

## 해양미세조류(*Schizochytrium mangrovei* MM103)를 이용한 발효 대두박 급이에 따른 DHA 다량 함유 육계와 계란의 생산

정우철 · 이정열<sup>1</sup> · 김상호<sup>2</sup> · 이상진<sup>2</sup> · 최병대 · 강석중<sup>†</sup>

경상대학교 해양생물이용학부/해양산업연구소, <sup>1</sup>(주)M&M Bio, <sup>2</sup>농촌진흥청 축산과학원

### Production of DHA-Rich Meats and Eggs from Chickens Fed Fermented Soybean Meal by Marine Microalgae (*Schizochytrium mangrovei* MM103)

Woo-Cheol Jeong, Jeong-Yeoul Lee<sup>1</sup>, Sang-Ho Kim<sup>2</sup>, Sang-Jin Lee<sup>2</sup>, Byeong-Dae Choi and Seok-Joong Kang<sup>†</sup>

Division of Aquaculture/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Korea

<sup>1</sup>M&M Bio Co. Ltd.

<sup>2</sup>Poultry Science Division, National Institute of Science, Korea

**ABSTRACT** The objective of this study was to evaluate the docosahexaenoic acid (DHA) levels of meats and eggs from chickens which were fed fermented soybean meal (FSM) by marine microalgae (*Schizochytrium mangrovei* MM103). The diets contained different amounts of FSM at 0, 3, 5 and 10%. DHA content of carcass was increased with dietary FSM. DHA amounts in the breast meat were higher in the 10% FSM diet (2.21%) than the 5% (1.65%) and 3% (1.18%) FSM, and similar results were observed in the leg meat (10% FSM: 2.21%; 5% FSM: 1.65%; and 3% FSM: 1.18%, respectively) and in eggs (10% FSM: 2.02%; 5% FSM: 1.22%; and 3% FSM: 0.73%). The level of n-3 polyunsaturated fatty acids such as DHA (22:6n-3) in the FSM treatment was significantly higher than those of the other groups ( $p < 0.05$ ). The results demonstrated that FSM by marine microalgae could be used to enhance DHA amounts in chicken meats and eggs.

(Key words : *Schizochytrium*, DHA, fermented soybean meal, chickens meat, eggs)

## 서 론

닭고기는 소비자에게 가격이 저렴하고, 건강 및 영양학적 가치가 높아 소비가 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 닭고기의 영양학적 가치를 향상시키기 위하여 연구자들은 고도불포화 지방산의 함량을 높이는 많은 연구를 수행하였다(Ajuyah 등, 1992; Chanmugam 등, 1992).

어류에 다량 함유된 n-3 고도불포화지방산의 섭취는 혈중 지질 농도가 저하되고(Cunanan와 Thomson 1995), 동맥경화 및 심장질환 등 순환계 질환의 발생이 감소하거나 예방될 수 있다는 효과가 보고되면서(Bang 등, 1976; Yamori 등, 1985; Femades와 Venkatraman, 1993), n-3계 고도불포화지방산을 함유하는 축산물의 생산에 관심이 모아지게 되었다(Stadelman와 Pratt, 1989). 이들 양계산물 내의 지방산 조성은 급여하는 사료에 의해 영향을 받아(Stadelman와 Pratt, 1989), 아마유 및

아미종실(Chanmugam 등, 1992), 어유(Edward와 May, 1965; Hulan 등, 1988; Miller와 Robisch, 1969; Scaife 등, 1994) 및 어분(Hulan 등, 1988; Hulan 등, 1989)과 같은 원료를 사료에 첨가하여 n-3계 불포화지방산의 함유 비율이 높은 계육 생산이 보고되었다.

n-3계 고도불포화지방산인 eicosapentaenoic acid(20:5n-3, EPA) 및 docosahexaenoic acid(22:6n-3, DHA)는 식물성 유자의 급원인 linolenic acid(18:3n-3, n-3 LNA)와 비교하여 혈액 및 간 내 지질 농도의 저하에 더 효과적이며, 조직 또는 양계산물 내 n-3계 고도불포화지방산의 흡수에 유리하여(An 등, 1997), 고도불포화지방산인 EPA와 DHA를 직접 사료에 첨가하는 형태가 바람직한 것으로 사료된다. 대조적으로 식물성 유지 또는 종실만을 급여하게 되면 총 n-3계 불포화지방산의 비율은 증가하지만, 어유를 직접 첨가한 경우와 비교하여 EPA, DHA와 같은 n-3계 고도불포화지방산의 증가가 상

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : sjkang@gnu.ac.kr

대적으로 적다(안과 강, 1999).

다중 불포화지방산은 바다에서 서식하는 해조류나 곰팡이 또는 박테리아가 생합성하여 체내에 에너지원으로 저장하거나 몸체의 구성요소로 사용한다. 물고기는 n-3 다중불포화지방산을 자체적으로 생합성하는 반응 기구가 없어, 체내에서 필요로 하는 다중 불포화지방산을 이들 미생물의 섭취를 통하여 충족시키고 있다(Hamilton와 Rice 1995). 따라서 어유를 구성하고 있는 지방산의 양과 조성은 해양미생물 즉, 먹이사슬의 일차 n-3 다중불포화지방산 생합성 형태에 따라서 결정된다(Braden와 Carroll, 1986; Yokochi 등, 1998).

DHA를 생산하는 미생물에는 해양식물성 플랑크톤과 *Entomoph thorales*, *Mucoreles*속, *Ascomycetes*속 등의 곰팡이가 있다. 특히, *Thraustochytridae*과는 DHA의 함량이 높은 반면 DHA와 구조가 유사한 다른 종류의 n-3 다중불포화지방산의 함량이 낮은 지질을 생산하므로 DHA 회수에 상대적으로 유리하다(Yokochi 등, 1998). 이러한 *Thraustochytridae*과에 속하는 *Schizochytrium mangrovei* MM103를 대량 배양함으로써 DHA의 대체 공급원으로서 그리고 발효 대두박의 발효 균주로서 활용하여 DHA를 다량 함유하는 계란과 계육을 생산하고자 하였다.

현재까지 국내에서도 n-3계 불포화지방산을 함유하는 육계의 생산이 다양하게 시도된 바 있지만 대부분이 가격이 비싼 아마종살(Nam 등, 1997; Nam 등, 1998), 어유 및 오징어 유 등을 첨가한 특별 사료를 제조하여 급여함으로써 사료 생산비가 큰 폭으로 상승하게 된다.

이번 연구에서는 위에서 언급한 문제점을 동시에 해결할 수 있는 방안을 제시하기 위하여 DHA를 다량 함유하면서 경제적으로 대량 배양이 가능한 해양미세조류(*Schizochytrium mangrovei* MM103)를 이용하여 발효시킨 DHA 발효 대두박을 육계와 산란계에게 급여함으로써 계육과 계란의 DHA의 변화를 알아보고, DHA를 함유하는 고부가가치 기능성 육계와 계란을 생산하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험 재료

본 연구에 사용된 육계 및 산란계는 경남 고성에 위치한 양계장으로부터 30일령된 육계와 24주령 된 산란계를 구입하여 시험을 실시하였으며, 시험 사료는 농협에서 시판되고 있는 사료를 사용하였다(Table 3). 발효를 위한 균주는 직접 해양으로부터 분리한 유기물 분해능력을 가지는 균주로

서 DHA를 다량 함유하는 해양 미세조류인 *Schizochytrium mangrovei* MM103을 이용하였다. 발효용 대두박은 국내 양어사료회사에서 사료용으로 사용되고 있는 핵산 추출 탈지 대두박을 사용하였다.

