

농어과에 속하는 쏘가리와 꺾지의 Carotenoid 색소성분의 비교

이항희[†] · 박미연* · 권문정 · 백승한 · 김수영 · 강동수** · 하봉석

경상대학교 식품영양학과

*경상대학교 식품과학과

**여수수산대학교 식품영양학과

Comparison of Carotenoid Pigments in Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* and Korean Perch, *Coreoperca herzi* in the Family Serranidae

Hyang-Hee Lee[†], Mi-Yeon Park*, Moon-Jeong Kweon, Sung-Han Baek,
Soo-Young Kim, Dong-Soo Kang** and Bong-Seuk Ha

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

*Dept. of Food Science, Geongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

**Dept. of Food Science and Nutrition, National Fisheries University, Yosu 550-737, Korea

Abstract

Differences in carotenoid composition in the integuments and eggs of mandarin fish, *Siniperca scherzeri* and Korean perch, *Coreoperca herzi* during and after spawning period were compared. Total carotenoid contents in the integuments of the mandarin fish and Korean perch were 2.8mg% and 3.5mg% during spawning period but after spawning period the contents were decreased to 2.1mg% and 2.7mg%, respectively. In the composition of carotenoids in the integuments of mandarin fish, tunaxanthin(42.2%) and lutein(24.6%) were present as predominant carotenoids. After spawning period, tunaxanthin(32.7%) was decreased and lutein(24.6%) was increased. Total carotenoid contents in the eggs of mandarin fish and Korean perch were 0.3mg% and 1.3mg%, respectively. The major carotenoids in the eggs of mandarin fish and Korean perch were β -carotene(22.4~27.4%), zeaxanthin(25.3~25.7%), and diatoxanthin(22.4~23.8%). In addition, cryptoxanthin, lutein, cynthi-axanthin, and triol were found in small amounts.

Key words : carotenoid, mandarin fish, Korean perch

서 론

어류의 carotenoid에 관한 연구를 보면, 연어과(1,2)에 속하는 어류의 carotenoid는 동일한 연어과이면서도 carotenoid 조성이 다소 상이하며, 잉어과(3,4), 바다빙어과(5), 상날치과(6), 청어과(7), 독중개과(8) 및 망둑어과(9) 등에 속하는 어류는 같은 과에 속하는 어류의 carotenoid 조성이 서로 유사한 것으로 보고되고 있다.

한편, 농어과(10)에 속하는 어류의 carotenoid에 관한 연구를 보면, tunaxanthin이 주성분이며, 그 외 lutein, zeaxanthin, diatoxanthin, cynthi-axanthin, cryptoxanthin

및 β -carotene 등이 존재한다고 보고되고 있다.

이와 같이 해산 어류 및 담수어류의 carotenoid에 대한 연구는 비교적 많으나, 본 실험에서는 비교 생화학적 연구의 일환으로 우리나라 특산의 담수어류인 같은 농어과의 쏘가리와 꺾지의 표피 및 난의 산란 중과 후의 carotenoid 조성을 비교 검토하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 쏘가리(Mandarin fish, *Siniperca*

[†]To whom all correspondence should be addressed

scherzeri, 산란기; 평균 체장 26.7cm, 1988년 6월 26일, 산란 후; 평균 체장 27.5cm, 1988년 8월 2일)는 경남 산청군 생초면 어서리 소재의 경호강에서, 그리고 꺾지(Korean perch, *Coreoperca herzi*, 산란기; 평균 체장 15cm, 1988년 5월 21일, 산란 후; 평균 체장 15.7cm, 1988년 8월 2일)는 경남 산청군 단성면 성내리 소재의 경호강에서 각각 포획한 것을 그대로 실험실에 운반하여 표피와 산란기의 난의 분석용 시료로 하였다.

