

산란계 사료내 조팜유(Crude Palm Oil) 사용 효과

본고는 지난 28일 한국가금학회 추계심포지움에서 강경래(제일제당(주) 사료본부)과장, 심정석(알버타 주립대 농식품 영양학과)교수가 발표한 “산란계 사료내 Crude Palm Oil 첨가에 따른 계란과 체조직내 비타민 E, Carotenes 및 Retinol 함량과 그에 따른 지방의 산화안정성에 미치는 영향” 내용을 발췌·요약 게재한 것이다.
자세한 내용은 원문을 참조하기 바란다.

— 편집자주 —

1. 서 론

계란을 포함한 가금 산물의 부가가치 향상을 위한 새로운 기술의 개발은 계란의 소비량 증가를 위한 새로운 시도로 받아들여지고 있다. 이러한 관점에서 그동안 계란의 지방산 조성을 변화시킴으로써 계란의 영양적 품질을 향상시키기 위한 많은 연구가 이루어져 왔다. 아울러 최근에는 계란내 비타민(tocopherols, β -carotene, retinol, Vitamin B12)과 요드와 셀레니움과 같은 미량 광물질을 계란내 강화시키려는 많은 시도가 있었다.

계란의 지방산 조성이 다가 불포화 지방산(Polyunsaturated Fatty Acids ; PUFA) 위주로 변화할 경우 산화에 더욱 민감해져 지방의 산화적 안정성이 저하 될 수 있으며 이로 인해 항산화제의 요구가 증가될 수 있다. 비록 가금

육과 계란내 tocopherols의 항산화제로서의 효과에 대하여서는 많은 보고가 있었지만 tocotrienols과 carotenoids와 같은 다른 항산화성 비타민들은 비교적 관심을 받지 못했다.

팜유(Palm Oil)는 팜(Elaeis guineensis)열매의 과피(pericarp)에서 추출되는 열대성 유지로써 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 거의 동일하게 함유되어 있으며 약 1%의 소수 성분을 함유하고 있는 것이 특징이다.

주로 vitamin E와 caroteneoids, sterol 등이 그것이다. 그중 원산지에 따라 vitamin E 성분은 600~1000 ppm을 함유하고 있으며, 그중 약 83%가 tocotrienol이다. 아울러 팜유내에는 500~700mg/L의 caroteneoids가 함유되어 있는데 그중 약 90%가 α 와 β -Carotene이다. 옥수수유와 대두유 등과 같은 대부분의 유지들은 vitamin E 성분으로 tocopherol(γ 형과 α 형)이

주를 이루고 있는 반면 팜유는 tocotrienol을 주로 함유하고 있는 것이 특징이다.

비타민 E는 자연상태에서 8개의 이성질체형으로 존재하는데 α , β , γ 및 δ -tocopherol과 그에 상응하는 tocotrienol이 그것이다. 그중에서 tocopherol의 생물학적 기능에 대해서는 많은 연구가 있었다. 하지만 tocotrienol에 대해서는 최근에야 많은 관심으로 연구가 진행되고 있다. Tocotrienol은 tocopherol과 마찬가지로 체내에서 항산화제로서 작용하는데 그 활성이 α -tocopherol보다 높다. 이와 더불어 tocotrienols은 가축과 인체에서 콜레스테롤 합성을 억제하는 기능도 보고되고 있다.

Tocopherols, tocotrienols 및 carotenes 등과 같은 항산화성 비타민들은 체내에서 유해 산소를 제거해 주는 기능 외에도 암과 심장질환 예방 및 면역기능 강화 등의 효과로 인해 그 관심이 높아지고 있다. 따라서 팜유내에 풍부하게 함유된 항산화성 비타민들을 사료와 식품의 산화적 안정성을 향상시키기 위한 천연 항산화제 공급원으로써 평가해보는 것은 경제성 있는 사료를 생산하는데 도움이 될 것이다.

