

# 살모넬라 LPS를 주입한 육계 병아리의 생산성과 질소밸런스 및 대사에너지 이용성에 미치는 사료 중 크릴 밀의 영향

임진택 · 김재환 · 박인경 · 고태송

건국대학교 축산대학 동물생명과학부

## Effect of *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide Injection on the Performance, Nitrogen Balance and ME Utilization of Dietary Krill Meal in Broiler Chicks

J. T. Im, J. H. Kim, I. K. Park and T. S. Koh

Department of Animal Life Sciences, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

### ABSTRACT

Effects of *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide(LPS) and dietary krill meal on the Growth and feed utilization were investigated in broiler chicks. Eight cages of five newly hatched chicks each were assigned and fed to one of the experimental diets containing 0.0,(basal) 0.5 or 1.0% krill meal during 3 weeks of experimental period. And half(four) of the eight cages were i.p. injected with saline or LPS(Immune response activation) every alternate day three times beginning 8 day-old during 2 week of age. Dietary krill meal did not affect growth, feed efficiency, nitrogen balance(NB), uric acid excretion, and ME utilization when the saline was injected. However, the immune response activation lowered daily gain and feed intake and NB and increased uric acid excretion, and the relative liver and spleen weight. Also, birds fed diet containing krill meal 1.0% reduced the feed efficiency and increased spleen weight, and ME and NB or ME required for gain compared with those fed basal and krill meal 0.5% diets in LPS-injected chicks. During recovery period from the immunological stress in 3rd week of age, the krill meal diet reduced the weight of liver and spleen, The results showed that dietary krill meal did not affect the growth of broiler chicks, but the higher uric acid excretion or dietary ME value indicated the increased protein decomposition or absorption of dietary energy sources in immune response activated birds.

(Key words : Broiler, Lipopolysaccharide, LPS, Immune response, Krill meal, Nitrogen balance, Metabolizable energy, Uric acid)

### I 서 론

그램음성 세균의 세포 벽 구성 분인 LPS (Lipopolysaccharide)에 노출된 숙주에서는 Macrophage/monocyte가 자극받아 친 염증성 및 항염증성 홀몬과 사이토카인들을 분비하고 이들은 급성기 대사반응을 조절하고 열을 발생하는

면역반응을 진행시킨다(Abbas 등., 1997). 면역 반응이 활성화하면 체온 및 기초대사량을 증가시키고 따라서 에너지 이용량을 증가시킨다 (Dascombe 등., 1989). 가끔에 LPS 등 면역원을 주입하면 직장온도가 상승하고 성장율이 감소한다(Klasing 등., 1987). 기초 대사율은 면역 반응으로 증가한 체온 1℃ · 10 ~ 15% 증가한

Corresponding author : Koh, T. S., Department of Animal Life Sciences, College of Animal Husbandry Konkuk University, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea, Tel : 82-02-450-3698, Fax : 82-02-455-1044, E-mail : tskoh@konkuk.ac.kr

다(Beisel, 1977).

사료에 함유된 지방의 지방산 조성은 면역원의 자극에 대한 염증반응 정도에 영향을 미친다(German 등., 1988). 사료중 n-6에 대한 n-3가 불포화지방산(PUFA)의 비율이 높으면 염증반응으로 감소한 생산성을 완화하는 작용이 있다(Korver와 Klasing, 1997). 동물사료로 가공된 크릴(Antartic krill: *Euphausia superba*) 밀(Cripps와 Atkinson, 1999) 중의 지방은 PUFA 40%, eicosapentaenoic acid(EPA) 18.4% 그리고 Docosahexaenoic acid(DHA)를 11.1% 함유한다. 크릴 밀 중 지방산 조성이 면역반응에 미치는 영향을 조사하기 위하여 LPS로 면역반응을 자극한 육계 병아리에서 조사한 생산성은 크릴 밀(수입) 1.0% 사료를 급여하면 낮아졌다(고등, 2003). 성장중인 육계병아리에서 면역반응으로 유도된 스트레스는 에너지와 아미노산 요구량을 변화 시킨다(Klasing과 Barnes, 1988; Benson 등, 1993). 그러나 영양소의 양적 생산성을 설명하는 질소 밸런스와 에너지 밸런스에 미치는 면역반응의 영향에 관한 데이터는 없다. 따라서 본 연구는 육계 병아리에 LPS 면역 자극시 크릴 밀(국내생산) 사료의 단백질밸런스와 에너지밸런스를 조사하였다.

## II 재료 및 방법

### 1. 실험 재료, 공시동물 및 실험설계

실험사료는 Table 1에 표시된 기초사료(크릴 밀 0.0%)와 기초 사료중의 대두박과 각각 0.5% 및 1.0%의 크릴 밀(국내생산)을 대치한 세 종류이다. 크릴 밀은 수분 9.1, 조 단백질 60.0, 조지방 13.0 및 조회분이 12.1%이 함유되었으며, 조 지방 중에는 팔미친 산(C16:0) 44.5%, 스테아린산(C18:0) 2.8%, 올레인산(C18:1) 12.2%, 리놀산(C18:2) 2.4%, 아라키돈산(C20:4) 1.7%, EPA(C20:5) 18.9%, 그리고 DHA 8.8 %가 함유되었다. 한편 크릴 밀 0.5% 사료에는 C16:0 22.8 %, C18:0 4.9%, C18:1 16.2 %, C18:2 43.7%, C20:4 0.4%, C20:5 0.2%, C 22:6 0.2%가 함유되었다.

