

# 사료 비타민 A 와 E의 계란내 이행에 관한 연구

강창원 · 강경래 · 남기택

건국대학교 축산대학 동물자원연구센터

## Studies on Transfer of Dietary Vitamins A and E to Chicken Eggs

C. W. Kang, K. R. Kang, and K. T. Nam

Animal Resources Research Center, College of Animal Husbandry,  
Kon-Kuk University, Seoul, Korea 133-701

### ABSTRACT

Vitamin A levels of egg yolk from hens fed diets supplemented with vitamin A increased slowly up to Week 4, while the values rapidly increased thereafter. The highest value(360% of initial value) was observed at Week 8 in birds fed 64,000 IU of vitamin A/kg diet. On the other hand, the contents of vitamin E in egg yolk rapidly increased in the first 2 weeks of the experiment and then stabilized up to Week 8. However, the efficiency of egg transfer decreased( $P < 0.05$ ) as dietary vitamins A and E levels increased. It took at least 4 weeks for the increased levels of vitamin A and E in eggs from hens fed diets supplemented with each vitamin to recover the normal levels. Vitamin E levels of egg yolk in hens fed the vitamin A supplemented diets decreased as dietary vitamin A level increased ( $P < 0.05$ ). On the other hand, a slightly reduced levels of vitamin A levels of egg yolks from hens fed the vitamin E supplemented diet for 4 weeks of experiment was recovered back to control level at Week 8( $P < 0.05$ ). Supplemental vitamin A markedly decreased the yolk deposition of vitamin E when two vitamins were supplemented simultaneously. The yolk deposition of vitamin A decreased as high level of vitamin E was supplemented, suggesting an antagonistic interactions between the two vitamins.

(Key words : Egg vitamin, vitamin A, vitamin E.)

### 서 론

계란을 포함한 가금란은 태아를 발생시켜 자라게 하기에 충분한 갖가지 영양소를 고루 충분히 함유하고 있다(Cotterill 등, 1977). 이들 영양소 가운데는 사료를 통한 영양소 섭취량에 따라 계란내 수준이 변화하

는 것과 그렇지 못한 것들이 있다(Naber, 1979). 그 중에서도 장으로부터 흡수된 지용성 비타민 A와 E는 계란내 난황으로 쉽게 이행이 되며(Bethke 등, 1927), 결핍된 사료를 급여한 종계로부터 생산된 종란은 부화율도 저하된다(Sherwood와 Fraps, 1935; Bears와 Miller, 1937).

### 사료내 vitamin A의 계란내 이행

Hill 등(1961)은 사료내 비타민 A수준을 800 USP units /lb 에서 10,000 USP units /lb까지 달리했을 때, 제일 낮은 수준에서는 산란율과 부화율이 감소되

**Table 1.** Liver and egg content of vitamin A as influenced by dietary vitamin A

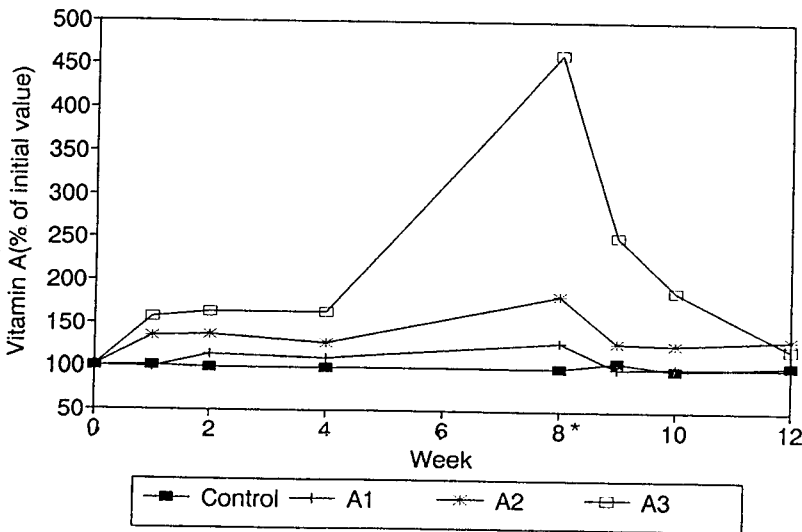
Dietary vitamin a level (USPunits /b)	Vitamin A levels of tissues (USP units /g)	
	in liver	in egg yolk
800	16	0.7
1,200	18	8.9
2,000	9	6.9
3,600	330	10.6
5,000	600	12.5
10,000	3,100	16.3

(Hill et al., 1961)

었고, 1,200 USP units /lb 이상에서는 정상적인 번식이 가능했으며, 2,000 USP units /lb 이상부터는 간과 계란내의 비타민 A 함량도 유의하게 증가했다고 보고했다(Table 1).

이와 같이 비타민 A급여후 일정기간이 지난 다음 계란내 이행 정도를 측정했던 연구는 있었으나, 급여 후 기간별 수준별로 이행 정도를 점검한 연구는 적었다. 따라서 본 연구실(강경래 등 1994a)에서 비타민 A의 첨가수준 및 기간별 사료로부터 계란으로의 비타민 A의 이행수준 변화를 조사해 보았다.

Figure 1에서 보는 바와 같이 기본사료에 첨가량을 달리한 사료를 8주간 급여하였을 때, 계란내 수준도 점차 증가하였다가, 8주후 기본사료로 돌아왔을 때 그 수준도 다시 감소하였다. 기간별 이행 형태를 살펴보면, A1 처리구는 2주에서 유의한 증가를 보인 후에 4주까지는 평형상태를 보이는 형태를 띠고 있다( $P < 0.05$ ). A2 및 A3 처리구는 1주만에 유의한 증가를 보인 다음 4주까지는 평형 상태를 유지한 후에 4주이후 8주까지 특히 A3 처리구에서는 급격한 증가형태를 보이



**Figure 1.** Percentage changes in vitamin A content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin A.

(C: control, A1: vitamin A 8,000 IU /kg, A2: vitamin A 16,000 IU /kg, A3: vitamin A 64,000 IU /kg)

\* All the birds returned to the control diet.

