

배합사료 내 *Spirulina* 함량에 따른 비단잉어 홍백 치어의 체색 변화

김이오 · 이상민*

(충북내수면연구소 · *강릉원주대학교 해양생물공학과)

Influence of *Spirulina* Level in Diet on Skin Color of Red- and White-colored Fancy Carp *Cyprinus carpio* var. *koi*

Yi-Oh KIM · Sang-Min LEE*

(Inland Fisheries Research Institute, Chungcheongbuk-do · *Gangneung-Wonju National University)

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of *Spirulina* level in the diet on growth and skin color of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. *koi* at different feeding periods. Five experimental diets (designated as Con, S5, S9, S13 and S17) were prepared to contain 0, 5, 9, 13 and 17% *Spirulina*. Each experimental diet was fed to two replicate groups of fish (6.6 g/fish) to visual satiation three times a day for 12 weeks. Weight gain and feed efficiency of fish were not affected by dietary *Spirulina* level. The values of redness (a^*), lightness (L^*) and yellowness (b^*) of the fish skin were influenced by dietary *Spirulina* level at different feeding period. The L^* value of skin in the fish fed S9, S13 and S17 diets tended to decrease with feeding period. The skin a^* value of the fish increased significantly with feeding period and dietary *Spirulina* level. The skin a^* value of the fish fed the diets containing 5-17% *Spirulina* was higher than that of fish fed control diet at 6 and 12 weeks of feeding. The skin a^* value and total carotenoids of the fish fed the S17 diet was the highest among groups. Based on the results of this study, it can be concluded that dietary inclusion of *Spirulina* powder could increase the skin redness of red- and white-colored fancy carp.

Key words: Red- and white-colored fancy carp, Skin coloration, Dietary *Spirulina* level

I. 서론

최근 관상어류에 대한 관심이 꾸준히 증가 되고 있으며, 관상어류 상품화를 위한 연구들도 수행되고 있다(Kim et al., 2006; Lee and Lee, 2008; Lee et al., 2010). 관상어류 중 비단잉어(*Cyprinus carpio*)를 취미로 사육하는 동호회원이 증가하고 있는 추세이며, 비단잉어 시장규모도 점차 커지

고 있다(Yuangsoi et al., 2011). 국내에서는 충북, 전남, 경남 등지에서 비단잉어가 생산되어 유통되고 있다(Kim and Lee, 2010). 비단잉어의 시장가격을 형성하는 가장 중요한 요소는 체형과 체색이다(Gomelsky et al., 1996; Paripatananont et al., 1999). 어류의 표피와 지느러미의 체색에 영향을 주는 carotenoids는 자연계에 널리 분포하는 색소로서, 식물 및 미생물에 의해 합성된다.

† Corresponding author : 033-640-2414, smlee@gwnu.ac.kr

* 이 논문은 해양수산부에서 지원하는 수산실용화기술개발사업(과제번호 110076-3)에 의해 수행되었음.

비단잉어도 다른 어류와 마찬가지로 체내에서 carotenoids를 합성할 수 없기 때문에 외부로부터 섭취하여 체내에 축적하여야 한다. 사료에 첨가되고 있는 인공 carotenoids로는 astaxanthin, canthaxanthin 등이 있으며, 천연 carotenoids 원료로는 *Phaffia rhodozyma*, *Agrobacterium aurantiacum*, *Chlorococcum sp.*, *Haematococcus pluvialis*, *Chlorella zofingiensis*, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis* 등이 사용되고 있다(Gouveia et al., 2003). 현재 우리나라에서 비단잉어의 착색을 위해 많이 사용되고 있는 *Spirulina*는 주로 미국이나 중국 등에서 수입되고 있으며, 종류도 다양하고 가격도 비싼 편이다(Matsuno et al., 1979; Kim et al., 2008). 따라서 경제적이고 품질이 우수한 비단잉어 생산을 위해서는 사료에 배합되는 색소제에 대한 연구가 계속 수행되어야 한다. 그래서 본 연구는 비단잉어 표피의 색상 개선용 첨가제로 많이 사용되고 있는 *Spirulina*의 첨가 수준에 따른 착색 효과를 조사하기 위해 수행되었다.

