

## 잉어아과에 속하는 납지리와 줄납자루의 Carotenoid 색소성분의 비교

권문정<sup>†</sup> · 하봉석

경상대학교 식품영양학과

### Comparison of Carotenoid Pigments in Flat bitterling, *Paracheilognathus rhombea* and Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae Mori*, in the Subfamily Cyprinidae

Moon-Jeong Kweon<sup>†</sup> and Bong-Seuk Ha

Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

#### Abstract

Differences in carotenoid composition in the integuments and eggs of flat bitterling, *Paracheilognathus rhombea* and Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae Mori* were compared. Total carotenoid content in the integuments of male and female of flat bitterling and Korean striped bitterling were 2.3mg%, 1.1mg%, and 1.9mg%, 0.8mg%, respectively. The composition of carotenoids in the integuments were very similar to each other, and the predominant carotenoids in the integuments of flat bitterling and Korean striped bitterling were lutein(48.0~39.2%), lutein epoxide(19.8~9.0%), triol(15.7~5.6%), tunaxanthin(15.6~4.5%) and zeaxanthin(10.6~2.5%). In addition,  $\alpha$ -cryptoxanthin(4.9~0.0%), cynthiaxanthin(4.8~0.0%), and  $\beta$ -carotene(3.4~0.0%) were present in small amounts. Total carotenoid contents in the eggs of flat bitterling and Korean striped bitterling were 1.8mg% and 2.5mg%, respectively. The major carotenoids in the eggs of flat bitterling were lutein(40.5%), lutein epoxide(34.4%) and tunaxanthin(12.1%) followed by zeaxanthin(6.8%), triol(1.4%),  $\beta$ -carotene(0.6%), and  $\alpha$ -cryptoxanthin(0.5%). The carotenoids in the eggs of Korean striped bitterling were composed lutein(55.5%), lutein epoxide(24.5%), and zeaxanthin(7%). In addition, tunaxanthin(3.7%), triol(3.5%),  $\alpha$ -cryptoxanthin(0.6%) and  $\beta$ -carotene(0.4%) were the minor components.

Key words : carotenoid, flat bitterling, Korean striped bitterling

#### 서 론

잉어아과에 속하는 납지리와 줄납자루는 우리나라 특산 담수어로서 산란기에는 수컷의 경우 뚜렷한 혼인색을 띤다. 어류의 carotenoid는, 송어과(1)인 담수산 송어의 표피에는 lutein과 zeaxanthin이 주성분이며, 해산 송어의 표피에는 zeaxanthin과 diatoxanthin이 주성분으로 존재하여 담수와 해수의 환경에 따라 carotenoid의 조성이 서로 상이하다고 보고되고 있다.

담수어류의 carotenoid에 관한 연구로는 은어(2)의 표피에는 zeaxanthin, lutein이 주성분이며 그외,  $\beta$ -carotene, cryptoxanthin, cynthiaxanthin 등이 존재하며, 메기(3)의 표피에는  $\beta$ -zeacarotene-3-7-diol이

주성분이며 그외  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -cryptoxanthin, lutein 등이 존재하고, 가물치(3)에는 tunaxanthin, lutein이 주성분이며 그외  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -cryptoxanthin 등이 존재한다고 보고하여 같은 담수어라도 어종에 따라 그 조성이 다소 상이함을 볼 수 있었다. 그리고 잉어아과(4-7)에 속하는 황어, 피라미, 갈겨니, 누치, 모래무지, 참중고기의 표피에는 cynthiaxanthin, zeaxanthin, lutein이 주성분이며 그외, cryptoxanthin, tunaxanthin, diatoxanthin, triol, tetraol( $\beta$ -carotene type) 등이 존재하여 같은 잉어아과에 속하는 어류의 carotenoid 조성은 서로 유사함을 볼 수 있었다.

