

Carotenoid의 급여가 산란노계의 도체 착색에 미치는 영향

나재권
축산기술연구소 가금과

Abstract

This study was performed to measure the effect of carotenoid polarity on absorption and pigmentation in blood, muscle, and skin of laying hens. Carotenoids used in this study and polarity were β -8-Apo-carotenoic acid ethyl ester(ACAEE) > astaxanthin > canthaxanthin > β -carotene. The chickens used in this study were 61~78 weeks old ISA brown laying hens.

Experiment #1 was designed to measure the effect of carotenoid level on the accumulation of carotenoids in carcass of laying hens after feeding for 6 weeks. β -carotene was accumulated in skin only at a detectable level when it was fed at 300 mg/kg feed. The skin was pigmented as yellow when it was measured by colorimeter. The concentration of β -carotene in blood was proportional to that in the feed. Pigmentation of muscle by β -carotene was not effective. Canthaxanthin significantly increased redness of the skin($p<0.05$).

However, canthaxanthin did not pigment muscle. The level of canthaxanthin in the blood and skin increased as the concentration in feed increased. ACAEE at 200 and 300 mg/kg feed significantly increased yellowness of the skin($p<0.05$). At all levels of ACAEE used(≥ 50 mg/kg feed) the *b* values of colorimeter increased. With increases in the contents of ACAEE, the concentration of ACAEE in the blood and skin increased.

Compared to β -carotene, ACAEE and canthaxanthin were absorbed 9- and 3-fold more into the blood, respectively. The concentration of ACAEE and canthaxanthin in the skin was 1/10 of those in the blood. The lower were the concentrations of carotenoids in the feed, the higher were the absorption rates(from feed to blood and from blood to skin). The results indicated that the higher was the polarity of carotenoids, the more effective were the absorption and pigmentation.

In experiment #2, the effect of carotenoid levels of feed on the accumulation of carotenoids in each body part of laying hens was determined.

The colorimeter values for redness and yellowness significantly increased when canthaxanthin was fed at ≥ 50 mg/kg feed($p<0.05$). Breast and thigh were not affected by feeding of canthaxanthin at the levels used. The *L* values of muscle but not the *a* and *b* values were significantly affected by feeding at ≥ 200 mg/kg feed for wings and breasts, respectively.

The yellowness of skin and muscle significantly increased when ACAEE was fed at ≥ 100 and ≥ 200 mg/kg feed, respectively($p<0.05$).

(Key words : Carotenoids, Laying hen, Redness, Yellowness, Skin, Blood)

I. 서론

Carotenoids는 1813년 Wackenroder가 당근의 뿌리에서 적자색 결정물인 β -carotene을 처음 발견한 이후 일련의 carotene을 통칭하는 의미로 통하고 있는데, carotenoids는 곰팡이, 효모, 버섯, 녹색식물 및 세균 등이 만들어내는 황색, 적색 또는 자색의 물질로 자연계에서 약 1억 톤/년 정도 생산된다고 추정되며 현재 약 600여 종이 밝혀져 있다.

Carotenoids를 분류해보면 β -carotene, lycopene 등과 같이 분자 내에 산소를 함유하지 않은 carotene과 lutein, zeaxanthin, violaxanthin 등 분자 내에 산소를 함유하는 xanthophyll로 대별된다. Carotenoids는 또한, 색에 의해 구분하기도 하는데 β -carotene, xanthophyll, cryptoxanthin, lutein, zeaxanthin 등의 황색계통과 lycopene, capsanthin, canthaxanthin, astaxanthin, capsorubin 등의 적색계통으로 크게 구별된다(김동훈, 1990). carotenoids는 일반적으로 지용성이며 공액 이중결합의 수가 많을수록 황색에서 적색으로 이행하는 것으로 알려져 있으며, 불포화도가 매우 높기 때문에 열, 산, 조사, 금속이온, 과산화물, 화학약품, peroxidase 등에 쉽게 산화되어 파괴되는 특징이 있다.

자연 추출액 중에 함유된 carotenoids는 오래 전부터 식품의 착색에 이용되어 왔는데, β -carotene과 bixin으로 구성된 annatto, crocetin의 배당체인 saffron, capsanthin 및 capsorubin이 주요성분인 paprika, xanthophyll 추출물, 당근 추출액, red palm oil 등이 대표적이다(Britton과 Goodwin, 1982 ; Borenstein과 Bunnell, 1966 ; Bauerfeind 등, 1971). 화학합성으로는 1953년 스위스의 Roche사(Switzerland)에 의하여 β -carotene이 공업적으로 합성되기 시작하여 현재는 canthaxanthin, astaxanthin, β -apocarotenal 등이 각종 가공식품, 음료류 등과 고기, 계란 및 어류의 착색제로 이용되고 있다.

제품이 직접 관찰되고 유통되는 축산물에 있어서 색상은 매우 중요한데, 이것은 제품의 신선도 유지 정도와 영양가 평가 등이 주로 외관에 의하여 평가되므로 선명한 고유의 색상을 보유할수록 그 가치가 높게 평가되기 때문이다(Cole과 Haresign, 1989). 또한 적절한 색상은 소비자의 선호도를 높여 제품의 선택에 지대한 영향을 미친다. Allen(1988)은 가금류에 있어서 carotenoids 농도와 화학적 성질에 따라 간, 피부, 정강이 그리고 난황과 같은 노란색을 띠는 부위에 이들 화합물을 저장하는 능력이 있다고 하였다. 이러한 결과를 이용하여 축산물이 적절한 색상을 띠도록 사료에 carotenoid 등의 색소를 이용하기도 한다.

예를 들면, 일반적으로 시장에서는 진한 노란색 닭고기와 계란을 선호하기 때문에 양계산물의 노란색 착색을 위하여 oxycarotenoid를 사료에 첨가한다.

닭의 경우 일반적으로 사료내 함유된 옥수수 등에 함유된 β -carotene과 xanthophyll의 함유량에 따라 계란의 난황과 육색 등의 색깔이 좌우된다. 그러나 현대에 있어 배합사료의 발달로 carotenoid가 적게 함유된 밀, 보리 등의 단미원료를 사용함에 따라 이들 천연색소의 함량이 매우 미량이거나 동물체 내의 이행률이 낮아 소비자들이 원하는 식품의 색이 나타나지 않는 경우가 생겼다(Parker, 1992 ; Bantov와 Bornsteins, 1969). 이를 극복하기 위해 carotenoid들이 사용되는데, 천연착색제로는 marigold 분말(금잔화 ; *Tagetes erecta*), 녹조류(algae meal), 알팔파 분말(dehydrated alfalfa meal) 등이 있으며, 인공착색제로서는 astaxanthin, canthaxanthin과 β -apo-8-carotenol ethyl ester가 주로 사용되고 있다.

II. Carotenoids의 기능

Carotenoids는 발색원인이 되는 conjugated double bonds의 구조를 가지고 있어 생체에 유해한 것으로 알려진 free radical을 포집하거나 항산화 기능을 나타낸다(Tee, 1992). 특히 β -carotene 및 astaxanthin

등은 암 발생을 억제하고 강력한 항산화성을 나타낼 뿐만 아니라 동물의 번식 촉진, 질병 발생 억제, 어류의 색상 개선 등 유용한 기능성을 나타낸다고 하였다(Bauerfeind, 1981 ; Pierre, 1997 ; 홍상필, 1996).

Carotenoids는 항산화기능 외에 난황과 닭 피부의 착색에 관여하지만(Marusich와 Bauernfeind, 1981) 닭은 체내에서 carotenoid를 합성할 수 없기 때문에 사료에서 흡수하여야 한다(Dua 등, 1967 ; Twining 등, 1971). 닭의 착색이란 사료내 carotenoids 중 주로 xanthophyll이 체내 지방조직이나 정강이에 축적되는 것을 말하는데(Livingston 등, 1969), carotenoids는 식물체 및 미생물에서 합성되고 동물에 의하여 흡수된다(Goodwin, 1955 ; Olson, 1964).

Palmer(1915)는 사료에 의하여 공급되는 xanthophyll이 난황, 체지방, 혈장, 정강이 및 발톱의 주된 착색제라고 하였으며, Davis와 Kratzer(1958)는 일부 지역의 소비자들은 피부와 정강이가 노랗게 착색된 닭들을 선호하며, 일부 시장에서는 양호하게 착색된 도체가 높은 가격을 받는다고 보고하였는데, 적당히 착색된 가금산물의 생산은 경제적으로 대단히 중요하다.

생산되는 닭의 품질관리를 위해서는 일정한 착색을 유지해야만 하는데 이는 쉽지 않은 일이다. carotenoids를 함유한 단미사료의 품질이 일정치 않고, 사료원료의 가격에 따라 대체성분을 첨가해야 되기 때문이다. 예를 들면, 사료에 있어 착색원인 yellow corn, corn gluten meal 및 건조 alfalfa meal에는 xanthophyll이 kg당 각각 약 20~25, 250 및 600 mg이 들어있으나, 저장기간 동안 함량의 저하가 일어나 항상 동일한 색조의 계육을 생산하기가 어려운바 착색제의 첨가가 필요하다(Livingston 등, 1969).

(1) Carotenoid의 흡수에 영향을 미치는 요인

Sunde(1962)는 색소 흡수율은 유전적, 환경적인 여러 요인에 따라 영향을 받는다고 하였고, Cole과 Haresign(1989), Miki(1991)는 조류에서 carotenoid(주로 xanthophyll)는 위에서 흡수되어 피부, 깃털, 지방조직, 난황 등 여러 조직에 상당량 축적된다고 보고하였다. 이때, 흡수된 carotenoids는 피부에서는 주로 esterified carotenoids의 형태로 존재하지만, 난황에는 free carotenoids로 존재한다고 하였다.

