

## 오메가-3와 -9 지방산의 혼합 급이가 계육내 오메가-3 계열 다가불포화지방산의 조성에 미치는 영향

신대근 · 최성호<sup>1</sup> · 조영무<sup>2</sup> · 박재홍<sup>2,\*</sup>

경남과학기술대학교 양돈과학기술센터, <sup>1</sup>텍사스 A&M 주립대학교 축산학과, <sup>2</sup>국립축산과학원 가축유전자원시험장

### Omega-3 and -9 Fatty Acid Combination Effects on Broiler Chicks to Produce Chicks with High in Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid

Daekeun Shin, Seung Ho Choi<sup>1</sup>, Young Moo Cho<sup>2</sup>, and Jae Hong Park<sup>2,\*</sup>

Swine Science and Technology Center, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Republic of Korea

<sup>1</sup>Department of Animal Science, 2471 TAMU, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2471, USA

<sup>2</sup>Animal Genetic Resources Station, National Institute of Animal Science, RDA, Namwon 590-832, Republic of Korea

**ABSTRACT** To evaluate the effects of n-3 and n-9 fatty acid combination on broiler chicks, diets containing the combinations of five different fat sources including flaxseed oil, fish oil, EPA, DHA and olive oil were provided, and all chicks were processed at 4 weeks of growth. Liver, breast and thigh samples were collected and fatty acid composition and/or CIE L\*, a\* and b\* measurement were measured. Also, live chick and liver weights were weighed and the ratio was provided as an evidence of fat accumulation in liver. No significant difference was determined in both live and liver weight ratio and liver color. EPA was low in FHO as compared to livers from others. In contrast, DHA was significantly high in FHO. In broiler breasts derived from FDO, AA and n-3 fatty acid content was high, but only numerical differences of EPA and DHA were determined in breasts from FDO. The thighs from FHO showed high in EPA, DHA and n-3 fatty acid content but had low in AA and n-6 to n-3 ratio. Therefore, the results indicate that broiler chicken diets containing either FDO or FHO may be possible combination diets increasing n-3 polyunsaturated fatty acids in broiler chicks.

(Key words : n-3, eicosapentaenoic acid, eicosahexaenoic acid, flaxseed oil, fish oil)

## 서 론

국내 닭고기 소비량은 2009년 기준 12.7 kg으로 대만, 말레이시아와 홍콩 등의 동남 아시아 국가들(29.2~38.0 kg)에 비하여 소비량은 그리 높지 않으나 지리적으로 인접한 중국(10.4 kg)보다는 조금 높은 수준이다(한국계육협회, 2011). 특히, 우리나라의 경우에는 보양음식의 일환으로 닭고기의 소비가 이루어지고 있으며, 지금도 기력이 떨어지고 땀을 많이 흘리는 계절인 여름이 닭고기의 주요 소비 계절이라 할 수 있다(한국농촌경제연구원, 2010). 육계의 사양은 일반적으로 옥수수과 대두박을 기초 사료로 에너지 가의 조절을 위하여 옥수수유, 대두유 혹은 면화유 등의 지방원을 첨가하고 있다(Shin et al., 2011). 이들 기초 사료와 각각의 지방

원들은 n-3 지방산보다는 n-6와 n-9 지방산들이 주요 지방산들이라 할 수 있다(Schreiner et al., 2005; Cleland et al., 2006). 따라서, 지방의 약 70%가 불포화지방산으로 구성된 닭의 지방산 조성은 대부분이 n-3 계열의 지방산들이라기 보다는 n-6와 n-9 계열의 지방산들 즉 linoleic acid (C18:2, LA, n-6), arachidonic acid (C20:4, AA, n-6)와 oleic acid (C18:1, OA, n-9)가 다수를 이룰 것이다(Shin et al., 2011).

다량의 n-6와 n-9 지방산들을 함유한 사료원료를 이용하여 생산된 계육은 결국 El-Badry et al. (2007a)이 권장한 n-6와 -3의 식품내 이상적인 비율인 1~4:1를 초과하게 될 것이며, 이를 소비하는 소비자들 또한 다량의 n-6 지방산들을 섭취하게 됨을 의미한다. 식품내 다량의 n-6 지방산의 섭취로 인하여 과도한 AA가 인체내에 축적되게 된다면 AA는

\* To whom correspondence should be addressed : razorbacks@korea.kr

cyclooxygenase2(COX2)로 인하여 prostaglandin<sub>2</sub>(PGE<sub>2</sub>)로 전환하게 되고, 따라서 비만, 제 2형 당뇨 및 여드름과 같은 염증성 질환을 유발시킬 수 있는 가능성이 높아지게 된다(이원주, 2006; Shin, 2010). 이러한 AA의 간접적인 영향으로 인하여 오메가 지방산들의 비율에 대한 많은 연구와 더불어 오메가-3 지방산의 계육 또는 계란 내 함량을 증가시키기 위한 노력들이 진행되고 있다(Bean and Leeson, 2003; Betti et al., 2009; Narciso-Gaytan et al., 2011).