해산어류의 carotenoid에 관한 연구로는 연어과(8,9)의 연어, 송어 및 각시 송어의 표피에는 zeaxanthin,

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

lutein이 주성분이며, 그의, canthaxanthin, diatoxanthin, cryptoxanthin 등이 존재하고, 같은 연어과(10)인 홍송어, 열기, 송어, 산천어 및 무지개 송어의 표피에는 zeaxanthin, salmoxanthin이 주성분이며 그의, violaxanthin, antherxanthin, diadinoxanthin 등이 존재한다 하여 담수어류의 carotenoid 조성과 차이가 있으며 또한 같은 연어과의 어종이면서도 carotenoid 조성이 다소 상이함이 보고되고 있다.

이와 같이 담수어류 및 해산 어류의 carotenoid에 관한 연구는 비교적 많으나, 본 실험에서는 비교 생화학적 연구의 일환으로 납지리와 줄납자루의 표피 및 난의 carotenoid 조성을 비교 검토하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용한 납지리(Flat bitterling, *Paracheilognathus rombea*, 수컷; 평균 체장 10.5cm, 평균 체중 16.7g, 암컷; 평균 체장 10.5cm, 평균 체중 16.7g)와 줄납자루(Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae Mori*, 수컷; 평균 체장 9.8cm, 평균 체중 10.8g, 암컷; 평균 체장 11.3cm, 평균 체중 15g)는 1991년 7월과 1992년 4월에 경남 산청군 단성면 소재의 경호강에서 포획하여 산 것을 그대로 실험실에 운반하여 표피와 산란기의 난을 취하여 분석용 시료로 하였다.

#### Carotenoid의 추출

납지리 수컷의 표피(287g), 납지리 암컷의 표피(350g), 줄납자루 수컷의 표피(111g), 줄납자루 암컷의 표피(51g), 납지리의 난(138g), 줄납자루의 난(13g)을 취하여 각각 실온에서 acetone으로 3회 추출하여 합한 추출액을 petroleum ether(p.e.)와 다량의 물로써 분리 조작하여 carotenoid를 p.e.층으로 전용시킨 후, p.e.층을 무수Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로써 탈수시키고, 40°C 이하의 N<sub>2</sub> 기류하

에서 감압 증류하여 60% KOH/MeOH 용액으로 검화하여 얻은 불검화물을 총 carotenoid로 하였다.

#### Carotenoid의 분리 및 정제

Preparative-thin layer chromatography(p-TLC)는 silica gel 60 G(Sigma사)와 증류수를 1 : 2의 비율로 혼합한 것을 20×20cm의 유리판에 0.3cm의 두께로 도포하여 만든 판을 110°C의 건조기에서 2시간 활성화시킨 후 총 carotenoid를 line spotting하여 acetone : p.e.(30 : 70)의 전개 용매로써 분리하였다. p-TLC에서 분리된 각 crotenoid를 분리, 정제하기 위하여 MgO : celite 545(1 : 1)을 흡착제로 하여 p.e.→ acetone → MeOH 순으로 점차적으로 극성을 증가시키면서 column chromatography를 행하여 다시 분리하였다.

#### Carotenoids의 동정 및 정량

Carotenoid의 동정은 가시부 흡수 spectrum의 비교, 각 획분의 carotenoid와 표준과의 co-TLC, co-HPLC 그리고 epoxide test(6) 등에 의하여 동정하였다. 한편, 난에서 분리한 총 carotenoid를 분리, 동정 및 정량하기 위해 high performance liquid chromatography(HPLC) (11)를 이용하였으며, 분석조건은 Table 1과 같다.