II. 재료 및 방법

1. 실험사료

<Table 1>에 표시한 것처럼 *Spirulina* 농도를 달리한 5가지의 실험사료를 설계하였다. 대조사료(Con)로 시판되고 있는 상품 분말 사료(조단백

질 49.9%, 조지질 3.8%)를 사용하였다. 대조 분말 사료에 *Spirulina*를 5% (S5), 9% (S9), 13% (S13) 및 17% (S17)씩 각각 첨가하여 잘 혼합한 후, 원료 100 g당 물을 40 g 첨가하여 펠렛기로 압출 성형하였다. 제조된 펠렛을 냉동(-25℃) 보관하면서 실험어류에 공급하였다. 실험사료의 total carotenoids 함량은 Con사료에서 0.6 mg/100 g으로 가장 낮았으며, S5, S9, S13 및 S17사료에서 각각 14.7, 28.9, 39.1 및 49.4 mg/100 g으로 분석되었다.

2. 실험어 관리 및 색도분석

실험어로 충청북도내수면연구소에서 종묘 생산된 비단잉어 홍백(fancy carp, *Cyprinus carpio* var. koi) 치어를 사용하였다. 실험시작 2주전부터 실험조건에 순치된 비단잉어 (평균체중: 6.6 g)를 무작위로 각 실험수조(100 L)마다 15마리씩 2반복으로 수용하여 1일 3회 반복으로 실험사료를 12주간 공급하였다. 사육은 여과시스템을 갖춘 시설로 각 수조에 2 L/min의 여과된 담수를 흘려주었으며, 평균 사육수온은 27℃를 유지하였다.

색도분석을 위해 실험 시작, 사육 6주 및 12주(사육종료) 후에 실험 수조에 수용된 비단잉어 전 개체를 대상으로 등쪽 표피의 빨간색 부위를 3회 반복하여 측정하였다. 색도는 색차계(Minolta Chroma Meter CR-400, Japan)를 이용하여 Skrede

<Table 1> Composition of the experimental diets

	Diets				
	Con	S5	S9	S13	S17
<i>Ingredients (g)</i>					
Commercial formulated powder (g) ¹	100	95	91	87	83
<i>Spirulina</i> powder (g) ²		5	9	13	17
<i>Chemical analysis (dry matter basis)</i>					
Crude protein (%)	49.9	44.5	46.1	46.3	46.9
Crude lipid (%)	3.8	3.5	3.0	3.1	3.1
Ash (%)	12.0	9.5	9.4	9.3	9.4
Total carotenoids (mg/100 g)	0.6	14.7	28.9	39.1	49.4

¹ Contained fish meal, soybean meal, wheat flour, starch, yeast, vitamins, and minerals.

² Obtained from Hainan Xiongxin Bioengineering Co., LTD, China.

(1987) 및 Gouveia et al. (2003)이 사용한 방법에 따라 L^* (lightness), a^* (redness) 및 b^* (yellowness) 를 측정하였다.

3. 일반성분 및 total carotenoids 분석

실험사료의 일반성분은 AOAC (1995)은 방법에 따라, 조단백질(N×6.25)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland)을 사용하여 분석하였고, 조지질은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 6시간 건조 후 측정하였다. 회분은 600℃의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 측정하였다.

실험사료와 실험종료 후 어체 표피의 total carotenoids 함량은 Kim and Lee (2012a)가 사용한 방법으로 각 샘플마다 2회 반복하여 분석하였다. 실험사료와 비단잉어의 표피를 동결건조 후, acetone:methanol (1:1,v/v)의 혼합액으로 실온, 압소에서 3회 추출하였다. 추출액에 petroleum ether와 다량의 물로써 분리 조작하여 carotenoids를 petroleum ether로 전용시킨 후, petroleum ether 층을 무수 Na_2SO_4 로 탈수시키고, 40℃ 이하에서 감압 농축하여 petroleum ether로 100 ml 정량하여 UV-spectrometer 측정시료로 사용하였다.

