

산란계에서 담수녹조류 *Euglena*의 첨가사료가 생산성 및 계란의 품질과 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 Egg Quality and Fatty Acid Composition of Egg Yolk in Laying Hens

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, Ahmsung, Gyunggi 456-756, South Korea

ABSTRACT Feeding trials were conducted with *Euglena* strains grown under different media. The effect of supplementation of *Euglena* on the laying performance, egg quality and fatty acid composition of egg yolk was studied. In experiment 1, two hundred eighty 32-wk-old ISA Brown layers were randomly assigned to seven dietary treatments for 4 wks. Each treatment consisted of 4 replications with 10 birds each housed in two birds cages. Control diet was formulated to have 17% CP and 2,750 kcal ME/kg. *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, three hundred 84-wk-old ISA brown layers were randomly assigned to five dietary treatments: T1; Control, T2; T1 + EGBD 0.5%, T3; T1 + *Euglena gracilis* Z. DHA enriched (EGD; cultivated in DHA enriched medium) 0.5%, T4; T1 + EGD 1.0%, T5; T1 + EGD 2.0%. Each treatment had 5 replication of 12 birds each housed in two birds cages. In experiments 1 and 2, *Euglena* supplementation did not significantly affect egg production but increased egg weight and feed intake. In experiment 1, EG was more effective in increasing egg yolk color score than EGBD. Egg yolk color of EG 1% treatment showed the highest score. EGBD supplementation increased DHA concentration of egg yolk. EGBD 2% treatment showed the highest DHA and the lowest palmitic and stearic acids concentration in the egg yolk. In experiment 2, EGBD 0.5% treatment showed highest DHA level in egg yolk ($P < 0.05$). It was conducted that EGBD is a single cell protein source rich in DHA, that can be used to produce DHA enriched eggs.

(Key words: layer, euglena, fatty acid, DHA, egg yolk)

서 론

단백질 자원의 고갈에 대비하기 위하여 각종 발효기질을 이용한 미생물의 단세포단백질(single cell protein, SCP) 생산에 주목을 끌게 되었다. 또한 최근의 지구 온난화에 관련되어서 각종 탄산가스의 배출이 문제시 되고 있다. SCP에 관한 연구는 1967년과 1974년 두 차례에 걸쳐 미국 MIT 공과

대학에서 개최된 SCP conference을 계기로, 이때까지 연구되어온 유용 미생물의 증식, 발효기술과 영양학적인 연구 결과가 집대성된 이래로, 이의 산업적 생산을 위한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 담수 조류로 단세포 단백질의 일종인 *Euglena*는 동물학과 식물학 쌍방에 기재되어 있는 족이다. 동물학에서는 원생동물(Protozoa)의 편모충망(Mastigophorea)에 속한다. *Euglena*는 성(性)을 갖지 않고 감수분열을 하지

본 연구는 농림부 농림기술관리센터의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

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

않기 때문에 유전적으로 대단히 안전하다. *Euglena*의 특징은 공기 중 CO₂를 탄소원으로 이용하므로 지구 온난화의 원인으로 지목되고 있는 대기 중의 CO₂를 절감하는 수단으로 이용하는 방안에 대해 관심을 끌어왔다.

*Euglena*는 오메가-3 지방산(ω -3 또는 n-3)의 일종인 DHA의 축적 능력이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 그린란드 에스키모인과 덴마크 백인을 대상으로 실시한 역학조사 결과에 의해 수산식품을 주식으로 생활하고 있는 그린란드 에스키모 원주민은 덴마크 백인에 비해 성인병이 거의 없다는 사실이 발표(Dyorborg et al., 1979)된 이후 오메가-3 지방산에 대한 관심이 더욱 높아지고 영양 생리적 기작에 대한 연구가 활발히 전개되어 왔다. 산란계의 사료 내 지방산 조성은 계란의 난황과 체조직의 지방산 함량에 많은 영향을 미친다(Guenter et al., 1971 ; Sim et al., 1973 ; Huang et al., 1990). Sim et al. (1973)은 사료 내 지방에서 linoleic acid 수준이 증가할수록 난황과 조직의 linoleic acid 함량이 증가한다고 하였다.