### 2. 시험 방법

#### 1) 탈지대두박 발효

DHA 발효 대두박 제조는 탈지대두박 20%, 탄소원으로 당밀(brix 45%) 5%, 정제수(염분도 1.5%) 75%의 비율로 혼합하여 121℃에서 50분간 멸균한 후, 30℃로 냉각한 다음, 액상 배양중인 *S. mangrovei* MM103를 1.0% 농도로 접종하여 교반 속도 100 rpm, 산소포화도 2 ppm으로 30℃에서 10일간 발효하였다. 제조된 발효 대두박을 시판 사료와 혼합하여 시험을 실시하였다.

#### 2) 혼합 비율에 따른 시험

시험에 앞서 사료 섭취에 대한 순치적응을 위해 DHA 발효 대두박을 급여하기 전 1주일간 기존 사료와 1% 혼합하여 사료 전환 예비 시험을 실시하였다. 본 실험의 경우 총 3주간 실시하였으며, 육계병아리 5수씩 4개구로 나누어 실험구는 대조구(무첨가구), 3%, 5%, 10% 급여구로 구분하여 3반복 시행하였다(Table 3). 시험기간 동안 물과 사료는 자유로이 섭취하게 하였다. 그리고 DHA축적 정도를 알아보기 위해 일주일마다 DHA지방산 분석을 실시하였다.

#### 3) 급여 기간에 따른 시험

DHA 발효 대두박을 혼합 급여함으로써 육계가슴육과 다리근육 및 계란에 DHA의 축적 정도를 알아보기 위해 6주간 실험을 실시하였다. 발효 대두박 혼합 농도는 시판 사료의 건조중량비 10%로 혼합하여 사료를 제조하였고, 육계 병아리 21수씩 급여구로 구분하여 3반복 시행하였다. 육계와 계란은 1주일 간격으로 지방산 분석을 하였으며, 분석 부위는 가슴살과 다리살을 발골하여 분석하였고, 분석 시료의 균일성을 위해 표피를 제거하고 분석하였다. 계란의 경우는 난황만을 분석하였다.

### 3. 분석 방법

#### 1) 일반 성분 분석

시험에 사용된 발효 대두박 일반 성분 분석에서 수분은 상압가열 건조법, 조단백질은 Kjeldahl법(AOAC, 1984), 조지방은 chloroform과 methanol을 2 : 1로 혼합한 용액을 용매로

한 Bligh와 Dyer(1959) 추출법, 조섬유는 automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 직접 회화법으로 각각 분석하였으며(AOAC, 1984), 가용성 무질소물은 100에서 위성분의 합계를 뺀 값으로 계산하였다(AOAC, 1990).

## 2) 지방산 분석

### ① 총 지질 추출

총 지질 추출은 Bligh와 Dyer(1959)방법에 준하였다. 즉, 균주를 비커에 취하여 homogeizer (Nihonseiki Kaisha Ltd. Japan)에 15,000rpm으로 5분간 잘게 부순 다음, chloroform과 methanol을 2 : 1로 혼합한 추출 용매를 시료의 2배 정도 넣어 하루 동안 방치하였다. 다음 날 분액여두기를 통해 Chloroform 층만을 분리시켰으며, 둥근 플라스크 위에 깔때기를 놓고, 여과지를 깔아 그 위에 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣고 서서히 흘러내리게 하였다. 분리된 chloroform 층은 회전농축기를 사용하여 용매를 완전히 증발시킨 후, 추출된 총 지질의 무게를 측정하였다. 모든 작업은 질소 기류 하에서 행하였다.

### ② 지방산 Methyl Ester 유도체화

시료 일정량과 내부표준물질(C<sub>23:0</sub> methyl ester) 1 mL(1 mg C<sub>23:0</sub>)를 cap tube에 취하고, 0.5N NaOH-methanol 용액 1.5 mL를 가하여 100 °C에서 8분간 가열하여 검화하였다. 방냉 후 12% BF<sub>3</sub>-methanol 2 mL를 넣고, 다시 100 °C에서 11분간 가열하여 methylester화 하였다. 약 30~40 °C로 냉각한 후 iso-octane 1 mL를 첨가하고 30초간 vortex mixer로 혼합하였다. 즉시 5 mL의 포화식염수를 가한 다음 흔들어 방치하여 iso-octane 층이 분리되도록 하였다. iso-octane 층을 시료 병(4 mL)에 옮긴 후 이를 지방산 methylester 시료로 하였다.

### ③ Gas Liquid Chromatography에 의한 지방산 분석

지방산 분석에 사용하는 GLC는 Omegawax<sup>TM</sup> -320(bonded polyglycol phase) capillary column (30 m × 0.32 mm × 0.25 μm, i.d., SUPELCO, Supelco Park, PA, USA)를 장착한 Autosystem XL(Perkin Elmer, USA)를 이용하였다. 분석조건은 Table 1에 나타낸 바와 같이 column 온도 185~230 °C, injector 온도 250 °C, detector 온도 270 °C 그리고 carrier gas는 He (1.0 kg/cm<sup>2</sup>)을 사용하였다(Table 1). 지방산의 분석은 동일 조건에서 분석한 표준품의 ECL과 비교하여 동정하며, 지방산 표준품은 14:0, 16:0, 18:1, 18:2, 18:3, 20:0, 22:1, 24:0 (D-104 Doosan Serdary Research Lab., Kyungkido, Korea)과 GC-MS로 동정된 menhaden oil을 사용하였다.

**Table 1.** Conditions of gas chromatography for fatty acid analysis

Items	Conditions
Instrument	Autosystem XL (Pekin Elmer, USA)
Column	Omegawax-320 (bonded polyglycol phase) capillary colum (30 m × 0.32 mm × .25 μm, I.d, SUPELCO, Supelo Park, PA, USA)
Detector	Flame ionization detector (FID)
Carrier gas	Helium gas (1.0 kg/cm <sup>2</sup> )
Colum temperature	185 °C (10 min) to 230 °C (8 min) at 3°C/min
Injection temperature	250 °C
Detector temperature	270 °C
Split ratio	1 : 100

## 4. 통계 처리

모든 자료는 SPSS(12.0) 프로그램을 이용하여 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성( $p < 0.05$ )을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 탈지대두박 발효

대두유 가공시 부산물인 탈지대두박은 원료 대두에서 지방을 제거하고, 단백질 약 50%, 탄수화물 25~30%로 대부분의 영양소가 소실되지 않아, 식품 및 영양학적 관점에서 중요한 소재로서 현재 한국과 일본 등의 나라에서는 아미노산 액이나 간장용 원료로 사용하고 있다. 본 연구에서는 사료제 조용 원료인 탈지대두박 중의 단백질을 단시간에 효과적으로 분해하고, 불포화지방산의 함량을 증가시키기 위해 본 연구실에서 분리한 DHA를 다량 함유하고, 유기분해 능력이 우수한 *S. mangrovei* MM103를 사용하여 발효를 행하였다. 그에 따른 발효 조건도 *S. mangrovei* MM103의 발효 조건에 따른 조건으로 실행하였다.

