

국내외기술정보

# 동물계에 존재하는 Astaxanthin의 식용 색소로서의 이용가능성

한 찬 규 · 경 현 민  
축산물이용연구부

## 요 약

양계사료에 astaxanthin을 첨가한 실험결과 astaxanthin이야말로 닭의 생산성 향상 및 수익성 증대에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 나타나고 있다. 예를 들면 육계 종계에 있어서 그 효과는 매우 괄목할만하며 향후 수년내에 매우 유용한 사료 첨가제로서 관명될 것으로 보인다(Poultry International, July 54-60, 1996).

Key words : Astaxanthin, Carotenoid, Pigments, Egg yolk pigmentation

## 서 론

Carotenoid는 terpenoid 화합물로서 자연계에 널리 분포되어 있으며, 동·식물의 색소성분으로 여러 가지 다른 생물학적 기능을 지니고 있다. 식물에서는 녹색을 나타내며 꽃이나 과일에서는 노란색에서 빨간색의 색소로서 존재한다. 동물의 경우 주로 갑각류·곤충의 외골격, 어육(연어, 송어, 금붕어 등), 조류의 깃털에 존재하며, 식품중에는 우유, 버터, 난황 등에 함유되어 있다.

Carotenoid는 화학구조상 산소를 함유하지 않는 carotenes와 산소를 함유하는 xanthophylls로 분류된다. 전자에는  $\beta$ -carotene(provitamin A)이 있으며, 후자에는 lutein, cantaxanthin, astaxanthin이 포함된다. 이러한 색소들은 조류에서 더 화려한 색을 나타낸다(Figure 1).

여러 종류의 미생물, 균류, 조류, 고등식물은 ca-

rotenoids의 체내 합성이 가능하나, 동물의 경우에는 식품으로서만 얻을 수 있다.

## Metabolism Of Carotenoids

동물체내로 흡수된 지방과 carotenoids의 대사 과정은 매우 다양하다. Carotenoids는 대부분이 다른 지방화합물과 함께 상부소장(십이지장)에서 흡수된다. 그러나 동물들마다 흡수되는 carotenoids의 종류는 상당한 차이를 나타낸다. 예를 들어 대부분의 초식 포유류는 carotenes만을 흡수하거나, carotenes과 xanthophyll을 함께 흡수하는 반면 대부분의 조류와 어류는 주로 xanthophylls만 흡수한다.

Carotenes(e. g.  $\beta$ -carotene)은 소장점막을 통과하면서 vitamin A로 전환되며, 이로써 포유동물이  $\beta$ -carotene을 다량 섭취하더라도 혈장내  $\beta$

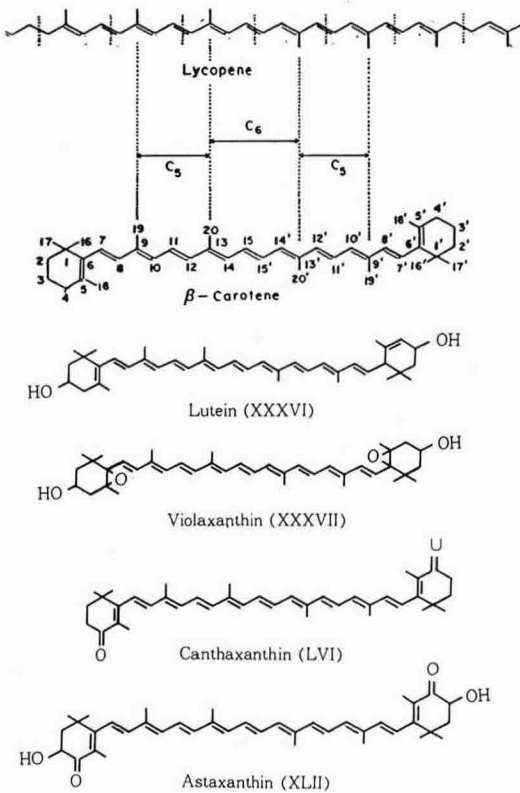


Fig. 1. The structure of some widely distributed carotenoid pigments.

-carotene 농도가 증가하지 않는 이유를 알 수 있다. 흡수된 carotenoids는 주로 혈액내에서 친수성의 지단백 복합체 (hydrophilic lipoprotein complex)에 의해 운반된다. 조류에서 carotenoids(주로 xanthophylls)는 위장에서 흡수되어 저밀도지단백(LDL)과 결합한다.