총 carotenoid의 함량과 분리된 각 획분의 조성비는 p.e. 층에서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치의 흡광도에 의하여 McBeth(12)의 방법에 따라 흡광 계수  $E_{1cm}^{1\%} = 2400$ 으로 하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$mg\% = \frac{O.D. (\lambda_{max}) \times Vol \times 1000}{E_{1cm}^{1\%} (2400) \times \text{weight of tissue}(g)}$$

$$\% = \frac{100 \times Vol \times O.D. (\lambda_{max}) (\text{for each fration})}{\sum [Vol \times O.D. (\lambda_{max}) (\text{each fration})]}$$

### 결과 및 고찰

#### 납지리와 줄납자루의 표피 carotenoid의 동정 및 조성

납지리와 줄납자루 암수의 표피로부터 추출한 총 carotenoid를 p-TLC한 결과 Fig. 1에서와 같이 검화 전에는 단일 fraction(Fr.)으로 나타났으나 검화 후에는 10개의 Fr.으로 분리되어 납지리와 줄납자루의 carotenoid는 모두 ester type으로 존재하며, 구성 carotenoid의 조성도 동일하다는 것을 알 수 있었다.

Table 1. Conditions for HPLC analysis of carotenoids from the eggs of flat bitterling and Korean striped bitterling

Items	Conditions
Instrument	Phamacia LKB LCC 2252 complete system LKB VWM 2141 detector(470nm) LKB 2221 integrator
Column	Sumichiral OA-2000(4mm i.d × 250mm)
Mobile phase	Hexane : Dichloromethane : Etanol(50 : 20 : 0.5)
Flow rate	0.8ml/min
Chart speed	0.5cm/min

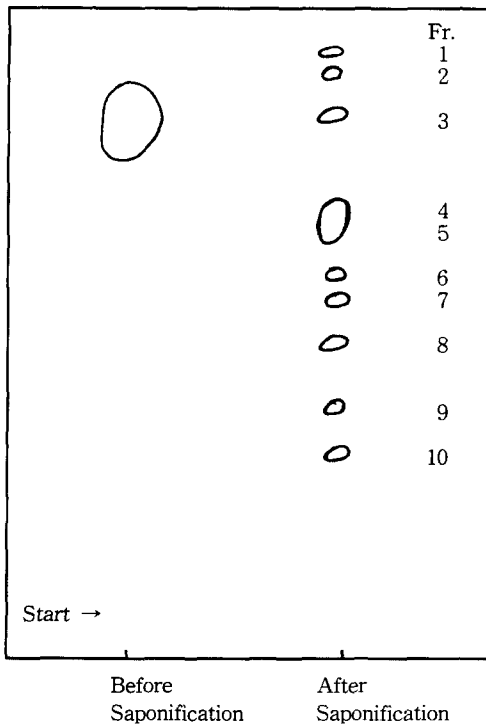


Fig. 1. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the integuments of flat bitterling and Korean striped bitterling.

Adsorbent : Silicagel 60 G

Developer : Petroleum ether : acetone (70 : 30)

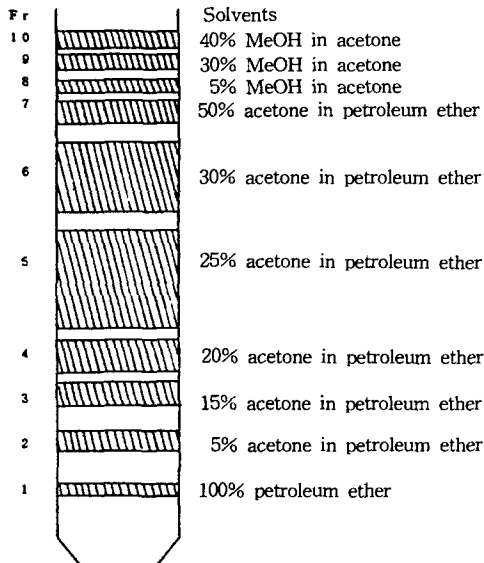


Fig. 2. Column chromatography of saponified carotenoids in the integuments of flat bitterling and Korean striped bitterling on MgO/celite 545(1 : 1).