Table 1. Composition and chemical composition of basal diet<sup>1)</sup>

Ingredients	g/kg
Ground yellow corn (8.8 % Protein)	596
Soybean meal (48.5 % Protein)	355
DL-Methionine	2.5
Soybean oil	5.0
Choline HCl (50 %)	1.5
(Iodized) Salt	5.0
CaCO <sub>3</sub>	10.0
CaHPO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	20.0
Vitamin mix <sup>2)</sup>	2.5
Mineral mix <sup>3)</sup>	2.5
Total	1,000g
Chemical composition <sup>4)</sup>	%
Moisture	15.8
Crude protein	20.0
Crude fat	2.9
Crude ash	6.3
Gross Energy kcal/kg	3,769

<sup>1)</sup> NRC(1994).

<sup>2)</sup> Vitamin mix provided the following per kg diet vitamin K 0.55 mg, antioxidant 125 mg, vitamin E 10 IU, vitamin D<sub>3</sub> 400 IU, vitamin A 1,500IU, biotin 0.15 mg, folacin 0.55 mg, pyridoxine HCl 3 mg, niacin 25mg, Calcium panthothenate 10 mg, Riboflavin 3.6 mg, Thiamin HCl 1.8 mg.

<sup>3)</sup> Mineral mix provided the following per kg diet MnSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O 170 mg, ZnSO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O 110 mg, Ferric citrate 500 mg, CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O 16 mg, Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 0.2mg.

<sup>4)</sup> Analysed values.

갓 부화한 육계 병아리(Avian종) 120수를 사료 당 8우리씩, 한 우리당 5수씩 배분하여 24개 우리에서 3주간 온도가 조절되는 사육실에서 실험사료와 물을 자유로 섭취하도록 급여하여 사육하였다. 실험사육 두 번째주인 8일령부터 사료당 4개 우리의 병아리에 면역원인 멸균 LPS 염 용액을 병아리 1수당 3.0mL씩 매 2일마다 1회씩 복강 내 주입하여 3회에 걸쳐서 면역자극 하였다. 대조에는 같은 양의 멸균 식염수(Saline)을 복강 내에 주입하였다. 따라서 실험요인은 3 사료×2 면역원의 6개 요인에 요인당 4반복이다.

Table 2. Effect of LPS injection and dietary krill meal on daily gain, feed efficiency and relative liver and spleen weights in broiler chicks at two week-old<sup>1)</sup>

Diet krill meal	Gain		FI		FE		Liver		Spleen	
	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	LPS	LPS
%	g/b/d		g/b/d		Gain/FI		..... g/100g BW .....			
0.0	19.7	18.0	35.7	29.9*	0.552	0.602 <sup>a</sup>	3.36	4.61*	0.094	0.115 <sup>b</sup>
0.5	22.7	19.9*	36.7	31.7*	0.618	0.628 <sup>a</sup>	4.05	5.04*	0.109	0.116 <sup>b</sup>
1.0	21.1	16.2*	37.6	33.1*	0.561	0.489 <sup>b*</sup>	3.28	5.26*	0.074	0.173 <sup>a*</sup>
Pooled SEM	0.66		0.91		0.0180		0.260		0.00989	
P values										
Diet	0.14		0.43		0.05		0.62		0.66	
LPS	0.01		< 0.01		0.48		0.01		< 0.05	
Diet × LPS	0.53		0.94		0.54		0.67		0.09	

<sup>1)</sup> Values are mean of 4 replicates, a. SEM: standard error of mean, b. FI: Feed intake, c. FE: Feed efficiency; d. Saline: Saline-injected i.p. e. LPS: lipopolysaccharide(LPS)-injected i.p.

<sup>a-b</sup>: Means in a column with no common superscript and \*: means between Saline and LPS in a row differ significantly at  $P < 0.05$ .

## 2. 면역원

*Salmonella typhimurium* LPS를 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여, 식염수(9g/1,000mL) mL당 LPS 100µg 용액을 만들어 0.45µm filter로 여과 멸균하여 사용하였다.

## 3. 사육관리

실험 기간 중 1주일 간격으로 체중을 측정하고, 매일 24시간 간격으로 사료 급여량과 잔량을 기록하여 일당 사료 섭취량과 주 당 사료효율을 조사하였다. 면역자극 실험이 끝나는 14일령과 면역자극에서 회복 후 1주일간이 되는 3주령에 각 우리별로 무작위로 선발한 병아리 1수의 체중을 측정하고 적출한 비장과 간장의 무게를 측정하였다.

## 4. 분뇨혼합물 채취와 뇨산, 질소 및 연소열가의 측정

면역반응을 발생시킨 다음 날인 9일과 11일령에 각 우리 별로 일정시간에 분뇨혼합물을 채취하여 증류수 일정량과 함께 균질화 하였다. 각 우리의 균질화 된 분뇨혼합물 일정량을

각각 취하여 총질소 및 뇨산태 질소 함량을 잰 상태에서 즉시 측정하였다. 분뇨혼합물 중의 뇨산은 0.1M glycine 완충액(pH 9.8)으로 추출하고 20,000×g에서 원심분리 하였다. 상등액을 취하여 흡광도를 285nm에서(Marquardt, 1983) 측정하여 뇨산태 질소(UAN)을 정량 하였다. 사료와 분뇨혼합물중의 총 질소량은 켈텍 시스템으로 측정하였다. 균질화 한 분뇨혼합물을 일정량을 65℃ 절풍건조기에서 건조한 것과 사료의 연소열 가를 폭발열량계로 측정하였다.

