

## 산란계 사료에 천연 및 합성착색제 첨가가 산란성적, 난질 및 난황의 지방산 농도에 미치는 영향

김창혁<sup>1,†</sup> · 이성기<sup>2</sup> · 이규호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 동물자원공동연구소, <sup>2</sup>동물자원과학대학

### Effects of Natural or Synthetic Pigment Supplementation on Egg Production, Egg Quality and Fatty Acid Contents in the Egg Yolk of Laying Hen

C. H. Kim<sup>1,†</sup>, S. K. Lee<sup>2</sup> and K. H. Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Animal Resources, <sup>2</sup>College of Animal Resource Science, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon 200-701, South Korea

**ABSTRACT** : Two experiments were conducted to compare the effects of the natural and synthetic commercial pigments on the laying performance, pigmentation and fatty acid contents in egg yolk of laying hens. The experimental diets were formulated to have isocalories and isonitrogen. In experiment I, the diet does not contain the corn in which the xanthophylls are free, and in experiment II, the diet contained 54% of corn in which the level of xanthophylls are 19.34 ppm/kg (calculated levels). In the experiment 1, 480 ISA Brown laying hens were divided into eight groups. Each group has 60 birds fed the 0% of corn with 8 types of pigment levels for 4 weeks. In the experiment 2, 600 ISA Brown laying hens were divided into ten groups. Each group has 60 birds fed the 54% of corn diet with 10 types of pigment levels for 4 weeks. Feed intake, egg production, egg weight and feed efficiency did not have significant difference in experiments I and II. Albumen height and haugh unit did not have significant difference in both experiments. In order to approach the yolk pigmentation to 12~13 of Roche color fan, addition level of natural red pigment was 25~30 ppm. In the case of synthetic red pigment, the level was 15~20 ppm. In this experimental condition, the pigmenting effect of the synthetic pigment was better than that of the natural pigment. In the experiment 2, the pigmenting effect of mixing pigments were investigated between TM2 mixed with natural red pigment, and TM6 mixed with synthesis red pigment. The pigmenting effect of synthetic red pigment was greater than that of the natural red pigment. However, the pigmenting effect of natural pigment was greater than that of synthetic pigments when the levels of synthetic and natural red pigments in diet are higher in TM3 and TM8. The fatty acid content in yolk was not affected by pigment addition.

(Key words : pigments, yolk pigmentation, xanthophylls, fatty acid, yolk color)

## 서 론

최근 양계 산업에 있어서 생산자들은 소비자들의 기호에 맞추어 계란에 특정영양성분을 강화시키거나, 잔류 및 기피성분을 감소시키는 등의 기능성을 부여함으로써 품질향상 및 부가가치 향상을 동시에 추구하는 추세에 있다. 특히, 난황색의 착색정도는 소비자들이 선호하는 색상을 공급하기 위하여 사료중의 색소량이나 질을 고려하여야 한다.

난황의 착색은 대부분이 carotenoid 계통으로 이 물질은

수산기의 유무에 따라  $\beta$ -carotene과 xanthophyll로 분류할 수 있으며, 이들은 소장에서 지질과 함께 지방구를 형성하여 점막세포를 통해 carotenoid-binding protein과 결합하여 림프관을 따라 혈관과 간장으로 이동되어 특유의 생리작용을 한다. 한편 혈관으로 이동된 carotenoid는 지방조직과 말초조직으로 이동하여 가금의 난황, 지방, 피부, 정갱이 및 부리 등 발색이나 각종 생리작용을 하게 된다(Krinsky and Rock, 1999; Parker, 1996; Zeng et al., 1992). 산란계에서 옥수수로부터 유래된 zeaxanthin의 50%는 난관에서 검출되며(Scheidt et al.,

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : kchyeug@hanmail.net

1985), Goodwin(1986)은 근육과 피부에 저장된 xanthophylls는 성숙 단계에서 난관으로 전이된다고 하였다. 이러한 전이는 산란 주기를 통해서 일어나는데 산란이 지속되면 피부와 정강이 등의 착색도는 점차 감소할 것이다.

최근 양계사료 산업에서 사료원료에 함유된 천연 착색 성분으로만은 소비자들이 요구하는 최적의 색조를 얻기에 충분한 양이 되지 않기 때문에 여러 가지 천연물에서 착색성분을 추출하거나 이와 동일한 화학 구조식을 갖는 합성 착색제를 사용하고 있다. 한 등(1989)은 육계에 천연 및 합성 착색제의 착색효과에는 차이가 없었다고 한 반면, Bauernfeind and Marusich(1974)은 붉은색 계통의 canthaxanthin은 천연 착색제와 함께 사용하면 높은 착색효율을 얻을 수 있다고 하였다. 특히, 엄재상 등(1990)은 시판 착색제에 비하여 옥수수내 함유된 xanthophylls이 착색효율이 높다고 지적한 바 있다.

