

육계에서 담수녹조류 *Euglena* 첨가사료가 생산성 및 흉근의 지방산 조성에 미치는 영향

최선우¹ · 백인기^{1,†} · 박봉선²

¹중앙대학교 산업과학대학 동물자원과학과, ²생활과학대학 식품영양학과

Effect of Dietary Supplementation of Fresh Water Algae *Euglena* on the Performance and Fatty Acid Composition of Breast Muscle of Broiler Chickens

S. W. Choi¹, I. K. Paik^{1,†} and B. S. Park²

¹Department of Animal Science, College of Industrial Science,

²Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Chung-Ang University,
San 40-1 Naeri, Daeduk-Myeon, Ahnsung, Gyunggi 456-756, South Korea

ABSTRACT A feeding trial was conducted with *Euglena* strains grown under different media. The effect of supplementation of *Euglena* on the performance, nutrient availability and fatty acid composition of breast muscle was studied. In experiment 1, two hundred ten hatched broiler chicks (Ross) were assigned to seven dietary treatments for 5 weeks. Each treatment consisted of 3 replications with 10 birds each. Control diet was formulated to have 22% CP and 3,150 kcal ME/kg for starter diet, 19% CP and 3,200 kcal ME/kg for finisher diet. *Euglena gracilis* Z. (EG) was added to control diet at the level of 0.25, 0.5, 1.0% and *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched (EGBD; a strain mutated by streptomycin and cultivated in DHA enriched medium) at the level of 0.5, 1.0, 2.0% in the diet. In experiment 2, two hundred fifty hatched broiler chicks (Ross) were assigned to five dietary treatments: T1; Control, T2; T1 + *Euglena gracilis* Z. DHA enriched (EGD; cultivated in DHA enriched medium) 0.5%, T3; T1 + EGD 1.0%, T4; T1 + EGBD 0.5%, T5; T1 + EGBD 1.0%. The weight gain and feed consumption were measured weekly. Fatty acid composition of breast muscle was determined. In experiments 1 and 2, *Euglena* supplementation had no significant effects on weight gain, feed intake and feed conversion ratio. In experiment 1, EGBD treatments significantly increased DHA concentration but decreased concentration of linoleic acid and arachidonic acid in breast muscle. EGBD 2% treatment showed the highest DHA concentration (14.27%) which is 3.9 times of that of the control (3.66%). In experiment 2, 1.0% EGBD treatment showed highest EPA, lignoceric acid and DHA level in breast muscle ($P < 0.05$). Also, EGD treatments significantly increased DHA and EPA concentration. It was concluded that EGBD and EGD can be supplemented to broiler diet to produce DHA enriched broiler meat.

(Key words: broiler, *euglena*, breast muscle, DHA, EPA)

서 론

근래에 폐기물을 기질로 해서 단세포 단백질(single cell protein)인 미생물을 생산하여 이를 고단백 가축사료로 이용하는 연구가 활발하게 진행되고 있다(Henry et al., 1976; Shuler et al., 1979; Moo-young et al., 1981; 김창원 등, 1987).

단세포 단백질의 일종인 *Euglena*는 동물학과 식물학 쌍방에 기재되어 있는 족이다. 동물학에서는 원생동물(protozoa)의 편모충망(Mastigophorea)에 속한다. *Euglena*는性を 갖지 않고 감수분열을 하지 않기 때문에 유전적으로 대단히 안전하다. 그 형태는 대부분이 방추형이며, 세포 전체의 앞단에서부터 후단까지 줄무늬가 있다. 대표적인 크기는 길이 50 μm ,

본 연구는 농림부 농림기술관리센터의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

[†] To whom correspondence should be addressed : ikpaik@cau.ac.kr

폭이 10 μm 이다. Euglena의 가장 큰 특징 중의 하나는 세포 말단에 편모를 가지고 있어 운동성이 있으며, 세포 안에는 약 8개의 엽록체가 있어 광합성을 수행할 수 있는 것이다. Euglena의 특징은 공기 중 CO_2 를 탄소원으로 이용함으로 지구 온난화의 원인으로 지목되고 있는 대기 중의 CO_2 를 절감하는 수단으로 이용하는 방안에 대해 관심을 끌어들였다.

그린란드 에스키모인과 덴마크 백인을 대상으로 실시한 역학 조사 결과에 의해 수산식품을 주식으로 생활하고 있는 그린란드 에스키모 원주민은 덴마크 백인에 비해 성인병이 거의 없다는 사실을 발표(Dyrborg et al., 1979)한 이후 오메가-3(ω -3 또는 n-3) 지방산에 대한 관심이 집중되어져 왔다. 또한, n-3 지방산을 식이로 강화시킨 고기를 섭취할 때 혈중 콜레스테롤의 저하와 심장 혈관 질환에 대한 방어적인 효과가 인정되었다(Fernandes and Venkatraman, 1993). Masahiro et al.(2001)은 전자현미경을 통해 관찰했을 때, chlorella가 DHA를 세포 내에 저장하는 모습이 관찰되었고, 축적능력이 뛰어나다고 보고하였으며, James and Browse(1999)은 *Euglena gracilis*가 여러 종류의 지방산을 생산하고, 성장과정 동안 탄소수가 20, 22인 다중 불포화지방산을 많이 생성한다고 보고하였다.