본 연구는 생물학적 탄산가스 고정화에 사용되는 조(藻)류 *Euglena*를 SCP 사료자원으로서 그리고 DHA 공급원으로써의 이용 가능성을 알아보기 위해서, 산란계의 사료에 동결 건조시킨 *Euglena* 및 DHA를 강화시킨 *Euglena*를 산란계의 사료에 각각 첨가해서 산란계의 생산성과 난황의 지방산 조성에 미치는 영향에 대해서 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시험사료

본 시험에서 사용된 사료의 배합표는 Table 1(시험 1, 시험 2)에서 보는 바와 같이 사료의 에너지 함량과 조단백질 함량이 2,750 kcal/kg과 17%가 되도록 배합하였으며, 이를 대조구 사료로 이용하였다. 시험에서 사용한 *Euglena*는 *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 gracilis* bleached and DHA enriched(EGBD; *Euglena gracilis* bleached 변종은 *Euglena gracilis* Z를 streptomycin을 이용하여 염록체를 결손시킨 변이종으로 증식속도가 빠른 것으로 알려져 있으며, 이것을 DHA가 강화된 배지에서 배양한 것)의 세 가지 형태의 *Euglena*를 사용하였다. 이들 *Euglena*의 지방산 조성은 Table 2에 나타냈다.

Table 1. Formula and composition of basal diet

Ingredients	Percentage
Yellow corn, ground	52.26
Soybean meal (44% CP)	11.03
Limestone	8.76
Lupin kernel	7.00
Rice bran	4.00
Corn gluten feed	3.00
Wheat bran	2.52
Rapeseed meal	2.50
Corn germ meal	2.00
Animal oil meal	2.00
Fish meal	2.00
Soybean Oil	1.00
Calphos-18	0.87
Electrolytes ¹	0.41
Oyster shell	0.20
Salt	0.15
Vitamin premix ²	0.10
Mineral premix ³	0.09
Anthelmintic ⁴	0.05
Choline chloride	0.05
M.H.A ⁵	0.01
Total	100.00
Chemical composition(calculated)	
ME, kcal/kg	2,750
Crude Protein, %	17.00
Methionine + Cystine, %	0.62
Calcium, %	3.90
Phosphorus, %	0.50
Methionine, %	0.38

¹ Electrolytes: KCl 35%, NaHCO₃ 40%, Na₂SO₄ 25%.

² Vitamin premix contains the followings per kg : vitamin A, 10,000,000 IU; vitamin D₃, 2,500,000 IU; vitamin E, 15,000 mg; vitamin K₃, 2,000 mg; vitamin B₁, 1,500 mg; vitamin B₂, 4,000 mg; vitamin B₆, 3,000 mg; vitamin B₁₂, 3,000 mg; Niacin, 25,000 mg; Folic acid, 50 0 mg; Pantoic acid, 8,000 mg.

³ 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%.

⁴ Cyromazine 0.1%.

⁵ Methionine hydroxy analogue.

Table 2. 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
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
C20:2	1.81	0.60	1.69
C20:3,n-6	1.33	0.98	-
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
DHA,n-3	0.81	17.00	45.68
C24:0	0.57	1.63	22.47

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

2. 시험설계 및 사양

시험 1은 32주령의 산란계(ISA-Brown) 280수를 총 7개 처리구로 나누고, 처리당 4반복으로 반복당 10수씩을 완전임의배치하였다. 처리구는 대조구(T1)사료와 대조구사료에 EG를 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 84주령의 산란계(ISA-Brown) 300수를 5처리구로 나누어 처리당 5반복으로 반복당 12수씩을 완전임의배치하였다. 처리구는 대조구(T1) 사료와 대조구 사료에 EGBD를 0.5%(T2) 첨가한 구와 EGD를 0.5%(T3), 1.0%(T4), 2.0%(T5) 첨가한 구의 5처리구로 하였다. 두 시험 모두 사양시험은 4주간 실시하였다. 시험 전기간 동안 물과 사료는 자유로이 섭취케 하고, 점등관리는 1일 16시간 인공점등을 실시하였다.

3. 계란품질검사

산란율(hen-day, hen-housed), 평균난중, 연파란율은 매일 측정하여 주별 평균을 계산하였고, 사료 섭취량은 주 1회 조사하여 사료 전환율을 산출하였다. 난각 품질 검사는 주 1회씩 총 4회에 걸쳐 주중 하루에 생산된 총 계란중 연파란을 제외한 모든 계란을 취하여 실시하였다. 계란의 난중을 측정 한 다음 난각강도를 측정하고, 난각색과 난백고, 난황색을 측정하였다. Haugh unit는 HU formula(Eisen et al., 1962)에 기초해 측정 한 난백고를 계산하여 산출하였다. 난각강도는 Texture Analyser(Stable Micro System., 2000, UK)¹를 이용해 측정하였고, 난각색은 Color fan(Sam Yang Feed Co.)²과 Color Quest(Hunter Lab., 1989, USA)³를 이용하여 측정하였다. 난백고와 난황색은 Dial Indicator(AMES, Waltham, Mass., USA)와 Yolk color fan(Roche, 1989, Switzerland)⁴을 사용하여 측정하였다. 품질검사 후 난황을 분리하여, 동결건조시킨 후 지방산 분석의 시료로 사용하였다.