난황의 색도는 주로 사료중의 xanthophyll류에 의한 것으로 특히 lutein과 zeaxantin은 가금용 사료에 주요한 xanthophylls로서 사료 원료에 따라 난황의 색상에도 차이를 나타낸다. 그러나 난황 색도뿐만 아니라 최근에는 xanthophyll이 항산화 기능을 부여(Britton, 1995; Sujak et al., 1999; Clark et al., 1999)하는 것으로 알려진 이후 이에 대한 관심이 고조되고 있다. 난황은 특성상 인지질을 다량 함유하고 있기 때문에 빠르게 산화될 조건을 충분히 지니고 있으나 실제 산화속도는 매우 느리게 진행(이성기, 1999)되는 반면 근육에 다량 불포화지방산이 다량 함유되어 있을 경우에는 그 산화속도가 매우 빠르다. 이와 같이 난황과 근육이 다가불포화지방산을 함유하고 있음에도 불구하고 산화속도에 차이를 나타내는 것은 매우 흥미로운 현상이다.

따라서 본 연구에서는 사료원료에 xanthophylls를 전혀 함유하지 않은 기초사료 및 시중에 유통되고 있는 시판사료에 천연 및 합성착색제를 여러 수준으로 혼합첨가하여 천연 및 합성 착색제간의 착색도를 비교하고, 착색제의 생리작용과 관련하여 난황의 지방산 조성에 변화를 유도하는가에 대하여 관찰하며, 천연착색제와 합성착색제에 대한 착색효과를 비교, 검토하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험사료

본 시험에 이용된 기초실험사료의 배합율 및 성분함량은 Table 1과 같다. 시험 1에서 이용한 사료는 사료내 xanthophyll이 전혀 함유되지 않도록 옥수수과 corn gluten meal을

**Table 1.** The formular and chemical composition of the basal diet for the experiment

	Xanthophyll free diet	Xanthophyll containing diet
Yellow corn	-	53.99
Wheat-14	64.44	-
Wheat bran-p	-	7.70
Soybean meal(CP 45%)	16.93	18.27
Corn gluten meal	-	1.44
Corn germ meal	5.00	5.00
Lard	3.57	3.62
T.C.P	1.89	1.76
Limestone	7.33	7.38
NaCl(salt)	0.20	0.20
Methionine	0.21	0.19
Lysine-HCl	0.03	-
L-Tryptophan	0.01	0.06
Vitamin	0.10	0.10
Mineral	0.10	0.10
Choline-Cl	0.09	0.09
Ronozyme	0.10	0.10
Total	100	100
Chemical composition(%)		
DM	10.92	10.72
Crude protein	15.50	15.50
ME(kcal/kg)	2900	2900
E.E.	5.50	7.00
Ca	0.59	0.59
P	0.33	0.34
Lys	0.74	0.74
Met+Cys	0.64	0.62
Thr	0.56	0.58

제외하고 밀기울과 대두박을 위주로 배합하였으며, 시험 2에서는 시판 배합사료 수준으로 옥수수와 corn gluten meal이 혼합되도록 배합하여 시험에 이용하였다. 시험에 이용한 모든 시험사료는 대사에너지 2,900 kcal, 사료 단백질 수준 15.5%로 고정하여 이용하였다.

### 2. 시험동물 및 시험설계

시험 1에서 시험동물은 50주령의 갈색산란계를 각 처리당 20수씩 3반복으로 총 600수를 2수용 3단 철제케이지에서 사육하였으며, 시험 2에서도 시험 1과 동일하게 50주령의 갈색 산란계를 이용하여 시험을 수행하였다. 시험 1에서는 천연 및 합성 적색착색제의 첨가효과를 검토하기 위하여 사료

원료내 xanthophylls가 함유되지 않은 원료로만 배합하여 이용하였다(Table 1). 시험구는 무첨가(T1), 천연 황색 및 천연 적색 착색제를 각각 10 ppm 첨가(T2), 천연 적색착색제 15 ppm과 천연 황색착색제 10 ppm 첨가(T3), 천연 적색착색제 45 ppm과 천연 황색착색제 10 ppm 첨가(T4), 천연 적색착색제 75 ppm과 천연 황색착색제 10 ppm 첨가(T5), 천연 황색 및 천연 적색착색제를 각각 10 ppm와 합성 적색착색제 5 ppm 첨가(T6), 천연 황색 및 천연 적색착색제를 각각 10 ppm와 합성 적색착색제 35 ppm 첨가(T7), 천연 황색 및 천연 적색착색제를 각각 10 ppm와 합성 적색착색제 65 ppm 첨가(T8)로 구분하여 4주간 사양시험을 실시하였다.