고 있다( $P < 0.05$ ). 이것은 사료로부터 흡수된 비타민 A가 간에서 일정기간 저장되어 계란으로 이행되기 때문인데, Naber(1979)는 고수준의 비타민 A를 첨가했을 때 간에서의 비타민 A수준은 사료내 증가 수준보다 더욱 높게 증가되는 반면, 사료내 수준이 1,200 USP units /lb에서 10,000 USP units /lb로 증가되어도 계란내 이행수준은 2배 밖에 증가되지 않았다고 보고했다. 이는 결국 높은 수준의 비타민 A를 급여하더라도 간에서 일정기간 저장되어 난황으로의 급격한 방출을 완화시켜주는 결과 때문으로 보인다.

Squires와 Naber(1993)는 비타민 A가 계란내로 이행되기 전에 간에서 저장되어야 하기 때문에 사료내 비타민 A의 수준변화에 빨리 반응하지 않는다고 보고했다. 또한 Naber와 Squires (1993)는 사료내 비타민 A수준이 4,000 IU /kg 과 8,000 IU /kg이었을 때 난황내 비타민 A수준은 12주 이후에 사료변화에 본격적으로 반응했다고 보고했다. 본 실험에서의 비타민 A 수준에서는 4주까지가 일단 간에서의 조절이 일어나는 시기로서 4주 이후 간에서의 저장량이 포화상태가 되어 결국 계란으로 급격한 방출이 일어난 것으로 보인다.

8주 이후 대조구 사료를 다시 급여하여 계란내 비타민 A의 퇴행효과를 관찰해 보았을 때, A1 처리구는 1주 이내에 실험시작전 수준으로 퇴행한 반면, A2 및 A3 처리구는 상대적으로 서서히 퇴행하는 형태를 보이고 있다. 이는 계란내로의 비타민 A 축적반응과 마찬가지로 퇴행도 간내에서 조절기간을 거쳐 서서히 방출되는 효과 때문으로 보이는데, 본 실험에서는 최소한 4주 이상의 회복기간이 존재함을 보여준다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과로 미루어 보아 비타민 A의 계란내 이행은 사료내 첨가수준에 따라 계란내로의 이행량뿐만 아니라 그 본격적인 이행시기도 달라지며 그에 따

른 퇴행 기간도 변화한다고 판단된다.

## 사료내 비타민 E의 계란내 이행

비타민 E는 계란으로의 이행이 쉽게 일어나며 사료 변화에 계란내 수준이 쉽게 반응을 나타내지만(Konno 등, 1985), 그동안 보고된 연구 결과는 많지 않다.

Bartov 등(1965)에 의하면 비타민 E의 계란내 이행 정도는 품종, 나이 및 계절에 따라서도 많은 변화가 있는데 사료내 비타민 E를 7.5mg/kg 첨가했을 때 난황 10 g내 최고 139  $\mu$ g에서 최저 93  $\mu$ g으로 매우 큰 차이가 있었다(Table 2).

강경래 등(1994a)이 조사한 바에 의하면 첨가 수준 및 기간별 비타민 E의 이행수준 변화는 Figure 2에서 보는 바와 같다. 8주 기준으로 이행량을 관찰하여 보았을 때 E1 처리구가 0주 대비 약 253%, E2 처리구가 약 538%, 그리고 E3 처리구가 약 945%가 증가되었다. 그리고 기간별 이행형태를 살펴보면 전 처리구에서 1주만에 계란내로의 이행이 급격하게 진행되어 2주부터는 평형상태를 유지하는 형태를 취하고 있다. 또한 그 이행량도 첨가수준별로 정확하게 구분되어 이행되는데 간에서 조절기간을 거쳐 이행되는 비타민 A와는 다른 형태를 보이고 있다.

8주 이후 퇴행효과를 관찰해 보았을 때 초기에 이행량이 증가하는 형태와 마찬가지로 E1 및 E2 처리구는 2주 이내에 그리고 E3 처리구는 4주 이내에 실험시작 전 수준으로 퇴행하여 ( $P < 0.05$ ), 비타민 A와는 달리 회복기간이 매우 짧았다.

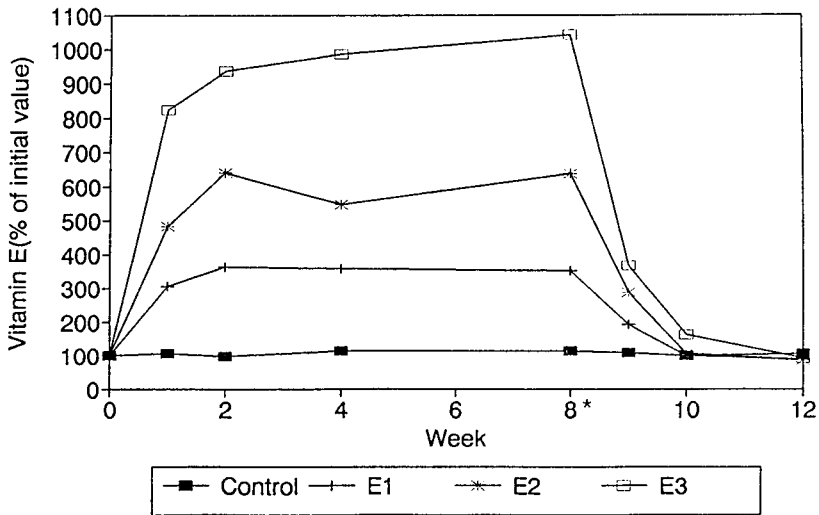
결과적으로 비타민 E는 비타민 A와는 달리 사료내 첨가 수준 변화에 따른 계란내 그 이행량의 변화가 빠르게 나타나며 그 이행량도 좀더 쉽게 예측이 가능하였다.

