

## 당근추출물의 참돔(*Pagrus major*) 치어 표피색 및 혈청 라이소자임 활성에 대한 효과

강소영<sup>†</sup> · 이상윤 · 서찬영 · 안미정<sup>\*†</sup>

전남대학교 수산생명의학과, \*경상대학교 약학과

### Effects of Carrot Extract on Skin Pigmentation and Serum Lysozyme Activity of Red Seabream *Pagrus major*

So Young Kang<sup>†</sup>, Sang-yun Lee, Chan Young Seo and Mi-Jeong Ahn<sup>\*†</sup>

Department of Aqualife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

\*College of Pharmacy and Research Institute of Pharmaceutical Sciences,  
Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

The effect of dietary carrot extract on skin pigmentation and non-specific immunity of red seabream was evaluated in a six-week feeding trial compared to that of astaxanthin. Fish were fed different experimental diets supplemented with three levels of carrot extract (30, 100, and 300 mg  $\beta$ -carotene/kg diet or CE30, CE100, and CE300), 100 mg astaxanthin/kg diet (AXT100), or a diet without supplement as control for 6 weeks. Our results revealed that the specific growth rate and feed conversion rate were not significantly ( $p>0.05$ ) affected by carrot extract or astaxanthin supplementation for 6 weeks. After 3 weeks of feeding, the dietary carrot extract significantly ( $p<0.05$ ) influenced the redness ( $a^*$ ) and hue ( $H^*_{ab}$ ) of fish skin. CE300 showed the highest  $a^*$  and the lowest  $H^*_{ab}$ , suggesting that carrot extract increased the redness of skin color. However, after 6 weeks of feeding, dietary carrot extract significantly ( $p<0.05$ ) increased the values of yellowness  $b^*$  at all three levels. In contrast, AXT100 significantly ( $p<0.05$ ) increased the values of  $a^*$  but decreased the value of  $H^*_{ab}$ . Only CE300 significantly ( $p<0.05$ ) increased the serum lysozyme activity. These findings suggest that dietary carrot extract can be utilized as a natural feed additive to improve skin pigmentation and health condition of fish.

**Key words:** Carrot, Astaxanthin, Red seabream, Pigmentation, Lysozyme

어류의 표피와 지느러미의 체색에 영향을 주는 색소로는 carotenoids, melanin, flavine, purine 등이

있다. 이 중 carotenoid는 노랑에서 주황, 빨강 계열의 천연 지용성색소로 자연계에 널리 분포하고 있으며, 식물이나 박테리아, 효모와 같은 미생물에 의해서 합성된다. 척추동물은 carotenoid를 체내에서 합성할 수 없으므로 먹이를 통해 공급 받아 체내에 축적하며, 축적된 carotenoid는 경골어류를 포함한 많은 종의 어류들에서 빨강, 주황, 노랑 색조

<sup>†</sup>Corresponding author: So Young Kang  
Tel: +82-61-659-7176, Fax: +82-61-659-7176  
E-mail: sykang1@chonnam.ac.kr

<sup>†</sup>Corresponding author: Mi-Jeong Ahn  
Tel: +82-55-772-2425, Fax: +82-55-772-2429  
E-mail: amj5812@gnu.ac.kr

의 체색을 나타내는 요인이 된다. 뿐만 아니라, carotenoid는 시각, 전사조절인자의 전구체, 항산화제, 면역계에서의 중요한 역할을 담당하고 있다(Goodwin, 1984; Bendich and Olson, 1989). 한편, ketocarotenoid는 그 화학구조 중에 케톤기를 한 개 이상 가지고 있는 carotenoid의 한 종류로 높은 항산화활성을 가지고 있다(Britton et al., 1995; Woodall et al., 1997). Astaxanthin (3,3'-dihydroxy- $\beta$ -carotene-4,4'-dione)은 이러한 ketocarotenoid에 속하는 성분으로 양어장에서 어류의 표피나 근육착색과 면역력을 높이는 목적으로 사용되고 있으며, 식품첨가 보조제나 천연색소 등으로 다양하게 사용되고 있다(Iwamoto et al., 2000; Miki, 1991). 즉, 다양한 어종에 대하여 synthetic astaxanthin 이나 astaxanthin의 주요 천연 source인 *Chlorella*, *Spirulina* 등의 미세조류, *Phaffia* yeast, 해양박테리아 또는 파프리카 등의 식물 등을 이용하여 어류에 급이 후 체표 조직 내 astaxanthin의 축적농도를 정량하여 비교하거나 체표의 색도분석을 통하여 체색 발현에 대한 효과들이 보고되어 있다(Kim et al., 1999; Gouveia et al., 2002; Kurina et al., 2007; Kim et al., 2008; Kim and Lee, 2012; Kim et al., 2013)