Carotenoid의 추출

산란 중의 쏘가리의 표피(254g)와 꺾지의 표피(268g), 산란 후의 쏘가리의 표피(337g)와 꺾지의 표피(112g) 그리고 쏘가리의 난(161g) 및 꺾지의 난(137g)을 각각 취하여 실온에서 acetone으로 3회 추출하여 합한 추출액을 n-hexane : ethyl ether(1 : 1, v/v) 혼합액과 다량의 물로써 분액 조작하여 carotenoid를 n-hexane : ethyl ether 층으로 전용시킨 후, n-hexane : ethyl ether 층을 무수 Na_2SO_4 로써 탈수시키고, 40°C 이하의 N_2 기류 하에서 감압 증류한 후, 60% KOH/MeOH 용액으로 검화하여 얻은 불검화물 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 0.3cm 두께로 도포하여 110°C의 건조기에 2시간 활성화시킨 후 총 carotenoid를 line spotting하여 acetone : n-hexane(30 : 70)의 전개 용매로써 분리하였다. p-TLC에서 분리된 각 carotenoid를 분리, 정제하기 위하여 총 carotenoid를 MgO : celite 545(1 : 1)를 흡착제로 하여 n-hexane→acetone→MeOH 순으로 점차적으로 극성을 증가시키면서 column chromatography로 다시 분리하였다.

Carotenoid의 동정 및 정량

분리, 정제된 각 획분의 carotenoid는 표준과의 가시부 흡수 spectrum의 비교, 각 획분에서 얻어진 carotenoid와 표준과의 co-TLC, 그리고 I_2 에 의한 이성화 반응(11) 후 가시부 흡수 spectrum의 변화의 확인 등으로 동정하였다. 그리고 총 carotenoid 함량과 분리된 각 획분의 조성비는 n-hexane 중에서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치의 흡광도에 의하여 McBath의 방법(12)에 따라 흡광계수 $E_{1\text{cm}}^{1\%} = 2400$ 으로 하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

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

결과 및 고찰

쏘가리와 꺾지의 표피 carotenoid의 동정 및 조성

쏘가리와 꺾지의 표피로부터 추출한 총 carotenoid를 p-TLC 한 결과 Fig. 1에서 처럼 검화 전에는 단일 fraction(Fr.)으로 나타났으나 검화 후에는 9개의 Fr.으로 분리되어 쏘가리와 꺾지의 carotenoid는 ester type으로 존재하며, 구성 carotenoid의 조성도 동일하다는 것을 알 수 있었다. 쏘가리와 꺾지의 검화한 총 carotenoid를 Fig. 2에서 처럼 column chromatography를 행하여 각각 9개의 Fr.으로 분리, 정제하였다. 분리된 각 Fr.에 대한 n-hexane에 있어서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치를 Table 1에 표시하였다.

Fr. 1 : 100% n-hexane으로 용출된 Fr. 1은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과 흡수 극대치가 425, 449, 473.5nm로 나타나 표준 β -carotene(Merk사제)과 일

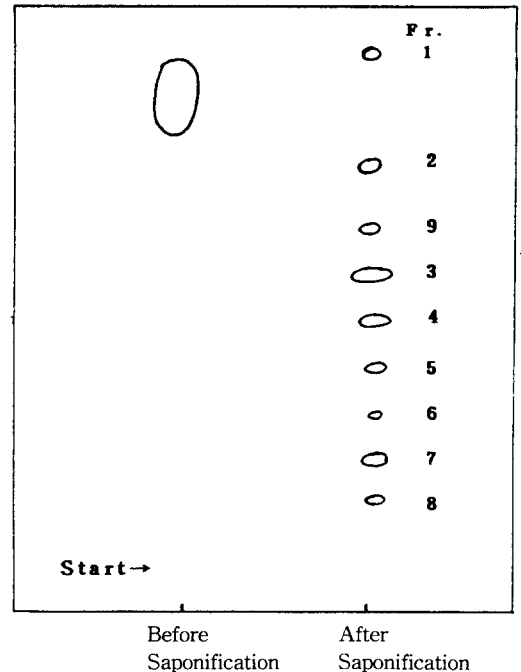


Fig. 1. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the integuments of mandarin fish and Korean perch.