이에 본 연구에서는 생물학적 탄산가스 고정화에 사용되는 Euglena를 단세포 단백질 사료자원으로 이용하기 위해서, 육계의 사료에 동결건조시킨 Euglena를 첨가하여 그 이용성과 영향에 대해 알아보는 한편, DHA를 강화시킨 Euglena를 육계의 사료에 첨가해서 육계의 생산성과 계육에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험사료

본 시험에서 사용된 사료의 배합표는 Table 1에서 보는 바와 같이 사료의 에너지 함량과 조단백질 함량이 전기(1~21일)에는 3,150 kcal/kg, 22%, 후기(22~35일)에는 3,200 kcal/kg, 19%가 되도록 하였고, 이를 대조구 사료로 이용하였다. 시험에서 사용한 Euglena는 *Euglena gracilis* Z. 균주를 CM 배지(Cramer-Myers medium)에서 탄산가스와 빛을 공급하여 배양한 *Euglena gracilis*(EG)와 *Euglena gracilis* DHA enriched(EGD; *Euglena gracilis* Z를 DHA를 첨가시킨 배지에서 배양한 것) 그리고 *Euglena bleached & DHA enriched*(EGBD; *Euglena bleached* 변종은 *Euglena gracilis* Z를 streptomycin을 이용하여 엽록체를 결손시킨 변이종

Table 1. Formula and composition of experimental diets

Ingredients	Starter	Finisher
	%	
Yellow corn, ground	55.88	65.26
Soybean meal (44% CP)	31.52	23.10
Corn gluten meal	3.57	3.20
Rapeseed meal	1.30	2.00
Tricalcium phosphate	1.70	1.38
Fish meal (60% CP)	1.00	1.00
Limestone	0.38	0.48
Animal fat	4.00	3.00
Vitamin premix ¹	0.15	0.12
Mineral premix ²	0.10	0.08
Salt	0.20	0.20
M. H. A ³	0.13	0.07
Choline chloride	0.07	0.03
Lysine	-	0.08
Total	100.00	100.00
Chemical composition(calculated)		
ME, kcal/kg	3150.00	3200.00
Crude Protein, %	22.00	19.00
Crude Fat, %	3.00	3.20
Lysine, %	1.18	0.99
Methionine + cystine, %	0.89	0.76
Calcium, %	0.95	0.85
Phosphorus, %	0.80	0.71
Methionine, %	0.51	0.42

¹ Vitamin premix contains the followings per kg : vitamin A, 10,000,000 IU; vitamin D₃, 2,500,000 IU; vitamin E, 25,000 mg; vitamin K₃, 1,700 mg; vitamin B₁, 2,000 mg; vitamin B₂, 5,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 16,000 mg; Niacin, 34,000 mg; Folic acid, 1,000 mg; Biotin, 84,000 mg; Pantoic acid, 9,000 mg.

² Mineral premix contains the followings per kg : Zn, 75,000 mg; Mn, 75,000 mg; Fe, 75,000 mg; Cu, 7,500 mg; I, 1,650 mg; Co, 450 mg; Se, 450 mg; S, 12.5%.

³ Methionine hydroxy analogue.

으로 증식속도가 빠른 것으로 알려져 있으며, 이것을 DHA가 강화된 배지에서 배양한 것)의 세 가지 형태의 Euglena를 동결 건조시킨 후 사용하였다.

2. 시험설계

시험 1은 갓 부화한 육계 병아리(Ross) 210수(암, 수 각

105수씩)를 반복당 10수씩(암, 수 각 5수씩) 3반복으로 배치하였다. 처리구는 대조구(T1)사료에 EGD를 0.25%(T2), 0.50%(T3), 1.0%(T4) 첨가한 구와 EGBD를 0.5%(T5), 1.0%(T6), 2.0%(T7) 첨가한 구의 7처리구로 하였다.

시험 2는 갓 부화한 육계 병아리(Ross) 250수(암, 수 각 125수씩)를 반복당 10수씩(암, 수 각 5수씩) 5반복으로 배치하였다. 처리구는 대조구(T1) 사료에 EGD를 0.5%(T2), 1.0%(T3) 첨가한 구와 EGBD를 0.5%(T4), 1.0%(T5) 첨가한 구의 5처리구로 하였다.