따라서 본 연구의 목적은 다가불포화지방산(PUFA) 함량이 높은 사료에 tocopherol mix 또는 팜유(palm oil)를 첨가하였을 때 tocopherols, tocotrienols 및 carotenes 등의 계란 및 조직내 이행량과 그에 따른 지방의 산화적 안정성의 변화를 관찰하기 위해 실시하였다.

2. 재료 및 방법

1) 공시동물 및 사료

60주령된 갈색계(SCWL) 240수를 2단 철제

케이지에 케이지당 2수씩, 4개 처리구에 처리구당 60수, 반복당 20수를 완전 임의 배치하였다. 밀과 대두박, 분쇄아마 및 어분 등을 위주로 한 사료에 지방의 불포화도를 높히기 위하여 총 3.5%의 유지를 첨가하였다. 대조구 사료에는 2% 어유와 1.5% 동물성 우지 그리고 70ppm의 tocopherol mix를 첨가 하였다. 높은 불포화 환경하에서 팜유의 항산화 능력을 평가하기 위해 시험사료에는 팜유를 0%, 1.5%, 또는 3.5%를 각각 첨가하였다(표1).

사료내 첨가된 유지는 어유, 동물성 우지 또는 팜유였으며 모든 유지는 사료에 혼합하기 전에는 4°C의 냉장상태에 보관하였다. 사료는 매주 배합하였으며 밀봉된 콘테이너에서 냉장상태에 보관하였다.

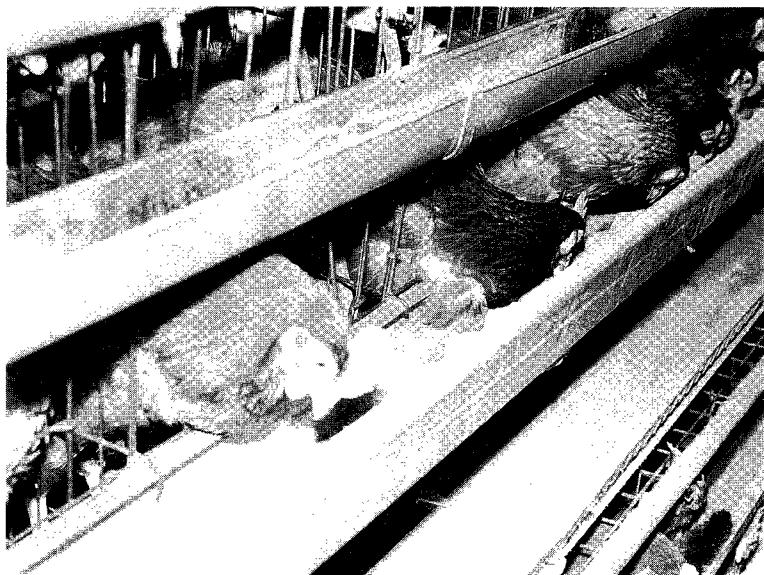
표1. 산란계 사료 구성비

성 분	처리 구 (%) ¹			
	1(FO+TA)	2(FO+TA+TO)	3(FO+PO)	4(PO)
Wheat		59.0		
Soybean meal		5.5		
Limestone		7.5		
Dical. phos.		3.0		
Layer premix		1.5		
Flax		17.0		
Fish meal		3.0		
Animal tallow	1.5	1.5		
Fish oil	2.0	2.0	2.0	3.5
Tocopherol mix			0.07	
Crude palm oil				1.5
Calculated analyses				
CP			16.2	
ME, kcal/kg			2937.2	
Ether extracts			9.9	
Ca			3.7	
P			0.8	

¹ 1(FO+TA)=어유+동물성우지 ; 2(FO+TA+TO)=어유+동물성우지+토코페롤 ; 3(FO+PO)=어유+조팜유 ; 4(PO)=조팜유

2) 샘플 선택

시험개시 0, 20 및 50일째 되는 날 반복당 2개, 처리구당 총 6개의 계란을 무작위로 채취하였다. 채취한 계란 sample은 4°C에 보관하였으며 채취후 1주일 이내 분석하였다. 시험개시 50일째에 반복 당 2수, 처리구당 총 6수의 공시 산란계를 도살하여 체조직(간, 가슴육, 다리육, 지방조직)을 분석하였다. 사료와 체조직 sample은 -30°C에서 보관하였으며 채취후 1개월 이내 분석하였다.