탈지대두박과 *S. mangrovei* MM103을 이용하여 발효된 DHA 발효 대두박을 일반 성분 분석 결과는 Table 2에서 나타내었다. 발효를 하므로써 기존의 대두박에 비해 조지방 함량이 1.60%에서 3.58%로 증가되었다. 그리고 대두박의 경우, 특징적으로 많이 함유하고 있는 18:2n-6 지방산이 55.30%였

**Table 2.** Proximate composition of experimental diets (%)

Composition	Soybean meal	Fermented soybean meal
Crude protein	47.01±0.14	48.49±0.49
Crude fat	1.60±0.27	3.58±0.28
Crude ash	6.77±0.12	9.70±0.11
Crude fiber	4.39±0.22	2.39±0.27
Moisture	8.20±0.11	2.87±0.04

고, 22:6n-3(DHA)가 전혀 없었지만, 발효 과정을 통해 18:2n-6는 28.67%로 감소하였고, 22:6n-3(DHA)가 15.54%까지

높아지는 것으로 나타났다(Table 3, Fig. 1, 2). 발효 과정을 통해서 대두박의 지방산에 변화를 가지며 특히 22:6n-3(DHA)가 다량 함유된다는 것이 특이적으로 나타났다.

## 2. DHA 발효 대두박 혼합비에 따른 지방산 조성

### 1) 육계의 지방산 변화

혼합비에 따른 3주간의 급이 후 분석 결과는 Table 4~6에 나타내었다. 가슴살의 경우 DHA는 3%, 5% 급이구는 각각 1.18%, 1.65%로 나타났으며, 10% 급이구는 2.21%로 나타났다.

다리살의 경우, DHA는 3%, 5% 급이구는 각각 0.73%, 1.22%

**Table 3.** Total fatty acid composition of soybean meal, fermented soybean meal and diet (%)

Fatty acids	Commercial diet	SM <sup>1</sup>	FSM <sup>2</sup>	3%	5%	10%
14:0	0.73 ± 0.12	0.00 ± 0.00	1.12 ± 0.14	0.76 ± 0.03	0.77 ± 0.02	0.80 ± 0.02
15:0	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.58 ± 0.26	0.04 ± 0.02	0.06 ± 0.01	0.10 ± 0.01
16:0	17.16 ± 0.29	17.34 ± 0.68	21.36 ± 0.55	17.49 ± 0.13	17.14 ± 0.43	17.85 ± 0.93
16:1n-9	0.05 ± 0.03	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.03	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.01
16:1n-7	0.54 ± 0.06	0.00 ± 0.00	0.16 ± 0.02	0.52 ± 0.02	0.50 ± 0.03	0.47 ± 0.03
17:0	0.13 ± 0.05	0.00 ± 0.00	0.40 ± 0.03	0.15 ± 0.01	0.16 ± 0.01	0.18 ± 0.03
18:0	3.86 ± 0.08	4.36 ± 0.44	5.93 ± 0.31	3.98 ± 0.03	4.06 ± 0.43	4.21 ± 0.65
18:1n-9	31.01 ± 0.13	14.83 ± 1.44	14.33 ± 0.38	29.84 ± 0.23	30.17 ± 0.73	28.09 ± 1.31
18:1n-7	1.17 ± 0.02	1.45 ± 0.14	2.23 ± 0.17	1.23 ± 0.03	1.27 ± 0.13	1.35 ± 0.33
18:2n-6	41.15 ± 0.38	55.30 ± 1.30	28.67 ± 0.71	40.14 ± 0.33	39.31 ± 1.03	38.98 ± 0.93
18:3n-3	1.90 ± 0.02	6.73 ± 0.44	2.63 ± 0.16	1.94 ± 0.05	1.96 ± 0.05	2.02 ± 0.12
20:0	0.51 ± 0.00	0.00 ± 0.00	1.52 ± 0.12	0.51 ± 0.02	0.58 ± 0.03	0.61 ± 0.03
20:1n-9	0.63 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.86 ± 0.05	0.63 ± 0.02	0.74 ± 0.02	0.65 ± 0.03
20:5n-3	0.21 ± 0.01	0.00 ± 0.00	2.03 ± 0.08	0.32 ± 0.01	0.39 ± 0.01	0.52 ± 0.05
22:1n-9	0.94 ± 0.08	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.87 ± 0.03	0.84 ± 0.04	0.77 ± 0.13
22:5n-6	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	2.39 ± 0.20	0.16 ± 0.02	0.24 ± 0.05	0.41 ± 0.03
22:6n-3	0.28 ± 0.00	0.00 ± 0.00	15.54 ± 0.28	1.17 ± 0.08	1.80 ± 0.12	2.81 ± 0.53
SFA <sup>3</sup>	22.39	21.70	30.91	23.00	22.80	23.82
USFA <sup>4</sup>	77.51	78.30	69.09	77.00	77.20	76.18
n-3 HUFA <sup>5</sup>	2.39	6.73	20.20	3.43	4.15	5.34
n-6 HUFA	41.25	55.30	31.06	40.29	39.55	39.39
DHA	0.28	0.00	15.54	1.17	1.80	2.81

<sup>1</sup> SM: Soybean meal, <sup>2</sup> FSM: Fermented soybean meal, <sup>3</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>4</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>5</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

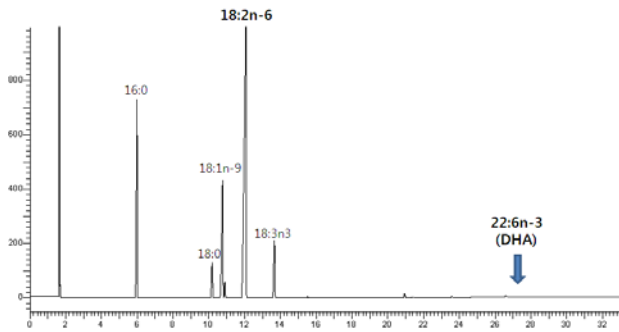


Fig. 1. Gas chromatogram of soybean meal.

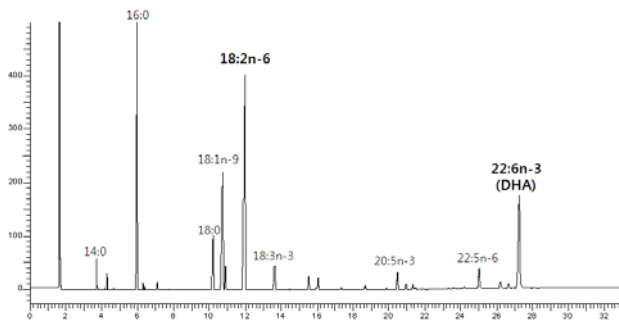


Fig. 2. Gas chromatogram of fermented soybean meal.

로 나타났으며, 10% 급이구는 2.02%로 나타났다. 계란의 경우, DHA는 3%, 5% 급이구는 각각 0.81%, 1.37%로 나타났으며, 10% 급이구는 21.88%로 나타났다(Table 6). 육계와 산란계에게 DHA를 함유하는 발효 대두박의 급이함으로써 섭취되는 지방산 조성에 따라 변화가 일어났다.

