

잉어아과에 속하는 묵납자루와 각시붕어의 Carotenoid 색소성분의 비교

백승한[†] · 김수영 · 정계임 · 권문정 · 최옥수* · 김종현** · 김화선*** · 하봉석

경상대학교 식품영양학과, *순천제일대학 식생활과
창원전문대학 식품영양과, *부경대학교 양식학과

Comparison of Carotenoid Pigments in Korean Bittering, *Cheilognathus signifer* and Bride Bittering, *Rhodeus ukekii* in the Subfamily Cyprinidae

Seung-Han Baek[†], Soo-Young Kim, Kye-Im Geong, Moon-Jeong Kweon, Ok-Soo Choi*,
Jong-Hyun Kim**, Hwa-Seon Kim*** and Bong-Seuk Ha

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

*Dept. of Food Science, Suncheon First College, Suncheon 540-744, Korea

**Dept. of Food and Nutrition, Changwon Junior College, Changwon 641-210, Korea

***Dept. of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Abstract

Differences in carotenoid composition in the integument of Korean bittering, *Cheilognathus signifer* and bride bittering, *Rhodeus ukekii* which are Korean native fresh water fish were compared. Total carotenoid contents in the integument of wild Korean bittering was 2.11mg% and composed of 42.6% zeaxanthin, 12.1% diatoxanthin and 12.1% lutein epoxide which are predominant carotenoids and 10.3% cynthiaxanthin, 8.3% zeaxanthin epoxide, 6.4% lutein and 1.5% α -cryptoxanthin which are minor carotenoids. Total carotenoid contents in the integument of wild bride bittering was 4.99mg% during a spawning period but after the spawning period it was decreased to 4.17mg% and carotenoid composition of bride bittering during the spawning period was 46.7% zeaxanthin, 26.5% diatoxanthin and 12.3% lutein which are predominant carotenoids, and 6.2% zeaxanthin epoxide, 3.1% cynthiaxanthin, 2.9% α -cryptoxanthin and 0.7% canthaxanthin which are minor carotenoids. These results indicated that the carotenoid composition of bride bittering during spawning period was very similar to that of Korean bittering and carotenoid composition of bride bittering after the spawning period was 30.5% diatoxanthin, 21.5% cynthiaxanthin and 16.8% zeaxanthin which are predominant carotenoids and 14.0% α -cryptoxanthin, 11.3% lutein and 3.4% canthaxanthin which are minor carotenoids, indicating that after the spawning period, the content of zeaxanthin was decreased while that of α -cryptoxanthin and cynthiaxanthin was increased as compared to that of the spawning period. Total carotenoid contents in Korean bittering and bride bittering was relatively higher than that in other species of cyprinidae whereas composition of the carotenoid was similar.

Key words: Korean bittering, bride bittering, lutein epoxide, zeaxanthin epoxide

서 론

어류의 carotenoids 조성에 관한 연구를 보면, 담수산 어류에서는 lutein이 특유의 carotenoids로 알려져 있으나(1), 잉어아과(2-5)의 표피에는 cynthiaxanthin이, 농어과(1,6,7)의 표피에는 tunaxanthin이, 가물치과의 가물치, *Channa argus*(8) 및 송사리과의 송사리, *Oryzias latipes*(9)의 표피에는 lutein, tunaxanthin이, 은어과의 은어, *Plecoglossus altivelis*(10)의 표피에는 zeaxanthin이 그리고 메기과의 일본국 琵琶湖産 메기, *Parasilurus asotus*

(11)의 표피에는 parasiloxanthin이 주성분으로 존재하여 같은 담수산 어류에서도 서식환경이나 종의 차이에 의해 carotenoids 조성이 다소 상이함을 알 수 있다. 한편, 우리나라 특산 담수산 어류의 carotenoids 색소성분의 생화학 적 비교에서도, 연어과의 열목어 *Brachymystax lenok*와 산천어 *Oncorhynchus macrostomus*(12)의 표피에는 zeaxanthin, β -carotene 및 isocryptoxanthin이, 농어과의 쏘가리 *Siniperca scherzeri*와 썩지 *Coreoperca herzi*(13)의 표피에는 tunaxanthin, lutein 및 zeaxanthin이, 잉어아과의 납지리 *Paracheilognathus rhombea*와 출납자루

[†]To whom all correspondence should be addressed

Acheilognathus yamatsutae(14)의 표피에는 lutein, lutein epoxide 및 tunaxanthin이, 그리고 구굴무치과의 동사리 *Odontobutis platycephala*와 얼룩동사리 *Odontobutis odontobutis interrupta*(15)의 표피에는 β-carotene, lutein, zeaxanthin 및 cynthiaxanthin 등이 주성분을 이루는 특징을 볼 수 있었다.