사료성분이 carotenoid의 흡수에 미치는 영향을 살펴보면, 사료 중의 지방함량이 높을 때 carotenoid의 흡수율은 높아지는 것으로 판단되는데, 사료에 우지 5 %의 첨가는 oxycarotenoid의 이용성을 증가시켰다(Day와 Williams, 1958).

대두유를 4~10 % 첨가 급여하였을 때 등의 피부에는 대두유 함량의 증가에 따라 oxycarotenoid의 양이 축적되었으나, 가슴피부는 이보다 효율이 떨어지는 것으로 나타났다(Heath와 Shaffner, 1972). Han 등(1987)은 oil 함량이 다른 여러 종류의 옥수수를 급여하였을 때 옥수수의 오일 함량에 따라 정강이와 혈청착색 사이에는 oil의 함량의 증대에 따라 carotenoid의 흡수가 증가된 것을 보고하였다. 또한, 사료 지방의 증가에 따라 β -carotene의 흡수가 증가됨을 보여주었다(Jayarajan 등, 1980).

Maw(1939)는 도체지방 함량과 착색도에는 정의 상관관계가 있으며, Hill과 Dansky(1951)는 도체지방과 사료의 지방 사이에는 정의 상관관계가 있다고 하였다. 그러나 사료의 지방이 항상 carotenoids의 흡수를 촉진하는 것은 아닌데, 대구간유의 사료 첨가는 간유에 vitamin A가 너무 많이 함유되어 있기 때문에 착색을 방해한다고 보고하였으며(Hammond와 Harshaw, 1941), free fatty acid가 높은 사료도 정상적인 착색을 방해한다고 하였으며(Marusich와 Bauernfeind, 1981), Ratcliff 등(1959)은 면실유 4 %를 첨가하였을 때 착색에 대한 사료지방의 효과는 나타나지 않았다고 보고하였다.

Marusich 등(1960)은 착색은 산란계의 품종에 따라서도 차이가 있다고 보고하였고, Scott 등(1968)은 산란계의 경우 같은 품종이라도 개체간에 착색 차이가 있다고 하였으며, 육계의 성별도 정강이와 피부의 착색에 영향을 미치는데, Hinton 등(1973)은 코브(Cobb) 계종은 암컷이 수컷보다 정강이 착색도가 더 높았다고 하였으나, 피터슨(Peterson) 계종은 성별에 따라 차이가 없다고 하였다.

육계에서 *Eimeria* sp.의 존재는 혈액 xanthophyll과 착색도를 감소시키며(Blentner 등, 1966), 바이러스 성 질병은 닭의 xanthophyll 상태를 변화시켜 흡수불량증후군에 관여한다(Winstead 등, 1985). 또한, 흡수불량증후군은 aflatoxin과 ochratoxin(Tung과 Hamilton, 1973 ; Osborne 등, 1982), 콕시듐증(Ruff, 1984), 레오바이러스(Rosenberger, 1984) 및 사료의 불균형(Marusich와 Bauernfeind, 1981) 등 여러 요인에 의하여 발생한다고 하였다.

(2) 착색에 관여하는 carotenoids

Marusich와 Bauernfeind(1981)은 red carotenoid인 canthaxanthin(β,β -carotene-4,4'-dione)은 일부 갑각류와 조류의 깃털과 부리에서 핑크색에 관여한다고 하였으며, Guillou 등(1989)은 astaxanthin을 급여하여 사육한 무지개송어의 생식소에서 vitamin A₂ alcohol 함량이 많이 증가함을 확인하였으며, Schiedt 등(1985)은 무지개송어에 급여한 astaxanthin과 zeaxanthin이 vitamin A₁와 vitamin A₂로 대사됨을 보고하였으며, Saito와 Regier(1971)에 의해 새우와 개의 부산물이 송어의 착색에 성공적으로 사용되었다.

Ganguly 등(1953)은 시판사료에 순수한 α -carotene, β -carotene, lycopene, zeaxanthin 및 cryptoxanthin을 닭에게 급여하였을 때 혈액, 간 및 난소에 적지 않은 양의 carotenoids가 존재하며, lycopene은 혈액, 간 및 난소에서, carotene은 단지 조직에서만 미량 발견된다고 보고하였고, Smith와 Perdue(1966)는 corn gluten meal과 alfalfa meal 급여시 피부와 난황으로부터 carotenoid가 분리되는데, α -carotene, cryptoxanthin, lutein 및 zeaxanthin의 4가지를 확인하였다고 보고하였다.

Harms(1979)에 의하면 yellow corn, corn gluten meal 및 alfalfa와 같은 사료에 포함된 xanthophyll도 비슷한 농도에서 착색에 기여하는 능력이 다르다고 하였다.

(3) Carotenoids의 급여에 의한 육계의 착색도 개선효과

Janky 등(1982)은 황색옥수수 xanthophyll을 사료에 0.93~3.74 mg/kg 첨가하여 8주 동안 육계에 급여하였을 때 정강이의 착색도는 일부 유의차를 보였으나, 감골에서 유래된 xanthophyll의 경우에는 유의차를 보이지 않았다고 보고하였다.

Ouart 등(1988)은 여러 가지의 시판 착색제가 육계의 생산성과 착색에 미치는 효과를 구명하였는데, Corn gluten meal이 8 % 포함된 사료에 Liquid와 Dry OroGlo5(Kemin Industries Inc., Des Moines, IA 50301), Cromophyl-oro(DESY International, Brogue, PA 17309)를 2.5 %와 5.0 %를 각각 첨가하여 4주 급여하였을 때 육계의 가슴피부 색깔과 명도는 착색제의 급여량에 관계없이 차이가 없었다. 그러나 정강이와 가슴피부의 color intensity는 같은 수준으로 급여하였을 때 건조한 형태보다는 액체 형태의 OroGlo가 육계의 피부착색에 더욱더 효과적이며, 액체 형태를 급여하였을 때 xanthophyll의 섭취량도 더 많았다고 보고하였다.

Saylor(1986)는 kg당 16 mg의 xanthophyll이 함유된 기초사료에 메리골드에서 추출한 xanthophyll을 28 mg 첨가하여 총 xanthophyll 함량이 kg당 44 mg이 되도록 하여 급여하였을 때 정강이와 도체의 착색도는 대조구와 유의차를 보였으며($p < 0.05$), 가슴피부의 L 과 a 는 차이를 보이지 않았으나, b 는 xanthophyll 첨가가 유의적으로 높았다고 하였다($p < 0.05$).

Fletcher와 Papa(1986)는 saponified marigold concentrate와 nonsaponified marigold concentrate가 육계 피부착색에 미치는 능력을 비교하기 위하여 흰색 옥수수 기초사료에 총 xanthophyll 함량이 동일하도록 배합하여 49일 동안 육계에 급여하였을 때 saponified marigold concentrate 급여시 도체피부와 정강이의 착색도가 유의적으로 개선되었다고 하였다($p < 0.05$).

Marion 등(1985)은 착색제의 다양한 수준과 형태가 피부와 정강이의 착색에 미치는 영향을 알아보기 위하여 옥수수가 0, 50 및 100 % 함유된 초기사료를 3주 동안 급여하고, 후기사료에는 옥수수-대두박

기초사료에 6 %의 corn gluten meal 첨가구, 3 %의 corn gluten meal + 천연적색소가 함유된 Hi Glo를 첨가하였을 때, 가슴과 정강이의 피부 착색도는 초기사료의 옥수수 xanthophyll에도 불구하고 유의차가 없었다. 그러나 6 %의 corn gluten meal, 3 %의 corn gluten meal + 천연적색소를 첨가하여 후기에 급여하였을 때 가슴과 정강이 피부의 착색도는 유의적으로 개선되었는데($p < 0.05$), corn gluten meal 첨가구는 서로간에 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 시험결과, 초기의 착색제 수준은 도체의 착색에는 영향을 미치지 못하기 때문에 육계의 피부착색을 개선하기 위하여 후기에 적색 xanthophyll을 첨가하는 것이 바람직하며, 가슴피부의 착색은 정강이의 착색보다 더 민감하다고 보고하였다.

Williams 등(1963)은 육계의 착색은 처음부터 높은 수준의 xanthophylls를 급여한 것과 후기 2~3주 동안만 고수준의 xanthophylls를 급여한 것이 효과가 동일하다고 하였으며, Heiman과 Tighe(1943)는 흡수된 색소가 느리게 배설되고 육계의 피부로부터 산화되기 때문에 xanthophylls의 이용은 모든 일령 동안 동일하다고 하였다.

Hinton 등(1973)은 천연착색제와 합성착색제의 xanthophyll 이용성을 알아보기 위하여 yellow corn, yellow corn + alfalfa, yellow corn + corn gluten meal, yellow corn + alfalfa + corn gluten meal, alfalfa, corn gluten meal 및 alfalfa + corn gluten meal의 시험사료에 kg당 xanthophyll을 7.7 mg과 12.1 mg이 되게 하고, 합성착색제 avizant(citraxanthin)와 canthaxanthin은 xanthophyll이 들어있지 않은 후기사료에 kg당 4.4 mg과 8.8 mg이 되도록 하여 육계에 급여하였을 때, 천연착색제는 정강이와 피부의 착색도를 유의적으로 증가시켰는데, xanthophyll 이용효율은 alfalfa보다는 yellow corn과 corn gluten meal이 좋았으며, 합성착색제의 경우 canthaxanthin이 avizant보다 이용성이 더 좋았으며, xanthophyll은 피부보다는 정강이의 착색에 더 잘 이용되었다고 보고하였다.

George 등(1970)은 사료 톤당 β -apo-8-carotenoic acid ethyl ester가 0, 5, 10, 20, 30 및 40 g이 함유된 사료를 육계에 3주 동안 급여하였을 때, 사료의 xanthophyll 수준이 증가할수록 정강이와 피부의 색은 직선적으로 증가하였다고 보고하였다.