**Table 2.** Variability of  $\alpha$ -tocopherol transfer from the feed to the egg in hens

$\alpha$ -Tocopherol in feed mg /kg	$\alpha$ -Tocopherol in egg		% of 'highs'
	High*( $\mu$ g /g)	Low*( $\mu$ g /g)	
7.5	139	93	66.9
10.4	146	93	63.7
19.0	327	251	76.7

\* Averages of 4 hens preselected for transferring efficiency in a previous study.

(Bartov et al., 1965).



**Figure 2.** Percentage changes in vitamin E content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin E.

(C: control, E1: vitamin E 50 IU /kg, E2: vitamin E 100 IU /kg, E3: vitamin E 200 IU /kg)

\* All the birds returned to the control diet.

## 이행효율

최근 Naber와 Squires(1993)는 사료내 비타민 A 함량을 사료 kg당 0, 4,000 및 8,000 IU까지 첨가했을 때 난황으로의 일일 비타민 A 이행량은 244 IU까지 직선적으로 증가했으며, 16,000 IU/kg을 첨가했을 때는 이행량이 250 IU로서 상대적으로 계란내로의 이행효율이 감소했음을 보고했다. 그리고 4,000 IU/kg 및 8,000 IU/kg을 첨가해서 12주 이상 사육했을 때 이행효율이 75% 이상으로 가장 우수했다고 하였다. 결국 비타민 A를 계란내에 강화하고자 할 때는 이행효율이 높은 요구량의 2배 이내의 수준에서 비타민 A를 첨가할 것을 권장하고 있다. 한편 Sasago 등(1974)의 연구 결과에 의하면 하루에 10 mg의  $\alpha$ -tocopherol을 섭취한 산란계는 이중 약 15~21%를 계란내로 이행시킨다고 한다. 그러나 비타민 E의 계란내 이행 정도는 품종, 나이 및 계절에 따라서도 많은 변화가 있다(Bartov 등, 1965).

강경래 등(1994a)은 계란내 비타민 함량을 사료를 통한 섭취량으로 나눈 값을 이행률로 계산하였다(Ta-

ble 3). 각 비타민의 계란내 이행효율은 4주 및 8주 계란을 기준으로 살펴보았을 때 대조구가 유의하게 높았으며, 사료내 비타민 A 또는 E의 수준이 증가할수록 낮아졌다( $P < 0.05$ ). 또한 처리구의 기간별 이행효율을 관찰해 보았을 때 0주 대비 4주 및 8주의 이행효율이 유의하게 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 이는 4주 및 8주에 계란내로의 각 비타민의 이행량은 급격하게 증가했지만, 0주에 비해서 섭취량이 상대적으로 높았기 때문으로 판단된다.

비타민 A 처리구와 비타민 E 처리구의 기간별 이행효율의 변화를 살펴보았을 때 비타민 E 처리구의 4주와 8주의 이행효율 간에는 유의한 차이가 없었다. 이것은 비타민 E 처리구의 계란내 비타민 E 이행은 전 처리구에서 2주 이내에 그 이행량이 최고치에 달해 그 이후에는 거의 평형상태를 유지했기 때문으로 보인다.

그러나 비타민 A 처리구의 4주와 8주 결과간에는 8주 결과가 유의하게 높은 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 이것은 섭취한 비타민이 4주까지는 주로 간에 저장되어 계란으로의 상대적인 방출량이 적었기 때문으로 판단된다. 따라서 비타민 A의 이행효율을 향상시키기 위해서는 8주 이상의 사육기간을 가져야 한다고 사료

**Table 3.** Efficiency of vitamin transfer from diet to egg(Unit: vitamin A-IU, vitamin E- $\mu$ g)

Variables		Treatment <sup>1)</sup>						
		A1	A2	A3	C	E1	E2	E3
Avg. daily vitamin intake(IU /b /d) <sup>2)</sup>	0	1,675	1,682	1,580	1,627			
					1,876	1,926	1,859	1,863
Week	4	2,628	4,045	11,009	1,608			
					1,854	9,146	15,964	31,173
	8	2,512	4,096	10,713	1,554			
					1,791	8,848	15,458	28,954
Avg. daily vitamin output(IU /b /d) <sup>3)</sup>	0	334	336	278	345			
					749	750	876	775
Week	4	330	437	496	328			
					828	2,198	4,189	7,434
	8	384	580	1,339	293			
					727	2,083	4,508	7,625
Transfer efficiency <sup>4)</sup> (%)	0	20 <sup>abA</sup>	20 <sup>abA</sup>	18 <sup>ba</sup>	21 <sup>aA</sup>			
					40 <sup>bb</sup>	39 <sup>ba</sup>	47 <sup>aA</sup>	42 <sup>ba</sup>
Week	4	13 <sup>bb</sup>	11 <sup>cc</sup>	5 <sup>dc</sup>	20 <sup>aA</sup>			
					45 <sup>aA</sup>	24 <sup>bb</sup>	26 <sup>bb</sup>	24 <sup>bb</sup>
	8	15 <sup>bb</sup>	14 <sup>bcB</sup>	12 <sup>cB</sup>	19 <sup>aA</sup>			
					41 <sup>aAB</sup>	24 <sup>db</sup>	29 <sup>bb</sup>	26 <sup>cB</sup>