한편, carotenoid의 어체내에서의 생리활성에 관해서는 대표적인 carotenoid 성분인  $\beta$ -carotene 이 vitamin A 전구체로서의 기능뿐만 아니라 비특이 면역인자의 조절을 통하여 면역증강을 유도하는 것으로 보고되고 있다. Amar et al. (2000, 2001)은 synthetic  $\beta$ -carotene이 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)에서 비특이 면역증강을 유도하였다고 보고하였고, Jha et al. (2007)은 catla (*Catla catla*)에서, Anbazahan et al. (2014)는 common carp (*Cyprinus carpio*)에서  $\beta$ -carotene이 비특이 면역증강과 *Aeromonas hydrophila*의 공격감염에 대한 저항성을 나타냈다고 보고하였다. 또한, vitamin A는 seabream (*Sparus aurata*)과 tilapia (*Oreochromis hybrids*)에서 비특이 면역 증강활성을 나타내는 것으로 보고되었다.  $\beta$ -carotene의 천연 source로서 이용되는 미세조류인 *Dunaliella salina*를 severum (*Heros severu*)과 rainbow trout에 투여 시 각각 serum lysozyme 활성과 같은 비특이 면역 인자를 증강시켰다는 연구결과도 있다(Amar et al., 2004; Alishahi et al.,

2014). 이처럼 다양한 어종에서 다양한 source로부터의  $\beta$ -carotene이 어체내에서 비특이 면역인자를 활성화 시킴으로써 면역증강제로서의 효과적인 역할을 하고 있음을 알 수 있다.

당근은 미나리과(Apiaceae)에 속하는 *Daucus carota* L.의 뿌리로 provitamin A인  $\beta$ -carotene과  $\alpha$ -carotene, lutein과 같은 carotenoid성분을 다량 보유하고 있는 중요한 영양원이며 흔하게 이용할 수 있는 carotenoid의 천연 source이다. 현재까지 당근 추출물을 어류에 투여하여 표피색이나 생리활성에 미치는 영향을 연구한 결과는 보고된 바가 없다. carotenoid의 참돔(red seabream, *Pagrus major*)의 체색에 미치는 영향에 대한 연구를 살펴보면 주로 참돔의 붉은색을 나타내게 하는 astaxanthin에 관하여 이루어져 있다. Fujita et al. (1983)이 크릴오일로부터 정제된 astaxanthin diester의 투여 시 표피 축적 효과를 보고하였고, Ha et al. (1993)이 synthetic  $\beta$ -carotene, astaxanthin 등을 투여 시 체색 개선효과를 표피축적 농도로서 비교하였고, Kurina et al. (2007)이 synthetic astaxanthin과 천연 astaxanthin의 source로 알려져 있는 *Phaffia* yeast와 marine bacterium *Paracoccus* sp.를 각각 투여 후 표피 축적 농도를 비교하였다. 그러나, 참돔에 carotenoid를 투여 후 표피색에 대한 효과를 색도분석을 통하여 비교한 연구결과는 보고된 바가 없다. 따라서, 본 연구에서는  $\beta$ -carotene의 source인 당근추출물의 투여 시 참돔의 표피색에 미치는 영향을 pure astaxanthin의 효과와 색도분석을 통하여 비교하였고, 비특이 면역인자 중 혈청 lysozyme 활성에 대한 효과도 알아보았다.

## 재료 및 방법

### 실험어 및 사육관리

본 실험에서 사용된 참돔은 여수 화양면 소재 배양장에서 구입한 치어를 사용하였으며, 실험 시작 1주 전에 수온 21°C에서 순치하면서 입붙임을 실시하였다. 실험 시작 시에 각 실험구에 50 마리씩 5개 구로 나누어 400 L 순환여과 수조에서 사육하였다. 이때, 평균전장 3.9±0.2 cm, 평균체중 0.67±0.18 g 이었다. 사료는 시판 우럭사료(조단백: 48.0

%, 조지방: 5.0%, 조섬유: 4.0%, 조회분: 17.0%, 칼슘: 2.0%, 인: 2.7%)를 사용하였으며, 사료 급이는 어체중의 10 %로 1일 4회로 나누어 실시하였다. 시험사료 급이 후 3주에 각 구에서 7마리, 6주에 각 구에서 11마리씩 취하여 실험에 사용하였다. 사육수의 평균 수온은  $21 \pm 0.24^\circ\text{C}$  이었으며, 평균 용존산소량(DO)은  $6.72 \pm 0.21 \text{ mg/L}$ 이었다. 3주 및 6주 투여 후에 각 체중과 전장을 측정하여 성장률(SGR: specific growth rate) 및 사료전환효율(FCR: feed conversion rate)을 비교하였다.