분리된 이들 Fr. 중 Fr. 4, 5는 전개이동상으로 봐 혼합물임을 또한 알 수 있었고, 남지리와 줄납자루의 검화한 총 carotenoid를 Fig. 2에서와 같이 column chromatography를 행하여 각각 10개의 Fr.으로 분리하였다. 분리된 각 Fr.에 대한 p.e., benzene 및 chloroform에 있어서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치를 Table 2에 표시하였다.

Fr. 1 : 100% p.e.로 용출된 Fr. 1은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 448, 475.5nm(in p.e.), 462, 487.5nm(in benzene), 462.5, 490nm(in chloroform)으로  $\beta$ -carotene과 일치하였으며 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로  $\beta$ -carotene으로 동정하였다.

Fr. 2 : Fr. 2는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과  $\alpha$ -carotene type의 흡수 spectrum으로 나타났으며, 흡수 극대치가 442.5, 471.5nm(in p.e.), 456, 486nm(in benzene), 451, 481.5nm(in chloroform)으로서  $\alpha$ -cryptoxanthin과 일치하였고, 옥수수(16)에서 얻은 표품의  $\alpha$ -cryptoxanthin과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어져  $\alpha$ -cryptoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 3 : Fr. 3은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 439.5, 473.5nm(in p.e.), 457.5, 488nm(in benzene), 454, 484.5nm(in chloroform)로 나타났으나 그 양이 적어 그 이상의 검토는 하지 못했다.

Fr. 4 : Fr. 4의 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 415, 438, 467nm(in p.e.), 450, 481nm(in benzene), 449, 473nm(in chloroform)로  $\beta$ -carotene 특유의 peak를 나타냈고 방어(13)에서 추출한 표품 tunaxanthin과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 tunaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 5 : Fr. 5는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 420, 444, 472nm(in p.e.), 456, 483nm(in benzene), 457, 483nm(in chloroform)로 나타났고 난황(14, 15)에서 추출한 표품 lutein과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 lutein으로 동정하였다.

Fr. 6 : Fr. 6의 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 446.5, 473.5nm(in p.e.), 435.5, 460nm(in benzene), 457.5, 485nm(in chloroform)로 나타났고, TLC의 Rf치, HCl에 의한 epoxide test 등의 결과를 종합해서 lutein epoxide로 동정하였다.

Fr. 7 : Fr. 7은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 447.5, 473.5nm(in p.e.), 457, 485nm(in benzene), 459.5, 486nm(in chloroform)로 zeaxanthin과 일치하였으며, 옥수수(16)에서 얻은 zeaxanthin과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 zeaxanthin으로 동정하였다.

**Table 2. Absorption maxima of the isolated carotenoids in the integuments and eggs of flat bitterling and Korean striped bitterling**

Fractions <sup>1)</sup>	Absorption maxima(nm)						Identification	
	Petroleum ether		Benzene		Chloroform			
1		448	475.5	462	487.5	462.5	490	$\beta$ -Carotene
2	420	442.5	471.5	456	486	451	481.5	$\alpha$ -Cryptoxanthin
3		439.5	473.5	457.5	488	454	484.5	Unidentified carotenoid
4	415	438	467	450	481	449	473	Tunaxanthin
5	420	444	472	456	483	457	483	Lutein
6		446.5	473.5	435.5	460	457.5	485	Lutein epoxide
7		447.5	473.5	457	485	459.5	486	Zeaxanthin
8		449.5	478	462.5	490	460.5	490	Cynthiixanthin
9		444.5	461	457	485			Unidentified carotenoid
10		445	468					Triol

<sup>1)</sup>The fraction were isolated by column chromatography

로 동정하였다.

Fr. 8 : Fr. 8은 가지부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 449.5, 478nm(in p.e.), 462.5, 490nm(in benzene), 460.5, 490nm(in chloroform)로 나타나 cynthiixanthin과 유사하였으며 시판의 표품 cynthiixanthin (F.Hoffman La-Roche 사제)과 co-TLC한 결과 단일 대가 얻어졌으므로 cynthiixanthin으로 동정하였다.