## 5. 계산

총질소 섭취량(Nitrogen intake: NI)에서 분뇨혼합물 중(Excreta Nitrogen)의 N 량(Fecal: FN + urinary nitrogen: UN)을 빼어 사료 g당 질소벨런스(NB)를 계산하였다. NB는 체중 100 g 당 및 증체 g당 이용량을 계산하였다. 대사에너지(ME)는 섭취사료의 연소열가(ED)에서 분뇨혼합물의 연소열가(Fecal: FE + urinary energy: UE)를 빼서 사료 g 당 값으로 계산되었다. MEn은 NB g당 8.22kcal를 보정한 값(Hill과 Anderson, 1958) 이다. MEn은 사료 g 당 값과, 그리고 하루 일수 및 증체 100 g 당 MEn 이용량을 계산하였다.

6. 통계처리

실험 데이터는 면역원과 크릴 밀 급여의 2원 배치 분산분석을 SAS(SAS Institute, Cary, NC) 프로그램의 GLM 법으로 주효과 및 상호관계를 조사하였다. 주효과가 유의하면( $t < 0.05$ ), 평균값사이의 유의차는 SAS의 최소 유의차 값으로 검정하였고,  $t < 0.10$  값은 경향을 나타내는 것으로 하였다.

실험사료의 종류에 관계 없이 대조에 비해서 육계의 일당 증체량과 사료 섭취량을 유의하게 ( $t < 0.01$ ) 낮추었다. 사료효율은 대조에 비해서 크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 병아리에서 유의하게( $t < 0.05$ ) 낮았으나, 기초사료를 섭취한 것에서는 높아지는 경향이 있었다. 한편 크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 병아리의 사료효율은 기초사료와 크릴 밀 0.5% 사료를 급여한 것의 이들 값에 비해서 유의하게( $t < 0.05$ ) 낮았다.

III 결 과

1. 증체 및 사료효율

LPS를 주입하여 면역반응이 발생된(면역스트레스) 육계 병아리의 일당 증체량, 사료 섭취량 및 사료효율과 간장 및 비장 무게에 미치는 크릴 밀 사료의 영향을 Saline을 주입 한 대조 병아리의 이들 값과 비교하여 Table 3에 나타내었다. 면역반응이 발생하지 않은 병아리(대조)에서 크릴 밀 사료는 일당 증체량, 사료 섭취량 및 사료효율에 유의한 영향을 미치지 않았다.

그러나 LPS의 주입으로 발생한 면역반응은

2. 간장과 비장 무게

Table 3에는 면역반응중인 2주령 육계의 체중에 대한 간장과 비장 무게 비를 생산성과 함께 나타내었다. 면역반응은 대조에 비해서 간장( $t < 0.01$ )과 비장( $t < 0.02$ ) 무게를 실험사료의 종류에 관계없이 유의하게 높였다. 사료 중 크릴 밀 함량은 면역반응이나 대조에 관계없이 간장무게에 영향을 미치지 않았다. 그러나 비장 무게는 면역반응 시에 크릴 밀 1.0% 사료 급여로 기초사료 및 크릴 밀 0.5% 사료를 급여한 것보다 유의하게 높았으나, 대조에서는 실험사료의 영향이 없었다.

Table 3. Effect of LPS injection and dietary krill meal on the nitrogen balance and uric acid nitrogen level in excreta broiler chicks at two week of age<sup>1)</sup>

Diet krill meal	Nitrogen Balance						Uric Acid Nitrogen			
	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS
	mg/g diet		mg/100gBW		mg/g gain		UAN/NI %		UAN/FI mg/g	
0.0	22.3	18.5*	432	301*	40.3	30.4 <sup>b*</sup>	10.1	14.9*	3.2	4.8*
0.5	22.3	18.3*	395	371	36.4	29.4 <sup>b*</sup>	12.7	14.2	4.1	4.6
1.0	22.1	18.4*	423	326*	39.5	39.2 <sup>a</sup>	9.5	15.4*	3.1	5.0*
Pooled SEM	0.65		18.3		1.58		0.77		0.25	
P values										
Diet	0.99		0.93		0.21		0.79		0.78	
LPS	< 0.01		< 0.05		0.06		0.01		0.01	
Diet × LPS	0.99		0.45		0.40		0.39		0.39	

<sup>1)</sup> Values are mean of 4 replicates. a. SEM: Standard error of mean; b. Saline: Saline injected i.p.; c. LPS: Lipopolysaccharide injected i.p.; d. BW: Body weight; e. UAN: Uric acid nitrogen; f. NI: Nitrogen intake; g. FI: Feed intake  
<sup>a-b</sup>: Means in a column with no common superscript and \*: means between Saline and LPS in a row differ significantly at  $t < 0.05$ .

### 3. 면역반응시의 단백질 대사

면역 반응중인 육계의 단백질 대사에 미치는 크릴 밀 사료의 영향을 조사하기 위하여, 질소 밸런스(NB)와 노산 태질소(UAN) 배설량을 Table 3에 나타내었다. 대조에서 크릴 밀 사료는 NB와 UAN 배설량에 영향을 미치지 않았다. 한편 면역반응의 활성화는 실험사료의 종류에 관계없이 섭취사료(FI) 당 또는 체중 100g당 NB를 유의하게( $p < 0.05$ ) 낮추고, 섭취 질소(NI) 및 FI 당 UAN 배설량을 유의하게( $t < 0.01$ ) 높였다.