### 시험사료

시험사료는 당근추출물(총카로티노이드 함량: 37 mg/g,  $\beta$ -carotene 함량: 32 mg/g)을 hexane (최종농도5%이내)에 녹인 후 absolute ethanol로 희석하여  $\beta$ -carotene 함량을 기준으로 30 mg/kg diet (CE30), 100 mg/kg diet (CE100) 및 300 mg/kg diet (CE300)로 사료에 흡착하고 저온건조 시킨 후 사용하였다. Carophyll pink® (DSM, France)를 지시된 용법대로 증류수에 녹인 후 astaxanthin이 100 mg/kg diet (AXT100)가 되도록 사료에 흡착하여 건조시킨 후 사용하였다.

### 당근추출물의 제조

당근뿌리의 동결건조물 380 g을 2.5 L의 아세톤으로 30분씩 3번 초음파추출한 후 추출액을 감압여과한 후 감압농축한 다음 동결건조하여 당근추출물(6.5 g)을 얻었다.

### 당근추출물 중의 카로티노이드 함량측정

Agilent 1100 HPLC system (Hewlett-Packard, Waldbronn, Germany)을 이용하여 당근추출물 중의 카로티노이드 함량을 측정하였다 (Lim et al., 2009). HPLC용 칼럼으로는 YMC C<sub>30</sub> 카로티노이드 전용 칼럼(3  $\mu\text{m}$ ,  $4.6 \times 250 \text{ mm}$ , Japan)을 사용하였으며, 전개용매로는 메탄올: MTBE : 물 = 81 : 15 : 4의 혼합용액을 A용액으로 하고, 메탄올: MTBE : 물 = 6 : 90 : 4의 혼합용액을 B용액으로 하여 처음 15분간은 100% A용액으로, 그 다음 35분간은 B용액의 비율을 서서히 올려 100%가 되게 하였다. 컬럼의 유속은 0.7 mL/min, 컬럼의 온도는  $22^\circ\text{C}$ 로 하

였으며 주입량은 10  $\mu\text{L}$ 로 하여 450 nm에서 검출하였다. HPLC system의 구동에는 Chemstation software (Hewlett-Packard, Avondale, CA, USA)를 사용하였으며, 표준물질로 사용한 lutein, zeaxanthin,  $\alpha$ -carotene, all-trans- $\beta$ -carotene은 CaroteNature (GmbH, Lupsingen Switzerland)사의 것을 구입하여 사용하였다. 이상의 방법으로 실험한 결과, 본 실험에 사용된 당근 추출물 내의 총카로티노이드 함량은 37 mg/g,  $\beta$ -carotene 함량은 32 mg/g으로 산출되었다 (Fig. 1).

### 색도분석

표피색의 분석은 Cline (2011)과 Hancz et al. (2003)의 방법을 응용하여 디지털카메라 (Leica D-Lux 3)로 참돔 체표를 촬영하여 얻은 JPEG format의 영상을 Adobe® Photoshop® CS2 (version 9.0.2)를 이용하여  $L^*$  (lightness),  $a^*$  (redness),  $b^*$  (yellowness) 및  $H^*_{ab}$  (hue) 값으로 수치화하여 분석하였다. Hue는  $H^*_{ab} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ 로 산출되는 각도값으로서  $0^\circ$ 는 red 색조를  $90^\circ$ 는 yellow 색조를 나타낸다(CIE 1976; Nickell and Bromage, 1998).

### 혈청 라이소자임 활성

6주 투여구에 대한 혈청 라이소자임 활성 시험은 각 구에서 10마리를 취하여 실험어의 미부정맥으로부터 채혈 후 원심분리 하여 분리된 혈청을 사용하여 *Micrococcus lysodeikticus* 를 이용한 탁도 측정법으로 실시하였다(Ellis, 1990).

### 통계처리

결과의 통계 처리는 SPSS Version 21 program (SPSS® statistics)을 사용하여 one way ANOVA를 실시한 후 Tukey HSD test로 그룹 평균간의 유의성 ( $P < 0.05$ )을 사후검정 하였다.

