

급성기 반응을 활성화한 육계 병아리에서 사료중 미역 제품 수준이 단백질과 에너지 대사에 미치는 영향

고태승* · 임진택* · 박인경* · 이해정* · 최도열* · 최준영* · 이홍구** · 최윤재**
건국대학교 축산대학 동물생명과학부*, 서울대학교 농업생명과학대학 농생명공학부**

Effect of Dietary Brown Seaweed Levels on the Protein and Energy Metabolism in Broiler Chicks Activated Acute Phase Response

T. S. Koh*, J. T. Im*, I. K. Park*, H. J. Lee*, D. Y. Choi*, C. J. Choi*, H. G. Lee**
and Y. J. Choi**

Department of Animal Life Sciences, Konkuk University, Seoul, Korea*,
Seoul National University, Seoul, Korea**

ABSTRACT

Effects of dietary brown seaweed product levels on performance and metabolism of protein and energy were investigated in broiler chicks that were activated the acute phase response. One day old chicks were fed diets containing either 0.0(basal), 1.0, 2.0 or 4.0% brown seaweed products for 3 weeks. The acute phase response was activated by injecting *i.p.* the *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide(LPS) at 2nd week of age. The acute phase response lowered nitrogen balance(NB)/kg^{0.75}(metabolic body size) and highered dietary ME values in birds fed diets containing brown seaweed product. Increase in dietary brown seaweed products levels lowered daily gain, and NB, uric acid nitrogen(UAN) excretion and ME utilization per kg^{0.75} in chicks with the acute phase response. But the dietary brown seaweed product level did not affect the performance of 3 Week old broiler chicks that experienced the acute phase response. And the brown seaweed products 1.0 and 2.0% diets lessened the feed intake reduction caused by the acute phase response in broiler chicks. The brown seaweed 2.0% diet increased NB/g diet or kg^{0.75} and decreased the excretion of UAN/g diet or kg^{0.75}. This result indicated that the brown seaweed was able to interact with the acute phase response and increased protein retention via decreased breakdown of protein in birds fed brown seaweed 2.0% diet.

(Key words : Brown seaweed product, Acute phase response, Nitrogen balance, Uric acid nitrogen, Metabolizable energy, Broiler chicks)

I. 서 론

동물의 면역세포인 Macrophage 등 식세포는 노출된 세균이나 Lipopolysaccharide(LPS) 같은

면역원을 인지하고 타고난 면역 반응(급성기 반응)을 활성화 한다(Klasing, 1998). 급성기 반응은 IL-1, IL-6 및 TNF- α 등 친염증성 사이토카인 분비(Gauldie 등, 1991)와 급성기 단백질합

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

성을 높이고 발열을 유도한다(Gaby와 Kushner, 1999). 그리고 사료섭취량과 근육단백질 축적량을 감소시키고 대사율과 체중 대 장기 비율을 높인다(Benson 등, 1993; Koh 등, 1996; Klasing과 Korver, 1997, Koh 등, 2004). 식용 해조류로서 갈조류의 일종인 미역(*Undaria pinnatifida*)은 건물 량 기준 34.2~48.8%의 섬유소를 함유하고 이중 가용성은 17.5~31.3%이며, 알진산(Alginate)은 가용성섬유소의 9.0~15.1%로 가장 높다(Cho 등, 1995). 갈조류의 알진산 함량(Suzuki 등, 1993; Kim 등, 1995)과 구성 D-Manuronic acid(매뉴로닉산)과 L-Guluronic acid(구류로닉산)의 조성분자량은 종, 산지 및 수확시기에 따라 다르다(Mori 등, 1981). 미역의 알진산은 구류로닉산에 대한 매뉴로닉산의 비율(M/G)이 높다(Lee 등, 1998). 알진산 중의 매뉴로닉산은 IL-1, IL-6 및 TNF- α 와 같은 사이토카인의 생산을 자극하는 활성 다당 구조를 가지고, 구류로닉산의 상대적 양이 많으면 면역억제 작용이 있다(Otterlei 등, 1991).

이와 같이 미역 알진산의 매뉴로닉산과 구류로닉산의 비율이 면역반응에 영향을 미치므로, 본 연구는 육계 병아리에 미역제품 첨가 사료를 급여하면 급성기 반응과 상호작용이 존재하여 단백질과 에너지 대사 등 생산성에 영향을 미칠 것이라는 가정을 세웠다. 따라서 육계 병아리에서 LPS 주입으로 급성기반응을 활성화하여 사료의 미역제품 수준이 생산성과 단백질 및 에너지 이용성에 미치는 영향을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물, 실험사료, 실험설계 및 사육

갓 부화된 육계 숫 병아리(Ross)에 1 일령 부터 Table 1의 기초사료와 기초사료(0.0%) 중 밀기울 대신 1.0, 2.0 및 4.0%의 미역제품을 각각 대치한 네 종류의 실험사료를 급여하여 사육하였다. 미역(*Undaria pinnatifida*) 제품은 우

리나라 남해안의 양식미역을 건조 분말화한 것이다. 미역제품은 수분 12.2, 조단백 13.6, 조지방 0.9, 조섬유 4.0, 및 조회분 38.9% 그리고 GE 2,570 kcal/kg DM 함유하였다. 한편 기초사료는 밀기울 함량 이외는 Koh 등(2004a)이 사용한 것과 동일하게 조제하였다. 육계병아리 120수를 24개 우리에서 시험사료 하나당 각각 6개 우리를 두고 우리당 5수 씩으로 나누어 온도가 조절되는 사육실에서 3주간 사육하였다. 물과 사료는 자유로 섭취하게 하였다. 각 시험 사료구의 절반인 3개 우리의 병아리에 대해 2 주령인 8, 10 및 12 일령에 LPS 용액을 1 수당 3.0 mL(300 ug/수)씩 복강내에 각각 주입하여 급성기 반응을 활성화 하였다. 대조구 병아리에는 LPS 용액대신 Saline을 주입 하였다. 따라서 실험 요인은 4개 사료에 2가지 면역원으로 8개(=4×2) 요인에 3 반복이다. LPS 용액은 0.9% (9g NaCl/1,000 mL) 염용액 1,000 mL에 *Salmonella typhimurium* LPS [Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA] 100 mg을 용해하고, 0.22 um 필터로 여과 멸균한 것이다.