Stone 등(1971)은 정강이 색깔이 짙을수록 피부내 carotenoid 함량은 증가한다고 하였으며, Lambert와 Knox(1927)는 부리와 정강이의 노란색 그리고 피부의 색깔 사이에는 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 또한, Davis와 Kratzer(1958)는 저색소 사료를 1주일간 급여한 후 착색제 첨가사료를 급여한 병아리의 혈중 xanthophylls 함량은 3~4주 후 정강이의 착색도와 높은 상관관계를 가진다고 하였다.

그러나 Herrick 등(1970)은 정강이 착색과 피부착색과는 관계가 없다고 보고하였으며, xanthophyll이 피부착색에는 이용성이 좋지 않다고 하였다(Fritz 등, 1957 ; Day와 Williams, 1958). 사료에 어떤 mycotoxin의 존재는 착색효과를 감소시키며(Tyczkowski와 Hamilton, 1984), lutein, zeaxanthin 및 cryptoxanthin과 같은 정제 xanthophyll은 육계의 피부착색 개선에 효과적인데(Quackenbush 등, 1965), neoxanthin과 violaxanthin은 효과가 없다고 하였다(Kuzmicky 등, 1969). House(1957)는 육계에서 적당한 착색을 위해서는 사료에 파운드당 xanthophyll 9.5~10.0 mg의 첨가가 필수적이라 했고, Fritz 등(1957)은 착색도가 좋은 생산물을 위해서는 사료에 파운드당 12.5 mg 수준이 좋다고 보고했다.

현재 canthaxanthin과 β -apo-8'-carotenoic ethyl ester는 가장 중요한 합성착색제로서(Marusich 등, 1958), Marusich와 Bauernfeind(1962)는 canthaxanthin이 육계의 정강이에 착색됨을 발견하였다.

한 등(1989)은 천연착색제와 인공착색제를 4주간 육계에 급여하였을 때 혈중 xanthophylls 함량은 첨가수준이 높을수록 높았으며, 가슴피부와 정강이의 착색도는 첨가구가 무첨가구보다 착색도가 높았는데, 첨가수준이 높을수록 착색도가 높았으며, 착색제에 의한 부위별 착색도는 가슴보다는 정강이의 착색이 우수하다고 하였다. 그리고 합성 황색착색제는 같은 수준의 천연 황색착색제보다 착색효과가 우수하고($p < 0.01$), 천연 적색착색제는 같은 수준의 인공 적색착색제보다 착색효과가 우수하다고($p < 0.01$) 하였다.

육계의 피부 착색도는 사료 또는 햇빛(Fletcher 등, 1977b ; Janky 등, 1980)에의 노출에 따라 개선되

는데, 햇빛은 적색과 황색 xanthophyll 비율의 증가를 자극하기 때문이라고 하였다(Fletcher, 1981). Collins 등(1955)은 정강이의 착색에 대하여 환경도 고려하여야 하는데, Stone 등(1971)과 Fletcher 등(1977a)은 계사의 형태(케이지 대 평사)도 조직의 carotenoid 함량과 난황 착색에 영향을 주는 하나의 요인이라고 보고하였다.

Janky와 Harms(1983)는 개방계사와 무창계사에서 사육하는 육계에게 옥수수 xanthophyll 함량이 kg 당 48.4 mg인 사료에 적색소인 canthaxanthin을 0, 1.1, 2.2 및 4.4 mg/kg을 첨가하였을 때 정강이의 피부 착색도는 xanthophyll 섭취량과 외관상 침착도인 excitation purity(EP)에서 상관관계가 있었으나, 계사의 형태에 따른 차이는 보이지 않았고, dominant wavelength(DWL, 주파장) 값은 무창계사에서 사육할 때 canthaxanthin 무첨가구 및 kg당 1.1 mg 첨가구가 정강이의 피부가 유의적으로 낮았으나($p < 0.05$), canthaxanthin 2.2 및 4.4 mg 첨가구는 계사의 형태에 따른 차이가 없다고 하였다.

그러나 개방계사에서 육계의 정강이 착색도는 사료에 canthaxanthin의 첨가수준이 증가할수록 유의적($p < 0.05$)으로 증가했다고 하였으나, Fletcher 등(1977b)은 개방계사가 무창계사보다 착색도가 더 좋았다고 하였다.

Heiman(1966)은 alfalfa meal, yellow corn, corn gluten meal 등은 계란과 계육의 주요한 착색원으로 인정되는데, 이들의 육계에 대한 상대적인 착색능력은 여러 가지를 고려해야 한다고 하였는데, alfalfa meal과 yellow corn의 xanthophyll 분석치를 기초로 하였을 때 alfalfa meal의 착색능력은 yellow corn의 30.7~75 %로서 yellow corn의 xanthophyll이 alfalfa meal이나 corn gluten meal의 xanthophyll보다 착색능력이 높다고 보고하였다.

그러나 Kohler 등(1966)과 Kuzmicky 등(1968)은 alfalfa meal이나 corn gluten meal의 xanthophyll이 황색옥수수와 동등한 수준으로 사료에 함유되어 있으며 육계피부의 착색효과는 동등하다고 했으며, Day와 Williams(1958), Ratcliff 등(1959), Dua 등(1967)도 alfalfa meal과 corn gluten meal의 xanthophyll은 육계의 착색을 위하여 이용도가 동등하다고 하였다. Wilkinson과 Barbee(1968)도 비슷하다고 하였으나 알팔파가 약간 효율성이 떨어진다고 보고하였다.

육계의 착색정도는 사료의 xanthophyll에 의하여 제일 먼저 조절되기 때문에 단순하다고 하였으며(Palmer, 1915 ; Heimen과 Tighe, 1943 ; Fritz 등, 1957), 사료에서 대구간유와 Mn은 착색효과를 증가시킨다고 하였으며(Hammond와 Harshaw, 1941 ; Goldhaber 등, 1950), 육편, 어분 및 대두유박도 마찬가지로 보고하였다(Culton과 Bird, 1941).

특히, carotenoids계 색소는 산소와 광선에 의해 쉽게 산화될 수 있기 때문에 사료에 ethoxyquin (6-ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinolin), butylated hydroxy toluene(BHT), butylated hydroxy anisol(BHA)과 같은 항산화제의 첨가는 보다 완전한 착색효과를 볼 수 있다고 하였다(Day와 Williams, 1958 ; Bartov와 Bornstein, 1966).

Potter 등(1956)은 항산화제와 vitamin B₁₂에 대한 carotene과 다른 carotenoid의 착색효과를 구명하기 위하여, 반정제 저 vitamin A와 carotene의 단독 공급원으로 alfalfa leaf meal 사료에 DPPD를 첨가 급여하였을 때 혈청과 간에서 vitamin A와 carotenoid의 양은 상당히 증가하였으나, BHT 첨가시에는 상대적으로 적게 증가하였다.

그리고 yellow corn 64.2 %, alfalfa meal 5 %의 시판사료에 톤당 vitamin B₁₂를 12 mg 첨가하여 급여시 간과 혈청의 vitamin A와 carotenoid들은 지속적으로 증가되지 않았으나 피부의 carotenoid들은 지속적으로 증가했는데, DPPD의 존재여부에 관계없이 vitamin B₁₂의 첨가에 의하여 피부에는 carotenoid가 많이 증가했다고 보고하였다.

옥수수의 주된(50 % 이상) carotenoid(Marusich와 Bauernfeind, 1981 ; Grogan과 Blessin, 1968 ; Quackenbush 등, 1961)인 lutein과 같은 dihydroxycarotenoid는 닭의 착색에 대단히 효과적이며, 옥수수

에 8~10 % 정도 함유되어 있는 또 다른 종류인 cryptoxanthin과 같은 monohydroxycarotenoids는 dihydroxycarotenoid보다는 착색효과가 적다고 하였으며, 또한 옥수수 carotenoid의 다른 주요 종류인 carotene은 착색효과가 거의 없다고 하였다(Quackenbush, 1970 ; Marusich와 Bauernfeind, 1981).

Matterson 등(1962)과 Bauernfeind와 Marusich(1974)는 붉은색 계통의 합성색소인 canthaxanthin은 천연착색제와 함께 사용될 때 높은 착색효과를 나타낸다고 했고, Farr와 Couch(1970)는 canthaxanthin을 천연착색제와 함께 급여하였을 때 이용성과 피부 착색성이 높아진다고 하였는데, Marusich와 Bauernfeind(1970)는 자연 착색제와의 혼합비율이 중요한 것으로 생각된다고 하였다.

III. 착색제의 첨가가 산란노계의 착색에 미치는 효과

(1) 착색제의 첨가수준이 산란노계의 도체육 및 도체피부 착색에 미치는 영향

β -carotene, canthaxanthin 및 β -8-Apo-carotenoic acid ethyl ester(ACAEE)를 이사브라운 산란노계에 6주간 급여하였을 때 도체의 피부착색에 미치는 영향은 Table 1에서 보는 바와 같은데, β -carotene의 경우 명도(L), 황색도(b) 및 적색도(a)는 영향을 받지 않았는데, 이러한 결과는 한 등(1989)이 천연 착색제를 4주간 육계에 급여하였을 때 가슴피부의 착색도는 첨가구가 무첨가구보다 착색도가 높았으며, Hinton 등(1973)이 천연 xanthophyll 첨가 급여시 피부의 착색도를 유의적으로 증가시켰다는 보고와 상이한데, 이것은 공시축과 착색제의 첨가수준 및 공급원이 다르기 때문으로 사료되는데, Marusich 등(1960)은 산란계의 착색은 품종에 따라서도 차이가 있다고 보고하였으며, Scott 등(1968)은 산란계의 경우 같은 품종이라도 개체간에 착색차이가 있다고 하였다.