Fr. 9 : Fr. 9의 가지부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 444.5, 471nm(in p.e.), 457, 485nm(in benzene)로 나타났으나 그 양이 적어 동정하지 못했다.

Fr. 10 : Fr. 10의 가지부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 445, 468nm(in p.e.)로서  $\beta$ -carotene과 zeaxanthin의 모양과 아주 유사하여  $\beta$ -carotene type의 triol로 동정하였다.

납지리와 줄납자루의 표피의 총 carotenoid 함량과 분리 확인된 carotenoid의 조성비를 Table 3에 표시하

였다. 총 carotenoid 함량은 납지리의 경우 수컷이 2.3mg%, 암컷이 1.1mg%였으며, 줄납자루의 경우 수컷이 1.9mg%, 암컷이 0.8mg%로 두 어종 모두 암컷 보다 수컷의 총 carotenoid 함량이 높았다.

Carotenoid 조성은 납지리 수컷의 경우 총 carotenoid 함량 중 lutein 44.3%, lutein epoxide 14.4%, tunaxanthin 10.6%, zeaxanthin 10.6%로 주성분을 이루고 그 외  $\alpha$ -cryptoxanthin이 1.2%의 순으로 함유되어 있었다. 납지리 암컷의 경우는 lutein 53.3%, lutein epoxide 19.8%, triol 8.7%, tunaxanthin 8.0%로 주성분을 이루고 그 외 zeaxanthin이 5.7% 함유되어 있었다. 납지리 암수의 carotenoid 조성은 서로 유사하나, 납지리 암컷의 경우는 수컷에 비해 lutein, lutein epoxide의 함량이 높았고, 그 외 tunaxanthin, zeaxanthin, triol,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -cryptoxanthin, cynthiixanthin의 함량은 납지리 수컷에서 낮게 나타났다.

납지리와 줄납자루의 carotenoid 조성에서 해산어

**Table 3. Relative composition of individual carotenoids to total carotenoids in the integuments of flat bitterling and Korean striped bitterling**

Relative composition	Integument			
	Flat bitterling		Korean striped bitterling	
	Male <sup>1)</sup>	Female <sup>2)</sup>	Male <sup>3)</sup>	Female <sup>4)</sup>
$\beta$ -Carotene	1.4	—	3.4	2.8
$\alpha$ -Cryptoxanthin	3.1	—	2.1	4.9
Tunaxanthin	10.6	8.0	15.6	4.5
Lutein	44.3	53.3	39.2	48.0
Lutein epoxide	14.4	19.8	19.7	9.0
Zeaxanthin	10.6	5.7	7.2	2.5
Cynthiixanthin	1.2	—	1.6	4.8
Triol	10.7	8.7	5.6	15.7
Unidentified carotenoid	3.7	3.3	5.6	7.8

<sup>1)</sup>Total carotenoid : 2.3mg/100g

<sup>2)</sup>Total carotenoid : 1.1mg/100g

<sup>3)</sup>Total carotenoid : 1.9mg/100g

<sup>4)</sup>Total carotenoid : 0.8mg/100g

특유의 tunaxanthin이 담수어인 납지리 수컷(10.6%), 납지리 암컷(8.0%), 줄납자루 수컷(15.6%), 그리고 줄납자루 암컷(4.5%)에 존재하여 독중개(17), 가물치(18), 송사리(13)와 더불어 담수 어류에 특이하게 존재함을 확인 할 수 있었다.

납지리, 줄납자루와 서식 환경이 비슷한 농어과에 속하는 쏘가리와 꺾지에 관한 이(19)의 연구에서도 해산어 특유의 성분인 tunaxanthin이 주성분을 이룬다고 하였고, carotenoid 조성을 비교해 보아도 납지리, 줄납자루와 유사하여 서식 환경에 따른 어류의 carotenoid 조성의 유사성을 또한 확인할 수 있었다.