2. 증체 및 사료섭취량과 간장 및 비장 무게

실험 개시일로부터 1 주일 간격으로 모든 우리(24개)의 무게를 우리 별로 측정하고, 매일 24시간 간격으로 정해진 시간에 사료섭취량과 잔량을 기록하였다. 세 번째 LPS 주입 24시간 뒤인 13 일령에 매 우리(24개) 마다 임의 선발한 1 수의 병아리는 체중을 측정하고 경추골 분리로 희생한 다음 복부를 절개하여 간장과 비장을 적출하였다. 간장과 비장은 0.9% 염용액에서 세척 후 화학저울로 무게를 측정하였다.

3. 혼합물 채취와 요산, 질소 함량 및 연소 열가 측정

육계 병아리 8, 10, 및 12 일령에 LPS 주입 때마다 정확히 24 시간 간격으로(뒤에) 각 우

Table 1. Formula and chemical composition of experimental diets

Ingredients	Brown seaweed product levels (%)			
	0.0 ³⁾	1.0	2.0	4.0
Ground yellow corn (8.8 % Protein)	546.0	546.0	546.0	546.0
Soybean meal (48.5 % Protein)	355.0	355.0	355.0	355.0
DL-methionine	2.5	2.5	2.5	2.5
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Wheat bran	50.0	40.0	30.0	10.0
Choline HCl (50 %)	1.5	1.5	1.5	1.5
Salt	5.0	5.0	5.0	5.0
CaCO ₃	10.0	10.0	10.0	10.0
CaHPO ₄ 2H ₂ O	20.0	20.0	20.0	20.0
Vitamine mix ¹⁾	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral mix ²⁾	2.5	2.5	2.5	2.5
Brown seaweed product	0.0	10.0	20.0	40.0
Total	1,000g	1,000g	1,000g	1,000g
Analyzed chemical composition %			
Moisture	12.0	12.2	12.2	12.4
Crude protein	18.6	18.9	18.1	18.1
Crude fat	2.5	2.5	2.7	2.7
Crude fiber	3.6	3.4	3.4	3.3
Crude ash	8.2	8.8	9.6	9.3
Nitrogen-free extracts	55.1	54.2	54.0	54.2
Gross Energy, kcal/kg DM	4,183	4,222	4,153	4,169

¹⁾ Vitamin mix contain in kg diet Vitamin K 0.55 mg, Antioxidant 125 mg, Vitamin E 10 IU, Vitamin D₃ 400 IU, Vitamin A 1,500 IU, Biotin 0.15 mg, Folicin 0.55 mg, Pyridoxine HCl 3 mg, Niacin 25 mg, Calcium panthothenate 10 mg, Riboflavin 3.6 mg, Thiamin HCl 1.8 mg.

²⁾ Mineral mix contain in kg diet MnSO₄ H₂O 170 mg, ZnSO₄ H₂O 110 mg, Ferric citrate 500 mg, CuSO₄ 5H₂O 16 mg, Na₂SeO₃ 0.2 mg.

³⁾ Basal diet.

리 별로 채취한 분뇨 혼합물은 증류수 일정량과 함께 균질화 하였다. 균질화한 분뇨혼합물 일정량으로 총질소 및 요산태 질소(UAN) 함량 및 연소열가를 측정하였다. 요산태 질소는 Koh 등(1993)의 방법에 따라 완충액(pH 9.8)으로 분뇨혼합물에서 추출하여 285 nm의 흡광도에서 측정(Marquardt, 1983) 하였다. 사료와 분뇨혼합물중의 총질소량은 켈텍시스템으로,

그리고 열풍건조기 65 °C에서 건조한 균질화 분뇨혼합물 일정량과 사료의 연소열가를 폭발열량계(PARR Instrument사, U.S.A.)로 측정하였다.

4. 계산

총 질소섭취량(Nitrogen intake: NI)에서 분뇨

혼합물 중의 N량(Excreta Nitrogen = FN + UN : Fecal + Urinary nitrogen)을 빼어 질소밸런스(NB)를 계산하였다. 대사에너지(ME)는 섭취사료의 연소열가(EI)에서 분뇨혼합물의 연소열가(FE + UE : Fecal + Urinary energy)를 빼서 계산하였으며, MEN은 NB g 당 8.22 kcal를 보정한 값(Hill과 Anderson, 1958)이다. NB, UAN 및 ME는 사료 g 당, 또는 증체 g 당과 대사체중(kg^{0.75}) 당 값으로 표시하였다.

5. 통계처리

실험 데이터는 면역원과 미역제품 수준의 2원 배치 분산분석을 SAS(SAS Institute, Cary, NC) 프로그램의 GLM 법으로 주 효과 및 상호관계를 조사하였다. 주 효과가 유의하면 (p < 0.05), 평균 사이의 유의성은 SAS의 최소 유의차 값으로 검정하였다.