4. 통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 12 (SPSS,

Michigan Avenue, Chicago, IL, USA) program을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시 한 후, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

사육실험 12주 후, 비단잉어 홍백의 생존율, 증체율 및 사료효율은 모든 실험구에서 유의한 차이는 없었다(<Table 2>). 사육 기간별로 비단잉어 홍백 표피 붉은색 부위의 밝기(lightness) L^* 값을 [Fig. 1]에 나타내었다. 사육실험 6주 후의 L^* 값은 52.6-67.4, 사육 12주 후의 L^* 값은 52.5-60.0으로 나타났다. S9, S13 및 S17 실험구의 L^* 값은 사육기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보였다($P<0.05$). 사육 기간별로 비단잉어 홍백 표피 붉은색 부위의 붉은색(redness) a^* 값을 [Fig. 2]에 나타내었다. 사육실험 6주 후의 a^* 값은 4.0-11.5, 12주 후의 a^* 값은 5.5-16.1의 범위로 나타났다. 사육 6주와 12주 후에 각각 *Spirulina* 5-17% 첨가구들의 a^* 값은 대조구보다 유의하게 높았다($P<0.05$). 특히, 사육 6주 후부터 S17 실험구의 a^* 값이 유의하게 가장 높았다($P<0.05$). *Spirulina* 첨가구들 각각의 a^* 값은 사육기간이 경과함에 따라 유의하게 증가하였다($P<0.05$). 사육 기간별로 비단잉어 홍백 표피 붉은색 부위의 노랑색(yellowness)

<Table 2> Growth performance and feed efficiency of red- and white- colored fancy carp fed diets containing different *Spirulina* levels for 12 weeks¹

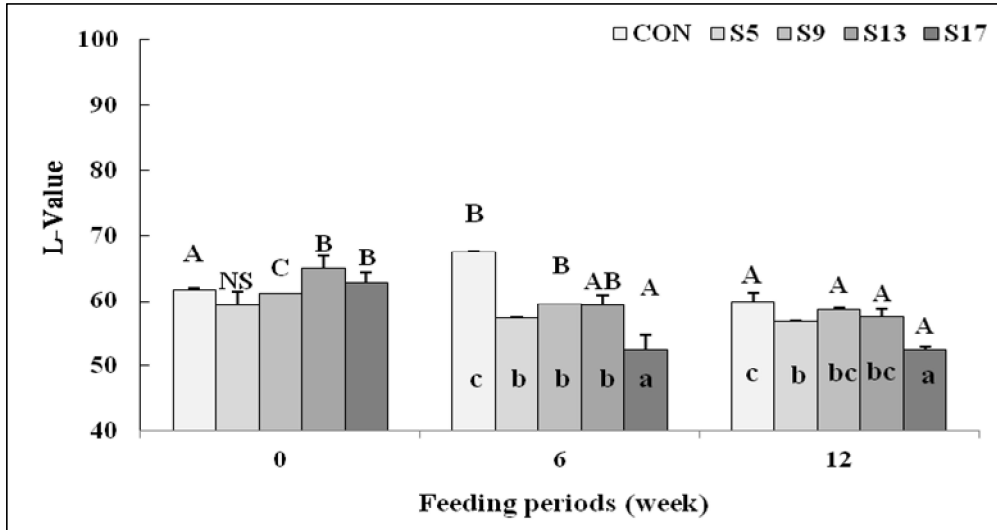
Diets	Survival (%)	Final mean weight (g)	Weight gain (%) ²	Feed efficiency (%) ³
Con	100.0±0.00 ^{ns}	33.4±1.70 ^{ns}	403±33.2 ^{ns}	34.8±2.35 ^{ns}
S5	93.4±6.65	35.8±1.75	423±35.8	42.1±3.35
S9	93.4±6.65	33.4±2.30	399±24.3	38.3±1.85
S13	96.7±3.35	37.1±0.45	446±21.9	42.7±1.90
S17	96.7±3.35	36.3±0.75	430±33.3	40.5±2.85

¹ Values are mean ± SE of replicate groups.