## 결과 및 고찰

Carotenoid는 어류양식에서 vitamin A 전구체로서의 기능뿐만 아니라 체색개선의 목적으로 상업적으로 빈번히 사용되고 있으며, 성장율과 비특이 면역증강 및 질병에 대한 저항력도 높이는 것으로

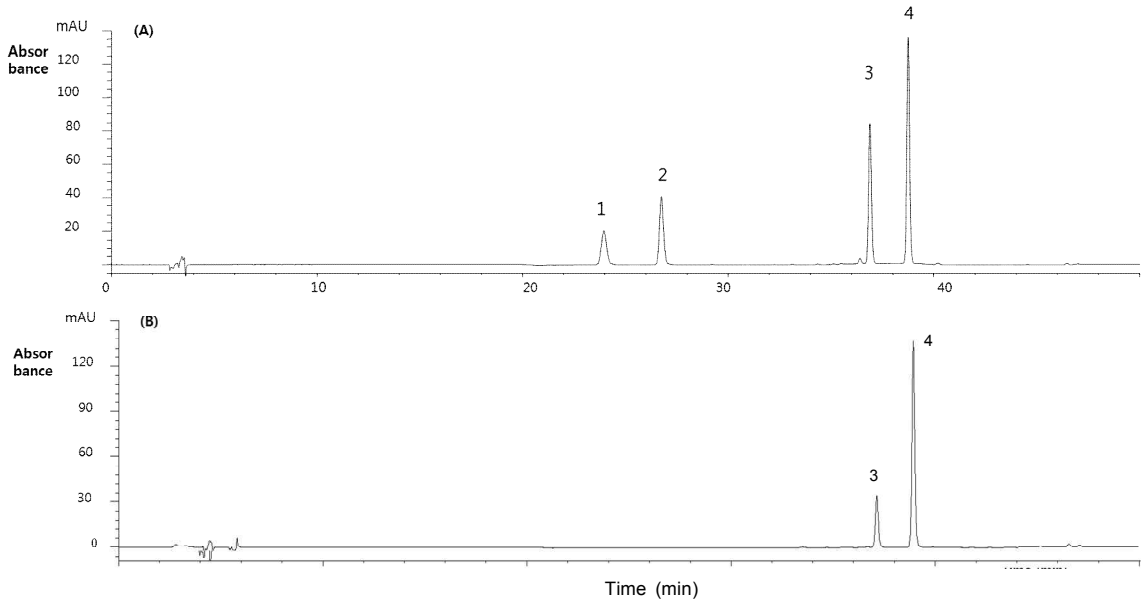


Fig. 1. HPLC chromatograms of standard mixture solution (A) and the acetone extract of commercial carrots (B) at 450 nm. 1, lutein; 2, zeaxanthin; 3,  $\alpha$ -carotene; 4,  $\beta$ -carotene. Lutein and zeaxanthin, 2 mg/mL;  $\alpha$ -carotene, 4 mg/mL;  $\beta$ -carotene, 8 mg/mL in standard mixture solution.

보고되고 있다(Gupta et al., 2007). 본 연구에서는 carotenoid 중에서도  $\beta$ -carotene의 source로서 식품으로 이용되는 당근의 아세톤 추출물을 이용하여 참돔 치어에서의 표피색에 대한 영향과 비특이 면역 인자 중 혈청 lysozyme 활성에 대한 효과를, 양어장에서 어류의 착색과 면역력을 높이는 목적으로 기존에 사용되고 있는 ketocarotenoid의 한 종류인 astaxanthin의 활성과 비교하였다.

정량실험을 통하여  $\beta$ -carotene 함량이 32 mg/g으로 결정된 당근추출물을 이용하여, 각 사료에서의 함량이 30 mg  $\beta$ -carotene/kg diet (CE30), 100 mg  $\beta$ -carotene/kg diet (CE100), 300 mg  $\beta$ -carotene/kg diet (CE300)이 되도록 흡착한 사료를 각각 3주 및 6주 동안 참돔 치어에 급이하였다. 이와 동시에, Carophyll pink<sup>®</sup>를 이용하여 100 mg astaxanthin/kg diet (AXT100)의 용량으로 동일하게 급이 후에 어체중을 측정하고 이로부터 3주 및 6주 후의 성장률(SGR)과 사료전환효율(FCR)을 분석하였다(Table 1). 3주 및 6주 투여 후에 대조구와 당근추출물 투여구 및 astaxanthin 투여구의 성장률과 사료전환효율을 비교해 보았을 때 모든 실험구에서 유의적인

차이는 관찰되지 않았다. 이는 본 실험의 조건에서 사료에 첨가된 당근추출물 및 astaxanthin의 투여용량이 참돔 치어의 성장에 유의적인 영향을 미치지 않는 수준이었기 때문인 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 타 연구에서도 유사하게 보고되고 있는 것으로, Hynes et al. (2009)은 atlantic salmon에서 81일과 181일의 astaxanthin 투여구에서 성장에 미치는 영향이 전혀 없는 것으로 보고하였고, Kim and Lee (2012)와 Kim et al. (2013)도 파프리카 추출물의 8주 및 9주간의 투여가 비단잉어 홍백치어 및 1년어에서의 성장에는 유의적인 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있다.