平尾 등(13)이 연구한 같은 잉어아과의 금붕어, 메기, 잉어, 붕어 등에 보편적으로 분포하고 있다는 lutein이 납지리 수컷(44.3%), 납지리 암컷(53.3%), 줄납자루 수컷(39.2%), 줄납자루 암컷(48.0%)에 주성분으로 존재하였다. 그러나 같은 과에 속하는 다른 어종에 비해 납지리와 줄납자루에 lutein epoxide가 다량 함유되어 있어 특이하였다.

납지리와 줄납자루 난 carotenoid의 동정 및 조성  
납지리와 줄납자루의 난으로부터 분리한 총 carotenoid

의 조성을 알기 위하여 HPLC로 분리하여 Fig. 3에서 처럼 10개의획분을 얻었다. 납지리와 줄납자루 난의 총 carotenoid 함량과 분리 확인된 각 carotenoid의 조성비는 Table 4와 같다.

난의 총 carotenoid 함량은 납지리가 1.8mg%, 줄납자루가 2.5mg%로서 암컷의 표피와 비교하여 총 carotenoid 함량이 높았다.

납지리 난의 carotenoid 조성을 보면, lutein 40.5%, lutein epoxide 34.3%, tunaxanthin 12.1%, zeaxanthin 6.8%가 주성분을 이루고, 그 외 triol 1.4%,  $\beta$ -carotene 0.6%,  $\alpha$ -cryptoxanthin 0.5%, 미량의 cynthiaxanthin의 순으로 함유되었고, 줄납자루 난의 carotenoid 조성은 lutein 55.5%, lutein epoxide 24.5%, zeaxanthin 7.0%, tunaxanthin 3.7%가 주성분을 이루고 그 외 triol 3.5%,  $\alpha$ -cryptoxanthin 0.6%,  $\beta$ -carotene 0.4%, 그리고 미량의 cynthiaxanthin의 순으로 함유되어 표피의 carotenoid 조성과 유사하였으나 암컷 표피에 비해 난의 lutein epoxide의 함량이 높아 특이하였다. 이것은 잉어난의 주요 carotenoid는 zeaxanthin, cynthiaxanthin이며 그 외 lutein, diatoxanthin의 순으로 함유한다는 보고(20)와는 다소 차이가 있었다.

