

## 해조류 에탄올 공정 부산물 급여가 육계의 생산성, 도체 특성 및 면역 활성에 미치는 영향

김기수<sup>†</sup> · 이숙경 · 최영선 · 하창호 · 김원호  
전라남도농업기술원 축산연구소

### Effects of Dietary of By Products for Seaweed (*Eucheuma spinosum*) Ethanol Production process on growth performance, Carcass Characteristics and Immune Activity of Broiler Chicken

Ki Soo Kim<sup>†</sup>, Suk Kyung Lee, Young Sun Choi, Chang Ho Ha and Won Ho Kim  
Livestock Institute, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Kangjin 527-822, Korea

**ABSTRACT** The present study was performed to assess the worth of using the by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) as broiler feeds. For this purpose, 225 broiler chicks (white mini broilers) were used as experimental animals. The control (Control group) was fed with the broiler feeds. 5% mixture (5% SEPPB group) was fed with a 5% SEPPB mixture feeds, and the 10% mixture (10% SEPPB group) was fed with a 10% SEPPB group mixture feeds. The experiment was repeated for five times and 15 birds were assigned in each experiment and the experimental period was five weeks. There was no difference in the rate of weight gain until the second week of the 5% SEPPB group and 10% SEPPB group. However, the weight gain rate was increased to 6.2% for the 5% SEPPB group and 11.4% for the 10% SEPPB group as compared to the Control group at the third weeks of the experimental period. There was no statistical significant difference in terms of feed FCR and feed intake. Analyses of the quality of chicken breasts showed that pH was 2.5% higher in the 5% SEPPB group and 2.3% higher in the 10% SEPPB group. Shearing force was 31.3% lower in the 5% SEPPB group and 14.7% lower in the 10% SEPPB group, while heating loss was 14.4% lower for 5% SEPPB group and 10% SEPPB group when compared to the Control group. No significant differences were observed in terms of moisture, protein, and crude ash components in chicken breast analyses. However, crude fat was 36.8% higher in the 5% SEPPB group when compared to the Control group ( $P<0.05$ ). Analyses of fatty acid in chicken breast meat showed that stearic acid was significantly higher in the 10% SEPPB group ( $P<0.05$ ) and linolenic acid was significantly higher in 5% SEPPB group and 10% SEPPB group in comparison to the Control group ( $P<0.05$ ). Interleukin-2 (IL-2) in blood serum was 44% higher in the 5% SEPPB group and 36% higher in the 10% SEPPB group ( $P<0.05$ ). Interleukin-6 (IL-6) was similar in both the Control and the 5% SEPPB group, but it was 62% higher in the 10% SEPPB group in comparison to the Control group ( $P<0.05$ ). Analyses of serum chemical values revealed that albumin was the highest in the 5% SEPPB group, followed by the Control group and then 10% SEPPB group.

(Key words : seaweed, broiler feeds)

## 서 론

근래 화석연료의 가격 상승으로 곡류에서 대체 에너지를 생산하고, 기상 악화에 의한 수확량 감소로 국제 곡류가격의 상승함에 따라 국내 배합사료 가격도 상승하고 있다. 국내 축산업은 사료생산 기반이 취약하여 배합사료 원료뿐만

아니라 조사료도 수입하여 가축을 사육하고 있는 실정으로, 축산 선진국에 비해 축산물 생산비가 높아 국내 축산 경쟁력 제고에 큰 장애 요인이 되고 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 사료비 절감 방안으로 농림수산 부산물을 사료로 이용하여 생산비를 절감하고 있다. 특히 농산부산물에 대한 사료가치 및 이용성에 대한 연구(Kim et al., 2007; Lee,

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : kimkissoo@korea.kr

2008)를 통해 버섯부산물, 맥주박, 비지, 미강 등이 사료가치가 있으며, 특히 맥주박이 에너지가 높고 단백질 함량이 높아 사료가치가 우수한 것으로 보고되었다(Polan et al., 1985; Belibasakis and Tsigogianni, 1996; Gondwe et al., 2012). 임산물에 대한 이용 보고는 주로 버섯 폐배지를 이용한 연구가 보고되었다(갈상완 등, 2011). 이렇듯 사료비 절감을 위하여 부산물은 효율적으로 이용하기 위한 노력이 수행되고 있으며, 부산물을 사료로 이용한다면 환경 부하를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 사료비 절감을 통해 가축의 생산성을 증대할 수 있다.

해조류에는 탄수화물 및 단백질이 풍부할 뿐만 아니라, 무기질, 비타민, 단백질, 섬유소가 풍부하고 지방함량이 낮다(Gupta and Abu-Ghannam, 2011). 최근 화석연료를 대체하기 위해 해조류에 함유된 셀룰로오스계 세포벽과 전분 등 탄수화물을 가수분해하여 에탄올을 생산하고 있다(Okuda, 2008; Guerriero et al, 2010; Wang et al, 2011; 나춘기 등, 2011). 해조류의 가수분해과정에서 탄수화물을 제외한 섬유소, 단백질, 무기질 및 생리활성 물질 등의 성분이 부산물로 남으며, 이러한 부산물을 가축의 사료로 이용한다면 사료비 절감과 다양한 생리활성 물질에 의한 생산성을 향상시킬 수 있다.

