



Lutein과 Apocarotenoic Acid Ethyl Ester 급여가 계육의 저장중 지질 산화에 미치는 영향

민병진 · 김혜정¹ · 강창기¹ · 이성기^{1*}

Dept. of Food Science and Human Nutrition, Clemson University, ¹강원대학교 축산식품과학과

Effect of Dietary Lutein and Apocarotenoic Acid Ethyl Ester Supplementation on the Lipid Oxidation of Broiler Meat during Storage

Byung Jin Min, Hye Jung Kim¹, Chang Ki Kang¹ and Sung Ki Lee^{1*}

Dept. of Food Science and Human Nutrition, Clemson University, South Carolina, U.S.A.,

¹Dept. of Food Science and Technology in Animal Resources, Kangwon National University, Korea.

Abstract

This study was carried out to investigate the influence of dietary xanthophylls(lutein and apocarotenoic acid ethyl ester) supplementation on the antioxidation of broiler meat. The broilers fed with 10 ppm or 20 ppm xanthophylls were raised for 6 weeks and then slaughtered. The broiler meats were stored at 3°C for 9 days and frozen at -18°C for 4 months until analysis, respectively. The pH of all treatments significantly(p<0.05) increased during the storage periods. The pH of the thigh was higher than that of the breast. TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) and POV(peroxide value) were higher in thigh than breast. All meats from broiler fed with lutein and apocarotenoic acid ethyl ester(apo-ester) had greater antioxidant properties during the storage period than control meat(p<0.05). Antioxidant activity of dietary xanthophylls supplementation was more effective in thigh than breast, and in broiler meats during frozen storage than chilled storage. The higher concentration of xanthophylls in feed, the more inhibition of lipid oxidation in meat during storage. The meat from broiler fed with 20 ppm of lutein showed the highest antioxidant property during both refrigerated and frozen storage although there was no significant difference between lutein and apo-ester(p>0.05). Consequently, this results indicated that the antioxidant activity of dietary xanthophylls(lutein and apocarotenoic acid ethyl ester) supplementation was more effective.

Key words : dietary xanthophylls, lutein, apocarotenoic acid ethyl ester, lipid oxidation

서론

닭고기의 지방산화는 쇠고기나 돼지고기의 지방산화보다 빨리 일어나기 때문에 산화를 억제시키는 연구가 많이 실시되었다. 산화는 식육에서 전반적인 품질을 떨어뜨리고 저장성(shelf-life)을 단축시키는 주요 원인이 된다(Faustman and Chan, 1994). 오늘날 여러 항산화제를 개발하여 식품에 사용하고 있지만, 소비자들은 인체에 유익한 천연 항산화제를 더

원하고 있다.

Carotenoids는 자연의 동식물에 들어있는 색소로 분자내 산소의 함유 여부에 따라 carotenes과 xanthophylls로 분류할 수 있다. Carotenes의 분자에는 산소가 없으며 α-, β-carotene과 lycopene 등이 이에 속한다. Xanthophylls은 분자에 산소를 포함하고 있으며 astaxanthin, lutein, capxanthin, canthaxanthin 그리고 cryptoxanthin 등이 속하며 피부, 지방 조직, 난황, 어류의 근육에 존재한다. Lim 등(1992)은 xanthophylls이 지용성, 수용성 radical 생성물질에 의한 지질의 산화에서 효과가 모두 있다고 보고하였고, Britton(1995)은 β-carotene, lycopene과 같은 carotenes은 소수성만을 띄고 있어 막의 내부에 존재하기 때문에 내부에 생성되는 radical

* Corresponding author : Sung Ki Lee, Department of Food Science and Technology in Animal Resources, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea. Tel: 82-33-250-8640, Fax: 82-33-244-2198, E-mail: skilee@kangwon.ac.kr

만을 소거하지만, zeaxanthin과 같이 diol 구조를 갖는 xanthophylls은 극성을 지니고 있어 세포막을 관통하여 수용성 환경에 노출되어 있기 때문에 carotenes보다 효과적으로 세포막의 지질산화를 막을 수 있다고 보고하였다. 이러한 carotenoids의 항산화 효과는 triplet energy 전달, singlet oxygen 소거 그리고 radical species와의 반응 등의 기작에서 기인하며(Burton and Ingold, 1984; Krinsky and Rock, 1999; Palozza and Krinsky, 1992), carotenoids의 항암이나 노화억제 작용(Burton and Ingold, 1984)등의 질병억제 작용 역시 위의 기작과 관련되어 있는 것으로 밝혀지고 있다.