Adsorbent ; Silicagel 60 G

Developer ; Petroleum ether : acetone (70 : 30)

치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 β -carotene으로 동정하였다.

Fr. 2 : 15~20% acetone/n-hexane로 용출된 Fr. 2는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 420, 446, 473nm로 나타나 옥수수(13)에서 얻은 표품 cryptoxanthin과 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 cryptoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 3 : 25% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 3은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 415, 438, 468nm로 나타나 방어(14)에서 얻은 표품 tunaxanthin과 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 tunaxanthin으로 동정하였다.

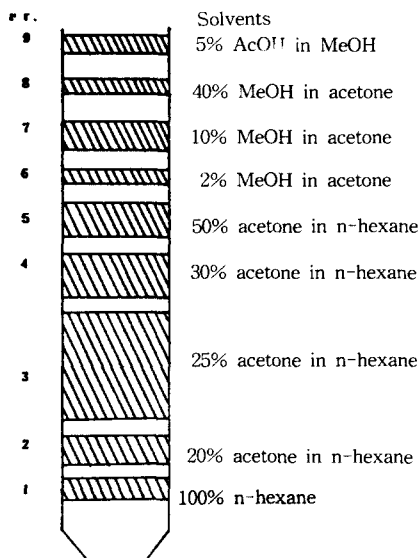


Fig. 2. Column chromatography of saponified carotenoids in the integuments of mandarin fish and Korean perch on MgO/celite 545(1 : 1).

Fr. 4 : 30% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 4는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 419, 443, 472nm로 나타나 난황(15)에서 얻은 표품 lutein과 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 lutein으로 동정하였다.

Fr. 5 : 50% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 5는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 425, 449, 477nm로 나타나 소철열매(16)에서 얻은 표품 zeaxanthin과 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 zeaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 6 : 2% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 6은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 449, 470nm로 나타나 송어(17)에서 얻은 표품 diatoxanthin과 일치하였고, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum이 442, 462nm로서 8nm blue shift하여 acetylenic bond가 1개인 diatoxanthin은 7~8nm blue shift한다¹⁸⁾는 보고와 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 diatoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 7 : 10% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 7은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 450, 479nm로 나타나 우렁쉥이(19)에서 추출된 표품 cynthiaxanthin과 일치하였고, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치는 439, 468nm로서 11nm blue shift하여, acetylenic bond가 2개인 cynthiaxanthin은 10~12nm blue shift한다¹⁸⁾는 보고와 일치하였으며, 표품과 co-TLC한 결과 단일대가 얻어졌으므로 cynthiaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 8 : 40% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 8은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 423, 447.5, 468nm로 β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내어 β -carotene type의 triol로 동정하였다.

Table 1. Absorption maxima of the isolated carotenoids from the integuments of mandarin fish and Korean perch

Fraction No. ¹⁾	Absorption maxima(nm)			Identification
	n-Hexane			
1	425	449	473.5	β -Carotene
2	420	446	473	Cryptoxanthin
3	415	438	468	Tunaxanthin
4	419	443	472	Lutein
5	425	449	477	Zeaxanthin
6		449	470	Diatoxanthin
7		450	479	Cynthiaxanthin
8	423	447.5	468	Triol(β -carotene type)
9		468.5		Unidentified carotenoid

¹⁾Fraction number isolated by column chromatography

Table 2. Relative composition of individual carotenoids to total carotenoids in the integuments of mandarin fish

Relative composition(%)	Integument	
	During spawning season ¹⁾	After spawning season ²⁾
β -Carotene	0.2	0.3
Cryptoxanthin	0.9	1.3
Tunaxanthin	42.2	32.7
Lutein	22.0	24.5
Zeaxanthin	5.1	12.9
Diatoxanthin	5.4	2.5
Cynthiaxanthin	9.3	5.8
Triol	4.0	12.4
Unidentified carotenoid	10.2	7.6