III. 결 과

1. 생산성과 간장 및 비장 무게

급성기 반응중인 육계병아리의 성장율, 사료 섭취량, 사료효율, 간장과 비장 무게에 미치는 미역제품이 단계적으로 함유된 사료의 영향을 Table 2에 나타내었다. 급성기 반응은 일당 증체와 사료효율에 영향을 미치지 않았으나 사료섭취량을 감소 시키는 경향(p=0.07)이 있었다. 한편 사료의 미역 제품 수준은 일당 증체(p=0.06), 사료섭취량(p=0.15) 및 사료효율(p=0.12)에 영향을 미치는 경향이 있었다. 급성기 반응중인 병아리에서 기초사료 이외의 실험사료 중 미역제품 수준이 높아짐에 따라 일당 증체, 사료섭취량 및 사료효율이 점차 낮아졌다. 대조의 Saline을 투여한 병아리에서는 미역제품 수준에 따른 일당 증체, 사료섭취량 및 사료효율이 낮아지는 현상이 관찰되지 않

Table 2. Effect of dietary brown seaweed product levels on the growth and feed efficiency and relative weight of liver and spleen during acute phase response in broiler chicks at 2nd week of age

BSW Level	0.0 %		1.0 %		2.0 %		4.0 %		SEM
	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	
Gain g/b/d	24.7 ^{ab}	25.3 ^a	25.1 ^a	25.3 ^a	23.5 ^{ab}	25.0 ^a	21.4 ^b	22.4 ^b	0.47
FI g/b/d	37.0 ^{b*}	39.3 ^a	37.0 ^b	38.3 ^{ab}	36.8 ^b	36.3 ^{bc}	34.5 ^{c*}	37.2 ^{ab}	0.41
Gain/FI %	66.6 ^{ab}	64.4 ^{ab}	67.9 ^{ab}	66.2 ^{ab}	63.6 ^b	69.0 ^a	61.8 ^b	60.2 ^b	0.98
Liver g/100g BW	3.1 ^b	3.0 ^b	3.3 ^{ab*}	3.1 ^b	3.2 ^{ab}	3.1 ^b	3.4 ^{a*}	2.7 ^c	0.066
Spleen g/100g BW	0.12 ^{a*}	0.069 ^b	0.10 ^{ab*}	0.085 ^{ab}	0.12 ^{a*}	0.079 ^b	0.13 ^{a*}	0.057 ^b	0.0075
	Gain		FI		FE		Liver		Spleen
p values									
LPS	0.34		0.07		0.98		0.02		0.005
Level	0.06		0.15		0.12		0.75		0.99
LPS × Level	0.96		0.45		0.41		0.17		0.55

Values are mean of 3 replicates, BSW: Brown seaweed product, FI: Feed intake,

Gain/FI : Feed efficiency, BW: body weight;

LPS : Birds activated acute phase response by injecting LPS i.p.

Con : Normal birds unchallenged with the LPS.

SEM : Standard error of mean.

a~b : Means in a row with no common superscript and

* : means between LPS and Con in a row differ significantly at p < 0.05.

았다. 급성기 반응은 Saline을 투여한 대조병아리에 비해서 미역 제품 1.0%와 2.0% 사료의 섭취량에는 영향을 미치지 않았으나, 기초 사료와 미역제품 4.0% 사료의 섭취량 ($p < 0.05$)을 감소시켰다.

미역제품 1.0% 사료는 급성기 반응에 관계 없이 미역제품 4.0% 사료 보다 병아리의 증체량과 사료 효율을 높였다($p < 0.05$). 대조 병아리에서는 미역 제품 4.0% 사료의 섭취량이 가장 낮았고, 미역 제품 2.0% 사료를 섭취한 병아리의 사료 효율은 미역 제품 4.0% 보다 유의하게($p < 0.05$) 높았다.

한편 급성기 반응은 실험사료중 미역제품 수준에 관계없이 체중에 대한 간장($p = 0.02$)과 비장($p < 0.01$)의 무게(g/100 g BW)를 높였다. 미역 제품 4.0% 사료를 섭취한 육계 병아리의

간장과 비장 무게는 미역제품 사료 중에서 급성기 반응시에는 가장 무거웠으나 대조 병아리에서는 가장 낮은 값을 보였다.

2. 단백질 대사

육계 병아리의 급성기 반응과 사료의 미역제품 수준이 질소밸런스(NB)와 요산태 질소 배설량(UAN)에 미치는 영향을 사료 g당 및 증체 g당 또는 대사체중($kg^{0.75}$) 당 값으로 표현하여 Table 3에 나타내었다. 급성기 반응은 사료 g 및 증체 g 당 NB에는 영향을 미치지 않았으나 $kg^{0.75}$ 당 NB($p = 0.02$)와 UAN($p = 0.03$) 그리고 사료 g 당 ($p = 0.006$) 및 증체 g 당($p = 0.17$) UAN에는 영향을 미쳤다. 미역제품 수준은 사료 g 당 NB($p = 0.10$)에는 영향을 미치는

Table 3. Effect of dietary brown seaweed product levels on the protein utilization of broiler chicks during acute phase response at 2nd week of age