이러한 결과는 정어리유, 아미인유, 팜유 및 해바라기유를 급여하였을 때 가슴살과 다리살 부위의 지방산 조성이 섭취하는 지방의 지방산 조성을 반영하게 된다는 보고(Cherian 등, 1996)와 일치하게 나타났다. 따라서 DHA를 다량 함유하는 발효 대두박을 혼합한 사료를 급여하였을 때 가슴살과 다리살 부위의 지방산 조성이 섭취하는 지방산 조성을 반영하여 DHA의 함량이 증가되는 것으로 나타났다. 특히, DHA는 혼합 투입량이 높을수록 축적되는 양도 높게 나타났다. 투입량에 따른 시험에서 DHA 발효 대두박의 혼합비가 가장 높았던 10% 혼합 사료를 이용하여 급이 기간에 따른 시험을 실시하였다.

3. 급이 기간에 따른 육계와 계란의 지방산 변화

1) 육계의 지방산 변화

DHA-발효 대두박을 급이한 육계의 가슴부위와 다리부위

Table 4. Fatty acid composition of chicken breasts with various ratio of fermented soybean meal on 3 weeks (%)

Fatty acids	0%	3%	5%	10%
14:0	0.58 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.00 ± 0.00
Iso16:0	3.08 ± 0.19	6.36 ± 0.08	6.58 ± 0.44	5.07 ± 0.02
16:0	20.82 ± 1.02	20.13 ± 0.22	19.00 ± 0.03	20.50 ± 0.55
16:1n-9	0.00 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.00 ± 0.00
16:1n-7	3.45 ± 0.23	1.07 ± 0.03	0.50 ± 0.02	0.62 ± 0.03
16:4n-3	0.00 ± 0.00	1.81 ± 0.07	1.48 ± 0.11	0.51 ± 0.01
16:4n-1	1.09 ± 0.09	0.89 ± 0.02	0.62 ± 0.02	0.02 ± 0.01
18:0	10.12 ± 0.23	11.13 ± 0.11	11.84 ± 0.32	12.67 ± 0.43
18:1n-9	29.04 ± 2.15	27.22 ± 0.32	26.38 ± 0.98	28.35 ± 1.22
18:1n-7	1.82 ± 0.21	1.97 ± 0.04	2.22 ± 0.11	1.67 ± 0.33
18:2n-6	15.93 ± 0.05	13.34 ± 0.11	14.40 ± 0.29	13.23 ± 0.65
18:3n-3	0.42 ± 0.03	0.38 ± 0.01	0.31 ± 0.03	0.03 ± 0.01
20:3n-6	1.02 ± 0.23	0.68 ± 0.02	0.70 ± 0.02	0.50 ± 0.01
20:4n-6	9.75 ± 0.24	11.23 ± 0.09	11.44 ± 0.21	10.43 ± 0.43
20:5n-3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.35 ± 0.02
22:4n-6	1.16 ± 0.08	1.26 ± 0.02	1.49 ± 0.06	1.84 ± 0.05
22:5n-6	0.00 ± 0.00	0.66 ± 0.01	0.73 ± 0.02	0.46 ± 0.02
22:5n-3	0.85 ± 0.3	0.43 ± 0.02	0.47 ± 0.03	1.53 ± 0.05
22:6n-3	0.87 ± 0.06	1.18 ± 0.08	1.65 ± 0.04	2.21 ± 0.13
SFA <sup>1</sup>	34.59 <sup>a</sup>	37.76 <sup>b</sup>	37.54 <sup>b</sup>	38.25 <sup>c</sup>
USFA <sup>2</sup>	65.41 <sup>a</sup>	62.24 <sup>b</sup>	62.46 <sup>b</sup>	61.75 <sup>c</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	2.15 <sup>a</sup>	3.81 <sup>b</sup>	3.91 <sup>b</sup>	4.63 <sup>c</sup>
n-6 HUFA	27.86 <sup>a</sup>	27.17 <sup>ab</sup>	28.77 <sup>a</sup>	26.47 <sup>b</sup>
n-6/n-3	12.96 <sup>a</sup>	7.14 <sup>b</sup>	7.36 <sup>b</sup>	5.72 <sup>c</sup>
DHA	0.87 <sup>a</sup>	1.18 <sup>b</sup>	1.65 <sup>c</sup>	2.21 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at *p*<0.05 by Duncan's multiple range test.

의 지방산 조성 변화를 각각 Table 7, 8에 나타내었다. 지방산 조성은 사료 급이 기간에 상관없이 18:1n-9, 16:0, 18:2n-6, 18:0 순으로 함량이 높은 경향이였다. 급이 기간에 따른 22:6n-3 (DHA)는 가슴살의 경우 시험 시작 전 1.65%였으며, 1, 2주차 급이 후, 분석 결과 각각 1.71%와 1.95%로 유의적인 차이를

**Table 5.** Fatty acid composition of chicken legs with various ratio of fermented soybean meal on 3 weeks (%)

Fatty acids	0%	3%	5%	10%
14:0	0.47 ± 0.02	0.41 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.38 ± 0.02
Iso16:0	1.66 ± 0.08	1.85 ± 0.12	1.98 ± 0.22	1.70 ± 0.03
16:0	26.86 ± 1.76	22.50 ± 0.55	19.09 ± 0.32	19.58 ± 0.87
16:1n-9	0.12 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.07 ± 0.01
16:1n-7	3.59 ± 0.44	3.33 ± 0.12	3.01 ± 0.21	2.14 ± 0.03
16:4n-3	0.04 ± 0.01	0.69 ± 0.02	1.16 ± 0.11	0.56 ± 0.02
18:0	12.15 ± 0.23	11.12 ± 0.24	14.27 ± 0.34	16.06 ± 0.56
18:1n-9	37.73 ± 0.89	37.18 ± 0.53	31.85 ± 1.88	31.72 ± 0.78
18:1n-7	2.74 ± 0.22	2.55 ± 0.06	2.40 ± 0.5	2.23 ± 0.11
18:2n-6	11.93 ± 0.18	14.04 ± 0.04	16.13 ± 0.45	14.82 ± 0.67
18:3n-3	0.05 ± 0.01	0.36 ± 0.01	0.18 ± 0.02	0.12 ± 0.02
20:1n-9	0.43 ± 0.02	0.27 ± 0.01	0.37 ± 0.01	0.31 ± 0.03
20:1n-7	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
20:4n-6	1.65 ± 0.08	4.13 ± 0.07	6.72 ± 0.54	6.74 ± 0.57
20:5n-3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.13 ± 0.01	0.69 ± 0.07
22:4n-6	0.25 ± 0.01	0.55 ± 0.01	1.07 ± 0.06	0.86 ± 0.04
22:6n-3	0.32 ± 0.03	0.73 ± 0.08	1.22 ± 0.10	2.02 ± 0.32
SFA <sup>1</sup>	41.14 <sup>a</sup>	35.88 <sup>b</sup>	35.64 <sup>b</sup>	37.73 <sup>b</sup>
USFA <sup>2</sup>	58.86 <sup>a</sup>	64.12 <sup>b</sup>	64.36 <sup>b</sup>	62.27 <sup>b</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	0.42 <sup>a</sup>	1.78 <sup>b</sup>	2.69 <sup>c</sup>	3.39 <sup>d</sup>
n-6 HUFA	13.83 <sup>a</sup>	18.72 <sup>b</sup>	23.92 <sup>c</sup>	22.42 <sup>bc</sup>
n-6/n-3	32.90 <sup>a</sup>	10.52 <sup>b</sup>	8.89 <sup>c</sup>	6.62 <sup>d</sup>
DHA	0.32 <sup>a</sup>	0.73 <sup>b</sup>	1.22 <sup>c</sup>	2.02 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

보이지 않았지만 3주차부터 2.32%로 유의적인 차이를 보이며 4주, 5주의 경우 3.50%, 4.71%로 증가하였으며, 6주간 급여 후 5.10%까지 증가하는 것으로 나타났다(Table 4).