Carotenoids에 관하여 지금까지 vitamin A와 β -carotene, 이와 관련된 대사산물에 대한 연구가 대부분이었으며, 닭에게 xanthophylls를 급여하는 연구는 대부분 난황색을 조절할 목적으로 수행되었다. 계란의 난황색을 조절하기 위해 사료중 20 mg/kg의 xanthophylls이 요구되는데 기존 사료에 함유된 것을 빼면 추가적으로 8.14~11.4 mg/kg이 더 필요하다고 보고된 바 있다(Liu and Damste, 2000). 이와 같이 난황색 조절을 위한 xanthophylls에 대한 연구는 있으나 육계에 급여하여 육질특성을 연구한 논문은 거의 없어 본 연구는 닭에 carotenoids 중 xanthophylls을 직접 급여하여 도계 후 고기를 냉장과 냉동 저장시키면서 지질 산화에 미치는 영향을 구명하고자 실시하였다.

재료 및 방법

시험사료와 xanthophylls의 급여

본 실험에 이용된 기초시험사료의 배합을 및 성분함량은 Table 1과 같다. 영양수준은 NRC(1994) 사양표준을 기초로 하여 전기와 후기 구분 없이 단백질 수준을 20%로 하고 대사 에너지 수준을 3,100 kcal/kg으로 설정하였다. 본 시험에 있어서 천연 항산화제인 Lutein(Oro Glo, Kemin, Singapore)과 합성 xanthophylls인 apocarotenoid acid ethyl ester(Carophyll yellow, Roche, Swiss, 이하 Apo-ester)를 사료에 각각 10 ppm과 20 ppm만큼 첨가하여 6주령 동안 각각 4반복 20수씩에 급여하였다. 이때 대조구로 사용한 기본사료의 xanthophylls 함량은 옥수수 11 g/ton이고 corn gluten meal에 130 g/ton(Kemin Industries Inc., USA)으로 8.54 ppm이 함유된 것으로 추정되었다.

원료육

원료육은 사육 종료시인 6주령에 암수 구별 없이 처리당 각각 5수씩을 임의로 선발하여 도계후 박피하여 하룻밤을 지낸 후에 가슴육과 다리육을 분리하였으며, 분리한 부위별 닭 고기는 저장기간 중 항산화 효과를 측정하기 위하여 grinder

Table 1. Formulation of the basal diet for the experiment

Ingredient	%
Corn	55.21
Wheat bran	10.0
SBM(CP 45%)	26.23
Corn gluten meal	2.0
Fish meal	1.0
Animal fat	2.66
Limestone	0.19
Tricalciumphosphate	1.69
Salt	0.2
DL-Methionine	0.37
Lysine-HCl	0.18
Vitamin premix ¹⁾	0.15
Mineral premix ²⁾	0.12
Total	100.00
Calculated composition(%) ³⁾	
ME(Kcal/kg)	3,100
Crude protein(%)	20.0
Crude fat(%)	5.58
Crude ash(%)	4.78
Ca(%)	0.80
P(%)	0.65

¹⁾ Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000 mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca-pantothenate, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₂.

²⁾ Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000 mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

³⁾ Calculated values.

(DO-9901, 동아 오스카, Korea)로 세절하여 polyethylene zipper bag(LDPE, 3M Co., Korea)에 넣어 냉장(3±1°C)과 냉동(-18°C)에 저장하면서 분석하였다. 각 처리별 분석은 저장방법과 저장기간에 따라 부위별로 5반복씩 분석하였다.

실험방법

pH

세절육 10g에 증류수 100 mL를 넣고 균질기(AM-7, Acer, Japan)로 10,000 rpm에서 1분 30초간 균질한 다음 pH meter(F-12, Horiba, Japan)로 측정하였다.

지방산패도 측정

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)는 Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법에 따라 시료 0.4 g에 3방울의 antioxidant solution을 떨어뜨린 후 3 mL의 TBA과 17 mL TCA-HCl solution을 넣고 30분 동안 가열한 다음 실온에서 식혀 상등액 5 mL을 취해 원심분리한 후 532 nm에서 측정하였으며 시료 kg당 malonaldehyde mg으로 산출하였다.

