

## Carotenoids 첨가 사료가 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)의 체색에 미치는 영향

김화선 · 김유희 · 조성환 · 조재윤  
부경대학교 양식학과

### Effects of Dietary Carotenoids on the Nuptial Color of the Bitterling (*Rhodeus uyekii*)

Hwa Sun KIM, Youhee KIM, Sung Hwoan CHO, Jae-Yoon JO  
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

The body color of fish fed were improved to be clearer by feeding the bitterling an artificial diet containing different carotenoids. The possibilities of using the bitterling, *Rhodeus uyekii*, an aboriginal fish of Korea, were studied by feeding the experimental diets supplemented with the various carotenoids (astaxanthin, lutein, and  $\beta$ -carotene). Amount of total carotenoids in the groups of fish fed by supplemented carotenoids were relatively higher than the control group of fish fed by no supplemented carotenoids. Especially, the group of fish fed by lutein supplementation diet showed most clarity in body color. The group of fish fed by astaxanthin supplementation diet showed the highest growth while the group of fish fed by lutein or  $\beta$ -carotene supplementation diet showed no significant different comparing to the control group of fish. The results from this study indicated that the bitterling could be a new ornamental fish as long as provided with the proper diet and culture condition.

**Key words:** Bitterling, *Rhodeus uyekii*, ornamental fish, carotenoid, nuptial color

#### 서 론

각시붕어는 담수산 이매패류(말조개, 두드럭조개, 대칭이 등)의 새알내에 산란하는 특이한 산란습성을 가지고 있으며, 혼인색이 아름답고 먹이순치와 사육이 쉬워서 관상어로서의 개발 가능성이 크다. 그러나 아름다운 혼인색은 주로 산란기에만 발현되고 그 외 기간에서는 거의 나타나지 않아 관상어로서 가치가 떨어져 취약점이 되므로 체색 발현을 연중 계속해서 나타나게 함으로서 그 상품가치를 높일 수가 있다.

어류에 있어서 체색 발현을 나타내는 것은 Schemachromes과 Biochrome 때문이다 (Fox 1953). Schemachromes는 어류의 배경색을 나타내는 것으로 골격, 부레, 비늘과 정소 등에서 볼 수 있고, biochrome은 어류의 피부와 지느러미에 나타나는 혼인색으로서 carotenoid, melanin, flavine, purine 등이다. 혼인색의 주된 물질은 carotenoids 계통으로 이런 물질은 비타민 A의 전구체로서 생체 내에서 합성될 수 없기 때문에 먹이 생물을 통해 축적되거나, 생체 내에서 산화·환원적인 복잡한 대사과정을 통해 대사 산물로 전환되고 carotenoids의 종류와 체내 대사 특이성에 의해서 결정되어진다고 알려져 있다. 또한, 몇몇 종류의 어류에서 carotenoids 색소인  $\beta$ -carotene, lutein, astaxanthin을 사료에 섞어서 공급하였을 경우 어류의 성장이나 체색에 크다란 효과를 보였다고 하였다 (Hata and Hata 1972, 1973a; Choubert and Storbakken 1989; Torrisen et al., 1989).

따라서 본 연구는 한국 토종 담수어 중에서 각시붕어를 새로운 관상어종으로 개발하기 위한 연구의 일환으로 양식 어류의 체질 개선 및 체색 선명화에 널리 이용되는  $\beta$ -carotene, lutein 및 astaxanthin을 각시붕어 사료에 첨가하여 인공 착색 효과와 성장 효과 등을 검토하여 관상어로서의 개발 가능성을 알아보고자 한다.

#### 재료 및 방법

##### 실험어

천연산 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)는 1996년 7월부터 1998년 4월까지 경상남도 김해군 상동면, 양산군 물금면, 원동면 일원의 낙동강 지류와 경기도 가평군 의서면 청평댐에서 채집하여, 부산광역시 부경대학교 양어장으로 운반, 5% 농도의 소금물로 약욕시킨 후, 1톤 FRP 수조에 예비 사육을 하였고, 색소 첨가 사육 실험은 평균 체장 3.8 cm, 평균 체중 1.3 g인 각시붕어를 무작위로 추출하여 사용하였다.

##### Carotenoid 사료 제조

$\beta$ -carotene과 astaxanthin은 (Switzerland; astaxanthin, 5%) F. Hoffman-La Roche Co. 에서 합성한 것을 구입하였고, lutein은 경상대학교 식품영양학과 실험실에서 금잔화 (*Tagetes erecta*)의 꽃잎으로부터 추출, carotenoids를 정제하여 결정화한 것을 사용하였다. 각종 색소를 첨가하기 위한 기본 사료(대조구)는 시판 낚치 사료를 ethanol에 넣어 색소를 완전히 제거한 후 사용하였으며, 각 첨가 carotenoid의 양은 사료 1 kg 당 각각 10 mg 씩 첨가하여 Table 1과 같이 사료를 제조하였다.

