

어유, 비타민 E 및 C의 급여가 닭고기의 DHA 축적 및 저장성에 미치는 영향

강환구¹ · 김상호¹ · 김지혁¹ · 강근호¹ · 유동조¹ · 나재천¹ · 김동욱¹ · 서옥석¹ · 김겸현² · 박병성^{2*}

¹농촌진흥청 축산과학원 가금과, ²강원대학교 동물생명공학과

Effects of Dietary Fish Oil, Vitamin E and C Supplementation on DHA Deposition and Shelf-Life in Broiler Chickens

H. K. Kang¹, S. H. Kim¹, J. H. Kim¹, G. H. Kang¹, D. J. Yu¹, J. C. Na¹, D. W. Kim¹,
O. S. Seo¹, G. H. Kim² and B. S. Park^{2*}

¹Poultry Science Division, National Institute of Animal Science, Korea, ²Kangwon National University, Korea

ABSTRACT This study was compared the effect of shelf-life and DHA accumulation in chicken meat from broilers fed experimental diets for two weeks(21~35 days) of growers. Two hundred-ten male Ross broilers, 1 day of age, were randomly allocated to seven treatment groups. Experimental diets were assigned to each of the seven groups: control diet containing tallow, T1 with 1.00% fish oil, T2 with 2.00% fish oil, T3 with 2.00% fish oil, 200 ppm vitamin E and 200 ppm vitamin C, T4 with 2.00% fish oil and 200 ppm vitamin C, T5 with 2.00% fish oil and 200 ppm vitamin E, and T6 with 3.00% fish oil. The levels of DHA in chicken meat was the highest in T6, and T1 in breast muscle and thigh muscle with skin was higher than that of T2~T5, T2~T5 in raw chicken meat and wing with skin was about two-fold higher than that of T1. The contents of DHA in chicken meat according to storage days were significantly reduced to 42.30%, 49.38% and 48.51% in T1, T2 and T6, respectively, and this decrease was higher than that of T3, T4 and T5 ($p<0.05$). Particularly, the rate of reduction of DHA was the lowest in the T3 and T5, which were the lowest in TBARS(thiobarbituric acid reactive substances). TBARS increased in the order of T6, T2 and T1, but reduced in the order of T3, T5 and T4 according to storage days, and there was a significant difference among the treatment groups ($p<0.05$).

(Key words : broiler, fish oil, vitamin E, vitamin C, chicken meat, DHA, TBARS)

서 론

사람의 건강에 도움이 되는 n-3계열의 고도불포화지방산 특히, 등푸른 생선에 풍부하게 들어있는 DHA(Docosahexaenoic acid, 22:6n-3)와 EPA(Eicosapentaenoic acid, 20:5n-3)의 생리활성 효과는 널리 알려져 있다. DHA는 혈액 중의 저밀도 콜레스테롤 함량을 낮춰서 심혈관계 질환, 고혈압, 혈소판 응집 및 염증을 방지하는데 있어서 중요한 역할을 할 뿐만 아니라, 뇌세포의 활성화를 도와서 두뇌 발달에도 도움이 되는 것으로 알려져 있다(Connor, 2000; Simopoulos, 2000; Siscovick et al., 1995). 물고기는 플라크톤을 섭취하여서 리놀렌산(Linolenic acid, 18:3n-3)으로부터 DHA를 생합성할 수 있

으나(Uauy and Valenzuela, 2007), 사람과 포유동물은 DHA의 생성량이 아주 낮기 때문에 외부로부터 등푸른 생선, 어유 및 어분의 섭취를 통해서 생체 내 DHA 수준을 높일 수 있다(Burdge et al., 2002; Mantzioris et al., 1994; Brown et al., 1990). 이러한 이유로 축산식품 내 DHA를 강화하려는 노력이 계속되고 있으며, 닭의 사료 내 어유, 어분을 첨가·급여해 줌으로써 닭고기 내 DHA를 축적시킬 수 있다(Howe, 2002; Peter, 1998; Leskanich and Noble, 1997; Hargis and Elswyk, 1993; Farrell and Gibson, 1990).

그러나 사료 내 어유 및 어분을 일정 수준 이상으로 첨가해서 장기간 급여해 주면 닭고기 내 DHA 축적량은 높일 수 있으나, 소비자들이 닭고기에서 어취(fishy odor)를 느낄 수

* To whom correspondence should be addressed : bspark@kangwon.ac.kr

있기 때문에 닭고기에 대한 기호도가 떨어질 수 있는 문제가 있다(Uauy and Valenzuela, 2000; Kinsella et al., 1990). 또한, 저장 유통 기간 및 조리 과정에서 고도 불포화 지방산인 DHA의 산화가 매우 빠르게 진행될 수 있기 때문에 닭고기의 품질이 떨어질 수 있는 문제가 있다. 따라서 이를 방지하기 위한 새로운 접근 방법의 검토가 필요하다(Nash et al., 1995; Jensen et al., 1998).

비타민 E(α -tocopherol)는 생체 조직의 지질 이중층에서 일어나는 고도 불포화 지방산의 자동산화를 방지해 주며, 닭고기를 조리할 때 발생하는 좋지 않은 냄새를 낮추주고, 풍미를 향상시키는 데 도움이 된다(Sheehy et al., 1993; Gray and Pearson, 1987). 비타민 C(ascorbic acid)는 조류가 스트레스를 받을 때 이에 대한 저항 능력을 높여 주는 필수적인 영양소로서, 그 첨가 수준에 따라서 닭고기의 항산화제 또는 산화 전구 물질로서 작용할 수 있기 때문에 논란의 대상이 되고 있다(Whitehead and Keller, 2003; Pardue and Thaxton, 1986).

닭의 사료에 어유와 함께 비타민 E 또는 비타민 C를 첨가 급여해 주게 되면 닭고기 내 DHA 함량을 높일 수 있고, 도계 후 닭고기에서 풍기는 어취를 방지해 주며(Bou et al., 2004; Grau et al., 2001; Surai and Sparks, 2000), 비타민 E와 C는 항산화 기능을 갖기 때문에 불포화 지방산의 산화로 인한 닭고기의 저장 유통 중 품질 저하를 예방하는데 도움을 줄 수 있음이 알려졌다(Bou et al., 2006; Young et al., 2003; Houben, 1998; Bartov, 1983). 따라서 어유의 첨가 수준과 항산화제로써 비타민 E 및 C를 닭에게 급여시킨 후 닭고기 내 DHA의 축적 효과를 조사할 필요가 있다.