육계에 대한 아마씨유 또는 어유의 급이는 대조군인 일반 사료를 급이한 육계에 비하여 높은 오메가-3 지방산 함량을 나타내었으며, 특히 어유를 급이한 처리구에서는 높은 비율의 eicosapentaenoic acid(C20:5, EPA, n-3)와 docosahexaenoic acid(C24:6, DHA, n-3)를 나타내었다(Narciso-Gaytan et al., 2011; Shin et al., 2011). 이처럼 오메가-3 지방산 중 다가불포화지방산인 EPA와 DHA가 증가된 육계가 생산된다면 최근 건강을 생각하는 다수의 소비자들에게 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 더욱이 오메가-3 지방산 중 특히 EPA와 DHA의 함량이 증가된 닭고기의 생산이 가능하다면 다양한 기능성으로 인하여 계육의 소비 또한 촉진될 수 있을 것이라 추측된다. 따라서, 본 실험은 n-3 지방산의 육계 근육내 축적을 최대화하는 동시에 n-3 지방산 중 다가불포화지방산인 EPA와 DHA의 축적을 증가시킴으로써 궁극적으로는 EPA와 DHA가 풍부하면서도 n-6와 -3의 비율이 개선된 계육을 생산하기 위한 방안을 모색하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험 동물의 사양

총 60마리의 1일령 Cobb×Ross 육계(*Gallus gallus domesticus*)를 구입 후 3마리씩 4반복의 5개의 처리구로 나누어 실험을 실시하였다(3×4×5=bird×replication×treatment). 모든 육계는 옥수수과 대두박을 주원료로 한 기초 사료에 5%의 서로 다른 지방원을 첨가·배합한 5개의 시험사료를 각각 급여하였다(Table 1 및 Table 2). 사양은 자유 급식과 함께 14시간의 점등을 통하여 총 28일간 실시하였으며, 4주간의 사양 후 도계 과정 중 생체중과 도계 후 간의 무게를 측정하여 이들의 비율을 백분율로 나타내었다. 도계 후 회수된 간은 육색과 지방산 조성을 측정하기 위하여 이용되었으며, 가슴육 그리고 닭 다리육은 -80℃에 저장하며 지방산 조성을 측정 위하여 이용하였다.

**Table 1.** Composition and calculated analysis of the basal diets

Item	Starter (0~3 wk)	Grower (4 wk)
Ingredient (%)		
Corn	52.81	60.88
Soybean meal	37.99	29.98
Biophos <sup>1</sup>	1.55	1.40
Limestone	1.68	1.58
Oil <sup>2</sup>	5.00	5.07
Salt	0.49	0.44
Vitamin premix <sup>3</sup>	0.25	0.25
DL-Methionine	0.18	0.22
Mineral premix <sup>4</sup>	0.05	0.05
Lysine	-	0.13
Coban 60 <sup>5</sup>	-	-
Calculated nutrient content		
Crude protein (%)	23.02	20.00
ME energy (kcal/kg)	3,120	3,209
Calcium (%)	1.00	0.92
Available phosphorous (%)	0.45	0.41
Methionine (%)	0.53	0.52
Methionine + cystine (%)	0.90	0.85
Lysine (%)	1.25	1.14
Threonine (%)	0.87	0.74
Sodium (%)	0.21	0.19

<sup>1</sup>Biophos, 15.9% Ca and 21.2% P (Marshall Minerals Inc., Marshall, TX).

<sup>2</sup>Oil, alone or combination, depending on the treatment, was from the following sources: EPA (70% purity, Chemport Inc., Naju, Republic of Korea), DHA (80% purity, Chemport Inc., Naju, Republic of Korea), flaxseed oil (Pizzey's Milling Co., Gurnee, IL), memhaden fish oil (Virginia Prime Silver. Omega Protein Inc., Hammond, LA), olive oil (Jedwards International Inc., Quincy, MA, USA) and soybean oil (Central Soya, Gibson City, IL, USA).

<sup>3</sup>Vitamin Premix (lb): vitamin A 2,000,000 IU, vitamin D<sub>3</sub> 700,000 IU, vitamin E 8,333 IU, vitamin B<sub>12</sub> 3.0 mg, riboflavin 1,083 mg, niacin 8,333 mg, d-pantothenic acid 3,667 mg, choline 86,667 mg, K 267 mg, folic acid 317 mg, vitamin B<sub>6</sub> 1,300 mg, thiamine 533 mg, biotin 100 (Breeder turkey, DSM Nutritional Products, Inc., Parsippany, NJ).

<sup>4</sup>Mineral Premix: Ca 1.20%, Mn 30.0%, Zn 21.0%, Cu 8500 ppm, I 2,100 ppm, Se 500 ppm, Mo 1,670 ppm (Tyson Poultry 606 Premix, Tyson Foods, Springdale, AR).