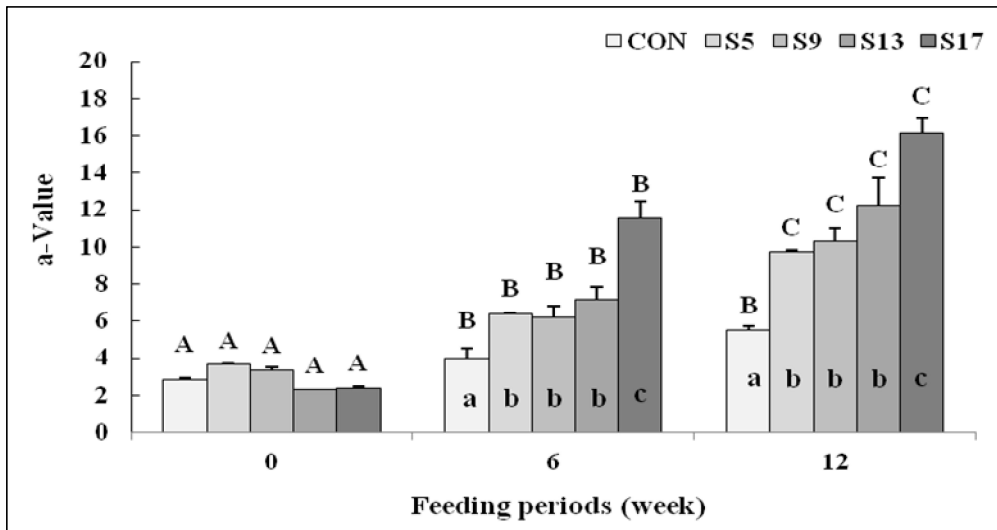
² (Final body weight - initial body weight) × 100/initial body weight.

³ Fish wet weight gain × 100/feed intake (dry matter).

^{ns} Not significant ($P>0.05$).



[Fig. 1] Skin lightness (L^*) of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi fed the diets containing different *Spirulina* levels for 12 weeks. Bars (mean \pm SE of replications) having different capital letters (A-C) are significantly different ($P < 0.05$) according to feeding periods at same diet. Bars bearing different small letters (a-c) are significantly different ($P < 0.05$) among diets at same feeding period.

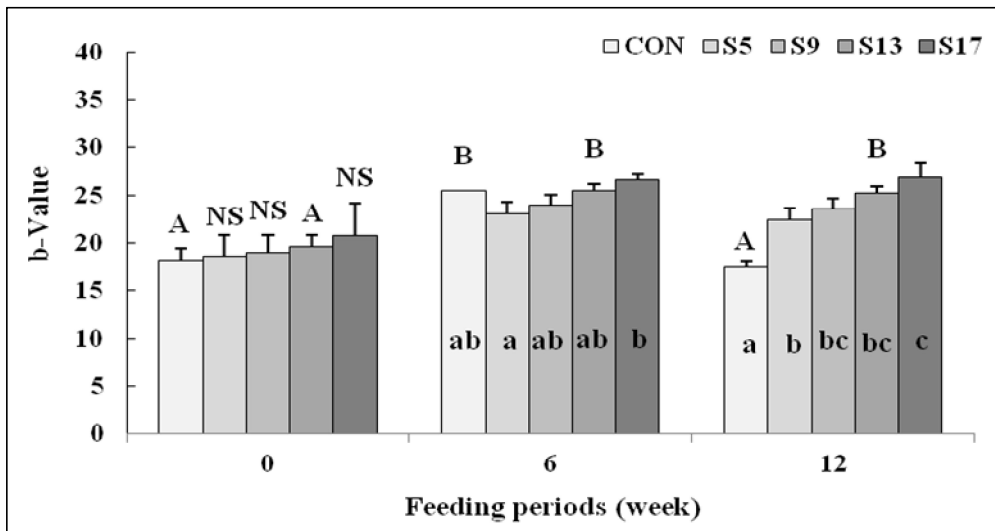


[Fig. 2] Skin redness (a^*) of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi fed the diets containing various *Spirulina* concentration for 12 weeks. Bars (mean \pm SE of replications) having different capital letters (A-C) are significantly different ($P < 0.05$) according to feeding periods at same diet. Bars bearing different small letters (a-c) are significantly different ($P < 0.05$) among diets at same feeding period.