Table 1. Effect of carotenoid levels on skin pigmentation of laying hens

Treatments(%)	CIE ^d			
	L*	a*	b*	
β -carotene	C	71.14 \pm 1.08 ^{b, b}	1.67 \pm 0.55	6.18 \pm 1.29
	0.05	71.31 \pm 0.75	1.35 \pm 0.34	10.03 \pm 2.36
	0.1	71.08 \pm 1.10	1.44 \pm 0.38	9.77 \pm 1.13
	0.2	72.94 \pm 0.63	1.05 \pm 0.07	8.47 \pm 0.61
	0.3	73.31 \pm 0.61	1.63 \pm 0.51	10.03 \pm 1.85
Canthaxanthin	C	72.15	0.60 ^b	9.31
	0.05	73.42	0.60 ^b	10.00
	0.1	73.11	1.71 ^{ab}	11.74
	0.2	71.40	2.42 ^a	10.30
	0.3	71.45	2.02 ^{ab}	10.75
ACAEE ^{d, d, d}	C	72.15 ^b	0.60	9.31 ^c
	0.05	73.23 ^{ab}	0.44	11.61 ^{bc}
	0.1	72.20 ^b	0.61	12.78 ^{abc}
	0.2	74.52 ^a	0.04	16.45 ^a
	0.3	72.25 ^b	0.14	14.65 ^{ab}

^{a-c} Means with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05).

^d CIE : Commission Internationale de Leclairage, L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness.

^{d, d} Means \pm S.E.

^{d, d, d} β -8-Apo-carotenoic acid ethyl ester.

그러나 Fletcher 등(1985)과 Saylor(1986)가 xanthophyll의 공급원에 따라 육계 피부의 착색능력은 다른데 β -carotene은 착색효과가 거의 없으며, Quackenbush(1970), Marusich와 Bauernfeind(1981)가 옥수수 carotenoid의 다른 주요 종류인 carotene은 착색효과가 거의 없다고 보고한 결과와 일치하였다.

Canthaxanthin은 명도(L)와 황색도(b)는 차이를 보이지 않았으나, 적색도(a)는 0.2 % 첨가구가 대조구나 0.05 %구보다 유의적으로 높았는데($p < 0.05$), canthaxanthin의 첨가에 의하여 전반적으로 적색도는 높아지는 경향을 보였다.

이러한 결과는 Janky와 Harms(1983)가 육계에게 옥수수 xanthophyll 함량이 kg당 48.4 mg인 사료에 적색소인 canthaxanthin을 0, 1.1, 2.2 및 4.4 mg/kg 첨가했을 때 정강이의 피부 착색도는 xanthophyll 섭취량과 외관상 침착도인 excitation purity(EP)에서 상관관계가 있었으며, 개방계사에서 사료의 canthaxanthin 첨가수준이 증가할수록 육계의 정강이 착색도는 유의적($p < 0.05$)으로 증가했다고 한 것과 일치하였다. Farr와 Couch(1970)는 canthaxanthin을 천연착색제와 함께 급여할 때 이용성과 피부 착색성이 높아진다고 하였으며, Marusich와 Bauernfeind(1970)는 자연착색제와의 혼합비율이 중요한 것으로 생각된다고 하였다.

황색착색제인 ACAEE 급여시 황색도는 그 개선효과가 크게 인정되었는데($p < 0.05$), 이것은 George 등(1970)이 사료 톤당 β -apo-8-carotenoic acid ethyl ester가 0, 5, 10, 20, 30 및 40 g 함유된 사료를 육계에 3주 동안 급여하였을 때 사료의 xanthophyll 수준이 증가할수록 정강이와 피부의 색은 직선적으로 증가하였다고 보고한 것과 상이한 결과로서 공시 계종이 달랐기 때문으로 사료된다.

도체육의 착색도 개선효과는 Table 2에서 보는 바와 같이, β -carotene의 경우 명도(L), 황색도(b) 및 적색도(a)는 피부와 마찬가지로 효과가 없었으며, Canthaxanthin도 도체육의 명도, 적색도 및 황색도에서 어떠한 경향이나 통계적인 차이를 보이지 않았는데, 적색소 계통인 canthaxanthin의 첨가는 피부의 착색도 개선효과와는 상이하게 도체육의 착색도 개선에는 효과를 보이지 않았다.

Table 2. Effect of carotenoid levels on muscle pigmentation of laying hens

Treatments(%)	CIE ^b			
	L^*	a^*	b^*	
β -carotene	C	59.49 \pm 0.06 ^{ab}	3.32 \pm 0.30	0.16 \pm 0.28
	0.05	59.82 \pm 2.76	3.51 \pm 0.41	0.23 \pm 0.56
	0.1	63.07 \pm 2.56	3.48 \pm 0.34	1.26 \pm 1.20
	0.2	61.53 \pm 0.98	2.87 \pm 0.40	-0.39 \pm 0.23
	0.3	60.28 \pm 1.16	3.43 \pm 0.10	-0.41 \pm 0.19
Canthaxanthin	C	60.47 \pm 2.65	2.58 \pm 0.74	-0.51 \pm 0.48
	0.05	58.88 \pm 2.02	3.27 \pm 0.65	0.03 \pm 0.51
	0.1	63.09 \pm 3.10	2.47 \pm 0.31	0.55 \pm 1.32
	0.2	60.13 \pm 1.45	3.07 \pm 0.13	-0.67 \pm 0.50
	0.3	59.17 \pm 1.00	2.27 \pm 0.40	-0.69 \pm 0.16
ACAEE ^{ccc}	C	60.47	2.58 ^{ab}	-0.51 ^b
	0.05	60.76	2.66 ^a	-0.25 ^b
	0.1	59.38	2.99 ^a	2.17 ^a
	0.2	63.34	1.06 ^b	2.32 ^a
	0.3	60.58	1.79 ^{ab}	2.68 ^a

a-b Means with different superscripts in the same column are significantly different($p < 0.05$).

^b CIE : Commision Interationale de Leclairage, L^* = lightness, a^* = redness, b^* = yellowness.

^{ccc} Means \pm S.E. / ^{bbb} β -8-Apo-carotenoic acid ethyl ester.

Marusich 등(1958)은 canthaxanthin은 가장 중요한 합성착색제로 Matterson 등(1962), Bauernfeind와 Marusich(1974)는 붉은색 계통의 합성색소인 canthaxanthin은 천연착색제와 함께 사용되어질 때 높은 착색효과를 나타낸다고 하였다.

ACAEE의 경우 명도는 첨가수준에 따라 차이를 보이지 않았으나, 황색도는 0.1 % 이상 첨가구가 대조구나 0.05 % 첨가구보다 유의적으로 높아($p < 0.05$) 피부 착색도와 마찬가지로 ACAEE의 첨가에 의하여 도체육의 황색도가 개선되었다($p < 0.05$).

(2) 착색제의 첨가가 산란노계의 혈중 흡수에 미치는 영향

혈중 carotenoids 농도는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. β -carotene의 혈중 농도는 급여사료의 농도와 비례하여 증가되지만, 피부의 carotenoids 농도를 분석한 결과 β -carotene은 검출되지 않아(data not shown) β -carotene의 첨가에 의한 피부착색은 불가능 할 것으로 사료된다.

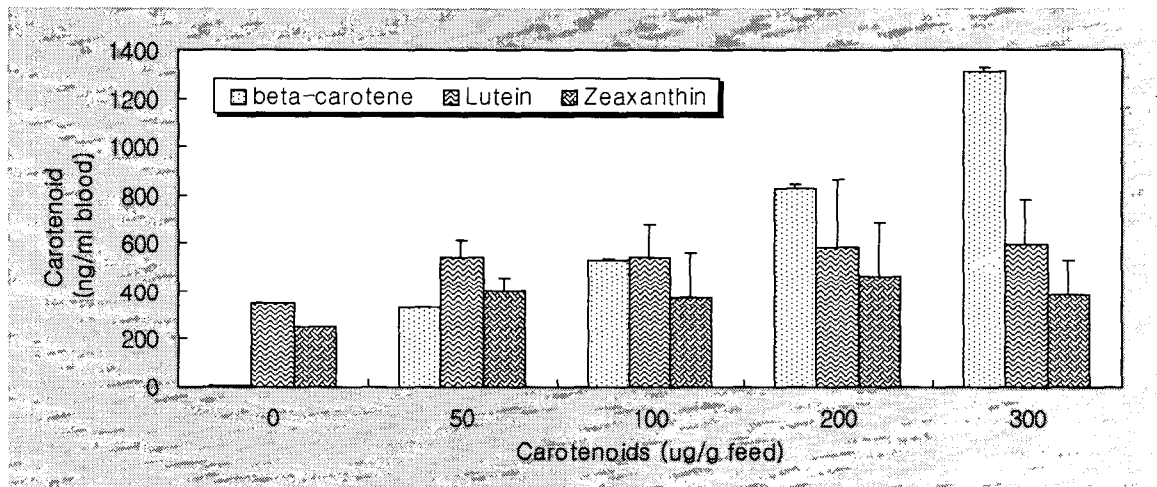


Fig. 1. Carotenoids in blood after 6-wk feeding of β -carotene.

혈중의 canthaxanthin 농도는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 첨가수준이 증가할수록 증가되었다. Canthaxanthin의 흡수효율은 β -carotene에 비하여(Fig. 1) 매우 높은 수준으로 나타났는데(Fig. 2), 피부의 canthaxanthin 농도는 혈액에서의와 마찬가지로 canthaxanthin 첨가수준이 증가할수록 증가됨을 나타내었다(Fig. 3). 이러한 결과는 Juliusz 등(1986)이 백색 옥수수-대두박 사료에 합성된 적색 diketocarotenoid인 canthaxanthin을 0~80 ppm 첨가하여 육계에게 급여시 발가락 피부의 canthaxanthin 함량은 사료의 농도와 비례하여 증가했다고 보고한 것과 일치하였다. 따라서 피부의 적색도를 개선하려면 canthaxanthin을 첨가하면 효과가 높을 것으로 사료된다.