다리살의 경우, 22:6n-3(DHA)는 시험 시작 전 0.49%였으며, 1주간 급여 후, 분석 결과 0.52%로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 2주간 급여 후부터는 0.73%로 유의적인 차

**Table 6.** Fatty acid composition of chicken eggs with various ratio of fermented soybean meal on 3 weeks (%)

Fatty acids	0%	3%	5%	10%
14:0	0.04 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.01 ± 0.01
16:0	25.80 ± 0.78	25.31 ± 0.34	24.73 ± 0.33	21.52 ± 1.22
16:1n-9	0.14 ± 0.01	0.41 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.21 ± 0.01
16:1n-7	2.53 ± 0.07	2.79 ± 0.05	2.09 ± 0.21	1.66 ± 0.22
17:0	0.00 ± 0.00	0.25 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
18:0	9.74 ± 0.23	8.62 ± 0.32	11.39 ± 0.54	17.64 ± 0.67
18:1n-9	47.37 ± 1.50	47.28 ± 0.89	45.90 ± 1.01	44.58 ± 2.15
18:1n-7	1.92 ± 0.10	1.27 ± 0.03	1.61 ± 0.21	1.58 ± 0.45
18:2n-6	10.22 ± 0.43	11.03 ± 0.34	10.97 ± 0.87	9.40 ± 0.83
18:3n-3	0.00 ± 0.00	0.22 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.00 ± 0.00
20:4n-6	1.72 ± 0.08	1.76 ± 0.11	1.53 ± 0.11	1.51 ± 0.06
22:6n-3	0.52 ± 0.02	0.81 ± 0.08	1.37 ± 0.13	1.88 ± 0.17
SFA <sup>1</sup>	35.57 <sup>b</sup>	34.43 <sup>a</sup>	36.21 <sup>b</sup>	39.18 <sup>c</sup>
USFA <sup>2</sup>	64.43 <sup>b</sup>	65.57 <sup>c</sup>	63.79 <sup>b</sup>	60.82 <sup>a</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	0.52 <sup>a</sup>	1.03 <sup>b</sup>	1.48 <sup>c</sup>	1.88 <sup>d</sup>
n-6 HUFA	11.94	12.78	12.49	10.91
n-6/n-3	23.11 <sup>a</sup>	12.46 <sup>b</sup>	8.46 <sup>c</sup>	5.81 <sup>d</sup>
DHA	0.52 <sup>a</sup>	0.81 <sup>b</sup>	1.37 <sup>c</sup>	1.88 <sup>d</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-d</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

이를 보이며 3주, 4주, 5주의 경우 각각 0.99%, 1.64%, 2.21%로 증가하였으며, 6주간 급여 결과 2.48%까지 증가하는 것으로 나타났다(Table 8). 지방이 상대적으로 적은 가슴살의 경우는 시험 사료 급여 3주 후부터 증가되는 것으로 나타났으며, 근육질이 많은 다리살의 경우는 2주 후부터 증가되는 것으로 나타났다.

또한, 급여 기간이 길어질수록 DHA 함량도 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 반추동물의 경우에는 섭취한 DHA가 위속의 미생물에 의하여 분해되기 때문에 동물의 체내에 축적되기 어려운 것으로 알려져 있으나, 닭과 같은 단위 동물에서는 위 내 DHA 분해 미생물이 적기 때문에 특정 불포화지방산을 일정수준 이상 함유한 지방원을 사료를 통하여 공급해 줌으로써 조직내에 축적할 수 있는 것

**Table 7.** Fatty acid composition of chicken breasts with FSM meal during 6 weeks (%)

Fatty acids	Experiment period (weeks)						
	Control	1	2	3	4	5	6
14:0	0.39 ± 0.02	0.34 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.20 ± 0.01
Iso16:0	7.62 ± 0.34	7.52 ± 0.18	7.22 ± 0.52	6.34 ± 0.30	7.21 ± 0.30	4.92 ± 1.23	7.07 ± 0.20
16:0	19.47 ± 0.66	19.55 ± 0.60	19.86 ± 0.82	22.73 ± 1.02	20.99 ± 0.68	22.55 ± 0.55	23.36 ± 1.14
16:1n-9	0.34 ± 0.01	0.29 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.00 ± 0.00
16:1n-7	1.62 ± 0.20	1.44 ± 0.11	0.76 ± 0.01	1.85 ± 0.21	0.93 ± 0.02	2.13 ± 0.20	0.71 ± 0.02
16:4n-3	1.43 ± 0.08	1.39 ± 0.08	2.20 ± 0.30	2.07 ± 0.14	1.84 ± 0.11	1.89 ± 0.03	2.06 ± 0.21
16:4n-1	0.57 ± 0.01	0.57 ± 0.01	1.13 ± 0.19	0.93 ± 0.01	0.74 ± 0.01	0.80 ± 0.00	0.94 ± 0.02
18:0	10.17 ± 0.36	10.41 ± 0.44	12.18 ± 0.70	10.92 ± 0.78	12.17 ± 0.60	10.51 ± 0.88	11.93 ± 0.30
18:1n-9	29.46 ± 1.23	28.68 ± 0.83	23.05 ± 1.10	30.12 ± 2.07	26.74 ± 0.88	29.84 ± 1.42	25.93 ± 0.90
18:1n-7	2.50 ± 0.20	2.55 ± 0.16	2.27 ± 0.42	2.35 ± 0.18	1.93 ± 0.20	2.86 ± 0.20	2.08 ± 0.20
18:2n-6	12.72 ± 0.32	13.11 ± 0.23	13.69 ± 0.90	10.09 ± 1.52	13.81 ± 0.48	11.37 ± 0.82	11.95 ± 0.75
18:3n-3	0.23 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.24 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.00 ± 0.00
20:3n-6	0.44 ± 0.01	0.50 ± 0.01	0.67 ± 0.01	0.68 ± 0.20	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
20:4n-6	9.16 ± 0.30	9.23 ± 0.34	11.97 ± 0.40	7.41 ± 0.30	7.90 ± 0.20	6.25 ± 0.20	7.60 ± 0.40
20:5n-3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
22:4n-6	1.08 ± 0.09	1.16 ± 0.03	1.37 ± 0.25	0.67 ± 0.04	0.83 ± 0.16	0.53 ± 0.01	0.44 ± 0.01
22:5n-6	0.71 ± 0.02	0.80 ± 0.01	0.76 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
22:5n-3	0.42 ± 0.01	0.52 ± 0.01	0.44 ± 0.01	0.95 ± 0.02	0.89 ± 0.02	0.73 ± 0.11	0.62 ± 0.01
22:6n-3	1.65 ± 0.18	1.71 ± 0.20	1.95 ± 0.33	2.32 ± 0.16	3.50 ± 0.10	4.71 ± 0.43	5.10 ± 0.23
SFA <sup>1</sup>	37.66 <sup>a</sup>	37.81 <sup>a</sup>	39.52 <sup>b</sup>	40.31 <sup>bc</sup>	40.56 <sup>c</sup>	38.40 <sup>ab</sup>	42.56 <sup>d</sup>
USFA <sup>2</sup>	62.34 <sup>a</sup>	62.19 <sup>a</sup>	60.48 <sup>b</sup>	59.69 <sup>bc</sup>	59.44 <sup>c</sup>	61.60 <sup>ab</sup>	57.44 <sup>d</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	3.73 <sup>a</sup>	3.86 <sup>a</sup>	4.59 <sup>b</sup>	5.34 <sup>c</sup>	6.46 <sup>d</sup>	7.57 <sup>e</sup>	7.78 <sup>e</sup>
n-6 HUFA	24.12 <sup>b</sup>	24.80 <sup>b</sup>	28.47 <sup>a</sup>	18.85 <sup>cd</sup>	22.54 <sup>bc</sup>	18.15 <sup>d</sup>	20.00 <sup>c</sup>
n-6/n-3	6.47 <sup>a</sup>	6.42 <sup>ab</sup>	6.20 <sup>b</sup>	3.53 <sup>c</sup>	3.49 <sup>c</sup>	2.40 <sup>d</sup>	2.57 <sup>d</sup>
DHA	1.65 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>	1.95 <sup>b</sup>	2.32 <sup>c</sup>	3.50 <sup>d</sup>	4.71 <sup>e</sup>	5.10 <sup>e</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-c</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