BSW Level	0.0 %		1.0 %		2.0 %		4.0 %		SEM			
	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con				
NB mg / g diet	18.6 ^b	18.2 ^{bc}	18.2 ^{bc}	18.3 ^{bc}	18.8 ^{ab*}	19.7 ^a	18.4 ^{bc*}	17.4 ^c	0.20			
NB mg / g gain	28.6 ^{ab}	29.0 ^{ab}	27.2 ^b	29.2 ^{ab}	30.0 ^{ab}	30.6 ^{ab}	29.6 ^{ab}	31.0 ^a	0.53			
NB mg / kg ^{0.75}	2,437 ^b	2,385 ^{bc}	2,324 ^{bc*}	2,515 ^{ab}	2,430 ^{b*}	2,625 ^a	2,264 ^{c*}	2,430 ^b	29.1			
UAN mg / g diet	13.3 ^{c*}	11.8 ^c	13.1 ^{ab*}	12.1 ^{bc}	12.3 ^{bc*}	10.6 ^d	11.2 ^{cd*}	12.5 ^b	0.21			
UAN mg / g gain	19.9 ^{ab}	18.3 ^b	19.3 ^{ab}	18.2 ^b	19.6 ^{ab*}	15.4 ^c	18.3 ^{b*}	21.0 ^a	0.45			
UAN mg / kg ^{0.75}	1,699 ^{a*}	1,505 ^b	1,652 ^a	1,573 ^{ab}	1,590 ^{ab*}	1,318 ^c	1,396 ^{c*}	1,652 ^a	28.9			
	NB mg / g diet		NB mg / g gain		NB mg / kg ^{0.75}		UAN mg / g diet		UAN mg / g gain		UAN mg / kg ^{0.75}	
p values												
LPS	0.89		0.36		0.02		0.006		0.17		0.03	
Level	0.10		0.47		0.09		0.01		0.24		0.01	
LPS*Level	0.38		0.96		0.23		0.001		0.03		0.0001	

Values are mean of 3 replicates. BSW : Brown seaweed product,

NB : Nitrogen balance, UAN : Uric acid nitrogen.

LPS : Birds activated acute phase response by injecting LPS i.p.

Con : Normal birds unchallenged with the LPS.

SEM : Standard error of mean.

kg^{0.75} : Metabolic body size.

a-c : Means in a row with no common superscript and

* : Means between LPS and Con in a row differ significantly at $p < 0.05$.

경향이 있었으나 증체 g 당 NB와 UAN에 주는 영향은 없었으며, kg^{0.75} 당 NB(p=0.09)와 UAN(p=0.01) 및 사료 g 당(p=0.01)에는 영향을 미쳤다. 그리고 급성기 반응과 미역제품 수준의 상호작용은 NB에는 영향을 주지 않았으나, 사료 g(p=0.001), 증체 g(p=0.03) 및 kg^{0.75} 당(p=0.0001) UAN에는 유의한 영향을 미쳤다.

사료 g 당 NB는 급성기 반응에 의해서 Saline을 투여한 대조병아리의 값(대조)들과 비교하면 미역제품 2.0% 사료에서 유의하게(p<0.05) 낮았고 미역제품 1.0% 사료에서는 영향이 없었으며, 미역제품 4.0% 사료에서는 유의하게 높아졌다. 증체 g 당 NB는 급성기 반응이나 미역제품 수준의 영향을 받지 않았다. 병아리 kg^{0.75} 당 NB는 급성기 반응에 의해서 대조에 비해서 미역제품 사료를 급여하면 수준에 관계 없이 유의하게(p<0.05) 낮아졌으나 기초사료를 급여하면 영향을 받지 않

았다. 사료 g 당 및 kg^{0.75} 당 UAN은 급성기 반응에 의해서 대조에 비해서 유의하게(p<0.05) 높아졌으나 미역제품 4.0% 사료에서는 유의하게 낮아졌다(p<0.05). 한편 증체 g 당 UAN 배설량은 급성기 반응에 의해서 대조에 비하여 미역 제품 2.0% 사료에서 높았으나(p<0.05) 기초사료와 미역제품 1.0% 사료에서는 영향이 없었고 미역제품 4.0% 사료에서 낮았다(p<0.05). 대조 병아리에서 실험사료를 서로 비교하면 미역 제품 2.0% 사료는 사료 g당 및 kg^{0.75} 당 NB를 높였고(p<0.05), 사료 g 당 및 kg^{0.75} 당 UAN 배설량을 가장 낮추었다(p<0.05).

3. 에너지 대사

급성기 반응중인 육계 병아리에서 사료의 미역제품 수준이 사료 kg 당 에너지 함량(ME)과 증체 g당 및 kg^{0.75} 당 에너지 이용성에 미치는

Table 4. Effect of dietary brown seaweed product levels on the energy utilization in broiler chicks during acute phase response at 2nd week of age

BSW Level	0.0%		1.0%		2.0%		4.0%		SEM	
	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con		
ME kcal/kg diet	2,823 ^{a*}	2,716 ^b	2,862 ^{a*}	2,785 ^{ab}	2,779 ^{ab}	2,738 ^{ab}	2,795 ^{ab*}	2,709 ^b	16.2	
ME _n kcal/kg diet	2,670 ^{a*}	2,567 ^b	2,713 ^{a*}	2,634 ^{ab}	2,624 ^b	2,576 ^b	2,644 ^{ab*}	2,566 ^b	15.7	
ME kcal/g gain	4.316 ^{ab}	4.310 ^{ab}	4.239 ^b	4.410 ^{ab}	4.365 ^{ab}	4.250 ^b	4.485 ^{ab}	4.773 ^a	0.0791	
ME kcal/ kg ^{0.75}	367.7 ^a	354.9 ^b	362.3 ^{ab*}	380.2 ^a	353.4 ^b	364.6 ^{ab}	342.8 ^{b*}	374.5 ^{ab}	3.72	
ME _n kcal/ kg ^{0.75}	347.7 ^{ab}	335.3 ^b	343.2 ^{ab*}	359.6 ^a	333.5 ^b	343.1 ^{ab}	324.2 ^{b*}	354.5 ^{ab}	3.53	
	ME		ME _n		ME		ME		ME _n	
	kcal / kg diet		kcal / kg diet		kcal / kg gain		kcal / kg ^{0.75}		kcal / kg ^{0.75}	
p values										
LPS	0.02		0.02		0.63		0.10		0.11	
Level	0.35		0.28		0.49		0.55		0.49	
LPS*Level	0.82		0.92		0.84		0.18		0.18	

Values are mean of 3 replicates, BSW: Brown seaweed product,

ME : Metabolizable energy,

LPS : Birds activated acute phase response by injecting LPS i.p.,

Con : Normal birds unchallenged with the LPS.