따라서 본 시험은 해조류 에탄올 생산공정에서 발생하는 부산물을 육계에 급여하여 사료가치 및 급여효과를 평가하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물 및 시험구 배치

본 시험에 공시된 공시동물로 소형 육계(백세미) 초생주(1일령)를 225수 공시하여 5주간 사양시험을 실시하였다. 질병 예방을 위하여 공시축에 육계 백신 프로그램을 적용하여 백신을 접종하였다. 1일령에 뉴캐슬병 예방백신 1차를 접종하고, 10일령에 뉴캐슬병 2차 접종하였다. 시험구 구성은 육계사료 급여구를 대조구(control)로 하고, 부산물 5% 혼합구(5% SEPPB), 10% 혼합구(10% SEPPB)로 분류하고, 처리구별 5반복, 반복별로 15수로 편성하여 5주간 사양시험을 실시하였다.

### 2. 시험사료 및 사양환경

시판되는 육계사료(광주축협사료)를 기본사료로 하고, (주)바이올시스템즈에서 에탄올 생산을 위해 원료로 사용되었

**Table 1.** Chemical composition of by products for seaweeds (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) (%)

Moisture <sup>1)</sup>	Crude protein	Ether extract	Crude fiber	Crude ash	NFE <sup>2)</sup>
10	7.24	0.94	48.96	14.44	18.42

<sup>1)</sup> All values were expressed on a dry matter basis.

<sup>2)</sup> NFE : Nitrogen free extract.

던 해조류(*Eucheuma spinosum*)의 부산물을 건조하여 공시하였다. 예비시험에서 부산물이 기호성이 떨어지는 것을 보완하기 위하여 부산물을 건조 전에 물로 2회 세척하여 부산물의 특유취를 저감시켜 시험에 공여하였다. 부산물의 영양 성분은 Table 1에서와 같다. 부산물을 일반성분 분석은 AOAC(Association of Official Analytical Chemists, 1995) 방법으로 분석하였다. 부산물의 조단백질 7.24%, 조지방 0.94%, 조섬유 48.96%, NFE 18.42%로 조단백질의 함량은 옥수수과 비슷한 수준이었으며, 조섬유는 매우 높았다(Table 1).

시판되는 육계사료(광주축협사료)를 기본사료로 하고, (주)바이올시스템즈에서 에탄올 생산을 위해 원료로 사용되었던 해조류 (*Eucheuma spinosum*)의 부산물을 기본사료에 부산물을 5%와 10%를 혼합하여 육계가 요구하는 조단백질이 20.0%를 충족시키도록 배합비를 조정하여 사양시험에 공여하였다 (Table 2).

육계의 시험사육은 2 m<sup>2</sup>의 평사에 각 15수씩 배치하였으며, 사육온도는 1주령에서는 35℃, 2주령에서는 30℃, 3주령에서는 25℃로 맞춰 사육하였다. 물과 사료섭취는 자유 채식하도록 하였으며, 기타 사양기준은 국립축산과학원 사양기준을 적용하였다.

### 3. 조사 항목 및 조사 방법

#### 1) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율 조사

체중 및 사료섭취량 측정은 시험 개시부터 종료 시까지 전 기간을 1주일 간격으로 체중을 측정하였으며, 사료섭취량은 1주일 간격으로 반복별로 사료 급여량에서 잔량을 감하여 사료섭취량을 구하였다. 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어서 구하였다.

#### 2) 혈청생화학치 및 혈청면역 조사

시험 종료일에 처리구별로 각 10수씩 선발하여 익하정맥에서 채혈한 후 혈청을 분리하여 혈청화학치와 면역혈청을

**Table 2.** Formula composition of basal diet and mixture By products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) diet

Ingredients (%)	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
Corn grain	46.32	43.10	41.23
Wheat grain	-	10.0	5.0
Wheat	7.0	2.0	2.0
Tapioca (P)	3.85	-	-
Rapeseedmeal india	4.0	-	-
Palm meal (IMP)	2.0	-	-
Soybean meal (Lo)	-	9.15	10.17
Soybean meal (IMP)	25.0	17.34	17.56
Corn glutenmeal (60%)	-	3.85	3.85
Corn germmeal (Lo)	-	-	0.30
DDG/S	5.0	0.9	1.0
Soybean (EXT)	-	2.5	2.5
SEPPB <sup>1)</sup>	-	5.0	10.0
Animal fat	3.50	1.55	2.00
Limestone fine	1.42	1.25	1.22
Other	19.1	3.35	3.2
Total	100	100	100

<sup>1)</sup>SEPPB: By products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process

조사하였다. 혈청 화학치는 생화학 분석기로 분석 키트(FUJI DRI-CHEM SLIDE, Japan)를 이용하여 GOT, GPT, Albumin, Creatinine, BUN, T-bilirubin, T-cholesterol의 10종을 조사하였으며, 혈청 면역은 효소면역법으로 혈청 내 Interleukin-2(IL2)와 Interleukin-6(IL6)는 ELIZA Kit(Usen Life Science Inc. Wuhan)를 이용하여 분석하였다.