과산화물가 측정

Peroxide value(POV)는 Shantha와 Decker(1994)의 방법에 준하여 실시하였으며 chloroform : methanol(2:1)로 추출하여 iron(II) chloride solution 용액을 넣고 산화를 진행시켜 20분 후에 500 nm에서 흡광도를 측정하였으며 시료 kg당 peroxide milliequivalents로 계산하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS(Statistical Analysis Systems, USA, 1989) program을 사용하여 ANOVA 분석을 하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 Duncan의 multiple range test($p < 0.05$)로 분석하였다.

결과 및 고찰

냉장저장 중 항산화 효과

Xanthophylls(lutein과 apocarotenoic acid ethyl ester)를 급여한 broiler 육의 pH는 Table 2에서 보는 바와 같다. 저장 0일에 가슴육 5.48~5.67, 다리육 5.72~5.96으로 다리육이 가슴육

에 비해 높은 pH 값을 나타내었다. 저장 9일간 모든 처리구의 pH는 단백질분해로 인한 아민계열의 증가로 인해 증가하는 경향을 보였다. 사료에 lutein과 apo-ester를 급여하여 생산한 닭고기의 pH는 가슴육에서는 전 저장기간동안, 다리육에서는 저장 0일과 3일에 비급여구보다 pH가 높아($p < 0.05$), xanthophyll 급여구가 비급여구보다 pH가 더 높게 나타났다.

저장 3°C에서 9일간 저장한 닭고기 부위별 TBARS 변화는 Table 3과 같다. 모든 시험구 계육은 저장 9일동안 TBARS가 증가하고 있다. 부위별로 보면 다리육이 가슴육보다 TBARS가 높았다. 저장 0일과 9일을 비교해 보아도 가슴육보다 다리육에서 TBARS 증가폭이 높았다. 이것은 다리육이 가슴육보다 총 지방함량과 불포화지방 함량이 많이 들어있기 때문이다(Lin et al., 1983). 저장 3일 이후부터 lutein과 apo-ester 급여구는 비급여 대조구보다 TBARS 증가 정도가 낮아서($p < 0.05$) 지질 산화가 덜 일어나는 것으로 나타났다. 사료에 xanthophylls를 급여하였을 때 근육의 지방산 조성에는 차이가 없는 것으로 보고하고 있어(Kim et al., 2003), xanthophylls 급여에 의한 지질산화 억제제가 지방산의 포화도와는 상관이 없는 것으로 보인다.

계육의 부위별 저장기간동안 xanthophylls 종류나 급여량에 따른 통계적 차이는 모두 있지 않았지만, 전반적으로 10 ppm보다는 20 ppm을 급여한 것이 더 항산화력이 있는 것으로 나타났다. 따라서 사료를 통한 xanthophylls의 근육유입이 고기에서 잔존하여 저장중에 산화를 억제시키는 것으로 확인하였다. 특히 사료에 lutein 20 ppm을 급여한 다리육에서 저장 3일에서 9일에 유의적으로 TBARS가 낮았다($p < 0.05$).

무지개 송어에 xanthophyll(canthaxanthin)를 급여한 후 세

Table 2. Effect of dietary xanthophylls supplementation on pH in broiler meat during storage at 3°C

Muscle	Storage days	Treatments ¹⁾				
		Control	Lutein 10	Lutein 20	Apo-ester 10	Apo-ester 20
Breast	0	5.48±0.01 ^{cd}	5.55±0.01 ^{cc}	5.67±0.01 ^{ca}	5.55±0.01 ^{cc}	5.64±0.01 ^{bb}
	3	5.50±0.01 ^{bc}	5.55±0.01 ^{cb}	5.70±0.01 ^{ba}	5.69±0.01 ^{ba}	5.55±0.01 ^{db}
	6	5.51±0.01 ^{be}	5.58±0.01 ^{ad}	5.71±0.01 ^{aa}	5.68±0.01 ^{bb}	5.63±0.01 ^{cc}
	9	5.55±0.02 ^{ad}	5.57±0.01 ^{ac}	5.72±0.01 ^{ab}	5.71±0.01 ^{ab}	5.76±0.01 ^{aa}
Thigh	0	5.72±0.23 ^{bd}	5.96±0.04 ^{ba}	5.89±0.01 ^{cb}	5.89±0.01 ^{bb}	5.91±0.01 ^{bc}
	3	5.89±0.01 ^{ad}	6.01±0.01 ^{ba}	5.91±0.01 ^{bb}	5.91±0.01 ^{bb}	5.90±0.01 ^{bc}
	6	5.92±0.01 ^{ab}	5.98±0.03 ^{ba}	5.88±0.01 ^{cc}	5.91±0.01 ^{bb}	5.92±0.01 ^{bb}
	9	6.04±0.09 ^{ab}	6.12±0.11 ^{aa}	5.95±0.01 ^{ac}	6.00±0.04 ^{abc}	5.99±0.03 ^{ac}