SEM : Standard error of mean,

kg^{0.75} : Metabolic body size.

a-b : Means in a row with no common superscript and

* : means between LPS and Con in a row differ significantly at p<0.05.

영향을 Table 4에 나타내었다. 급성기 반응은 사료 kg 당 ME 함량($p=0.02$)과 $kg^{0.75}$ 당 ME ($p=0.10$) 및 MEn($p=0.11$) 요구량에 영향을 미쳤으나 증체 g 당 ME 요구량에는 영향을 미치지 않았다. 미역제품 수준은 사료 ME 함량, 증체 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당 ME 이용성에 영향을 미치지 않았다.

급성기 반응과 미역제품 수준의 상호작용은 $kg^{0.75}$ 당 ME 이용성($p=0.18$)에는 영향을 미치는 경향이 있었으나 사료의 ME 함량과 증체 g 당 ME 요구량에는 영향을 미치지 않았다. 급성기 반응은 사료의 ME 함량을 대조의 Saline 을 투여한 병아리의 값들(대조)에 비해서 유의하게 높였다. 미역제품 수준이 높아짐에 따라 대조 병아리에서 미역제품 사료의 ME 함량이 점차 낮아졌으나 급성기 반응이 활성화한 병아리에서는 이러한 직선적인 ME 함량의 변화가 관찰되지 않았다. 급성기 반응이 활성화한 육계 병아리에서 미역제품 수준이 1.0, 2.0 및 4.0 % 로 높아지면 증체 g 당 ME 요구량은 점차 높아지나, 체중 $kg^{0.75}$ 당 ME 및 MEn 요구량은 점차 감소시키는 경향을 보였다. 대조 병아리에서는 미역제품 사료 중에서 미역제품 2.0 % 사료가 증체 g 당 ME 요구량과 $kg^{0.75}$ 당 ME 및 MEn 요구량이 가장 낮아지는 경향을 보였다.

미역제품 2.0 % 사료를 급여하면 급성기 반응과 대조 사이에 사료의 ME 함량, 증체 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당 ME 요구량에 유의차가 없었다. 그러나 미역 제품 1.0 % 및 4.0 % 사료를 급여하면 급성기 반응중인 병아리 사료의 ME 함량, 증체 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당 ME 요구량이 대조보다 유의하게($p<0.05$) 낮았다. 그리고 미역 제품 1.0 % 사료를 섭취한 대조 병아리의 사료 ME 함량, 증체 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당($p<0.05$) ME 요구량은 기초사료 보다 높았다.

IV. 고 찰

1. 생산성

급성기 반응은 기초사료 및 미역 제품 4.0 %

사료 섭취량을 유의하게 감소시켰다. 본 연구는 급성기 반응의 활성화는 주입 면역원의 종류와 상관없이 육계 병아리의 성장율과 사료 섭취량을 저하 시킨다(Klasing, 1987; Klasing 과 Banes, 1988; Koh 등 1996, 2004)는 보고와 일치하였다. 그러나 미역 제품 1.0 및 2.0 % 사료의 섭취량은 급성기 반응 중인 육계 병아리와 대조의 Saline 투여 병아리(대조) 사이에 차이가 없었다. 이것은 미역 제품 1.0 및 2.0 % 사료는 급성기 반응시의 사료 섭취량 감소를 완화하는 작용이 있다는 것을 나타내는 것이라 생각되었다.

2. 단백질 대사

본 연구에서는 사료 g 당 또는 $kg^{0.75}$ 당 단백질 축적량(NB)과 단백질 분해량(UAN 배설량)에 미치는 급성기 반응과 실험 사료의 영향을 검토하였다(Table 3). 질소밸런스(NB)는 단백질 축적량을 그리고 요산태 질소(UAN)는 가금에서 요질소(UN) 배설량을 대표하여 단백질의 분해량(Koh 등, 1994)을 나타내고, 체중이 다른 동물 사이의 대사량 비교는 대사체중($kg^{0.75}$) 당 값(Kleiber, 1947)을 기초로 하기 때문이다.

미역제품 2.0 % 사료를 급여한 육계 병아리에서 급성기 반응은 사료 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당 NB를 유의하게 감소시켜서 단백질 축적량을 감소 시켰다. 그리고 급성기 반응은 사료 g 당, 증체 g 당 및 $kg^{0.75}$ 당 UAN을 유의하게 높여서 단백질 분해량을 높였다. 본 연구는 급성기 반응의 활성화는 대사율과 근육 단백질의 분해량을 높인다(Klasing과 Austice, 1984; Roura 등, 1992)는 연구와 동일한 결과를 보였다. 그리고 본 연구실에서 실시한 다른 실험에서도 급성기 반응은 사료 g당 UAN 배설량으로 측정된 체 단백질의 분해량을 높여서(Im 등, 2003) 본 연구성과 유사하였다.

이와 같이 미역 제품 2.0 % 사료 급여시의 급성기 반응에 의한 단백질 축적량의 감소는 체단백질의 분해량 증가가 반영된다는 것을

나타내었다. 면역반응은 임파구의 클론 증식, 임파조직에서의 높은 친화성의 면역항체 생산을 위한 배반 형성, 항체나 슈퍼옥사이드 또는 산화 질소 등의 작동 분자를 만들기 위하여 단백질이 필요하다(Klasing, 1998). 미역 제품 2.0% 사료를 급여했을 때 급성기 반응시의 단백질 축적량(NB)이 그 대조보다 낮은 것은 급성기 반응에 필요한 단백질을 근육단백질의 분해(UAN) 증가로 보충하고 있다는 것을 나타낸다. 그러나 미역 제품 4.0% 사료를 급여하면 급성기 반응의 활성화는 사료 g 당 NB를 높이고, 사료 g 당, 증체 g 당 및 $\text{kg}^{0.75}$ 당 UAN을 유의하게 낮추었다. 따라서 미역 제품 4.0% 사료는 급성기반응시의 근육 단백질 분해를 완화하고 있다는 것을 나타내었다. 그러나 미역제품 2.0%와 4.0% 사료 사이에 단백질 축적과 분해량의 차이점에 대한 검토는 불가능하였다.

