

Astaxanthin과 Capxanthin의 급여가 난황의 착색에 미치는 효과

손민정 · 김성한 · 이봉덕¹ · 임용표² · 안길환[†]

충남대학교 식품공학과, ¹동물자원학과, ²원예학과

Effect of Dietary Supplementation of Astaxanthin and Capxanthin on the Pigmentation of Egg Yolk

M. Son, S. Kim, B. D. Lee¹, Y. P. Lim² and G. An[†]

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

¹Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University

²Department of Horticulture, Chungnam National University

ABSTRACT A total of 96 ISA Brown layers, 63-wk-old, were used in a 12-day feeding trial to measure the effect of dietary astaxanthin and capxanthin on their accumulation in egg yolk. The hens were fed diets containing astaxanthin from the yeast, *Phaffia rhodozyma*, at 22.5 mg/kg feed, or synthetic compound at 45 mg/kg feed, and capxanthin from paprika extract at 45 mg/kg feed. The levels of yolk astaxanthin from the two pigments were saturated at 9th day of feeding. Capxanthin was not accumulated in egg yolk but its derivatives were slightly present after 6~9 days of feeding. The level of astaxanthin accumulated in egg yolk was proportional to the level of dietary astaxanthin. Except the color of egg yolk, other quality factors of eggs were not significantly different among the treatments.

(Key words : egg yolk, astaxanthin, capxanthin)

서 론

난황색은 오래전부터 소비자들이 계란의 품질을 판단하는 가장 중요한 특성의 하나로써, 특히 황금색의 난황을 선호하고 있다. 이 황금색의 난황은 carotenoid의 축적에 의하여 만들어지는데, 1단계는 황색 xanthophyll이 난황에 축적되는 단계로 여기에서 착색에 영향을 미치는 carotenoid의 축적 정도가 결정되며, 2단계에서는 적색 carotenoid에 의하여 짙은 황색이나 오렌지색에 도달된다고 하였다(Strieff, 1970; El Bou-shy and Raterink, 1987).

일반적으로 계란의 황색 정도는 Roche color fan score (RCFS)로 표시하는데, 서구에서 조사 결과 가장 선호도가 높은 계란의 난황색은 RCFS 11~12로서, 일반 계란의 난황은 6~7을 나타낸다(Roche Vitamins and Fine Chemicals, 1988). 이러한 계란의 난황 착색은 기본적으로 난황 내에 노란색 색소인 canthaxanthin이 충분히 축적된 상태에서 붉은색 계열인 asta-

xanthin이 축적되어 좀 더 선명한 오렌지색의 RCFS 11~12를 나타내게 된다(Roche Vitamins and Fine Chemicals, 1988). 이러한 결과에 의해 난황의 착색을 위해 사용되는 시판 색소는 주황색과 붉은색의 색소를 3:1로 혼합하여 사용할 것을 권장하고 있다.

최근의 연구에 의하면 적절한 양의 carotenoid를 급여하면, 이 색소가 육계와 산란계의 지방부분에 축적이 되어 바람직한 색을 띠게 할 수 있었다고 한다(나재천 등, 2004a; 나재천 등, 2004b; An et al., 2004). Carotenoid의 흡수는 그것의 source에 의해 영향을 받는다. An et al.(2004)은 biological astaxanthin 22.5 mg/kg feed는 chemical astaxanthin 45 mg/kg feed와 비슷하다고 보고한 바 있다. 따라서 본 연구에서도 같은 농도의 astaxanthin을 사용하였다. Astaxanthin의 biological source인 효모 *Phaffia rhodozyma*는 두껍고 강건한 세포벽으로 인해서 이를 분쇄하여야만 효율적으로 동물에 흡수되었다(An et al., 2006). 본 과제에서도 biological astaxanthin인 *Phaffia*

[†] To whom correspondence should be addressed : ghahn@cnu.kr

rhodozyma 효모의 세포벽을 roller mill을 이용하여 분쇄 후 에 본 시험에 사용하였다.

Hatzipangiotou(1984)는 난황색의 변화는 급여 후 1일부터 발생하나 안정된 난황색을 위해서는 4~5일 이상이 필요하며, 체내에 누적된 색소 물질이 완전히 고갈되는 데에도 10일 이상의 기간이 필요하다고 하였다. 본 과제에서는 충분한 carotenoid의 축적을 측정하기 위하여 12일간의 급여로 실험을 진행하였다.