¹⁾ Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoic acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoic acid ethyl ester 20 ppm.

^{a-d} Means within the same column are significantly different($p < 0.05$).

^{A-E} Means within the same row are significantly different($p < 0.05$).

Table 3. Effect of dietary xanthophylls supplementation on TBARS in broiler meat during storage at 3°C

(unit : mg MA/kg)

Muscle	Storage days	Treatments ¹⁾				
		Control	Lutein 10	Lutein 20	Apo-ester 10	Apo-ester 20
Breast	0	0.24±0.01 ^{cA}	0.23±0.02 ^{bA}	0.20±0.01 ^{cB}	0.23±0.01 ^{bA}	0.21±0.01 ^{dAB}
	3	0.29±0.01 ^{cAB}	0.19±0.01 ^{cC}	0.25±0.02 ^{bAB}	0.24±0.01 ^{bB}	0.26±0.02 ^{bA}
	6	0.31±0.01 ^{bA}	0.30±0.01 ^{aA}	0.29±0.01 ^{aA}	0.28±0.03 ^{aAB}	0.25±0.01 ^{cB}
	9	0.35±0.01 ^{aA}	0.31±0.01 ^{aB}	0.27±0.01 ^{aC}	0.29±0.01 ^{aB}	0.30±0.01 ^{aB}
Thigh	0	0.28±0.01 ^{cA}	0.26±0.07 ^{cA}	0.25±0.01 ^{bA}	0.26±0.01 ^{cA}	0.25±0.02 ^{cA}
	3	0.34±0.01 ^{cA}	0.32±0.01 ^{bB}	0.24±0.03 ^{cD}	0.31±0.01 ^{bcB}	0.27±0.01 ^{cC}
	6	0.37±0.01 ^{bA}	0.34±0.01 ^{bB}	0.32±0.01 ^{bc}	0.36±0.01 ^{abAB}	0.35±0.01 ^{bB}
	9	0.54±0.02 ^{aA}	0.46±0.02 ^{aB}	0.36±0.01 ^{aD}	0.42±0.01 ^{aC}	0.43±0.03 ^{aBC}

¹⁾ Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoid acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoid acid ethyl ester 20 ppm.

^{a-d} Means within the same column are significantly different(p<0.05).

^{A-D} Means within the same row are significantly different(p<0.05).

절육을 만들어 4°C에서 6일간 저장하면 대체로 항산화 효과가 있다(Clark et al., 1999)고 한 보고와 유사하게 닭고기에서도 급여한 xanthophylls이 근육내에서 냉장저장중 항산화 효과를 발휘하는 것으로 나타났다.

저장 9일 동안의 가슴육과 다리육의 과산화물가(peroxide value, POV) 변화를 보면 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. TBARS와 같이 저장기간동안 모든 계육에서 POV값이 증가하였다. 저장 0일에 비해 3일에 POV가 급증한 후 완만한 증가를 보였다. 저장 3일 이후로 lutein과 apo-ester 급여구가 대조구보다 POV가 다소 낮았다. xanthophylls 종류별 현저한 차이는 보이지 않았으나 10 ppm보다는 20 ppm을 급여하면 POV가 낮아지는 경향을 보였다. 가슴육과 다리육 모두에서 저장 9일에

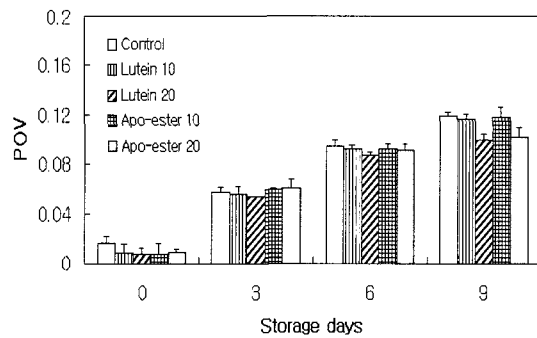


Fig. 2. Effect of dietary xanthophylls supplementation on POV in broiler thigh during storage at 3°C.

Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoid acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoid acid ethyl ester 20 ppm.

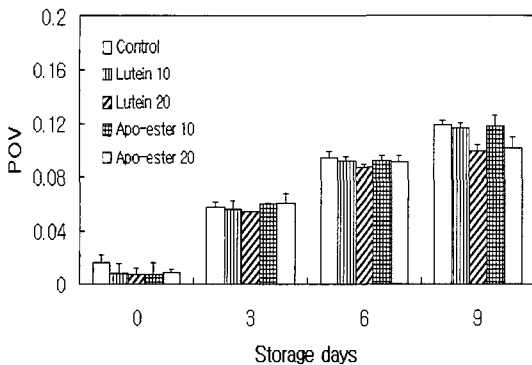


Fig. 1. Effect of dietary xanthophylls supplementation on POV in broiler breast during storage at 3°C.

Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoid acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoid acid ethyl ester 20 ppm.

천연 lutein을 20 ppm 급여한 구가 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다(p<0.05).

냉동저장 중 항산화 효과

Table 4는 xanthophylls를 급여한 브로일러를 -18°C에서 4개월 동안 저장하면서 TBARS를 측정 한 결과이다. 가슴육과 다리육 모두 저장기간 동안 TBARS가 증가하였고, 단기간 냉장 저장한 Table 3의 결과치보다 높은 경향을 보였다. 가슴과 다리육 모두에서 lutein과 apo-ester 급여구가 대조구에 비해 TBARS가 낮았다. 따라서 사료로 강화 급여한 인조 및 합성 xanthophylls이 계육속에서 냉동중에 지질 산화억제 효과를 발휘하는 것으로 나타났다. 최대 항산화 효과를 보기 위해 사료에 xanthophylls의 적정 급여량이 얼마인지 알려지지 않았

Table 4. Effect of dietary xanthophylls supplementation on TBARS in broiler meat during storage at -18°C

(unit : mg MA/kg)

Muscle	Storage months	Treatments ¹⁾				
		Control	Lutein 10	Lutein 20	Apo-ester 10	Apo-ester 20
Breast	1	0.36±0.01 ^{dA}	0.31±0.01 ^{dC}	0.27±0.01 ^{dB}	0.31±0.01 ^{dB}	0.27±0.01 ^{dC}
	2	0.57±0.01 ^{cA}	0.41±0.01 ^{cB}	0.37±0.01 ^{cD}	0.39±0.01 ^{cC}	0.38±0.01 ^{cC}
	3	0.61±0.01 ^{bA}	0.59±0.01 ^{bA}	0.56±0.01 ^{bB}	0.59±0.01 ^{bA}	0.54±0.01 ^{bB}
	4	0.74±0.01 ^{aA}	0.71±0.01 ^{aB}	0.67±0.01 ^{aC}	0.67±0.01 ^{aC}	0.67±0.01 ^{aC}
Thigh	1	0.37±0.01 ^{dA}	0.33±0.01 ^{dC}	0.30±0.01 ^{dB}	0.31±0.01 ^{dC}	0.28±0.01 ^{dD}
	2	0.43±0.01 ^{cA}	0.40±0.02 ^{cB}	0.39±0.01 ^{cB}	0.39±0.01 ^{cB}	0.41±0.01 ^{cB}
	3	0.70±0.01 ^{bA}	0.60±0.01 ^{bB}	0.61±0.01 ^{bb}	0.69±0.01 ^{bA}	0.68±0.02 ^{bA}
	4	0.82±0.01 ^{aA}	0.75±0.01 ^{aB}	0.69±0.01 ^{aD}	0.72±0.01 ^{aC}	0.70±0.01 ^{aD}

¹⁾ Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoic acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoic acid ethyl ester 20 ppm.