으로 알려져 있으며(Hargis와 Elswyk, 1993; Ozpinar 등, 2003), 예로써, 이와 같은 지질의 생체 대사 기전을 이용해서 DHA와 같은 n-3지방산이 강화된 닭고기가 생산, 판매되고 있다(Lopez 등, 2001; Connor, 2000; Krasicka 등, 2000). 이번 연구에서 나타난 결과는 육계 사료 내 DHA 지방산 급원으로서

DHA 발효 대두박을 급여해 줌으로써 닭고기 부위별 지질에서 DHA 지방산 수준이 증가한 것으로 나타났으며, DHA 발효 대두박 혼합 급이에 의해서 닭고기 지질 내 DHA 지방산 함량을 높일 수 있으며, 발효 대두박의 첨가 함량에 의하여 조절할 수 있음이 가능했다(Table 3).

**Table 8.** Fatty acid composition of chicken legs with FSM meal during 6 weeks (%)

Fatty acids	Experiment period (weeks)						
	Control	1	2	3	4	5	6
14:0	0.40 ± 0.02	0.49 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.47 ± 0.01	0.62 ± 0.02	0.58 ± 0.01	0.40 ± 0.01
Iso16:0	2.26 ± 0.24	2.40 ± 0.20	1.85 ± 0.12	2.25 ± 0.11	1.66 ± 0.09	1.51 ± 0.01	2.28 ± 0.22
16:0	20.29 ± 0.66	20.62 ± 0.23	22.50 ± 0.55	20.15 ± 0.45	19.90 ± 0.19	21.87 ± 0.43	23.07 ± 0.94
16:1n-9	0.40 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.29 ± 0.01	0.32 ± 0.01	0.36 ± 0.02	0.36 ± 0.01	0.30 ± 0.01
16:1n-7	2.53 ± 0.12	2.56 ± 0.10	3.33 ± 0.12	1.77 ± 0.10	2.27 ± 0.18	4.45 ± 0.34	1.89 ± 0.22
16:4n-3	0.41 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.69 ± 0.02	1.09 ± 0.04	0.33 ± 0.02	0.66 ± 0.01	1.12 ± 0.20
18:0	10.79 ± 0.24	10.27 ± 0.23	11.12 ± 0.24	13.45 ± 0.20	9.91 ± 0.20	9.34 ± 0.11	12.41 ± 0.73
18:1n-9	36.12 ± 0.53	35.66 ± 0.84	37.18 ± 0.53	32.67 ± 1.02	39.01 ± 0.80	37.12 ± 2.16	32.73 ± 1.03
18:1n-7	2.50 ± 0.08	2.57 ± 0.25	2.55 ± 0.06	2.26 ± 0.05	2.83 ± 0.02	2.62 ± 0.49	2.34 ± 0.12
18:2n-6	18.34 ± 0.14	18.40 ± 0.21	14.04 ± 0.04	17.77 ± 0.12	17.02 ± 0.2	14.93 ± 0.90	17.01 ± 0.64
18:3n-3	0.34 ± 0.02	0.45 ± 0.02	0.36 ± 0.01	0.69 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.54 ± 0.10	0.37 ± 0.01
20:1n-9	0.26 ± 0.01	0.25 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.40 ± 0.02	0.27 ± 0.02	0.00 ± 0.00
20:4n-6	4.30 ± 0.12	4.12 ± 0.01	4.13 ± 0.07	5.25 ± 0.03	3.59 ± 0.22	3.21 ± 0.22	3.61 ± 0.11
22:4n-6	0.57 ± 0.02	0.55 ± 0.04	0.55 ± 0.01	0.57 ± 0.02	0.33 ± 0.04	0.35 ± 0.01	0.00 ± 0.00
22:6n-3	0.49 ± 0.01	0.52 ± 0.03	0.73 ± 0.03	0.99 ± 0.07	1.64 ± 0.10	2.21 ± 0.11	2.48 ± 0.22
SFA <sup>1</sup>	33.74 <sup>b</sup>	33.77 <sup>b</sup>	35.88 <sup>c</sup>	36.30 <sup>c</sup>	32.09 <sup>a</sup>	33.30 <sup>b</sup>	38.16 <sup>d</sup>
USFA <sup>2</sup>	66.26 <sup>b</sup>	66.23 <sup>b</sup>	64.12 <sup>c</sup>	63.70 <sup>c</sup>	67.91 <sup>a</sup>	66.70 <sup>ab</sup>	61.84 <sup>d</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	1.24 <sup>a</sup>	1.55 <sup>b</sup>	1.78 <sup>c</sup>	2.77 <sup>e</sup>	2.10 <sup>d</sup>	3.40 <sup>f</sup>	3.97 <sup>g</sup>
n-6 HUFA	23.21 <sup>a</sup>	23.07 <sup>a</sup>	18.72 <sup>c</sup>	23.59 <sup>a</sup>	20.95 <sup>b</sup>	18.49 <sup>c</sup>	20.61 <sup>b</sup>
n-6/n-3	18.72 <sup>a</sup>	14.88 <sup>b</sup>	10.52 <sup>c</sup>	8.52 <sup>d</sup>	9.98 <sup>c</sup>	5.44 <sup>e</sup>	5.19 <sup>e</sup>
DHA	0.49 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.73 <sup>b</sup>	0.99 <sup>c</sup>	1.64 <sup>d</sup>	2.21 <sup>e</sup>	2.48 <sup>e</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-g</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

## 2) 계란의 지방산 변화

DHA를 함유한 발효 대두박을 급여한 계란의 지방산 조성변화는 Table 9에 나타내었다. 지방산 조성은 사료 급여 기간에 상관없이 18:1n-9, 16:0, 18:2n-6, 18:0 순으로 함량이 높은 경향이였다. 이는 육계의 지방산 조성 과 일치하는 결과이다. 급여 기간에 따른 22:6n-3(DHA)는 시험 시작 전 0.52%였으며, 1주차 급여 후, 분석 결과 0.54%로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만 2주, 3주 후부터 각각 0.82%, 1.99%로 유의적인 차이를 보이며 4주, 5주의 경우 2.62%, 3.17%로 증가하였으며, 6주간 급여 후 3.42%까지 증가하는 것으로 나타났다(Table 9).