ACAEE의 첨가수준에 따른 혈중 ACAEE의 농도는 Fig. 4에서 보는 바와 같은데, 사료의 ACAEE 첨가수준이 증가할수록 혈액에서의 농도는 증가하였는데, 극성이 큰 ACAEE가 canthaxanthin보다 약 2.3~3.4배 정도 농도가 높았다.

그리고 피부 중 ACAEE의 농도는 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 혈중의 농도와 비슷하게 첨가수준이 증가할수록 피부에서의 농도도 증가하였다.

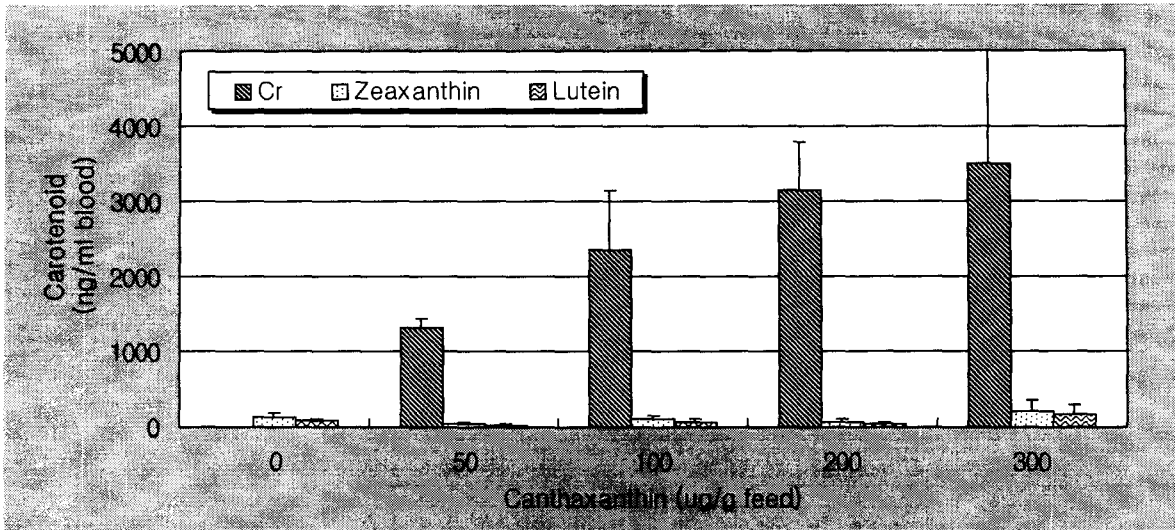


Fig. 2. Canthaxanthin in blood after 6-wk feeding. (^pCr : Carophyll Red, canthaxanthin)

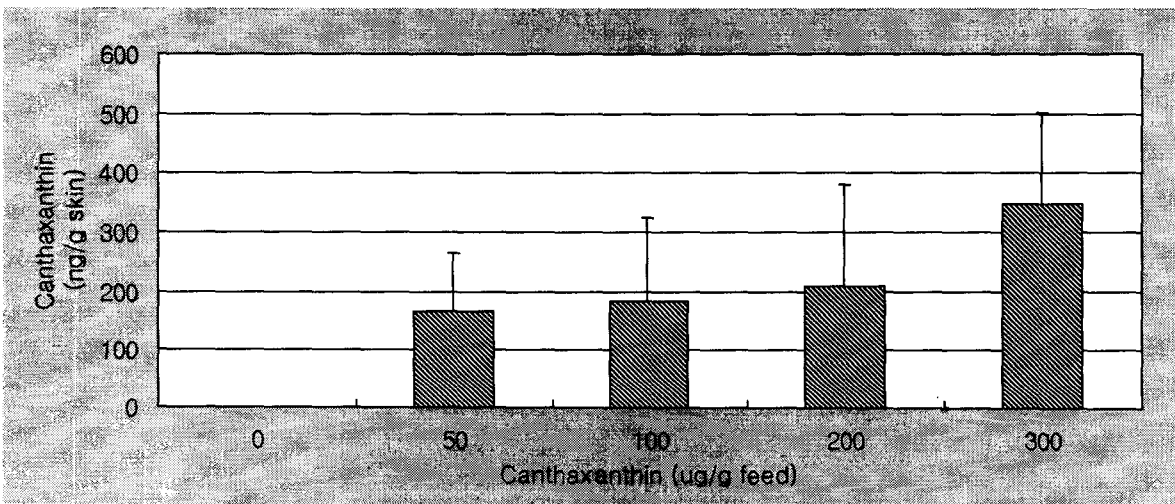


Fig. 3. Canthaxanthin on skin after 6-wk feeding.

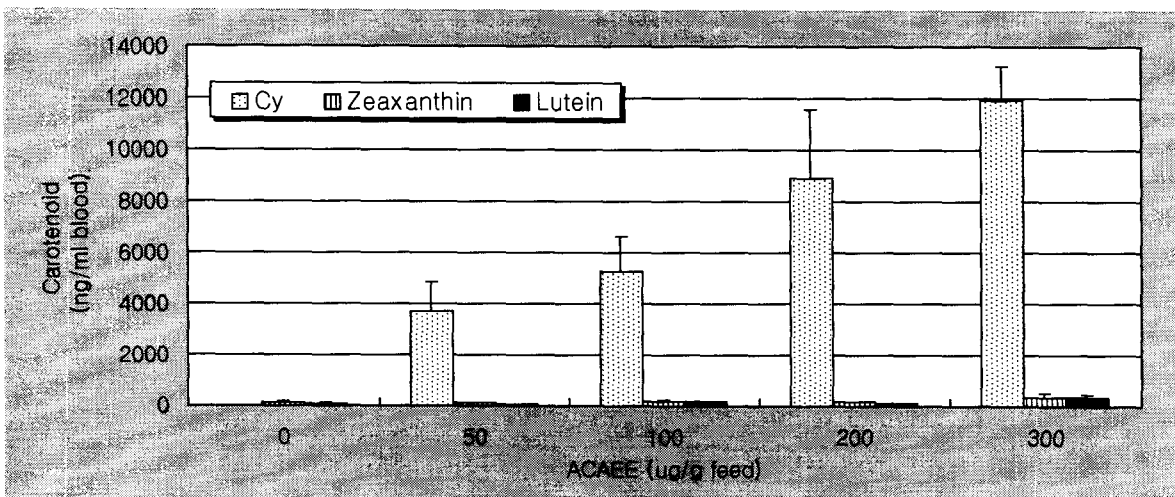


Fig. 4. ACAEE in blood after 6-wk feeding. (^pCy : Carophyll Yellow, ACAEE.)

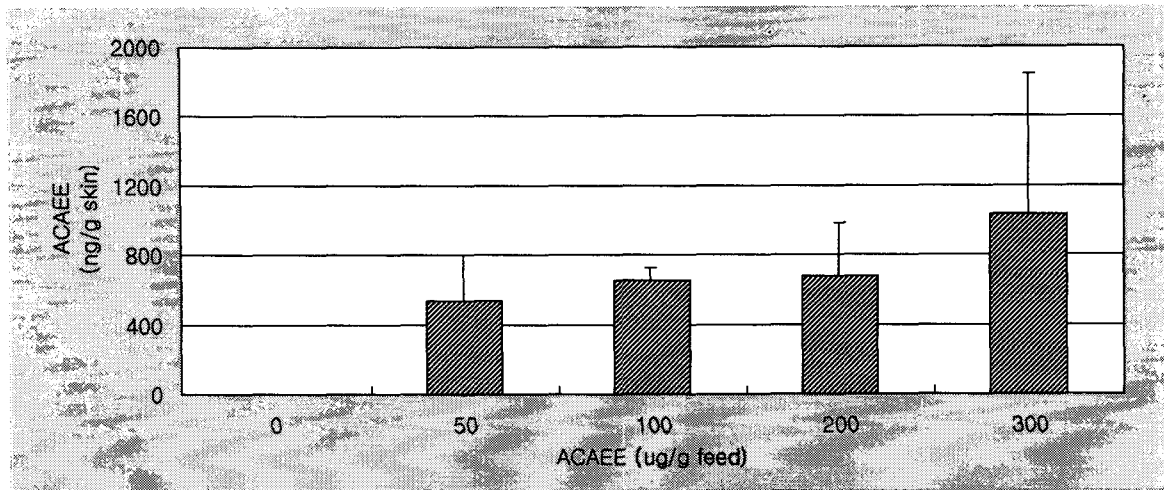


Fig. 5. ACAEE on skin after 6-wk feeding.

β -carotene, canthaxanthin, ACAEE의 흡수율을 비교하면, carotenoids의 첨가수준에 의한 혈중 carotenoids 흡수율은 Table 3에서 보는 바와 같이 canthaxanthin이 β -carotene보다 약 3~4배, ACAEE는 9~12배 정도 흡수율이 높았으며, carotenoids의 첨가수준이 낮을수록 흡수효율이 좋았다. 그리고 canthaxanthin과 ACAEE와의 비교에서는 ACAEE의 흡수가 약 3배 정도 높았다. carotenoids의 첨가수준에 따른 피부의 흡수율은 혈중에서와 마찬가지로 carotenoids의 첨가수준이 낮을수록 흡수효율이 높았는데, β -carotene은 첨가수준에 관계없이 흡수되지 않았으며, ACAEE가 canthaxanthin보다 약 3~4배 흡수율이 높았다. 첨가된 carotenoids가 혈액에서 피부로의 흡수율은 혈액과 피부에서와 마찬가지로 첨가수준이 적을수록 좋았는데, β -carotene은 첨가수준에 관계없이 흡수되지 않았으며, canthaxanthin과 ACAEE가 거의 비슷하게 0.1 정도였다.