<sup>5</sup>Coban 60, 132g/kg of monensin (Elanco Animal Health Division of Eli Lilly & Co., Indianapolis, IN).

**Table 2.** Dietary source of lipid added to the basal diets

Treatment <sup>2</sup>	Dietary lipid source <sup>1</sup>					
	Soybean oil	Olive oil	Flaxseed oil	EPA	DHA	Fish oil
CON	2.5%	2.5%	-	-	-	-
FXO	-	2.5%	2.5%	-	-	-
FEO	-	2.5%	2.0%	0.05%	-	-
FDO	-	2.5%	2.0%	-	0.05%	-
FHO	-	2.5%	-	-	-	2.5%

<sup>1</sup>Oil, alone or combination, depending on the treatment, was from the following sources: EPA (70% purity, Chemport Inc., Naju, Republic of Korea), DHA (80% purity, Chemport Inc., Naju, Republic of Korea), flaxseed oil (Pizzey's Milling Co., Gurnee, IL), memhaden fish oil (Virginia Prime Silver. Omega Protein Inc., Hammond, LA), olive oil (Jedwards International Inc., Quincy, MA, USA) and soybean oil (Central Soya, Gibson City, IL, USA).

<sup>2</sup>CON=2.5% soybean oil + 2.5% olive oil combination, FXO=2.5% flaxseed oil + 2.5% olive oil combination, FEO=2.45% flaxseed oil + 0.05% eicosapentaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FDO=2.45% flaxseed oil + 0.05% docosahexaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FHO=2.5% fish oil + 2.5% olive oil combination.

## 2. 육색 측정

간의 육색은 시료의 단면에 Chroma meter(CR-400, Minolta Co., Japan)를 이용하여 명도(lightness)를 나타내는 L\*값, 적색도(redness)를 나타내는 a\*값 그리고 황색도(yellowness)를 나타내는 b\*값을 3회 반복하며 측정하여 환산하였다. 이때 Chroma meter는 매회 측정 시 제공되는 표준색판을 이용하여 Y=92.8, x=0.3134, y=0.3193으로 보정하였다.

## 3. 지방산 조성 분석

간, 가슴 육과 다리 육의 지방산 조성 분석을 위하여 Folch et al. (1957)의 방법으로 1.5 g의 시료에서 지방을 추출하였다. 이후 추출된 지방을 메탄올에 녹인 0.5 N potassium hydroxide(KOH)를 이용하여 saponification과 esterification을 하였으며, 최종적으로는 헥산에 녹인 fatty acid methyl ester (FAME)를 scintillation vial로 옮겨 분석을 하였다(Smith et al., 2002). 지방산 조성에 대한 분석을 위하여서는 WCOT fused silica capillary column(100 m×0.25 mm i.d., CP-7420, Varian Inc.)을 장착한 gas chromatography (GC, Varian Chrompack, CP-3800, Walnut Creek, CA)를 사용하였다. 초기 GC는 185℃에서 32분간 머문 다음 점차적으로 20℃/min의 온도를 증가

시켜 최종 온도가 235℃에 도달하도록 하였으며 이때 split ratio는 100이었다. 사용된 GC의 injector와 detector의 온도는 각각 270℃이었으며, GLC-674와 UC-59-M(Nu-Chek Prep., Inc., Elysian, MN, USA) 그리고 internal standard(Nu-Chek Prep., Inc., Elysian, MN, USA)를 이용하여 각각의 지방산을 정량화(mg/100 g of fresh tissue) 하였다.

## 4. 통계처리

SAS program(Statistics Analytical System, USA, 2008)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였다. 처리 평균 간의 평균값 비교를 위해 Duncan의 다중검정(Multiple Range Test)을 이용하여 유의성 검정( $p < 0.05$ )을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

n-3와 -9 지방산 혼합 사료의 급이가 육용계의 간내 지방의 축적에 미치는 영향을 조사하고자 간의 간 무게/생체중 비율과 CIE L\*, a\* 그리고 b\*를 조사하였다(Table 3). 지방의 축적은 일반적으로 간 내 desaturase들과 elongase의 활성화에 의한 생합성과 사료내 지방의 근육내 축적에 의해 이루어지며(Leonard et al., 2002; Jump, 2004), El-Badry et al.(2007b)의 보고에 의하면 비만 유도 실험 쥐는 간의 크기뿐만 아니라 간/생체중의 비율 또한 증가한다고 보고하였다. 따라서 간의 크기 혹은 무게 또한 근육내 지방의 축적에 중요한 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다. 특히, n-3 지방산 강화 사

**Table 3.** Effects of omega-3 and -9 fatty acids on liver to live weight ratio and liver CIE L\*, a\* and b\* of broiler chicken fed with different fat sources and processed at 4 wk of growth

	CON <sup>1</sup>	FXO	FEO	FDO	FHO	SEM <sup>2</sup>
Liver/Live Wt (%)	2.23	2.39	2.10	2.11	2.00	0.05
Lightness (L*)	37.60	36.06	32.92	34.13	36.84	0.79
Redness (a*)	18.24	17.07	16.69	16.14	17.51	0.35
Yellowness (b*)	5.76	4.33	3.43	3.78	4.43	0.34

<sup>1</sup>CON=2.5% soybean oil + 2.5% olive oil combination, FXO=2.5% flaxseed oil + 2.5% olive oil combination, FEO=2.45% flaxseed oil + 0.05% eicosapentaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FDO=2.45% flaxseed oil + 0.05% docosahexaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FHO=2.5% fish oil + 2.5% olive oil combination.