시험 2에서는 천연 및 합성착색제의 혼합첨가 효과를 검토하였다. 이때 기초사료의 사료내 xanthophyll 함량은 산출 공식( $\text{Ingredient concentration} \times \text{Use rate} \times \text{bioavailability} = \text{Total xanthophyll}$ )에 의거하여 계산한 결과, 총 19.34 ppm 이었다. 시험구로는 착색제를 전혀 첨가하지 않은 대조구(TM1), 천연 적색착색제 5 ppm 첨가(TM2), 천연 적색착색제 20 ppm 첨가(TM3), 합성 적색착색제 5 ppm 첨가(TM4), 합성 적색착색제 20 ppm 첨가(TM5), 천연 적색착색제 5 ppm과 천연 황색착색제 5 ppm 첨가(TM6), 천연 적색착색제 20 ppm과 천연 황색착색제 15 ppm 첨가(TM7), 합성 적색착색제 5 ppm과 천연 황색착색제 5 ppm 첨가(TM8), 합성 적색착색제 20 ppm과 천연 황색착색제 15 ppm 첨가(TM9) 및 천연 적색착색제 5 ppm, 합성 적색착색제 5 ppm과 천연 황색착색제 5 ppm 첨가(TM10)으로 나누어 4주간 시험을 수행하였다. 모든 시험에서 음수 및 사료를 자유급여하였다.

### 3. 조사항목 및 조사방법

#### 1) 산란율 및 난중

산란율은 시험기간중 생산된 총산란수를 공시 총수수로 나누어 백분율로 표시하였다. 난중은 매일 오전 10시에 집란한 후 반복별로 칭량하여 총난중을 총산란수로 나누어 평균 난중을 구하였다.

#### 2) 사료섭취량 및 사료요구율

사료섭취량은 시험기간중 매주 간격으로 집란을 종료한 후 시험사료의 잔량을 칭량하여 급여량에서 잔량을 제하여 계산하였으며, 전기간의 사료섭취량을 공시수수로 나누어 1일 1수당 사료섭취량을 계산하였다. 사료요구율은 총사료섭취량을 총생산 난중으로 나누어 계산하였다.

#### 3) 난질 측정

계란의 품질을 분석하기 위하여 사양시험 기간동안 매주 처리당 각 10개씩 총 400개(10개×10처리×4회)의 계란을 임의로 수집하여 실온에서 보관 후 난질을 조사하였다. 계란의 품질 측정은 haugh unit(HU)로 표시하였으며, HU는 농후난백고와 난중을 측정하여  $100\log(H-1.7W0.37+7.6)$ 의 공식에 의하여 계산하였다. 여기서 H는 농후난백의 높이(mm)이고, W는 난중(g)을 의미한다. 난황색의 측정은 Roche사의 yolk color fan을 사용하여 No.1에서 15까지의 색깔을 비교하여 측정하였다.

#### 4) 난황 지방산 측정

난황의 지방산 분석은 Wang et al.(2000)의 방법에 의하여 수행하였다. 계란으로부터 난황을 분리하여  $-40^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 보관 후 동결건조하여 시료로 이용하였다. 동결건조시킨 난황 25 mg을 50 ml 튜브에 넣어 hexane(in internal standard 2 mg) 1 ml와 methanol 1 ml를 첨가하여 3N methanolic HCl 3 ml를 첨가한 후 밀봉한다. 튜브는 저속으로 1분간 교반하여  $95^{\circ}\text{C}$  진탕기 내에서 1시간 동안 반응시킨다. 그 후 실온에서 냉각시킨 후 0.88% NaCl 8 ml와 Hexane 3 ml를 첨가하여 30초간 교반 후 1,500 rpm으로 3분간 원심분리하여 상층을 분리하여  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1g을 첨가한 후 30초간 교반하여 정치시킨다. 정치 후 1,500 rpm에서 5분간 원심분리한 후 상층액을 분리하여 지방산 분석시료로 이용하였다. 시료는 0.5 ml를 취하여 column type gas chromatography(Shimadzu model-92)를 사용하여 분석하였다.

### 4. 시험성적의 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Package Program (1998)에 의하여 분산분석을 실시하였으며, 처리평균간의 유의성 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다.

## 결과 및 고찰

#### 1. 시험 1 : 천연 및 합성 착색제 첨가 효과

천연 및 합성 착색제의 급여 효과와 이들 착색제의 첨가수준에 따른 산란성적 및 난질에 미치는 영향을 검토하기 위하여 원료 사료에 착색성분을 함유하지 않도록 배합하여 검토한 결과는 Table 2와 같다. 4주간의 사료섭취량은 첨가한 착색제의 형태나 첨가수준에 따른 영향이 전혀 없는 것

**Table 2.** Effects of natural or synthetic pigment supplementation on egg production, feed intake and feed efficiency in laying hen

Item	Feed intake(g) (g/day)	Egg production (Hen-day)	Egg weight(g)	Feed efficiency	
				kg/kg	g/egg
T1	134.83	83.02	64.18 <sup>ab</sup>	2.53	162.44
T2	133.11	85.60	64.70 <sup>ab</sup>	2.79	181.26
T3	136.59	82.76	62.55 <sup>b</sup>	2.64	165.10
T4	135.51	83.41	64.48 <sup>ab</sup>	2.52	162.46
T5	134.66	81.33	64.00 <sup>ab</sup>	2.59	165.71
T6	138.20	82.00	65.66 <sup>a</sup>	2.73	179.50
T7	139.97	82.94	64.73 <sup>ab</sup>	2.54	164.38
T8	134.38	84.17	63.85 <sup>ab</sup>	2.66	170.36
SEM	4.97	2.64	1.35	0.28	19.10

<sup>ab</sup> Values with different on the egg weight significantly differ at  $P < 0.05$ .