그러나, 면역반응중인 병아리의 증체 g 당 NB는 대조에 비해서 크릴 밀 1.0% 사료를 급여하면 차이가 유의하지 않았으나, 기초 및 크릴 밀 0.5% 사료에서는 유의하게 낮았다. 이때 크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 병아리의 증체 단위량(g) 당 NB는 기초사료나 크릴 밀 0.5% 사료를 급여한 것의 NB보다 유의하게( $t < 0.05$ ) 높았다. 그러나 크릴 밀 1.0% 사료와 기초사료를 급여한 병아리의 UAN/NI와 UAN/FI는 면역반응의 활성화로 대조의 이들 값보다 유의하게( $t < 0.05$ ) 높았다.

### 4. 에너지 이용성과 면역반응

면역반응이 진행중인 2주령 육계 병아리에서 크릴 밀 사료가 에너지 이용성에 미치는 영향을 Table 4에 정리하였다. 실험 사료는 대조 및 면역반응중인 병아리에서 사료 g당 외관상 대사에너지(ME)이나 질소 보정 대사에너지(MEn) 값에 유의한 영향을 미치지 않았다. 그러나 크릴 밀 0.5 및 1.0% 사료 그램 당 ME 및 MEn 값은 기초사료의 이들 값에 비해서, 대조에서는 낮아지는 경향을, 그리고 면역반응 중에는 높아지는 경향이 있었다.

한편 면역반응의 활성화는 크릴 밀 1.0% 사료의 그램당 MEn 값을 대조 병아리의 그 값보다 유의하게( $t < 0.05$ ) 높였다. 그리고 병아리의 일당 MEn 이용량을 대조에 비해서 유의하게( $t < 0.01$ ) 낮추었다. 또한 실험사료는 하루 일수당 MEn 이용량에 유의한 영향을 미치지 않았으나, 면역반응의 활성화는 사료중 크릴 밀 함량에 따라 MEn 이용량을 유의하게( $t < 0.05$ ) 높였다.

그리고 병아리 증체 100g당 MEn 이용량은 대조에서는 크릴 밀 사료의 급여로 기초사료를 급여한 것에 비해서 유의하게( $t < 0.05$ ) 낮아졌다. 한편, 면역반응이 진행중인 병아리에서는

Table 4. Effect of LPS injection and dietary krill meal on the energy utilization of diet in broiler chicks at week of age<sup>1)</sup>

Diet krill meal	ME		MEn		MEn		MEn/100g gain	
	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS
	kcal/kg		kcal/kg		kcal/b/d		kcal/100g Gain	
0.0	3131	3068	2948	2916	105.3	83.3 <sup>b</sup> *	534.5 <sup>a</sup>	459.3 <sup>b*</sup>
0.5	3093	3152	2910	3002	106.9	94.7 <sup>ab*</sup>	475.7 <sup>b</sup>	481.2 <sup>b</sup>
1.0	3057	3158	2875	3006*	108.2	99.4 <sup>a</sup>	514.0 <sup>ab</sup>	623.5 <sup>a*</sup>
Pooled SEM	23.9		22.5		2.7		14.4	
p values								
Diet	0.93		0.95		0.24		< 0.01	
LPS	0.53		0.21		< 0.01		0.51	
Diet × LPS	0.41		0.35		0.47		< 0.01	

<sup>1)</sup> Values are mean of 4 replicates. a. SEM: Standard error of mean; b. Saline: Saline injected i.p.; c. LPS: Lipopolysaccharide injected i.p.;

<sup>a-b</sup>: Means in a column with no common superscript and \*: means between Saline and LPS in a row differ significantly at  $t < 0.05$ .

크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 것의 증체 100g당 MEn 이용량은 기초 및 크릴 밀 0.5% 사료를 급여한 것에 비해서 유의하게( $P < 0.05$ ) 높았다. 그리고 면역 반응의 활성화는 대조에 비해서 크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 것의 증체 100 g 당 MEn 이용량은 유의하게 높고 기초사료를 급여한 것에서는 유의하게 낮았다.

5. LPS 면역반응 자극후의 보상반응

면역 자극후의 유계 병아리의 회복에 미치는 실험사료의 적응성을 관찰하기 위하여, 3주령 병아리의 생산성과 간장 및 비장무게에 미치는 크릴 밀 사료의 영향을 Table 5에 나타내었다. 증체량( $P < 0.05$ )과 사료효율은 면역자극이 없었던 대조 및 면역자극에서 회복중인 병아리에서 기초 및 크릴 밀 0.5% 사료를 급여한 것에 비해서 크릴 밀 1.0% 사료의 급여로 유의하게 낮았다. 그러나 면역자극이 없었던 대조병아리의 사료 섭취량은 실험사료 사이에 차이가 없었다. 3주령 대조병아리의 증체량과 사료효율에 미치는 크릴 밀 사료의 영향은 2주령의 병아리의 그것과 일치 하였다. 면역자극으로부터 회복중인 병아리에서는 대조에 비해서 성장 율은

유의차가 없었으나, 사료 섭취량은 유의하게 낮았고, 사료효율은 유의하게 높았다.

면역자극에서 회복중인 병아리에서, 간장과 비장 무게는 대조에 비해 유의하게 높았고, 크릴 밀 사료는 육계의 간장과 비장 무게를 기초사료를 급여한 것 보다 유의하게 낮추었다.