3. 에너지 대사

급성기 반응은 사료 kg 당 ME 함량을 유의하게($p=0.02$) 높였다(Table 4). 본 실험실에서 실시한 크릴밀(Im 등, 2003) 또는 어유(Koh 등, 2004) 함유사료를 급여한 육계 병아리에서도 급성기 반응의 활성화는 사료의 ME 함량을 유의하게 높여 본 실험 성적과 같았다. Benson 등(1993)은 육계 병아리의 복강내에 LPS를 본 실험과 같은 방법으로 반복 주입하여 급성기 반응을 활성화하면 체온과 발열량이 높아지는 것을 관찰하였다. 이러한 체온 상승은 면역반응에 에너지가 필요하기 때문이라고 하였다. 사료의 ME 값은 섭취 에너지(EI)에서 분(FE)과 요 에너지(UE)를 뺀 값이다. UE는 단백질 최종 대사 산물인 UN의 연소열기이다. NB 값은 UN 양에 따르나 ME 값에 미치는 UE의 영향은 높지 않아서 최대 5.0% 이하이다(Koh 등, 1994). 따라서 사료의 ME 값은 주로 에너지원의 소화 흡수량의 영향을 받는다. 따라서 본 실험에서 LPS를 반복하여 복강내 주입하였을 때 사료의 ME 값

이 높아지는 것은, 급성기 반응에 필요한 에너지의 공급을 위하여 에너지원의 흡수를 소화관에서 증가 시키고 있기 때문이라고 생각된다. 동물은 급성기 반응이 활성화하면 기초 대사량을 높이고 (Dascombe 등, 1989; Flores 등, 1989), 체 단백질을 분해하여 아미노산을 에너지원으로 사용한다(Klasing, 등, 1987). 따라서 사료의 ME 함량이 높아지는 것은 급성기 반응에 필요한 에너지원의 공급에 체 단백질의 분해 이외에 소화관내에서 단백질, 탄수화물이나 지질 등 에너지 급원의 흡수율을 높여서 보충하는 메커니즘도 있다는 것을 나타내는 것 같다.

4. 미역제품의 농도

한편 미역 제품 농도가 높아짐에 따라 급성기 반응은 사료의 병아리의 증체량과 사료섭취량을 순차적으로 감소시켰으나, 대조 병아리의 사료섭취량 등 생산성은 미역 제품의 농도에 따른 변화가 없었다 (Table2). 따라서 급성기 반응시의 증체량 감소는 사료 섭취량의 감소가 원인인 것 같다. 그리고 급성기 반응시의 $\text{kg}^{0.75}$ 당 분해 단백질 량과 ME 이용량도 사료의 미역제품 농도가 높아지면 점차 낮아지나($p<0.01$), 대조에서는 이러한 영향이 없었다. 이러한 성적들을 종합하면 미역 제품내 어떤 성분(물질)(미역제품의 농도)과 급성기 반응의 상호작용이 육계 병아리의 사료섭취량, 단백질 분해량($p=0.0001$) (Table 3) 그리고 ME 이용량($p=0.18$) (Table 4)에 영향을 미치고 있다는 것을 가리킨다.

미역은 가용성 섬유소 중에서 알진산을 가장 많이 함유한다(Lee 등, 1998). 알진산에 많이 함유된 매뉴로닉산은 면역세포로부터 사이토카인 분비를 자극한다 (Takahashi 등, 1988; Otterlei 등, 1991). Son 등(2001)은 서류의 복강내 매뉴로닉산이 많이 함유된 알진산을 주입하여 마크로파지를 자극하면 TNF-알파의 분비량이 높아진다는 것을 관찰하였다. 사료의 미역제품 농도가 높아지면 알진산 섭취량

이 증가하고, 장 점막내의 면역세포에 미치는 알진산의 영향도 점차 많아지는 결과라는 짐작이 간다. 왜냐하면 본 연구에서 미역제품의 농도와 사료섭취량, 단백질 분해량 또는 ME 이용량이 연계되는 이유는 급성기 반응을 조절하는 사이토카인의 분비가 미역제품에 의해서 자극된 결과일 가능성이 있기 때문이다. 사료중 미역제품 수준이 많아지면 장내 면역세포를 자극하여 TNF-알파 등 사이토카인 분비량을 높일 것이다. 면역세포에서 분비되는 TNF-알파 등 사이토카인은 사료섭취량을 감소시킨다(Benson 등, 1993; Klasing, 1994, Klasing과 Korver, 1997)는 연구결과가 있기 때문이다. 그러나 본 연구에서는 혈장 사이토카인 농도나 면역세포에 의한 사이토카인의 분비 능력의 측정, 구체적인 성분이나 반응 메커니즘 또는 미역내의 알진산 이외의 다른 성분의 작용의 검토에 필요한 자료는 구하지 못 하였다.

5. 대조 병아리

한편 대조 병아리에서 사료의 ME 함량은 미역제품 수준이 높아짐에 따라 점차 낮아졌다 (Table 4). 미역은 건물당 섬유소 34.2~48.8% 함유한다(Cho 등, 1995).