4. Fatty acid 분석

시료 약 0.2~0.5 g 정도를 취하여 Methanol benzene solution(4:1) 2 mL와 acetylchloride 200 μ L를 첨가한 후 100 $^{\circ}$ C 의 heating block에서 1시간동안 반응시킨다. 다시 상온에서 방치하여 cooling시키고 hexane 1 mL와 6%의 potassium carbonate 5 mL을 넣고 vortexing한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리시키고 hexane 층을 추출하여 DB-FFAP column을 사용하는 Gas chromatography(Varian, USA)로 분석하였다.

5. 통계처리

시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS(SAS Institute,

¹ Stable Micro System, Vienna Court, Lammas Rd., Godalming, Surrey, GU7 1YL, UK.² 인천광역시 중구 향동 7가 45번지, 삼양사료(주).³ Hunter Lab., 16 Divinity Ave., Cambridge, MA 02138, USA.⁴ F. Hoffmann-La Roche Ltd., Grenzachstrasse, 124 CH-4070 Basel, Switzerland.

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 Contrast(직교비교)를 실시하였으며, 유의성은 5% 수준($P < 0.05$)에서 검정하였다.

결과 및 고찰

시험 1의 일계산란율(hen-day egg production)과 산란지수

(hen-housed egg production)는 Table 3에 나타내었다. 시험기간 4주간의 결과 유의한 차는 없었지만 일계 산란율과 산란지수 모두 0.5%의 EG(*Euglena gracilis*) 첨가구가 가장 높았고 대조구가 가장 낮았다. 대조구와 Euglena 첨가구들의 직교비교(contrast)시에는 Euglena 첨가구들의 일계 산란율과 산란지수 모두가 대조구에 비해 유의하게 높았다. 난중은 시험사료 급여 결과 1.0%의 EG 첨가구가 가장 무거웠으며, 대조구가 가장 가벼웠다. 또한, 직교비교 시에는 대조구에 비해 Euglena 첨가구들이 유의하게 무거웠으며, EG 첨가구들과 EGBD(*Euglena bleached DHA enriched*) 첨가구들의 직교

Table 3. Summary of laying performance and eggshell quality during 4 wk feeding trial (Experiment 1)

Item	Treatment							SEM
	Control	0.25% EG ¹	0.5% EG ¹	1.0% EG ¹	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD ²	2.0% EGBD ²	
Performance								
Hen-day egg production ^{**○} , %	82.50	87.24	90.71	87.68	89.91	89.46	86.73	3.61
Hen-housed egg production ^{**○} , %	82.50	86.16	90.71	87.68	89.91	89.46	85.36	3.86
Egg weight ^{**○◇} , g/hen day	64.30 ^d	66.41 ^b	65.91 ^{bc}	67.85 ^a	65.59 ^{bc}	65.71 ^{bc}	65.31 ^c	0.686
Feed intake ^{**○} , g/day	123.3 ^b	132.2 ^a	136.5 ^a	136.0 ^a	135.4 ^a	131.6 ^a	129.7 ^a	4.43
Feed conversion, g/100g egg mass	2.34	2.29	2.29	2.29	2.30	2.25	2.30	0.074
Egg quality								
Haugh unit ^{*◇}	80.66 ^{ab}	77.55 ^c	78.53 ^{bc}	79.41 ^{abc}	79.31 ^{abc}	78.61 ^{bc}	81.60 ^a	1.58
Eggshell strength, g/Egg	3606 ^{cd}	3811 ^{abc}	3863 ^{ab}	3499 ^d	3804 ^{abc}	3886 ^a	3633 ^{bcd}	76.68
Broken & soft egg production, %	0.44	0.12	0.19	1.09	1.09	0.00	0.26	0.632
Eggshell color								
Color fan ^{3**○◇}	10.89 ^b	12.00 ^a	11.78 ^a	11.86 ^a	11.83 ^a	11.37 ^{ab}	11.41 ^{ab}	0.394
Color Quest⁴								
Color tone ^{**○}	14.03 ^c	14.58 ^{ab}	14.77 ^a	14.65 ^{ab}	14.64 ^{ab}	14.59 ^{ab}	14.22 ^{bc}	0.294
Chromaticity	16.66 ^{abc}	16.19 ^c	16.28 ^{bc}	16.84 ^a	16.72 ^{ab}	16.58 ^{abc}	16.64 ^{abc}	0.307
Egg yolk color								
Color fan ^{5**○◇}	7.53 ^d	8.64 ^b	8.64 ^b	9.11 ^a	8.02 ^c	8.42 ^b	8.47 ^b	0.238

¹ *Euglena gracilis* Z.

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

³ Sam Yang Feed Co. Ltd.

⁴ Hunter Lab, 1989.

⁵ Roche, 1989.

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

* Contrast: Control vs EG is significantly different($P < 0.05$).