IV 고 찰

1. 면역반응시 성장율, 사료효율 및 간장과 비장 무게

본 연구에서 LPS를 복강내 주입하여 발생한 면역반응의 활성화는 병아리의 증체량과 사료 섭취량을 감소시켰다. 크릴 밀을 병아리에 급여한 고 등(2003)도 본 연구와 동일한 성적을 얻었다. 그리고 가금에서 염증과정의 모의 실험(Klasing등, 1987; Benson 등, 1993; Koh 등., 1996)에서도 LPS 주입은 본 연구와 같이 가금의 생산성을 감소시켰다. 면역반응은 일반적으로 사료 섭취량과 근육 단백질의 축적량을 감소시키며, 대사율, 급성기 단백질의 합성과 체중에 대한 장기의 비교적인 중량을 증가시킨다 (Klasing과 Korver, 1997; Roura 등, 1992).

Table 5. Effect of LPS injection at two week of age and dietary krill meal on the recovery of daily gain, feed efficiency and relative weight of liver and spleen in chicks at three week of age<sup>1)</sup>

Diet krill meal	Gain		Feed Intake		Feed Efficiency		Liver		Spleen	
	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS	Saline	LPS
%	g/b/d		g/b/d		Gain/FI		g/100g BW			
0.0	34.6	34.2 <sup>a</sup>	65.0	53.4 <sup>b*</sup>	0.528 <sup>ab</sup>	0.638 <sup>a*</sup>	2.80	4.10 <sup>a*</sup>	0.0716	0.144 <sup>a*</sup>
0.5	36.0	39.7 <sup>a</sup>	62.6	62.4 <sup>a</sup>	0.575 <sup>a</sup>	0.633 <sup>a*</sup>	2.86	3.03 <sup>b</sup>	0.0792	0.0943 <sup>b</sup>
1.0	31.7	28.4 <sup>b</sup>	67.1	53.4 <sup>b*</sup>	0.472 <sup>b</sup>	0.540 <sup>b*</sup>	2.70	3.17 <sup>b</sup>	0.100	0.105 <sup>b</sup>
Pooled SEM	1.29		1.64		0.017		0.16		0.0077	
p values										
Diet	0.05		0.61		< 0.05		0.26		0.45	
LPS	0.99		0.01		0.01		< 0.05		< 0.05	
Diet × LPS	0.51		0.12		0.72		0.26		0.12	

<sup>1)</sup> Values are mean of 4 replicates.

a. Saline : Saline-injected i.p.; b. LPS : LPS-injected i.p.; c. FI : Feed intake; d. BW : Body weight.

<sup>a-b</sup> : Means in a column with no common superscript and \* : means between Saline and LPS in a row differ significantly at  $P < 0.05$ .

면역반응은 Roura 등(1992)과 Koh 등(2001)의 연구와 동일하게, 본 연구에서 간장과 비장 무게를 무겁게 하였으며, 크릴 밀을 사용한 고 등(2003)의 실험 성적도 이와 비슷하였다. 면역 반응의 활성화로 급성기 반응이 발생하면 간장에서는 급성기 단백질 합성을 위한 영양소 이용성이 높아지고, 비장에서는 면역세포의 클론 증식이 증가하여 각각 그 무게가 무거워진다(Klasing, 1998).

한편 면역 반응시에 크릴 밀 1.0% 사료는 다른 사료에 비하여 성장율과 사료효율을 낮추고, 간장 및 비장무게는 높였다. 고 등(2003)의 실험에서도 이러한 현상이 관찰되었다. 면역 반응은 사이토카인과 홀몬 분비상을 변화시킨 Klasing과 Johnstone, 1991). 따라서 크릴 밀 사료중의 어떤 물질이 성장율 감소와 간장과 비장무게 증가와 관계된 사이토카인의 분비에 영향을 미치는 것 같다. 그러나 크릴 밀 사료중의 이러한 원인물질이 직접 조사되지 않았다.

## 2. 면역 반응시 단백질 대사와 크릴 밀

면역반응은 대사율을 증가시키고 근육 단백질의 축적량을 감소 시킨다(Klasing과 Korver, 1997; Roura 등, 1992).

본 연구에서 면역반응시의 낮은 질소 밸런스(NB)(Table 3)는 단백질 축적량의 감소를 그리고 높은 노산테 질소(UAN) 배설량은 체내 단백질의 분해 증가를 나타낸다. 가금에서 단백질대사의 최종 대사물은 노산이 대부분이므로, 측정된 UAN은 체내 단백질의 분해량을 나타내는 지표이다. 따라서 배설물중의 높은 노산 함량은 체내 단백질의 분해량이 많다는 것을 나타낸다. 가금은 분과 뇨가 혼합물로 배설하므로 뇨 질소(UN)를 분리하기가 쉽지 않다. 따라서 배설물중의 노산 함량에 관한 정보는 흡수된 단백질의 분해량과 분 중 배설 질소(FN)를 고찰 할 수 있게 한다.

면역 반응시의 체중당 낮은 NB값과 노중 높은 UAN 배설량은 높은 체내 단백질의 분해율의 상승을 의미하며, 이것은 체중 유지에 단백

질 필요량을 높인다는 것을 나타낸다. 면역 반응시 크릴 밀 1.0% 사료는 병아리 단위 증체당 NB를 다른 사료보다 높였다. 이것은 단위 증체당 단백질 이용량이 많아진다는 것을 나타낸다. NB는 질소 섭취량(NI)에서 분 질소(FN)와 뇨 질소(UN)를 뺀 값이다. UAN은 UN을 대표(Koh 등, 1994)하고 면역 반응시 섭취 단백질(NI) 당 또는 섭취 사료 g당 UAN 배설량은 실험사료 사이에 유의차가 없었다. UN은 실험사료 사이에 비슷하므로 크릴 밀 1.0% 사료를 급여한 육계에서 단위 증체당 높아진 NB는 다른 실험사료보다 FN가 낮아진 것으로, 높은 NB는 FN이 감소한 결과이며 단백질 흡수량이 증가한 결과이다.