<sup>1)</sup> C: control, A1: vitamin A 8,000 IU /kg, A2: vitamin A 16,000 IU /kg, A3: vitamin A 64,000 IU /kg.<sup>2)</sup> Amount of intake was calculated from the total vitamin level by assay in each treatment diet and the average intake level of feed /hen /day.<sup>3)</sup> Amount of output was calculated by multiplying the egg production rate and the average egg yolk weight , and the egg yolk vitamin level.<sup>4)</sup> Percentage efficiency was calculated by dividing output by intake and multiplying by 100.<sup>a-d</sup> Means within a row with no common superscripts differ significantly (P<0.05)<sup>A-C</sup> Means within a column with no common superscripts differ significantly (P<0.05)

된다. Naber와 Squires(1993)는 산란계에서 사료내 비타민 A의 첨가 수준이 높을수록 이행효율은 낮아진다고 보고했다. 그리고 사료내 비타민 A수준을 4,000 및 8,000 IU /kg 첨가했을 때는 12주 이상 사육해야 그 이행효율이 높아진다고 보고한 바 있다.

### 비타민 A와 E의 계란내 이행시 상호작용

오래 전부터 비타민 A와 E는 영양학적으로 상호작용이 존재하는 것으로 알려져 왔다.

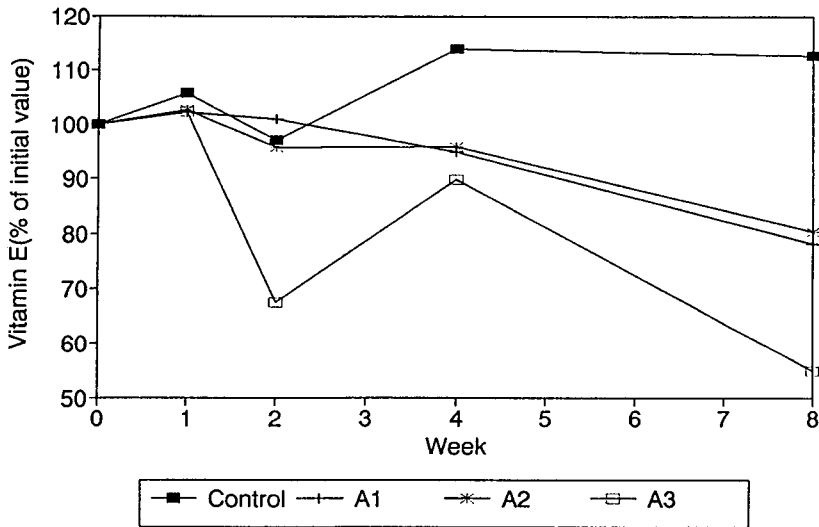
사료내 비타민 E가 부족되었을 때는 간내 총비타민 A함량이 감소되었고(Davise와 Moore, 1941), 사료내 tocopherol 함량을 높였을 때 쥐의 조직내 비타민 A 수준이 증가되었다(Sondergaard, 1972). 반면 사료내 비타민 A 수준을 높게 했을 때, 송아지(Dicks 등, 1958), 쥐(Edwin 등, 1962) 및 병아리 (Combs와 Scott, 1974; Combs, 1976; Pudelkiewicz 등, 1964) 등에서 혈장 및 조직내 tocopherol 수준이 낮아졌다. 이러한 현상에 대하여 비타민 A와 E의 상호작용이 기질과 항산화제로서의 작용에서 오는지 또는 조직내에서 생화학적인 기구가 별도로 존재하는지에 관하여 연구자간에 오랫동안 그 견해를 달리해왔다(Green 등, 1967).

이러한 상호작용이 이들 두 비타민의 계란 이행에서도 나타나는지에 관한 연구는 미진한 실정이다. Konno 등(1985)은 고수준의 비타민 A(40,000 IU/kg)와 E(500 mg/kg)를 동시에 첨가했을 때 비타민 A와 E의 상호작용이 나타나지 않았다고 보고했다. 하지만 최근 Jiang 등(1994)의 연구결과에 의하면 산란계 사료에  $\beta$ -carotene과  $\alpha$ -tocopherol을 동시에 첨가했을 때는 단독으로 첨가했을 때와 비교해 계란내  $\beta$ -ca-

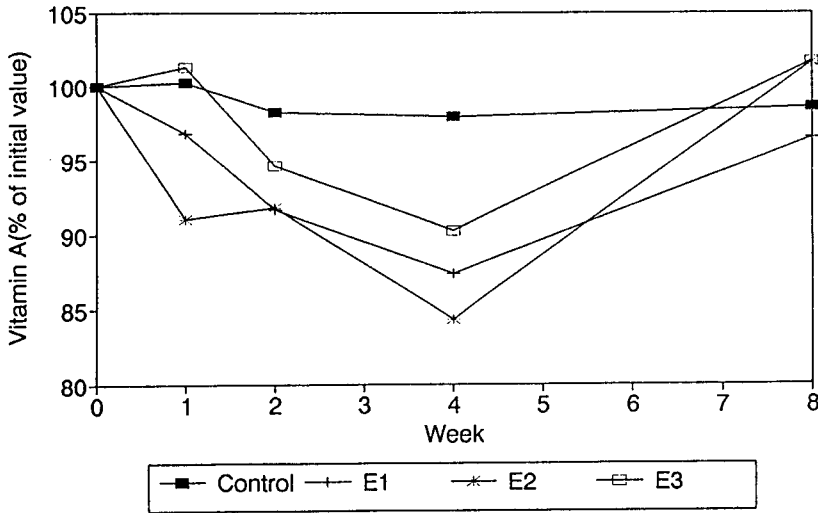
rotene 수준에는 변화가 없었지만  $\alpha$ -tocopherol 수준은 현저히 감소하는 것으로 밝혀졌다.