¹⁾Catched June 26, 1988 ; total carotenoid : 2.8mg/100g

²⁾Catched August 2, 1988 ; total carotenoid : 2.1mg/100g

Table 3. Relative composition of individual carotenoids to total carotenoids in the integuments of Korean perch

Relative composition(%)	Integument	
	During spawning season ¹⁾	After spawning season ²⁾
β -Carotene	2.2	0.8
Cryptoxanthin	2.6	2.6
Tunaxanthin	69.4	37.5
Lutein	17.0	24.8
Zeaxanthin	6.7	14.3
Diatoxanthin	0.3	1.5
Cynthiaxanthin	1.1	9.3
Triol	0.2	8.7
Unidentified carotenoid	0.5	0.5

¹⁾Catched May 21, 1988 ; total carotenoid : 3.5mg/100g

²⁾Catched August 2, 1988 ; total carotenoid : 2.7mg/100g

Fr. 9 : 5% AcOH/MeOH로 용출된 Fr. 9는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 468.5nm로서 keto carotenoid 특유의 single band로 나타나 astacene과 doradecin의 혼합물이라 추정되지만 그 이상의 동정은 하지 못했다.

산란 중과 산란 후의 쏘가리와 꺾지 표피의 총 carotenoid 함량과 분리, 확인된 carotenoid의 조성비를 Table 2와 3에 각각 표시하였다.

쏘가리 표피의 총 carotenoid 함량은 산란 중에는 2.8mg%인데 비하여 산란 후에는 2.1mg%로 나타나 산란 중이 다소 높은 함량치를 보였다. Carotenoid 조성은 산란 중에는 tunaxanthin 42.2%, lutein 22.0%로서 주성분을 이루고, 그외 cynthiaxanthin 9.3%, diatoxanthin 5.4%, zeaxanthin 5.1%, triol 4.0%, cryptoxanthin 0.9%, β -carotene 0.2%의 순으로 함유하였고, 산란 후에는 tunaxanthin 32.7%, lutein 24.5%, zeaxanthin 12.9%로서 주성분을 이루고 그외 triol 12.4%, cynthiaxanthin 5.8%, diatoxanthin 2.5%, cryptoxanthin 1.3%, β -carotene 0.3%의 순으로 함유하였다. 이로 보아, 산

란 중과 산란 후의 carotenoid 조성은 서로 유사하나, tunaxanthin의 함량이 산란 중에는 높고, lutein, zeaxanthin의 함량은 산란 후에 높게 나타났다.

꺾지 표피의 총 carotenoid 함량은 산란 중에는 3.5mg%인데 비하여, 산란 후에는 2.7mg%로 나타나 산란 중이 다소 높은 함량치를 보였고, carotenoid 조성은 산란 중에는 tunaxanthin 69.4%, lutein 17.0%로서 주성분을 이루고, 그외 zeaxanthin 6.7%, cryptoxanthin 2.6%, β -carotene 2.2%, cynthiaxanthin 1.1%, diatoxanthin 0.3% 및 triol 0.2% 순으로 함유하였고, 산란 후에는 tunaxanthin 37.5%, lutein 24.8%, zeaxanthin 14.3%로서 주성분을 이루고, 그외 cynthiaxanthin 9.3%, triol 8.7%, cryptoxanthin 2.6%, diatoxanthin 1.5%, β -carotene 0.8%의 순으로 함유하였다. 이와 같이 산란 중과 산란 후의 carotenoid 조성은 서로 유사하나 tunaxanthin의 함량이 산란 중에 높고, lutein, zeaxanthin, diatoxanthin, cynthiaxanthin 및 triol의 함량은 산란 후에 높게 나타났다.

이러한 결과는 松野 등(10)이 꺾지, *Coreoperca kaw-*

amebari 표피의 주 carotenoid는 tunaxanthin 49.5%, lutein 23.5%, zeaxanthin 9.9%이며 그외 cynthiaxanthin 4.4%, triol 4.3%, cryptoxanthin 3.9% 등의 순으로 함유한다는 보고와 비교하여 다소의 함량 차이는 있었지만, 조성은 유사하게 나타났다.