따라서 미역 제품에 함유된 소화 흡수되지 않은 섬유소 또는 가용성 알진산이 많아지면 사료의 에너지 값이 점차 낮아질 것이다. 그러나 ME 요구량, 단백질 축적량 및 단백질 분해량은 미역제품 사료 사이에 직선성이 없었다. 미역제품 2.0% 사료를 섭취한 병아리는 미역제품 1.0 및 4.0% 사료에 비해서 단백질 축적량이 높았고 ME 요구량과 단백질 분해량은 낮았다. 미역제품 2.0% 사료는 실험사료 중에서 NB를 가장 높이고 UAN을 가장 낮추는 것은 단백질의 축적량 증가는 체 단백질 분해량의 감소가 그 원인중의 하나라는 것을 증명한다. 미역제품 2.0% 사료는 체 단백질의 분해량을 낮추는 결과 단백질 축적량을 높여서 생산성을 높였다. 이상과 같이 미역 제품의 농도가 ME 함량과 ME 이용성

Table 5. Effect of dietary brown seaweed product levels on the performance of 3 weeks old broiler chicks experienced the acute phase response at 2nd week of age

BSW Level	0.0 %		1.0 %		2.0 %		4.0 %		SEM
	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	LPS	Con	
Initial BW g/bird	266.2 ^{ab*}	283.6 ^a	270.0 ^{ab}	271.3 ^{ab}	259.5 ^b	267.1 ^{ab}	244.5 ^b	252.1 ^b	3.7
Final BW g/bird	507.0	501.0	492.1	506.3	496.0	479.1	451.5	449.6	10.2
Daily Gain g/bird/day	30.1	27.2	27.8	29.4	29.5	26.5	25.9	24.7	0.9
Feed intake g/bird/day	58.5	57.2	59.7	57.6	60.2	58.6	59.4	60.4	0.6
Gain / FI %	51.5 ^{ab}	47.4 ^{ab}	46.6 ^{ab}	50.8 ^{ab}	48.9 ^{ab}	44.0 ^{ab}	43.6 ^{ab}	40.8 ^b	1.4
	Initial BW		Final BW		Daily Gain		Feed Intake		Feed Efficiency
p values									
LPS	0.24		0.91		0.51		0.48		0.57
Level	0.07		0.34		0.62		0.72		0.34
LPS × Level	0.87		0.97		0.84		0.86		0.71

Values are mean of 3 replicates, BSW: Brown seaweed product,

FI : Feed intake, Feed efficiency:., Feed efficiency

LPS : Birds experienced acute phase response at 2nd week of age.

Con : Normal birds. SEM: Standard error of mean.

a-b : Means in a row with no common superscript and

* : means between LPS and Con in a row differ significantly at p<0.05.

또는 단백질 대사량에 미치는 영향은 달랐다. 사료의 미역 제품의 함량이 높아지면 미 이용 에너지원이 많아지고, 미역 제품내 어떤 성분이 에너지원의 흡수를 억제하거나 소화 흡수되지 않으며 또는 체 단백질 분해량 감소에 영향을 미치고 있다는 것을 나타내었다.

6. LPS 급성기 반응 활성화 후의 보상 성장

육계 병아리 3 주령의 생산성에 미치는 2 주령 급성기 반응 활성화 경험의 영향을 Table 5에 나타내었다. 3 주령 초의 체중은 급성기 반응이 활성화한 2 주령의 일당증체(Table 2)와 동일하게 미역제품 수준이 높아지면 체중이 점차 낮아졌다($p=0.07$). 급성기 반응 경험이나, 미역 제품의 수준 그리고 급성기 반응의 경험과 미역제품 수준의 상호작용은 3 주령의 일당 증체, 사료섭취량과 사료효율에 영향을 미치지 않았다.

미역제품 1.0 및 2.0% 사료를 섭취한 급성기 반응을 경험한 병아리는 미역제품 4.0% 보다 높은 일당 증체와 사료효율을 보였다. 이것은 2 주령에는 급성기 반응과 미역 제품의 어떤 성분과 상호 작용을 하였으나, 3 주령에는 이러한 상호작용이 없어졌다는 것을 보인다고 생각된다.

결론적으로 본 연구 성적들은 육계 병아리의 급성기 반응과 미역 제품의 어떤 물질이 상호 작용하며, 미역제품 2.0% 사료를 급여한 대조 병아리의 높은 증체와 단백질 축적량은 체 단백질 분해량을 감소시킨 결과라는 것을 나타내었다. 본 성적은 앞으로 미역제품 내에 존재하는 급성기 반응과 상호 작용하는 물질과 정상 병아리의 체 단백질의 분해를 감소시키는 물질에 관한 연구의 필요성을 가 르켰다.

V. 요 약

급성기 반응중인 육계 병아리 사료의 미역 제품 수준이 생산성과 단백질 및 에너지 대

사에 미치는 영향이 조사 되었다. 갓 부화한 숫 병아리(Ross)에 기초사료 중의 밀기울 대신 0.0%(기초사료), 1.0, 2.0 및 4.0%의 미역제품을 각각 대치한 실험사료를 3 주간 급여하였다. 급성기 반응은 2 주령인 8, 10 및 12 일령에 복강 내 주입한 *Salmonella typhimurium* lipopolysaccharide(LPS)로 활성화 하고, 이때 생산성(사료 섭취량, 증체량, 사료효율), 단백질 이용성(질소밸런스:NB; 요산태 질소 배설량:UAN) 및 에너지 이용성(ME)을 조사 하였다. 급성기 반응은 미역제품 사료를 급여한 병아리에서 대사체중($kg^{0.75}$) 당 NB를 낮추나 사료 g 당 ME 값을 높였다. 미역제품 수준이 높아짐에 따라 급성기 반응은 일당 증체 그리고 $kg^{0.75}$ NB와 UAN 및 ME 이용성을 점차 감소 시켰다. 급성기 반응을 경험한 3 주령 육계 병아리에서는 미역제품 수준에 따른 증체량 저하가 없었다. 미역 제품 1.0%와 2.0% 사료는 육계 병아리의 급성기 반응에 의한 사료섭취량 감소를 완화하였다. 미역제품 2.0% 사료는 사료 g 및 $kg^{0.75}$ 당 NB를 높이고 UAN 배설량을 감소 시켰다. 본 성적은 미역 제품은 급성기 반응과 상호 작용하는 물질을 함유하고 대조 병아리에서 미역제품 2.0% 사료는 체 단백질 분해량을 감소시켜 단백질 축적량을 높인다는 것을 나타내었다.