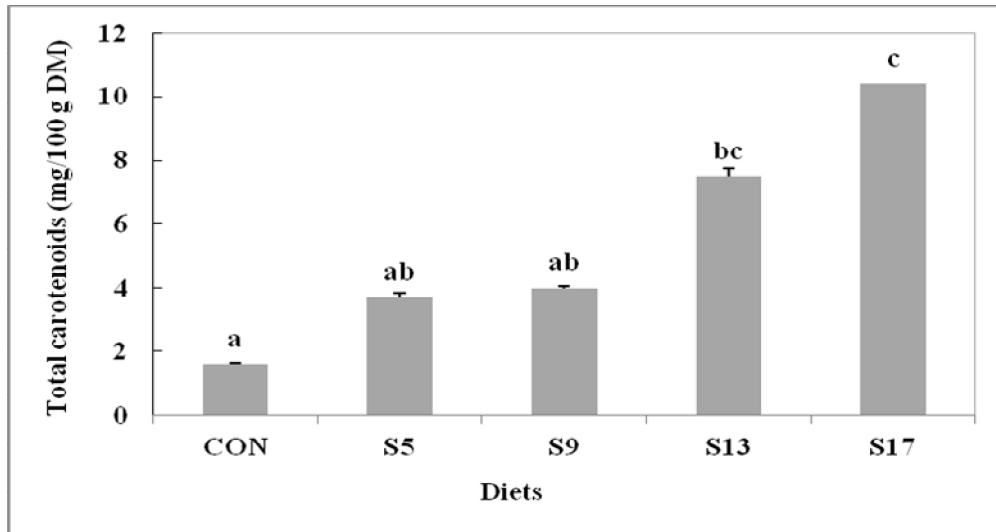
b^* 값을 [Fig. 3]에 나타내었다. 사육실험 6주 후의 b^* 값은 23.1-26.6, 사육 12주 후의 b^* 값은 17.4-26.9로 나타났다. 사육 12주 후의 *Spirulina* 첨가구들의 b^* 값은 대조구보다 높았다($P<0.05$). 사육실험 종료시의 비단잉어 홍백 표피의 total carotenoids 값을 [Fig. 4]에 표시하였다. 표피의 total carotenoids 값은 1.6-10.4의 범위로 *Spirulina* 첨가 함량이 증가할수록 증가하였으며, S13과 S17 사료를 섭취한 비단잉어 표피의 total carotenoids 값이 대조구와 차이를 보였다($P<0.05$).

*Spirulina*에는 단백질, 필수아미노산, 비타민 및 미네랄이 풍부하여 어류 사료에 첨가되고 있는 중요한 원료 중의 하나이다(Becker and Venkataraman, 1984; Nandeesha et al., 2001). 본 연구에서 비단잉어의 성장 및 사료효율은 사료의 *Spirulina* 함량에 영향을 받지 않아, 잉어와 비단잉어를 대상으로 실험한 이전 연구결과와도 같은 경향이다(Nandeesha et al., 1998; Gouveia et al.,

2003; Hancz et al., 2003, Kim et al., 2008, Kim and Lee, 2012a). 이처럼 비단잉어의 성장이 사료의 *Spirulina* 함량에 영향을 받지 않았던 것은 모든 실험사료의 영양소 함량이 비단잉어의 요구에 충족되었기 때문으로 판단된다. 비단잉어를 대상으로 단백질 함량 45-52%인 사료로 실험한 결과에서 사료 첨가제는 어류의 성장 및 사료효율에 영향을 미치지 않았다고 보고된 바 있다(Gouveia et al., 2003; Kim et al., 2008; Kim and Lee, 2012a; Kim and Lee, 2012b). 반면에 Mustafa et al. (1994a, 1994b)은 사료에 *Spirulina*를 첨가하였더니 어류의 성장이 증가되었다고 보고하였다. Sun et al. (2012)은 비단잉어 소화삼색을 대상으로 단백질 함량 30%의 사료에 색소제를 첨가하여 사육 실험하였더니 어류의 성장 및 사료효율이 영향을 받았다고 보고하였다.



[Fig. 3] Skin yellowness (b^*) of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi fed the diets containing various *Spirulina* concentration for 12 weeks. Bars (mean \pm SE of replications) having different capital letters (A-B) are significantly different ($P<0.05$) according to feeding periods at same diet. Bars bearing different small letters (a-c) are significantly different ($P<0.05$) among diets at same feeding period.



[Fig. 4] Skin total carotenoids of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi fed the diets containing various *Spirulina* concentration for 12 weeks. Bars (mean \pm SE of replications) having different letters (a-c) are significantly different ($P < 0.05$).

어류의 carotenoids 축적은 carotenoids 원료, 구조, 안정성, 색소량, 지질원, 어체크기, 성숙속, 유전적인 요인 및 환경적인 요인에 영향을 받는다고 하였다(Guillaume et al., 2001). 본 실험에서 비단잉어 표피의 total carotenoids 함량은 사료의 *Spirulina* 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 보였는데, 이는 어체 내의 carotenoids 축적은 사료의 carotenoids 함량과 사육기간에 직접적으로 영향을 받기 때문인 것이다(Gouveia et al., 2003; Kim et al., 2008; Kim and Lee, 2012a; Kim and Lee, 2012b).