대부분의 포유류에서는 단지 소량의 carotenoids만이 조직에 축적되는 반면 조류의 경우 피부(표피), 깃털, 지방조직, 난황 등 여러 조직에 상당량이 축적된다. 흡수된 carotenoids는 lutein, zeaxanthin과 같이 흡수된 형태 그대로 축적되거나, 대사과정을 통해 변환된 형태인 canthaxanthin, guaraxanthin, astaxanthin으로 축적된다.

Carotenoids의 존재형태를 두 범주로 분류해 보

면,

- Xanthophylls은 피부, 지방조직, 난황 등에 함유되어 있으며
- Carotenes은 망막과 조류의 간에 함유되어 있다.

피부에는 주로 esterified carotenoids의 형태로 존재하지만, 난황에는 free carotenoids로 존재한다.

### Function In Animals

Carotenoids는 많은 동물종에서 여러 색소를 나타내며, 이는 동물 상호간의 의사 표현 수단이 될 뿐 아니라 위장술을 제공하기도 한다. 포유류의 경우 carotenoids는 provitamin A로서 중요한 기능을 지닌다.

최근 몇 년간 carotenoid의 항산화 기능에 대한 관심이 급속히 증가하고 있으며, 이러한 항산화 기능이 인간이 노령화되면서 나타나는 질병에 영향을 미친다는 믿음이 높아지고 있다.

Carotenoids의 기능은 다음의 연구 분야에서 관찰되어 왔다.

- 수태율(Fertility)
- 암(Cancer)
- 심장혈관계 질환(Cardiovascular disease)
- 면역방어체계(Immune defence system)
- 백내장과 같은 안구질환(Eye disease such as cataracts)

Carotenoids(특히,  $\beta$ -carotene)가 번식에 미치는 영향은 오랜기간 연구되어 왔으며, 젓소, 암퇘지, 토끼와 말에 있어서의 영향은 최근에 확인되었다. 또한, 연어란의 astaxanthin 농도는 부화에 영향을 준다.

### Astaxanthin

동물계에 존재하는 xanthophyll은 대부분이 붉은색을 띠는 astaxanthin이며, 이외에도 노란색의

lutein과 zeaxanthin이 있다. 그러나 조류는 astaxanthin과 canthaxanthin이 같은 비율로 존재한다.

Astaxanthin은 어류에서 교배시의 착색이나 닭의 벗과 같은 조류의 장식적 효과를 주는 색상에 관여한다. 또한 가금류에 있어서 astaxanthin은 천연의 색소로서 존재한다. 홍미롭게도 암탉은 화려한 색의 수탉을 선호하여 이들의 교배율이 더 높다. 또한 astaxanthin은 어류와 조류에서 provitamin A activity를 갖는다.

여러 가지 실험 결과에 의하면, astaxanthin은 다른 carotenoids보다 항산화력이 훨씬 높게 나타나며, 어떤 조건에서는 astaxanthin의 지방산화억제 작용이  $\beta$ -carotene보다 10배, vitamin E보다는 100배나 높은 것으로 나타났다. 면역 자극 효과에 대한 실험에서는 astaxanthin이 동량의  $\beta$ -carotene보다 더 우수하였다.

제한된 공급자와 높은 비용으로 인해 양식 연어의 체색 증진을 위한 경우 이외에는 동물 영양을 위한 astaxanthin 공급은 아직까지는 제한되고 있는 실정이다.

천연색소로서의 astaxanthin은 새로운 제조 기술의 발달에 힘입어 사료산업에 이용될 수 있다. 한 예로 녹조류(Haematococcus)의 배양을 통해 astaxanthin을 생산할 수 있으며, 이와같은 천연의 astaxanthin을 사료에 첨가하였을 때 나타나는 효과에 대해서 많은 영양학자들이 연구중에 있다.

### Egg Yolk Pigmentation

스웨덴에서는 난황의 착색을 위해 사용하던 인공 색소를 1991년 이후 법적으로 금지하였다. 이러한 상황으로 인해 사료제조업과 양계업계에서는 목초, 옥수수 글루텐과 고춧가루와 같은 천연자원으로 의존해야만 했으며, 소비자들은 옅은 색의 난황(Roche Colour Fan;RYCF;6-7 points)만을 구입해야 했다.

결과적으로 최근에는 강력한 천연색소의 개발이

시급히 요구되고 있다.

한 예로, 조류(Haematococcus pluvialis, produced by AstaCarotene AB, Gustavsberg, Sweden)에 함유된 astaxanthin을 산란계에 투여하여 난황의 착색 효과를 관찰하였다. 실험 사료는 보리(48%), 귀리(20%), 밀(8%) 및 알팔파밀(1%)을 기본사료로 하여 astaxanthin을 함유한 algae meal의 첨가량을 증가시켜 사료에 배합하였다. 이것을 44주령된 산란계(실험 전 2주간은 astaxanthin이 전혀 함유되지 않은 사료를 공급)에 5주간 공급하였다.