본 연구실(강경래 등, 1994b)에서는 비타민 A강화에 따른 계란내 비타민 E 함량 변화를 살펴 보기 위해 A1, A2 및 A3 처리구의 계란으로부터 비타민 E를 분석해 보았을 때 그 결과는 Figure 3에 나타난 바와 같다. A1 및 A2 처리구의 경우 계란내 비타민 E 함량이 2주까지는 대조구에 비해 차이가 없었으나 4주 이후 8주부터 감소하는 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). A3 처리구에 있어서는 계란내 비타민 E함량이 2주 이후에 급격하게 감소하기 시작하여 8주에는 대조구 대비 50%이하로 나타나 사료내 비타민 A수준이 높을수록 비타민 E의 이행량은 감소하고 있음을 알 수 있었다( $P < 0.05$ ). 이러한 결과는 계란내 이행에 있어서도 비타민 A와 E의 상호작용이 존재함을 확인시켜 주었는데 최근 Jiang 등(1994)도 사료내 비타민 A 수준이 증가할수록 계란내 비타민 E 수준은 감소한다고 보고한 바 있다.

사료내 비타민 E 강화에 따른 계란내 비타민 A 함량 변화를 살펴보기 위해 E1, E2 및 E3 처리구의 계란내 비타민 A 함량변화를 관찰해 보았을 때 그 결과



**Figure 3.** Percentage changes in vitamin E content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin A. (C: control, A1: vitamin A 8,000 IU/kg, A2: vitamin A 16,000 IU/kg, A3: vitamin A 64,000 IU/kg)



**Figure 4.** Percentage changes in vitamin A content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin E.

(C: control, E1: vitamin E 50 IU/kg, E2: vitamin E 100 IU/kg, E3: vitamin E 200 IU/kg)

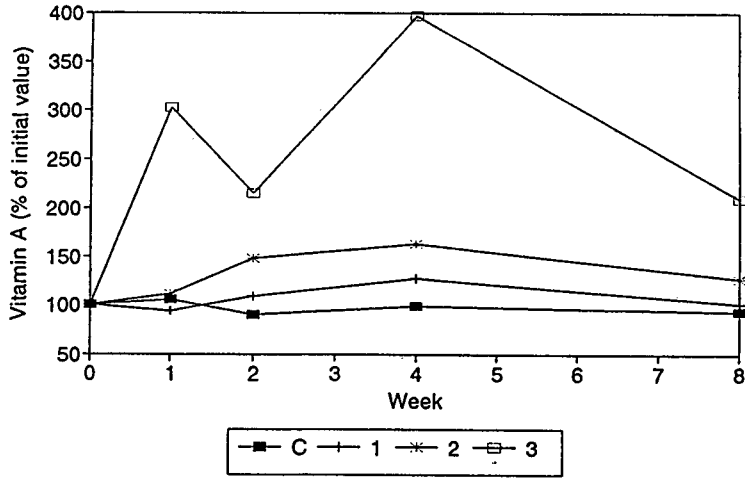
는 Figure 4에 나타난 바와 같다. 각 처리구에서 4주 까지 계란내 비타민 A 수준이 유의하게 감소하는 것으로 나타났으나 4주 이후에는 다시 증가하는 것으로 나타났다( $P < 0.05$ ). 그리고 사료 및 계란내 비타민 E 함량에 따른 비타민 E의 영향과는 또 다른 형태를 보였다. 이러한 결과는 4주 이후에 난황내 그 수준이 다시 회복되는 것으로 보아 사료내 비타민 E가 다량 투여되어 나타나는 비타민 A의 상대적인 흡수 및 이용율의 저하에 따른 일시적인 현상으로 볼 수도 있다. 하지만 다수의 연구자들(Davies와 Moore, 1941; Lemley 등, 1947; Napoli 와 Beck, 1984)이 보고한 사료내 비타민 E의 비타민 A 절약효과는 비타민의 계란내 이행과정에서는 나타나지 않았으며, Sondergaard(1972)가 사료내 tocopherol함량을 높였을 때 체조직내 비타민 A 수준이 증가되었다고 보고한 것과는 다른 경우로 보아야 할 것이다. 그러나 Jiang 등(1994)이 사료내 비타민 E 수준을 높였을 때 난황내 비타민 A 함량에는 유의한 변화가 없었다고 보고한 것과는 비슷한 경향을 나타낸 것으로 사료된다. 다만 왜 조직내 비타민 A수준과 난황내 수준이 같은 경향을 보이지 않는가에 대한 설명을 위해서는 좀 더 많은 연구

가 필요하다.

이상의 결과에서 볼 때 계란내 비타민 A를 강화했을 때는 비타민 E 수준이 감소함을 알 수 있었으며, 비타민 E를 강화했을 때는 비타민 A 수준이 일시적으로 감소한 후 다시 회복됨을 알 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 보아 계란내에서도 비타민 A와 E의 상호작용이 존재함을 확인할 수 있었다.

비타민 A와 E를 동시에 강화했을 때 기간별 난황내 비타민 A의 수준변화를 관찰해 보면 그 결과는 Figure 5에서 보는 바와 같다. 처리구 1과 2는 실험 개시 후 완전한 증가를 보이지만 처리구 3에서는 주별 변화의 폭이 크게 증가와 감소를 반복하는 형태를 나타내고 있다.