### 3) 닭고기의 일반성분 및 육질특성 분석

해조류 에탄올 공정 부산물 사료 급여에 따른 일반성분 및 육질 특성 변화를 조사하기 위하여 시험 종료일에 처리구 별로 5반복으로 검사할 수 있는 수량을 도제하여 가슴살의 일반성분, 지방산 및 육질특성을 조사하였다. 일반성분으로 수분, 단백질, 지방 및 회분(%)은 AOAC방법(1995)에 준하여 분석하였으며, 지방 및 수분 함량은 CEM 자동추출장치(Labwave 9000/FAS 9001, CEM Corp., Matthews, NC, USA)

를 이용하여 측정하였다. 단백질은 Kjeltex System(Kjeltex Auto 2400/2460, Foss Tecator AB, Hoganas, Sweden)을 이용하여 분석하였으며, 회분은 회분분석기(MAS 7000, CEM Corp., Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하였다. 지방산 조성은 Foch et al.(1957)의 방법에 따라 시료 50 g과 chloroform : methanol(2 : 1) 용액 250 mL를 homogenizer 3,000 ppm로 균질하여 지질을 추출한 다음 무수황산나트륨을 이용하여 수분을 제거하고 여과액을 50~55℃에서 농축한 후 1 mL tricosanic acid를 먼저 첨가하였다. 1 mL 0.5N NaOH를 첨가하고 100℃에서 20분간 가열한 후 30분간 방냉한 다음 BF<sub>3</sub>를 2 mL 첨가하고 20분간 가열한 후 30분간 방냉하여 heptane과 4 mL NaCl 첨가한 후 상등액을 취하여 GC에 주입하여 측정하였다. 육질 특성으로 pH는 세절육 10 g에 증류수 90 mL를 가하고, homogenizer로 10,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 pH meter로 측정하였으며, 전단력은 시료를 80℃ water-bath에 넣고 40분간 가열한 후, 30분간 방냉시킨 후 시료를 가로×세로×높이를 각각 1×2×1 cm가 되도록 절단하여 Rheo meter(Model Compac-100, SUN SCIENTIFIC Co., LTD.)의 Shearing, Cutting Test로 Max weight를 측정하였다. 사용 프로그램은 R.D.S(Rheology Data System) Ver 2.01을 이용하였다. Table speed는 110 mm/min, Graph Interval은 20 msec, Load cell(max)는 10 kg의 조건으로 하였다. 가열 감량은 3 cm 두께의 계육 슬라이스를 원형(중량 150±5 g)으로 정형한 후, Polypropylene bag에 넣고 진공 포장하여 80℃ water-bath에 넣고 40분간 가열한 후 30분간 방냉시킨 후, 가열 후 감량된 무게를 초기시료의 무게비율(%)로 측정하였다. 보수력은 원심분리법을 이용하였다. 분쇄된 시료 0.5±0.05 g을 원심분리관의 상부 filter 관에 넣고 80℃ water-bath에 넣고 20분간 가열한 후 10분간 방냉시켰다. 상부 filter관을 원심분리관 하부에 넣고 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 남은 시료를 가열 전 시료무게 비율로 표시하였다.

### 4) 통계처리

실험에서 얻어진 모든 자료들의 통계 분석은 SAS Statical Package Program (2005)에 의하여 분산분석을 실시하고, 처리구 간에 평균값의 유의성 검정은 Duncan's multiple range-test (Duncan, 1955)를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

**Table 3.** Effect of dietary by products for seaweeds (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the growth performance of broiler chicken

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
0~7 days			
Initial body weight (g/bird)	44.8 ± 1.14	45.3 ± 1.34	44.6 ± 1.07
Final body weight (g/bird)	104.5 ± 5.23	103.8 ± 3.01	100.7 ± 7.35
Weight gain (g/d/bird)	8.52 ± 0.74	8.35 ± 0.46	8.01 ± 1.14
Feed intake (g/d/bird)	18.21 ± 0.03	17.6 ± 0.05	17.23 ± 0.06
Feed conversion (d)	2.14 ± 0.17	2.11 ± 0.12	2.15 ± 0.39
8~14 days			
Final body weight (g/bird)	216.3 ± 16.47	215.8 ± 17.64	209.1 ± 11.84
Weight gain (g/d/bird)	15.97 ± 2.82	15.25 ± 2.22	15.23 ± 1.27
Feed intake (g/d/bird)	31.14 ± 0.56	30.86 ± 1.34	31.43 ± 0.54
Feed conversion (d)	1.95 ± 0.36	2.02 ± 0.31	2.06 ± 0.17
15~21 days			
Final body weight (g/bird)	403.2 ± 18.08	409.1 ± 14.53	384.9 ± 14.65
Weight gain (g/d/bird)	26.70 ± 2.90 <sup>a</sup>	27.98 ± 2.82 <sup>a</sup>	25.11 ± 2.70 <sup>b</sup>
Feed intake (g/d/bird)	56.64 ± 0.29	56.10 ± 0.73	55.43 ± 0.51
Feed conversion (d)	2.12 ± 0.27	2.01 ± 0.19	2.21 ± 0.26
22~28 days			
Final body weight (g/bird)	631.5 ± 56.72	645.0 ± 39.30	618.0 ± 36.38
Weight gain (g/d/bird)	32.61 ± 7.55	35.08 ± 4.35	33.30 ± 6.22
Feed intake (g/d/bird)	55.33 ± 1.21	55.43 ± 0.42	55.24 ± 0.87
Feed conversion (d)	1.70 ± 0.46	1.58 ± 0.24	1.66 ± 0.32
29~35 days			
Final body weight (g/bird)	885.5 ± 79.28	935.5 ± 75.07	883.5 ± 73.41
Weight gain (g/d/bird)	34.91 ± 8.36 <sup>b</sup>	46.27 ± 10.88 <sup>a</sup>	42.24 ± 10.48 <sup>ab</sup>
Feed intake (g/d/bird)	66.24 ± 0.23	66.43 ± 0.03	66.33 ± 0.11
Feed conversion (d)	1.90 ± 0.54 <sup>a</sup>	1.44 ± 0.49 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.41 <sup>ab</sup>
0~35 days			
Initial body weight (g/bird)	44.8 ± 1.14	45.3 ± 1.34	44.6 ± 1.07
Final body weight (g/bird)	885.5 ± 79.28	935.5 ± 75.07	883.5 ± 73.41
Weight gain (g/d/bird)	24.02 ± 10.75	25.43 ± 10.2	23.97 ± 9.94
Feed intake (g/d/bird)	45.29 ± 0.27	45.29 ± 0.41	45.13 ± 0.31
Feed conversion (d)	1.86 ± 0.17	1.78 ± 0.14	1.88 ± 0.15