난황의 착색을 위해서 canthaxanthin이나 astaxanthin(Fig. 1) 등의 화학 합성품이나 또는 식물 추출물을 사용하고 있다. 본 과제에서는 적절한 난황의 착색을 위하여 붉은색 계통의 carotenoid인 astaxanthin을 이용하였다. Astaxanthin의 난황 착색 효과는 검증되어 있으나, 생물 및 chemical astaxanthin의 정확한 사용 농도를 알기 위하여 본 연구를 진행하였다. Paprika 색소는 식품 첨가제로 많이 사용되고 있으며, 가격이 상대적으로 싸고 붉은 색을 띠고 있다. Capxanthin(Fig. 1)은 paprika 추출물의 주 색소원이며, 안전하고 가격이 싸 본 연구에서 이 carotenoid의 실용적 이용 가능성을 조사하였다. Capxanthin을 이용한 난황 착색 효과를 검토하기 위하여 산란계에 급여후 난황에서의 농도를 조사하였다. 본 실험에서는 carotenoid의 흡수는 극성에 의하여 강하게 영향을 받는데(Na et al., 2004), astaxanthin과 capxanthin은 비슷한 극성을 갖고 있으므로(Fig. 1), 이들의 효과도 비슷할 것으로 예상하여 같은 농도로 사용하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물, 시험 설계 및 사양 관리

63주령 ISA Brown 산란계 총 96수를 이용하여 12일 동안 사양 시험을 수행하였다. 실험 사료에는 4개의 처리구(CONTROL, BAST, CAST, CAPX)를 두었다. CONTROL에는 착색제를 사용하지 않았고, CONTROL 사료에 *Phaffia rhodozyma* 3%를 첨가하여 astaxanthin 함량이 22.5 mg/kg이 되게 한 처리구(BAST), 화학적으로 합성된 astaxanthin을 45 mg/kg 수준으로 첨가한 처리구(CAST) 및 paprika 추출물을 capxanthin 함량으로 45 mg/kg 수준으로 첨가한 구(CAPX)의 4개 처리구에 처리당 6반복, 반복당 4수의 산란계를 넙plier 장착된 3단 철제 케이지에 수용하였다. 사료와 물은 자유로 섭취하게 하였다. 점등은 04:00부터 21:00까지 17시간 하였다. 4개의 시험 사료 처리 내용은 Table 1에 나타난 바와 같다.

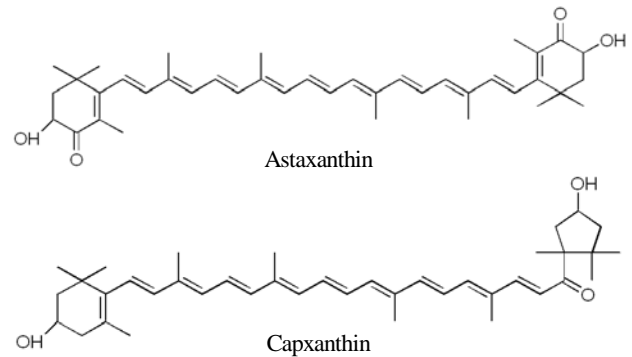


Fig. 1. Structure of astaxanthin and capxanthin (capsanthin).

Table 1. Composition of experimental layer diets

| Ingredients | Diets ¹ | | | |
|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------|--------|
| | CONTROL | BAST ² | CAST | CAPX |
| | -----%----- | | | |
| Corn | 68.33 | 68.33 | 68.33 | 68.33 |
| Soybean meal | 17.82 | 17.82 | 17.82 | 17.82 |
| Corn gluten meal | 3.60 | 3.60 | 3.60 | 3.60 |
| Limestone | 8.40 | 8.40 | 8.40 | 8.40 |
| Tricalcium phosphate | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 |
| DL-met (50%) | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.09 |
| L-lys (80%) | 0.08 | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
| Vit.-min. premix ³ | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Salts | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| <i>Phaffia rhodozyma</i> | - | 3.00 | - | - |
| Astaxanthin | - | - | 45 ppm | - |
| Capxanthin | - | - | - | 45 ppm |
| Total | 100.00 | 103.00 | 100.00 | 100.00 |
| Calculated composition | | | | |
| ME (kal/kg) | 2,800 | | | |
| Crude protein | 16.00 | | | |
| Ca | 3.40 | | | |
| Available P | 0.28 | | | |

¹ CONTROL: A layer diet containing no pigments.