으로 나타났다. 본 시험에 이용된 사료의 경우 합성 red 착색제를 다량 첨가한 구에서는 사료색이 붉은 색을 보였으나, 사료의 색깔도 사료섭취량에 미치는 영향은 없었다. 한편, Gho and Song(1996)은 산란계를 이용하여 여러 가지색의 사료통을 이용하여 섭취 행동을 조사한 결과 빨간색의 사료통에 대한 섭취반응이 높았다고 보고한 바 있으나, 본 시험에서는 착색제 첨가로 인하여 사료의 색이 빨간색 계통을 띄었지만 섭취량의 변화가 없는 것으로 나타난 점으로 미루어 사료색과 섭취량과는 관계가 없는 것으로 나타났다. 산란율은 섭취량과 동일하게 착색제의 형태나 첨가 수준에 따른 변화를 보이지 않았다. 그러나 난중은 처리간에 유의적인 차이를 보였지만, 일정한 경향을 보이지 않은 점으로 미루어 착색제가 난중에 미치는 영향은 불확실한 것으로 판단되었다.

**Table 3.** Effects of natural or synthetic pigment supplementation on haugh unit and Roche's color fan score

Treatment	Yolk color	Albumen height	Haugh unit
T1	2.07 <sup>f</sup>	7.74	86.76
T2	5.93 <sup>e</sup>	7.28	83.32
T3	9.43 <sup>d</sup>	7.44	83.11
T4	13.93 <sup>b</sup>	7.72	84.88
T5	15.00 <sup>a</sup>	7.58	85.62
T6	12.71 <sup>c</sup>	7.12	83.02
T7	15.00 <sup>a</sup>	7.78	86.49
T8	15.00 <sup>a</sup>	7.05	81.32
SEM	0.18	0.69	4.50

<sup>a-f</sup> Values with different on the yolk color significantly differ at  $P < 0.05$ .

Table 3에는 난질 및 난황 착색도에 대한 결과를 나타내었다. 난백고는 대조구가 7.74로 비교적 높았고, 천연 착색제 첨가구가 합성 착색제 첨가구에 비하여 대체적으로 높은 경향을 보였으나 유의적인 차이( $P < 0.05$ )는 없는 것으로 나타났다. HU도 난백고와 동일한 경향으로 대체적으로 천연착색제를 첨가한 구에서 높게 나타났다. 그러나 본 결과에서 보여주는 바와 같이 착색제의 첨가가 난백고 및 HU에 영향을 끼치는 요인은 적은 것으로 나타났다. 그러나 xanthophyll 급여에 따른 계란의 난황색에 대한 영향은 매우 현저하게 나타났다. 대조구와 같이 원료사료에 색소가 전혀 함유되지 않은 사료를 사용한 결과 2.07의 매우 낮은 착색도를 보였지만, T2구와 같이 천연 적색착색제 10 ppm과 천연 황색착색제 10 ppm을 첨가함으로써 착색도가 5.93으로 나타났다. 이와 같은 결과는 일반적으로 시중에 유통되고 있는 산란계용 배합사료를 급여하였을 경우 착색도가 8~10과 비교하였을 경우 매우 낮은 수준이다. 그러나 T3와 같이 천연 적색착색제를 5 ppm만 추가로 첨가하면 착색도가 4 이상(9.43) 증가하고, T4와 같이 천연 적색착색제를 35 ppm 첨가하면 착색도(13.93)가 매우 증가하는 것으로 나타났다. 한편 천연착색제와 동일한 양의 합성 착색제를 첨가한 T6와 T7구를 보면 착색도가 각각 12.71과 15.00으로 나타났다. 이러한 결과는 천연착색제보다 합성착색제가 높은 착색효과가 있다는 것을 입증하는 것으로 동일한 양(ppm 단위)에서도 착색도가 3도 이상 차이가 나는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 한 등(1989)이 육계에 천연 및 합성착색제의 착색효과를 비교한 결과 차이가 없었다고 한 것과는 상이한 것으로 나타났는데 이와 같은 결과는 피부와 난황착색과는 또 다른 기전이 있

을 수 있다는 것을 암시한다. 한편 T5와 T8구는 매우 많은 양의 착색제를 첨가하였기 때문에 착색도가 매우 높게(15) 나타났다. 즉 시험 1의 결과로부터 이상적이라고 알려진 Roche color score가 12~13에 근접하기 위하여는 천연 적색 착색제는 약 25~30 ppm과 천연 황색착색제는 5~10 ppm이 적당한 것으로 여겨지며, 합성 적색착색제는 천연 적색착색제보다 적은 15~20 ppm이 적정 수준인 것으로 여겨진다. 단 천연 및 합성 착색제 간에 착색 효과가 차이는 있었으나, 최근 합성원료보다 천연원료를 선호하는 경향으로 미루어 보아서는 천연 및 합성착색제간의 이용성에 대하여는 생산자가 잘 판단해야 할 것이다.