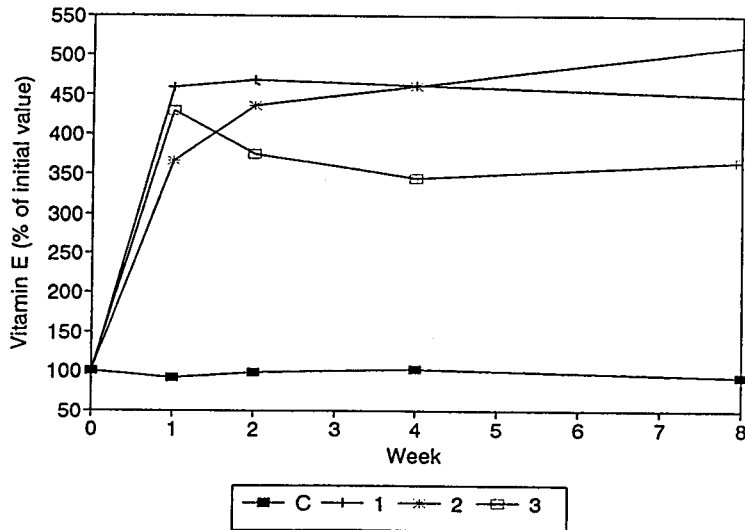
이러한 결과는 Figure 1과 상호 비교해 볼 때 그 이행형태가 매우 특이한 것이었으며, 그 이행량도 상대적인 첨가수준을 고려해서 비교 관찰해 볼 때 모든 처리구에서 매우 낮음을 알 수 있다. 또한 닭의 품종 및 사육환경 등 제반 실험조건을 고려하더라도 그 차이는 매우 크다고 판단된다. 결과적으로 본 실험에서는 비타민 A와 E를 동시에 다량 투여하였을 때는 단독으로 투여했을 때보다 비타민 A 역시 계란으로의



**Figure 5.** Percentage changes in vitamin A content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin A and E.  
 (C: control, 1: vitamin A 20,000 + vitamin E 200 IU /kg, 2: vitamin A 50,000 + vitamin E 200 IU /kg, 3: vitamin A 100,000 + vitamin E 200 IU /kg)

이행율이 감소했음을 나타내고 있다. 이것은 동일한 지용성 비타민인 비타민 A와 E를 동시에 강화함으로

서 비타민 A의 상대적인 흡수 및 이용율의 저하에서 나타난 결과로 사료된다. Davies와 Moore (1941) 및



**Figure 6.** Percentage changes in vitamin E content of egg yolk over initial value upon dietary supplementation of vitamin A and E.  
 (C: control, 1: vitamin A 20,000 + vitamin E 200 IU /kg, 2: vitamin A 50,000 + vitamin E 200 IU /kg, 3: vitamin A 100,000 + vitamin E 200 IU /kg)



Sondergaard (1972) 등이 쥐의 조직내에서 관찰했던 바와 같은 사료내 비타민 E의 첨가에 따른 비타민 A에 대한 절약효과는 관찰할 수 없었다.

첨가수준 및 기간별 난황내 비타민 E 함량 변화를 살펴보면 Figure 6에서 보는 바와 같다. 모든 처리구에서 계란내 비타민 E의 함량이 2주만에 최고치에 도달하고 2주 이후에는 추가적인 증가가 없는 등 이행형태가 유사하게 나타났다. 하지만 비타민 A 첨가수준이 달라짐에 따라 4주 이후에 계란내 비타민 E 수준이 처리구간 유의한 차이를 보이고 있는데( $P < 0.05$ ), 특히 처리구 1과 2에 비해 처리구 3의 비타민 E 수준이 현저히 낮았다. 따라서 사료내 비타민 A 수준이 증가할 수록 난황내 비타민 E 수준은 감소한 결과로 미루어 보아 비타민 E를 다량투여해도 그러한 경향은 나타난다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이 실험에서의 난황내 비타민 E의 이행수준은 처리구에서 2,000~2,500  $\mu\text{g}/10\text{g}$  범위인데 반해 이전의 실험결과에 따르면 기초사료에 단독으로 비타민 E를 200 IU/kg 첨가했을 때 그 이행량은 이보다 약 2배가 높은 5,000  $\mu\text{g}/10\text{g}$  수준이었다. 따라서 사료내 비타민 A 수준이 증가할 수록 난황내 비타민 E 이행율은 직선적으로 감소함을 관찰할 수 있었다.

### Vitamin A와 E의 계란내 이행시간과 난황내 vitamin 수준의 상관관계

사료내 비타민 A의 장내 흡수율은 80~90%에 달하며, 체내 비타민 A의 90% 이상은 간에 저장되고 섭취량이 매우 높았을 때는 상대적으로 흡수율이 낮아진다(Machlin, 1991). Squires와 Naber(1993)에 의하면 흡수된 비타민 A는 우선적으로 간내에 저장되기 때문에 계란내 비타민 A의 이행량은 사료내 비타민 A의 수준변화에 따라 빨리 반응하지 않는다. 이것은 체조직 중에서 간은 비타민 E에 대한 완충능력은 높은 데서 기인한다고 볼 수 있다(Jiang 등, 1994).

Hill 등(1961)은 사료내 비타민 A수준과 간과 난황내 비타민 A수준간의 상관관계를 관찰해 보았을 때 사료내 수준이 1,200 USP units/lb로 낮았을 때는 간내 비타민 A 저장량이 18 USP units/g으로 아주 적은데 반해 난황내 수준은 8.9 USP units/g으로 높

았으며, 사료내 수준이 10,000 USP units/lb로 높았을 때는 간내 저장량은 31,000 USP units/g으로 급격히 증가되었으나 난황내 수준은 16.3 USP units/g으로 서서히 증가함을 관찰할 수 있었다. 즉, 간이라는 체조직 기관이 사료내 비타민 A 수준이 높았을 때는 계란으로의 방출량을 서서히 해주고 사료내 수준이 결핍되었을 때는 계란내 비타민 A의 공급원 역할을 해주는 완충기관 역할을 함을 관찰할 수 있었다. Squires와 Naber(1989)도 이와 유사한 영향을 관찰할 수가 있었는데 그 이전에 비타민 A 수준이 충분한 상태였던 산란계에게 사료내 비타민 A 수준을 4개로 나누어 급여하였을 때 8주까지는 난황내 비타민 A 수준이 큰 변화가 없었으나 12주 차에 비타민 A 첨가수준별로 난황내 수준이 반응을 나타내었다고 한다. 이는 비타민 A의 간내 저장량이 비타민 A가 난황으로 이행하는데 중요한 인자이며, 또한 비타민 A가 사료로부터 계란으로 이행하는데 다소의 시간 지체가 있을 수 있음을 보여주고 있다.