3주 및 6주 투여 후 표피색의 색도분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 3주 투여 후 당근추출물 실험구에서 control구나 astaxanthin 투여구에 비해 표피색이 붉어졌음이 관찰되었고, 이는 control 구에 비해 당근추출물 투여구들에서 유의적으로 증가된  $a^*$  값(redness)과 유의적으로 감소된  $H^*_{ab}$  값(hue)을 통해서 확인할 수 있었다( $P < 0.05$ ). Lightness ( $L^*$ )와 yellowness ( $b^*$ )에서는 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 이에 비해, 6주 투여구

Table 1. Specific growth rate (SGR), feed conversion rate (FCR) for red seabreams *Pagrus major* fed with the diets incorporating different levels of carrot extract

Groups	SGR <sup>1</sup>		FCR <sup>2</sup>	
	3 weeks	6 weeks	3 weeks	6 weeks
Control	7.85 ± 0.53	6.18 ± 0.24	0.51 ± 0.07	0.80 ± 0.09
CE30	8.20 ± 0.71	5.99 ± 0.33	0.47 ± 0.09	0.85 ± 0.12
CE100	7.78 ± 0.19	5.87 ± 0.40	0.52 ± 0.03	0.95 ± 0.13
CE300	7.57 ± 0.69	5.90 ± 0.39	0.58 ± 0.09	0.88 ± 0.13
AXT100	7.67 ± 0.75	6.11 ± 0.26	0.57 ± 0.09	0.83 ± 0.10

CE30: fed with carrot extract of 30 mg β-carotene/kg diet; CE100: fed with carrot extract of 100 mg β-carotene /kg diet; CE300: fed with carrot extract of 100 mg β-carotene/kg diet; AXT100: fed with 100 mg astaxanthin/kg diet.

<sup>1</sup>SGR: specific growth rate = 100 × (ln final weight - ln initial weight) / no. days.

<sup>2</sup>FCR: feed conversion rate = feed given (g) / weight gain (g).

There was no significant difference between any of the groups from a particular column ( $P > 0.05$ ).

Table 2. Skin coloration measurement for red seabreams *Pagrus major* fed with the diets incorporating different levels of carrot extract for 3 weeks and 6 weeks (mean ± SD)

Groups	3 weeks			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$H^*_{ab}$
Control	42.3 ± 3.5	-1.7 ± 1.2	10.0 ± 1.0	51.7 ± 8.0
CE30	48.0 ± 2.0	1.33 ± 0.6*	11.3 ± 0.6	41.0 ± 2.0*
CE100	41.3 ± 1.2	0.67 ± 0.6*	10.7 ± 0.6	43.0 ± 0.0
CE300	41.3 ± 6.8	1.67 ± 0.6*	10.3 ± 0.6	38.0 ± 2.6*
AXT100	39.0 ± 6.2	-0.7 ± 0.6	9.33 ± 0.6	48.7 ± 1.5
Groups	6 weeks			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$H^*_{ab}$
Control	50.0 ± 4.2	-0.1 ± 1.9	8.6 ± 1.6	45.0 ± 9.7
CE30	48.6 ± 4.0	-0.8 ± 1.1	10.4 ± 1.5	49.3 ± 6.4
CE100	48.6 ± 4.7	-1.0 ± 1.9	11.5 ± 1.8**	47.7 ± 9.2
CE300	48.1 ± 4.7	0.0 ± 1.7	12.8 ± 2.8**	48.2 ± 5.4
AXT100	48.0 ± 5.4	2.4 ± 1.0**	11.2 ± 2.2	33.5 ± 6.4**

Lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ), Hue =  $\tan^{-1}(b^*/a^*)$

Asterisks indicate significance vs. control group (one-way ANOVA and Tukey HSD test):  $P < 0.05$  (\*),  $P < 0.01$  (\*\*)

에서는 당근추출물 투여구 CE100과 CE300이 control구에 비해 전반적으로 노란 색조가 짙어졌음을 육안으로도 확인할 수 있었고, 색도분석 결과에서도 유의적으로 증가된  $b^*$ 값(yellowness)으로 확인되었다( $P < 0.01$ ). 반면, astaxanthin (AXT100)의 3주 투여구에서는 색도분석결과의 전항목에서 control구와 차이가 없었으나, 6주 투여구에서는 control구나 모든 당근 추출물 실험구에 비해 뚜렷하게 붉어졌음이 관찰되었고, 색도분석에서도 control

에 비해 유의적으로 증가된  $a^*$  값과 유의적으로 감소된  $H^*_{ab}$  값을 통하여 확인할 수 있었다( $P < 0.01$ ). Lightness ( $L^*$ )에서는 모든 실험구에서 유의적인 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). Carotenoid의 어류 표피색에 대한 영향은 주로 붉은색을 나타내는 astaxanthin에 관하여 보고되었고, 특히 표피의 붉은색이 상품성에 크게 영향을 미치는 참돔에 대해서는 서론에서 밝힌 것처럼 주로 astaxanthin을 이용한 체색개선 효과나 이의 표피 축적과 대사에 관하여 보고되어