Table 3. Absorption of carotenoids in blood

Carotenoid ($\mu\text{g/g feed}$)	β -carotene	canthaxanthin	ACAEE ^b
Carotenoid in blood (ng/ml) / Carotenoid in feed ($\mu\text{g/g}$)			
50	6.62	26.28	74.67
100	5.30	23.47	52.61
200	4.15	15.77	44.49
300	4.37	11.68	39.78
Carotenoid in skin (ng/ml) / Carotenoid in feed ($\mu\text{g/g}$)			
50	ND ^{a,b}	3.31	10.73
100	ND	1.85	6.51
200	ND	1.05	3.39
300	ND	1.16	3.43
Carotenoid in skin (ng/g) / Carotenoid in blood (ng/ml)			
50	ND	0.13	0.14
100	ND	0.08	0.12
200	ND	0.07	0.08
300	ND	0.10	0.09

^a β -8-Apo-carotenoic acid ethyl ester / ^{b,b} ND : not determined because of low carotenoids.

(3) 착색제의 첨가수준이 산란노계의 부분육 착색에 미치는 효과

노계육은 수출이 시작된 이후 큰 폭으로 증가하는 추세로서, 부분육의 착색도 개선에 의한 수출 증진과 상업적 가치를 높이기 위하여 canthaxanthin 및 β -8-apo-carotenoid acid ethyl ester(ACAEE)를 5주간 이사브라운 산란노계에 급여하였다. Canthaxanthin의 급여가 날개 피부의 착색에 미치는 영향은 Table 4에서 보는 바와 같은데, 명도(L)는 차이가 없었으나 적색도(a)는 0.2 % 및 0.3 % 첨가구가 대조구보다 유의적으로 높았으며(p<0.05), 황색도(b)는 모든 첨가구가 대조구보다 높았다(p<0.05).

Marusich와 Bauernfeind(1981)는 red carotenoid인 canthaxanthin(4,4'-diketo- β , β -carotene)은 일부 갑각류와 조류의 깃털과 부리에서 핑크색에 관여한다고 하였는데, 날개피부의 적색도는 적색소 계통인 canthaxanthin을 0.2 %, 황색도는 0.05 % 이상 첨가시 착색도 개선에 효과가 있으리라 사료되며, 가슴피부의 경우에는 날개 피부에서와 같이 뚜렷한 개선효과는 보이지 않았다.

이것은 한 등(1989)이 인공착색제를 4주간 육계에 급여하였을 때 가슴의 착색도는 첨가구가 무첨가구보다 높았고, 첨가수준이 높을수록 착색도가 높았다고 한 것과는 상이한 결과였으며, Marion 등(1985)이 착색제의 다양한 수준과 형태가 피부착색에 미치는 영향을 알아보기 위하여 옥수수 0, 50 및 100 % 함유된 초기사료를 3주 동안 급여하였을 때 가슴피부 착색도는 초기사료의 옥수수 xanthophyll에도 불구하고 유의차가 없었다고 보고한 것과는 일치하였다. 그리고 다리육의 적색도는 0.05 및 0.2 % 첨가구가 대조구보다 개선되었으나(p<0.05), 첨가수준의 증가에 따라 일정한 경향을 보이지 않았으며, 황색도는 canthaxanthin 0.05 % 및 0.3 % 첨가에 의하여 개선되었다(P<0.05).

Table 4. Effect of canthaxanthin levels on skin pigmentation of laying hens

Treatments(%)	CIE ^b			
	L*	a*	b*	
Wing	C	74.52	1.82 ^b	10.56 ^b
	0.05	75.16	3.39 ^{ab}	14.23 ^a
	0.1	73.30	3.59 ^{ab}	14.06 ^a
	0.2	73.94	4.17 ^a	14.56 ^a
	0.3	74.65	3.74 ^a	15.16 ^a
Breast	C	71.82 ± 1.54 ^b	1.16 ± 0.46	11.26 ± 0.52
	0.05	72.57 ± 1.12	1.70 ± 0.84	12.86 ± 1.17
	0.1	71.95 ± 0.35	2.44 ± 0.51	15.15 ± 3.59
	0.2	71.98 ± 1.25	1.68 ± 0.73	11.31 ± 1.11
	0.3	71.03 ± 1.05	1.47 ± 0.70	10.67 ± 2.70
Thigh	C	72.17	1.07 ^c	8.88 ^b
	0.05	72.89	2.89 ^a	12.29 ^a
	0.1	72.78	2.16 ^{abc}	10.68 ^{ab}
	0.2	72.04	2.34 ^{ab}	10.36 ^{ab}
	0.3	73.62	1.65 ^{bc}	12.20 ^a

^{a,c} Means with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05).

^b CIE : Commision Interationale de Leclairage, L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness, / ^b Means ± S.E.

Canthaxanthin의 급여가 부분육에 미치는 착색효과는 Table 5에서 보는 바와 같은데, 날개육의 경우 적색도 및 황색도 개선에는 효과가 없었으나, 명도는 0.2 % 첨가구가 대조구보다 유의적으로 감소하여(p<0.05), canthaxanthin의 첨가는 날개피부와는 달리 날개육의 적색도와 황색도 개선에는 효과가 없으

리라 사료된다. 그리고 가슴육에서 명도는 0.1 % 및 0.3 % 첨가구가 서로간에 유의차를 보였으며 ($p < 0.05$), 다리육의 착색도 개선에는 영향을 주지 못하였다.

Table 5. Effect of canthaxanthin levels on muscle pigmentation of laying hens

Treatments(%)	CIE ^b			
	L*	a*	b*	
Wing	C	69.77 ^a	2.16	4.07
	0.05	66.99 ^{ab}	2.55	3.79
	0.1	66.61 ^{ab}	2.15	4.62
	0.2	65.76 ^b	2.68	3.64
	0.3	66.70 ^{ab}	2.75	5.30
Breast	C	59.63 ^{ab}	1.48	1.85
	0.05	57.33 ^{ab}	1.60	2.73
	0.1	59.99 ^a	1.23	2.45
	0.2	57.49 ^{ab}	1.38	2.30
	0.3	55.26 ^b	1.54	2.47
Thigh	C	62.29 ± 1.02 ^{††}	3.80 ± 0.63	-0.37 ± 0.51
	0.05	62.06 ± 0.39	4.13 ± 0.29	-0.08 ± 0.42
	0.1	59.69 ± 1.74	3.80 ± 0.18	-1.28 ± 0.59
	0.2	61.48 ± 2.45	4.22 ± 0.43	-0.90 ± 0.37
	0.3	60.28 ± 1.81	4.50 ± 0.21	0.13 ± 0.79

^{a-b} Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

[†] CIE : Commision Interationale de Leclairage, L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness. / ^{††} Means ± S.E.

황색착색제인 ACAEE가 부분육의 피부착색에 미치는 영향은 Table 6에서 보는 바와 같은데, 날개피부의 명도(L)와 적색도(a)는 첨가수준에 따라 차이를 보이지 않았으나, 황색도(b)는 ACAEE 0.1, 0.2 및 0.3 % 첨가시 대조구보다 유의적으로 개선되어($p < 0.05$), 날개피부의 황색도를 개선하기 위해서는 적어도 ACAEE를 0.1 %는 첨가하여야 할 것으로 생각된다.

가슴피부의 명도와 적색도는 첨가수준에 따라 차이가 없었으나, 황색도는 모든 첨가구가 대조구보다 개선되어($p < 0.05$), 가슴피부의 황색도를 개선하기 위해서는 ACAEE를 0.05 % 이상 첨가하여야 하리라 사료된다.

다리피부의 명도와 적색도는 날개 및 가슴피부와 마찬가지로 ACAEE의 첨가에 따라서 차이를 보이지 않았으나, 황색도는 0.1 % 및 0.2 % 첨가구가 대조구보다 유의적으로 높아($p < 0.05$) 다리피부의 황색도를 개선하기 위해서는 ACAEE를 0.1 %에서 0.2 %는 첨가하여야 하며, 0.3 % 이상 첨가는 효과가 없으리라 사료된다.

닭고기 부분육의 착색에 미치는 영향은 Table 7에서와 같이, ACAEE의 증가에 의하여 날개육의 명도 및 적색도는 첨가구간에 차이를 보이지 않았다. 그러나 황색도는 0.2 및 0.3 % 첨가구가 대조구보다는 개선되었다($p < 0.05$).

가슴육의 명도는 첨가 수준간에 차이를 보이지 않았으나, 적색도의 경우 0.3 % 첨가구가 대조구보다 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 황색도는 ACAEE 0.1 % 이상 첨가구가 대조구보다 유의적으로 높아($p < 0.05$), 황색도를 개선시키기 위해서는 0.1 % 이상 첨가하여야 하리라 사료된다.

다리육의 명도와 적색도는 첨가구간에 차이를 보이지 않았으나, 황색도는 0.1, 0.2 및 0.3 % 첨가구가 대조구보다 유의적으로 개선되었는데($p < 0.05$), 날개육 및 가슴육과 마찬가지로 첨가수준이 증가할수록

황색도는 증가하였다. 이것은 첨가된 ACAEE가 황색착색제로서 피부와 계육에 축적되어 황색도를 개선시켰기 때문으로 사료되는데, 다리육의 황색도를 개선하기 위해서는 ACAEE를 0.1 % 이상 첨가하여야 하리라 사료된다.