본 연구는 어유, 비타민 E 및 C를 함유하는 실험 사료를 급여한 브로일러에서 닭고기 내 DHA 축적 효과 및 저장성을 조사하기 위해서 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시 동물 및 실험 설계

로스종 1일령 병아리 수컷 210수를 7처리구×3반복(반복편당 10)으로 완전 임의 배치 후 브로일러 후기 2주(21~35일) 동안 사육하였다. 7개의 실험 처리구는 어유를 첨가하지 않고 우지 4.50%를 함유하는 대조구, 어유 1.00% 첨가구(T1), 어유 2.00% 첨가구(T2), 어유 2.00%+비타민 E 200 ppm+비타민 C 200 ppm 첨가구(T3), 어유 2.00% + 비타민 C 200 ppm 첨가구(T4), 어유 2.00%+비타민 E 200 ppm 첨가구(T5), 그리고 어유 3.00% 첨가구(T6)로 구분하였다.

2. 실험 사료 및 사양 관리

실험 사료는 미국의 NRC 사양표준(1994)에서 제시한 broiler의 영양소 요구량을 충족할 수 있도록 옥수수(53.00%), 대두박(30.40%) 위주의 곡류 사료를 배합하였으며, 비타민 E 및 C의 첨가 수준에 따른 원료의 부족 부분은 옥수수 첨가량으로 조절하였고, 실험 사료 내 조단백질(18.70%)과 대사 에너지(3,400 kcal/kg) 함량을 동일한 수준으로 조절해 주었다(Table 1). 사료 지방의 수준은 우리나라 육계사료에서 실제로 사용하는 4.50%로 고정하였고, 현재 가장 널리 사용하고 있는 값싼 에너지 공급원으로서 우지와 DHA 급원으로서 어유를 각각 혼합 첨가해서 조절하였다. 사료에 첨가된 비타민 E 및 C는 α -tocopheryl acetate 공급제(Rovimix E-50, Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Switzerland), 그리고 ascorbic acid 공급제(Rovimix C, Hoffmann-La Roche Ltd., Basel, Switzerland)를 Bou 등(2004)의 첨가 수준과 비슷한 각각 200 ppm 수준으로 이용하였다. 첨가 지방의 지방산 조성은 우지의 경우, 전체 지방산에 대한 개개 지방산의 비율(%)로서 나타냈을 때 포화 지방산 55.23%(14:0 4.56%, 16:0 28.20%, 18:0 22.47%), 불포화지방산 44.77%(16:1n-7 2.20%, 18:1n-9 32.25%, 18:2n-6 10.32%)를 함유하였고, 어유는 포화지방산 33.73%(14:0 4.59%, 16:0 22.49%, 18:0 6.65%), 불포화지방산 66.27%(16:1n-7 4.14%, 18:1n-9 18.76%, 18:2n-6 8.48%, 20:1n-9 10.00%, 총 n-3 지방산 24.89%)를 차지하였으며, 전체 n-3계열 지방산 함량 24.89% 가운데서 EPA 16.55% 그리고 DHA 8.34%를 차지하였다. 배합된 실험사료는 서늘한 장소에 보관하면서 브로일러 21일령부터 35일령까지 2주 동안 무제한 급여해 주었고, 물 역시도 무제한 섭취하게 하였다.

3. 조지방 및 지방산 조성 분석

닭고기의 조지방 및 지방산 조성을 분석하기 위한 닭고기 부위별 시료의 채취 과정은 다음과 같다. 생통닭은 닭 뼈를 제외한 껍질, 다리살 및 가슴살을 포함한 가식 부위를 가정용 믹서기에 넣고 혼합해서 닭 한 마리 전부의 시료를 채취하였다. 닭 날개와 닭 다리살 시료는 껍질을 포함하였으며, 닭 가슴살은 껍질을 제외한 근육 부위를 채취하여서 분석에 이용하였다. 분석에 이용한 모든 시료는 각 처리구 당 6수씩 반복해서 채취하였으며, 평균 체중에 가장 가까운 닭을 선정하였다. 조지방 함량은 AOAC(1995)방법에 의한 ethyl ether 추출에 의해서 측정하였다. 지방산 분석은 Folch 등(1957), Morrison과 Smith의 방법(1967)을 변형하여 실시하였으며, 이를 간단히 기술하면 다음과 같다. 닭고기 부위별 시료 10 g에 혼합 유기용매(chloroform: methanol=2:1) 24 mL와 0.88%

Table 1. Formula and nutrient content of the experimental diets for broiler growers(21st~35th weeks)¹⁾ (as-fed %)

Ingredient	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Corn ground	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00
Soybean meal	30.40	30.40	30.40	30.00	30.20	30.20	30.40
Wheat bran	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80
Tallow	4.50	3.50	2.50	2.50	2.50	2.50	1.50
Fish oil	-	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00
Limestone flour	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Tricalcium phosphate	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Common salt	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
DL-methionine	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Vitamin-min.mix ²⁾	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
α -Tocopheryl acetate	-	-	-	0.20	-	0.20	-
Ascorbic acid	-	-	-	0.20	0.20	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100
Calculated values ³⁾							
Crude protein (%)	18.70	18.70	18.70	18.70	18.70	18.70	18.70
ME (kal/kg) ⁴⁾	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400

¹⁾ Control, tallow; T1, fish oil 1.0%; T2, fish oil 2.0%; T3, fish oil 2.0%+vitamin C 200 ppm+vitamin E 200 ppm; T4, fish oil 2.0%+vitamin C 200 ppm; T5, fish oil 2.0%+vitamin E 200 ppm; T6, fish oil 3.0%.

²⁾ Contained per kilogram of diet: Fe, 80 mg; Zn, 80 mg; Mn, 70 mg; Cu, 70 mg; I, 1.20 mg; Se, 0.30 mg; Co, 0.70 mg, vitamin A, 10,500 IU; vitamin D₃, 4,100 mg; vitamin E, 45 mg; vitamin K₃, 3.0 mg; vitamin B₁, 2.5 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 5 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; biotin, 0.18 mg; niacin, 44 mg; pantothenic acid, 17 mg; folic acid, 1.5 mg.