BAST: Biological astaxanthin by adding 3% *Phaffia rhodozyma*.

CAST: Chemical astaxanthin (45 ppm carophyll pink).

CAPX: Capxanthin prepared from paprika oil.

² Contained 22.5 ppm of astaxanthin from 3% *Phaffia rhodozyma*.

³ Contained followings per kg of diet: vit. A, 1,600,000 IU; vit. D₃ 300,000 IU; vit. E, 800 IU; menadione, 132 mg; vit. B₂ 1,000 mg; vit. B₁₂ 1,200 mg; niacin, 2,000 mg; pantothenate Ca, 800 mg; folic acid, 60 mg; choline chloride, 35,000 mg; DL-methionine, 6,000 mg; Fe, 4,000 mg; Cu, 500 mg; Mn, 12,000 mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; BHT, 6,000 mg; and I, 25 mg.

2. 시료 준비

Astaxanthin(Sigma # A-9335), β -carotene(Sigma # C-9750), lutein(Sigma # A-6250)을 표준 물질로 사용하였다. Paprika extract는 DOBE(Dobe Natural Color, Kyungki. Korea)로부터 구입하였다.

3. Roche Color Fan Score(RCFS) 및 계란의 품질 측정

전란 무게, 난각색, 난백고, Haugh units, 난황색은 자동난질분석기(QCM+ System, Technical Services and Supplies, York, England)에 의하여 측정하였다. 난황색은 Roche color fan score에 대비하여 표시하였으며, 난각 두께는 Digital Micrometer(Mitutoyo, Japan)으로 측정하였다.

4. Carotenoid 분석

총 carotenoid는 dimethyl sulfoxide(DMSO) 처리에 의해 추출하였다(An et al., 2004). Egg yolk(1 g) 또는 paprika extract(1 g)에 1 mL의 DMSO, acetone, petroleum ether, 20%의 NaCl를 순차적으로 혼합시켰다. 원심분리 후, 상층 부분의 petroleum ether 층을 여과시켰고, 476 nm에서 흡광도를 측정하였다(An et al., 2000). 깨지거나 변형된 carotenoid가 존재하기 때문에, 총 carotenoid(mg/g yeast)는 476 nm에서 측정된 흡광도에 따라 astaxanthin 함량으로 계산하였다. 건조 과정 중, carotenoid의 변성 정도를 측정하기 위해서는 yeast로부터 추출된 carotenoid를 thin layer chromatography(TLC plate; Silica gel 60, 5×20 cm, 0.25 mm thickness; E. Merck, Darmstadt, Germany)로 분석하였다. TLC를 위한 용매는 acetone-petroleum ether (20:80, v/v)를 사용하였다. Carotenoid band는 모아서 1 mL의 acetone에 용해시켰다. 변성된 carotenoid의 양을 직접 측정하는 것이 불가능하였기에, carotenoid의 양은 각각의 carotenoid의 흡광도/총 carotenoid의 흡광도의 함으로 값을 얻을 수 있었다. 흡광도는 최대 peak의 파장에서 측정하였다. Carotenoid 추출물은 HPLC(Younglin Instrument Co., Seoul, Korea)를 이용하여 분석하였다. 20 μ L의 carotenoid 추출물은 nucleosil column(100Å) (MetaChem Technologies Inc., Torrance, CA, USA)에 주입하였고, carotenoid는 UV-visible detector에 의해 476 nm에서 검출되었다. 이동상은 *t*-butylmethyl ether : hexane : isopropanol : methanol(30 : 65 : 2.5 : 2.5, v/v)을 이용하였고, flow rate는 1.5 mL/min으로 하였다.

5. *Phaffia rhodozyma* 세포벽 마쇄와 Carotenoid 추출

건조된 *Phaffia rhodozyma* 세포벽은 flat-roller-mill(Gwang-

nong Machinery Co., Seoul, Korea)을 사용하여 마쇄하였다. 조건은 210 rpm, 4000 J/s으로 하였다. 건조된 yeast에서 ethanol을 이용하여 carotenoid를 추출하였고, 세포벽의 파쇄 정도에 따라 carotenoid 추출 효율에 영향을 미쳤기 때문에, 건조된 yeast 세포의 ethanol 추출은 세포벽 파쇄 정도를 측정하는데 사용하였다. 5 mL의 ethanol을 건조된 0.1 g의 yeast sample에 첨가하여 진탕하였다. 원심분리 후, 상층 부분의 ethyl alcohol 층을 걸렀고, 걸러진 부분을 476 nm에서의 흡광도 측정을 위해 사용하였다(An et al., 2006).