Table 6. Effect of ACAEE levels on skin pigmentation of laying hens

Treatments(%)		CIE ^b		
		L*	a*	b*
Wing	C	74.52	1.82	10.56 ^b
	0.05	74.69	1.59	15.15 ^{ab}
	0.1	74.75	1.63	21.58 ^a
	0.2	74.08	3.11	21.77 ^a
	0.3	73.62	1.72	22.13 ^a
Breast	C	71.82	1.16	11.26 ^c
	0.05	71.41	1.05	18.13 ^{ab}
	0.1	70.12	0.60	20.06 ^{ab}
	0.2	71.15	0.79	16.97 ^{ab}
	0.3	70.32	-0.24	22.85 ^a
Thigh	C	72.17	1.07	8.88 ^c
	0.05	72.00	1.29	11.03 ^{bc}
	0.1	71.60	0.51	13.87 ^{ab}
	0.2	72.85	1.18	16.20 ^a
	0.3	71.75	0.98	13.52 ^{abc}

^{a,c} Means with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05).

^b CIE : Commision Interationale de Leclairage, L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness.

Table 7. Effect of ACAEE levels on muscle pigmentation of laying hens

Treatments(%)		CIE ^b		
		L*	a*	b*
Wing	C	69.77	2.16	4.07 ^c
	0.05	65.21	2.57	5.30 ^c
	0.1	69.54	1.70	7.23 ^{bc}
	0.2	71.17	1.81	10.15 ^{ab}
	0.3	70.28	2.16	11.22 ^a
Breast	C	59.63	1.48 ^a	1.85 ^b
	0.05	59.06	0.94 ^{ab}	3.29 ^{ab}
	0.1	56.73	0.84 ^{ab}	4.51 ^a
	0.2	57.13	0.93 ^{ab}	4.94 ^a
	0.3	56.60	0.27 ^b	5.16 ^a
Thigh	C	62.29	3.80	-0.37 ^c
	0.05	58.93	5.02	0.37 ^{bc}
	0.1	58.23	3.94	1.51 ^{ab}
	0.2	61.64	3.55	2.28 ^a
	0.3	57.41	4.50	2.36 ^a

^{a,c} Means with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05).

^b CIE : Commision Interationale de Leclairage, L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness.

IV. 결 론

산란노계의 도체육 및 피부의 착색도 개선에서 β -carotene의 첨가는 효과가 없었으나, 혈액의 β -carotene 흡수량은 첨가수준이 증가할수록 증가하였다. canthaxanthin 0.2 % 첨가시 피부의 적색도는 유의적으로 개선되었으나($p < 0.05$) 도체육의 착색도 개선에는 효과가 없었다.

도체피부의 황색도는 ACAEE 0.2 %와 0.3 % 첨가시, 도체육의 황색도는 0.1 % 이상 첨가시 개선되었으며($p < 0.05$), 혈액과 피부의 ACAEE의 흡수량은 첨가수준이 증가할수록 증가되었다. 극성이 더 높고 분자량이 약간 작은 ACAEE가 canthaxanthin보다 흡수가 약 4~5배 가량 높았다.

사료중 carotenoids의 급여수준으로 대비할 때 혈중 및 피부의 착색효과는 carotenoids의 급여농도가 낮을수록 흡수율이 좋았으며, 피부의 착색과 혈액에서 피부로의 전달도 동일한 경향이었다.

닭고기 부분육의 경우 canthaxanthin은 날개피부의 적색도는 0.2 % 이상, 황색도는 0.05 % 이상 첨가시 개선되었으며($p < 0.05$), 가슴피부에서는 영향이 없었다. 그리고 다리피부의 적색도는 0.05 및 0.2 % 첨가시, 황색도는 0.05 및 0.3 % 첨가시 개선되었다.

그리고 날개육의 명도는 0.2 % 첨가시 개선되었으나($p < 0.05$), 적색도와 황색도는 차이가 없었다.

ACAEE의 첨가시 황색도는 날개피부의 경우 0.1 % 이상, 가슴피부의 경우 0.05 % 이상 첨가시 개선되었으며($p < 0.05$), 다리피부는 0.1 % 및 0.2 % 첨가시 개선되었다($p < 0.05$).

그리고 날개육은 0.2 % 이상, 가슴육은 0.1 % 이상, 다리육은 0.1 % 이상 ACAEE 첨가시 황색도가 유의적으로 개선되었으며($p < 0.05$), 명도와 적색도는 차이가 없었다.

< 인용문헌 >

- Allen, P. C. 1988. Physiological basis for carotenoid malabsorption during coccidiosis. Proc. Maryland Nutr. Conf. pp. 11:18-23.
- Bantov, J. and Bornsteins. 1969. Depletion and repletion of body xanthophyll reserves as related to broiler pigmentation. Poultry Sci. 48:495.
- Bartov, I. and Bornstein, S. 1966. Studies on egg yolk pigmentation. 2. Effect of ethoxyquin on xanthophyll utilization. Poultry Sci. 45:297-305.
- Bauerfeind, J. C. 1981. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. Academic Press. New York, pp.1.
- Bauerfeind, J. C., Brubacher, G. B., Klau, H. M. and Marusich, W. L. 1971. Use of Carotenoids. Carotenoids, 11:1.
- Bauernfeind, J. C. and Marusich, W. L. 1974. Canthaxanthin-An avian and salmonid tissue pigmenter. Proc. xv World Poult. Congr. pp. 1- 7. New Orleans, LA.
- Blentner, J. K., Mitchell, R. P. and Tugwell, R. L. 1966. The effect of *Eimeria maxima* on broiler pigmentation. Poultry Sci. 45:689.
- Borenstein, B. and Bunnell, R. H. 1966. Carotenoids : Properties, Occurrence and Utilization in Food. Adv. Food Res. 15:195-276.
- Britton, G. and Goodwin, W. 1982. Carotenoid chemistry and biochemistry. Pergmon Press, Oxford, pp.1.
- Cole, D. S. A. and Haresign, W. 1989. Recent developments in poultry nutrition. p. 145.

- Collins, W. M., Thayer, S. C. and Skoglund, W. C. 1955. Breed and strain differences in shank pigmentation in growing chickens. *Poultry Sci.* 34:223-228.
- Culton, T. G. and Bird, H. R. 1941. The effect of certain protein supplements in inhibiting pigment deposition in growing chickens. *Poultry Sci.* 20:432-436.
- Davis, P. N. and Kratzer, F. H. 1958. The Relation of Serum Xanthophyll in Chickens to the Pigmentation of Their Shanks. *Poultry Sci.* 37:851-854.
- Day, E. J. and Williams, W. P. Jr. 1958. A study of certain factors that influence pigmentation in broilers. *Poultry Sci.* 37:1373-1381.
- Dua, P. N., Day, E. J., Hill, J. E. and Grogan, C. O. 1967. Utilization of xanthophylls from natural sources by the chick. *J. Agr. Food Chem.* 15:324-328.
- Farr, F.M. & Couch, J.R. 1970. Pigmentation of broilers with canthaxanthin. *Poultry Sci.* 49:1384.
- Fletcher, D.L. 1981. The effect of light exposure on feed in broiler pigmentation. *Poultry Sci.* 60:68-75.
- Fletcher, D. L., Janky, D. M., Christmas, R. B., Arafa, A. S. and Harms, R. H. 1977a. Strain differences in egg yolk pigmentation. *Poultry Sci.* 56:2061-2063.
- Fletcher, D. L., Janky, D. M., Voitle, R. A. and Harms, R. H. 1977b. The influence of light on broiler pigmentation. *Poultry Sci.* 56:953-956.
- Fletcher, D. L. and Papa, C. M. 1986. The Effect of Saponification on the Broiler Coloring Capability of Marigold Extracts. *Poultry Sci.* 65:1708-1714.
- Fritz, J. C., Wharton, Jr. F. D. and Classen, L. J. 1957. Influence of feed on broiler pigmentation feedstuffs. 29:18.
- Ganguly, J., Mehl, J. W. and Deuel, H. J. 1953. Studies on carotenoid metabolism. XII. The effect of dietary carotenoids on the carotenoid distribution in the tissues of chickens. *J. Nutr.* 50:59-72.
- George M. H., Jack, L. F, and Harms, R. H. 1970. The use of β -apo-8-carotenoic acid ethyl ester as a standard in broiler pigmentation studies. *Poultry Sci.* 49:1396.
- Goldhaber, P., Zacharias, L. and Kinsey, V. E. 1950. Vitamin E deficiencies in chicks. Plasma xanthophyll level and vitamin E deficiency symptoms. *J. Nutr.* 2:453-462.
- Goodwin, T. W. 1955. Carotenoids. *Annu. Rev. Biochem.* 24:497-522.
- Guillou, A., Choubert G., Storebakken, T., Noue J. and de la Kaushiki, S. 1989. Bioconversion pathway of astaxanthin into retinol in mature rainbow trout(*Salmo gardneri* Rich). *Comp. Biochem. Physiol.* 94B(3):481-485.
- Hammond, J. C. and Harshaw, H. M. 1941. Some factors influencing shank and skin color in the growing chickens. *Poultry Sci.* 20:437-444.
- Han, Y., Parsons, C. M. and Alexander, D. E. 1987. Nutritive value of high oil corn in poultry. *Poultry Sci.* 66:103-111.
- Harms, R. H., 1979. Influence of various feed ingredients on pigmentation. pp. 156-164. in *Proc. Florida Nutr. Conf.*
- Heath, J. L. and Thomas, O. P. 1973. The xanthophyll Content and Color of Broiler Skin After Scalding. *Poultry Sci.* 52:967-971.
- Heiman, V. 1966. Factors affecting pigmentation. *Feedstuffs*, 38(16):34-35, 38-40, 51.
- Heiman, V. and Tighe, L. W. 1943. Observations on the shank pigmentation of chicks. *Poultry*