면역원에 대한 면역반응은 임파구의 클론 증식, 임파조직에서의 친화성이 높은 면역항체를 생산하기 위한 배반의 합성, 항체나 슈퍼 옥사이드 또는 산화질소 등의 작동 분자를 만들기 위하여 단백질이 필요하다(Klasing, 1998). 면역 반응시에 요구되는 단백질을 공급하기 위하여 장 세포에서의 아미노산 흡수를 높이는 메커니즘(Klasing과 Calvert, 2000)이 발표되었다. 본 연구의 면역반응시에 크릴 밀 1.0% 사료를 급여하면 단위 증체당 당의 단백질 흡수량 증가와 관계되는 어떤 메커니즘이 작동하고 있다는 것을 나타낸다. 따라서 크릴 밀 1.0% 사료를 급여했을 때 단백질의 흡수량의 증가가 유의하게 달라지는 원인에 관한 연구는 앞으로의 과제중 하나가 될 것이다.

## 3. 면역 반응시 에너지 대사와 크릴 밀

본 연구에서 면역반응은 대조의 값들에 비해서 사료 g당 ME값과 증체당 당 MEn 이용량을 기초사료에서 낮추고, 크릴 밀 사료에서는 높였다(Table 4). 면역반응은 체 단백질의 분해를 높이고(Klasing과 Austic, 1984, Jepson 등., 1986), 사료의 아미노산을 에너지원으로 사용 하며(Klasing, 등., 1987), 에너지 이용성의 증가로 기초대사량이 높아진다(Dascombe 등., 1989, Flores 등., 1989). 이와 같이 면역반응시의 에너지 이용성 증가는 본 연구에서 면역 반응시에 실제

측정된 크릴 밀 사료 급여시의 육계의 에너지 이용성 증가와 같다고 생각되었다. 그러나, 기초사료 급여시의 에너지 이용성은 낮아져서 상기 보고들과 달랐다. 본 연구는 실제로 에너지 밸런스를 측정하는 것이나, 상기 성적들 (Klasing, 등., 1987; Dascombe 등., 1989, Flores 등, 1989)은 주로 직장온도 등 체온을 측정하는 값으로 부터 얻어졌으므로 실험방법이 다른 것이 그 원인일 수 있다. 사료중의 에너지 밸런스를 이용한 면역 반응시의 에너지 대사 연구는 본 성적이 처음이다. 박 등(1995)은 *Salmonella typhimurium* LPS를 복강 내 주입 다섯 시간 뒤의 여섯 시간 동안의 발열량(산소소비량)은 면역원을 주입하지 않은 것에 비해서 낮아진다는 것을 관찰하였다. 이것은 LPS와 같은 항원을 주입 후의 시간 경과에 따라 급성기 반응이 다르다는(Xie 등, 2000) 것을 나타낸다.

사료의 ME 값은 섭취사료의 에너지 값(ED)에서 분(FE)과 뇨(UE) 에너지를 뺀 값이다. UE는 단백질 최종 대사산물인 UN의 배설과 관계가 있다. NB 값은 UN의 영향이 크나, ME 값은 UE의 영향이 높지 않다(Koh 등, 1994). 따라서 사료의 ME 값은 에너지원의 소화 흡수량에 따라 달라진다. 면역 반응시에 크릴 밀 사료 중 에너지 급원의 흡수가 증가하거나 UE 배설이 감소하면 ME값이 높아질 것이다. 본 실험에서 면역 반응시에 사료 그램 또는 NI당 UAN 배설량에 실험사료가 유의한 영향을 미치지 않았다(Table 3). 따라서 면역 반응시 크릴 밀 사료의 ME값에 미치는 UE의 영향은 유의하지 않다(Koh 등, 1994)는 것을 나타낸다. 따라서 ME 값의 증가는 크릴 밀 사료중의 에너지급원의 흡수 증가에 의한 것이라고 추측할 수 있다.

면역반응의 활성화는 실험사료 중 크릴 밀 함량에 따라 육계 1수당 MEn 이용성을 높였다. 이때 사료 그램당 NB 값(Table 3)은 실험사료 사이에 유의차가 없으므로 사료의 NB가 NB를 보정한 MEn 이용성의 증가에 유의한 영향을 미치지 않았다. 크릴 밀 자체의 에너지 또는 단백질의 흡수 증가가 크릴 밀 사료의 MEn값을 높일 만큼 사료 중 크릴 밀 함량은 높지 않다. 이미 설명한 바와 같이 크릴 밀 사

료중의 에너지원의 흡수 증가가 면역반응의 활성화로 일어나고 있다고 생각된다.

면역반응의 활성화는 크릴 밀 1.0% 사료를 급여했을때 증체 100 g당 MEn은 다른 실험사료를 급여한 것에 비해서 유의하게 높였다. 이것은 사료 섭취량에 비해서 에너지 이용량이 높아지는 것을 의미한다. MEn의 증가를 위해서는 에너지 흡수의 증가가 있어야 한다. 면역반응의 활성화는 근육의 축적을 감소시키고 지방조직과 장의 무게를 증가시킨다(Benson 등, 1993). 크릴 밀에 함유된 PUFA 등의 다른 성분이 에너지원의 흡수를 증가하는 신호전달의 원인(Korver와 Klasing,1997)이 될런지도 모른다. 면역 반응시의 대사변화는 Insulin, Glucagon 및 Corticosterone과 같은 홀몬의 방출(Beisel, 1977)과 Interleukin-1(IL-1), Tumor necrosis factor (TNF), 및 Interleukin-6(IL-6) 등 모노카인에 의해서 그 신호가 전달된다(Klasing, 1998, Dinarello, 1998). 면역반응시 순환계에서 IL-1이나 TNF 농도 상승은 세포와 조직에 작용하여 에너지원의 흡수의 변화의 원인을 제공한다(Klasing, 1998). 그러나 면역반응시의 에너지원의 높은 흡수가 크릴 밀에 함유된 PUFA에 의한 신호(Korver와 Klasing, 1997)에 의한 것인지는 연구되지 않았다.