3) Tocotrienol, Tocopherol, Carotene 및 Retinol 분석

분석에 사용한 모든 시약은 HPLC급 품질이었다. α -Tocopherol, γ -tocopherol 및 δ -tocopherol, α -carotene, β -carotene 및 retinol의 standards는 Sigma사로 부터 구입하였다. α -Tocotrienol, γ -tocotrienol 및 δ -tocotrienol의 standards(>85% purity)는 PORIM(Palm Oil Research Institute, Selangor, Malaysia)으로 부터 증여받았다. 모든 standards의 정확한 함량은 spectrophotometer로써 흡광도를 측정하여 계산하였다.

Tocotrienols, tocopherols, carotenes 및 retinol 함량은 Zaspel과 Csallany(1983), Epler 등(1993) 및 Schuep와 Rettenmaier(1994) 등의 방법에 따라 다음과 같이 분석하였다. 난황, 가슴육, 다리육, 간 및 지방조직은 약 2g, 사료는 0.5g을

0.1% pyrogallol이 함유된 ethanol 8mL와 함께 50mL 투브에 정확히 취한다. 그리고 0.2 mL의 vitamin E internal standard(ran-5, 7-dimethyltocol, 100 μ g/mL ; Matreya Inc. Pleasant Gap, PA)와 2mL의 KOH 용액(50% w/v)을 질소가스 하에서 첨가한다.

투브를 분석물질이 충분히 검화용액과 반응할 수 있도록 VORTEX로 혼합한 다음 70°C에서 30분간 검화시킨다.

Ice bath에서 냉각시킨 후 피검화물을 8 mL의 Haxane : Ethyl acetate(9 : 1, v/v)로써 1분간 강하게 흔들어서 추출한다. 10 mL의 1% NaCl 용액을 첨가하여 용매간 분리가 이루어지게 한다. 상층액을 제거한 후 한번 더 추출 과정을 반복한다. 1차 상층액과 합한 후 60°C에서 질소가스하에서 건조시킨다.

건조후 즉시 0.1% ascorbic acid가 함유된 ethanol로서 용해시킨 후, 1분간 ultras onification 시킨다. 0.45 μ m membrane filter로써 여과

시킨 후 일정량의 sample을 HPLC에 직접 주입 한다. 난황과 사료의 tocotrienols과 tocopherols 을 분석을 위한 fluorescence detection을 위해 서는 sample을 mobile phase로서 10배 희석해 주입한다.

본 분석에는 Shimadzu SIL-9A model autosampler가 장착된 Varian 5000 liquid chromatograph system을 사용하였다. Guard column (5cm, 20-40 μ m LC-18 packing)과 함께 Supelcosil, 3 μ m RP LC-18 column(150mm \times 4.6mm) (Supelco Canada Ltd., Oakville, ON, CA)을 사용하였다. Waters TUV486 detector(450nm)와 Varian UV50 variable wavelength detector (326nm)을 연결하여 carotenes과 retinol을 동시 분리 검출하였다. Tocotrienols과 tocopherols의 검출은 Shimadzu RF-535 fluorescence detector (ex. ; 298nm, em. ; 328nm)를 이용하였다. Carotenes과 retinol 및 tocotrienols과 tocopherols 의 분리 검출을 위한 각각의 isocratic mobile phases는 acetonitrile : THF : methanol 1 : 1% ammonium acetate(65 : 25 : 6 : 4, by vol)에 0.05% triethylamine(TEA)를 함유한 용액과 methanol : acetonitrile(50:50, v/v)를 사용하였다. 피크 분석을 위해서는 Shimadzu EZChrom chromatography data system를 이용하였다.