³⁾ Calculated from NRC(1994).

⁴⁾ Metabolizable energy.

염화칼륨(potassium chloride) 6 mL를 가한 후, ultra turrex 2,500 rpm에서 3분간 고속으로 진탕하여 균질화하였다. 균질물을 다시 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 지질층(하층)을 얻었다. 최종적으로 질소가스를 이용하여 서서히 지질층의 유기용매를 완전히 날린 다음 지질을 얻었다. 추출된 지질 분획 중 4~5 mg을 검화용 반응용기에 넣고 0.5 N methanolic NaOH(2 g NaOH/100 mL methanol) 용액 1 mL를 가하여 15분간 가열한 후 냉각하였다. 냉각 후 methylation 용 reagent인 boron trifluoride methanol 2 mL를 가한 후 다시 15분간 가열하였다. 실온까지 충분히 냉각시킨 다음 다시 1 mL의 heptane과 2 mL의 NaCl 포화용액을 가하여 1분간 혼합 후 실온에서 30분간 방치하였다. 상등액 1~2 μ L를 취해서 지방산 분석용 가스크로마토그래피(ACEM 6000 model, 영인과학, 서울)에 주입하여 지방산을 분석하였다. 지방산 분석에 사용

한 표준 용액은 미국 Supelco사의 PUFA No.2, Animal source를 이용하였다. 분석에 사용된 컬럼은 FFAP capillary column (30 m \times 0.25 mm I.D., 0.25 μ m film thickness)이었다. 기기의 분석조건은 detector(FID) 250 $^{\circ}$ C, oven temperature(initial 160 $^{\circ}$ C, 분당 증가율 1.5 $^{\circ}$ C, final 230 $^{\circ}$ C), injector temperature 230 $^{\circ}$ C 그리고 carrier gas는 nitrogen(1 mL/min)을 이용하였고, split ratio는 10:1로 유지하였다.

4. TBARS

닭고기의 저장성을 측정하기 위해서 처리구 당 평균 체중에 가장 가까운 닭 6수씩을 선정한 다음에 껍질을 포함한 닭 다리살을 채취해서 랩으로 포장하였고, 4 $^{\circ}$ C에서 1주일간 저장하면서 지방산패도(TBARS, thiobarbituric acid reactive substances)를 Buege와 Aust의 방법(1978)에 준해서 측정하였다. 즉,

닭 다리살 5 g과 증류수 15 mL를 혼합하여 homogenizer(Tissue grinder, 1102-1, Japan)로 13,500 rpm에서 5분간 균질화하였다. 균질액 1 mL와 butylated hydroxyanisole 50 μ L, 60°C에서 용해한 thiobarbituric acid 1.3%(wt/vol)를 함유하는 50%의 trichloroacetic acid 혼합용액(TBA/TCA) 2 mL를 가하여 혼합하였다. 발색을 위하여 혼합물을 60°C 항온 수조에서 1시간 동안 가온한 다음 실온까지 냉각시켜서 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 상등액을 얻었다. 상등액을 spectrophotometer(Shimadzu, UV mini-1240, Japan)에서 532nm의 흡광도를 측정된 다음, 증류수 1 mL와 TBA/TCA 혼합용액 2 mL를 함유하는 맹검(blank)의 측정치와 비교하였고, 그 차이 값에 상용계수 5.88을 곱해서 TBARS 량을 MDA(malondialdehyde) mg/kg으로 표시하였다. MDA 형성을 위해 수용액에서 스스로 분해되는 tetrathoxypropane을 표준물질로 사용하였다.

5. 통계분석

본 실험의 처리구별 반복 측정치를 SAS(Strategic application software)의 통계 package(2000)의 GLM(general linear model)에 입력, 평균과 표준편차 값을 구하고 분산 분석을 실시한 후, Duncan의 다중 검정 방법을 통해 95%수준의 신뢰구간에서 처리구 평균간의 통계적인 유의차를 검정($p < 0.05$)하였다.

결과 및 고찰

1. 닭고기 내 지방산 조성변화 및 DHA 축적

로스종 브로일러 수컷을 21일령부터 35일령까지 2주 동안 사육 후 실험종료일에 측정된 각 처리구에 대한 평균체중은 1.70 kg이었고, 기간 중 총 사료섭취량은 2.75 kg, 사료효율은 0.62로서 서로 비슷하였다(통계적인 유의차가 없으므로 표를 제시하지 않았음). 어유와 함께 비타민 C 및 E가 함유된 사료를 섭취한 브로일러에서 조사된 생통닭 및 닭고기의 부위별 지방산 조성은 Table 2~5에서 보는 바와 같다. 생통닭 및 닭고기의 부위별 포화지방산 조성은 우지를 섭취한 대조구가 일정 수준의 어유를 섭취한 시험 처리구에 비해서 유의적으로 높게 나타났으나 불포화지방산 조성은 시험 처리구가 대조구보다 더 높았다($p < 0.05$).

생통닭의 경우(Table 2), 포화지방산 조성은 대조구가 39.41%로서 T1 23.24%, T2 24.46%, T3 22.61%, T4 23.93%, T5 21.50% 및 T6의 23.05%에 비해서 유의적으로 높게 나타났고, 불포화지방산 조성은 대조구 60.59%로서 T1 76.77%, T2