##### 사육 실험

채집한 각시붕어는 3개월 간 1톤 FRP 수조 내에서 낚치 치어용 사료를 기본 먹이로 순치시킨 다음 순차 된 각시붕어를 유리 수조 4개 (0.60 m×0.45 m×0.45 m, 수량 122 ℓ)와 순환여과조 1개 (0.80 m×0.56 m×1.12 m, 수량 500 ℓ)가 한 세트인 사육 시설 3개에 옮겨 실험하였다. 4개의 수조에 각기 다른 사료 공급구를 배치하고 각 세트를 반복구로 하는 난괴법 (randomized complete block design)으로 각 실험구에 무작위로 암·수 10 마리씩 4군

Table 1. Composition of the experimental diets used for improvement of body color in the bitterling, *Rhodeus uyekii*

Ingredients (%)	Group			
	Control	Astaxanthin	Lutein	$\beta$ -carotene
White fish meal	65.5	65.5	65.5	65.5
$\beta$ -starch	15.0	15.0	15.0	15.0
Cellulose powder	5.5	5.5	5.5	5.5
Casein	2.0	2.0	2.0	2.0
Mineral mixture	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mixture	2.0	2.0	2.0	2.0
Choline choride	0.5	0.5	0.5	0.5
Alginic acid	0.5	0.5	0.5	0.5
Fish oil	4.0	4.0	4.0	4.0
Total	100	100	100	100
Amount of carotenoids added (mg/kg feed)	0	10	10	10

으로 분리하여 색소를 첨가하지 않은 기본 사료를 공급하는 대조구,  $\beta$ -carotene 첨가구, lutein 첨가구 및 astaxanthin 첨가구로 3반복 실험하였다. 환경 조건은 산란기와 유사하도록 광주기 조건을 14L:10D로 조절하였고, 평균 수온은  $26.2 \pm 1.4$  ( $22.5 \sim 29.0^\circ\text{C}$ ), 용존산소는  $7.95 \pm 0.59 \text{ mg/l}$ 를 유지하였다. 사료는 체중의 3%를 1일 오전, 오후 2회 공급하였다.

#### Carotenoids 성분 분석

8 주간 carotenoids를 인위적으로 첨가하지 않은 사료를 공급한 대조구의 어류와 종류를 달리한 carotenoids가 첨가되어 있는 사료를 공급한 실험구 어류의 carotenoids 성분을 분석하여 어류 체색 개선 효과를 알아보았다. Carotenoids 성분 분석은 Lee et al., (1996), Park et al., (1994), Kang and Ha (1994)와 Matsuno and Maoka (1981)의 방법을 사용하였으며, carotenoids의 정량은 McBeth (1972)의 방법으로 계산하였다.

#### 성장도 측정 및 통계처리

실험에 이용된 어류는 실험 시작, 2주, 4주, 6주, 8주 제에 MS222로 마취하여 체중 및 체장을 측정하였다. 또한, 모든 측정값은 STATIX (Analytical software, USA)로 처리하였고, 실험 구간별 유의성 검정은 One-way ANOVA를 이용하여 95% 유의 수준에서 검정하였다.

### 결과 및 고찰

사육 8주 후, 각 군의 각시붕어 표피 및 지느러미 부위의 총 carotenoids 함량과 분리, 동정된 각 carotenoids의 조성비는 Table 2와 같다. 각 실험구의 총 carotenoids 함량은 대조구에 비해 carotenoids 첨가구에서 모두 높게 나타났으며, 특히 lutein 첨가구에서 높게 나타나, 체색 선명화 효과가 가장 좋은 것으로 나타났다. 하 등 (1997)은 양식 담수어의 사료 내 carotenoids 대사 비교에서

Table 2. Amount and percentage composition of various carotenoids in the integument of the bitterling, *Rhodeus uyekii* after feeding the experimental diet for 8 weeks (% in total carotenoids)

Composition	Group			
	Control	Astaxanthin	Lutein	$\beta$ -carotene
$\beta$ -carotene	29.0	22.5	25.6	23.2
Isocryptoxanthin	1.3	1.8	1.3	1.5
Lutein	3.3	3.5	8.0	3.2
Zeaxanthin	45.5	61.7	57.0	59.7
Diatoxanthin	5.0	n.d.	n.d.	n.d.
Cynthiixanthin	15.2	3.5	1.7	5.6
Triol	n.d.	3.0	2.9	4.2
Unidentified carotenoids	0.7	4.0	3.5	2.6
Total	100	100	100	100
Total carotenoids (mg %)	0.84	1.80	2.42	1.22

n.d. : no detection.