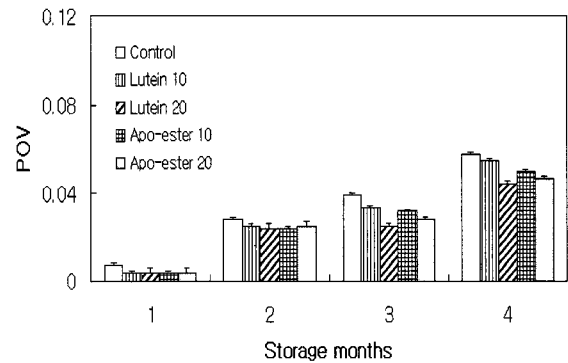
^{a-d} Means within the same column are significantly different($p<0.05$).

^{A-D} Means within the same row are significantly different($p<0.05$).

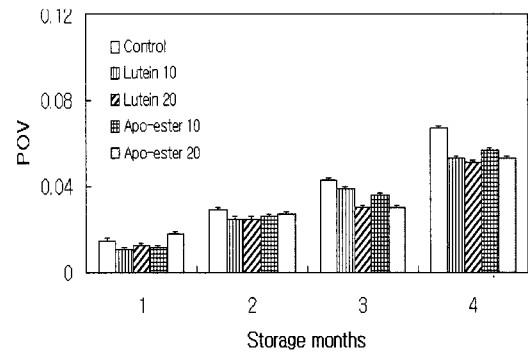
지만, 10 ppm 급여구보다 20 ppm 급여구에서 더 항산화 효과가 있었다. 특히 가슴육에서 20 ppm 첨가구 모두, 다리육에서 lutein 20 ppm 첨가구에서 저장중 TBARS가 낮았다. 상대적으로 지방 산화가 잘 되는 다리육에서 저장 4개월에 lutein과 apo-ester 첨가구간 유의적인 차이는 없었으나($p>0.05$), 농도별 차이는 인정되었다($p<0.05$).

모델시스템에서 세포내 xanthophyll(canthaxanthin) 주입이 β -carotene보다 잠재적 항산화성이 크며 chain-carrying peroxy radicals를 소거하여 항산화 작용을 한다(Palozza et al., 1996). Liposome에서 xanthophylls이 인지질 과산화에 항산화 효과가 있으며 사료를 통해 닭이 섭취한 xanthophylls은 근육의 막지질의 산화적 손실을 줄여주는데 도움을 줄 것이라 보고(Lim et al., 1992)를 본 실험 결과에서도 뒷받침해준다.

과산화물가(POV)도 저장기간이 진행되면서 모든 시험구에서 지질산화가 진행되었다(Figs. 3 and 4). 가슴육에서는 저장 1개월부터 모든 xanthophylls 급여구가 대조구에 비해 POV가 낮았고 저장 4개월까지 차이를 보였다. 저장 4개월에 가슴육의 지질산화는 xanthophylls 종류와 상관없이 20 ppm 첨가구가 10 ppm보다 낮은 경향을 보였다. 다리육에서는 냉동 저장기간중에 가슴육보다 지질산화가 더 많이 진행되었다. 저장 1개월에 xanthophylls 급여와 대조구간에 상호 유의적인 차이가 없었으나, 저장 2개월 이후부터는 xanthophylls 급여구가 대조구에 비해 POV가 낮았다. 저장 3개월 이후부터 xanthophylls 급여구간의 농도에 따라 현저한 차이가 나타나기 시작하였다. 저장 3개월과 4개월에서 20 ppm의 급여가 대조구에 비해 POV가 현저히 낮았고 10 ppm보다 유의성 있게 낮게 나타났다($p<0.05$). 그 중 lutein 20 pm 첨가구가 가

**Fig. 3. Effect of dietary xanthophylls supplementation on POV in broiler breast during storage at -18°C.**

Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoic acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoic acid ethyl ester 20 ppm.

**Fig. 4. Effect of dietary xanthophylls supplementation on POV in broiler thigh during storage at -18°C.**

Lutein 10 = Lutein 10 ppm, Lutein 20 = Lutein 20 ppm, Apo-ester 10 = Apocarotenoic acid ethyl ester 10 ppm, Apo-ester 20 = Apocarotenoic acid ethyl ester 20 ppm.

장 좋은 항산화 효과를 보여주었다($p < 0.05$).

