난황의 착색에 영향을 주는 주요인자(Ⅱ)

— 제일화학 학술부 —

(지난호에 이어 계속)

5. Yellow Carotenoids

yellow carotenoid에는 주로 3가지 형태가 있으며 다음과 같이 분리된다.

- 원료로부터 기인된 형태
- Tagetes로부터 기인된 형태
- Apo-ester로부터 기인된 형태

1) 원료

원료는 그 원료내 함유된 carotenoid의 양과 또 함유된 carotenoid를 동물(가금)이 이용할 수 있는가 하는 점을 고려해야 한다. 대부분의 사료성분 중 가금에 있어서 착색에 관여하는 가장 주된 색소는 lutein과 zeaxanthin이다. 표2는 흔히 사용되는 원료 사료내 xanthophyll, lutein 및 zeaxanthin의 함량을 나타낸 것이다. 각각의 sample에 대하여 각 색소의 함량에는 많은 차이가 나타난다. 난황착색에 대한 능력을 xanthophyll을 기준으로 하여 계산하게 된다면 각각의 원료는 평균값으로부터 큰 변이 폭으로 존재하는 색소의 함량 때문에 정확하지 못한 값으로 나타날 수 있다.

표 2. 사료내 Xanthophyll, lutein 및 Zeaxantin의 함량(mg/kg)

사 료 성 분	Total xanthophyll		Lutein		Zeaxanthin	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
Yellow maize	10~41	17	4~18	8	4~26	5
Plate maize	20~48	30	4~6	5	17~32	22
Opaque maize	0.4~8	5	0~2	1	0.1~4	2
Maize Gluten Feed	12~40	32	4~25	18	2~16	9
Maize gluten Meal	150~300	180	70~150	100	60~90	70
Maize Germ Meal	1~8	4	0~2	1	0~3	2
Lucerne meal	50~500	250	42~514	182	5~116	45
Grass mea l	221~668	433	140~447	288	17~123	67

원료 내에는 lutein과 zeaxanthin 외에도 다른 carotenoid를 함유하고 있다. 이러한 색소들은 원료내에 소량으로 존재하며, 그 중 몇몇은 난황착색에 거의 영향을 미치지 않는다. 그러므로 일반적으로 난황착색에는 lutein과 zeaxanthin의 두 가지 색소를 기준으로 착색효과를 기대하게 된다.

표 3. 일반 사료내 Lutein과 Zeaxanthin의 비율

사 료 성 분	Lutein	Zeaxanthin(%)
Yellow maize	50~60	40~50
Plate maize	20~30	70~80
Maize gluten	50~60	40~50
Alfalfa meal	85~90	10~15
Grass meal	80~90	10~20
Tagetes	90~92	8~10

사료성분 내의 xanthophyll에 의한 난황의 착색에 있어서는 lutein과 zeaxanthin이 나타내는 색상에 차이가 있다는 점을 고려하여 lutein : zeaxanthin의 비율에 의한 변이에 주의해야 된다. 일반적으로 혼합 비율은 다음의 표 3과 같다.

원료를 착색원으로 이용하고자 할 때 필요한 yellow carotenoid를 공급함에 있어서 난황의 착색에 해당 개체(가금)가 실질적으로 이용할 수 있는 양을 정확히 계산해 내야만 한다.

2) Tagetes products

상당한 양의 marigold(tagetes) 꽃잎 추출물은 다양한 상표 및 상호로 시제품화되어 있으며 특히 영국에서는 이들 중 일부가 실제 이용되고 있다. Tagetes product 내의 전체 xanthophyll의 함량은 1.2~2%의 범위 내에 있으며, carotenoid 전구체는 lutein이고, 소량의 zeaxanthin도 함유하고 있다(표 3). 이용 가능한 많은 종류의 제품 특성은 상대적으로 많이 다를 수 있다는 점을 명심해야 한다. Tagetes product 내에 있는 carotenoid의 안정성에 있어서는 아직 의문의 여지가 있다.