무지개송어와 산천어의 표피에서는 canthaxanthin 첨가 사료를 공급하였을 때, 뱀장어의 표피에서는 lutein 첨가구에서 총 carotenoids 함량이 각각 높게 나타나 체색 선명화 효과가 컸다고 보고하였으며, 또한 양식 해산어의 경우는 농어의 표피에서는 astaxanthin monoester를 첨가하였을 때, 우럭에서는 lutein를 첨가한 사료를 공급하였을 때 체표의 총 carotenoids 함량이 각각 높게 나타나 체색 선명화 효과가 컸음을 보고하였다 (Kang and Ha 1994; 하 등, 1997).

각 실험구의 carotenoids 조성비의 변화를 보면 대조구에서는 사육후 8 주째에 zeaxanthin 45.5%,  $\beta$ -carotene 29.0%, cynthiixanthin 15.2% 및 diatoxanthin 5.0%의 함량 비를 보였으며,  $\beta$ -carotene 첨가구에서는 사육 8 주 후에 zeaxanthin 59.7%,  $\beta$ -carotene 23.2%, cynthiixanthin 5.6% 및 triol 4.2%의 함량비를 보여 대조구보다  $\beta$ -carotene은 감소하였으나 zeaxanthin은 증가하였다. 즉, 사료 공급에 의한  $\beta$ -carotene이 zeaxanthin으로 대사되는 경로를 추정할 수 있었다. 한편, 산천어의 표피에서 사료 공급에 의한  $\beta$ -carotene은 zeaxanthin으로 대사됨을 추정한 하 등 (1997)의 연구는 본 연구에 이용된 각시붕어의 결과와 유사하였으나, 무지개송어의 표피에서는  $\beta$ -carotene이 astaxanthin으로 대사되며, 뱀장어의 표피에서는 그대로 축적된다고 보고한 것과는 다소의 차이를 보였다. Lutein 첨가구에서는 사육 8주 후에 zeaxanthin 57.0%,  $\beta$ -carotene 25.6% 및 lutein 8.0%의 함량 비를 보여 lutein과 zeaxanthin이 증가하여 사료 공급에 의한 lutein은 zeaxanthin으로 대사되는 경로를 추정할 수 있었다. 또한 산천어의 표피에서 사료 공급에 의한 lutein은 zeaxanthin으로 대사되는 것으로 추정하여 각시붕어의 표피에서 나타나는 현상과 유사하였으나, 무지개송어의 표피에서는 lutein이 canthaxanthin으로 대사되며, 뱀장어의 표피에서는 그대로 축적되어진다고 보고한 하 등 (1997)의 연구와는 다소의 차이를 보였다. 또한, tilapia의 표피에서 사료 공급에 의한 lutein A는 lutein D와 tunaxanthin A 및 F로 대사된다는 보고와도 차이를 보였다 (Katsuyama and Matsuno 1988). Astaxanthin

첨가구에서는 사육 8주 후에 zeaxanthin 61.7%,  $\beta$ -carotene 22.5% 및 lutein 3.5%의 함량 비를 보여 zeaxanthin이 증가하여 사료 공급에 의한 astaxanthin이 zeaxanthin으로 대사되는 경로를 추정할 수 있었다. 한편, 하 등 (1997)은 무지개송어, 산천어 및 뱀장어의 표피에서 사료 공급에 의한 astaxanthin은 zeaxanthin으로 대사된다고 추정하여 각시붕어의 표피에서의 유사한 결과를 보고하였다. 또한, Ando and Hatano (1987)는 연어에서 astaxanthin은 zeaxanthin으로 환원되며, 무지개송어와 연어에서 astaxanthin은  $\beta$ -adonixanthin을 거쳐 zeaxanthin으로 대사된다는 보고와 유사하였다 (Schiedt et al., 1985). 그러나 Hata and Hata (1973b)가 보고한 연어, 송어류에서 사료 유래의 astaxanthin이 근육 및 표피 등에 그대로 축적 된다고 한 내용과는 차이를 보였다. 한편, 1~3년간 양식한 연어의 일종인 arctic char, *Salvelinus alpinus*에 사료 1 kg 당 63 mg/kg 및 114 mg/kg의 astaxanthin을 25주 동안 투여한 결과, 근육과 표피의 carotenoids 농도는 시간이 갈수록 높았으며, 특히 3년간 양식한 종은 성적 성숙으로 인해 근육에 비해 표피에서 carotenoids 농도가 증가하였고, 공급 13주에는 114 mg/kg의 첨가구에서 근육과 표피의 carotenoids 농도가 높았지만 25주에는 큰 차이가 나타나지 않음을 보고하였다 (Hatlen et al., 1995).