85.54%, T3 77.39%, T4 76.07%, T5 78.50% 및 T6의 76.95%에 비해서 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). n-3 지방산 조성은 대조구의 경우 거의 검출되지 않았으나 T6, T1, T5, T3, T4 및 T2순으로 높게 나타났으며, 각 처리구간 통계적 유의차가 인정되었다($p < 0.05$). 특히, DHA 조성은 T6 1.09%로서 가장 높았으며, T2~T5의 평균값은 0.81%로서 서로 비슷하였고, T1의 경우 0.55%로서 이들 처리구간 통계적으로 유의한 차이가 인정되었다($p < 0.05$). 닭 피부를 포함한 닭 날개의 경우(Table 3), 전체 지방산 조성의 변화는 생통닭과 비슷한 경향을 보였으나, n-3 지방산은 생통닭에 비해서 높았고 특히, DHA의 조성은 생통닭과 비교할 때 약간 높은 경향을 나타냈다. 이것은 닭 피부를 포함하고 있는 닭 날개의 조지방 함량(Table 6)이 높았기 때문으로 생각할 수 있다. 닭 다리살(닭 피부를 포함)의 지방산 조성(Table 4) 중 포화지방산은 모든 처리구 가운데서 T4가 가장 높았고 T6가 가장 낮았으며 통계적인 유의차가 인정되었으나($p < 0.05$), 대조구와 기타 처리구간 유의차는 없었다. 불포화지방산은 모든 처리구 가운데서 T6가 가장 높았고 T2가 가장 낮았으며 통계적인 유의차가 인정되었으나($p < 0.05$), 대조구와 기타 처리구간 유의차는 없었다. 닭 가슴살의 지방산 조성(Table 5) 중 포화지방산은 T4와 T1이 가장 높았으며, T3, T6, 대조구, T2순으로 낮아졌고 T5가 가장 낮았으며, 각 처리구간 통계적으로 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 불포화지방산은 T5가 가장 높았고 대조구, T2, T6, T3, T1 순으로 낮아졌으며, T4가 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이상의 결과는 닭고기의 지방산 조성이 사료 내 함유되어 있는 지방산 조성에 의해서 크게 영향을 받는다는 여러 연구자들의 보고와 일치하는 경향을 보였다(11, 23-24). 생통닭 및 닭고기의 부위별 불포화지방산 조성은 일부 처리구의 닭 다리살(Table 4의 T4)과 가슴살(Table 5의 T1, T4)에서 대조구보다 낮았던 점을 제외하면 처리구가 대조구에 비해서 유의적으로 높게 분석되었는데, 이는 어유와 함께 공급해 주었던 α -tocopherol의 섭취에 기인한 것으로 볼 수 있다. 닭에서 α -tocopherol의 공급과 함께 어유 섭취로 인한 닭고기 내 불포화지방산의 증가는 α -tocopherol의 항산화 작용에 기인한 것으로 생각되며, 본 연구 결과는 이전의 연구자들에 의해서 발표된 결과와 일치하고 있다(Surai and Sparks, 2000; Bou et al., 2006). 한편, ascorbic acid는 닭고기의 불포화지방산 조성에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(11), 이 결과는 Bou 등(2006)의 보고와 비슷하였다.

생통닭 및 닭고기의 부위별 조지방 함량은 Table 6과 같다. 생통닭의 경우, 대조구와 T1, T3, T5, T6가 높았으나, 이들 처리구간 통계적인 유의차는 없었고, T2, T4순으로 낮아

Table 2. Fatty acid composition of whole chicken meat from broilers fed the experimental diets for two weeks(21~35days)¹⁾
(% of total fatty acid)

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
14:0	1.54 ^a	1.12 ^b	1.19 ^b	1.12 ^b	1.25 ^b	1.19 ^b	1.25 ^b	0.03
16:0	31.74 ^a	21.77 ^{bc}	23.07 ^b	20.95 ^d	22.19 ^{bc}	19.80 ^e	21.32 ^{cd}	0.85
16:1n-7	6.72 ^a	4.82 ^c	5.13 ^b	4.95 ^c	4.39 ^e	4.99 ^{bc}	4.61 ^d	0.15
18:0	6.13 ^a	0.35 ^{cd}	0.20 ^d	0.54 ^b	0.49 ^{bc}	0.51 ^{bc}	0.48 ^{bc}	0.36
18:1n-9	41.53 ^e	58.17 ^b	57.30 ^{cd}	58.25 ^b	57.82 ^{bc}	58.96 ^a	57.29 ^d	1.29
18:2n-6	12.34 ^a	7.32 ^e	7.63 ^c	8.39 ^b	8.02 ^b	8.32 ^b	7.06 ^e	0.37
18:3n-6	– ³⁾	–	–	–	–	–	–	–
18:3n-3	–	1.60 ^a	0.61 ^c	0.75 ^{bc}	0.69 ^{bc}	0.71 ^{bc}	0.83 ^b	0.08
20:1n-9	–	0.66	0.61	0.59	0.68	0.69	0.71	0.02
20:5n-3	–	3.64 ^{bc}	3.47 ^d	3.59 ^{cd}	3.69 ^c	4.02 ^b	5.36 ^a	0.15
22:6n-3	–	0.55 ^c	0.79 ^b	0.87 ^b	0.78 ^b	0.81 ^b	1.09 ^a	0.04
SFA ⁴⁾	39.41 ^a	23.24 ^c	24.46 ^b	22.61 ^d	23.93 ^{bc}	21.50 ^e	23.05 ^{cd}	1.22
UFA ⁵⁾	60.59 ^f	76.77 ^c	75.54 ^e	77.39 ^b	76.07 ^d	78.50 ^a	76.95 ^{bc}	1.23
n-3	–	5.79 ^b	4.87 ^c	5.21 ^b	5.16 ^b	5.54 ^b	7.28 ^a	0.14

¹⁾ Groups: refer to Table 1.

²⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).

³⁾ Not detected.

⁴⁾ SFA: saturated fatty acid.

⁵⁾ UFA: unsaturated fatty acid.

^{a-f} Values within the same row with different superscript are significantly different($p<0.05$).