쏘가리와 꺾지의 난 carotenoid의 동정 및 조성
쏘가리와 꺾지 난으로 부터 분리된 총 carotenoid

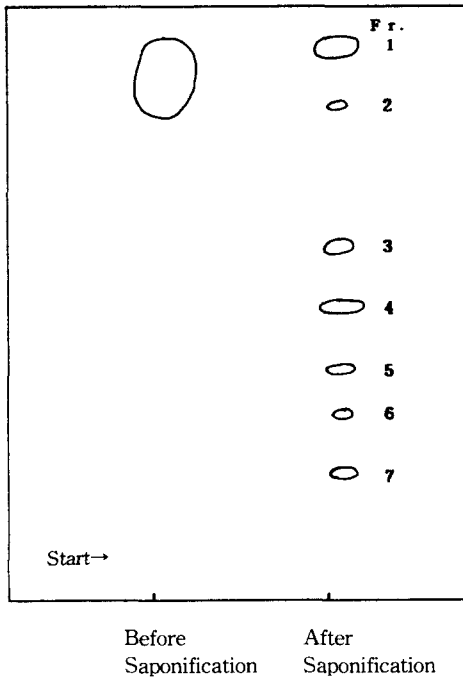


Fig. 3. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the eggs of mandarin fish and Korean perch.
Adsorbent : Silicagel 60 G
Developer : Petroleum ether : acetone(70 : 30)

를 p-TLC한 결과 Fig. 3에서 처럼 검화 전에는 단일 Fr.으로 나타났으나, 검화 후에는 7개의 Fr.으로 분리되었고, 검화한 총 carotenoid를 Fig. 4에서 처럼 column chromatography를 행하여 각각 7개의 Fr.으로 분리, 정제하였다. 분리된 각 Fr.에 대한 n-hexane에 있어서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치를 Table 4에 표시하였다.

Fr. 1 : 100% n-hexane으로 용출된 Fr. 1은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 424, 448, 476nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 β -carotene으로 동정하였다.

Fr. 2 : 10% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 2은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 419, 446, 472.5nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 cryptoxanthin으로 동정하였다.

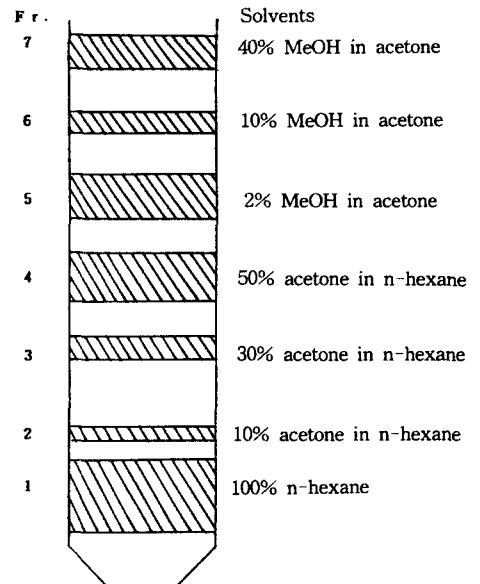


Fig. 4. Column chromatography of saponified carotenoids in the eggs of mandarin fish and Korean perch on MgO/celite 545(1 : 1).

Table 4. Absorption maxima of the isolated carotenoids from the eggs of mandarin fish and Korean perch

Fraction No. ¹⁾	Absorption maxima(nm)			Identification
	n-Hexane			
1	424	448	476	β -Carotene
2	419	446	472.5	Cryptoxanthin
3	419	442.5	470.5	Lutein
4	425	449	476.5	Zeaxanthin
5		448	475.5	Diatoxanthin
6	430	450	477.5	Cynthiaxanthin
7	426	451	475	Triol(β -carotene type)

¹⁾Fraction number isolated by column chromatography

Fr. 3 : 30% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 3은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 419, 442.5, 470.5nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 lutein으로 동정하였다.