금잔화와 파프리카로부터 분리되는 lutein, zeaxanthin과

capsanthin은 모두 자연계에서 ester화 형태로 친유성 원자단을 가지고 있는 것이 특징이다(Fisher and Kocis, 1987; Philip and Berry, 1975). 즉, 이들 천연착색제는 지용성 성분을 함유하고 있으며, 이들은 사료내 지용성 물질들과 함께 체내로 흡수된다. 즉 Hill and Dansky(1951)은 육계를 이용한 시험에서 체지방 함량이 높을 수록 착색효과가 우수하다고 하였으며, 특히 사료내 우지를 5% 첨가해 주면 착색효과가 개선되었다고 한 점으로 미루어도 착색도와 지방 함량간에는 깊은 관계가 있다. 따라서 착색제가 사료의 지방산을 난황내로 이송할 수 있는지에 대하여 조사하는 것은 매우 흥미로운 것이다. 착색제의 첨가가 난황 지방산 조성에 미치는 영향에 대하여 조사한 결과는 Table 4와 같다. 대체적으로 계란의

**Table 4.** Fatty acid contents of egg yolks collected 4 weeks after being fed diets with natural or synthetic pigments

Item	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9	C18:2n6	C18:3n3	C20:3n6	C22:1n9	C22:6n3	SFA	PUFA	$\omega$ -3 FA	$\omega$ -6 FA
mg/g yolk													
T1	3.23	141.12 <sup>ab</sup>	50.00 <sup>ab</sup>	260.75 <sup>ab</sup>	63.30	1.54 <sup>ab</sup>	1.72	1.13	3.54	194.35 <sup>ab</sup>	331.98	5.08	65.02
T2	3.39	145.29 <sup>ab</sup>	52.97 <sup>ab</sup>	276.78 <sup>ab</sup>	67.02	1.81 <sup>a</sup>	1.03	0.74	3.31	201.65 <sup>ab</sup>	350.68	5.12	68.05
T3	3.19	147.03 <sup>a</sup>	54.77 <sup>a</sup>	290.44 <sup>a</sup>	63.16	1.74 <sup>a</sup>	1.44	0.61	2.68	204.99 <sup>a</sup>	360.07	4.43	64.60
T4	2.39	117.94 <sup>b</sup>	43.24 <sup>b</sup>	231.67 <sup>b</sup>	51.16	1.28 <sup>b</sup>	0.76	0.64	3.00	163.58 <sup>b</sup>	302.19	4.28	65.61
T5	2.93	136.84 <sup>ab</sup>	50.91 <sup>ab</sup>	258.11 <sup>ab</sup>	62.14	1.81 <sup>a</sup>	0.96	1.06	2.32	190.69 <sup>ab</sup>	326.41	4.14	63.10
T6	2.72	132.07 <sup>ab</sup>	47.70 <sup>ab</sup>	242.81 <sup>ab</sup>	61.40	1.54 <sup>ab</sup>	1.00	0.61	3.37	182.50 <sup>ab</sup>	310.73	4.92	62.40
T7	3.41	144.25 <sup>ab</sup>	52.19 <sup>ab</sup>	265.01 <sup>ab</sup>	66.46	1.93 <sup>a</sup>	1.04	0.90	2.52	199.85 <sup>ab</sup>	337.86	4.45	67.50
T8	3.30	123.78 <sup>ab</sup>	43.42 <sup>b</sup>	236.65 <sup>b</sup>	60.95	1.60 <sup>ab</sup>	0.95	0.72	2.33	170.50 <sup>ab</sup>	303.19	3.92	61.90
SEM	0.57	10.85	3.99	20.69	7.47	0.17	0.46	0.49	0.97	15.16	25.89	1.01	7.55

<sup>ab</sup> Values with different within a column significantly differ at P<0.05.

**Table 5.** Effects of mixing natural or synthetic pigments on egg production, feed intake and feed efficiency in laying hen

Item	Feed intake(g) (g/day)	Egg production (Hen-day)	Egg weight(g)	Feed efficiency	
				kg/kg	g/egg
TM1	126.54	76.13	65.98	2.54	167.41
TM2	127.51	83.33	65.44	2.39	156.67
TM3	129.41	84.40	66.14	2.32	153.18
TM4	131.21	85.00	65.74	2.35	154.45
TM5	125.77	78.57	66.46	2.32	154.16
TM6	125.58	77.62	67.39	2.35	158.06
TM7	127.33	80.60	65.67	2.41	158.36
TM8	128.15	80.00	66.75	2.33	155.48
TM9	130.33	80.96	67.22	2.43	163.17
TM10	125.73	77.25	65.36	2.50	163.43
SEM	7.22	6.12	1.57	0.19	14.23

지방산 조성은 포화지방산에 비하여 불포화 지방산 함량이 높은 것으로 알려져 있으며, 본 시험에서도 동일한 결과가 나타났다. 또한 어떤 처리구에서도 착색제의 첨가가 난황의 지방산 조성을 일률적으로 변화시키지는 않는 것으로 나타났다. 즉 사료내 지용성 물질이 착색제와 함께 체내로 이송될 수 있다고 할지라도 본 시험의 결과로만 미루어 보았을 때 기대에 부응하는 흥미로운 결과는 나타나지 않았다.