3. 사양실험 및 대사실험

사양시험은 각각 5주간 실시하였으며, 시험기간 동안 물과 사료는 자유로이 섭취하게 하고, 점등은 24시간 제공하였다. 매주 사료섭취량과, 증체량, 사료요구율 및 폐사율을 측정하였다. 사양시험 종료 후 반복당 평균체중에 근접한 닭을 1수씩 선발하여 개체별 대사 cage에 수용하여 대사시험에 이용하였다. 대사시험은 3일간의 적응기간을 거친 후 전분 채취법(Leeson and Summers, 2001)으로 3일간 분을 채취하였다. Euglena의 대사 에너지를 측정하기 위하여 TME(true metabolizable energy)와 AME(apparent metabolizable energy)측정대사시험(Leeson and Summers, 2001)을 실시하였으며, ME를 측정하기 위해서 채취한 분을 1 g 정도 취해서 pelleting한 후 bomb calorimeter(Parr, USA)를 이용하여 GE를 측정하였다.

4. 지방산 분석

시료 약 0.5g 정도를 취하여 Methanol benzene solution (4:1) 2 mL와 acetylchloride 200 μ L를 첨가한 후 100°C의 Heating block에서 1시간 동안 반응시킨다. 다시 상온에서 방치하여 냉각시키고 Hexane 1 mL와 6%의 potassium carbonate 5 mL을 넣고 vortexing한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시키고 hexane층을 추출하여 DB-FFAP column을 사용하는 Gas chromatography(Varian, USA)로 분석하였다.

5. 화학분석 및 통계처리

시험사료와 채취한 분의 일반성분 및 광물질은 AOAC (1990)방법에 의해 분석하였다. 시험에서 얻어진 결과는 SAS(SAS, Institute, 1995)의 GLM(General Linear Model) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리간의 평균비교는 Duncan's multiple range test(Steel and Torrie, 1980)에 의해 실시하였고 처리군들의 비교를 위해 Con-

trast(직교비교)를 실시하였다. 유의성 검정은 5% 수준에서 ($P<0.05$)에서 실시하였다.

결과 및 고찰

Euglena의 조성분과 열량함량 및 지방산 조성은 Table 2, 3 그리고 4에 나타났다. Table 2에서 보는 바와 같이 조단백질 함량은 EGBD가 50.25%로 가장 높고 EG가 46.7% 그리고 EGD가 45.52%로 모두 고단백질 원료에 속한다. 이와 같은 단백질의 함량은 Nigam et al.(1991)이 molasses와 sugarbeet pulp를 기질로 하여 얻은 *Candida utilis*, *Candida tropicalis*의 단백질 함량인 47.5%, 43.4%와 유사한 수준이었다. 조지방의 함량은 EGD가 16.03%로 가장 높고 다음으로 EG가 15.19% 그리고 EGBD가 12.03%로 모두가 고지방 사료에 속한다. 그리고 조섬유 함량은 모두 0.35% 이하였다.

Table 3에서 본 열량 함량은 EG가 AME 4,677 kcal, TME 4,578 kcal 그리고 EGBD가 AME 3,561 kcal, TME가 3,840 kcal/kg으로 열량 함량에서 EG가 높았는데 이는 조지방 함량의 차이에 따른 것으로 보인다. Table 4의 지방산조성을 보면 DHA함량에 있어 EGBD가 45.68%로 매

Table 2. Chemical composition of Euglenas (%)

	EG ¹	EGD ²	EGBD ³
Crude protein	46.75	45.25	50.52
Crude fat	15.19	16.03	12.03
Crude fiber	0.33	0.35	0.35
Crude ash	4.96	4.30	2.16
Moisture	3.49	3.81	3.62

¹ *Euglena gracilis* Z.

² *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.

³ *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.

Table 3. Apparent metabolizable energy(AME) and true metabolizable energy(TME) values of Euglenas (kcal/kg)

Treatments	AME	TME
EG ¹	4677	4578
EGBD ²	3561	3840

¹ *Euglena gracilis* Z.

² *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.

Table 4. Fatty acids composition of *Euglenas*

Fatty acids	EG ¹	EGD ²	EGBD ³
----- % of total fatty acids -----			
C12:0	2.22	3.43	0.98
C13:0	1.68	14.24	0.92
C14:0	18.27	24.80	3.56
C14:1	- ⁴	0.26	-
C15:0	0.49	5.57	0.27
C15:1	-	-	-
C16:0	13.04	8.77	3.52
C16:1	3.86	2.68	0.47
C17:0	-	1.49	-
C17:1	9.25	0.87	0.53
C18:0	1.37	2.13	0.90
C18:1	4.53	4.27	1.86
C18:2	9.33	4.20	0.84
C18:3,n-6	-	-	-
C18:3,n-3	18.74	1.39	1.31
C20:0	-	-	0.26
C20:1	-	-	-
C20:2	1.81	0.60	1.69
C20:3,n-6	1.33	0.98	-
C20:3,n-3	-	-	-
C20:4	6.01	1.52	5.69
EPA,n-3	5.25	3.96	8.45
C21:0	1.44	0.20	0.60
C22:0	-	-	-
C22:1	-	-	-
C22:2	-	-	-
DHA,n-3	0.81	17.00	45.68
C23:0	-	-	-
C24:0	0.57	1.63	22.47

¹ *Euglena gracilis*.² *Euglena gracilis* DHA enriched.³ *Euglena gracilis* bleached & DHA enriched.⁴ Trace (<0.001%).