Connor 등(2000)의 연구 결과에 의하면 linolenic acid(C18:3n-3)는 자연계에 널리 분포되어 있기는 하나, 대두유, 채종유 등 일부 식물성유 및 녹색 채소류에 비교적 높은 농도로 함유되어 있으며, n-6계 지방산에 비해 식품에 제한적으로 분포되어 있다. 반면 EPA, DHA 등은 바다의 해조류, phytoplankton, 어패류 및 바다 포유류에만 분포되어 있기 때문에 계란에는 함유되어 있지 않다고 하는 것이 일반적인 사실이다(Hulan 등 1988, 1989). 하지만 이번 시험을 통해 DHA가 함유된 발효 대두박을 공급해 줌으로서 계란에도 DHA가 축적된다는 것이 밝혀졌다. 또한, 급여 기간에 따라 육계 시험과 동일하게 증가되는 것으로 나타났다.



**Table 9.** Fatty acid composition of chicken eggs with FSM meal during 6 weeks (%)

Fatty acids	Experiment period (weeks)						
	Control	1	2	3	4	5	6
14:0	0.27 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.29 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.21 ± 0.01
16:0	24.21 ± 0.60	25.80 ± 1.10	24.94 ± 0.56	23.49 ± 0.23	24.78 ± 0.20	24.35 ± 0.55	24.06 ± 0.55
16:1n-9	0.54 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.53 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.56 ± 0.02	0.56 ± 0.02	0.61 ± 0.01
16:1n-7	3.39 ± 0.23	2.53 ± 0.23	2.65 ± 0.23	1.82 ± 0.11	2.29 ± 0.12	1.74 ± 0.08	1.71 ± 0.19
17:0	0.20 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.22 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.18 ± 0.01
18:0	8.59 ± 0.63	9.74 ± 0.21	8.31 ± 0.23	11.36 ± 0.47	9.77 ± 0.39	8.60 ± 0.38	8.66 ± 0.84
18:1n-9	48.32 ± 1.12	47.37 ± 0.77	46.63 ± 0.81	47.80 ± 2.17	45.68 ± 1.28	46.83 ± 1.05	45.71 ± 2.02
18:1n-7	0.33 ± 0.01	1.92 ± 0.04	1.99 ± 0.05	1.69 ± 0.20	1.46 ± 0.03	1.86 ± 0.09	1.83 ± 0.06
18:2n-6	11.75 ± 0.23	10.22 ± 0.13	11.73 ± 0.34	10.08 ± 0.21	10.88 ± 0.33	11.35 ± 0.17	12.33 ± 0.56
18:3n-3	0.20 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.17 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.18 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.17 ± 0.01
20:4n-6	1.67 ± 0.03	1.72 ± 0.04	1.94 ± 0.03	1.62 ± 0.02	1.28 ± 0.01	1.08 ± 0.11	1.10 ± 0.09
22:6n-3	0.52 ± 0.01	0.52 ± 0.02	0.82 ± 0.02	1.89 ± 0.17	2.62 ± 0.18	3.17 ± 0.17	3.42 ± 0.22
SFA <sup>1</sup>	33.28 <sup>a</sup>	35.57 <sup>c</sup>	33.54 <sup>a</sup>	34.87 <sup>b</sup>	35.06 <sup>bc</sup>	33.28 <sup>a</sup>	33.12 <sup>a</sup>
USFA <sup>2</sup>	66.72 <sup>a</sup>	64.43 <sup>c</sup>	66.46 <sup>a</sup>	65.13 <sup>b</sup>	64.94 <sup>bc</sup>	66.72 <sup>a</sup>	66.88 <sup>a</sup>
n-3 HUFA <sup>3</sup>	0.72 <sup>b</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.99 <sup>c</sup>	1.89 <sup>d</sup>	2.80 <sup>e</sup>	3.31 <sup>f</sup>	3.59 <sup>g</sup>
n-6 HUFA	13.42 <sup>a</sup>	11.94 <sup>bc</sup>	13.67 <sup>a</sup>	11.70 <sup>c</sup>	12.15 <sup>bc</sup>	12.43 <sup>b</sup>	13.44 <sup>a</sup>
n-6/n-3	18.63 <sup>b</sup>	23.11 <sup>a</sup>	13.76 <sup>c</sup>	6.20 <sup>d</sup>	4.33 <sup>e</sup>	3.76 <sup>f</sup>	3.74 <sup>f</sup>
DHA	0.52 <sup>a</sup>	0.52 <sup>a</sup>	0.82 <sup>b</sup>	1.89 <sup>c</sup>	2.62 <sup>d</sup>	3.17 <sup>e</sup>	3.42 <sup>f</sup>

<sup>1</sup> SFA: Saturated fatty acid, <sup>2</sup> USFA: Unsaturated fatty acid, <sup>3</sup> HUFA: Highly unsaturated fatty acid.

<sup>a-g</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

n-3계 지방산이 n-6계 지방산보다 탁월한 효과가 있는 것으로 밝혀져 단순히 n-3계 지방산의 절대적인 함량만을 중요시하기 보다는 n-6/n-3의 비율이 중요하다는 것이 제안되었다(Cunanan와 Thomson 1995; Sanders 1985; Carlson 1996). 이전에는 P/M/S 비율의 중요성만을 강조해 정상인의 경우, 1:1:1이 바람직하다고 제안되기도 하였으나(박과 황, 1997; Simopoulos, 1991), 그 이후 polyunsaturated fatty acid/ monounsaturated fatty acid/ saturated fatty acid(P/M/S) 비율은 물론 polyunsaturated fatty acid(P) 자체 내에서도 n-6/n-3 비율이 적절해야 함이 강조되면서 잠정적으로 모유의 비율 범위인 4/1~10/1을 권장하고 있다(Hamilton와 Rice 1995; Simopoulos 1991; 박과 황 1997). n-3지방산은 arachidonic acid로부터 대사되는 혈소판 응집 반응 촉진 물질의 생성을 억제하며, 항혈전 생성물질의 합성을 도모하는 기능을 하게 되므로 n-6/n-3 지방산의 적절한 섭취 비율이 고려되어야만 한다(Harris, 1984;

Femades와 Venkatraman 1993; Sanders 1985). 이러한 측면에서 발효 대두박의 혼합 급이는 급이 기간이 길어질수록 n-3계 지방산인 DHA가 계속적으로 증가되는 것으로 나타났지만, n-6/n-3 지방산의 적정 비율은 3주 정도 급이해 주는 것이 적합한 것으로 나타났다.