#### 4. 대조구에서의 크릴 밀의 영향

면역반응이 없을 때는 육계 병아리에 급여한 크릴 밀 사료는 증체량을 낮추고 간장과 비장 무게를 높이는 경향이 있었다(고 등, 2003). 그러나 본 연구에서 크릴 밀 사료는 육계 병아리의 증체량과 간장 및 비장무게에 영향을 미치지 않았다. 그리고 사료 g당 NB 또는 UAN 배설과 ME 값에도 크릴 밀 사료의 영향은 없었다. 따라서 크릴 밀은 단백질 대사와 에너지 대사에 영향을 미치지 않았다. 이것은 고 등(2003)과 본 연구 성적이 다르다는 증명이 된다. 이러한 차이가 나타나는 원인은 본 연구에서 모두 검토 할 수 없었다. 그러나 고 등(2003)이 사용한 크릴 밀은 시중에서 구입한 것이고, 본 연구에 사용한 크릴 밀은 국내 어선



에서 제조한 것이다. 크릴 밀의 제조 방법이나 저장 방법 또는 저장기간은 크릴 밀의 사료가치에 영향을 미칠 것이다.

이 점들은 본 연구와 고 등(2003)의 성적의 차이를 발생시키는 이유중의 하나일 것이다. 크릴 밀을 사료로 사용할려면 이러한 문제점에 관한 연구가 필요할 것이다.

이상과 같이 면역반응이 없으면 크릴 밀 사료는 육계 병아리의 생산성, 질소밸런스(NB), 노산 배설량, 및 ME 이용량에 영향을 미치지 않았다. 그러나 면역반응의 활성화는 사료 중 크릴 밀 함량에 관계없이 일당 증체량, 사료 섭취량과 NB를 대조에 비해서 유의하게( $t < 0.05$ ) 낮추었고, 노산 배설량과 간장 및 비장무게를 유의하게( $t < 0.05$ ) 높였다. 크릴 밀 1.0% 사료는 사료효율을 유의하게 낮추고, 비장무게, g 당 NB 또는 ME 이용량 및 사료 g 당 ME값을 유의하게 높였다. 크릴 밀 사료는 면역 자극 후 회복 중에는 간장과 비장무게를 감소 시켰다. 본 성적은 크릴 밀 사료가 면역반응중인 육계 병아리에서 단백질 분해는 증가시키나, 에너지 이용량은 높인다는 것을 나타내었다.

## V 요 약

면역반응중인 육계 병아리의 생산성과 단백질 및 에너지 이용성에 미치는 사료 중 크릴 밀의 영향을 조사하였다. 갓 부화(0 일령) 병아리(Avian)에 기초사료(크릴 밀 0.0%)와 기초 사료중 대두박 대신 0.5 또는 1.0%의 크릴 밀을 각각 대치한 사료(크릴 밀)를 급여하였다. 병아리 2 주령에 2일에 한 번씩 *Salmonella typhimurium* lipopolisacchaide(LPS)를 복강 내에 주입하여 자극한 면역반응시의 값을 멸균식염수(0.9%)을 주입한 것(대조)과 비교하였다. 대조 병아리에서 크릴 밀 사료는 생산성, 질소밸런스(NB), 노산 배설량, 및 ME 이용량에 영향을 미치지 않았다. 그러나, 면역반응은 사료 중 크릴 밀 함량에 관계없이 일당 증체량, 사료 섭취량과 NB를 대조에 비해서 유의하게( $t < 0.05$ ) 낮추었고, 노산 배설량과 간장 및 비장무게를 유의하게( $t < 0.05$ ) 높였다. 크릴 밀 1.0%사료는

사료효율을 유의하게 낮추고, 비장무게, g당 NB 또는 ME 이용량 및 사료 g당 ME값을 유의하게 높였다. 크릴 밀 사료는 면역 자극 후 회복중에는 간장과 비장무게를 감소 시켰다. 본 성적은 크릴 밀 사료가 면역반응중인 육계 병아리에서 단백질 분해는 증가시키나, 에너지 이용량은 높인다는 것을 나타내었다.

**Key Words :** Lipopolysaccharide, 부로일러, 크릴 밀, 생산성, 질소밸런스, 대사에너지, 노산, LPS.

## VI 사 사

본 연구는 2001년 한국과학재단과 (주)인성실업의 산학협력연구 지원으로 수행된 연구결과와 일부이며 연구비 지원에 감사 드립니다.