<sup>2</sup>SEM=Standard error of the mean.

료의 급이로 낮아진 간 내 지방 함량(intrahepatic lipid content)으로 인하여(Kurihara et al., 1994; Alwayn et al., 2005) 간의 CIE L\* 혹은 a\*의 값은 영향을 받을 수 있을 것으로 판단된다. 그러나, 예상과는 달리 본 실험에서는 오메가 지방산의 혼합 급이가 육계의 간 무게/생체중의 비율과 간의 CIE L\*, a\*와 b\* 값에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다( $p>0.05$ ).

n-3와 -9 지방산의 혼합 급이가 육용계 간 조직의 지방산 조성에 미치는 영향은 Table 4와 같다. EPA는 FHO 처리구

에서 유의적으로 낮은 178.84 mg/100 g의 함량을 나타낸 반면 docosapentaenoic acid(C22:5, DPA, n-3)와 DHA는 각각 96.15와 410.89 mg/100 g으로 높은 DPA와 DHA 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ). 그러나, n-6 지방산인 LA와 AA의 함량은 모든 처리구에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다( $p>0.05$ ). AA와 EPA 그리고 DHA의 모체 지방산인 LA와 linolenic acid(C18:3, LNA, n-3)에 두 개의 탄소를 공급하며 지방산의 사슬을 증가시키는 elongase(Leonard et al., 2002; Igarashi et al., 2007)는 그 활성이 FEO와 FDO 처리구에서 가장 높게

**Table 4.** Fatty acids profiles of broiler chicken liver fed with different fat sources and processed at 4 wk of growth (mg/100 g of fresh tissue)

	CON <sup>1</sup>	FXO	FEO	FDO	FHO	SEM <sup>7</sup>
C14:0	16.55 <sup>a</sup>	3.17 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	11.07 <sup>ab</sup>	2.20
C16:0	1,067.40	654.56	542.69	511.47	696.92	74.69
C16:1	148.67	73.82	49.34	45.62	78.63	14.28
C18:0	758.69	674.08	664.36	650.76	590.68	29.46
C18:1c9	1,419.85	868.02	656.66	601.31	906.76	124.57
C18:1c11	104.64	64.78	50.23	55.94	64.49	7.60
C18:2	513.13	525.72	557.19	472.26	570.84	26.71
C18:3	33.81	78.55	134.11	82.32	115.88	12.13
C20:3	15.79	19.27	15.98	17.08	13.12	0.97
C20:4	15.47	12.34	15.60	15.76	10.43	0.85
C20:5	283.40 <sup>a</sup>	309.56 <sup>a</sup>	273.54 <sup>a</sup>	249.78 <sup>ab</sup>	178.84 <sup>b</sup>	14.20
C22:4	10.27 <sup>d</sup>	77.74 <sup>c</sup>	155.38 <sup>b</sup>	148.98 <sup>b</sup>	269.10 <sup>a</sup>	21.20
C24:0	23.40 <sup>a</sup>	19.83 <sup>a</sup>	13.70 <sup>b</sup>	14.01 <sup>b</sup>	9.93 <sup>b</sup>	1.29
C22:5	29.21 <sup>c</sup>	68.52 <sup>b</sup>	73.12 <sup>b</sup>	61.34 <sup>b</sup>	96.15 <sup>a</sup>	5.70
C22:6	134.96 <sup>c</sup>	169.23 <sup>bc</sup>	219.23 <sup>b</sup>	222.26 <sup>b</sup>	410.83 <sup>a</sup>	23.16
Delta-5 desaturase <sup>2</sup>	0.99	0.75	1.00	0.97	0.82	0.06
Delta-6 desaturase <sup>3</sup>	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01
Delta-9 desaturase <sup>4</sup>	0.18	0.11	0.07	0.07	0.13	0.01
Elongase <sup>5</sup>	0.79 <sup>b</sup>	1.07 <sup>ab</sup>	1.27 <sup>a</sup>	1.29 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>	0.06
Overall n-3 index <sup>6</sup>	5.61	2.25	1.89	2.82	4.47	0.56

<sup>a-d</sup>Mean values within a row followed by the same letter are not significantly different ( $p>0.05$ ).

<sup>1</sup>CON=2.5% soybean oil + 2.5% olive oil combination, FXO =2.5% flaxseed oil + 2.5% olive oil combination, FEO=2.45% flaxseed oil + 0.05% eicosapentaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FDO=2.45% flaxseed oil + 0.05% docosahexaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FHO=2.5% fish oil + 2.5% olive oil combination.