강경래 등(1994b)이 간내에서 비타민 A와 E의 상호작용을 관찰해 보았을 때 간내 비타민 A 함량은 첨가수준별로 직선적으로 증가했다( $P < 0.05$ ) (Table 4). 하지만 비타민 E 함량은 비타민 A 수준이 증가할 수록 감소하는 경향을 보였다. 특히 처리구 3의 4주 결과는 비타민 E의 간장내 함량이 매우 낮은 것으로 판명되어 비타민 A 첨가수준의 증가가 비타민 E의 흡수 및 대사에 미치는 영향을 나타내었다. 그러나 처리구 3의 난황내 비타민 E 함량이 대조구보다는 높은 것을 볼 때 단순히 비타민 A에 의한 비타민 E의 흡수 저해 이외에도 조직내의 다른 상호작용이 있을 수 있다고 사료되며 이에 대한 구명은 좀더 많은 연구가 필요하다. Napoil와 Beck(1984)의 연구결과에 의하면  $\alpha$ -tocopherol은 특이적으로 간, 신장 및 장내에서 retinyl ester 가수분해효소를 억제하는 것으로 밝혀졌다. 이것은  $\alpha$ -tocopherol의 친지질성 방향성 고리와 최소한 한개의 이종원자(heteroatom)가 가수분해효소와 상호작용을 하기 때문으로 보이며 단순히 항산화적 성질에 의해 일어나지 않는 것으로 보인다(Napoil 등, 1984).

따라서 비타민 A와 E를 계란내에 동시에 강화해도 비타민 A와 E간에 상호작용이 존재함을 관찰할 수 있

**Table 4.** Changes in vitamins A and E content of liver over time in hens fed vitamins A and E supplemented diets<sup>3)</sup>

(Unit: vitamin A: IU/g, vitamin E:  $\mu\text{g/g}$ )

Treatment <sup>1)</sup>	Week 4		Week 8	
	Vit. A	Vit. E	Vit. A	Vit. E
C	1724.5 <sup>ad</sup> ± 42.1	ND <sup>2)</sup>	1901.0 <sup>ad</sup> ± 4.9	ND <sup>2)</sup>
1	2695.0 <sup>bc</sup> ± 18.4	18.6 <sup>aa</sup> ± 0.2	3644.5 <sup>ac</sup> ± 97.9	20.1 <sup>aAB</sup> ± 5.1
2	3984.0 <sup>bb</sup> ± 26.2	15.5 <sup>ba</sup> ± 0.6	8510.0 <sup>ab</sup> ± 226.3	43.9 <sup>aA</sup> ± 0.7
3	6777.0 <sup>ba</sup> ± 43.8	ND <sup>2)</sup>	9961.0 <sup>aa</sup> ± 236.2	17.7 <sup>AB</sup> ± 4.6

<sup>1)</sup> C: control, 1: vitamin A 20,000 + vitamin E 200 IU/kg, 2: vitamin A 50,000 + vitamin E 200 IU/kg, 3: vitamin A 100,000 + vitamin E 200 IU/kg.

<sup>2)</sup> Not detected.

<sup>3)</sup> Values are means ± S.E.

<sup>a-b</sup> Means within a row with no common superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A-D</sup> Means within a column with no common superscripts differ significantly ( $P < 0.05$ ).

었다. 하지만 그 형태는 난황과 간에 있어서 각각 다르게 나타났는데 난황에서는 상호길항적으로 작용한 반면 간에서는 비타민 E가 비타민 A를 절약하는 형태로 나타났다. 이러한 결과가 체조직과 계란에 대한 닭의 특이적 영향인지를 밝히기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다. Tengerdy와 Nocklels(1975)는 비타민 A와 E를 통한 병아리의 면역력 실험을 실시하였는데 두가지 비타민을 함께 주었을 때(비타민 A 60,000 IU/kg, 비타민 E 300mg/kg)는 각각을 단독으로 첨가했을 때보다 그 효과가 크지 않아 면역 기능에도 상호간에 길항작용이 존재한다고 보고한 바 있다.

## 결 론

이상과 같은 연구로서 사료내 비타민 A와 E는 계란 내로 이행하는 형태에 있어서 다소 차이가 있고 상호간에 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있었다. 즉 비타민 A의 계란내 이행량은 사료 변화에 빠르게 반응을 나타내지 않았으며 실험 시작 4주 이후에 계란으로의 본격적인 이행이 나타났다. 또한 비타민 A 첨가를 중단했을 때의 퇴행반응도 대조구 수준으로 퇴행하는데 최소 4주 이상 소요되는 것으로 나타났다. 한편 비타민 E의 계란내 이행량은 사료변화에 빠르게 반응을 나타내어 실험 시작 2주 이내에 본격적으로 계란으로

이행이 시작되어 그 이후에는 평형상태를 유지하는 형태를 보였다. 아울러 퇴행반응도 4주 이내 대조구 수준으로 퇴행한 것으로 나타났다.