Table 3. Fatty acid composition of chicken wing with skin from broilers fed the experimental diets for two weeks(21~35days)¹⁾
(% of total fatty acid)

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
14:0	3.98 ^a	1.26 ^{cd}	1.32 ^{cd}	1.15 ^d	1.56 ^b	1.25 ^{cd}	1.35 ^c	0.2109
16:0	30.58 ^a	26.32 ^b	22.85 ^{de}	22.77 ^{de}	23.38 ^c	23.25 ^{cd}	22.52 ^e	0.6161
16:1n-7	0.31 ^f	3.59 ^e	4.10 ^d	4.91 ^b	4.58 ^c	5.01 ^b	5.22 ^a	0.3535
18:0	5.81 ^a	0.24 ^{bc}	0.30 ^{bc}	0.22 ^c	0.35 ^{bc}	0.41 ^b	0.33 ^{bc}	0.4310
18:1n-9	48.60 ^e	52.65 ^d	55.47 ^b	57.09 ^a	54.35 ^c	55.00 ^b	53.08 ^d	0.5646
18:2n-6	10.72 ^a	8.96 ^b	8.75 ^b	7.17 ^c	9.05 ^b	8.91 ^b	9.02 ^b	0.2159
18:3n-6	– ³⁾	–	–	–	–	–	–	–
18:3n-3	–	1.52 ^b	1.85 ^a	1.43 ^b	1.59 ^b	1.47 ^b	1.56 ^b	0.0384
20:1n-9	–	0.95 ^a	0.86 ^a	0.70 ^b	0.90 ^a	0.92 ^a	0.88 ^a	0.0278

Table 3. Continued

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
20:5n-3	–	3.53 ^c	3.58 ^c	3.63 ^c	3.35 ^d	3.82 ^b	4.69 ^a	0.1074
22:6n-3	–	0.98 ^b	0.92 ^b	0.93 ^b	0.89 ^b	0.96 ^b	1.35 ^a	0.0429
SFA ⁴⁾	40.37 ^a	27.82 ^b	24.47 ^{de}	24.14 ^e	25.29 ^c	24.91 ^{cd}	24.20 ^e	1.2445
UFA ⁵⁾	59.63 ^e	72.18 ^d	75.53 ^b	75.86 ^{ab}	74.71 ^c	76.09 ^a	75.80 ^{ab}	1.2899
n-3	–	6.03 ^b	6.35 ^b	5.99 ^b	5.83 ^b	6.25 ^b	7.60 ^a	0.1029

¹⁾ Groups: refer to Table 1.

²⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).

³⁾ Not detected.

⁴⁾ SFA: saturated fatty acid.

⁵⁾ UFA: unsaturated fatty acid.

^{a-f} Values within the same row with different superscript are significantly different($p<0.05$).

Table 4. Fatty acid composition of thigh meat with skin from broilers fed the experimental diets for two weeks(21~35days)¹⁾
(% of total fatty acid)

Fatty acid	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
14:0	1.71 ^{bc}	1.80 ^{ab}	1.72 ^{bc}	1.69 ^{bc}	1.95 ^a	1.56 ^c	1.62 ^c	0.0319
16:0	32.12 ^b	31.56 ^c	32.25 ^b	32.15 ^b	33.35 ^a	32.55 ^b	30.25 ^d	0.2053
16:1n-7	7.63 ^b	7.32 ^c	7.96 ^a	8.01 ^a	6.93 ^d	7.45 ^c	6.96 ^d	0.0917
18:0	0.37 ^b	0.55 ^a	0.51 ^{ab}	0.45 ^{ab}	0.18 ^c	0.59 ^a	0.43 ^{ab}	0.0336
18:1n-9	47.83 ^a	42.65 ^b	40.02 ^d	40.98 ^c	38.90 ^e	40.04 ^d	42.15 ^b	0.6151
18:2n-6	10.34 ^a	8.12 ^{cd}	9.14 ^b	8.00 ^d	8.09 ^{cd}	8.10 ^{cd}	8.32 ^c	0.1818
18:3n-6	– ³⁾	–	–	–	–	–	–	
18:3n-3	–	0.75	0.87	0.86	0.76	0.89	0.92	0.0251
20:1n-9	–	3.15 ^d	3.33 ^c	3.29 ^{cd}	4.18 ^a	3.88 ^b	3.45 ^c	0.0903
20:5n-3	–	3.21 ^f	3.41 ^e	3.69 ^d	4.68 ^b	4.09 ^c	4.88 ^a	0.1518
22:6n-3	–	0.89	0.79	0.88	0.98	0.85	1.02	0.4519
SFA ⁴⁾	34.20 ^{bc}	33.91 ^c	34.48 ^b	34.29 ^{bc}	35.48 ^a	34.70 ^b	32.30 ^d	0.2085
UFA ⁵⁾	65.80 ^{bc}	66.09 ^b	65.52 ^c	65.71 ^{bc}	64.52 ^d	65.30 ^c	67.70 ^a	0.2085
n-3	–	4.85 ^d	5.07 ^{cd}	5.43 ^{bc}	6.42 ^a	5.83 ^b	6.82 ^a	0.1137

¹⁾ Groups: refer to Table 1.

²⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).

³⁾ Not detected.

⁴⁾ SFA: saturated fatty acid.

⁵⁾ UFA: unsaturated fatty acid.

^{a-f} Values within the same row with different superscript are significantly different($p<0.05$).

Table 5. Fatty acid composition of breast muscle from broilers fed the experimental diets for two weeks(21~35days)¹⁾

Fatty acid	(% of total fatty acid)							
	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
14:0	1.28 ^c	1.45 ^{bc}	1.51 ^{ab}	1.48 ^{ab}	1.52 ^{ab}	1.65 ^a	1.49 ^{ab}	0.0291
16:0	21.73 ^b	23.50 ^a	21.09 ^c	22.01 ^b	23.50 ^a	20.43 ^d	21.69 ^b	0.2446
16:1n-7	4.83 ^e	4.60 ^f	5.03 ^d	5.25 ^c	6.24 ^a	5.69 ^b	5.01 ^d	0.1172
18:0	0.43 ^c	0.54 ^{bc}	0.74 ^a	0.62 ^{ab}	0.75 ^a	0.77 ^a	0.68 ^{ab}	0.0317
18:1n-9	63.51 ^a	54.55 ^b	53.12 ^c	53.29 ^c	50.12 ^f	51.62 ^d	50.77 ^e	0.9390
18:2n-6	8.22 ^d	7.95 ^e	9.33 ^b	8.88 ^c	9.01 ^c	10.75 ^a	8.99 ^c	0.1878
18:3n-6	- ³⁾	-	-	-	-	-	-	
18:3n-3	-	0.88	0.91	0.89	0.79	0.86	0.80	0.0226
20:1n-9	-	2.56 ^d	3.65 ^b	3.00 ^c	3.91 ^a	3.58 ^b	3.61 ^b	0.113
20:5n-3	-	3.45 ^c	3.81 ^b	3.72 ^b	3.25 ^d	3.77 ^b	5.95 ^a	0.2186
22:6n-3	-	0.52 ^c	0.81 ^b	0.86 ^{ab}	0.91 ^{ab}	0.88 ^{ab}	1.01 ^a	0.0418
SFA ⁴⁾	23.44 ^c	25.49 ^a	23.34 ^{cd}	24.11 ^b	25.77 ^a	22.85 ^d	23.86 ^{bc}	0.2355
UFA ⁵⁾	76.56 ^b	74.51 ^d	76.66 ^{ab}	75.89 ^c	74.23 ^d	77.15 ^a	76.14 ^{bc}	0.2355
n-3	-	4.85 ^c	5.53 ^b	5.47 ^b	4.95 ^c	5.51 ^b	7.76 ^a	0.1455

¹⁾ Groups: refer to Table 1.

²⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).

³⁾ Not detected.

⁴⁾ SFA: saturated fatty acid.

⁵⁾ UFA: unsaturated fatty acid.

^{a-f} Values within the same row with different superscript are significantly different($p<0.05$).

Table 6. Crude fat content of chicken meat from broilers fed the experimental diets for two weeks(21~35days)¹⁾

(%)

Parts	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ²⁾
Whole meat	5.36 ^a	5.18 ^{abc}	4.83 ^{bc}	5.27 ^{ab}	4.74 ^c	4.86 ^{abc}	5.33 ^{ab}	0.0771
Thigh meat ³⁾	11.20 ^{ab}	11.56 ^a	10.46 ^{cd}	11.48 ^a	10.16 ^d	10.90 ^{bc}	11.13 ^{ab}	0.1203
Breast muscle	5.08 ^a	4.16 ^{bc}	4.10 ^{bc}	3.73 ^{cd}	3.36 ^d	3.81 ^{bcd}	4.27 ^b	0.1246
Wing ³⁾	13.40 ^b	12.19 ^c	13.71 ^b	12.54 ^c	13.30 ^b	14.36 ^a	13.46 ^b	0.1593

¹⁾ Groups: refer to Table 1.

²⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).

³⁾ With skin.

^{a-d} Values within the same row with different superscript are significantly different($p<0.05$).

졌으며, T2, T4 그리고 기타 처리구 사이에는 통계적으로 유의성이 있었다($p<0.05$). 닭 다리살은 대조구, T1, T3, T6가 높았으나 이들 처리구간 유의성은 없었고, T5, T2, T4순으로 낮아졌으며, T5, T2, T4와 기타 처리구 사이에는 통계적으로

유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 닭 가슴살은 모든 처리구 가운데서 대조구가 가장 높아 유의성이 인정되었으며($p<0.05$), T1, T2, T5, T6, T3, T4 순으로 낮아졌고, 대조구와 T3, T4 그리고 기타 처리구 사이에는 통계적인 유의성이 나타났

($p < 0.05$). 닭 날개는 T5가 가장 높았으며, T6, 대조구, T2, T4, T1, T3순으로 낮아졌으며, 대조구와 T1, T3 및 기타 처리구간 통계적인 유의성이 있었다($p < 0.05$). Bou 등(2006)은 브로일러를 50일간 사육한 후에 조사된 우지 섭취구의 다리살 조지방 함량은 14.8~15.6%로 보고하여 본 결과보다는 높은 것으로 볼 수 있으며, 이는 지역, 사양 조건, 성별, 체중의 차이가 있기 때문으로 생각할 수 있다.

본 실험에서 조사된 닭고기의 부위별 조지방 함량과 DHA 조성을 기초로 해서 계산한 실제 생통닭 및 닭고기의 부위별 DHA 축적량은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 신선육 100 g 당 축적된 DHA 함량은 닭 날개(닭 피부 포함) 63.17~135.38 mg,

다리살(닭 피부 포함) 90.29~150.29 mg, 생통닭(닭 껍질 포함) 28.17~58.23 mg, 가슴살 근육(닭 껍질 제외) 32.17~43.34 mg으로 나타났다. 닭고기의 DHA 축적은 사료에 첨가된 어유의 수준과 일치하여 증가하였다. 닭고기 내 DHA 축적량은 모든 부위에서 T6가 가장 높았고, 다리살과 가슴살 근육에서 T1이 T2~T5 보다 약간 높았으나, 생통닭과 날개(닭 껍질 포함)에서 T2~T5는 T1보다 약 2배 가까이 높은 축적율을 나타냈다. 닭고기의 부위별 DHA 축적량은 닭 날개가 가장 높았고, 다리살, 생통닭, 가슴살 순서로 높은 경향을 보였으며, 이것은 체내에 축적된 조지방 함량(Table 6)과 관계가 깊은 것으로 볼 수 있다.

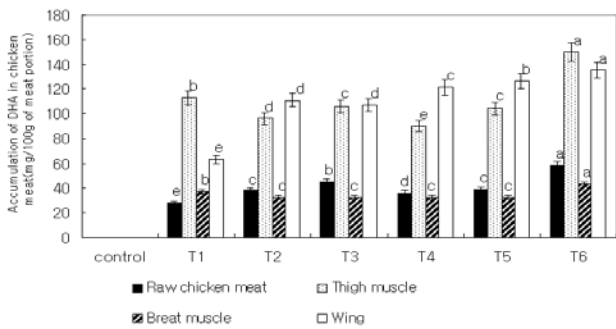


Fig. 1. Amount of DHA deposition in chicken meat¹⁾.
¹⁾ Groups: refer to Table 1.
 Bars represent standard error of mean values($n=42$).
^{a-e} Values represent significant difference($p < 0.05$).