<sup>2</sup>Delta-5 desaturase index=C20:4/C20:3.

<sup>3</sup>Delta-6 desaturase index=C20:4/C18:2.

<sup>4</sup>Delta-9 desaturase index=C16:1/C18:0.

<sup>5</sup>Elongase index=C18:0/C16:0.

<sup>6</sup>Overall n-3 index=C22:6/C18:3.

<sup>7</sup>SEM=Standard error of the mean.

나타났다. 그러나, 탄소 사슬에서 수소를 제거하며 지방산의 불포화도를 증가시키는 delta-5, 6 그리고 9 desaturase의 활성(Nakamura and Nara, 2004)은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 아마도 다가불포화지방산이 육용계의 간 내에서 생합성 되기보다는 사료내 높은 함량으로 인하여 다가불포화지방산들이 직접적으로 간 내 축적됨에 의한 것으로 판단된다.

Table 5는 n-3와 -9 지방산의 혼합 급이가 육용계 가슴살

조직의 지방산 조성에 미치는 영향을 나타내었다. AA, DPA 그리고 n-3 지방산의 함량은 FDO에서 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 특히 LNA와 DHA를 첨가한 FDO 처리구의 AA의 함량은 FXO, FEO 그리고 FHO 처리구들에 비해 상대적으로 높은 52.21 mg/100 g의 함량을 나타내었다. 따라서, 본 실험에서는 n-3 계열 지방산 중 LNA와 DHA만을 사료에 첨가하여 닭에게 급이한다면, EPA의 부재로 인해 소장 내 흡수 중 fatty acid binding protein(FABP)

**Table 5.** Fatty acids profiles of broiler chicken breast muscle fed with different fat sources and processed at 4 wk of growth (mg/100 g of fresh tissue)

	CON <sup>1</sup>	FXO	FEO	FDO	FHO	SEM <sup>10</sup>
C16:0	204.01	216.65	335.57	223.79	268.39	21.31
C16:1	27.86	27.28	49.76	30.38	36.68	3.89
C18:0	70.17	94.84	138.17	117.40	86.24	10.13
C18:1c9	258.40	311.82	513.45	384.97	367.60	40.47
C18:1c11	23.74	27.49	38.01	31.54	22.28	3.60
C18:2	117.05	157.50	212.91	194.04	151.19	16.65
C18:3	0.00	36.37	53.71	62.69	0.00	8.14
C20:4	5.70 <sup>b</sup>	36.09 <sup>ab</sup>	8.78 <sup>b</sup>	52.21 <sup>a</sup>	4.72 <sup>b</sup>	6.17
C20:5	14.60	31.44	6.25	16.24	30.46	4.08
C22:5	0.00 <sup>b</sup>	22.74 <sup>ab</sup>	16.24 <sup>b</sup>	44.39 <sup>a</sup>	4.13 <sup>b</sup>	4.79
C22:6	6.71	18.24	5.69	37.21	16.66	4.08
SFA <sup>2</sup>	274.19	311.48	473.74	341.19	354.62	30.52
UFA <sup>3</sup>	442.19	643.82	855.99	846.08	622.58	74.93
MUFA <sup>4</sup>	298.13	359.72	579.28	439.30	415.42	46.34
PUFA <sup>5</sup>	144.05	284.10	276.71	406.78	207.16	33.39
n-3 <sup>6</sup>	21.30 <sup>b</sup>	90.50 <sup>ab</sup>	55.03 <sup>b</sup>	160.53 <sup>a</sup>	51.25 <sup>b</sup>	14.76
n-6 <sup>7</sup>	122.75	193.59	221.68	246.25	155.91	19.92
n-9 <sup>8</sup>	258.40	311.82	513.45	384.97	367.60	40.47
n-6/n-3 ratio <sup>9</sup>	5.42	2.66	2.96	1.51	3.12	0.42

<sup>a,b</sup>Mean values within a row followed by the same letter are not significantly different ( $p > 0.05$ ).

<sup>1</sup>CON=2.5% soybean oil + 2.5% olive oil combination, FXO =2.5% flaxseed oil + 2.5% olive oil combination, FEO=2.45% flaxseed oil + 0.05% eicosapentaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FDO=2.45% flaxseed oil + 0.05% docosahexaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FHO=2.5% fish oil + 2.5% olive oil combination.

<sup>2</sup>Saturated fatty acid(SFA)=C16:0 + C18:0.

<sup>3</sup>Unsaturated fatty acid(UFA)=C16:1 + C18:1c9 + C18:1c11 + C18:2 + C18:3 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>4</sup>Monounsaturated fatty acid(MUFA)=C16:1 + C18:1c9 + C18:1c11.

<sup>5</sup>Polyunsaturated fatty acid(PUFA)=C18:2 + C18:3 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>6</sup>Omega-3 fatty acid(n-3)=C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>7</sup>Omega-6 fatty acid(n-6)=C18:2 + C20:4.