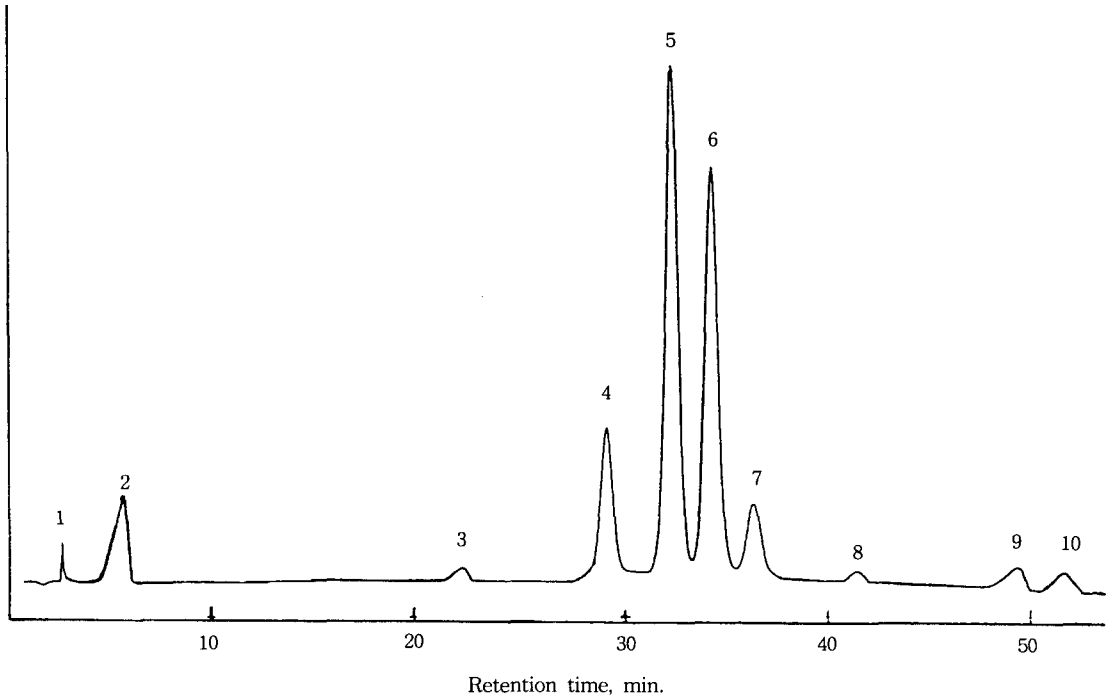


Fig. 3. High performance liquid chromatogram of carotenoids in the eggs of flat bitterling.

1 :  $\beta$ -Carotene    2 :  $\alpha$ -Cryptoxanthin    3 : Unidentified carotenoid I    4 : Tunaxanthin    5 : Lutein  
6 : Lutein epoxide    7 : Zeaxanthin    8 : Cynthiaxanthin    9 : Unidentified carotenoid II    10 : Triol

**Table 4. Relative composition of individual carotenoids to total carotenoids in the eggs of flat bitterling and Korean striped bitterling**

Relative composition	Eggs	
	Flat bitterling <sup>1)</sup>	Korean striped bitterling <sup>2)</sup>
$\beta$ -Carotene	0.6	0.4
$\alpha$ -Cryptoxanthin	0.5	0.6
Tunaxanthin	12.1	3.7
Lutein	40.5	55.5
Lutein epoxide	34.3	24.5
Zeaxanthin	6.8	7.0
Cynthiixanthin	trace	trace
Triol	1.4	3.5
Unidentified carotenoid	3.7	4.5

<sup>1)</sup>Total carotenoid : 1.8mg/100g    <sup>2)</sup>Total carotenoid : 2.5mg/100g

**요 약**

어류의 carotenoid에 관한 비교 생화학적 연구의 일환으로서 잉어아과에 속하는 납지리와 줄납자루의 표피와 난의 carotenoid 조성을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 납지리와 줄납자루 표피의 총 carotenoid 함량은 납지리 수컷 2.3mg%, 납지리 암컷 1.1mg%, 줄납자루 수컷 1.9mg%, 줄납자루 암컷 0.8mg%로 나타나 수컷 표피의 총 carotenoid 함량이 암컷 표피 보다 다소 높았다. 표피의 carotenoid 조성은 lutein, lutein epoxide, tunaxanthin, zeaxanthin, triol이 주성분을 이루었고 그외,  $\beta$ -carotene,  $\alpha$ -cryptoxanthin, cynthiixanthin이 함유되어 있었다. 납지리 수컷의 표피에는 줄납자루 수컷에 비해 lutein의 함량치가 높았고 줄납자루 수컷의 경우는 납지리 수컷에 비해 lutein epoxide와 tunaxanthin의 함량치가 높았다. 그리고, 납지리 암컷의 표피에는 줄납자루 암컷에 비해 lutein epoxide 함량치가 높았고, 줄납자루 암컷의 표피에는 납지리 암컷에 비해 triol의 함량은 높았다. 납지리와 줄납자루 난의 총 carotenoid 함량은 납지리 1.8mg%, 줄납자루 2.5mg%로 표피와는 달리 줄납자루 난의 함량치가 높았다. 납지리와 줄납자루 난의 carotenoid 조성은 다 같이 lutein, lutein epoxide가 주성분을 이루었고 그외 triol은 표피에 비해 적게 함유되어 있었다. 동일한 잉어아과의 납지리와 줄납자루의 표피 및 난의 carotenoid 조성은 서로 유사함을 확인할 수 있었다.