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

해조류에서 에탄올을 생산하고 남은 부산물을 육계사료에 5%와 10%를 배합하여 5주간 급여하고 얻은 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 3에서 보는 바와 같다. 1~2주령의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료요구율은 처리구 간에 차이가 없었으며, 3주령의 10% 혼합구에서 일당 증체량이 유의적으로 낮았다( $P<0.05$ ). 또한 5주령의 사료요구율은 5%와 10% 혼합구에서 유의적으로 낮은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). 시험 전기간의 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료요구율은 통계적 유의성은 인정되지 않았으나, 대조구와 10% 혼합구에서 동일한 결과를 보인 반면, 5% 혼합구에서 대조구와 10% 혼합구에 비해 종료체중은 5.6%, 일당증체량은 약 3.7% 높았으며, 사료요구율은 5.0% 낮은 것으로 나타났다. 따라서 부산물을 5% 혼합이 적정할 것으로 판단된다. 또한 실험구에서 3주령까지에서 FCR이 나쁜 이유로 소화기관이 덜 발달된 어린 병아리에 부산물에 높게 함유된 조섬유와 조회분이 소화를 방해한 것으로 사료된다. 사료용 옥수수의 일반성분은 조단백질이 7.43%, 조지방 3.51%, 조섬유가 2.50% 함유하고 있고(박중국 등, 2011) Table 1에서 해조류 부산물의 일반성분은 조단백질 7.24%, 조지방 0.94%, 조섬유 48.96%를 함유하고 있어 해조류를 에탄올 생산 공정 부산물을 단위동물의 사료로 이용 가능한 것으로 나타났으나, 조지방 함유량은 낮고 조섬유의 함량이 높은 것을 유념하여 사료를 배합한다면 사료 절감 효과가 있을 것으로 사료된다. 농업부산물로 맥주박, 미강, 참깨묵, 버섯부산물 등이 있으며, 맥주박은 수분 72.1%, 조단백질 8.1%를 함유하고 있으며, 미강은 조단백질 12.48%, 조지방 17.15%를 함유하고 있고, 참깨묵은 조단백질이 45.28% 함유, 느타리버섯 및 팽이 버섯 부산물은 조단백질이 각각 4.88%, 4.49%를 함유하고, 조섬유가 15.21%, 18.86% 함유하고 있으나, 저장성이 없어 사료화에 걸림돌이 되고 있다고 보고하였다(백열창, 2012).

## 2. 닭고기의 일반성분

해조류 부산물을 35일간 혼합 급여한 후 도계하여 닭고기 가슴살의 일반성분을 분석 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 수분 함량은 처리구 간에 차이가 없었으며, 조지방의 함량은 대조구와 10% 혼합구에서 유의적으로 낮거나 비교적 낮았다( $P<0.05$ ). 조단백질과 조회분의 함량은 차이가 없었다.

## 3. 닭고기의 육질 특성

해조류 부산물을 35일간 혼합 급여한 후 도계하여 닭고

기 가슴살의 육질특성을 분석한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. 해조류 부산물 혼합급여로 pH는 유의적으로 높아 생체 활력 유지에 간접적으로 좋은 영향을 미칠 수 있고, 전단력은 혼합구에서 유의적으로 낮아 육질이 부드러워 상품성을 제고할 수 있을 것으로 판단된다. 가열감량은 혼합급여구에서 유의적으로 감소하여 가열시 감량이 적고, 보수력은 비교적 높아 품질 유지에 좋은 효과를 미칠 것으로 판단된다( $P<0.05$ ). 닭고기의 육질 특성은 급여 물질에 따라 달라질 수 있으며, 솔잎 분말을 급여한 계육의 pH, TBARS는 솔잎의 급여량이 증가함에 따라 낮아지는 결과를 보여 지방산화 지연으로 계육의 저장성 향상에 도움이 될 것으로 기대된다고 보고하였다(박창일과 김영직, 2011). 감귤주스 착즙과정에 발생된 부산물을 배합사료 4% 혼합하여 토종닭에 급여할 때 토종닭의 가슴살 및 다리살의 열량, 수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 구성아미노산 총량, 유리아미노산 총량 및 포화지방산·불포화지방산 조성비는 모두 감귤부산물 급