우 높고 EGD가 17.07%, 그리고 EG가 0.81%로 큰 차이가 있는데 이는 EGBD가 EGD에 비해 DHA 농축능력이 더 높은 것을 보여 주고 있다.

시험 1의 사양시험 기간 동안의 증체량, 사료 섭취량, 사료 요구율 및 사망률은 Table 5에서 보는 바와 같다. 증체량은 시험 전 기간 동안 처리간에 유의한 차이가 없었지만 0.5%의 EG(*Euglena gracilis* Z.)와 2.0%의 EGBD(*Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched)를 첨가한 구들에서 개선되는 경향이 있었다. 사료섭취량은 사양시

험 4~5주 동안에는 2.0%의 EGBD를 첨가한 구와 0.5%의 EG를 첨가한 구에서 유의하게 높았다. 그러나 시험 전 기간 동안은 유의한 차이는 보이지 않았다. 시험기간 0~3주 동안의 사료요구율은 *Euglena*를 첨가한 구들이 대조구보다 유의하게 좋았다. 또, 대조구와 *Euglena* 첨가구들의 직교비교(contrast)시에도 *Euglena* 첨가구들의 사료요구율이 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 폐사율은 처리간에 유의한 차이는 없었지만 EG를 0.5% 첨가한 구가 10%로 가장 높았다.

Table 6은 사료의 조성분 이용률(Availability 또는 Metabolizability)을 나타내었다. 단백질의 이용율은 EG 첨가구와 EGBD 첨가구의 직교비교시에 EG를 첨가한 구들이 EGBD를 첨가한 구들보다 유의적으로 높았고, 지방의 이용율은 다른 처리구들에 비해 대조구가 유의하게 높았다.

계육 내 지방산의 조성은 Table 7에서 보는 바와 같다. Oleic acid(C18:1)는 직교비교시에 모든 *Euglena*첨가구에 비해 대조구가 유의하게 높은 수준을 유지했고, EGBD첨가구에 비해서 EG첨가구가 높은 수준을 유지했다. Linoleic acid(C18:2)와 arachidonic acid(C20:4)는 EGBD 2.0% 첨가구가 가장 낮았으며, 전체적으로 EGBD 구들이 대조구나 EG구들보다 낮은 경향을 나타내었다. EPA(C20:5)는 EGBD구가 대조구나 EG구들보다 유의하게 높았다. DHA는 2.0 %의 EGBD를 첨가한 구에서 14.27%로 가장 높았고, 대조구가 3.66%로 가장 낮았다. 또한, EGBD 첨가구와 EG 첨가구의 직교비교시에 EGBD 첨가구의 DHA 수준이 유의하게 높았다. DHA와 EPA는 EGBD를 첨가한 구들에서 첨가수준에 따라 증가하는 경향을 보였다. Lignoceric acid(C24:0)는 1.0%의 EGBD를 첨가한 구가 가장 높았고, 대조구나 EG 첨가구와의 직교비교시에도 EGBD 첨가구가 유의하게 높았다.

시험 2의 사양시험 기간동안의 증체량, 사료 섭취량, 사료 요구율 및 사망률의 결과는 Table 8에서 보는 바와 같다. 증체량은 시험 전 기간 동안 처리간에 유의한 차이는 없었지만 1.0%의 EGD(*Euglena gracilis* Z. DHA enriched)를 첨가한 구에서 개선되는 경향이 있었다. 사료섭취량은 시험 전 기간 동안 1.0%의 EG를 첨가한 구와 EGBD를 첨가한 구에서는 높아지는 경향이 있었으나, 처리간의 유의한 차는 없었다. 사료 요구율은 시험 전 기간 동안 EGBD를 첨가한 구가 가장 나빴으며, EGD를 첨가한 구들이 가장 좋았다. EGD첨가구와 EGBD첨가구의 직교비교시에는 EGD첨가구가 유의하게 낮았다. 폐사율은 처리간에 유의

Table 5. Weight gain, feed intake, feed/gain and mortality of broiler chickens fed experimental diets (Experiment 1)