2. 저장 중 DHA 조성 및 TBARS

닭 다리살을 4°C에서 1주일간 저장하면서 측정된 DHA 조성 변화 및 TBARS 결과는 Table 7과 같다. DHA 함량은 모든 처리구가 저장일수가 지남에 따라서 약간씩 감소하는 경향을 보였으며, T1, T2 및 T6는 각각 3일째 11.53%, 3.70%, 25.74%, 1주일째 42.30%, 49.38%, 48.51%가 감소하였으며, 이들은 T3, T4, T5와 비교할 때 유의적인 감소를 나타냈다($p < 0.05$). T3, T4, T5의 경우, 저장 중 DHA 조성의 감소율은 3일째에 각각 6.97%, 12.08%, 6.81%, 1주일째 15.11%, 20.87%, 14.77%로서 낮은 감소율을 나타냈으며, 특히 어유와 함께 비타민 C(ascorbic acid)와 E(α -tocopherol)를 섭취한 T3와 비타민 E를 섭취한 T5의 경우 가장 낮은 DHA 감소율을 나타냈

Table 7. Effect of the dietary fish oil, vitamin E and C on TBARS and DHA content of chicken breast muscle stored for 7 days at 4°C¹⁾

Item	Days	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6	PSE ⁴⁾
----- mg MDA ⁵⁾ /kg breast muscle -----									
TBARS ²⁾	0	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.0213
	3	0.38	0.40	0.40	0.37	0.38	0.38	0.40	0.0225
	7	0.81 ^{ab}	0.80 ^{ab}	0.80 ^{ab}	0.68 ^c	0.78 ^b	0.70 ^c	0.88 ^a	0.0422
----- % of total fatty acid -----									
DHA ³⁾	0	-	0.52 ^c	0.81 ^b	0.86 ^{ab}	0.91 ^{ab}	0.88 ^{ab}	1.01 ^a	0.0418
	3	-	0.46 ^b	0.78 ^a	0.80 ^a	0.80 ^a	0.82 ^a	0.75 ^a	0.0432
	7	-	0.30 ^d	0.41 ^c	0.73 ^a	0.72 ^a	0.75 ^a	0.52 ^b	0.0207

¹⁾ Groups: refer to Table 1.
²⁾ TBARS: thiobarbituric acid reactive substances.
³⁾ DHA: docosahexaenoic acid(22:6n-3).
⁴⁾ Pool standard error of mean values($n=42$).
⁵⁾ MDA: malondialdehyde.
^{a~d} Values within the same row with different superscript are significantly different($p < 0.05$).

으며, 이는 TBARS의 값이 가장 낮은 것보다 일치하였다. 어유 섭취의 결과로서, DHA를 함유하는 닭고기는 사료 내 α -tocopherol의 공급을 통해서 산화에 대해서 효율적으로 보호될 수 있다(Surai and Sparks, 2000; Bou et al., 2001)는 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 사료 내 고도불포화지방산과 α -tocopherol의 적절한 균형은 고도불포화지방산을 높여 줄 뿐만 아니라 소비자 기호도를 증진시키는데 도움이 된다. 또한, α -tocopherol의 공급은 닭 다리살의 조리 후 지방산 조성에 영향하지 않는 것으로 보고되었다(Bou et al., 2004; 2006).

TBARS는 저장일수가 지남에 따라서 약간씩 증가하는 경향을 보였으나, T3가 가장 낮았고, T5, T4 순서로 낮게 나타났다. T6, T2, T1 순서로 증가하였고, 각 처리구간 통계적인 유의차가 있었다($p < 0.05$). 본 연구에서 획기적인 발견은 브로일러 사료 내 ascorbic acid와 α -tocopherol을 각각 200 ppm 수준으로 혼합 공급해 준 닭 다리살의 지방산패도가 가장 낮았다는 점이다. 이와 같은 결과는 ascorbic acid와 α -tocopherol의 항산화 작용에 기인하여 닭 다리살의 DHA 함량 감소율이 낮아진 것으로 생각할 수 있다. TBARS는 지질 산화에 의해서 malondialdehyde와 thiobabaturic acid가 결합하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정하는 값으로 지질 산화가 진행될수록 증가한다. α -tocopherol의 사료 내 공급은 지방 산화를 지연시킬 수 있으며, 비타민 E와 C는 불포화지방산의 산화로 인한 닭고기의 저장 유통 중 부패를 예방할 수 있는 항산화 기능을 갖는 것으로 알려졌다(Bou et al., 2006; Young et al., 2003). Ascorbic acid와 α -tocopherol의 조환은 수송 및 도살과 관련하여 동물에게 부과된 거역할 수 없는 환경 스트레스를 줄일 수 있으며(Young et al., 2003), 브로일러 사료 내 200 ppm 수준의 α -tocopherol 공급은 닭고기의 TBARS를 더욱 낮추고(Maraschiello et al., 1999), 닭에게 고도불포화지방산을 함유하는 식물성 기름과 함께 ascorbic acid 200 ppm과 α -tocopherol 200 ppm의 공급은 서로 다른 근육에서 스트레스로 나타나는 TBARS 증가를 보호해 준다(Young et al., 2003). 결론적으로, 육계후기(21-35일령) 사료 내 어유 2.00%, 비타민 E 200ppm 및 비타민 C 200 ppm를 첨가, 급여해 주면 닭고기 내 DHA의 안정적인 축적 효과 및 저장 기간 중 DHA의 산화 안정성을 높일 수 있다고 생각된다.

적 요

본 연구는 브로일러 후기 2주(21~35일령) 동안 실험 사료를 섭취한 닭고기에서 DHA 축적 효과 및 저장성을 비교하

였다. 로스종 1일령 병아리 수컷 210수를 7개의 처리구로 구분하여 완전 임의 배치하였다. 실험 처리구는 우지를 함유하는 대조구, 어유 1.00% 첨가구(T1), 어유 2.00% 첨가구(T2), 어유 2.00% + 비타민 E 200 ppm + 비타민 C 200 ppm 첨가구(T3), 어유 2.00% + 비타민 C 200 ppm 첨가구(T4), 어유 2.00% + 비타민 E 200 ppm 첨가구(T5) 그리고 어유 3.00% 첨가구(T6)로 구분하였다. 닭고기 내 DHA 축적량은 모든 부위에서 T6가 가장 높았고, 다리살(닭 껍질포함)과 가슴살 근육에서 T1이 T2~T5 보다 약간 높았으나, 생통닭과 날개(닭 피부 포함)에서 T2~T5는 T1 보다 약 2배 가까이 높은 축적을 나타냈다. 저장 일수에 따른 닭고기의 DHA 조성은 T1, T2 및 T6가 42.30%, 49.38%, 48.51% 감소하였으며, 이들은 T3, T4, T5에 비해서 유의적으로 높은 감소를 나타냈다($p < 0.05$). 특히 TBARS의 값이 가장 낮은 T3와 T5에서 가장 낮은 DHA 감소율을 나타냈다. TBARS는 저장 일수가 지남에 따라서 T6, T2, T1 순서로 증가하였고, T3, T5, T4 순서로 낮았으며, 각 처리구간 통계적인 유의차가 있었다($p < 0.05$).