Fr. 4 : 50% acetone/n-hexane으로 용출된 Fr. 4는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 425, 449, 476.5nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 zeaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 5 : 2% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 5는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 430, 475.5nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 diatoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 6 : 10% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 6은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 430, 450, 477.5nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 cynthiaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 7 : 40% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 7은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 426, 451, 475nm로 나타났으며, 표피에서와 같이 β -carotene type의 triol로 동정하였다.

쏘가리와 꺾지의 난에서 추출한 총 carotenoid 함량과 분리, 확인된 carotenoid의 조성비를 Table 5에 표시하였다.

쏘가리 난의 총 carotenoid 함량은 0.3mg%로 낮은 함량치를 보였고, carotenoid 조성은 β -carotene 27.5%, zeaxanthin 25.7%, diatoxanthin 23.8%로서 주성분을 이루고, 그외 cynthiaxanthin 9.6%, triol 8.7%, lutein 3.6%, cryptoxanthin 1.3%의 순으로 함유하며, 표피의 주 carotenoid인 tunaxanthin이 난에서는 전혀 함유되어 있지 않아 표피와는 차이가 있었다.

꺾지 난의 총 carotenoid 함량은 1.3mg%로서 쏘가리 난에 비해서 다소 높은 함량치를 보였고, carote-

noid 조성은 β -carotene 40.1%, zeaxanthin 25.3%, diatoxanthin 22.4%로서 주성분을 이루고, 그외 lutein 7.4%, triol 2.5%, cynthiaxanthin 2.0%, cryptoxanthin 0.3%의 순으로 함유하며, 표피의 주 carotenoid인 tunaxanthin이 난에서는 전혀 함유되어 있지 않아 표피와는 차이가 있었고, 쏘가리 난의 carotenoid 조성과의 유사함을 알 수 있었다.

이것은 平尾 등(14)이 다랑어, 고등어 표피의 주 carotenoid는 tunaxanthin인데 비하여 난에는 lutein을 함유하며, 명태의 표피는 tunaxanthin인데 비하여 난에는 astaxanthin을 함유하여 어란의 carotenoid 조성은 친어 표피와 꼭 일치하지 않는다는 보고와 동일한 결과였다. 이것은 Masuno와 Maoka(20)의 잉어 난의 주 carotenoid는 zeaxanthin, cynthiaxanthin이며, 그외 lutein, diatoxanthin의 순으로 함유한다는 보고와는 다소 차이가 있었다.

요 약

어류의 carotenoid에 관한 비교 생화학적 연구의 일환으로서, 우리나라 특산의 농어과인 쏘가리와 꺾지의 표피 및 난의 산란 중과 산란 후의 carotenoid 조성으로서 어떻게 다른가 비교, 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다. 쏘가리와 꺾지 표피의 총 carotenoid 함량은 쏘가리는 산란 중에 2.8mg%, 산란 후에 2.1mg%로 나타나 산란 후보다 산란 중에 높은 함량치를 보였다. 표피의 carotenoid 조성은 쏘가리는 산란 중에 tunaxanthin 42.2%, lutein 22.0%이며, 산란 후에는 tunaxanthin 32.7%, lutein 24.5%로 나타났으며, 꺾지는 산란 중에는 tunaxanthin 69.4%, lutein 17.0%, 산란 후에는 tunaxanthin 37.5%, lutein 24.8%로 나타나 표피의 tunaxanthin의 함량은 산란 중이 산란 후보다 높은 반면, lutein, zeaxanthin 등의 함량은 산란 후가 높았다. 쏘가리와 꺾지 난의 총 carotenoid 함량은 쏘가리의 난은 0.3mg%, 꺾지의 난은 1.3mg%로 나타나 쏘가리 보다 꺾지 난의 함량이 높았다. 난의 carotenoid 조성은 쏘가리는 β -carotene 27.4%, zeaxanthin 25.7%, diatoxanthin 23.8%였고, 꺾지는 β -carotene 27.4%, zeaxanthin 25.7%, diatoxanthin 23.8%였고, 꺾지는 β -carotene 40.1%, zeaxanthin 25.3%, diatoxanthin 22.4%로 나타나 모두 β -carotene, zeaxanthin, diatoxanthin이 주성분으로 함유되어 있었으며 그외 cynthiaxanthin, lutein 및 cryptoxanthin 등이 함유되어 있었다. 동일한 농어과의 쏘가리와 꺾지의 표피 및 난의 carotenoid 조성은 서로 유사함을 확인할 수 있었다.