Item	wk	Treatments ¹							SEM
		Control	0.25% EG ¹	0.5% EG	1.0% EG	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD	2.0% EGBD	
Weight gain, g/bird	0~3	708.15	724.49	740.85	733.08	701.08	716.63	736.93	10.26
	4~5	797.19	755.76	799.56	767.67	763.50	758.33	795.00	8.03
	0~5	1505.34	1480.24	1540.40	1500.75	1464.58	1474.97	1531.93	15.45
Feed intake, g/bird	0~3	1022.46	1042.27	1073.72	1039.80	1005.58	1037.31	1041.87	11.92
	4~5	1529.05 ^b	1500.69 ^b	1574.37 ^{ab}	1493.77 ^b	1517.00 ^b	1491.17 ^b	1650.22 ^a	20.35
	0~5	2584.51	2542.96	2648.08	2533.57	2522.58	2528.47	2692.09	27.59
Feed/gain (g/g)	0~3 ^{**} [○]	1.49 ^a	1.44 ^b	1.45 ^b	1.42 ^b	1.43 ^b	1.45 ^b	1.41 ^b	0.01
	4~5	1.92	1.99	1.97	1.95	1.99	1.97	2.08	0.02
	0~5	1.72	1.72	1.72	1.69	1.72	1.72	1.76	0.01
Mortality, %	0~3	3.33	3.33	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43
	4~5	0.00	0.00	3.33	0.00	0.00	0.00	3.33	1.17
	0~5	3.33	3.33	10.00	0.00	0.00	0.00	3.33	1.43

¹*Euglena gracilis* Z.²*Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.^{a-b}. Values with different superscripts in the same row are significantly different(P<0.05).^{*} Contrast for Control vs EG 0.25, 0.5, 1.0%(P<0.05).^{**} Contrast for Control vs EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).[○] Contrast for Control vs EG 0.25, 0.5, 1.0%, EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).**Table 6.** Nutrients availability of diets fed to broiler chickens in Experiment 1

Treatments	DM	Protein [*]	Fat	Fiber	NFE	Ash
			(%)			
Control	79.96	79.80	87.61 ^a	4.13 ^{bc}	85.67	33.13
0.25% EG ¹	78.77	80.86	78.56 ^{cde}	1.06 ^c	84.72	27.67
0.5% EG	78.19	79.83	77.24 ^{dc}	6.43 ^b	84.20	26.67
1.0% EG	79.18	79.65	84.34 ^{ab}	7.09 ^b	85.13	29.17
0.5% EGBD ²	77.03	71.96	80.01 ^{bcd}	3.98 ^{bc}	85.18	34.22
1.0% EGBD	76.38	71.74	73.70 ^e	17.84 ^a	84.33	30.83
2.0% EGBD	77.65	70.52	83.90 ^{abc}	7.89 ^b	85.86	29.04
SEM ³	1.22	3.94	1.76	1.62	0.79	2.86

¹*Euglena gracilis* Z.²*Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.^{a-c}. Values with different superscripts in the same column are significantly different(P<0.05).^{*} Contrast for EG 0.25, 0.5, 1.0% vs EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).

한 차이는 없었지만 EGBD를 첨가한 구들이 2.0%로 높은 경향이 있었다.

조성분의 이용률은 Table 9에서 보는 바와 같다. 단백질의 이용률은 유의한 차이는 없었지만 0.5%의 EGD를 첨

가한 구가 높은 경향이 있었고, 지방의 이용률은 1.0%의 EGBD를 첨가한 구와 1.0%의 EGD를 첨가한 구가 높은 경향이 있었으나, 유의한 차는 보이지 않았다. NFE의 이용률은 0.5%의 EG를 첨가한 구가 유의적으로 가장 높았다.

Table 7. Fatty acids composition of breast muscle from broiler fed experimental diets (Experiment 1)

Fatty acids	Treatments						
	Control	0.25% EG ¹	0.5% EG	1.0% EG	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD	2.0% EGBD
	% of total fatty acids						
C14:0	0.43	0.56	0.59	0.66	0.65	0.42	0.81
C16:0	25.46	26.07	25.64	26.09	26.36	26.57	26.94
C16:1	2.11	1.99	2.12	2.35	1.71	1.16	1.94
C18:0	15.58	15.93	15.62	14.42	14.78	15.30	15.41
C18:1 ^{*,*,*}	17.72	16.83	17.17	16.05	14.77	13.33	13.95
C18:2 ^{*,*}	20.17 ^{ab}	21.29 ^{ab}	19.20 ^{abc}	21.58 ^a	18.93 ^{bc}	17.39 ^c	13.41 ^d
C20:1	0.61	0.49	0.61	0.45	0.55	0.35	0.50
C20:2	0.97	1.05	1.16	1.14	1.16	0.83	0.92
C20:3,n-6 [°]	2.17 ^{abc}	2.32 ^{ab}	2.63 ^a	1.85 ^{bc}	1.80 ^{bc}	1.84 ^{bc}	1.74 ^c
C20:4 ^{*,*,*}	9.29 ^{ab}	7.17 ^c	9.10 ^{ab}	9.49 ^a	7.11 ^c	7.83 ^{bc}	5.24 ^d
EPA,n-3 ^{*,*}	0.94	1.01	0.87	0.91	1.17	1.60	1.74
DHA,n-3 ^{*,*,*}	3.66 ^c	4.55 ^c	4.44 ^c	3.76 ^c	9.81 ^b	12.22 ^{ab}	14.27 ^a
C24:0 ^{*,*,*}	0.70 ^c	0.75 ^{bc}	0.86 ^{bc}	0.84 ^{bc}	0.99 ^b	1.33 ^a	1.26 ^a