* Contrast: Control vs EGBD is significantly different($P < 0.05$).

○ Contrast: Control vs EG and EGBD is significantly different($P < 0.05$).

◇ Contrast: EG vs EGBD is significantly different($P < 0.05$).

비교 시에는 EG 첨가구들이 EGBD 첨가구보다 유의하게 무거웠다. 사료섭취량은 0.5%의 EG 첨가구가 가장 높았고, 대조구가 가장 낮았다. 직교비교 시에는 대조구에 비해 모든 처리구가 유의하게 높았다. 사료 전환율은 유의한 차는 없었지만, 모든 처리구가 대조구에 비해 낮은 경향을 보였고, EGBD 1.0% 첨가구가 가장 낮은 경향을 나타내었다.

사양시험 기간중의 Haugh unit는 2.0%의 EGBD 첨가구를 제외하고는 모든 처리구가 대조구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 난각강도에 대한 결과는 0.5%의 EG첨가구와 EGBD 1.0% 첨가구가 유의하게 높았으며, 1.0%의 EG첨가구와 대조구가 유의하게 낮은 결과를 보였다. 연파란율은 유의한 차는 보이지 않았으나, 1.0%의 EGBD 첨가구는 시험기간동안 연파란을 생산하지 않았다. 난각색은 Color fan과 Color Quest의 색상(tone)에서는 모든 처리구가 대조구에 비해 유의하게 높았으나, 색도(chromaticity)에서는 EG 0.25, 0.5% 첨가구가 대조구에 비해 낮은 경향을 보였다. 또한, EG 첨가구와 EGBD 첨가구의 직교비교 시에는 Color fan과 Color Quest의 색상(tone)에서 EG 첨가구가 유의하게 높았다. 난황색은 모든 처리구가 대조구에 비해 유의하게 높았으며,

EG 첨가구와 EGBD 첨가구의 직교비교 시에는 EG 첨가구가 유의하게 높았다.

Table 4는 난황내의 4주간 평균 지방산 조성을 보여주고 있다. Myristic acid(C14:0)와 Palmitic acid(C16:0)는 1.0%의 EG 첨가구가 유의적으로 가장 높았고, EGBD 2.0% 첨가구가 가장 낮았다. Arachidonic acid(C20:4)는 0.5%의 EG 첨가구가 가장 높았고, EGBD 2.0% 첨가구가 가장 낮았다. EPA(C20:5)와 DHA(C22:6)는 대조구가 가장 낮았고, 2.0%의 EGBD 첨가구가 유의적으로 가장 높았다. 또한, EPA와 DHA는 EGBD의 첨가 수준이 증가할수록 농도도 증가하였다. Gamma linolenic acid(C18:3, n-6)는 처리간에 유의한 차이는 보이지 않았지만, 대조구와 Euglena 첨가구들의 직교비교 시에는 첨가구들이 대조구에 비해 유의하게 높았다.

시험 2의 결과를 보면, Table 5에서 시험기간 동안의 사양 성적과 계란의 품질에 대해 조사한 결과를 요약해서 보여주고 있다. 일계산란율과 산란지수는 시험기간 4주간의 결과 유의한 차는 없었지만, 일계산란율과 산란지수 모두 0.5%의 EGBD 첨가구가 높은 경향을 나타내었고, 대조구가 낮은 경향을 나타내었다.

Table 4. Average fatty acids composition of egg yolk from layers fed experimental diets for 4 wks (Experiment 1)

Fatty acids	Treatments						
	Control	0.25% EG ¹	0.5% EG ¹	1.0% EG ¹	0.5% EGBD ²	1.0% EGBD ²	2.0% EGBD ²
	----- % of total fatty acids -----						
C14:0 ^{*○◇}	0.322 ^c	0.363 ^{ab}	0.372 ^a	0.387 ^a	0.330 ^c	0.334 ^{bc}	0.316 ^c
C16:0 [◇]	29.334 ^a	29.159 ^a	29.374 ^a	29.443 ^a	29.419 ^a	28.738 ^{ab}	27.825 ^b
C16:1	2.770	2.850	3.029	3.100	2.936	2.838	2.880
C18:0	10.094	9.998	10.098	9.815	9.807	9.752	9.399
C18:1	29.240	29.188	28.708	29.184	29.040	28.787	28.215
C18:2	20.963	20.692	20.780	20.531	20.545	20.926	20.258
C18:3,n-6 ^{*○}	0.110	0.143	0.149	0.142	0.139	0.135	0.118
C18:3,n-3	0.812	0.864	0.852	0.848	0.888	0.931	0.926
C20:3,n-6	0.207	0.214	0.208	0.205	0.199	0.210	0.203
C20:4 ^{*○◇}	2.274 ^{ab}	2.338 ^a	2.294 ^a	2.180 ^{ab}	1.990 ^{bc}	1.876 ^{cd}	1.639 ^d
EPA,n-3 ^{*○◇}	0.101 ^c	0.103 ^c	0.101 ^c	0.111 ^c	0.112 ^c	0.140 ^b	0.185 ^a
DHA,n-3 ^{*○◇}	2.499 ^c	2.762 ^c	2.743 ^c	2.738 ^c	3.379 ^{bc}	4.043 ^{ab}	4.544 ^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: Control vs EG is significantly different(P<0.05).