있다(Fujita et al., 1983; Kurina et al., 2007). Ha et al. (1993)에서는 참돔에  $\beta$ -carotene, lutein ester, astaxanthin과 이의 에스터유도체 등을 각각 4주 및 8주 투여 후 표피에서의 carotenoid 성분 분석을 실시하여 astaxanthin이 tunaxanthin으로 환원 대사되는 것으로 추정하였으며, 특히 astaxanthin diester가 효과적으로 축적됨을 보고하였다. 그러나 본 연구에서와 같은 표피색에 대한 영향은 비교 검토되지 않았다. 본 연구에서는 참돔 치어에 당근추출물과 astaxanthin을 투여 후 3주만에 당근추출물 실험구에서 astaxanthin 투여구보다 붉은 색조로 착색됨을 색도분석을 통하여 확인하였다. 이는 진한 오렌지색을 띠는  $\beta$ -carotene을 주로 함유하고 있는 당근추출물의 참돔 표피에서의 착색효과로 생각된다. Sea bream류는 lutein이나 carotene이 조직에 축적될 뿐 체내에서 다른 carotenoid로 전환되지 않는 것으로 알려져 있다(Gupta et al., 2007). 따라서 당근추출물 투여구에서 3주째의 효과는 참돔의 표피에  $\beta$ -carotene을 포함한 당근추출물 내의 carotenoid들이 축적되어 나타난 효과로 보여진다. 이후 6주 투여 후에는 astaxanthin 투여구에서 뚜렷한 붉은색을 확인할 수 있었으며, 반면 당근추출물 투여구에서는 뚜렷한 노란색조의 증가를 확인하였다. 이는 당근추출물을 참돔이 아닌 금붕어나 비단잉어 등 다른 다양한 색조의 관상어에 적용 시에 더욱 유리한 착색효과로 생각된다. Ha et al. (1993)에 따르면, 넓치에  $\beta$ -carotene, lutein ester, astaxanthin과 이의 에스터 유도체 등을 8주간 투여 후 관찰한 표피 내 carotenoid 축적율은  $\beta$ -carotene에서 가장 높은 것으로 나타나 이의 체색개선 및 체색황색화 효과가 클 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 사용한 당근추출물은 6주 이상 장기 투여 시에는 노란색조의 표피색을 띠는 어종에 사용하기에 보다 적합할 것으로 예상된다.

라이소자임은 척추 및 무척추동물의 비특이 면역체계에서 중요한 체액성 인자인 용균성 효소의 일종으로서, 세균의 세포벽 성분인 펩티도글리칸의  $\beta$ -glycoside 결합을 가수분해시켜 용균작용을 일으킨다(Magnadottir, 2006). 본 연구에서는 당근추출물 및 astaxanthin 투여가 참돔 치어의 비특이 면역활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 6주

투여구를 대상으로 혈청 라이소자임 활성을 측정하였다. 그 결과, 당근추출물 300 mg  $\beta$ -carotene/kg diet 투여구(CE300)에서만 control구에 비해 유의적으로 높은 혈청 라이소자임 활성이 나타났고 astaxanthin 투여구(AXT100)에서는 control구와 차이가 없었다 (Fig. 2,  $P < 0.05$ ). Amar et al. (2004)에 따르면,  $\beta$ -carotene의 source로서 *Dunaliella salina* 를, astaxanthin의 source로서 *Phaffia rhodozyma*를 rainbow trout에 투여 시에 *Dunaliella* 그룹에서는 혈청 라이소자임에서의 유의적인 증가가 관찰되었으나, *Phaffia* 그룹에서는 그렇지 않았다고 보고하였다. 또한, Alishahi et al. (2014)도 *Dunaliella salina* 를 severum (*Heros severu*) 에 투여 시 혈청 라이소자임 활성이 증가되었다고 보고하였다. 뿐만 아니라, 유전자 조작을 통하여 lycopene과  $\beta$ -carotene을 과생산하도록 만들어진 fungus *Muor circinelloides*의 mutant를 seabream (*Sparus aurata*)에 투여 시 비특이 면역인자의 활성이 증강되었다는 보고도 있다(Rodriguez et al., 2004). 이와 같이 다양한 어종에서  $\beta$ -carotene에 의한 비특이 면역증강 활성, 특히 혈청 라이소자임 활성의 유의적인 증강을 확인할 수 있으며, 이는 본 연구결과와 일치한다. 근래에 각광받고 있는 미세조류 *Dunaliella salina*의 경우 건조중량의 최대 10%까지  $\beta$ -carotene을 함유하고 있으며 전세계적으로 한 해에 1,200 ton (건조중량) 정도 생산되고 있다. 인체나 동물용 영양보조제,