¹ *Euglena gracilis* Z.² *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.^{a-d}. Values with different superscripts in the same row are significantly different(P<0.05).^{*} Contrast for Control vs EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).^{*,*} Contrast for Control vs EG 0.25, 0.5, 1.0%, EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).[°] Contrast for EG 0.25, 0.5, 1.0% vs EGBD 0.5, 1.0, 2.0%(P<0.05).**Table 8.** Weight gain, feed intake, feed/gain and mortality of broiler chickens fed experimental diets (Experiment 2)

	wk	Treatments					SEM
		Control	0.5% EGD ¹	1.0% EGD	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD	
Weight gain, g/bird	0~3	718.26	710.30	738.08	732.10	732.89	9.08
	4~5	913.70	900.20	928.40	906.96	905.16	18.29
	0~5	1631.96	1610.50	1666.48	1639.06	1638.04	23.15
Feed intake, g/bird	0~3	1018.01	989.06	1029.92	1027.55	1040.76	14.08
	4~5	1649.26	1625.68	1663.28	1670.06	1668.78	25.88
	0~5	2667.27	2614.74	2693.20	2697.61	2709.54	36.34
Feed/gain (g/g)	0~3	1.42	1.39	1.40	1.40	1.42	0.01
	4~5 ^{*,*}	1.81	1.81	1.79	1.84	1.84	0.01
	0~5 ^{*,*}	1.64 ^{ab}	1.62 ^b	1.62 ^b	1.65 ^a	1.65 ^a	0.01
Mortality, %	0~3	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.89
	4~5	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.89
	0~5	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.26

¹ *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.² *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.^{ab} Values with different superscripts in the same row are significantly different(P<0.05).^{*,*} Contrast for EGD 0.5, 1.0% vs EGBD 0.5, 1.0%(P<0.05).

Table 10은 계육 가슴살 내 지방산의 조성을 보여준다. Linoleic acid(C18:2) 함량은 대조구가 유의하게 높았고, 1.0%의 EGBD 첨가구가 가장 낮았다. Arachidonic acid (C20:4)는 대조구와 모든 Euglena 첨가구들의 직교비교시에 첨가구들

이 대조구에 비해 유의하게 낮았다. 또한 linoleic acid와 arachidonic acid는 EGD나 EGBD의 첨가수준에 따라 점점 낮아지는 경향이 있었다. EPA(C20:5), DHA (C22:6)와 Lignoceric acid(C24:0)는 모두 1.0%의 EGBD를 첨가한 구

Table 9. Nutrients availability of diets fed to broiler chickens in Experiment 2

Treatments	DM	Protein	Fat	Fiber	NFE	Ash
	(%)					
Control	81.21	82.86	91.78	8.81	86.88 ^{ab}	36.81
0.5% EGD ¹	83.20	84.26	92.74	15.03	88.87 ^a	37.76
1.0% EGD	79.27	76.88	92.90	9.92	86.06 ^b	29.50
0.5% EGBD	81.20	82.63	92.93	10.12	86.72 ^{ab}	36.48
1.0% EGBD ²	78.95	82.01	91.46	10.24	84.97 ^b	33.89
SEM	1.30	2.34	0.62	2.80	0.84	3.18

¹ *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.

² *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.

^{ab} Values with different superscripts in the same column are significantly different(P<0.05).

Table 10. Fatty acids composition of breast muscle from broiler fed experimental diets (Experiment 2)

Fatty acids	Treatments					SEM
	Control	0.5% EGD ¹	1.0% EGD	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD	
	% of total fatty acids					
C14:0	2.51	2.63	2.56	2.52	2.46	0.13
C14:1	1.39	1.43	1.24	1.41	1.33	0.14
C16:0	24.57	24.07	24.46	24.52	25.74	0.80
C16:1	0.97	1.53	1.07	0.99	0.95	0.31
C18:0	20.49	18.72	21.33	18.01	18.52	2.92
C18:1	13.39	14.12	12.68	12.09	11.72	0.79
C18:2 ^{∴○}	19.04 ^a	18.02 ^{ab}	15.82 ^{bc}	16.69 ^{abc}	15.01 ^c	0.80
C20:1	0.44	0.35	0.36	0.32	0.30	0.05
C20:2	1.06	1.00	0.53	1.22	1.14	0.19
C20:3,n-6	1.67	1.66	1.72	1.77	1.52	0.17
C20:4 ^{∴○}	11.12	9.63	8.95	9.18	6.72	0.96
EPA,n-3 ^{∴◇}	0.60 ^c	0.76 ^{bc}	1.23 ^{ab}	1.41 ^a	1.61 ^a	0.17
C24:0 ^{∴◇}	0.72 ^c	0.82 ^{bc}	0.91 ^{bc}	1.28 ^{ab}	1.45 ^a	0.15
DHA,n-3 ^{∴◇}	2.04 ^c	5.28 ^b	7.16 ^b	8.60 ^{ab}	11.54 ^a	1.02

¹ *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.