6. 통계

측정은 최소 3회 이상 반복하였고, 9개 이상의 계란 또는 9마리 이상 닭을 이용 각종 실험을 진행하였으며, 특정한 통계 분석은 실험 결과 수치가 극명하여 실시하지 않았다. 다만 standard deviation을 측정하여 표현하였다.

결과 및 고찰

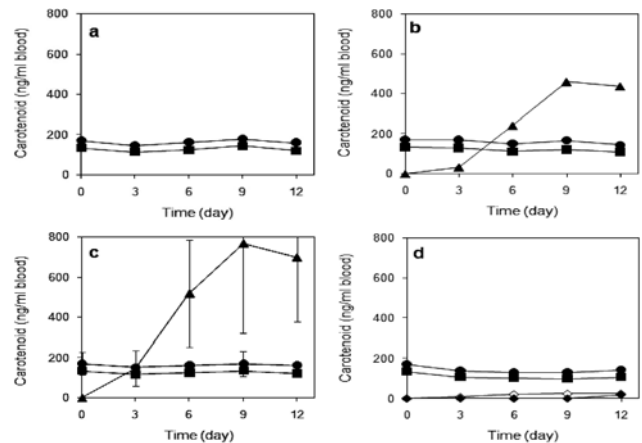
난황의 착색 정도는 난황의 Roche color fan score(RCFS) 및 난황의 carotenoid 함량을 측정하여 결정하였다. Carotenoid를 12일간 급여한 후 난황의 착색도 즉 RCFS는 biological(BAST) 및 chemical(CAST) astaxanthin 처리구 모두 3일째부터 급격한 변화가 있었으나, capxanthin의 경우(CAPX)에는 CONTROL에 비하여 약간의 증가를 보였다(Table 2).

난황의 착색 정도를 측정하기 위하여 난황의 색소를 HPLC로 분석할 경우, 원래의 사료에 포함되어 있는 lutein과 zeaxanthin에 의하여 난황이 노란색으로 착색되어 있는데, 이때의 함량은 각각 ~170과 ~140 ng/g yolk 이었다(Fig. 2a). 사료 중의 옥수수 공급에 의해서 CONTROL의 carotenoid 함량은 거의 일정하였다. *Phaffia rhodozyma*의 급여에 의해서 biological astaxanthin의 급여는 난황에의 축적이 3일째까지는 미미하나, 그 이후부터는 급격히 축적되며, 9일째부터는 더 이상의 축적이 일어나지 않았다(Fig. 2b). 이러한 결과는 RCFS와 큰 차이를 보였는 바, 30~40 ng astaxanthin/g yolk의 축적은 RCFS를 거의 최대값으로 올려놓았다(Table 2). 따라서 붉은색 carotenoid 농도는 RCFS의 값을 변화시키는데 상당한 효과가 있음을 알 수 있었다. 전란 무게, 난각색, 난백고, Haugh units 등 계란의 다른 품질 특성도 조사하였으나, 이들의 차이는 treatment 간에 차이가 없었다.

김기하 등(1996)은 *Phaffia rhodozyma*를 이용한 astaxanthin을 0, 10, 20, 40 및 60 ppm 첨가하여 산란계에 급여하였을