- Sci. 22:102-107.
- Herrick, G. M., Fry, J. L., Damron, B. L. and Harms, R. H. 1970. Evaluation of dienestrol diacetate(lipamone) supplementation of broiler finisher feeds in pigmentation, growth characteristics and market quality. Poultry Sci. 49:222-225.
 - Hill, F. W. and Dansky, L. M. 1951. The influence of diet on body composition of growing chicks. Pages 27-32 in: Proc. Cornell Nutr. Conf, Dept. Poult Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY.
 - Hinton, C. F., Fry, J. L. and Harms, R. H. 1973. Subjective and colorimetric evaluation of the xanthophyll utilization of natural and synthetic pigments in broiler diets. Poultry Sci. 52:2169-2180.
 - House, W. B. 1957. Carcass and shank pigmentation. Feedstuffs, 29:29-31.
 - Janky, D. M., Fletcher, D. L., Voitle, R. A. and Harms, R. H. 1980. The influence of the light transmission properties of plastic window coverings on broiler pigmentation. Poultry Sci. 59:1350-1352.
 - Janky, D. M., Francis, C., damron, B. L. and Fletcher, D. L. 1982. Evaluation of waster activated Sludge(Citrus) as a source of xanthophyll pigment for laying hens and broilers. Poultry Sci. 61:468-477.
 - Janky, D. M. and Harms, R. H. 1983. Influence of Canthaxanthin Supplementation on Broiler Pigmentation in Open and Windowless Houses. Poultry Sci. 62:2192-2194.
 - Jayarajan, P., Reddy, V. and Makenram, M. 1980. Effect of dietary fat on absorption of β -carotene. Indian J. Med. Res. 71:53.
 - Kohler, G. O., Livingston, A. L., Kuzmicky, D. D., Knowles, R. E. and Nelson, J. W. 1966. "Availability" of alfalfa xanthophylls. Feedstuffs, 38(7):16.
 - Kuzmicky, D. D., Kohler, G. O., Livingston, A. L., Knowles, R. E. and Nelson, J. W. 1968. Pigmentation potency of xanthophyll sources. Poultry Sci. 47:389-397.
 - Kuzmicky, D. D., Kohler, G. O., Livingston, A. L., Knowles, R. E. and Nelson, J. W. 1969. Broiler pigmentation potency of neoxanthin and violaxanthin relative to lutein. Poultry Sci. 49:326-330.
 - Lambert, W. V. and Knox, C. W. 1927. Genetic Studies in Poultry. II. The inheritance of skin color. Poultry Sci. 7:24-30.
 - Livingston, A.L., Kuzmicky, D.D., Knowles, R.E. & Kohler, G.O. 1969. The Nature and Deposition of the Carotenoids from Alfalfa and Corn Gluten Meal in Chicken Skin. Poultry Sci. 48:1678-1683.
 - Marion, J. E., Janky, D. M. and Ruiz, N. 1985. Influence of Pigments in Starter and Finisher /Withdrawal Diets on Broiler Skin and Shank Pigmentation. Poultry Sci. 64:1310-1314.
 - Marusich, W. L. and Bauernfeind, J. C. 1962. Canthaxanthin as a broiler pigmenter. Poultry Sci. 41:1164.
 - Marusich, W. L. and Bauernfeind, J. C. 1970. Oxycarotenoids in poultry pigmentation 2. Broiler pigmentation. Poultry Sci. 49:1411-1578.
 - Marusich, W. L. and Bauernfeind, J. C. 1981. Oxycarotenoids in poultry feeds. pp. 319-462. in Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. J. C. Bauernfeind, ed. Academic Press, Inc., New York, NY.
 - Marusich, W. L., Kadin, H. and Bauernfeind, J. C. 1958. Evaluation of carotenoid pigments for coloring the yolk and skin of poultry. Poultry Sci. 37:1224.
 - Marusich, W., Ritter, D. and Bauernfeind, J. C. 1960. Evaluation of carotenoid pigments for

- coloring egg yolks. Poultry Sci. 39:1338-1345.
- Matterson, L. D., Pudalkiewicz, W. P. and Potter, L. M. 1962. Synthetic carotenoids as pigmenters for poultry. Poultry Sci. 41:1664.(Abstr).
 - Maw, W. A. 1939. Cereals in the poultry ration. Pages 177-183 in : Proc Seventh World's Poultry Cong., Cleveland. OH.
 - Miki, W. 1991. Biological function and activities of carotenoids. Pure. Appl. Chem., 63:141.
 - Olson, J. A. 1964. The biosynthesis and metabolism of carotenoids and retinal(vitamin A). J. Lipid Res. 5:281-299.
 - Osborne, D. J., Huff, W. E., Hamilton, P. B. & Burmeister, H. R. 1982. Comparison of ochratoxin, aflatoxin, and T-2 toxin for their effects on selected parameters related to digestion and evidence for specific metabolism of carotenoids in chickens. Poultry Sci. 61:1646-1652.
 - Quart, M. D., Bell, D. E., Janky, D. M., Dukes, M. G. and Marion, J. E. 1988. Influence of Source and Physical Form of Xanthophyll Pigment on Broiler Pigmentation and Performance. Poultry Sci. 67:544-548.
 - Packer, L. 1992. Method in enzymology. Academic press, pp.312.
 - Palmer, L. S., 1915. Xanthophyll, the principal natural yellow pigment of the egg yolk, body fat, and blood serum of the hen. The physiological relation of the pigment to the xanthophyll of plants. J. Biol. Chem. 23:261-279.
 - Pierre, A. 1997. Food carotenoids and cancer prevention : An overview of current research. Trends in Food Sci. Tech. 8:406.
 - Potter, L. M., Bunnell, R. H., Matterson, L. D. and Singsen, E. P. 1956. The Effect of Antioxidants and a Vitamin B₁₂ Concentrate on the Utilization of Carotenoid Pigments by the chicks. Poultry Science 22:452-456.
 - Quackenbush, F. W. 1970. Analysis for carotenes and xanthophyll in dried plant materials. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 53:181-185.
 - Quackenbush, F. W., Firch, J. G., Rabourn, W. J., McQuistan, M., Petzold, E. W. and Kargl, T. E. 1961. Analysis of carotenoids in corn grain. J. Agric. Food Chem. 9:132-135.
 - Quackenbush, F. W., Kvakovszky, S., Hoover, T. and Rogler, J. C. 1965. Deposition of individual carotenoids in avian skin. J. Assoc. Offic. Agr. Chem. 48:1241-1244.
 - Ratcliff, R. G., Day, E. J. and Hill, J. E. 1959. Broiler pigmentation as influenced by dietary modifications. Poultry Sci. 38:1039-1048.
 - Rosenberger, J. 1984. The role of reoviruses in malabsorption syndrome. Pages 1-5 in : Proceedings Poultry Nutr. Short Course. University of Delaware Coop. Ext. Serv., Georgetown, DE.
 - Ruff, M. D. 1984. The role of coccidia in malabsorption syndrome. Pages 6-17 in : Proceedings Poultry Nutr. Short Course. University of Delaware Coop. Ext. Serv., Georgetown, DE.
 - Saito, A. and Regier, L. M. 1971. Pigmentation of brook trout(*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. J. Fisheries Research Board of Canada. 28:509-512.
 - Saylor, W. W. 1986. Evaluation of Mixed Natural Carotenoid Products as Xanthophyll Sources for Broiler Pigmentation. Poultry Sci. 65:1112-1119.
 - Schiedt, K., Leuenberger, F. J., Vecchi, M. & Grinz, M. 1985. Absorption, retention, and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon, and chicken. Pure Appl. Chem. 57:685.

- Scott, M. J., Ascarelli, I. and Olson, G. 1968. Studies of egg yolk pigmentation. Poultry Sci. 47:863-872
- Smith, I. D. and Perdue, H. S. 1966. Isolation and tentative identification of the carotenoids present in chicken skin and egg yolks. Poultry Sci. 45:577-581.
- Stone, H. A., Collins, W. M. and Urban, W. E. Jr. 1971. Evaluation of carotenoid concentrations in chicken tissues. Poultry Sci. 50:675-681.
- Sunde, M. L. 1962. The effect of different levels of vitamin A, B, Apo 8' carotenal and Alfalfa on yolk colour. Poultry Sci. 41:532.
- Tee, E. S. 1992. Carotenoids and retinoids in human nutrition. Cri. Rev. Food Sci. Nutr., 31:103.
- Tung, H. T. and Hamilton, P. B. 1973. Decreased serum carotenoids during aflatoxicosis. Poultry Sci. 52:80-83.
- Twining, P. V., Bossard, E. H., Lund, P. G. and Thomas, O. P. 1971. Relative availability of xanthophylls from ingredients based on plasma levels and skin measurements. Pages 90-95 in : Proc. Md. Nutr. Conf.
- Tyczkowski, J. K. and Hamilton, P. B. 1984. HPLC method for analysis of carotenoids in poultry feed and tissues. Page 42 in 98th Annu. Mtg. Assoc. Off. Anal. Chem.(Abstr)
- Wilkinson, W. S. and Barbee, C. 1968. The relative values of xanthophyll from corn gluten meal, alfalfa, coastal bermuda grass and pearl millet for broiler pigmentation. Poultry Sci. 47:1579-1578.
- Williams, W. P., Davies, R. E. and Couch, J. R. 1963. The Utilization of carotenoids by the Hen and Chick. Poultry Sci. 24:691-699.
- Winstead, C. S., Meinecke, C. F., Miller, A., Beasley, J. N., Skeeles, K. and Stephenson, E. L. 1985. Factors related to the incidence of the malabsorption syndrome. Poultry Sci. 64:499.
- 김동훈, 1990. 식품화학. 탐구당. pp.50.
- 한인규, 최윤재, 김현동, 우정희, 1989. 육계에 대한 천연착색제와 인공착색제의 착색효과에 관한 연구. 한영사보 13(2) 102-106.
- 홍상필. 천연 carotenoid의 생물활성과 이용전망. 1996. 식품기술. 9:406.