**Table 4.** Effect of dietary by products for seaweeds (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the proximate composition of broiler chicken breast meat

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
Moisture (%)	75.01±0.29	74.95±0.24	75.08±0.25
Crude fat (%)	0.38±0.16 <sup>ab</sup>	0.52±0.27 <sup>a</sup>	0.24±0.03 <sup>b</sup>
Crude protein (%)	23.13±0.26	23.04±0.41	23.21±0.20
Ash (%)	1.01±0.04	1.02±0.04	0.98±0.03

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

**Table 5.** Effect of dietary by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the carcass characteristic of broiler chicken breast meat

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
pH	5.90±0.04 <sup>b</sup>	6.05±0.08 <sup>a</sup>	6.04±0.10 <sup>a</sup>
Shear force test (kg/0.5inch <sup>2</sup> )	2.18±0.30 <sup>a</sup>	1.66±0.17 <sup>b</sup>	1.90±0.26 <sup>ab</sup>
Cooking loss (%)	21.60±0.94 <sup>a</sup>	18.88±0.98 <sup>b</sup>	18.89±1.85 <sup>b</sup>
Water holding capacity (%)	61.29±1.20	61.88±1.64	61.33±1.28

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

여에 의한 유의적 차이를 보이지 않았으나 다리살은 무기질의 인, 칼륨, 마그네슘, 그리고 비타민 B<sub>2</sub>, 유리아미노산의 L- glutamic acid, 지방산의 oleic acid 및 linoleic acid 함량이 유의하게 높게 나타나서 감귤부산물 급여 효과가 있었다 ( $p<0.05$ )고 보고하였다(양승주 등, 2008).

#### 4. 닭고기의 지방산 조성

해조류 부산물을 35일간 혼합 급여한 후 도계하여 닭고기 가슴살의 지방산을 분석한 결과는 Table 6에서 보는 바와 같다. 육류 중에 가장 많이 함유되는 Oleic acid는 부산물 혼합 비율이 높아짐에 따라 유의적으로 낮아졌으며,  $\omega$ 3계열의 지방산인 Linolenic acid의 함량은 부산물 혼합급여구에서 유의적으로 높았으나( $P<0.05$ ), Eicosapentaenoic acid (EPA)와 Docosahexaenoic acid(DHA)는 전 처리구에서 검출되지 않았다. 또한 불포화지방산의 함량은 부산물을 혼합 급여구에서 높아지는 경향을 보였으며, 특히 10% 혼합구에

서 유의적으로 높게 나타났다( $P<0.05$ ). 닭고기의 지방산은 급여사료 또는 성분 및 사육일령에 따라 변화되며, 육계에 대한 아마씨유 또는 어유의 급여는 대조군인 일반 사료를 급여한 육계에 비하여 높은  $\omega$ 3 지방산 함량을 나타내었으며, 특히 어유를 급여한 처리구에서는 높은 비율의 eicosapentaenoic acid와 docosahexaenoic acid를 나타내었다고 보고하였다(Narciso-Gaytanet al., 2011; Shin et al., 2011). 사육 일령이 육계의 가슴살의 지방산 함량에 영향을 미치며, 30일령, 36일령 및 42일령의 지방산의 함량 조사에서 사육 기간이 경과함에 따라 palmitoleic acid, oleic acid, linolenic acid는 감소하고, linoleic acid, arachidonic acid, EPA, DHA 등은 증가한다고 보고하였으며, 불포화지방산의 함량은 변화가 없음을 보고하였다(채현석 등, 2012).

#### 5. 면역 활성

해조류 부산물을 35일간 혼합 급여한 후 채혈하여 혈청

**Table 6.** Effect of dietary by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the composition fatty acid of broiler chicken breast meat

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
Myristic acid (C14:0)	1.12±0.06 <sup>a</sup>	0.80±0.11 <sup>b</sup>	0.79±0.02 <sup>b</sup>
Palmitic acid (C16:0)	22.30±0.59	22.36±1.17	22.12±0.48
Palmitoleic acid (C16:1n7)	4.57±0.35	4.41±0.51	3.96±0.47
Stearic acid (C18:0)	6.96±0.58 <sup>b</sup>	7.50±0.51 <sup>b</sup>	8.79±0.41 <sup>a</sup>
Oleic acid (C18:1n9)	45.55±1.10 <sup>a</sup>	42.05±1.15 <sup>b</sup>	39.65±0.47 <sup>c</sup>
Vaccenic acid (C18:1n7)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Linoleic acid (C18:2n6)	17.21±0.89 <sup>b</sup>	19.69±1.70 <sup>a</sup>	21.07±0.27 <sup>a</sup>
$\gamma$ -Linoleic acid (C18:3n6)	0.12±0.02	0.13±0.02	0.15±0.03
Linolenic acid (C18:3n3)	0.56±0.05 <sup>b</sup>	0.88±0.13 <sup>a</sup>	0.80±0.03 <sup>a</sup>
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.47±0.14	0.43±0.06	0.42±0.08
Arachidonic acid (C20:4n6)	1.14±0.00 <sup>b</sup>	1.75±0.64 <sup>ab</sup>	2.26±0.44 <sup>a</sup>
Eicosapentaenoic acid (EPA)(C20:5n3)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Docosatetraenoic acid (C22:4n6)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Docosahexaenoic acid (DHA)(C22:6n3)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
Total	100	100	100
Saturated fatty acid (SFA)	30.38±0.48 <sup>b</sup>	30.66±0.85 <sup>b</sup>	31.70±0.46 <sup>a</sup>
Mono unsaturated fatty acid (MUFA)	50.59±1.20 <sup>a</sup>	46.89±1.45 <sup>b</sup>	44.02±0.66 <sup>c</sup>
Poly unsaturated fatty acid (PUFA)	19.03±1.00 <sup>b</sup>	22.45±2.15 <sup>a</sup>	24.28±0.60 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row differ significantly ( $P<0.05$ ).