² *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.

^{a-c} Values with different superscripts in the same row are significantly different(P<0.05).

^{*} Contrast for Control vs EGD 0.5, 1.0%(P<0.05).

[∴] Contrast for Control vs EGBD 0.5, 1.0%(P<0.05).

[○] Contrast for Control vs EGD 0.5, 1.0%, EGBD 0.5, 1.0%(P<0.05).

[◇] Contrast for EGD 0.5, 1.0% vs EGBD 0.5, 1.0%(P<0.05).

가 유의적으로 가장 높았고, 대조구가 가장 낮았다. 직교 비교시에는, *Euglena*를 첨가한 구들 모두가 대조구보다 유의하게 높았으며, EGD 첨가구와 EGBD 첨가구의 직교비교시에는 EGBD를 첨가한 구가 유의적으로 더 높게 나타났다.

이상의 결과에서 보면, 시험 1, 2 모두에서 증체량은 처리간에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이는 권오진과 정영건(1995)이 섬유소를 이용하여 생산된 SCP를 가지고 동물예비 사양시험을 했을 때 사료섭취량 및 사료효율은 1%의 SCP 첨가구가 가장 좋았으나, 증체량은 유의한 차이가 없었다는 보고와 유사했다. 반면, Halmagyi-Valter et al.(1986)은 조단백질 69%를 가진 Single-cell protein 제품인 Pruteen R을 사료에 5% 첨가하여 어분과 육분이 주단백질원인 대조구 사료와 비교했을 때 체중이 증가되었고, 사료효율 역시 개선되었다고 보고하였다. 또한, Patricia et al.(1998)은 육계사료에 EPA, DHA, 청어유 등을 첨가한 실험에서 유의한 차이는 보이지 않았지만 모든 처리구가 대조구에 비해 증체량이 개선되는 경향이 있었다고 보고하였다. 장운호 등(1998)은 계분에 *Candida* 균주를 접종하여 생산한 SCP를 육계사료에 첨가하여 실험한 결과 건물, 조단백질, 조섬유, 가용무질소물의 소화율에 있어서 대조구가 SCP 처리구보다 양호했다고 보고했다.

시험 1, 2 모두에서 DHA가 강화된 *Euglena*를 첨가한 처리구의 지방산 조성은 linoleic acid(C18:2)와 arachidonic acid(C20:4)가 줄어들고, EPA(C20:5)와 특히 DHA(C22:6)의 수준이 높아졌는데, 이는 ω -3계열의 지방산이 풍부한 사료 급여시 broiler의 근육 및 계란 등에서 ω -3계 지방산 함량이 증가하고, ω -6계 지방산 함량이 상대적으로 감소하였다는 Farrell(1993)의 보고와 거의 일치하였다. 김 등(1998)도 ω -3계 지방산이 풍부한 정어리유를 급여한 처리구에서 위와 같은 결과가 나왔다고 보고하였다. *Euglena*는 CO₂ 고정능력이 탁월하기 때문에 화력발전소와 같은 CO₂ 다량 발생 지역에서 CO₂ 발생 감소 목적으로 시험 배양되고 있으며 DHA 강화 능력이 탁월한 EGBD의 경우는 일본에서 치어사료로 활용되고 있다고 한다. 따라서 *Euglena*의 이러한 특성을 고려하여 산업적 활용도를 높이는데 관심을 기울일 필요가 있다고 사료된다.

적 요

본 연구는 생물학적 탄산가스 고정화에 사용되는 *Eug-*

*lena*를 단세포 단백질 사료 자원으로 이용하고, DHA를 강화시킨 변종을 육계의 사료에 첨가하였을 때 그 이용성과 도체지방산에 미치는 영향에 대해 알아보려고 실시하였다. 시험 1에서는 갯 부화한 육계병아리(Ross) 210수를 반복당 10수씩 3반복으로 배치하였다. 처리구는 에너지 함량과 조단백 질함량이 전기에는 3,150 kcal/kg, 22%, 후기에는 3,200 kcal/kg, 19%가 되도록 한 대조구사료에 EG(*Euglena gracilis* Z.)를 0.25, 0.50, 1.0% 첨가한 구와 EGBD(*Euglen gracilis* Z. bleached and DHA enriched)를 0.5, 1.0, 2.0% 첨가한 구의 7처리구로 하였다. 시험 2에서는 육계병아리(Ross) 250수를 반복당 10수씩 5반복으로 배치하였다. 처리구는 대조구 사료에 EGD(*Euglena gracilis* Z. DHA enriched)를 0.5, 1.0% 첨가한 구와 EGBD를 0.5, 1.0% 첨가한 구의 5처리구로 하였다. 사양시험은 5주간 실시하였고 매주 사료섭취량과 증체량, 사료요구율 및 폐사율을 측정하였다. 사양시험종료 후 대사시험을 실시하고, 가슴살을 채취하여 지방산을 분석하였다.