**문 헌**

1. 松野隆男, 永田誠一, 千葉健治 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-V. 淡水産および海産ボラの比較. 日本水産學會誌, **41**, 459(1975)
2. 松野隆男, 永田誠一, 岩崎修久, 勝山政明 : アユのカロ

テノイド色素成分. 日本水産學會誌, **40**, 73(1974)

3. 松野隆男, 永田誠一, 植村雅明 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-III. マナマズのカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **41**, 343(1975)
4. 松野隆男, 勝山政明, 岩崎修久 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-IV. カマツカ亞科 6 魚種のカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **41**, 351(1975)
5. 松野隆男, 永田誠一, 岩橋正雄, 小池利通, 岡田稔 : Spirulina(ラン藻)の主カロテノイド成分 zeaxanthin と myxoxanthophyll の ニシキゴイ 體色鮮明化に對する效果. 日本水産學會誌, **45**, 627(1979)
6. 松野隆男, 松高壽子 : フナ屬, 5魚種のカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **47**, 85(1981)
7. 松野隆男, 勝山政明 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-XIII. ウグイ亞科 6魚種のカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **42**, 847(1976)
8. 松野隆男, 永田誠一, 勝山政明, 松高壽子, 眞岡孝至, 秋田俊子 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-XVIII. 養殖イワナ, カワマス, レクトラウト, ヤマメ, アマゴ, ニジマス, ブラウントラウトについて. 日本水産學會誌, **46**, 473(1980)
9. 松野隆男, 勝山政明 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-XV. ピラニア, ブル-ギル, フラミンゴシクリッド, レッドデビル, タイワンドジョウについて. 日本水産學會誌, **45**, 1539(1979)
10. 松野隆男, 勝山政明, 永田誠一 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-XIX. シロザケ, ギンザケ, ビワマス, サツキマス, サクラマス, ヒメマスのカロテノイド. 日本水産學會誌, **46**, 879(1980)
11. Gregory, G. K., Chen, T. S. and Philip, T. : Quantitative analyses of lutein esters in marigold flowers (*Tagetes erecta*) by high performance liquid chromatography. *J. Food. Sci.*, **51**, 1093(1986)
12. McBeth, J. W. : Carotenoids from nudibranchus. *Comp. Biochem. Physiol.*, **41B**, 55(1972)
13. 平尾秀一 : 魚類色素と應用上の諸問題(シンポジウム). 魚類のカロテノイド. 日本水産學會誌, **33**, 866(1967)
14. Bailey, C. A. and Chen, B. H. : Chromatographic analysis of xanthophylls in egg yolks from laying hens fed turf bermudagrass (*Cynodon dactylon*) meal. *J. Food. Sci.*, **54**, 584(1989)
15. Kuhn, R., Winterstein, A. und Lederer, E. : Der kenntnis

- der Xanthophylle. *Z. Physiol. Chem.*, **197**, 141(1931)
16. Petzold, E. N., Quackenbush, F. W. : Zienoxanthin, a crystallin carotenol from corn gluten. *Arch. Biochem. Biophys.*, **86**, 163(1960)
17. 松野隆男, 勝山政明 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-VI. カジカ, ウツセミカジカ, イサザのカロテノイド成分. *日本水産學會誌*, **41**, 675(1975)
18. 松野隆男, 永田誠一, 植村雅明 : 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-I. カムルチ-のカロテノイド成分. *日本水産學會誌*, **40**, 489(1974)
19. 이향희 : 농어과에 속하는 쏘가리와 겨지의 carotenoid 색소 성분의 비교. 경상대학교대학원 석사학위논문 (1988)
20. Matsuno, T., Maoka, T. and Ikuno, Y. : Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-XXV-II. Carotenoids in the eggs of these species of cyprinidae. *Comp. Biochem. Physiol.*, **83B**, 335(1986)

(1995년 11월 10일 접수)