## 2. 시험 2 : 천연 및 합성 착색제 혼합첨가 효과

일반 배합사료와 동일한 수준으로 사료내 옥수수과 옥글루텐을 함유하도록 배합한 사료에 천연 및 합성 착색제를 가능한 첨가하여 산란성에 미치는 영향을 검토한 결과는 Table 5와 같다. 4주간의 사료섭취량은 착색제의 혼합수준과 양에 따른 영향이 없었다. 산란율과 난중은 시험 1에서와 동일하게 차이가 없었으며, 사료효율도 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉 잘 알려진 바와 같이 난황의 착색도를 높이기 위한 착색제의 첨가는 산란계에 대하여 착색효과 이외에 다른 효과는 없다는 것을 말해준다.

Table 6에는 착색제의 혼합 첨가에 따른 난질 및 난황착색도에 대한 결과이다. 난백고는 TM3구가 7.17로 가장 높았고 ( $P<0.05$ ), TM10구가 5.80으로 가장 낮게( $P<0.05$ ) 산출되었다. 그러나 이와 같은 산출치는 착색제의 첨가에 따른 영향으로 보기에는 각 처리구간 일정한 경향이 없었다. HU는 TM10구의 68.39로 가장 낮았으며, 이를 제외한 모든 처리구에서 대조구와 유의적인 차이는 없었으나, 착색제 첨가에 따른 영향

은 아닌 것으로 여겨진다. 착색제 첨가에 따른 난황 착색도는 처리간 높은 차이를 보였다. 일반 배합사료 수준인 TM1구의 경우 7.71로 비교적 낮게 나타났으나, 이는 일반적으로 시중에 유통되고 있는 일반란과 비슷한 수준이다. 그러나 천연 적색착색제를 5 ppm만 첨가하여도 착색도가 9.93으로 높아졌으며, 특히 합성 적색착색제 첨가구인 TM6구의 경우에는 10.50으로 TM1구에 비하여 2.8 정도 높게 나타났으며, 동일한 수준의 천연착색제를 처리한 TM2구에 비하여도 높은 경향을 보였다. 즉 이는 천연착색제에 비하여 합성착색제가 착색효과가 높다는 것을 증명하는 것으로 육계에 대한 실험에서 천연 및 합성 착색도 간에 차이가 없었다는 한인규 등(1989)의 보고와는 다른 결과를 보였다. 천연 적색 및 황색착색제를 혼합 첨가한 구(TM3)와 합성 적색 착색제와 천연 황색착색제를 혼합 첨가한 구(TM8)과의 착색도를 비교하면 TM3구가 13.93으로 TM8구의 12.43에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 Matterson et al.(1962)와 Bauernfeind and Marusich(1974)는 붉은색 계통의 합성착색제인 *canthaxanthin*이 천연착색제와 혼합하여 사용할 경우 착색효과를 증진시킬 수 있다고 하였는데, 본 시험의 조건에서는 다른 결과가 나타났다. 그러나 일정량의 착색제를 초과하였을 경우, 즉 TM5, TM7 및 TM9를 비교하였을 경우에는 처리간에 차이( $P<0.05$ )가 없었다. 이와 같이 착색제를 사료에 첨가할 경우에는 가능한 경제적인 면을 고려하여 적정량을 첨가하는 것이 우선되어야 한다. 즉 사료내 총 xanthophyll 함량이 25~30 ppm 정도가 되면 소비자가 선호하는 색도를 얻을 수 있다는 것을 암시하며, 이 결과는 실험 1의 결과와 매우 일치하였다. 본 실험에서와 같이 착색에 영향을 주는 물질은 사료내 착색 성분이 가장 중요한 요인으로 작용하며 (Day and Williams, 1958), House(1957)는 육계에 적절한 착색을 위하여는 사료에 21~22 mg/kg의 xanthophylls가 필요하다고 하였으며, Fritz et al.(1957)은 27.5 mg/kg 정도 첨가하는 것이 좋은 색깔의 계육을 생산할 수 있다고 하였는데, 산란계를 이용한 본 시험에서도 이와 비슷한 결과를 얻었다.