면역활성을 조사한 결과는 Table 7에서 보는 바와 같다. 혈청내 Interleukin-2(IL-2)의 함량은 대조구에 비해 5% 혼합구에서 약 44%, 10% 혼합구에서 약 36%로 유의적으로 높은 결과를 보였으며( $P<0.05$ ), Interleukin-6(IL-6)의 함량은 대조구와 5% 혼합구에서는 유사하였으나, 대조구에 비해 10% 혼합구에서 약 62% 정도의 유의적으로 높은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). IL-2는 T세포, B세포, NK세포, LAK세포, 대식세포호중구 등에 작용하여 세포주기를 진행시키는 진행인자로서 작용한다. 호중구에 의한 중앙괴사인자(TNF $\alpha$ )의 생산, 대식세포로부터의 형질전환 증식인자(TGF $\beta$ )의 생산, IL-8의 생산, TNF의 생산, T세포로부터의 IL-5의 생산 등이 알려져 있지만, T세포, NK세포에서 인터페론 $\gamma$ 생산의 유도는 시토카인 네트워크 형성에도 중요한 위치를 차지한다. IL-6는 B세포의 항체 생산 세포로의 최종 분화를 유도하는 B세포자극인자2(BSF-2)로 당단백질, T림프구, B림프구, 대식세포, 섬유아세포 등 여러 세포에서 생산되는 시토카인이며, 면역 응답, 조혈계와 신경계 세포의 증식 및 분화, 급성 반응 등에 관여하여 면역을 활성화 시킨다(김세중, 1994). 따라서 높은 수준의 IL-2와 IL-6 함량은 육계의 면역성을 향상뿐만 아니라 면역 활성 증가로 무항생제 친환경 축산물 생산에 일조할 것으로 판단된다. 해조류에는 Lectin과 면역 증강 효과를 가진 물질들이 다량 함유되어 있으며, 갈조류 중 감태 부산물을 가금류에 급여하고 *Salmonella*를 인공적으로 감염시켰을 때 TNF- $\alpha$ 의 농도가 상승하고 폐사율이 감소한 결과를 보였으며, 돼지에서는 혈장 내 IL-1 $\beta$  농도가 유의적으로 높았다고 보고하였다(김성권 등, 2004). 한편으로 산삼 배양근 다당체를 생쥐에 투여하였을 때 활성화된 macrophage는 nitric oxide 및 IL-6, IL-12와 같은 염증성 cytokine의 분비를 유도함으로써 체내 면역기능을 증강시킬 수 있는 가능성이 있다고 하였으며(남소현 등, 2012), 손은화 등(2012)은 홍삼 추출물을 mouse에 투여하였을 때 IFN- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ , IL-2, IL-6

**Table 7.** Effect of dietary by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the immune activity of broiler chicken

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
Interleukin-2 (pg/ml)	360.99 $\pm$ 46.29 <sup>b</sup>	519.09 $\pm$ 95.19 <sup>a</sup>	490.82 $\pm$ 74.89 <sup>a</sup>
Interleukin-6 (pg/ml)	182.34 $\pm$ 23.96 <sup>b</sup>	184.66 $\pm$ 15.42 <sup>b</sup>	299.25 $\pm$ 50.06 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

및 IL-12의 분비량을 모두 증가시켰다고 보고하였다.

## 6. 혈청 화학치

해조류 부산물을 35일간 혼합 급여한 후 채혈하여 혈청 화학치를 조사한 결과는 Table 8에서 보는 바와 같다. Albumin (ALB)의 함량은 5% 혼합구에서 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 다음으로 대조구, 10% 혼합구 순으로 나타났다. 시험구에서 Blood urea nitrogen(BUN), Glutamic-pyruvic transaminase(GPT), Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT), bilirubin(TBIL), Creatine(CRE), cholesterol(CHO), Inorganic phosphorus(IP), Triglyceride(TG), High-density lipoprotein cholesterol(HDLC), Magnesium(Mg), Glucose(GLU), protein (TP)의 수준은 차이가 없었으나, 미네랄인 Na과 Cl의 농도는 유의적으로 낮게 나타났다. 부산물 급여에 따른 Na와 Cl를 제외한 대부분의 혈청화학 성분 함량에 차이를 보이지 않아 혈청화학적으로 악영향을 주지 않은 것으로 판단되며, 낮은 혈청 Na와 Cl의 함량은 부산물 혼합에 따른 시험사료 내 소금 함량이 상대적으로 낮아진 결과로 판단된다.