○ Contrast: Control vs EGBD is significantly different(P<0.05).

◇ Contrast: Control vs EG and EGBD is significantly different(P<0.05).

◇ Contrast: EG vs EGBD is significantly different(P<0.05).

Table 5. Summary of laying performance and eggshell quality during 4 wk feeding trial (Experiment 2)

Item	Treatment					SEM
	Control	0.5% EGBD ¹	0.5% EGD ²	1.0% EGD ²	2.0% EGD ²	
Performance						
Hen-day egg production, %	60.16	63.10	61.31	61.10	62.80	1.67
Hen-housed egg production, %	58.81	63.10	61.31	60.12	62.80	1.67
Egg weight ^{☆○◇} , g/hen day	66.40 ^c	67.46 ^{bc}	69.05 ^a	68.46 ^{ab}	68.95 ^a	0.46
Feed intake ^{**☆○◇} , g/day	104.6 ^c	109.2 ^b	110.5 ^b	114.8 ^a	116.7 ^a	1.54
Feed conversion, g/100g egg mass	2.64	2.58	2.64	2.80	2.73	0.07
Eggshell quality						
Haugh unit	74.17 ^a	74.18 ^a	73.32 ^{ab}	71.92 ^b	73.79 ^a	0.57
Eggshell strength, g/Egg	3008	3017	3178	2983	2937	94.4
Broken & soft egg production, %	2.93	3.49	1.28	3.84	2.54	0.75
Egg yolk color, color fan ³	7.52	8.00	7.49	7.51	7.91	0.20

¹ *Euglena gracilis* Z bleached and DHA enriched.

² *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.

³ Roche, 1989.

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

* Contrast: Control vs EGBD is significantly different(P<0.05).

☆ Contrast: Control vs EGD is significantly different(P<0.05).

○ Contrast: Control vs EGBD and EGD is significantly different(P<0.05).

◇ Contrast: EGBD vs EGD is significantly different(P<0.05).

난중은 시험사료 급여결과 0.5%의 EGD(*Euglena gracilis* DHA enriched)를 첨가한 구가 가장 무거웠다. 대조구 또는 EGBD 첨가구와 EGD 첨가구의 직교비교 시에는 모두 EGD 첨가구의 난중이 유의적으로 높았다. 사료섭취량은 2.0%의 EGD 첨가구가 가장 높았고, 대조구가 가장 낮았으며, 직교 비교 시, 대조구를 포함한 다른 처리구에 비해 EGD를 첨가한 구들이 유의적으로 높았다. 사료 전환율은 유의한 차이가 없었다. Haugh unit는 0.5%의 EGBD 첨가구가 유의적으로 가장 높았다. 사양시험 기간 동안 난각의 강도, 연파란율 및 난황색도에서 유의한 차가 없었다.

Table 6은 난황의 4주간 평균 지방산 조성을 보여주고 있다. Myristic acid는 0.5%의 EGBD 첨가구가 가장 낮았고, 2.0%의 EGD 첨가구가 유의적으로 가장 높았다. Myristoleic acid(C14:1)와 pentadecanoic acid(C15:0)는 대조구가 가장 낮고, 2.0%의 EGD 첨가구가 유의적으로 가장 높았다. Palmitic acid는 2.0%의 EGD 첨가구가 유의적으로 가장 높았으며, EGBD 0.5% 첨가구가 가장 낮았다. 그리고 myristic acid, myristoleic acid, pentadecanoic acid, palmitic acid 모두가 대조구 또는 EGBD 첨가구와 EGD 첨가구의 직교비교 시에는

EGD 첨가구가 유의적으로 높았다. Stearic acid(C18:0)는 대조구가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높았다. Linoleic acid(C18:2)는 0.5%의 EGD 첨가구가 가장 높았다. Arachidonic acid는 대조구가 가장 높고, 0.5%의 EGBD를 첨가한 구가 가장 낮았다. Lignoceric acid(C24:0)는 0.5%의 EGBD 첨가구가 가장 높았다. DHA는 0.5%의 EGBD를 첨가한 구가 가장 높았으며, 직교비교 시에는 EGD를 첨가한 구들이 대조구에 비해 유의하게 높았다.