시험 결과, astaxanthin이 첨가되지 않은 대조군은 RYCF 3.8점, astaxanthin을 사료 1kg당 1, 2 그리고 3mg 첨가한 경우는 각각 RYCF 7.9, 10.1 그리고 11.8점을 나타냈다. 비록 이 실험은 공시된 산란계수가 적었음에도 불구하고 시험처리 구간 통계적인 유의차를 나타냈다.

### Fertility Improvement

화학적으로 astaxanthin은  $\beta$ -carotene과 치환(=O-and-OH-groups) 정도가 다를 뿐, 이 두 화합물은 모두 provitamin A activity를 지닌다. 또한,  $\beta$ -carotene이 포유류의 번식 parameter에 미치는 영향이 astaxanthin이 가금류에 미치는 영향과 동일할 것이라는 가설 때문에 브로일러 생산 실험은 상업적인 조건에서 수행되었다.

산란계를 두 그룹(A, B 농장에서 각각 10,000수 규모 사육)으로 나누어 6주간 관찰하였다. 두 농장은 모두 밀과 보리의 기본사료를 공급 받았는데 농장 B의 경우 사료 1kg당 astaxanthin 4mg이 함유되도록 algae meal(Haematococcus)을 첨가한 사료를 제공받았다. 2주간 공급한 후 부화율을 조사하기 위해 계란을 수집하였는데 A그룹은 평균 부화율이 실험 개시전과 동일한 수준이었으나 astaxanthin 첨가 사료를 공급받은 B그룹은 부화율이 평균 5% units가 증가하였다. 이러한 결과는 다른 동물종에서 관찰된  $\beta$ -carotene의 효과와 유

사하게 astaxanthin이 산란계의 수태율에도 비슷한 영향을 미치는 것으로 시사하고 있다.

## Performance Improvement

Astaxanthin의 면역 자극 효과에 대한 문헌은 오늘날 집약적인 동물생산(animal production)과 관련된 질병의 관점에서 볼 때 흥미롭다. 예를 들어 육계의 경우 육추개시 며칠동안 스트레스 증후군, 전염성 및 환경적인 스트레스를 줄이기 위해 astaxanthin 처리를 한다. 이와 같은 관계에 있어서는 잘 발달된 면역체계는 매우 중요하다.

Astaxanthin이 육계에 미치는 영향을 조사하기 위한 실험이 스웨덴(Svenska Foder/Blenta Experimental Station in Kasl sa)에서 실시되었다. 총 3,840마리의 노계(Cobb chickens)를 임의로 8 그룹으로 분류하여 480수씩 평사에서 사육하였다. 시험사료는 두 처리군으로 나누어 밀과 대두박을 기본사료로서 공급하되 astaxanthin이 함유되지 않은 사료처리군과 사료 1kg당 2mg astaxanthin을 기본사료에 첨가한 처리군으로 하여 각 처리군당 4 pens을 배치하고 36일간 급여하였다. 체중, 사료 섭취량, 폐사율은 매주 기록하였다. 실험결과 astaxanthin 첨가군은 대조군에 비해 체중 증가량은 4.6% ( $p < 0.05$ ) 높았으며, 사료 섭취량은 2% 더 많았다(Table 1). 폐사율과 난황낭 감염율은

대조군에 비해 낮았으나 통계적인 유의차는 없었다.

위와 비슷한 다른 실험으로 astaxanthin의 급원으로 algae meal을 기본사료(대조군)에 첨가하였는데, 사료 1kg 당 4mg 또는 8mg astaxanthin을 첨가한 처리군에서 가슴근육의 무게(beast muscle weight)가 높게 나타났다.

위의 두 실험 모두에서 기본사료에 조류(algae meal)를 첨가해 급여한 처리군은 대조군에 비해 피부와 발, 부리에서 더 노란색을 나타냈다.

Table 1. Performance of broiler chickens fed 0 or 2mg astaxanthin/kg feed between 1 and 36days of age(Svenska Foder AB, 1995)

	Control	Astaxanthin
Liveweight gain, g/bird	1628	1703*
Feed intake, g/bird	2930	3028
Feed conversion ratio	1.69	1,831*
Days 1-7:		
Mortality, %	1.98	1.35
Yolk sac infections, %	0.89	0.68
Days 1-36:		
Mortality, %	4.53	3.7
Yolk sac infections, %	1.2	0.89

\*  $p < 0.05$