비단잉어는 carotenoids 성분 중 zeaxanthin, canthaxanthin 및 lutein을 astaxanthin으로 전환하여 체내에 저장하며(Simpson, 1981), β -carotene을 astaxanthin으로 산화하지 못하고, astaxanthin을 섭취하여 체내에 저장한다(Katayama et al., 1973). *Spirulina*에 함유된 carotenoids 성분은 β -carotene, zeaxanthin 및 myxoxanthophyll이 주요 성분이며(Liao et al., 1993), 이 중에 zeaxanthin이 비단잉어의 체색을 향상시킨다고 보고되어 있다(Sun et

al., 2012). 또한, zeaxanthin은 비단잉어 홍백 표피의 붉은색을 선명하게 하는데 효과적이라고 보고된 바 있다(Matsuno et al., 1979). 현재까지 비단잉어 홍백을 대상으로 *Spirulina*의 첨가에 따른 체색강화 실험은 Gouveia et al., (2003)이 *Spirulina*를 사료에 4% 첨가하여 10주간 사육한 실험과 Kim et al., (2008)이 *Spirulina*를 사료에 4-10%를 첨가하여 8주간 사육 실험한 연구가 있다. 본 연구에도 5% 이상의 *Spirulina* 첨가 사료에서 적색도가 개선되어 Kim and Lee (2012b)의 결과와 유사한 경향을 보였으나, 17% *Spirulina* 첨가 사료에서 적색도는 5-13% *Spirulina* 첨가구들 보다 유의하게 더 높은 결과를 보였다. 본 연구에서 *Spirulina* 5-13% 첨가구들간의 적색도는 유의차가 없었다. 다른 연구에서도 유사한 결과를 나타내었는데, Kim and Lee (2012a)는 *Spirulina* 5-10% 첨가구들은 대조구보다 적색도가 높은 결과를 나타내었으나, *Spirulina* 5%와 10% 첨가구간에서는 차이가 없었다고 하였다. 이러한 결과들을 종합하여 보면, *Spirulina* 5-13% 첨가가

비단잉어의 적색도를 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, *Spirulina* 첨가 함량을 17%로 늘린다면 비단잉어의 적색도를 더 향상시킬 수 있을 것이다. 그러나 *Spirulina*는 가격이 비싸기 때문에 착색효과만을 고려하여 사료에 첨가 함량을 늘린다면 사료비용의 증가로 경제성이 떨어질 수도 있다. 따라서 비단잉어의 체색을 단기간에 향상시킬 필요가 있을 경우에는 *Spirulina*를 17% 첨가하고, 비교적 장기간에 걸쳐서 비단잉어의 색택을 개선시키고자 할 경우에는 착색효과와 비용을 고려하여 *Spirulina* 5% 첨가가 적합할 것으로 판단된다.