Sample내 carotenes과 retinol의 함량은 각 standard의 회수율(recovery rate)에 근거하여 계산하였다. Tocotrienols과 tocopherols은 회수율과 internal standard를 이용한 response factors로 부터 계산하였다.

4) 지방 분석

Sample내 총지방 함량 분석은 Folch 등(1957)

의 방법에 따라 수행하였다. 2g의 sample(n=6) 을 20 mL의 추출용액(chloroform: methanol=2:1, v/v)과 함께 test tube에 담아 Brinkman Polytron (type PT 10/35, Brinkman Instruments, Westbury, NY)로서 고속으로 5~10초간 균질화 시킨다. 98% ethanol에 용해된 BHA를 균질화하기 전에 첨가한다.

균질물을 Whatman #1 filter paper로 여과하면서 100 mL의 graduated cylinder로 옮기고 0.88% NaCl용액을 첨가한 다음 stopper를 닫고 혼합한다. 분리가 일어난 다음 지방층의 양을 기록한다.

지방층은 siphone으로 비지방층을 흡입한 후 별도의 용기에 보관한다.

총지방(3mL)과 boron-trifluoride-methanol methylation solution(35 : 20 : 45, v/v/v) 4 mL 을 screw-capped tubes에 담아 boiling water bath에서 1시간 동안 매질화 시킨다.

실온에서 냉각시킨 후, fatty acid methyl esters를 auto sampler와 flame ionisation detector가 장착된 automated gas chromatography로서 분리 정량 한다.

5) Thiobarbituric Acid(TBA) 분석

체조직과 계란 sample의 Thiobarbituric Acid (TBA) 분석은 Salih 등(1987)의 방법을 기초로 하여 다음과 같이 하였다. 체조직 또는 난황 sample 2g(n=6)을 50 mL tube에 담고 3.86% perchloric acid 18 mL을 첨가한다. Sample을 Brinkman Polytron으로 15초간 고속으로 균질화 시킨다. 지방의 산화를 방지하기 위해 BHT 를 첨가한다.

균질물을 Whatman #1 filter paper로서 여과

한다.

여과물(2 mL)을 2 mL의 20 mM TBA 용액과 혼합한 다음, boiling water bath에서 30분간 반응시킨다.

흡광도는 531nm에서 분석한다. TBA 값은 체조직 또는 난황 kg당 malonaldehyde mg으로 표시하였다.

6) 통계처리

사료내 palm oil의 tocotrienols, tocopherols, carotenes 및 retinol 함량과 지방산 조성과 TBA 값에 미치는 영향은 one-way ANOVA로서 분석하였다.

처리구의 평균치간의 유의차는 SNK(Student-Newman-Keuls) multiple range test($P<0.05$)로서 분석하였다. Computations은 SAS Institute(1985)의 GLM procedure를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 사료의 지방산 조성과 비타민 함량

처리구 2번은 tocopherol mix가 첨가되었기 때문에 총 tocopherol 함량이 가장 높았다.

사료내 tocotrienol 함량은 팜유(PO) 처리구에서 높았다. 처리구간 retinol 함량은 차이가 없었다.

처리구 1과 2의 사료내 총 carotene 함량은 $0.2 \mu\text{g/g}$ 이었던 반면, 팜유가 첨가된 처리구 3과 4의 총 carotene 함량은 각각 6.3 과 $12.3 \mu\text{g/g}$ 이었다.