<sup>8</sup>Omega-9 fatty acid(n-9)=C18:1c9.

<sup>9</sup>Omega-6/Omega-3 ratio(n-6/n-3 ratio)=(C18:2 + C20:4)/(C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6).

<sup>10</sup>SEM=Standard error of the mean.

에 대한 AA와의 경쟁력 저하로 보다 많은 AA가 흡수되고, 이후 닭의 가슴 근육 내 축적되는 것으로 추정된다. EPA의 부재는 또한 FDO 사료내 DHA의 빠른 흡수와 더불어 peroxisome에서의 빠른  $\beta$ -oxidation(Leonard et al., 2002)을 유도하여 생성된 EPA를 신속히 가슴 근육내로 축적시키는 것으로 판단된다. 이는 EPA를 첨가한 FEO 처리구에서 EPA 함량이 수치상 6.25 mg/100 g으로 가장 낮게 나타났으며, 사

료를 통해 급여하지 않은 DHA(5.69 mg/100 g)의 가슴 근육 내 존재와 같은 결과로도 예측 될 수 있다.

Table 6은 n-3와 -9 지방산의 혼합 급이가 육계 다리 근육 조직의 지방산 조성에 미치는 영향을 조사한 것으로 LNA는 FEO와 FDO 처리구에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다( $p<0.05$ ). 더욱이 FEO와 FDO 처리구는 유의적으로도 FHO의 AA 함량과 유사한 32.16과 31.51 mg/100 g의 AA 함량을

**Table 6.** Fatty acids profiles of broiler chicken thigh muscle fed with different fat sources and processed at 4 wk of growth (mg/100 g of fresh tissue)

	CON <sup>1</sup>	FXO	FEO	FDO	FHO	SEM <sup>10</sup>
C16:0	169.33	166.22	169.72	155.79	166.81	7.03
C16:1	25.70	15.86	15.56	18.44	20.59	1.78
C18:0	83.02	95.76	90.80	86.74	83.30	4.03
C18:1c9	215.88	229.98	249.17	259.00	228.47	15.15
C18:1c11	24.10	23.07	20.33	19.54	20.78	1.22
C18:2	163.55	175.47	167.31	160.19	141.25	8.99
C18:3	5.80 <sup>c</sup>	28.95 <sup>ab</sup>	36.74 <sup>a</sup>	41.22 <sup>a</sup>	16.70 <sup>bc</sup>	3.57
C20:3	9.80	10.16	9.74	8.21	7.14	0.71
C20:4	44.02 <sup>a</sup>	47.64 <sup>a</sup>	32.16 <sup>ab</sup>	31.51 <sup>ab</sup>	24.63 <sup>b</sup>	2.88
C20:5	2.40 <sup>c</sup>	10.44 <sup>b</sup>	14.13 <sup>b</sup>	12.29 <sup>b</sup>	24.33 <sup>a</sup>	1.79
C22:5	10.21 <sup>b</sup>	28.89 <sup>b</sup>	29.13 <sup>a</sup>	22.37 <sup>a</sup>	28.94 <sup>a</sup>	1.94
C22:6	15.19 <sup>b</sup>	24.89 <sup>b</sup>	20.40 <sup>b</sup>	21.63 <sup>b</sup>	53.44 <sup>a</sup>	3.49
SFA <sup>2</sup>	252.35	261.97	260.52	242.53	250.10	10.77
UFA <sup>3</sup>	511.76	595.36	594.67	594.40	566.27	31.03
MUFA <sup>4</sup>	265.68	268.92	285.06	296.98	269.84	17.29
PUFA <sup>5</sup>	246.08	326.44	309.61	297.42	296.43	15.03
n-3 <sup>6</sup>	33.61 <sup>c</sup>	93.18 <sup>b</sup>	100.41 <sup>ab</sup>	97.51 <sup>ab</sup>	123.41 <sup>a</sup>	7.92
n-6 <sup>7</sup>	212.47	233.27	209.20	199.91	173.02	11.63
n-9 <sup>8</sup>	215.88	229.98	249.17	259.00	228.47	15.15
n-6/n-3 ratio <sup>9</sup>	4.47 <sup>a</sup>	2.54 <sup>ab</sup>	2.08 <sup>ab</sup>	2.05 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>b</sup>	0.28

<sup>a-c</sup>Mean values within a row followed by the same letter are not significantly different ( $p>0.05$ ).

<sup>1</sup>CON=2.5% soybean oil + 2.5% olive oil combination, FXO=2.5% flaxseed oil + 2.5% olive oil combination, FEO=2.45% flaxseed oil + 0.05% eicosapentaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FDO=2.45% flaxseed oil + 0.05% docosahexaenoic acid + 2.5% olive oil combination, FHO=2.5% fish oil + 2.5% olive oil combination.

<sup>2</sup>Saturated fatty acid(SFA)=C16:0 + C18:0.