3) Apo-ester products

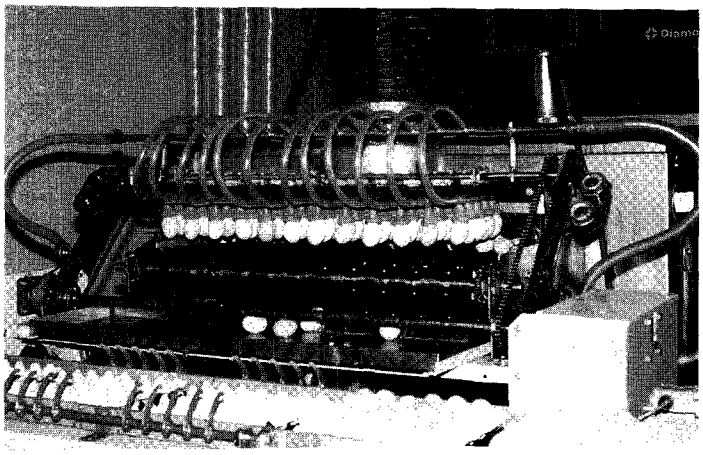
Apo-ester는 CAROPHYLL® Yellow와 Lucantin® yellow 내에 있는 xanthophyll이다. Apo-ester의 난황 침착효율은 40~50%로 lutein이나 zeaxanthin(15~20%)에 비해 2~3배 높은 효율을 가진다. 더욱이 apo-ester의 색조는 zeaxanthin의 색조와 흡사하다. Apo-ester는 10%의 최소활성 기준으로 제조되어 다루기가 용이하고 premix나 사료내에서 매우 안정한 형태로 존재한다.

6. Yellow Carotenoid(요약)

최근 영국의 산란계 사료에서 yellow carotenoid의 사용수준은 감소되는 경향이 있다. 더욱이 apo-ester : tagetes xanthophyll의 대치비율이 1 : 3에서부터 급격히 감소하여 상대적으로 배합사료내의 yellow xanthophyll 함량은 과대 평가되었다.

앞서 언급한 바와 같이 난황의 기본적인 색상은 노란색이며, 우수한 착색효과를 위해서는 보다 우수한 착색원을 개발해 내는 것이 필요하며, 또한 색소의 첨가 수준(사료내 7~9ppm lutein/zeaxanthin or 2.5~3ppm apo-ester) 그에 맞도록 해 주어야 한다. HPLC 분석치를 통한 lutein과 zeaxanthin의 원료내 함량을 기준으로 각각 다른 carotenoid 원료를 이용하여 난황착색에 대한 전략을 세우는 것은 가능한 일이다. 그러나 실제로 이렇게 정확히 계산된 요인들이 항상 그대로 적용되는 것은 아니다.

만일 노란색의 색소가 충분하지 않고 red carotenoid가 사료내 포함되어 있다면, 진한 오렌지색이나 분홍색 등의 등외 색이 나올 가능성이 있다는 것을 명심해야 한다. 또한 노란



색 색소가 충분하지 않으면 난황색의 변이폭을 증가시키며 난황막을 불투명하거나 얼룩이 생기게 할 수도 있는 요인이 된다는 사실도 알려져 있다. 더욱이 사료내 yellow carotenoid의 수준이 감소하게 되면, 계속적으로 상대적 착색불량의 정도가 높아지게 된다. 사료내 yellow carotenoid의 수준이 감소하게 되면 이러한 효과들이 즉시 발생하는 것은 아니지만, system내의 안전수준마저도 무너뜨릴 수 있으며 이러한 현상은 yellow carotenoid의 수준이 얼마인가에 달려 있다.

7. Red Carotenoid

현재 시중에서 사용중인 red carotenoid는 두 가지의 형태가 있는데, 이것들은 canthaxanthin과 citranaxanthin이다. 이 생산물의 형태는 최소한 10%의 활성 물질을 포함한다.

Canthaxanthin과 citranaxanthin을 비교해 보면, canthaxanthin의 침착효율(ⓐ 35~45%)은 citranaxanthin의 침착효율(15~20%)의 두배 정도에 달한다.