Table 2. Effect of astaxanthin and capxanthin on several quality factors of eggs

| Days | CONTROL ¹ | BAST ² | CAST ³ | CAPX ⁴ |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Egg weight (g) | | | | |
| 0 | 54.23 ± 3.10 ⁷ | | | |
| 3 | 54.20 ± 3.03 | 58.30 ± 4.83 | 55.95 ± 2.54 | 57.18 ± 4.29 |
| 6 | 59.53 ± 3.73 | 57.25 ± 3.31 | 56.13 ± 2.73 | 59.38 ± 7.24 |
| 9 | 60.33 ± 3.04 | 56.35 ± 5.43 | 61.90 ± 3.11 | 59.98 ± 7.52 |
| 12 | 59.58 ± 4.96 | 57.70 ± 4.25 | 62.00 ± 3.25 | 59.48 ± 6.47 |
| Egg shell thickness (mm) | | | | |
| 0 | 0.38 ± 0.03 | 0.38 ± 0.03 | 0.38 ± 0.03 | 0.38 ± 0.03 |
| 3 | 0.36 ± 0.01 | 1.09 ± 1.44 | 0.36 ± 0.03 | 0.32 ± 0.10 |
| 6 | 0.40 ± 0.01 | 0.36 ± 0.02 | 0.38 ± 0.02 | 0.38 ± 0.01 |
| 9 | 0.37 ± 0.02 | 0.33 ± 0.05 | 0.38 ± 0.02 | 0.37 ± 0.01 |
| 12 | 0.39 ± 0.01 | 0.37 ± 0.05 | 0.35 ± 0.03 | 0.36 ± 0.01 |
| Egg shell color ⁵ (%) | | | | |
| 0 | 23.75 ± 4.50 | 23.75 ± 4.50 | 23.75 ± 4.50 | 23.75 ± 4.50 |
| 3 | 31.50 ± 3.87 | 28.50 ± 4.51 | 25.25 ± 5.32 | 30.50 ± 5.32 |
| 6 | 26.75 ± 4.99 | 28.50 ± 5.07 | 24.50 ± 5.74 | 29.50 ± 4.36 |
| 9 | 27.50 ± 2.38 | 30.00 ± 5.10 | 28.00 ± 5.57 | 28.75 ± 5.12 |
| 12 | 28.00 ± 3.37 | 31.25 ± 4.50 | 29.75 ± 3.40 | 28.00 ± 3.37 |
| Albumin height (mm) | | | | |
| 0 | 7.33 ± 0.71 | 7.33 ± 0.71 | 7.33 ± 0.71 | 7.33 ± 0.71 |
| 3 | 9.00 ± 0.73 | 8.65 ± 0.40 | 9.05 ± 1.54 | 8.95 ± 0.33 |
| 6 | 8.38 ± 0.53 | 9.13 ± 0.69 | 9.40 ± 1.10 | 9.43 ± 1.59 |
| 9 | 9.35 ± 1.21 | 7.90 ± 0.48 | 9.67 ± 1.88 | 8.80 ± 1.35 |
| 12 | 9.03 ± 1.28 | 9.10 ± 1.09 | 8.65 ± 1.65 | 9.35 ± 1.86 |
| Haugh units | | | | |
| 0 | 87.00 ± 4.83 | 87.00 ± 4.83 | 87.00 ± 4.83 | 87.00 ± 4.83 |
| 3 | 96.00 ± 3.37 | 93.25 ± 2.87 | 95.50 ± 7.14 | 95.25 ± 2.06 |
| 6 | 91.50 ± 2.38 | 95.75 ± 3.40 | 97.25 ± 4.99 | 96.75 ± 7.09 |
| 9 | 96.00 ± 5.89 | 89.50 ± 4.12 | 96.67 ± 9.24 | 93.25 ± 7.32 |
| 12 | 94.50 ± 6.56 | 95.50 ± 5.20 | 91.50 ± 8.43 | 95.75 ± 8.62 |
| Yolk color ⁶ | | | | |
| 0 | 9.00 ± 0.00 | 9.00 ± 0.00 | 9.00 ± 0.00 | 9.00 ± 0.00 |
| 3 | 9.25 ± 0.50 | 14.75 ± 0.50 | 14.50 ± 0.58 | 10.25 ± 0.50 |
| 6 | 9.00 ± 0.00 | 14.50 ± 0.58 | 14.50 ± 0.58 | 10.75 ± 1.26 |
| 9 | 9.50 ± 0.58 | 14.25 ± 0.50 | 14.00 ± 0.00 | 10.75 ± 0.50 |
| 12 | 11.00 ± 0.00 | 14.00 ± 0.00 | 14.25 ± 0.50 | 12.50 ± 0.58 |

¹ CONTROL: A layer diet containing no pigments.² BAST: Biological astaxanthin by adding 3% *Phaffia rhodozyma* (astaxanthin 22.5 ppm).³ CAST: Chemical astaxanthin (astaxanthin 45 ppm).⁴ CAPX: Capxanthin prepared from paprika oil (capxanthin 45 ppm).⁵ Egg shell color: A percentage reading between black (0%) and white (100%).⁶ Yolk color: Roche color fan score(RCFS).⁷ Mean ± SD.**Fig. 2.** Carotenoid contents in egg yolks during feeding of carotenoids.