<sup>3</sup>Unsaturated fatty acid(UFA)=C16:1 + C18:1c9 + C18:1c11 + C18:2 + C18:3 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>4</sup>Monounsaturated fatty acid(MUFA)=C16:1 + C18:1c9 + C18:1c11.

<sup>5</sup>Polyunsaturated fatty acid(PUFA)=C18:2 + C18:3 + C20:4 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>6</sup>Omega-3 fatty acid(n-3)=C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6.

<sup>7</sup>Omega-6 fatty acid(n-6)=C18:2 + C20:4.

<sup>8</sup>Omega-9 fatty acid(n-9)=C18:1c9.

<sup>9</sup>Omega-6/Omega-3 ratio(n-6/n-3 ratio)=(C18:2 + C20:4)/(C18:3 + C20:5 + C22:5 + C22:6).

<sup>10</sup>SEM=Standard error of the mean.

나타내었다( $p>0.05$ ). EPA, DHA, n-3 그리고 n-6/n-3 비율은 가슴 근육(Table 5)의 지방산 조성과는 달리 FEO와 FDO인 이들 두 처리구에서 모두 유의적으로도 유사한 지방산 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 근육 타입에 따른 미토콘드리아의 수와 미토콘드리아에 의한 에너지 전환 능력(Flachs et al., 2007; Vijaimohan et al., 2006)에 의한 것으로 판단된다. 더욱이, DHA가 EPA에 비해 상대적으로 탄소 사슬의 길이가 길고, 이중결합의 수가 많아 에너지로의 전환이 용이하기 때문인 것과는 관련 있다 하겠다(Newman et al., 2002). 따라서, 두 처리구의 다리육 샘플에서 DHA 함량은 감소하였으나 EPA 함량은 상대적으로 영향을 덜 받았기 때문에 FEO와 FDO 처리구내 EPA와 DHA의 함량에 유의적인 상관관계가 조사 되지 않은 것이라 판단된다. 이와 더불어 앞서 언급한 desaturase와 elongase 같은 효소의 활성화와 peroxisome에 의한  $\beta$ -oxidation 또한 복합적으로 EPA와 DHA의 축적에 영향을 미친 것으로 판단된다. 이러한 복합적인 영향은 n-3 지방산을 모두 함유한 FHO 사료에서도 유사한 작용이 있을 것이라 예상되었으나, EPA와 DHA의 혼합 급이(FHO)는 유의적으로 높은 EPA와 DHA 축적을 나타내었다( $p<0.05$ ). 따라서 FHO의 상대적으로 적은 AA 함량과 높은 EPA와 DHA 함량은 n-6/n-3 비율을 상승시켰으며, 이에 식품내 이상적인 n-6/n-3 비율이라 추천되는 1~4:1(El-Badry et al., 2007a)인 1.40:1의 비율 나타낸 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 오메가-3 다가불포화지방산의 함량을 높인 육계의 생산을 위하여 n-3 지방산과 올리브유를 혼합한 사료(CON (5% 일반지방), FXO(2.5% 아마씨유 + 2.5% 올리브유), FEO (2.45% 아마씨유 + 0.05% EPA + 2.5% 올리브유), FDO(2.45% 아마씨유 + 0.05% DHA + 2.5% 올리브유) 그리고 FHO(2.5% 어유 + 2.5% 올리브유)]를 육계에게 4주 간 급여하였다. 4주 간의 사양 후 도계를 통하여 닭의 간, 가슴살 그리고 다리살을 채취하였다. 채취한 간은 간 무게/생체중의 비율, 육색 그리고 지방산의 조성 분석을 위하여 사용되었으며, 닭 가슴살과 다리살은 지방산 함량 분석을 위하여 사용되었다. FHO 사료를 급여한 육계의 간은 EPA가 유의적으로 낮았으나 DPA와 DHA는 높았다( $p<0.05$ ). 가슴 근육은 n-6 지방산인 AA와 DPA 그리고 n-3 지방산에서 FDO 처리구가 이외의 처리구 대비 유의적으로 높았으며( $p>0.05$ ), 더욱이 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 수치적으로 EPA와 DHA 함량 역시 높았다. LNA 함량은 FEO와 FDO 사료를 급여한 닭의

다리 근육에서 유의적으로 높았으며, AA 함량 또한 FHO와 유사하였다. FHO 사료를 급여한 닭의 다리 근육은 EPA, DHA 그리고 n-3 지방산에서 유의적으로 높은 함량을 나타낸 반면에 AA의 함량과 n-6/n-3 지방산의 비율은 유의적으로 낮았다( $p<0.05$ ). 따라서 본 실험은, n-3의 다가불포화지방산의 함량을 증가시킴과 동시에 n-6/n-3 비율의 향상을 위해서는 근섬유 조성에 따라 그 접근법이 달라야 된다는 사실이 조사되었으며, 가슴과 다리 근육 내 n-3 지방산의 함량을 증가시키기 위해서는 각각 FDO와 FHO 사료의 급여가 적합할 것으로 판단된다.