이상의 결과에서 보면 시험 1, 2 모두에서 일계 산란율과 산란지수에서는 유의한 차이를 보이지 않았는데 이는 해산 클로렐라(*Nannochloropsis*)나 Marine Algae를 첨가해서 시험한 Herber-Mcneill and Van Elswyk(1998) 및 Nitsan et al. (1999)이 보고한 결과와 유사하였다. 또한, 어유나 식물성 유의 첨가로 사료의 ω -3지방산을 강화시켜 시험한 Hargis et al.(1991)과 김은미 등(1997)이 보고한 결과와도 유사하였다. Meluzzi et al.(2000)은 지방의 공급형태는 산란계의 생산성에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.

본 시험에서는 *Euglena* 첨가구들의 난중이 무거워지는 경향이 있었는데, 이는 산란계 사료에 청어유나 Marine algae를

Table 6. Fatty acids composition of egg yolk from layers fed experimental diets, from 1 to 4th wks (Experiment 2)

Fatty acids	Treatments				
	Control	0.5% EGBD ¹	0.5% EGD ²	1.0% EGD ²	2.0% EGD ²
	% of total fatty acids				
C14:0 ^{*☆◇}	0.384 ^c	0.363 ^d	0.399 ^b	0.404 ^b	0.439 ^a
C14:1 ^{☆◇}	0.055 ^d	0.057 ^{cd}	0.061 ^c	0.067 ^b	0.077 ^a
C15:0 ^{☆◇}	0.060 ^d	0.065 ^{cd}	0.081 ^c	0.101 ^b	0.146 ^a
C16:0 ^{☆◇}	26.544 ^c	26.346 ^c	26.692 ^{bc}	26.948 ^{ab}	27.280 ^a
C16:1	2.930	2.581	2.674	2.915	3.264
C17:0	0.299	0.284	0.397	0.444	0.468
C17:1 ^{☆◇}	0.182 ^c	0.197 ^{bc}	0.253 ^{abc}	0.263 ^{ab}	0.289 ^a
C18:0 ^{*☆◇}	11.076 ^a	10.365 ^b	10.979 ^a	10.557 ^b	10.411 ^b
C18:1 [◇]	34.790	34.408	34.929	35.532	34.842
C18:2 ^{☆◇}	16.151 ^{ab}	15.737 ^{bc}	16.408 ^a	15.280 ^{cd}	14.905 ^d
C18:3,n-6 ^{*☆◇}	0.157 ^a	0.130 ^b	0.152 ^a	0.136 ^b	0.133 ^b
C18:3,n-3 ^{*☆◇}	0.257 ^c	0.336 ^a	0.294 ^{bc}	0.320 ^{ab}	0.307 ^{ab}
C20:1	0.286	0.245	0.265	0.296	0.275
C20:2	0.204	0.183	0.155	0.255	0.246
C20:3,n-6 ^{*◇}	0.413	0.281	0.348	0.341	0.354
C20:4 ^{*☆◇}	4.224 ^a	3.406 ^d	3.949 ^b	3.770 ^c	3.767 ^c
EPA,n-3	0.318	0.224	0.106	0.201	0.544
DHA,n-3 ^{*☆◇}	1.619 ^d	4.719 ^a	1.818 ^{cd}	2.109 ^{bc}	2.203 ^b
C24:0 ^{*◇}	0.052 ^{bc}	0.073 ^a	0.041 ^c	0.062 ^{ab}	0.049 ^{bc}

¹ *Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched.

² *Euglena gracilis* Z. DHA enriched.

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

^{*} Contrast: Control vs EGBD is significantly different (P<0.05).

[☆] Contrast: Control vs EGD is significantly different (P<0.05).

[◇] Contrast: Control vs EGBD and EGD is significantly different (P<0.05).

[◇] Contrast: EGBD vs EGD is significantly different (P<0.05).

첨가했을 때 초기에는 일시적으로 난중이 감소하나 후에 난중이 대조구보다 더 무거워졌다고 보고한 Herber et al.(1996)과 산란계에게 CLA(Conjugated linoleic acid)가 첨가된 사료를 급여했을 때 난중이 증가하였다는 Chamrupollert et al.(1999)의 보고와 유사하였다. 반면, 산란계 사료에 해산클로렐라(*Nannochloropsis*)의 첨가가 평균 난중의 변화에 아무런 영향을 미치지 못했다고 보고한 Nitsan et al.(1999)과 아미인유와 잇꽃유, 어유 등으로 산란계 사료의 ω -3와 ω -6 계열의 다가불포화지방산을 강화시켰을 때에도 난중에 영향을 주지 못했다는 안병기와 강창원(1999)의 보고도 있었다. 김은미 등(1997)은 식이 홍화유 8%를 첨가한 처리구가 사료 섭취량과 난중이 다른 처리구에 비해 유의하게 높게 나타났지만, 이는 시험의 규모가 적었고 산란율을 중심으로 산란계를 배치하여 처리구간의 체중분포가 고르지 않아 나타난 결

과라고 보고하였다.