2) 난황 착색과 Carotenoids 및 Retinol 강화

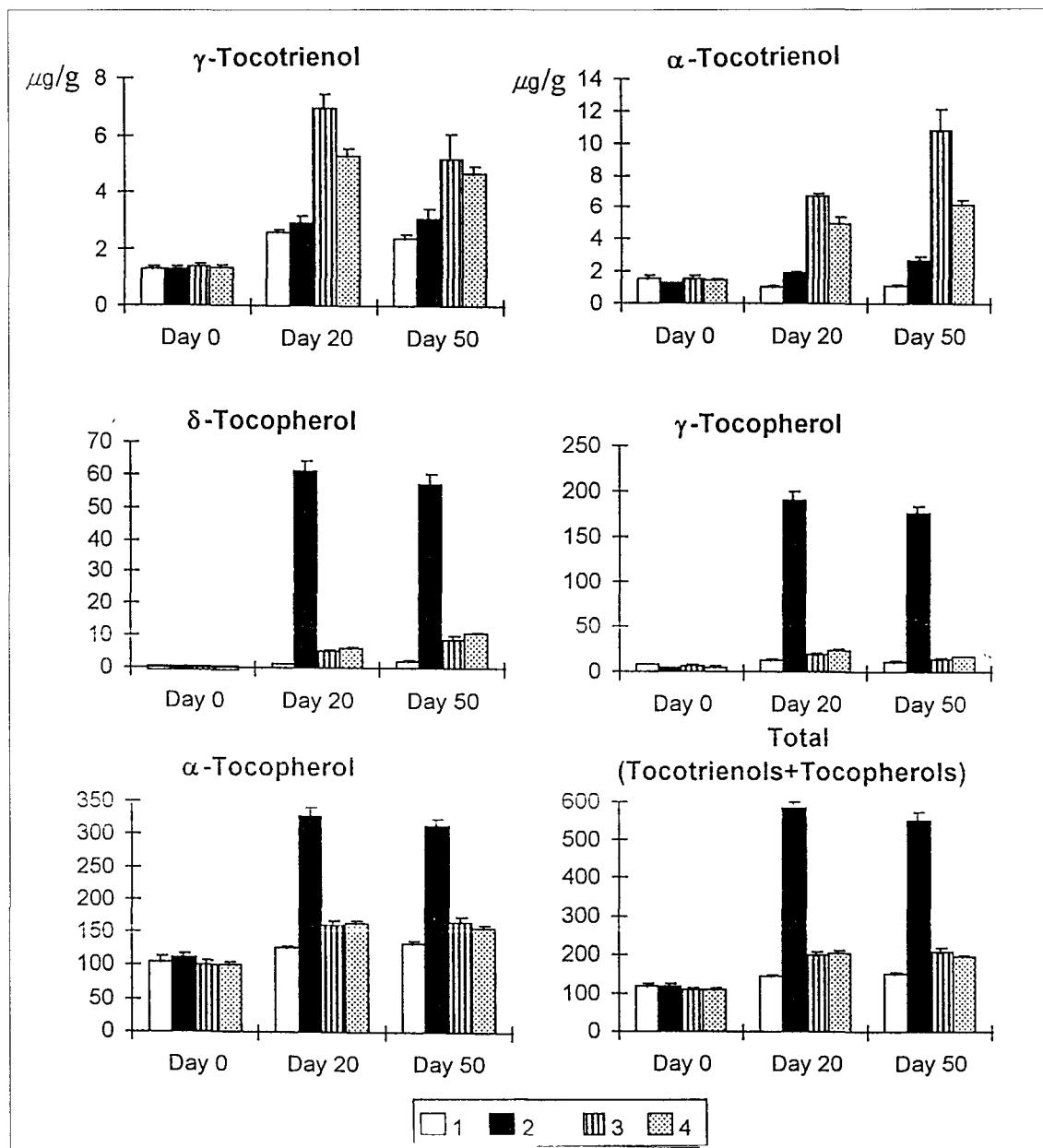
사료내 비타민 E 또는 총 carotenes 함량의 차이가 난중 또는 난황중량에는 아무런 영향이 없었다. 하지만 난황색도는 Roche Color Fan Index로 비교해 보았을 때 팜유 첨가구가 유의하게 높았다($P<0.05$).

난황색도는 소비자들의 계란 선호도에 영향을 미치는 중요한 인자이다. Crude palm oil은 $500\sim700 \text{ mg/L}$ 수준의 carotenoids를 함유하고 있으며 그중 α -carotene과 β -carotene이 각각 36%와 54%로서 나머지는 γ -carotene과 lycopene 및 xanthophylls가 약 10%를 구성하고 있다.