Table 7에는 착색제의 혼합 첨가가 난황의 지방산 함량에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 대부분의 지방산에 있어서 각 처리간 차이가 없는 점으로 미루어 착색제가 난황의 지방산 함량에는 영향이 없는 것으로 나타났다. 즉 이는 착색 성분이 지방과 함께 체내로 이동되어 대사된다고 할지라도 본 시험에서 이용한 시험사료의 지방함량이 동일하였기 때문이며, 또한 천연착색제가 지용성 성분이라고 할지라도 사료에 첨가된 양이 매우 소량이었기 때문에 이와 같은 결과가 나왔다고 보인다. 그러나 실험 1의 지방산 함량과 비교하

**Table 6.** Effects of mixing natural or synthetic pigments on white height, haugh unit and Roche's color fan score

Item	Yolk color	Albumen height	Haugh unit
TM1	7.71 <sup>e</sup>	6.65 <sup>ab</sup>	78.54 <sup>ab</sup>
TM2	9.93 <sup>d</sup>	6.87 <sup>ab</sup>	80.57 <sup>a</sup>
TM3	13.93 <sup>ab</sup>	7.17 <sup>a</sup>	80.64 <sup>a</sup>
TM4	12.29 <sup>c</sup>	6.79 <sup>ab</sup>	78.82 <sup>ab</sup>
TM5	14.79 <sup>a</sup>	6.74 <sup>ab</sup>	79.50 <sup>ab</sup>
TM6	10.50 <sup>d</sup>	6.16 <sup>bc</sup>	74.36 <sup>b</sup>
TM7	13.29 <sup>bc</sup>	6.76 <sup>ab</sup>	79.07 <sup>ab</sup>
TM8	12.43 <sup>c</sup>	6.87 <sup>ab</sup>	80.00 <sup>a</sup>
TM9	14.86 <sup>a</sup>	6.39 <sup>bc</sup>	74.71 <sup>b</sup>
TM10	12.93 <sup>bc</sup>	5.80 <sup>c</sup>	68.39 <sup>c</sup>
SEM	0.50	0.30	2.11

<sup>a-d</sup> Values with different within a column significantly differ at  $P<0.05$ .

**Table 7.** Fatty acid contents of egg yolks collected 4 weeks after being fed diets with mixing natural and synthetic pigments

Item	C14:0	C16:0	C18:0	C18: 1n9	C18: 2n6	C18: 3n3	C20: 3n6	C22: 1n9	C22: 6n3	SFA	PUFA	$\omega$ -3 FA	$\omega$ -6 FA
..... mg/g yolk .....													
T1	3.18	143.66	50.24	271.49	79.23	2.02	1.83 <sup>ab</sup>	1.18	3.96	197.07	359.71	5.99	81.05
T2	3.53	164.72	54.41	300.28	89.77	2.42	2.65 <sup>a</sup>	2.74	3.56	222.65	401.42	5.98	92.41
T3	3.61	158.48	54.55	287.51	91.79	2.42	0.96 <sup>b</sup>	0.99	4.13	216.65	387.81	6.55	92.76
T4	3.12	155.24	52.39	281.01	93.06	2.40	1.16 <sup>ab</sup>	2.02	3.56	210.76	383.22	5.97	94.22
T5	3.26	156.32	53.41	287.33	85.20	2.42	2.08 <sup>ab</sup>	1.35	4.09	212.99	382.46	6.51	87.27
T6	3.35	144.51	48.72	266.97	81.48	2.27	1.35 <sup>ab</sup>	1.53	3.68	196.58	357.28	5.94	82.83
T7	2.93	160.22	55.36	298.39	87.52	2.35	1.26 <sup>ab</sup>	2.27	4.29	218.51	396.08	6.64	88.78
T8	3.48	156.38	51.47	283.68	88.91	2.26	1.17 <sup>ab</sup>	1.32	3.86	211.33	381.19	6.11	90.07
T9	2.68	153.43	54.37	289.79	83.48	2.12	2.59 <sup>a</sup>	1.67	3.39	210.48	383.04	5.51	86.07
T10	3.22	145.65	50.19	265.47	79.49	2.01	1.15 <sup>ab</sup>	2.78	3.95	199.05	354.85	5.96	80.64
SEM	0.48	14.54	4.32	25.33	9.94	0.26	0.82	0.92	0.90				

<sup>ab</sup> Values with different within a column significantly differ at  $P < 0.05$ .

였을 경우에는 약간의 차이가 있었다. 비록 시험 1과 시험 2가 동일한 조건에서 이루어 지지는 않았으나, 불포화 지방산 함량이 시험 1의 결과에 비하여 높게 나타났으며, 이는 Table 7에 제시한 바와 같이  $\omega$ -6 지방산 계통의 증가에 기인된 것으로 나타났다.

## 적 요

본 시험은 시판 착색제의 형태 및 혼합 수준에 따른 산란 성적, 난황 착색도 및 난황 지방산 농도에 미치는 영향을 검토하기 위하여 시험 1과 2로 나누어 실시하였다. 실험사료는 에너지와 단백질 수준이 동일하게 배합하였으며, 시험 1의 옥수수 0% 사료는 xanthophylls이 함유되지 않았으며, 시험 2의 옥수수 54% 사료는 xanthophylls 수준이 19.34 ppm이었다. 시험 1에서 갈색산란계 480수는 각 처리당 60수씩 8처리로 구분하여 4주간 옥수수가 함유되지 않은 사료에 여러 수준의 천연 및 합성 착색제를 첨가하여 시험에 이용하였다. 시험 2에서는 갈색 산란계 600수를 각 처리당 60수씩 10처리로 구분하여 옥수수가 54% 함유된 사료에 천연 및 합성 착색제를 혼합 첨가하여 4주간 시험하였다.