## VII 인용 문헌

1. Abbas, A. K., Lichtman, A. H. and Pober, J. S. 1997. Cytokines, Pages 257-277 in: Cellular and Molecular Immunology, W.B.Saunders Co., Philadelphia, PA.
2. Beisel, W. R. 1977. Metabolic and nutritional consequence of infection. Pages 125-143 in: Advances in Nutritional Research. H. H. Draper, ed. Voume 1. Plenum, New York. NY.
3. Benson, B. N., Calvert, C. C., Roura, E. and Klasing, K. C. 1993. Dietary energy source and density modulate the expression of immunologic stress in chicks. J. Nutr, 123(10):1714-23.
4. Berczi, I. 1998. Neurohormonal host defense in endotoxin shock. Ann. N. Y. Acad. Sci. 840:787-802.
5. Cripps, G. and Atkinson, A. 1999. The fatty acid signature of carnivorous Antarctic krill, *Euphausia superba*. Proceedings, The Second International Symposium on Krill, 23-27 August 1999, University of California, Santa Cruz.
6. Dascombe, M. J., Rothwell, N. J., Sagay, B. O. and Stock, M. J. 1989. Pyrogenic and thermogenic effects of interleukin-1 $\beta$  in the rat. Am. J. Physiol. 256:E7-11.
7. Dinarello, C. A. 1988. Biology of interleukin-1. Fed. Am. Soc. Exp. Biol. J. 2:127-134.
8. Flores, E. A., Bistran, B. R., Pomposelli, J. J., Dinarello, C. A., Blackburn, G. L. and Istfan, N. W. 1989. Infusion of tumor necrosis factor/cachectin promotes muscle catabolism in the rat. J. Clin. Invest. 83:1614-1622.

9. German, J. B., Lokesh, B. and Kinsella, J. E. 1988. The effect of dietary fish oils on eicosanoid biosynthesis in peritoneal macrophages is influenced by both dietary n-6 polysaturated fatty acids and total dietary fat. *Prostaglandins Leukotriens Essential Fatty Acids* 34:37-45.
10. Hill, F. W. and Anderson, D. L. 1958. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutr.* 64:587-604.
11. Jepson, M. M., Pell, J. M., Bates, P. C. and Millward, D. J. 1986. The effects of endotoxaemia on protein metabolism in skeletal muscle and liver of fed and fasted rats. *Biochem. J.* 235:329-336.
12. Klasing, K. C. 1987. Influence of cell sources, stimulating agents, and incubation conditions on release of interleukin-1 from chicken macrophages. *Develop. and Comp. Immunol.*, 11:385-394.
13. Klasing, K. C. 1998. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. *Poultry Sci.*, 77:1119-1125.
14. Klasing, K. C. and Barnes, D. M. 1988. Decreased amino acid requirements of growing chicks due to immunologic stress. *J. Nutr.* 118:1158-1164.
15. Klasing, K. C. and Calvert, C. C. 2000. The care and feeding of an immune system; an analysis of lysine needs. In : *Proceedings of the VIII International Symposium on Protein Metabolism and Nutrition* (Lobley, G. E., White, A., and MacRae, J. C. eds), Wageningen, Wageningen Press, pp. 253-264.
16. Klasing, K. C. and Austic, R. E. 1984. Changes in protein degradation in chickens due to immunologic stress. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 176:292-296.
17. Klasing, K. C. and Johnstone, B. J. 1991. Monokines in growth and development. *Poultry Sci.* 70:1781-1789.
18. Klasing, K. C. and Korver, D. R. 1997. Leukocytic cytokines regulate growth rate and composition following activation of the immune system. *J. Anim. Sci.* 75(Supp 1, 2):58-67p.
19. Koh, T. S., Koo, U. S., Lim, J. T. and Lee, S. I. 2001. Squid liver oil modulate immunological stress in broiler chicks. *Animal Resources Research Center, Konkuk University.* vol 22. pp. 59-69.
20. Koh, T. S., Peng, R. K. and Klasing, K. C. 1996. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide-induced immunological stress in chicks. *Poultry. Sci.*, 75(7):867-872.
21. Koh, T. S., Joo, Y. D., Woo, K. M., Choi, C. L. and Park, B. S. 1994. Concurrent bioassay of energy and protein utilization of protein sources in Layer. *K. J. Poutry. Sci.* 21(2):133-138.
22. Korver, D. R. and Klasing, K. C. 1997. Dietary fish oil alters specific and inflammatory immune response in chicks. *J. Nutr.* 127:2039-2046.
23. Marquardt, R. R. 1983. A simple spectrophotometric method for direct determination of uric acid in avian excreta. *Poultry Sci.* 62:2106-2108.
24. National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry.* 8th Ed. National Academy Press, Washineton, D.C.
25. Roura, E., Homedes, J. and Klasing, K. C. 1992. Prevention of immunologic stress contributes to the growth-permitting ability of dietary antibiotics in chicks. *J. Nutr.* 122:2383-2390.
26. SAS Institute Inc. 1990. *SAS/STAT User's Guide Version 6, Fourth ed. Volume 2,* Cary NC: SAS Institute Inc., pp. 891.
27. Xie, H., Rath, N. C., Huff, G. R., Huff, W. E. and Balog, J. M. 2000. Effects of *Salmonella typhimurium* lipopolysacchride on broiler chickens. *Poultry Sci.*, 79:33-40.
28. 고태송, 임진택, 박인경, 김재환. 2003. 살모넬라 LPS로 자극한 육계의 면역반응과 생산성에 미치는 사료중 크릴 밀의 영향. *Personal Communications.*
29. 박병석, 최철립, 장문주, 이기창, 이상락, 조남기, 고태송. 1995. 반자동 개방형간접 호흡시험장치의 제작 및 운영 체계의 표준화. *한국영양사료학회 95 학술발표회 P. 16*  
(접수일자 : 2003. 8. 7. / 채택일자 : 2003. 12. 8.)