이러한 것들이 난황내 α -carotene과 β -carotene의 함량을 증가시켰으며(0.9 vs 0.09), 결과적으로 난황의 착색도를 증가시키는 결과를 가져온 것으로 보인다. Carotenoids 섭취량을 증가시킴으로서 특정 암의 발생을 예방한다는 연구결과는 증가하고 있다.

또한 carotenes는 체내 산화적 스트레스를 막아주어 만성 질병을 예방하는 것으로 보고되고 있다. Carotenes의 항종양성과 면역능력 향상 효과 등도 또한 보고되고 있다. 비록 그 절대적인 양은 적지만, 팜유를 첨가함으로서 난황내 carotenoids 함량을 증가시킬 수 있다는 것은 난황의 착색효과 뿐만 아니라 계란의 소비자들에게 접목시킬 수 있는 이상과 같은 인체에 유익한 효과를 기대할 수 있다. 또한 팜유를 첨가함으로서 난황내 retinol 함량도 유의하게 증가하였다.

β -Carotene은 β -carotenenoid 15, 15'-dioxogenase를 형성함으로서 retinol의 전구물질이 된다. 사료내 retinol 함량은 차이가 없었고, 팜유 첨가구의 난황내 retinol 함량이 증가하였다.



〈그림1〉 Figure 1. 조팜유 첨가와 일령에 따른 토코페롤과 토코트리놀의 난황내 이행(mean±SE, n=6) 어유+동물성유지(1), 어유+동물성유지+토코페롤(2), 어유+조팜유(3) 조팜유(4)

는 것을 고려해 볼 때 닦은 체내에서 β -carotene을 retinol로 전변하여 난황내로 축적

시킬 수 있음을 알 수 있다. 간조직내 retinol 함량이 비슷하게 증가한 것도 관찰 할 수 있었



는 데, 이는 조류에서 간은 지방성분과 지용성 비타민의 대사를 조절하는 중추적 역할을 하기 때문이다. 최근 King 등(1995)은 육계에서 β -carotene을 사료내 첨가하여 급여하였을 때, 간조직내 비타민 A 함량이 64% 증가하였다고 보고했다. 사료적인 방법으로 난황내 retinol과 carotene을 증가시킬 수 있어도, 경제적 이유 때문에 이러한 기술을 실제 사료에 적용하기란 제약을 받을 수 있다.

따라서 본 연구에서 밝혀진 바와 같이 산란 계 사료내 팜유를 첨가함으로써 천연 공급원으로써 계란내 carotenes과 retinol을 강화시킬 수 있는 경제성이 있는 대안이 될 수 있다.

간조직내 α -carotene과 β -carotene의 수준은 처리구 3과 4에서 유의하게 높았다($P<0.05$). 지방조직내 처리구간 retinol의 수준은 차이가 없었으며, α -carotene과 β -carotene은 지방조직내에서는 검출이 되지 않았다. tocopherols 또는 tocotrienols과는 달리 사료내 팜유를 첨가

하여도 근육조직내에서는 carotenes의 이행을 관찰할 수가 없었다. 사료내 β -carotene을 첨가 하여도 근육조직내 β -carotene의 수준에는 변화가 없는 것으로 가금과 타축종에서도 이미 보고되었다. 가슴육내 처리구간 retinol 수준에는 차이가 없었지만, 다리육에서는 팜유 첨가 구인 처리구 3과 4의 retinol 수준이 유의하게 높게 나타났다($P<0.05$).

3) Tocopherols과 Tocotrienols의 강화

난황내 비타민 E(tocopherols+tocotrienols) 수준은 사료내 tocopherol mix 또는 팜유를 첨가함으로서 증가하였다($P<0.05$). 사료내 팜유를 첨가함으로써 tocotrienols 함량은 유의하게 증가하였다($P<0.05$). 처리구 4의 사료내 총tocotrienols 함량이 높았지만, 1.5% PO가 첨가된 처리구 3의 난황내 α -tocotrienol 함량이 처리구 4보다 유의하게 높았다. α -Tocotrienol의 계란내 이행에 있어서 이러한 차이는 20일째에서 나타나 50일째까지도 계속되었다(그림1). 간과 지방조직에서도 이러한 불균형이 관찰되었다. 같은 지용성 비타민간에는 체내 이용성에 있어서 상호 경쟁작용이 있음은 잘 알려진 사실이다.