비타민 A와 E의 계란내 이행효율은 사료내 첨가수준이 증가할수록 유의하게 감소하였다. 뿐만 아니라 비타민 A와 E가 계란으로 이행될 때 상호작용이 관찰되었는데 사료내 비타민 A 수준이 증가할수록 난황내 비타민 E 수준은 감소한 반면, 사료내 비타민 E 수준이 증가하였을 때는 난황내 비타민 A 수준은 일시적으로 감소한 뒤 회복되었다. 두 비타민을 동시에 강화했을 때도 난황내 비타민 A와 E 수준이 단독으로 강화했을 때보다 유의하게 낮은 것으로 나타나 결국 계란으로의 이행에 있어서 두 비타민의 상호작용은 길항적인 형태로 나타나는 것으로 관찰되었다. 하지만 간 조직내에서는 비타민 E가 비타민 A를 절약하는 형태로 나타났다.

(색인: 계란 비타민, 비타민 A, 비타민 E)

## 인용문헌

- Bartov I, Budowski P, Bornstein S 1965 The relationship between  $\alpha$ -tocopherol content of the breeder diet and that of the newly hatched chick. Poultry Sci 44:1489-1494.
- Bears GE, Miller MW 1937 The effect of

- varying levels of vitamin A in the hen ration on the vitamin A contents of the egg yolk on hatchability and chick livability. Poultry Sci 16:39-43.
- Bethke RM, Kennard DC, Sassaman HL 1927 The fat-soluble vitamin content of hen's egg yolk as affected by the ration and management of the layer. J Biol Chem 72:695-706.
- Combs GF, Scott ML 1974 Antioxidant effects on selenium and vitamin E function in the chick. J Nutr 104:1297-1303.
- Combs GF 1976 Differential effects of high dietary levels of vitamin A on the vitamin E-selenium nutrition of young and adult chickens. J. Nutr 106: 967-975.
- Cotterill OJ, Marion WW, Naber EC 1977 A nutrient re-evaluation of shell eggs. Poultry Sci 56:1927-1934.
- Davis AW, Moore T 1941 Interaction of vitamins A and E. Nature 147:794-796.
- Dicks MW, Rousseau JE, Eaton HD, Teichman R, Grifo AP, Kenmerer HA 1958 Some interrelationships between vitamin E and vitamin A in Holstein calves. J Dairy Sci 42:501-511.
- Edwin EE, Bunyan J, Green J, and Diplock AT 1962 The effect of vitamin A on ubiquinone and ubichromenol in the rat and its relation to the effect of vitamin E. Brit J Nutr 16:135-149.
- Green J, Muthy IR, Diplock AT, Bunyan J, Cawthorne MA, Murrell EA 1967 Vitamin polyunsaturated fatty acid stress, vitamin A and vitamin E in the rat and the chick. Brit J Nutr 21:845-864.
- Hill FW, Scott ML, Norris LC, Heuser GF 1961 Reinvestigation of the vitamin A requirements of laying and breeding hens and progeny. Poultry Sci 40: 1245-1254.
- Jiang YH, Mcgeachin RB, Bailey CA 1994 Tocopherol,  $\beta$ -carotene, and retinol enrichment of chicken eggs. Poultry Sci 73:1137-1143.
- Konno T, Asada T, Katsud T 1985 The effect of some fat-soluble substances on contents of vitamin A and E in egg yolk. Jap J of Zotech Sci (Nihon Chikusan Gakkai-ho) 56:414-416.
- Lemleg JM, Brown RA, Bird OD, Emmett AD 1947 The effect of mixed tocopherols on the utilization of vitamin A in the rat. J Nutr 34:205-210.
- Machlin LJ 1991 Handbook of vitamins(second edition). Marcel Dekker, Inc. Page 13.
- Naber EC 1979 The effect of nutrition on the composition of eggs. Poultry Sci 58:518-528.
- Naber EC, Squires MW 1993 Vitamin profiles of eggs as indicators of nutritional status in the laying hen: Diet to egg transfer and commercial flock survey. Poultry Sci 72:1046-1053.
- Napoil JL, Beck CD 1984  $\alpha$ -tocopherol and phylloquinone as non-competitive inhibitors of retinyl ester hydrolysis. Biochem J 223:267-270.
- Napoil JL, McCormick AM, O'meara B, Dratz EA 1984 Vitamin A metabolism:  $\alpha$ -tocopherol modulates tissue retinol levels *in vivo*, and retinyl *in vitro*. Archives of Biochemistry and Biophysics 230:194-202.
- Pudelkiewicz WJ, Webster L, Matterson 1964 Effects of high levels of dietary vitamin A acetate on tissue tocopherol and some related analytical observations. J Nutr 84: 113-117.
- Sasago KH, Kobayashi H, Tsugo T 1974 Tocopherol content of egg yolks. J Jap Soc Food Nutrition 27:147.
- Sherwood RM, Fraps GS 1935 The vitamin A requirement of hens for egg production. Texas Agricultural Experiment Station

Bulletin 514. College Station, TX.

- Sondergaard E 1972 The influence of vitamin E on the expenditure of vitamin A from the liver. *Experientia* 28:773-774.
- Squires MW, Naber EC 1993 Vitamin profiles of eggs as indicators of nutritional status in the laying hen: Vitamin A study. *Poultry Sci* 72:154-164.
- Squires MW, Naber EC 1989 Vitamin profiles in eggs as indicators of nutritional status in the laying hen. II. Vitamin A study. *Poultry Sci* 68(Suppl 1):140.
- Tengerdy RP, Nockels CF 1975 Vitamin E or vitamin A protects chickens against *E. coli* infection. *Poultry Sci* 54:1292-1296.
- 강경래 남기택 민방식 강창원 1994a 사료내 비타민 A 와 E의 첨가수준별 계란내 이행과 기간별 수준 변화. *한국영양사료학회지* 18:240-248.
- 강경래 이창환 남기택 강창원 1994b 사료내 비타민 A 와 E의 계란내 이행시 상호작용과 비타민 A의 다량투여에 따른 계란 및 간내 함량 변화. *한국가금학회지* 21:227-237.