암, 수 각각 10마리씩으로 구성된 각 군에 실험사료를 8주간 공급한 성장 결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. 실험 시작 전 각 실험군의 각시붕어는 총 체중  $30.0 \pm 1.00$  g, 평균 체중  $1.5 \pm 0.50$  g이었으며, 실험 종료 시 대조구에서는 총 체중  $46.2 \pm 2.33$  g, 평균 체중  $2.3 \pm 0.11$  g이었다. 그리고 astaxanthin 첨가구에서는 총 체중  $48.6 \pm 0.95$  g, 평균 체중  $2.4 \pm 0.04$  g으로 대조구를 제외한 다른 실험구에 비해 빨리 성장하였다. Lutein 첨가구에서는 총 체중  $42.6 \pm 2.07$  g, 평균 체중  $2.2 \pm 0.03$  g이었으며  $\beta$ -carotene 첨가구에서는 총 체중  $43.2 \pm 0.17$  g, 평균 체중  $2.2 \pm 0.01$  g으로 나타났다.

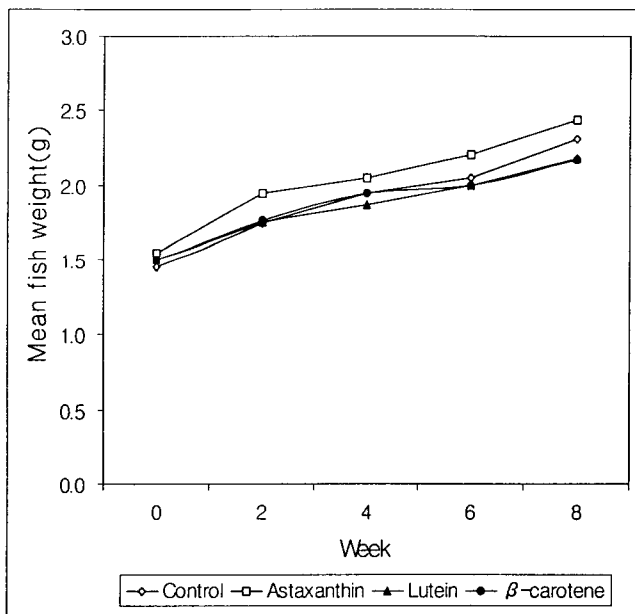


Fig. 1. Changes in body weight of the bitterling, *Rhodeus uyekii*, fed by the experimental diets for 8 weeks.

Table 3. Amount of supplemented carotenoids to diets

	Group			
	Control	Astaxanthin	Lutein	$\beta$ -carotene
Total carotenoids	0.65 mg %	4.84 mg %	1.71 mg %	1.54 mg %

Astaxanthin 첨가구에서의 어류의 체중 증가가 가장 높은 경향이 있었으며 lutein 첨가구와  $\beta$ -carotene 첨가구에서의 어류 체중은 대조구와 비교해서 유의적인 차이가 없었다.

Storebakken and No (1992)가 무지개송어를 대상으로 행한 착색 실험의 결과에 의하면, 대조구보다 astaxanthin 첨가구에서 착색 및 성장 효과가 뛰어났으며, Jo et al., (1996)는 사료 중 astaxanthin이 다른 갑각류보다 5~50배 많이 함유된 색소 대체원인 효모 (*Phaffia rhodozyma*) 첨가 사료구와 대조구의 성장을 비교하였을 때, 이스라엘잉어, 틸라피아와 비단잉어 모두 성장에는 유의 차가 없었으며, 착색효과는 이스라엘잉어에서만 나타났고, 틸라피아와 비단잉어에서는 착색효과가 거의 나타나지 않았다고 하였다. 그러나 본 실험에서 각시붕어의 경우, 성장은 astaxanthin 첨가구에서, 착색은 lutein 첨가구에서 효과가 있는 것으로 나타났다.

본 실험의 결과 적절한 사료와 사육 조건을 갖춘다면, 우리에게 친근한 토종 어류를 새로운 관상어로 개발 할 수 있으며, 앞으로도 다양한 어종에 관한 연구가 필요하리라 생각된다.