Citranaxanthin은 orange/red carotenoid이기 때문에, canthaxanthin을 대치하였을 때는 두 가지 색소의 혼합에 의해 노란색 색소 수준이 오히려 감소하게 될 것이라고 제시되어진 바 있다. 사실상 이런 제안에 대한 근거가 있는 것은 아니다. 다만 두 가지 색소에 대하여 citranaxanthin이 canthaxanthin 보다 붉은 색이 더 강하다는 이유 때문이다. 만일 citranaxanthin으로 canthaxanthin을 대치하는 것이 붉은 색 색소의 평형을 유지하는 수준으로부터 이루어지고, 두 가지의 색소가 모두 붉은 색 색소라면, 노란색의 색소의 공급수준은 변화하지 않게 될 것이다.

만일 canthaxanthin이 citranaxanthin보다 더 붉은 색을 나타낸다면, 보다 원하는 Roche Fan Score를 얻기 위해서는 상대적으로 citranaxanthin을 canthaxanthin보다 더 많이 급여해야 할 것이다. 앞서 말한 바와 같이 canthaxanthin의 침착 효율은 citranaxanthin의 두 배 정도에 이르므로, 대치 비율은 최소한 2 : 1이 된다. 그러나 2 : 1의 비율보다는 상대적으로 낮게 대치하는 것이 흔히 사용되는 방법이며, 효과를 거두고 있다.

Canthaxanthin 분자는 citranaxanthin 분자보다 더욱 안정된 형태라는 것을 명심해야 한다. Canthaxanthin 분자의 β-ionone에 있는 group은 canthaxanthin 분자를 보호해서 Tel Quel product나 가금류의 체내에서 대사가 계속 진행되는 것을 억제한다. 그렇게 해서

보다 안정적인 분자인 canthaxanthin이 가금류에서 보다 효율적으로 이용되어 산란계에서는 붉은색 색소로서 남아 산란계가 이용할 수 있게 된다.

8. Carotenoid가 난황에 이동 및 침착하는데 영향하는 요인

이 글은 Roche Vitec article (Vitec 1, C2-1/1 and Vitec 2, C2-4/1)에 게재되어 있으며 다음과 같이 정리 요약할 수 있다.

난황착색은 사료, 동물(조류, 가금류), 환경에 관계되는 다양한 변이에 의해 영향을 받을 수 있다.

1) 사료내 다른 성분과의 상호작용

사료내 다양한 성분들에 의해 난황내 색소의 침착이 개선되거나 혹은 억제된다. 이러한 효과는 색소의 원료나 색과는 무관한 것이다.

① 쌀겨 : 30%이상을 사용하면 Roche Fan Score를 1정도 개선시킬 수 있다.

② 곡류 : 옥수수에는 난황에 착색되는 carotenoid가 있는 것은 주지하는 사실이다. 옥수수내에는 함량이 다양하며, 그 함량이 어느 수준에서는 오히려 색상의 발현을 저해하는 경우도 있다는 보고가 있다. 또한 보리 위주의 사료는 밀 위주의 사료에 대해 착색효과가 낮아 Roche Fan Score로는 반정도 낮은 계란을 생산해 낸다고 한다

③ 지방 : 첨가되는 지방에 의한 영향은 지방산의 포화도에 의해 좌우된다. 고도불포화지방산인 경우에는 난황의 착색에 거의 영향을 주지 않으나, tallow와 같은 고도포화지방산의 경우에는 yolk fan number를 한단계 정도 개선시켜 준다.

④ 단백질 및 아미노산 : 고단백사료는 yolk fan number를 저하시키는 효과를 가지는 반면, 저단백사료의 경우는 오히려 개선시키는 효과를 가진다. 또한 methionine의 수준이 낮으면 난황의 착색은 감소된다.

⑤ 비타민 A의 함량 : Carotenoid와 비슷한 유기분자 사이에는 흡수 및 수송에 있어 상호 경쟁이 있을 것으로 보여진다. Vitamin A 수준이 높으면, 난황의 착색이 저조해진다.

⑥ 비타민 E와 항산화제 : Tocopherol(천연 vitamin E)이나 합성 항산화제의 첨가는 난황의 착색을 돕는 경향이 있는데 이는 in vitro에서 항산화제가 carotenoid를 보호하는 효과 때문이다.

