이남형. 1990. *In Situ* 방법에 의한 국내이용 단백질 사료원에 대한 단백질 분해율에 관한 조사. *한축지* 32(5):264-270.

-
16. 이규호, 김덕교. 1974. 국내산 어류의 사료적 가치에 관한 시험. 한축지 16(4):324-329.
 17. 이영철. 1972. 우모분사료가 부로일러 증체에 미치는 영향. 한축지 14(1):36-40.
 18. 장윤환, 여영수. 1981. 우리나라 연안의 계절별 어분 생산량과 품질에 관한 연구. 농촌진흥청. 산학협동. 81-86.
 19. 지규만, 김춘수. 1971. 우모분의 사료적 가치에 관한 연구. 한축지 13(1):49-52
 20. 한인규, 이남형. 1971. 국산어분과 외산어분의 브러일러에 대한 사료가치 비교시험. 한축지 13(1):56-60
 21. 한인규. 사료자원핸드북. 1989. 한국사료협회