## 요 약

한국 특산어인 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)를 이용하여 혼인색과 체색의 인위적인 발현을 통해 관상어로서의 가능성을 조사하였다. 사료 내에 astaxanthin, lutein 및  $\beta$ -carotene을 첨가하여 체색 개선 효과를 알아본 결과, 각 실험구의 총 carotenoids 함량은 무첨가구인 대조구에 비해 carotenoids를 첨가한 모든 실험구에서 높게 나타났으며, 특히 lutein을 첨가한 실험구에서 높게 나타나 체색 선명화 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 성장률은 astaxanthin을 첨가한 실험구에서 가장 높았으며, lutein과  $\beta$ -carotene을 첨가한 실험구에서는 대조구와 유의적인 차이를 보이지는 않았다.

본 실험의 결과 carotenoids를 함유하고 있는 사료와 적절한 사육 조건을 갖춘다면, 우리에게 친근한 여러 종류의 어류를 새로운 관상어로 개발 할 수 있으리라 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Ando, S. and M. Hatano. 1987. Metabolic pathways of carotenoids in chum salmon *Oncorhynchus keta* during spawning migration. *Comp. Biochem. Physiol.*, 87B (2), 411~416.
- Choubert, G. and T. Storbakken. 1989. Dose response to astaxanthin and canthaxanthin pigmentation of rainbow trout fed various carotenoids concentrations. *Aquaculture*, 81, 69~77.
- Hata, M. and M. Hata. 1972. Carotenoid pigments in goldfish. 4. Carotenoid metabolism. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 38, 331~338.
- Hata, M. and M. Hata. 1973a. Carotenoid pigments in goldfish. 5. Conversion of zeaxanthin to astaxanthin. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 38, 339~343.

- Hata, M. and M. Hata. 1973b. Studies on astaxanthin in some freshwater fishes. *Tohoku J. Agric. Res.*, 24, 192~196.
- Hatlen, B., H.A. Grete, H.J. Even, S. Trond and C.G. Umesh. 1995. Pigmentation of 1, 2 and 3 year old arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed two different dietary astaxanthin concentrations. *Aquaculture*, 138, 303~312.
- Jo, J., J.H. Lee, D.H. Jang, S.H. Lee and J.M. Choi. 1996. Effects of the yeast (*Phaffia rhodozyma*) in the diet on growth, body composition, muscle elasticity and pigmentation of Israeli strain of common carp, colored carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture*, 9 (4), 363~375.
- Kang, D. and B. Ha. 1994. Metabolism of dietary carotenoids and effects to intensify the body color of cultured sea bass. *Bull. Korean Fish. Soc.* 27 (3), 272~281.
- Katsuyama, M. and T. Matsuno. 1988. Carotenoid and vitamin A and metabolism of carotenoids, astaxanthin, zeaxanthin, lutein and tunaxanthin in tilapia *Tilapia nilotica*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 90B, 131~139.
- Lee, H., M. Park, M. Kwon, S. Back, S. Kim, D. Kang and B. Ha. 1996. Comparison of carotenoid pigments in Mandarin fish, *Siniperca scherzeri* and Korean perch, *Coreoperca herzi* in the family Serranidae. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 25 (1), 87~93.
- McBeth, J.W. 1972. Carotenoid from nudibranchus. *Comp. Biochem. & Physiol.*, 41B, 55~68
- Matsuno, T. and T. Maoka. 1981. Isolation of a new carotenoid, 3,4,3'-trihydroxy-7',8'-didehydro- $\beta$ -carotene from sea mussels. *Bull. Jap. Soc. Sic. Fish.*, 47 (3), 377~384.
- Park, E., D. Kang and B. Ha. 1994. Comparison of carotenoid pigments in Chinese muddy loach, *Misgurnus mizolepis*, and muddy loach, *Misgurnus anguillicaudatus*, in the subfamily cobitidae. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27 (3), 265~271.
- Schiedt, K., F.J. Leuenberger, M. Vecchi and E. Glinz. 1985. Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure & Appl. Chem.*, 57 (5), 685~692.
- Storebakken, T. and H.K. No. 1992. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, 100, 209~229.
- Torrison, O.J., R.W. Hardy, and K. D. Shearer. 1989. Pigmentation of salmonids-carotenoid deposition and metabolism. *Rev. Aquat. Sci.*, 1, 209~225.
- 하봉석, 권문정, 박미연, 백승환, 김수영, 백인옥, 강석중. 1997. 양식 담수어 및 해산어의 사료 carotenoids 대사 비교와 체색 개선에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 26 (2), 270~284.

---

1998년 8월 22일 접수

1999년 4월 27일 수리