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1995). Official Methods of Analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Becker E. W. and Venkataraman L. V.(1984). Production and utilization of blue-green alga, *Spirulina* in India. Biomass 4, 105~125.
- Duncan D. B.(1955). Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1~42.
- Gomelsky B. · Cherfas N. B. · Ben-Dom N. and Hulata G.(1996). Color inheritance in ornamental (koi) carp (*Cyprinus carpio* L.) inferred from color variability in normal and gynogenetic progenies. The Israeli J. Aquaculture Bamidgeh 48, 219~230.
- Gouveia L. · Rema P. · Pereira O. and Empis J.(2003). Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquacult. Nutr. 9, 123~129.
- Guillaume J. · Kaushik S. · Bergot P. and Metailler R.(2001). Nutrition and feeding of fish and crustaceans. Springer Verlag, 183~196.
- Hancz C. · Magyary I. · Molnar T. · Sato S. · Horn P. and Taniguchi N.(2003). Evaluation of color intensity enhanced by paprika as feed additive in goldfish and koi carp using computer-assisted image analysis. Fish. Sci. 69, 1158~1161.
- Katayama T. · Shintani K. and Chichester C. O.(1973). The biosynthesis of astaxanthin. Comparative Biochemical Physiology 448, 253~257.
- Kim S. R. · Lee C. R. and Lee S. M.(2006). Effects of dietary supplementation of Paprika and *Spirulina* on pigmentation of swiri *Coreoleuciscus splendidus*. J. Aquacult. 19, 261~266.
- Kim Y. O. · Jo J. Y. and Oh S. Y.(2008). Effects of dietary *Spirulina*, Chlorella, and Astaxanthin on the body color of Red- and White-colored carp, *Cyprinus carpio*. J. Kor. Fish. Soc. 41, 193~200.
- Kim Y. O. and Lee S. M.(2010). Effects of feeding frequency and satiation rate on the growth and body composition of Red- and White-colored Carp var. koi. Kor. J. Fish. Aquat. Sci. 43, 320~324.
- Kim Y. O. and Lee S. M.(2012a). Effects of dietary inclusion of *Spirulina*, astaxanthin, canthaxanthin or paprika on the skin pigmentation of red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio* var. koi. Kor. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 43~49.
- Kim Y. O. and Lee S. M.(2012b). Effects of dietary lipid and paprika levels on growth and skin pigmentation of red- and white-colored fancy carp *Cyprinu scarpio* var. koi. Kor. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 337~342.
- Lee C. R. and Lee S. M.(2008). Effect of dietary supplementation of pigment sources on pigmentation of the round tailed paradise fish *Macropodus chinensis* and pale chub *Zacco platypus*. J. Aquacult. 21, 213~217.
- Lee C. R. · Pham M. A. and Lee S. M.(2010). Effects of dietary paprika and lipid levels on growth and skin pigmentation of pale chub (*Zaccoplatus*). Asian-Aust. J. Anim. Sci. 23, 724~732.
- Liao W. L. · Nur-E-Borhan S. A. · Okada S. · Matsui T. and Yamaguchi K.(1993). Pigmentation of cultured black tiger prawn by feeding with a *Spirulina* supplemented diet. Bulletin of the J. Soc. Sci. Fish. 59, 165~169.
- Matsuno T. · Nagata S. · Iwahashi M. · Koike T. and Okada M.(1979). Intensification of color of fancy red carp with zeaxanthin and myxoxanthophyll, major carotenoid constitute of *Spirulina*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 45, 627~632.
- Mustafa M. G. · Takeda T. · Umino T. · Wakamatsu S. and Nakagawa H.(1994a). Effects of *Ascorphyllum*

- and *Spirulina* meal as feed additives on growth and feed utilization of red sea bream, *Pagrus major*. J. Faculty of Applied Biological Sciences of Hiroshima University 33, 125~132.
- Mustafa M. G. · Umino T. and Nakagawa H.(1994b). The effect of *Spirulina* feeding on muscle protein deposition in red sea bream, *Pagrus major*. J. Applied Ichthyology 10, 141~145.
- Nandeeshha M. C. · Gangadhara B. · Varghese T. J. and Keshavanath P.(1998). Effect of feeding *Spirulina* platensis on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp, *Cyprinus carpio* L. Aquac. Res. 29, 305~312.
- Nandeeshha M. C. · Gangadhara B. · Manissery J. K. and Venkataraman L. V.(2001). Growth performance of two Indian major carp, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. Bioresour. Tech. 80, 117~120.
- Paripatananont T. · Tangtrongpaioj J. · Sailasuta A. and Chansue N. K.(1999). Effect of astaxanthin on the pigmentation of goldfish *Carassius auratus*. J. World. Aquacult. Soc. 30, 454~460.
- Simpson K. L.(1981). Carotenoid in fish feeds. Carotenoid as Colorants and Vitamin A Precursors. Academic Press New York, 463~537.
- Skrede G.(1987). Rapid analysis in food processing and food Control. Proceedings of the Fourth European Conference on Food Chemistry, 1~4.
- Sun X. · Chang Y. · Ye Y. · Ma Z. · Liang Y. · Li T. · Jiang N. · Xing W. and Luo L.(2012). The effect of dietary pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (koi, *Cyprinus carpio* L.). Aquaculture 342~343.
- Yuangsoi B. · Jintataporn O. · Areechon N and Tabthipwon P.(2011). The pigmenting effect of different carotenoids on fancy carp (*Cyprinus carpio*). Aquacult. Nutr. 17, 306~316.
-
- Received : 02 December, 2014
 - Revised : 07 January, 2015
 - Accepted : 08 January, 2015