사 사

본 연구는 2004년도 흥성사료(주)의 연구비 지원으로 수행되었으며, 기기분석에 협조를 해준 강원대학교 동물자원 공동연구소에 감사를 드립니다.

인용문헌

- AOAC 1995 Official method of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC. USA. P1-43.
- Bartov I 1983 Effects of dietary vitamin E on the stability and sensory of turkey meat. Poultry Sci 62:1224-1230.
- Bou R, Grimpa S, Guardiola F, Barroeta AC, Codony R 2004 Effect of various fat sources, α -tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and α -tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. Poultry Sci 85:1472-1481.
- Bou R, Grimpa S, Guardiola F, Barroeta AC, Codony R 2006 Effects of various fat sources, α -tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and α -tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. Poultry Sci 85:1472-1481.

- Bou R, Guardiola F, Tres A, Barroeta AC, Codony R 2004 Effect of dietary fish oil, α -tocopheryl acetate, and zinc supplementation on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poultry Sci* 83:282-292.
- Bou RF, Guardiola A, Grau S, Munich A, Barroeta A, Codony R 2001 Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Sci* 80:800-807.
- Brown AJ, Roberts DCK, Pritchard JE, Truswell AS 1990 A mixed Australian fish diet and fish oil supplementation: Impact on the plasma lipid profile of healthy men. *Am J Clin Nutr* 52:825-833.
- Burdge GC, Jones AE, Wootton SA 2002 Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids are the principal products of α -linolenic acid metabolism in young men. *Br J Nutr* 88: 355-363.
- Burge JA, Aust JD 1978 Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* 52: 302-308.
- Connor WE 2000 Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 71:171S-175S.
- Farrell DJ, Gibson RA 1990 Manipulation of the composition of lipid in egg and poultry meat. In: Smith WC, ed. *Proceeding of the inaugural Massey pig and poultry symposium.* Palmerston North, New Zealand: Massey University. 164-179.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH 1957 A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Bio Chem* 226:497-507.
- Grau A, Guardiola F, Grimpa S, Barroeta C, Codony R 2001 Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poultry Sci* 80:1630-1642.
- Gray JI, Pearson AM 1987 Rancidity and warm-over flavor. *Adv Meat Res* 3:221-232.
- 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.
- Houben JH 1998 Effect of the dietary supplementation with vitamin E on colour stability and lipid oxidation in packaged minced pork. *Meat Sci* 48:265-273.
- Howe PR, Downing JA, Grenyer BF, Grigonis-Deane EM, Bryden WL 2002 Tuna fish meal as a source of DHA for n-3 PUFA enrichment of pork, chicken, and egg. *Lipids* 37: 1067-1076.
- Jensen C, Lauridsen C, Bertelsen G 1998 Dietary vitamin E: Quality and storage stability of pork and poultry. *Trends Food Sci Technol* 9:62-72.
- Kinsella JE, Lokesh B, Stone RA 1990 Dietary n-3 polyunsaturated fatty acid amelioration of cardiovascular disease. *J Food Sci* 60:1009-1012.
- Leskanich CO, Noble RC 1997 Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. *World's Poultry Sci* 53:155-183.
- Mantzioris E, James MJ, Gibson RA, Cleland LG 1994 Dietary substitution with an α -linolenic acid-rich vegetable oil increase eicosapentaenoic acid concentration in tissues. *Am J Clin Nutr* 59:1304-1309.
- Maraschiello C, Sarraga C, Regueiro, G 1999 Glutathione peroxidase activity, TBARS, and α -tocopherol in meat from chickens fed different diets. *J Agric Food Chem* 47:867-972.
- Morrison WR, Smith LM 1967 Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipid with boron fluoride methanol. *J Lipid Res* 5:600-608.
- Nash DM, Hamilton RMG, Hulan HW 1995 The effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid content of plasma and egg yolk lipids of laying hens. *Can J Anim Sci* 75:247-253.
- National Research Council 1994 Nutrients requirements of poultry. 9th rev. National Academy Press, Washington DC.
- Pardue SL, Thaxton JP 1986 Ascorbic acid in poultry: A review. *World's Poultry Sci J* 42:107-123.
- Pearson AM, Gray JI, Wolzak AM, Horenstein NA 1983 Safety implications of oxidized lipids in muscle foods. *Food Technol* 37:121-129.
- Peter RC 1998 ω -3 Enriched pork. *World Rev Nutr Diet Basel Karger.* 83:132-143.
- SAS Institute 2000 SAS[®] User's guide: Statistics. Version 8 edition SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sheehy PJ, Morrissey PA, Flynn A 1993 Influence of heated vegetable oils and α -tocopheryl acetate supplementation on α -tocopherol, fatty acids and lipid peroxidation in chicken muscle. *Br Poultry Sci* 34:367-381.
- Sheldon BW 1984 Effect of dietary tocopherol on the oxidative stability of turkey meat. *Poultry Sci* 63:673-681.
- Simopoulos AP 2000 Human requirement for n-3 polyunsaturated

- turated fatty acids. *Poultry Sci* 79:961-970.
- Siscovick DS, Raghunathan TE, King I, Weinmann S, Wicklund KG, Albright J, Bovbjerg V, Arbogast P, Smith H, Kushi LH, Cobb LA, Copass MK, Psaty BM, Lemaitre R, Retzlaff B, Childs M, Knopp RH 1995 Dietary intake and cell membrane levels of long chain fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *J Am Med Assoc* 274:1363-1367.
- Surai PF, Sparks HC 2000 Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Sci* 79:1132-1142.
- Uauy R, Valenzuela A 2000 Marine oils: The health benefits of n-3 fatty acids. *Nutrition* 16:680-684.
- Whitehead CC, Keller T 2003 An update on ascorbic acid in poultry. *World's Poultry Sci J* 59:161-184.
- Young JF, Stagsted J, Jensen SK, Karlsson AH, Henckel P 2003 Ascorbic acid, α -tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. *Poultry Sci* 82:1343-1351.