Bendich와 Shapiro(1986)와 Pellet 등(1993)은 β -Carotene을 사료내 첨가함으로써 혈액과 간조직내 tocopherol 수준이 감소되었다고 보고하였다.

처리구 4의 난황, 간 및 지방조직내 tocotrienols 수준이 처리구 3의 수준보다 낮은 것이 처리구 4의 사료내 carotenoids 함량이 높음으로 인한 상호 경쟁작용 때문인지, 아니면 높은 수준의 팜유 첨가로 사료중 불포화지방산과 포화지방산의 비율이 처리구 3보다 낮아서 체내 이용성이 저하되어서 나타난 결과인지는 본 실험의 결과로서는 불분명하다.

Tocopherol mix를 첨가함으로서 난황내 α -, γ - 및 δ -tocopherol 수준이 증가하였다($P<0.05$). α -Tocopherol이 난황지질내 가장 주요한 tocopherol isomer 이었다.

이러한 결과는 Cherian 등(1996b)의 결과와 일치하는 것이다.

난황내 tocopherols, tocotrienols, retinol 및 carotenoids 수준이 증가하는 것과 마찬가지로 간조직내에서도 이러한 비타민의 수준 증가가 관찰되었다.

결국 이러한 결과는 난황과 간조직내 비타민 E와 carotenoids의 수준은 사료내 이를 비타민의 수준에 영향을 받는다는 사실을 뒷받침해 준다.

이는 닭의 경우 럼프계의 미발달로 인해 간이 지방과 지용성 비타민의 대사에 중요한 역할을 하기 때문이다.

간조직내에서도 α -tocopherol이 주요 tocopherol isomer이었다. 하지만, 처리구 4(3.5% PO)의 간조직내 α -와 γ -tocotrienol 수준이 처리구 3(1.5% PO)의 수준과 비교해 보았을 때 낮게 나타났다.

이러한 현상은 난황과 지방조직에서도 관찰되었다. 하지만, 가슴육과 다리육에서는 이러한 현상이 나타나지 않았다. 이러한 tocotrienol

의 사료내 수준과 그에 따른 체조직내 분포에 관해서는 아직 가금류에서는 보고된 바가 없다.

이것은 비타민간 또는 isomer간의 흡수 및 체조직내 축적 단계에서의 경쟁적 상호작용으로 볼 수 있을 것이다.

난황을 제외하면 tocotrienols의 이행량이 가장 많은 조직은 지방조직이었다. 간조직과 비교해 보았을 때 지방조직내 tocotrienols의 수준이 높다는 것은 tocotrienols의 체조직내 축적은 체조직간에 상당한 차이가 있을 수 있다는 것을 의미한다.

체조직내 이행량의 이러한 차이는 또한 조직의 흡수, 대사적 기능 또는 산화적 안정성의 차이 등에 기인 할 수가 있다. 사료내 tocopherols 을 첨가함으로서 지방조직내 tocopherols의 수준도 증가되었다($P<0.05$).

Tocopherols을 첨가함으로써 가슴육보다 다리육의 tocopherols 이행량이 더 많이 나타났는데 이러한 현상은 tocotrienols의 이행에서도 나타났다.

가슴육과 다리육의 α -tocopherol의 이행에 관한 이러한 차이는 이미 보고된 바 있다. 일반적으로 가슴육보다는 다리육에서 산화적 변화가 빠르게 일어나는 것으로 보고되어 왔다. 따라서 다리육내 tocopherols과 tocotrienols의 수준이 높다는 것은 다리육내 높은 수준의 다가불포화지방산을 함유한 지방에 대한 보호 기능을 제공한다고 볼 수 있다.