이번 시험을 통해 DHA를 다량 함유하는 해양미세조류(*S. mangrovei* MM103)를 이용하여 생산된 DHA 발효 대두박을 육계에 급이한 결과, 급이 사료에 따른 지방산 조성의 변화와 DHA가 증가하는 것으로 나타났다. 국내에서도 n-3계 불포화지방산을 함유하는 육계의 생산이 다양하게 시도된 바 있지만 대부분이 가격이 비싼 아마종실(Nam 등, 1997; Nam 등, 1998), 어유 및 오징어유 등을 첨가한 특별 사료를 제조하여 급여함으로써 사료 생산비가 큰 폭으로 상승한다는 점이 문제로 지적되어 상업적으로 지속화되지 못하였다(Hamilton와 Rice 1995). 이러한 관점에서 볼 때 해양미세조류(*S. mangrovei* MM

103)를 이용하여 값싼 대두박을 발효 과정을 통해 DHA를 함유하는 대두박을 생산하여 이를 직접적으로 사료에 공급함으로써 경제적으로 아주 유리한 DHA를 함유하는 육계와 계란을 생산하게 되었다는 점에서 의의가 크다.

## 요 약

대두박을 해양미세조류(*Schizochytrium mangrovei* MM103)로 발효하여 제조한 DHA 발효 대두박을 시판 농협사료와 3%, 5%, 10% 혼합하여 육계 병아리용과 산란계용 실험 사료를 조제하였다. 실험 사료를 3주간 급여하면 DHA 발효 대두박 농도와 관계없이 육계가슴육과 다리근육 및 계란에서 지방중 DHA 농도가 시판 사료 급여에 비하여 높아졌다. DHA 발효 대두박 10% 사료를 급여한 육계 병아리 가슴살과 다리근육 및 계란에서 각각 2.21%와 2.02% 및 1.88%로 증가하였다. 6주간 실험 사육하면 가슴살과 다리근육 및 계란 지방의 DHA 함량이 각각 5.10%와 2.48% 및 3.42%로 실험사육 기간의 경과에 따라 증가하였다. 본 연구에서 DHA 발효 대두박은 DHA 함유 가금육 및 계란 생산에 이용 가능하다는 것을 나타내었다.

## 참고문헌

Ajuyah AO, Hardin RT, Cheung K, Sim JS 1992 Yield, lipid, cholesterol and fatty acid composition of spent hens fed full-fat oil seeds and fish meal diets. *J Food Sci* 57(2):338.

An BK, Banno C, Xia ZK, Tanaka, Ohtani S 1997 Effects of dietary fat sources on lipid metabolism in growing chicks (*Gallus Domesticus*). *Comp Biochem Physiol* 116B:119-125.

Bligh EG, Dyer WJ 1959 A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37:911-917

Bang HO, Dyerberg J, Hjorne N, 1976 The composition of food consumed by Greenland Eskimos. *Acta Med Scand* 200: 69-73.

Braden LM, Carroll KK 1986 Dietary polyunsaturated fat in relation to mammary carcinogenesis in rats. *Lipids* 21:285-288.

Christie WW 1982 *Lipid Analysis* Pergamon Press, A Wheaton & Co. Ltd, U.K.

Cunnan SC, Thomson LU 1995 Flaxseed in Human Nutrition

AOCS Press Champaign, Illinois.

Chanmugam PM, Boudreau T, Boutte RS, Park J, Hebert L, Berrio, Hwang DW 1992 Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci*. 71: 516-521.

Cherian G, Wolfe FW, and Sim JS 1996 Dietary oils with added tocopherols effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, acids, and oxidative stability. *Poultry Sci* 75:423-431.

Carlson SE 1996 Arachidonic acid status of human infants: influence of gestational age at birth and diets with very long chain n-3 and n-6 fatty acids. *J Nutr* 126: 1092S-1098S.

Connor WE 2000 Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 71: 171S-175S.

Duncun DB 1955 Multiple range and multiple F test. *Biomet* 11:1-42.

Edwards HM, May KN, 1965 Studies with menhaden oil in practical-type broiler rations. *Poultry Sci* 44:685-689.

Femades G, Venkatraman JT 1993 Role of omega-3 fatty acids in health and disease. *Nutr Res* 12:19-23.

Grundy SM, Denke MA 1990 Dietary influences on serum lipids and lipoproteins. *J Lipid Res* 31:1149-1172.

Harris WS, Conner WE, Inkeles SB, Illingworth DR 1984 Dietary n-3 fatty acids prevent carbohydrate-induced hypertriglyceridemia. *J Clin Invest* 74:99.

Hulan HW, Ackman RG, Ratnayake WMN, Proudfoot FG 1988 Omega-3 fatty acid levels and performance of broiler chickens fed redfish meal or redfish oil. *Can J Anim Sci* 68:533-547.

Hulan HW, Ackman RG, Ratnayake WMN, Proudfoot FG 1989 Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal. *Poultry Sci* 68:153-162.

Hargis PS, Van Elswyk ME 1993 Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Sci J* 49:251-264.

Hamilton RJ, Rice RD 1995 *Fish oil Technology, Nutrition and Marketing*. PJ Barnes & Associates. High Wycombe, Bucks, UK.

Krasicka B, Kulas GW, Swierczewska E, Orzechowski A 2000 Body gains and fatty acid composition in carcasses of broilers fed diets enriched with full-fat rape seed or flax seed. *Archiv Fur Geflugerkunde* 64:61-69.

- Lopez-Ferrer S, Baucells MD, Barroeta AC, Grashorn MA 2001 n-3 enrichment of chicken meat 1 Use of very long chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poult Sci* 80:741-752.
- Miller D, Robisch P 1969 Comparative effect of herring, menhaden, and safflower oils on broiler tissues fatty acid composition and flavor. *Poultry Sci* 48:2146-2157.
- Nam KT, Lee HA, Min BS, Kang CW 1997 Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids,  $\alpha$ -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. *Anim Feed Sci Technol* 66:149-158.
- Nam KT, Lee HA, Joo, YJ, Kim KH, Kang CW 1998 Influence of builder's sand on the TME of linseed for poultry. *Anim Feed Sci Technol* 72:199-201.
- Ozpinar H, Kahraman R, Abas I, Kutay HC, Eseceli H, Grashorn MA 2003 Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. *Poult Sci* 67: 57-64.
- Sanders TAB 1985 The importance of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acids In: *The Role of Fats in Human Nutrition* Padrey FB, Podmore J, Ellis Horwood Ltd, pp 101.
- Stadelman WJ, Pratt DE 1989 Factors influencing composition of the hen's egg. *World's Poultry Sci J* 45:247-266.
- Simopoulos AP 1991 Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 54:438-449.
- Scaife JR, Moyo J, Galbraith H, Michie W, Campbell V 1994 Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *Br Poultry Sci* 35:107-118.
- Yamori Y, Nara Y, Iritani N, Workman RJ, Inagami T 1985 Comparison of serum phospholipid fatty acids among fishing and farming Japanese populations and American Inlanders. *J Nutr Sci Vitaminol* 31:417-422.
- Yokochi T, Honda D, Higashihara T, Nakahara T 1998 Optimization of docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium limacium* SR21. *Appl Microbiol Biotechnol* 49:72-76.
- 안병기, 강창원, 1999 n-3계 및 n-6계 다가불포화지방산을 함유하는 유지의 급여가 난황 내 지방산 조성에 미치는 영향 *한축지* 41(3):293-310.
- 박병성, 황보중 1997 오메가 지방산, 효일문화사 서울.  
(접수: 2008. 08. 26, 수정: 2008. 09. 19, 채택: 2008. 09. 20)