Key Words : 미역제품, 급성기 반응, 질소밸런스, 요산태 질소, 대사에너지, 육계병아리

VI. 사 사

본 연구는 농림부 농림 기술개발 사업의 지원에 의하여 이루어진 것으로, 연구비 지원에 감사를 표합니다.

VII. 인 용 문 헌

1. 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. Nut.* 123(10):1714-1723.
2. Cho, D. M., Kim, D. S., Lee, D. S., Kim, H. R. and Pyeun, J. H. 1995. Trace components and functional saccharides in seaweed-I. Changes in proximate composition and trace elements according to the harvest season and places. *Han'guk Susan Hakhoechi*, 28(1):49-59.
 3. Dascombe, M. J., Rothwell, N. J., Sagay, B. O. and Stock, M. J. 1989. Pyrogenic and thermogenic effects of interleukin-1 β in the rat. *Am. J. hysiol.* 256:E7-11.
 4. 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.
 5. Gaby, C. and Kushner, I. 1999. Acute-phase proteins and other systemic responses to inflammation. *N. Engl. J. Med.* 340:448-454.
 6. Gaudie, J. and Baumann, H. 1991. Cytokines and acute phase protein synthesis. In : *Cytokines and inflammation*. E. S. Kimball, ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. pp. 275-305.
 7. Im, J. T., Kim, J. H., Park, I. K. and Koh, T. S. 2003. Effect of *Salmonella typhimurium* lipopolisaccharide injection on the performance, nitrogen balance and ME utilization of dietary krill meal in broiler chicks. *J. Anim. Sci & Technol.* 45(6):957-966.(in Koran)
 8. Kim, D. S., Lee, D. S., Cho, D. M., Kim, H. R. and Pyeun, J. H. 1995. Trace components and functional saccharides in marine alge. 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *J. Korean Fish. Soc.*, 28(3):270-278(in Korean)
 9. Klasing, K. C. 1994. Avian leukocytic cytokines. *Poultry Sci.* 73:1035-1043.
 10. 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.
 11. 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.
 12. Klasing, K. C. and Barnes, D. M. 1988. Decreased amino acid requirement of growing chicks due to immunologic stress. *J. Nutr.* 118:1158-1164.
 13. 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(Suppl,2):58-67.
 14. Klasing, K. C. 1998. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. *Poultry Sci.*, 77: 1119-1125.
 15. Kleiber, M., 1947. Body size and metabolic rate. *Physiol. Rev.*, 27:511-541.
 16. Koh, T. S., Peng, R. K. and Klasing, K. C. 1996. Dietary copper level affects copper metabolism during lipopolysaccharide induced immunological stress in chicks. *Poult. Sci.*, 75(7):867-872.
 17. Koh, T. S., Im, J. T., Park, I. K. and Kim, J. H., 2004a. Effect of dietary krill meal on the performance of broiler chicks during the acute phase response. *J. Anim. Sci & Technol.* 46(2):173-182. (in Korean)
 18. Koh, T. S., Im, J. T., Park, I. K. and Lee, S. I. 2004b. Effect of dietary fish oil on the nutrient metabolism and anti-oxidant enzyme activity during the acute phase response. The 11th AAAP Congress: 5-9, September 2004. pp. 1-3.
 19. 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. (in Korean)
 20. Korver, D. R. and Klasing, K. C. 1997. Dietary fish oil alters specific and inflammatory immune response, *J. Nutr.* pp. 2039-2046.
 21. Lee, D. S., Kim, H. R., Cho, D. M., Nam, T. J. and Pyeun, J. H. 1998. Uronate compositions of alginates from the edible brown algaer. *Han'guk Susan Hakhoechi*, 31(1):1-7.
 22. Marquardt, R. R. 1983. A simple spectrophotometric method for the direct determination of uric acid in avian excreta, *Poult. Sci.* 62:2106-2108.
 23. Mori, B., Kushima, K., Iwasaki, T. and Omiya, H. 1981. Dietary fiber content of seaweed. *Nippon Nogei Kagaku*, 55(9):787-791. (in Japanese).
 24. Otterlei, M., Ostggard, K., Skjaek-Break, G., Smidsrod, O., Soon-Shiong, P. and Espevik, T. 1991. Induction of cytokine production from human monocytes stimulated with alginate. *J. Immunother.* 10:286-291.

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. Son, E. H., Moon, E. Y. Rhee, D. K. and Pyo, S. 2001. Stimulation of various functions in murine peritoneal macrophages by high mannuronic acid-containing alginate (HMA) exposure *in vivo*. *International Immunopharmacology.* 1:147-154.
 27. Suzuki, T., Nakai, K., Yoshie, Y., Shirai, T. and Hirano, T. 1993. Seasonal variation in the dietary fiber content and molecular weight of soluble dietary fiber in brown alga. Hijiki. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(9):1633.
 28. Takahashi, K., Watanuki, Y., Yamazaki, M. and Abe, S. 1988. Local induction of a cytotoxic factor in a murine tumor by systemic administration of an antitumor polysaccharide, MGA. *Br. J. Cancer* 57:170-173.
- (접수일자 : 2005. 2. 4. / 채택일자 : 2005. 6. 7.)