요 약

육계사료에 xanthophylls의 첨가가 닭고기의 지질산화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실시하였다. 사료에 lutein과 apocarotenoid acid ethyl ester(Apo-ester)를 각각 10 ppm과 20 ppm 첨가하여 브로일러를 6주간 사육하였다. 도계후 가슴육과 다리육으로 분리하여 3°C에서 9일, -18°C에서의 4개월간 실험을 수행하였다. 냉장저장중 모든 계육의 pH는 증가하였고 xanthophylls 급여육이 대조구보다 높았다. 저장중 TBARS와 POV는 가슴육보다 다리육에서 더 높았다($p < 0.05$). Xanthophylls 급여육은 대조구에 비해 지질산화가 억제되었고($p < 0.05$) 가슴육보다는 다리육에서, 냉장기간보다는 냉동기간중에 억제효과가 더 높았다. 첨가농도별 효과를 보면 10 ppm보다는 20 ppm 급여육에서 지질산화가 더 억제되었다. Lutein과 apo-ester 급여구간 유의차는 없었으나($p > 0.05$), lutein 20 ppm 급여육이 가장 높은 항산화 효과를 나타내었다. 따라서, 육계사료에 xanthophylls의 두 종류인 lutein과 apo-ester를 첨가하면 닭고기의 지질산화를 지연시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학기술재단 목적기초연구(R01-2000-000-00809-0) 지원으로 수행되었습니다. 아울러 본 과제 시험분석에 협조해준 강원대학교 동물자원공동연구소에도 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Britton, G. (1995) Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J.* 9P, 1551-1558.
2. Burton, G. W. and Ingold, K. U. (1984) β -Carotene: An unusual type of lipid antioxidant. *Science* 224, 569-573.
3. Clark, T. H., Faustman, W. K. M., Chan, H. C., and Riiesen, J. W. (1999) Canthaxanthin as an antioxidant in a liposome model system and in minced patties from rainbow trout. *J. Food Sci.* 64, 982-986.
4. Faustman, C. and Chan, W. (1994) Meat quality problem-possible role of antioxidant vitamins. In *Roche Technical Symposium, Minnesota Nutrition Conference*. September 19, 1-19.
5. Kim, C. H., Lee, S. K., and Lee, K. H. (2002) Effects of natural or synthetic pigment supplementation on egg production, egg quality and fatty acid contents in the egg yolk of laying hen. *Korean J. Poult. Sci.* 29, 271-278.
6. Krinsky, N. I. and Rock, C. L. (1999) Carotenoids: chemistry, sources and physiology. In *Encyclopedia of Human Nutrition*. Sadler, M. J., Strain, J. J. and Caballero, B.(eds.), pp. 304-314.
7. Lim, B. P., Nagao, A., Terao, J., Tanaka, K., Suzuki, T., and Takama, K. (1992) Antioxidant activity of xanthophylls on peroxy radical-mediated phospholipid peroxidation. *Biochem. Biophys. Acta.* 1126, 178-184..
8. Lin, C. F., Asgher, A., Gray, J. I., Buckley, D. J., Booren, A. M., Crackel, R. I., and Flegal, C. J. (1983) Effects of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation on broiler growth and meat stability. *Br. Poultry Sci.* 30, 855-862.
9. Liu, Y. G. and Damste, B. (2000) Xanthophyll vary greatly. *Asian Poultry Magazine* Nov/Dec, pp. 22-23.
10. NRC (1994) Nutrient requirement of poultry. National Academy Press, Washington DC, USA.
11. Palozza, P. and Krinsky, N. I. (1992) Antioxidant effects of carotenoids *in vivo* and *in vitro*: an overview. In *Methods in Enzymology*. Packer, L.(ed), Vol. 213 (Carotenoids), pp. 403-484.
12. Palozza, P., Luberto, C., Ricci, P., and Sgarlata, E. (1996) Effect of β -carotene on tert-butyl hydroperoxide-induced lipid peroxidation in murine normal and tumor thymocytes. *Arch. Biochem. Biophys.* 325(2), 145-151.
13. Santha, N. C. and Decker, E. A. (1994) Rapid, sensitive, iron-based spectrometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J. AOAC International* 77, 421-424.
14. SAS (1989) SAS/STAT Software for PC. User's guide. version 6.12. SAS Institute, Cary, NC, USA.
15. Sinnhuber, R. O. and Yu, T. C. (1977) The 2-thio-barbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J. Jap. Soc. Fish. Sci.* 26, 259-267.