(색인어 : 오메가-3, EPA, DHA, 아마씨유, 어유)

## 인용문헌

- Alwayn IP, Andersson C, Zauscher B, Gura K, Nose V, Puder M 2005 Omega-3 fatty acids improve hepatic steatosis in a murine model: potential implications for the marginal steatotic liver donor. *Transplantation* 79:606-608.
- Bean LD, Leeson S 2003 Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens. *Poult Sci* 82:388-394.
- Betti M, Perez TI, Zuidhof MJ, Renema RA 2009 Omega-3-enriched broiler meat: 3. Fatty acid distribution between triacylglycerol and phospholipid classes. *Poult Sci* 88: 1740-1754.
- Cleland LG, James MJ, Proudman SM 2006 Fish oil: What the prescriber needs to know. *Arthritis Res Ther* 8:2002-2010.
- El-Badry AM, Graf R, Clavien PA 2007a Omega3-Omega6: What is right for the liver? *J Hepatology* 47:718-725.
- El-Badry AM, Moritz W, Contaldo C, Tian Y, Graf R, Clavien PA 2007b Prevention of reperfusion injury and microcirculatory failure in macrosteatotic mouse liver by omega-3 fatty acids. *Hepatology* 45: 855-863.
- Flachs P, Horakova O, Brauner P, Rossmies M, Pecina P, Franssem-van Hal N, Ruzickova J, Sponarova J, Drahotka Z, Vlcek C, Keijer J, Houstek J, Igarashi M, Ma K, Chang L, Bell JM, Rapoport SI 2007 Dietary n-3 PUFA deprivation for 15 weeks upregulates elongase and desaturase expression in rat liver but not brain. *J Lipid Res* 48: 2463-2470.
- Folch J, Less M, Sloane-Stanley GH 1957 A simple method

- for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497-509.
- Igarashi M, Ma K, Chang L, Bell JM, Rapoport SI 2007 Dietary n-3 PUFA deprivation for 15 weeks upregulates elongase and desaturase expression in rat liver but not brain. *J Lipid Res* 48:2463-2470.
- Jump DB 2004 Fatty acid regulation of gene transcription. *Crit Rev in Clinical Lab Sci* 41:41-78.
- Kurihara T, Adachi Y, Yamagata M, Abe K, Akimoto M, Hashimoto H 1994 Role of eicosapentaenoic acid in lipid metabolism in the liver, with special reference to experimental fatty liver. *Clin Ther* 16:830-837.
- Leonard AE, Kelder B, Bobik EG, Chuang LT, Lewis CJ, Kopchick JJ, Mukerji P, Huang YS 2002 Identification and expression of mammalian long-chain PUFA elongation enzymes. *Lipids* 37:733-740.
- Nakamura MT, Nara TY 2004 Structure, function and dietary regulation of  $\Delta 6$ ,  $\Delta 5$  and  $\Delta 9$  desaturases. *Annu Rev Nutr* 24:345-376.
- 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. *Poult Sci* 90:473-480.
- Newman RE, Bryden WL, Fleck E, Ashes JR, Buttermer WA, Storlien LH, Downing JA 2002 Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: Metabolism and abdominal fat deposition. *Br J Nutr* 88:11-18.
- SAS 2008 SAS/STAT Software. Release 9.2, SAS Inst Inc Cary, NC, USA.
- Schreiner M, Hulan HW, Razzazi-Fazeli E, Bohm JB, Moreira RG 2005 Effect of different sources of dietary omega-3 fatty acids on general performance and fatty acid profiles of thigh, breast, liver and portal blood of broilers. *J Sci Food Agric* 85:219-226.
- Shin D 2010 Effect of conjugated linoleic acid or oleic acid addition on fatty acid composition profiles of poultry meat. Ph.D. Dissertation, Texas A&M University at College Station, TX USA.
- 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.
- Smith SB, Hively TS, Cortese GM, Han JJ, Chung KY, Castenada P, Gilbert CD, Adams VL, Mersmann HJ 2002 Conjugated linoleic acid depresses the  $\Delta 9$ -desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. *J Anim Sci* 80:2110-2115.
- Vijaimohan K, Jainu M, Sabitha KE, Subramaniam S, Anandhan C, Shyamala Devi CS 2006 Beneficial effects of alpha linolenic acid rich flaxseed oil on growth performance and hepatic cholesterol metabolism in high fat diet fed rats. *Life Sci* 79:448-454.
- 이원주 2006 여드름과 음식. 2006년 제 58차 대한피부과학회 춘계학술대회. p110.
- 한국계육협회 2011 <http://www.chicken.or.kr/chicken/data/data1.htm> Accessed July, 18. 2011.
- 한국농촌경제연구원 2010 축산관측(육계): 사육동향과 전망, 가격동향과 전망, 배합사료 생산동향, 수출입동향. 통권 제257호 1-4.
- (접수: 2011. 10. 4, 수정: 2011. 11. 21, 채택: 2011. 11. 22)