Acetate 형태로 vitamin E를 공급하게 되면 위와 같은 효과를 가지지 못하게 되는데, 이는 vitamin E가 장벽을 통해 흡수된 후에야 비로소 항산화제의 활성을 지닐 수 있기 때문이다. 또한 사료내 peroxide의 함량이 증가하게 되면 carotenoid의 안정성에 영향을 끼친다는 보고도 있다.

⑦ 유화제 및 곰팡이 독소 : 지방과 지용성 vitamin과 carotenoid는 소장에 있는 담즙에 의해 유화된 후에 용이하게 흡수된다. 담즙의 생산을 감소시키거나 저해하는 mycotoxin은 색소의 흡수, 수송 및 침착을 저해한다. Afflatoxin, T-2 toxin, ochratoxin 등은 가금류에 있어

서 저carotenoid증상 (hypocarotenoidanemia)을 유발하는데, 이는 GI tract (gastro-intestinal tract)으로부터 carotenoid의 흡수를 감소시키기 때문이다. Mycotoxin의 효과는 매우 강력하여 mycotoxin의 영향을 받은 산란계는 난황의 착색이 최대한 억제되어 pale egg yolk를 생산하게 된다. Mycotoxin의 농도가 낮은 경우, 생산성이 약간 저하되며, 주목할 만한 효과는 난황의 착색이 매우 부진하다는 것이다. 또한 mycotoxin의 농도가 증가하게 되면, 색소의 흡수와 수송에 영향을 끼쳐 보다 생산성이 떨어져, 난중과 크기도 감소하게 되며, 난황의 색도 더 어둡게 된다

⑧ 특정 사료성분과 첨가제

난황의 착색은 사료내 tannin이나 gossypol에 의해 악영향을 줄 수 있으며 반대로 항생제나 콕시듐치료제 혹은 구충제의 첨가는 좋은 난황착색 효과를 얻을 수 있다.

2) 종에 의한 효과

동물(가금)의 종에 의해 난황의 착색효과는 다르게 나타난다. 예를 들면 White Leghorn breed는 White Rock based breed보다는 우수한 난황착색 효과를 갖는다.

3) 건강상태

사료의 통과시간이나 소화관의 흡수효율을 감소시키는 어떤 질병도 carotenoid의 흡수를 감소시킬 수 있다. 특히 콕시듐이나 특정 기생충에 있어서는 난황의 착색을 명백히 저해한다.

4) 사료섭취량

사료내 에너지 함량의 증가나 스트레스에 의한 사료섭취량의 감소 등은 잠재적으로 carotenoid의 섭취를 감소시켜 난황의 착색을 저해하게 될 것이다.

일반적으로 종이 서로 다른 건강한 산란계에게 양질의 사료를 급여하게 되면 90% 정도의 3 fan blade인 계란을 생산해 낸다. 예를 들어 얻고자 하는 Fan number가 11이라면 생산된 계란의 90%는 Fan number 10~12에 있는 것이다. 이보다 더 많은 변이를 가져오게 되면 균일성이 문제된다.

특정한 종의 산란계에서 동일한 사료를 급여했을 때 등급 외의 계란을 생산해 내게 된다면 사료의 문제가 아니고 농장 즉, 사양관리의 문제가 될 것이다. 또한 계란의 평균 색상의 변이가 크다면 이는 사료의 문제일 것이다. 그러나, 난황의 착색에 가장 중요한 원인을 주는 것은 산란계 사료에 정확한 carotenoid의 양을 계산해서 첨가해 주는 사람의 잘못인 것으로 인식되어지고 있다.

9. 요약

난황착색의 기본은 생산품에 관계없이 일정하다. 앞서 말한 바와 같이 착색을 위해서 필요한 여러가지 방법들을 선택하고자 할 때 생산품의 특성과 관련하는 수많은 요인들이 존재하게 된다. 더욱이 carotenoid의 공급효과를 정확히 비교 분석하기 위해서는 과대평가 하지 않고 비슷비슷한 수준의 사료를 명확히 구분해 내서 정확한 비교가 될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하겠다. 양계