시험 1의 결과를 보면, 증체량은 시험 전 기간 동안 유의한 차이를 보이지 않았다. 사료요구율은 대조구에 비해 *Euglena* 첨가구들이 좋은 경향이 있었다. 단백질의 이용율은 EG를 첨가한 구들이 EGBD를 첨가한 구들보다 높은 경향이 있었다. 가슴살 내 지방산은 linoleic acid와 arachidonic acid가 1.0%의 EG를 첨가한 처리구에서 유의하게 높았다. EPA는 유의한 차이는 없었지만, EGBD를 첨가한 구들에서 증가하는 경향을 보였다. DHA는 2.0%의 EGBD를 첨가한 구에서 유의적으로 가장 높았고, 대조구를 포함한 다른 처리구들에 비해 EGBD를 첨가한 구들이 유의적으로 높았다. 실험 2에서도 증체량은 유의한 차이를 보이지 않았고, 사료요구율은 시험 전 기간동안 EGBD를 첨가한 구가 유의적으로 좋았다. 가슴살의 지방산 조성의 결과를 보면 linoleic acid는 대조구가 유의하게 높았다. EPA, DHA와 lignoceric acid는 모두 1.0%의 EGBD를 첨가한 구가 유의적으로 가장 높았고, *Euglena*를 첨가한 구들 모두가 대조구보다 높았으며, 그중 EGBD를 첨가한 구들이 유의적으로 더 높게 나타났다. 결론적으로, *Euglena*의 첨가가 육계의 생산성에는 크게 영향을 미치지 못했지만, 시험 2에선 EGBD의 첨가가 사료효율을 개선시키는 경향이 있었다. DHA를 강화시킨 *Euglena*인 EGD나 EGBD의 첨가는 계속 내의 DHA를 비롯한 ω -3 계열의 지방산의 수준을 높이는데, 특히 EGBD는 DHA 강화 효과가 높았다.

(색인어: 육계병아리, 가슴근육, *euglena*, DHA, EPA)

인용문헌

- AOAC 1990 Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.
- Dyorborg J, Bang HO 1979 Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. *Lancet* 2 :432.
- Farrell DJ 1993 UNE's designer egg. *Poultry International* 5: 62.
- Fernandes G, Venkatraman JT 1993 Role of omega-3 fatty acids in health and disease. *Nutr Res* 13: S19.
- Halmagyi-Valter T, Toth M, Koczó C, Techy M, Ludas J 1986 Effect of Pruteen(single cell protein) feeding on rearing indices in hybro end-products. Seventh European Poultry Conference Paris Vol 492-496: 8 ref World Poultry Sci Association.
- Henry DP, Thomson RH, Sizemore DJ, O'Leary JA 1976 Study of *Candida ingens* grown on the supernatant derived from the anaerobic fermentation of monogastric animal wastes. *Appl Environ Microbiol* 31:813-818.
- James GW, Browse J 1999 The Δ^8 -Desaturase of *Euglena gracilis*: An alternate pathway for synthesis of 20-carbon polyunsaturated fatty acids. *Archives of Biochem and Biophysics* 365(2): 307-316.
- Masahiro H, Yukino T, Maruyama I 2001 Uptake and accumulation of exogenous docosahexaenoic acid by *Chlorella*. *Biosci Biotechnol Biochem* 65(1): 202-204.
- Moo-Young M, Chahal DS, Stickney B 1981 Pollution control of swine manure and straw by conversion to *Chaetomium cellulolyticum* SCP feed. *Biotechnol Bioeng* 23: 2407-2415.
- Nigam P, Vogel M 1991 Bioconversion of sugar industry by-products- molasses and sugar beet pulp for single cell protein production by yeast. *Biomass and Bioenergy* 1: 339-345.
- Patricia CA, Danforth HD 1998 Effects of dietary supplementation with n-3 fatty acid ethyl esters on Coccidiosis in chickens. *Poultry Sci* 77: 1631-1635.
- Shuler ML, Roberts ED, Mitchell DW, Kargi F, Austic RE, Henry A, Vashon R, Seeley HW 1979 Process for the aerobic conversion of poultry manure into high-protein feed stuffs. *Biotechnol Bioeng* 21: 19-38.
- 김진형 박범영 유영모 이종문 김용곤 박구부 1998 오메가 지방산이 풍부한 오일 급여가 산란계육 및 계란의 지방산 조성에 미치는 영향. *축산논문집* 40(2): 130-134.
- 김창원 오태광 홍석산 1987 돈분을 이용한 고단백사료(SCP)의 생산에 관한 연구와 혐기적 발효를 통한 휘발성 지방산의 생산. *한국영양사료학회지* 11(2): 125-132.
- 권오진 정영건 1995 섬유소를 이용한 단세포단백질의 생산 및 그 이용. *한국농화학회지* 38(6): 496-501.
- 장윤호 김정우 김인호 김춘수 1998 균체 단백질의 첨가가 육계 생산성에 미치는 영향. *한국가금학회지* 25(2): 79-89.