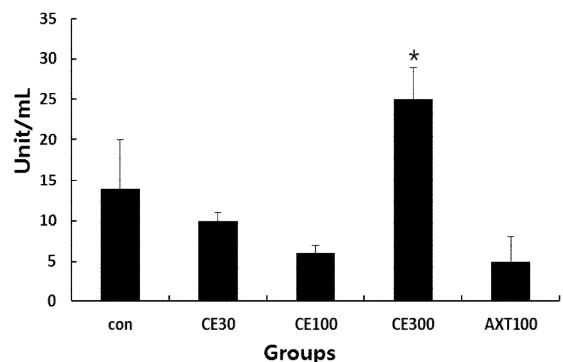


Fig. 2. The serum lysozyme activity in red sea breams fed with the diets incorporating different levels of carrot extract for 6 weeks. Asterisks indicate significance vs. control group (one-way ANOVA and Tukey HSD test):  $P < 0.05$  (\*).

화장품, 어류양식 등에 사용되고 있으며 양식산업에서의 주용도는 체색효과가 필요한 관상어용 artemia나 rotifer 사료첨가제나 shrimp나 finfish용 사료첨가제 등으로 사용되고 있다.  $\beta$ -carotene 을 포함한 carotenoid의 세계적 수요 증가를 감안할 때 새로운 carotenoid source의 개발은 중요한 과제이다(Spolaore et al., 2006). 이상의 결과는 당근추출물이 참돔 치어 투여 시 표피색 착색효과와 혈청 라이소자임 활성화 증가를 통한 비특이 면역증강 효과를 나타낼 수 있음을 제시하며, 어류양식용 carotenoid 의 새로운 source로서 이용될 수 있는 가능성을 제시하였다고 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 차세대바이오그린21사업(SSAC, PJ01106402)의 지원에 의해 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

### References

Alishahi, M., Karamifar, M., Mesbah, M. and Zarei, M.: Hemato-immunological responses of *Heros severus* fed diets supplemented with different levels of *Dunaliella salina*. *Fish Physiol. Biochem.*, 40: 57-65, 2014.

Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T.: Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquac. Res.*, 32 (Suppl. 1): 162-173, 2001.

Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S. and Watanabe, T.: Enhancement of innate immunity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) associated with dietary intake of carotenoids from natural products. *Fish Shellfish Immunol.*, 16: 527-537, 2004.

Amar, E.C., Kiron, V., Satoh, S., Okamoto, N. and Watanabe, T.: Effects of dietary  $\beta$ -carotene on the immune response of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fish. Sci.* 66: 1068-1075, 2000.

Anbazahan, S.M., Mari, L.S., Yogeshwari, G., Jagruthi, C., Thirumurugan, R., Arockiaraj, J., Velaaganni, A.A.J., Krishnamoorthy, P., Balasundaram, C. and Harikrishnan, R.: Immune response and disease resistance of carotenoids supplementation diet in *Cyprinus*

*carpio* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish Shellfish Immunol.*, 40: 9-13, 2014.

Bendich, A. and Olson, J.A.: Biological actions of carotenoids. *FASEB J.*, 3: 1927-1932, 1989.

Britton, G., Liaaen-Jensen, S. and Pfander, H.: Structure and nomenclature in carotenoids. Vol. 1A: Isolation and analysis, Birkhauser Verlag, Basel, pp. 27-70, 1995.

CIE.: Official recommendations on uniform color space, color difference equations and metric color terms. Suppl. No. 2 to CIE Publication No. 15, Colorimetry. Commission International de l'Eclairage, Paris, 1976.

Cline, D.: Photo-based color evaluation can enhance catfish fillet quality. *Global Aquacult. Adv.*, 70-71, 2011.

Ellis, A.E.: Lysozyme assays. In *Techniques in Fish Immunology*, Stolen, J.S., Fletcher, T.C.D., Anderson, P.B., Roberson, S. and Muiswinkel, W.B.V. (eds). SOS Publications, Fair Haven, NJ, 1990.

Fujita, T., Satake, M., Watanabe, T., Kitajima, C., Miki, W., Yamaguchi, K. and Konosu, S.: Pigmentation of cultured red sea bream with astaxanthin diester purified from krill oil. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 49: 1855-1861, 1983.

Goodwin, T.W.: The Biochemistry of the carotenoids vol.2. *Animals* (2<sup>nd</sup> ed.), Chapman & Hall, London, 1984.