Haugh unit은 시험 1에서는 EGBD 2% 첨가구가, 시험 2에서는 유일한 EGBD 첨가구인 0.5% 첨가구가 가장 높게 나타났는데, 이는 Brown Leghorn 종과 Rhode Island Red 종에게 α -linolenic acid(C18:3, n-3)를 첨가하였을 때, haugh unit가 대조구에 비해 높게 나타났다는 Ahn et al.(1995)의 보고와 연관지어 보면, EGBD 첨가구의 α -linolenic acid가 높게 나타났기 때문이라고 사료되어진다.

Herber-Mcneill and Van Elswyk(1998)은 marine algae(MA)를 첨가했을 때, 난황색을 유의하게 높여 주었고, 이런 효과는 MA를 급여한지 14일만에 최고치에 도달했다고 보고했고, Nitsan et al.(1999)은 해산클로렐라(*Nannochloropsis*)의 첨가가 난황색의 개선에 효과가 있었다고 보고하였다. 실험 1에서 EG를 첨가한 처리구들의 난황색이 유의하게 높았던

것과 유사한 결과로 사료되어진다.

Herber and Van Elswyk(1996)이 산란계 사료에 청어유와 MA를 첨가하여 시험한 결과, 난황내의 총 ω -6 계열의 지방산의 양은 줄어들었고, ω -3 계열의 지방산은 유의하게 늘어났으며, DHA의 난황내 함량도 유의하게 늘어났다. 또, Nitsan et al.(1999)은 해산클로렐라(*Nannochloropsis*)를 첨가한 시험에서, 첨가수준이 0.1, 0.5%일 때는 난황내 DHA 농도에 영향을 미치지 못했지만, 1.0% 첨가구는 ω -6 계열 지방산은 가장 낮은 수준인 반면, ω -3 계열의 지방산인 DHA와 EPA의 수준은 대조구에 2~3배 정도 높게 나타났다고 보고하였다. 이와 같은 결과는 본 시험에서의 결과와 유사하였으며, 불포화도가 높은 지방 공급원을 급여했을 때 난황내 지방산의 불포화도가 증가하였다는 Sim et al.(1973) 및 Naber (1979)의 연구 결과와도 일치하였다. 안병기와 강창원(1999)은 난황내의 지방산 조성이 사료에 첨가하는 지방 공급원의 지방 산조성의 영향을 크게 받는다고 보고하였다. Farrel (1995)은 ω -3계 불포화지방산을 함유하는 계란을 하루에 1개 섭취하면, 일일 권장량의 40~50%를 충족할 수 있다고 보고한 바 있으며, Lewis et al.(2000)은 ω -3 다가불포화 지방산을 Canadian Recommended Nutrient Intake에서 권장하는 만큼 섭취하는데 ω -3계 지방산이 강화된 계란을 섭취하는 것이 효과적이라고 보고하였다.

본 시험의 결과, *Euglena*의 첨가는 산란계의 생산성에는 크게 영향을 미치지 못했지만, EG의 첨가가 난황색의 개선에 효과가 있었고, EG, EGD 그리고 EGBD 모두가 난중을 높여주는 경향이 있었다. 또한, *Euglena*의 DHA를 강화시킨, EGD나 EGBD의 첨가는 난황내의 DHA를 비롯한 ω -3 계열의 지방산의 수준을 높이는데 효과적이며, 특히 EGBD는 DHA를 축적하는 능력이 뛰어난 것으로 사료된다.

적 요

본 연구에서는 생물학적 탄산가스 고정화에 사용되는 *Euglena*를 사료자원으로 이용하고, *Euglena*의 DHA를 강화시켜 산란계의 사료에 첨가하여 그 이용성과 난황내 지방산 조성에 미치는 영향에 대해 알아보고자 실시하였다. 시험 1에서는 32주령의 산란계(ISA-Brown) 280수를 7처리로 나누어 처리당 4반복으로 반복당 10수씩 배치하였다. 처리구에는 에너지함량과 조단백질함량이 2,750 kcal/kg과 17%인 대조구 사료에 EG(*Euglena gracilis* Z.)를 0.25, 0.50, 1.0% 첨가한 구와 EGBD(*Euglena gracilis* Z. bleached and DHA enriched)