Panels: a, control; b, BAST; c, CAST; d, capxanthin. Symbols: ●, zeaxanthin; ■, lutein; ▲, astaxanthin; ◇, unknown#1 from capxanthin metabolism; ◆, unknown#2 from capxanthin metabolism. Abbreviations: BAST, Biological astaxanthin (dried cells of the red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhose*); CAST, Chemical astaxanthin (Carophyll Pink[®] purchased from Hofman La Roche).

때 난황에 축적되는 정도는 사료 내에 첨가된 색소의 농도에 비례하여 증가한다고 보고하였다. 즉, 일반적으로 투여일수가 증가함에 따라 축적 정도가 증가하는데 투여 3일까지는 색소 침착이 이루어지지 않다가 투여 4일부터 증가하는 경향을 보인다고 하여서, 본 시험의 결과와 매우 유사한 결과를 발표한 바 있다.

Chemical astaxanthin을 biological astaxanthin의 2배 수준으로 공급하였으나(45 ppm: 22.5 ppm), 난황 축적은 1.67배(색소 급여 후 9일차에 770 ng/mL vs. 460 ng/mL) 많게 나타나서, Chemical astaxanthin이 biological astaxanthin보다 난황의 착색 효율이 약간 떨어지는 것으로 관찰되었다(Fig. 2b 및 2c). 육계에 chemical astaxanthin(45 ppm)과 biological astaxanthin(22.5ppm)을 공급하였을 때 혈청 중 astaxanthin의 농도(900~1,100 ng/ml blood)와 피부 중 astaxanthin의 농도(1,200~1,500 ng/g skin)가 비슷하였다는 보고가 있다(An et al., 2006). 난황의 착색 효과는 혈청 또는 피부에 비하여 chemical astaxanthin의 착색 효과가 biological astaxanthin보다 상대적으로 효율적이었다. 이러한 결과는 산란계와 육계의 차이 또는 난황으로의 astaxanthin 전이 효과가 뛰어나기 때문일 것으로 추정된다.

Carotenoid의 흡수는 또한 carotenoid의 극성과도 관련되어 극성이 강할수록 혈액과 피부의 착색이 강하였다(Na et al.,

2004). 흥미롭게도 astaxanthin과 capxanthin의 polarity는 상당히 유사하다(Fig. 1). 그러나 capxanthin은 흡수가 거의 되지 않거나 흡수되자마자 파괴되는 것으로 보여진다. Capxanthin은 난황에서 전혀 검출되지 않을 뿐 아니라 이로부터 파생된 물질로 여겨지는 두 가지 미지 물질(unknown#1, unknown#2)의 검출량도 매우 미미하였다(< 30 ng/g yolk). 그러나 이 두 가지 물질은 RCFS에 영향을 미칠 정도로 난황색의 변화를 유발하였다(3일, 10.25 vs 9.25; 12일, 12.5 vs 11.0)(Table 2). 색소의 구조를 보았을 때 capxanthin과 극성이 비슷한 astaxanthin, lutein, zeaxanthin의 축적은 원활하나(Na et al., 2004) capxanthin의 축적은 거의 없었다. Capxanthin의 구조를 살펴보면 다른 앞에서 언급한 비슷한 극성의 xanthophyll들은 양쪽에 모두 6각형 고리 구조를 갖고 있으나, capxanthin은 한쪽에 5각형으로 되어 있는 것이 난황의 축적에 방해가 되는 것으로 사료된다. 따라서 다른 유사한 색소를 사용하여 (한쪽은 6각형 그리고 다른 한쪽은 5각형 구조) 일반적인 결론의 도출이 필요할 것이다.

본 연구에서는 astaxanthin과 capxanthin이 난황의 착색에 미치는 효과를 보았다. capxanthin은 난황에 전혀 축적이 되지 않아 난황의 착색에는 사용할 수 없었다. 이에 비하여 astaxanthin은 30 ng/g yolk 정도에서도 선호되는 색을 발휘할 수 있었다 (RCFS >14). 이 정도의 함량을 축적시키기 위해서는 약 9일간의 급여로 착색시킨다고 가정하면 본 실험에서 사용된 양보다는 훨씬 줄어든 양으로 공급하여 만들 수 있을 것으로 추정된다(Fig. 2). 즉, astaxanthin 45 ppm에서 800 ng/g yolk 였으며, 이것의 약 1/20~1/30 정도에서 효과를 볼 수 있는 것으로 약 2 mg/kg feed 가 적당한 양으로 추정된다.