**Table 8.** Effect of dietary by products for seaweed (*Eucheuma spinosum*) ethanol production process (SEPPB) on the blood chemical composition of broiler chicken

Items	Control	5% SEPPB	10% SEPPB
ALB (g/dL)	2.56 $\pm$ 0.37 <sup>ab</sup>	2.72 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	2.20 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>
BUN (mg/dL)	2.08 $\pm$ 0.15	2.00 $\pm$ 0.12	2.20 $\pm$ 0.22
GPT (U/L)	7.80 $\pm$ 0.84	8.40 $\pm$ 0.89	7.20 $\pm$ 0.84
GOT (U/L)	201.40 $\pm$ 19.26	208.20 $\pm$ 32.55	180.60 $\pm$ 12.42
TBIL (mg/dL)	2.10 $\pm$ 0.79	2.14 $\pm$ 0.55	1.92 $\pm$ 0.49
CRE (mg/dL)	0.40 $\pm$ 0.07	0.40 $\pm$ 0.00	0.36 $\pm$ 0.05
CHO (mg/dL)	182.40 $\pm$ 16.89	187.2 $\pm$ 12.58	178.00 $\pm$ 21.83
IP (mg/dL)	15.00 $\pm$ 0.00	15.00 $\pm$ 0.00	14.74 $\pm$ 0.58
TG (mg/dL)	164.80 $\pm$ 31.67	124.00 $\pm$ 34.66	141.60 $\pm$ 29.26
HDLC (mg/dL)	107.20 $\pm$ 3.90	109.00 $\pm$ 2.24	107.00 $\pm$ 4.24
Mg (mg/dL)	4.10 $\pm$ 0.64	4.00 $\pm$ 0.48	4.18 $\pm$ 0.78
GLU (mg/dL)	346.00 $\pm$ 11.31	339.60 $\pm$ 2.41	335.20 $\pm$ 11.30
TP (g/dL)	5.34 $\pm$ 0.66	5.64 $\pm$ 0.57	5.40 $\pm$ 0.44
Na (mEq/L)	145.00 $\pm$ 2.24 <sup>a</sup>	139.00 $\pm$ 3.00 <sup>b</sup>	136.20 $\pm$ 1.64 <sup>b</sup>
Cl (mEq/L)	109.20 $\pm$ 2.03 <sup>a</sup>	103.20 $\pm$ 1.30 <sup>b</sup>	101.40 $\pm$ 2.97 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Values with different superscripts in the same column differ significantly ( $P<0.05$ ).

## 적 요

해조류 에탄올 생산공정에서 남은 부산물을 사료화하기 위하여 부산물을 육계에 급여하여 사료가치를 평가하고자 시험하였다. 공시동물로 소형 육계(백세미) 초생추(1일령) 225수를 공시하였다. 시험구 편성은 육계 사료를 급여한 처리구를 Control로 하고, 전체 사료량에서 부산물 5% 혼합한 처리구를 5% SEPPB, 10% 혼합한 처리구를 10% SEPPB로 3처리로 분류하고, 처리구별 5반복 반복별 15수씩 공시하여 5주간 사양시험을 실시하였다. 증체량은 2주령까지는 처리구 간에 차이가 없었으나, 3주령에서 10% SEPPB에 비해 Control과 5% SEPPB에서 각각 6.2%, 11.4% 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 5주령에서는 5% SEPPB에서 Control에 비해 32.3% 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 사료섭취량과 사료요구율은 처리구 간에 유의적인 차이는 없었다. 가슴살의 육질특성 분석에서 pH는 Control에 비해 5% SEPPB와 10% SEPPB에서 각각 2.5%, 2.3% 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 전단력은 Control에 비해 5% SEPPB와 10% SEPPB에서 각각 31.3%, 14.7%로 유의적으로 낮았고 가열감량은 Control에 비해 5% SEPPB와 10% SEPPB에서 14.4%로 유의적으로 낮았다( $P>0.05$ ). 가슴살의 일반성분 분석에서 수분, 조단백질, 조회분의 함량은 처리구 간에 차이가 없었으나, 조지방은 Control에 비해 5% SEPPB에서 6.8% 높았으며( $P<0.05$ ), 지방산 함량은 stearic acid가 10% SEPPB에서 유의적으로 높았고( $P<0.05$ ), linolenic acid는 5% SEPPB 및 10% SEPPB에서 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 혈청 내 Interleukin-2(IL-2)의 함량은 Control에 비해 5% SEPPB에서 약 44%, 10% SEPPB에서 약 36%로 유의적으로 증가하였으며( $P<0.05$ ), Interleukin-6(IL-6)의 함량은 Control와 5% SEPPB에서는 유사하였으나, 10% SEPPB에서 약 62% 정도의 유의적으로 높은 결과를 보였다( $P<0.05$ ). 혈청화학치 조사에서 Albumin의 함량은 5% SEPPB에서 유의적으로 높았으며( $P<0.05$ ), 다음으로 Control, 10% SEPPB 순으로 높은 함량을 나타냈다. 이와 같은 결과에서 해조류 에탄올 공정 부산물은 사료로써 가치가 있는 것으로 판단된다. 특히 높은 면역활성을 일으키는 물질이 함유되고 있는 것을 알 수 있었다.