Gouveia, L., Choubert, G., Pereira, N., Santinha, J., Empis, J. and Gomes, E.: Pigmentation of gilthead seabream, *Sparus aurata* (L. 1875), using *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Volvocales) microalga. *Aquac. Res.* 33: 987-993, 2002.

Gupta, S.K., Jha, A.K., Pal, A.K. and Venkateshwarlu, G.: Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes. *Nat. Prod. Radiance*, 6: 46-49, 2007.

Ha, B.S., Kang, D.S., Kim, J.H., Choi, O.S. and Ryu, H.Y.: Metabolism of dietary carotenoids and effects to improve the body color of cultured flounder and red sea bream. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 26: 91-101, 1993.

Hancz, C., Magyary, I., Molnar, T., Sato, S., Horn, P. and Taniguchi, N.: 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, 2003.

Hynes, N., Egeland, E.S., Koppe, W., Baardsen, G. and Kiron, V.: Calanus oil as a natural source for flesh pigmentation in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquacult. Nutr.* 15: 202-208, 2009.

- Iwamoto, T., Hosoda, K., Hirano, R., Kurata, H., Matsu-  
moto, A., Miki, W., Kamiyama, M., Itakura, H.,  
Yamamoto, S. and Kondo, K.: Inhibition of low-  
density lipoprotein oxidation by astaxanthin. *J.*  
*Atheroscler. Thromb.*, 7: 216-222, 2000.
- Jha, A.K., Pal, A.K., Sahu, N.P., Kumar, S. and Mukher-  
jee, S.C.: Haemato-immunological responses to diet-  
ary yeast RNA,  $\omega$ -3 fatty acid and -carotene in *Catla*  
*catla* juveniles. *Fish Shellfish Immunol.* 23: 917-  
927, 2007.
- Kim, H.S., Kim, Y., Cho, S.H. and Jo, J.Y.: Effects of  
dietary carotenoids on the nuptial color of the bitter-  
ling (*Rhodeus uyekii*). *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.* 32:  
276-279, 1999.
- Kim, Y.O. and Lee, S.M.: Effects of dietary lipid and  
paprika levels on growth and skin pigmentation f  
red- and white-colored fancy carp *Cyprinus carpio*  
var. koi. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 337-342, 2012.
- Kim, Y.O., Bang, I.C. and Lee, S.M.: Skin pigmentation  
of 0-age and 1-age red- and white-colored fancy carp  
*Cyprinus carpio* var. koi fed diets containing differ-  
ent amounts of paprika. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*,  
46: 365-370, 2013.
- Kim, Y.O., Jo, J.Y. and Oh, S.Y.: Effects of dietary  
*Spirulina*, *Chlorella*, and astaxanthin on the body  
color of red- and white-colored carp *Cyprinus carpio*.  
*Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 193-200, 2008.
- Kurnia, A., Satoh, S., Kuramoto, D. and Hanzawa, S.:  
Effect of different astaxanthin sources on skin pig-  
mentation of red sea bream (*Pagrus major*). *Aquacul-  
ture Sci.*, 55: 441-447, 2007.
- Lim, C.J., Kim, H.Y., Lee, C.H., Kim, Y., Back, K.,  
Bae, J.M., Lee, S.W. and Ahn, M.J. Variation in  
carotenoid composition in carrots during storage and  
cooking. *J. Food Sci. Nutr.*, 14: 240-245, 2009.
- Magnadottir, B.: Innate immunity of fish (overview).  
*Fish Shellfish Immunol.*, 20: 137-151, 2006.
- Miki, W.: Biological functions and activities of animal  
carotenoids. *Pure Appl. Chem.*, 63: 141-146, 1991.
- Nickell, D.C. and Bromage, N.R.: The effect of dietary  
lipid level on variation of flesh pigmentation in rain-  
bow trout. *Aquaculture*, 161: 237-251, 1998.
- Rodriguez, A., Cuesta, A., Esteban, M.A. and Meseguer,  
J.: The effect of dietary administration of the fungus  
*Mucor circinelloides* on non-specific immune res-  
ponses of gilthead seabream. *Fish Shellfish Immu-  
nol.*, 16: 241-249, 2004.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E. and Isam-  
bert, A.: Commercial applications of microalgae. *J.*  
*Biosci. Bioeng.*, 101: 87-96, 2006.
- Woodall, A.A., Britton, G. and Jackson, M.J.: Carote-  
noids and protection of phospholipids in solution or  
in liposomes against oxidation by peroxy radicals:  
relationship between carotenoid structure and pro-  
tective ability. *Biochim. Biophys. Acta*, 1336: 575-  
586, 1997.

---

Manuscript Received : August 6, 2015

Revised : November 10, 2015

Accepted : November 10, 2015