Table 5. Relative composition of individual carotenoids to total carotenoids in the eggs of mandarin fish and Korean perch

Relative composition(%)	Eggs	
	Mandarin fish ¹⁾	Korean perch ²⁾
β -Carotene	27.4	40.1
Cryptoxanthin	1.3	0.3
Lutein	3.6	7.4
Zeaxanthin	25.7	25.3
Diatoxanthin	23.8	22.4
Cynthiaxanthin	9.6	2.0
Triol	8.7	2.5

¹⁾Total carotenoid : 0.3mg/100g

²⁾Total carotenoid : 1.3mg/100g

문헌

1. 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-X V III. 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, ブラウトラウトについて. 日本水産學會誌, **46**, 473(1980)
2. 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)
3. 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)
4. 松野隆男, 永田誠一, 岩橋正雄, 小池利通, 岡田 稔: Spirulina(ラン藻)の主カロチノイド成分 zeaxanthin と myxoxanthopyll 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)
5. 松野隆男, 勝山政明, 柏崎美和子: 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-VIII. シシャモおよびキュウリウオのカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **42**, 465(1976)
6. 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-XI. トビウオ, イダテントビウオ, サンマ, ヒメダカ, ハリヨ, トミヨについて. 日本水産學會誌, **42**, 761(1976)
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-XII. ニシン目に屬する9魚種について. 日本水産學會誌, **42**, 765(1976)
8. 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, イサザのカロチノイド成分. 日本水産學會誌, **41**, 675(1975)
9. 松野隆男, 東 榮吾, 秋田俊子: マハゼおよび近縁魚類五種のカロテノイド色素成分. 日本水産學會誌, **39**, 159(1979)
10. 松野隆男, 勝山政明, 石田 隆: 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-X. オヤニラミのカロテノイド成分. 日本水産學會誌, **42**, 651(1976)
11. Zechmeister, L., Lerosen, A. L., Schroeder, W. A., Polgár, A. and Pauling, L.: Spectral characteristics and configuration of some stereoisomeric carotenoids including prolycopen and pro- γ -carotene. *J. Am. Chem. Soc.*, **65**, 1940(1943)
12. McBath, J. W.: Carotenoids from nudibranchus. *Com. Biochem. Physiol.*, **41B**, 55(1972)
13. Petzold, E. N. and Quackenbursh, F. W.: Zienoxanthin, a crystallin carotenol from corn gluten. *Arch Biochem. Biophys.*, **86**, 163(1960)
14. 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)
15. Kuhn, R., Winterstein, A. und Lederer, E.: Der kenntnis der Xanthophyllle. *Z. Physiol. Chem.*, **197**, 141(1931)
16. 山口勝: 「そてつ」の果實のカロテノイド色素. 九大理(化學), **2**, 31(1954)
17. 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)
18. 松野隆男, 永田誠一, 佐藤嘉純, 渡辺哲夫: 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-II. マアジ, クサフグ, ハリセンボンおよびボラについて. 日本水産學會誌, **40**, 579(1974)
19. Tsuchiya, Y. and Suzuki, Y.: Biochemical studies of the ascidian, cynthia roretzi V. Drasche IV carotenoids in Aest. *Tohoku J. Agric. Res.*, **10**, 397(1959)
20. Matsunos, 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)