(색인어 : 해조류, 육계 사료)

## 인용문헌

AOAC 1995 Official Methods of Analysis. 16th ed. Asso-

- ciation of Official Analytical Chemists. Washington DC. USA.
- Belibasakis NG, Tsirgogianni D 1996 Effects of wet brewers grains on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. Anim Feed Sci Technol 57:175-181.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1-42.
- Folch J, Lees M, Sloane-stanley GH 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem 226:505.
- Gondwe TNP, Mtimuni JP, Safalaoh ACL 2012 Evaluation of brewery by-products replacing vitamin premix in broiler finisher diets. Indian J Anim Sci 69: 347-349.
- Guerrero G, Fugelstad J, Bulone V 2010 What do we really know about cellulose biosynthesis in higher plant?. J Integr Plant Biol 52(2):161-175.
- Gupta S, Abu-Ghannam N 2011 Recent developments in the application of seaweeds or seaweed extracts as a means for enhancing the safety and quality attributes of foods. Inno Food Sci and Emerg Technol 12:600-609.
- Kim YI, Jung SH, Yang SY, Huh JW, Kwak WS 2007 Ruminant nutrition : Effects of cellulolytic microbes inoculation during deep stacking of spent mushroom substrates on cellulolytic enzyme activity and nutrients utilization by sheep. J Anim Sci & Technol 49(5):667-676.
- Lee SM 2008 Effects of agricultural by-product feeds on growth and carcass characteristics of Korean native steer. J Korean Soci Grassl and Forage Sci 28(1):41-48.
- Narciso-Gaytan C, Shin D, Sams AR, Keeton JT, Miller RK, Smith SB, Sanchez-Plata MX 2011 Lipid oxidation stability of omega-3- and conjugated linoleic acid-enriched sous vide chicken meat. Poultry Sci 90:473-480.
- Okuda K, Oka K, Onda A, Kajiyoshi K, Hiraoka M, Yanagisawa K 2008 Hydrothermal fractional pretreatment of sea algae and its enhanced enzymatic hydrolysis. J Chem Technol and Biotech 83:836-841.
- Polan CE, Herrington TA, Wark WA, Armentano LE 1985 Milk production response to diets supplemented with dried brewers grains, wet brewers grains, orsoyahean meal. J Dairy Sci 68:2016-2026.

- Shin D, Narciso-Gaytan C, Park JH, Smith SB, Sanchez-Plata MX, Ruiz-Feria CA 2011 Dietary combination of the effects of conjugated linoleic acid and flaxseed or fish oil on the deposition of linoleic and arachidonic acid in poultry meat. *Poult Sci* 90:1340-1347.
- Wang X, Liu X, Wang G 2011 Two-stage hydrolysis of invasive algal feedstock for ethanol fermentation. *J Integr Plant Biol* 53:246-252.
- 갈상완 문여황 조수정 2011 새송이버섯 수확 후 배지 발효 산물 첨가급여가 한우 거세우의 성장과 도체등급에 미치는 영향. *생명과학회지* 21(12):1705-1709.
- 김성권 유종선 안병기 박근규 이훈택 송창선 허억 강창원 2001 사료 내 감태 및 감태로부터 추출한 crude lectin의 첨가가 육계의 생산성 및 면역반응에 미치는 영향. *한국가금학회 제21차 학술발표회* 23-25.
- 김세중 1994 면역학. *고려의학* 147-157.
- 나춘기 송명기 손창인. 2011. 산 가수분해와 발효에 의한 해조류로부터 에탄올 생산. *한국신재생에너지학회지* 7(3): 6-16.
- 남소현 이영경 홍희도 이영철 김영찬 신광순 조장원 2012 산삼 배양근에서 분리한 다당의 면역자극 활성화에 미치는 효과. *한국식품영양학회지* 25(4):755-761.
- 박중국 임동현 김상범 기광석 이현준 권응기 조원모 김창현 2011 농산부산물을 이용한 *In Vitro* 반추위발효 특성 및 적정 배합수준을 통한 옥수수 및 대두박 대체 효과. *한국동물자원과학회지* 53(5):441-450.
- 박창일 김영직 2011 솔잎 분말 첨가 사료가 계육의 품질 및 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 38(4): 247-254.
- 백열창 2012 신이론 신기술 - 한우 사료로서 농식품 부산물 활용 방안. *사료* 55:47-51.
- 손은화 윤재웅 구현정 박대원 정용준 남궁승 한효상 강세찬 2012 홍삼의 생체내 사이토카인 분비에 대한 면역조절 효과. *한국자원식물학회지* 25(5):578-585.
- 양승주 정인철 문윤희 2008 토종닭 고기의 영양 성분에 미치는 감귤부산물 급여의 영향. *생명과학회지* 18(10): 1369-1376.
- 채현석 최희철 나재천 김민지 강환구 김동욱 김지혁 조수현 강근호 서옥석 2012 사육일령이 육계의 가슴 및 다리살의 아미노산·지방산 변화에 미치는 영향. *한국가금학회지* 39(2):77-85.

(접수: 2013. 3. 25, 수정: 2013. 6. 14, 채택: 2013. 6. 14)