시험 1과 시험 2에서 사료섭취량, 산란율, 난중 및 사료효율은 착색제의 첨가에 따른 영향이 없었으며, 난질에 있어서도 난백고와 haugh unit은 착색제 첨가와 전혀 관련이 없는 것으로 나타났다. 시험 1에서 난황 착색도가 Roche color fan

12~13에 근접하기 위한 천연 적색착색제 첨가 수준은 25~30 ppm이었고, 합성 red 착색제는 15~20 ppm이었으며, 본 시험의 조건에서는 천연착색제보다 합성착색제의 착색효과가 우수한 것으로 나타났다. 시험 2에서 착색제 혼합에 따른 착색 효과는 천연 적색착색제를 첨가한 TM2구와 동일한 양의 합성 적색착색제를 첨가한 TM6구를 비교하였을 때, 천연 적색착색제보다 합성 적색착색제의 착색효과가 우수하였으나, 첨가 수준이 높은 TM3와 TM8를 비교하였을 때에는 천연 착색제의 착색효과가 우수한 것으로 나타났다. 난황내 지방산 함량은 착색제 첨가로 인한 영향이 전혀 없는 것으로 나타났다.

(색인어: 색소, 난황착색제, 크산토펴, 지방산, 난황색)

## 사 사

본 논문은 한국과학기술재단 목적기초연구(R01-2000-000-00209-0(2000)) 지원으로 수행되었으며, 본 연구를 수행함에 있어서 착색제를 제공하여 주신 Keminsa와 제일바이오사에 감사드립니다. 아울러 본 과제의 분석에 도움을 주신 강원대학교 동물자원공동연구소에 감사드립니다.

## 인용문헌

Bauernfeind JC, Marusich WL 1974 Canthaxanthin-An avian

- and salmonid tissue pigmenter. Proc XV World Poult Congr pp 1-7 New Orleans LA.
- Britton G 1995 Structure and properties of carotinoids in relation to function. FASEB J 9P:1551.
- Clark TH, Faustman C, Chan WKM, Furr HC, Reisen JW 1999 Canthaxanthin as an antioxidant in a liposome model system and in minced patties from rainbow Trout. J Food Sci 64:982.
- Day EJ, Williams Jr WP 1958 A study of certain factors that influence pigmentation in broilers. Poult Sci 37:1373.
- Fisher C, Kocis JA 1987 Separation of paprika pigments by HPLC. Journal of Agricultural and Food Chemistry 35:55-57.
- Fritz JC, Wharton FD, Classen LJ 1957 Influence of feed on broiler pigmentation. Feedstuffs 29:18.
- Goh BD, Song YH 1996 The feeding and agonistic behavior of caged laying hens with different colored feed-troughs. Proceedings of the 8th AAAP Animal Science congress Japan 12:974-975.
- Goodwin TW 1986 Metabolism, nutrition and function of carotinoids. Annu Rev Nutr 6:273.
- Hill FW, Dansky LM 1951 The influence of diet on body-composition of growing chicks. Proc Cornell Nutr Conf p 27.
- Krinsky NI, Rock CL 1999. Carotinoids: Chemistry, Sources and Physiology. In Encyclopedia of Human Nutrition. Sadler MJ, Strain JJ and Caballero B(Ed) pp. 304-314.
- Matterson LD, Pudalkiewicz WP, Potter LM 1962 Synthetic carotinoids as pigmenters for poultry. Poultry Sci 41:1664 (Abstr).
- Paker RS 1996 Absorption, metabolism, and transport of carotinoids. FASEB J 10:542.
- Philip T, Berry JW 1975 Nature of lutein acylation in marigold flower. Journal of Food Science 40:1089-1090.
- SAS. 1998. SAS/STAT guide for personal computers@6.08. SAS Institute Inc Cary USA.
- Scheidt K, Leuenberger FJ, Vecchi FJ, Glinz M 1985 Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. Pure Appl Chem 57:685.
- Sujak A, Gabrielska J, Grudzinski W, Borc RB, Mazurek P, Gruszecki W 1999 Lutein and zeaxanthin as promoters of lipid membranes against oxidative damage: The structural aspects. Archiv Biochem Biophys 371:301.
- Wang Y, Sunwoo H, Cheian G, Sim JS 2000 Fatty acid determination in chicken egg yolk: A comparison of different methods. Poult Sci 79:1168.
- Zeng S, Furr HC, Olson JA 1992 Metabolism of carotinoid analogs in humans. Am J Clin Nutri 56:433.
- 엄재상 남궁환 백인기 1990 육계에 있어서 착색제들의 착색 효과. 한영사지 3:71.
- 이성기 1999 Liposome과 식육 모델시스템에서 난황 Phovitin의 항산화 효과 구명. 학술진흥재단 보고서.
- 한인규 최윤재 김현동 우정희 1989 육계에 대한 천연착색제와 인공착색제의 착색효과에 관한 연구. 한영사지 2: 102.