적 요

63주령 ISA Brown 산란계 총 96수를 사용하여, 12일 동안 난황에서의 biological astaxanthin과 chemical astaxanthin 및 capxanthin의 축적을 통한 착색 효과를 비교하였다. 대조구 사료에는 착색제를 첨가하지 않았고, 효모 *Phaffia rhodozyma* 3%를 대조구 사료에 첨가하여 astaxanthin 함량이 22.5 mg/kg 되게 한 후, 화학적으로 합성한 astaxanthin을 대조구 사료에 45 mg/kg 첨가한 후 및 paprika로부터 추출한 capxanthin을 대조구 사료에 45 mg/kg 첨가구 모두 4개의 처리구들을 두었다. 처리당 6반복, 반복당 4수씩을 임의로 배치하였다. Astaxanthin은 생물학적 및 화학적 급원 모두 급여 9일까지 축적이 이루어졌다. Capxanthin의 경우, 난황에서 축적되지는

않았고 이로부터 파생되어진 물질들이 급여 6~9일 후에 미미하게 검출되었다. 난황에서의 astaxanthin 축적 정도는 급여 농도에 비례하였다. 난황의 색깔을 제외하면, 달걀의 다른 품질 요인들은 처리구들 간의 차이가 거의 없었다.

사사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업(607002-05)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- An GH, Suh OS, Kwon HC, Kin KJ, Johnson EA 2000 Quantification of carotenoids in the cells of the yeast *Phaffia rhodozyma* by autofluorescence. *Biotechnol Lett* 22:1031-1034.
- An GH, Choi ES 2003 Preparation of the red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*, as feed additive with increased availability of astaxanthin. *Biotechnol Lett* 25:767- 771.
- An GH, Song JY, Chang KS, Lee BD, Chae HS and Jang BG 2004 Pigmentation and delayed oxidation of broiler chickens by the red carotenoid, astaxanthin, from chemical synthesis and the yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Asian-Australian J Anim Sci* 17(9):1309-1314.
- An GH, Song JY, Kwak WK, Lee BD, Song KB, Choi JE 2006 Improved astaxanthin availability due to drying and rupturing of the red yeast, *Xanthophyllomyces dendrorhous*. *Food Sci Biotechnol* 15(4):506-510.
- El Boushy AR, Raterink R 1987 Consumers prefer well pigmented yolks. *Poultry Misset Inc* 14-17.
- Hatzipanagiotou A, Hartfiel W 1984 Deposition of a carotenoid into the egg yolk from the body stores by providing ration with fresh or strong oxidated soya oil. *Europ Poult Sci* 48: 155-161.
- Na JC, Song JY, Lee BD, Lee SJ, Lee CY, An GH 2004 Effect of polarity on absorption and accumulation of carotenoids by laying hens. *Anim Feed Sci Technol* 117:305-315.
- Roche Vitamins, Fine Chemicals 1988 *Egg Yolk Pigmentation with Carophyll*. 3rd ed. Hoffmann-LaRoche, Basel, Switzerland.

Strieff K 1970 The carotenoids and the colour of egg yolks and of poultry. Proceedings of the Symposium on the Vitamins and the Carotenoids in Animals Nutrition. Cracow, Poland. pp 33 - 43.

김기하 안길환 조명행 이상호 최치만 조현덕 이창현 모인필 1996 이스트 *Phaffia rhodozyma* 유래 astaxanthin의 난황착색에 관한 연구. 대한수의학회지 36:463-470.

나재천 장병귀 이진건 하정기 송재연 이봉덕 안길환 2004a

β -8-apo-carotenoic acid ethyl ester의 급여가 산란 노계의 도체와 난황의 착색에 미치는 영향. 한국가금학회지 31(2):73-78.

나재천 이상진 하정기 김재황 곽웅권 송재연 이봉덕 안길환 2004b Canthaxanthin을 이용한 산란계의 피부, 근육 및 난황의 착색 효과. 한국가금학회지 31(2):79-84.

(접수: 2008. 06. 10, 수정: 2008. 09. 17, 채택: 2008. 09. 19)