처리구간 난황의 지방산 조성의 변화를 살펴보면 포화지방산, 단쇄불포화지방산, n-3/n-6 비율, 장쇄불포화지방산 그리고 장쇄불포화지방산/포화지방산의 비율등에는 차이가 없었다.

단지 처리구 4의 n-3 지방산 (20:5, 22:5, 22:6) 수준이 다른 처리구보다 낮은 것은 어유 첨가의 영향으로 보인다.

이러한 영향은 가슴육, 다리육 및 간조직의 결과에서도 나타났다. 사료내 지방산의 조성은 체조직의 지방산 조성에 직접적으로 영향을 미친다. 비록 팜유내 지방산의 조성이 다른 지방 공급원들보다 포화지방산의 비율이 높다 할지라도 본시험에서 지방조직을 제외하고는 포화지방산의 비율에는 변화가 없었다. 이는 가금류의 경우 난황이나 체조직의 포화지방산 조성을 변화시키는 능력은 극히 제한적이기 때문으로 보인다.

사료내 팜유 첨가에 따른 난황 및 체조직의 TBA 값의 변화를 살펴보면 난황과 가슴육, 다리육 및 간조직의 TBA 값이 팜유 첨가에 따라 유의하게 낮아졌다($P<0.05$). 이는 팜유 첨가사료(처리구 3과 4)내 산화적 안정성에 영향을 미칠 수 있는 장쇄 불포화지방산의 함량이 다른 처리구에 비해 낮았고 또한 팜유내 함유된 비타민 E 성분과 carotenoids가 항산화제로서 역할을 했기 때문으로 보인다. Carotenoids는 유지의 산화적 안정성을 유지시켜줄 수 있으며, tocopherol과 함께 공급되었을 때는 항산화제로서 상호 보호해 줄 수 있는 것으로 밝혀졌다.

최근에는 혈액과 체조직내 lutein, β -carotene 및 retinol 등의 함량이 육류의 산화적 안정성을 나타내 줄 수 있는 지표가 될 수 있다고 제시되기도 한다.

4. 결 론

본 실험은 다가불포화지방산의 함량이 높은

사료에 palm oil을 첨가하였을 때 난황을 포함한 체조직내 tocopherols, tocotrienols, carotenes 및 retinol의 이행량을 알아보고 이를 비타민의 이행에 따른 난황 및 체조직 지방의 산화적 안정성의 변화를 관찰하기 위하여 실시하였다.

시험사료는 밀, 대두박 및 분쇄아마 등을 위주로한 사료에 팜유를 0, 1.5 또는 3.5%를 첨가하였으며 3.5% 유지 첨가 사료에 tocopherol mix를 첨가한 사료를 대조구로 하였다. 사료내 tocopherol mix를 첨가함으로써 본 사험에서 조사한 모든 체조직 및 난황내 총 tocopherol 수준이 증가하였다. 사료내 팜유의 첨가수준이 높을수록 난황과 체조직내 α -와 γ -tocotrienol의 수준이 증가하였다($P<0.05$).

3.5% 팜유 첨가구보다 1.5% 팜유 첨가구의 난황, 간 및 지방조직내 총 tocotrienols의 수준이 높았다.

팜유를 첨가함으로써 난황과 간 및 다리육의 retinol 수준이 증가하였으며, 난황과 간조직내 α -carotene과 β -carotene의 함량도 증가하였다($P<0.05$).

또한 사료내 팜유를 첨가함으로써 난황의 착색지수가 높아졌다($P<0.05$). 사료내 팜유 첨가에 따른 지방산 조성의 변화를 살펴보았을 때 난황과 가슴육의 포화지방산 함량과 불포화지방산 함량 및 비율, n-6/n-3 지방산 비율 등에는 차이가 없었다.

그러나 팜유 첨가에 따라 지방조직의 포화지방산 함량은 증가하였다($P<0.05$). 난황과 체조직의 TBA값은 사료내 팜유 첨가에 따라 감소함으로서($P<0.05$) 지방의 산화적 안정성이 향상되었다. **양계**