를 0.5, 1.0, 2.0% 첨가한 구의 7처리구로 하였다. 시험 2에서는 84주령의 산란계 300수를 5처리로 나누어 처리당 5반복으로 반복당 12수씩 배치하였다. 처리구는 대조구사료에 EGBD를 0.5% 첨가한 구와 EGD(*Euglena gracilis* Z. DHA enriched)를 0.5, 1.0, 2.0% 첨가한 구의 5처리구로 하였다. 두 시험 모두 사양시험은 4주간 실시하였고, 시험기간동안 물과 사료는 자유로이 섭취케 하고 정상적인 점등관리를 실시하였다. 시험 1의 결과를 보면, 일계산란율과 산란지수 모두 유의한 차이를 보이지 않았고, 난중은 시험사료 급여결과 1.0%의 EG 첨가구가 가장 무거웠으며, 대조구가 가장 가벼웠다. 난황색은 모든 처리구가 대조구보다 유의하게 높았으며, EG를 첨가한 구들의 난황색이 높은 경향을 나타냈다. 지방산 조성을 보면 2.0% EGBD 첨가구의 DHA와 EPA의 수준이 유의적으로 가장 높았으며, arachidonic acid의 수준은 가장 낮았다.

시험 2에서도 일계 산란율과 산란지수 모두 유의한 차이를 보이지 않았고, 난중은 0.5%의 EGD를 첨가한 구가 유의적으로 가장 높았으며, 대조구를 포함한 다른 처리구들에 비해 EGD를 첨가한 구들이 높은 경향이 있었다. 지방산 조성의 결과를 보면 2.0% EGD 첨가구의 myristic acid, myristoleic acid와 pentadecanoic acid가 모두 유의적으로 가장 높았다. DHA는 0.5%의 EGBD 첨가구가 유의적으로 가장 높았으며, EGD를 첨가한 구들이 대조구에 비해 유의하게 높았다.

결론적으로, *Euglena*의 첨가는 산란계의 생산성에는 크게 영향을 미치지 못했지만, EG의 첨가가 난황색의 개선에 효과가 있었고, EG, EGD 그리고 EGBD 모두가 난중을 높여주는 경향이 있었다. 또한, *Euglena*의 DHA를 강화시킨, EGD나 특히 EGBD의 첨가는 난황내의 DHA를 비롯한 ω -3 계열의 지방산의 수준을 높이는데 효과적이라고 사료되어진다.

(색인어: 산란계, *euglena*, 지방산, DHA, 난황)

인용문헌

- Ahn DU, Sunwoo HH, Wolfe FH, Sim JS 1995 Effects of dietary α -Linolenic acid and strain of hen on the fatty acid composition storage, stability, and flavor characteristics of chicken eggs. *Poultry Sci* 74: 1540-1547.
- 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.

- Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE 1962 The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Sci* 41: 1461-1468.
- Farrel DJ 1995 Effects of consuming seven omega-3 fatty acid enriched eggs per week on blood profiles of human volunteers. *Poultry Sci* 74, suppl. 1, Abstr. 442.
- Guenther W, Bragg DB, Kondra PA 1971 Effect of dietary linoleic acid on fatty acid composition of egg yolk, liver, and adipose tissue. *Poultry Sci* 50: 845-850.
- Hargis PS, Van Elswyk ME, Hargis BM 1991 Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Sci* 70: 874-883.
- Herber SM and Van Elswyk ME 1996 Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Sci* 75: 1501-1507.
- Herber-Mcneil SM, Van Elswyk ME 1998 Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. *Poultry Sci* 77: 493-496.
- Huang ZB, Leibovitz H, Lee CM, Miller R 1990 Effect of dietary fish oil on n-3 fatty acid levels in chicken eggs and thigh flesh. *J Agric Food Chem* 38: 743-749.
- Lewis NM, Seburg S, Flanagna NL 2000 Enriched eggs as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. *Poultry Sci* 79: 971-974.
- Meluzzi A, Sirri F, Manfreda G, Tallarico N, Franchini A 2000 Effects of dietary vitamin E on the quality of eggs enriched with n-3 long-chain fatty acids. *Poultry Sci* 79: 539-545.
- Naber EC 1979 The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Sci* 58: 518-528.
- Nitsan Z, Mokady S, Sukenik A 1999 Enrichment of poultry products with ω -3 fatty acids by dietary supplementation with the Alga *Nannochloropsis* and Mantur oil. *J of Food Chem* 47: 5127-5132.
- Sim JS, Bragg DB, Hodgson GC 1973 Effect of dietary animal tallow and vegetable oil on fatty acid composition of egg yolk, adipose tissue and liver laying hens. *Poultry Sci* 52: 51-57.
- 김은미 최진호 지규만 1997 식이 홍화유와 들깨유 급여가 계란 난황 내 지방산 조성의 변화에 미치는 영향. *한국축산학회지* 39(2): 135-144.
- 안병기 강창원 1999 ω -3계 및 ω -6계 다가불포화지방산을 함유하는 유지의 급여가 난황 내 지방산 조성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 41(3): 293-310.