이와같이 해산 어류 및 담수산 어류의 carotenoids에 관한 연구는 비교적 많으나, 본 실험에서는 비교 생화학 적 연구의 일환으로 우리나라 특산의 담수산 어류인 잉어 아과의 묵납자루 및 각시붕어 표피의 carotenoids 조성을 비교, 검토하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 자연산 묵납자루(Korean bittering, *Cheilognathus signifer*)는 경기도 고양시 고양동의 하천에서 1997년 6월(평균체장: 7.6cm, 평균체중: 4.9g)에, 자연산 각시붕어(bridge bittering, *Rhodeus ukekii*)는 경남 김해시 상동면 매리의 하천에서 1997년 6월(평균체장: 산란기 4.1cm, 산란후 3.9cm, 평균체중: 산란기 1.3g 산란후 0.9g)에 포획하여 산 것을 각각 실험실로 운반한 후, 표피와 지느러미를 취하여 분석용 시료로 사용하였다.

Carotenoids의 분석

총 carotenoids의 추출

Carotenoids의 추출(16)은 자연산 묵납자루의 표피와 지느러미(26.4g) 및 각시붕어의 표피와 지느러미(산란기: 37.4g, 산란후: 45.2g)만을 각각 취하여 실온에서 acetone으로 3회 이상 추출하여 합한 추출액을 petroleum ether와 다량의 물로써 분리 조작하여 carotenoids를 petroleum ether 층으로 전용시킨 후, petroleum ether 층을 무수 Na₂SO₄로서 탈수시키고 40°C 이하의 N₂ 기류 하에서 감압 증류한 것을 60% KOH/MeOH 용액으로 검화하여 얻은 불검화물을 총 carotenoids로 하였다.

Carotenoid의 분리 및 정제

전보(17)에서와 같이 실시하였다. 즉, preparative-thin layer chromatography(p-TLC)는 silicagel 60G(Art. 7731, Merck사제)와 증류수를 1 : 2의 비율로 혼합한 것으로 만든 plate로 총 carotenoids를 acetone : petroleum ether (30 : 70)의 전개 용매로서 분리하였다. 한편, 검화한 총 carotenoids를 MgO : celite 545(1 : 1)를 흡착제로 하고 petroleum ether→acetone→MeOH의 순으로 점차적으로 극성을 증가시키면서 column chromatography로 분리하여 TLC의 pattern과 비교하였다. 그리고 분리된 각 획분의 carotenoids 획분의 이성체의 분리 및 단일성분임을 확인하기 위하여 검화한 총 carotenoids를 HPLC로 분리

동정하였으며 분석조건은 Table 1과 같다.

Carotenoid의 동정 및 정량

분리, 정제된 각 획분의 carotenoid는 표준과의 가시부 흡수 spectrum의 비교, 각 획분에서 얻어진 carotenoid와 표준과의 co-TLC, co-HPLC, I₂에 의한 이성화 반응(18), NaBH₄에 의한 환원반응(4), acethyl-OH 활성실험(19) 및 epoxide test(4) 등에 의하여 동정하였다. 그리고 분리된 각 획분의 carotenoids 중에서 중요성분을 분취용 column을 이용한 HPLC를 행하여 결정체를 얻은 후, Mass spectrum을 측정하여 동정하였다. 분취를 위한 HPLC의 분석조건은 Table 2와 같다. 한편, 가시부 흡수 spectrum은 Gilford Response UV-visible spectrophotometer(USA), Mass spectrum은 Mass Kratosprofile HV-3 GC/MS(EI, DIP detector, USA)를 사용하여 각각 측정하였다. 그리고 총 carotenoids의 함량과 분리된 각 획분의 조성비는 petroleum ether 중에서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수 극대치의 흡광도에 의하여 McBeth(20)의 방법에 따라 흡광계수 E_{1cm}^{1%}=2400으로 하여 다음과 같이 계산하였다.

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

Table 1. Conditions for HPLC analysis of carotenoids in the integument of Korean bittering and bride bittering

Items	Conditions
Instrument	Waters Rheodyne injector Waters M510 HPLC solvent delivery system Waters M486 tunable absorbance detector(450nm) HP 3395 intergrator
Column	Sumichiral OA-2000(4mm i.d×250mm)
Mobile phase	Hexane : Dichoromethane : Ethanol (50 : 20 : 0.5, v/v/v)
Flow rate	1.0ml/min
Chart speed	0.5cm/min

Table 2. Condition for Prep. HPLC column of carotenoids in the integument of Korean bittering and bride bittering

Items	Conditions
Instrument	Waters Rheodyne injector(20μl) Waters M510 HPLC solvent delivery system Waters M486 tunable absorbance detector(450nm) HP 3395 integrator
Column	Shim-pack Prep-SIL(20mm i.d×250mm)
Mobile phase	Hexane : Acetone(70 : 30)
Flow rate	9.9ml/min
Chart speed	0.5cm/min

$$\text{percentage(\%)} = \frac{100 \times \text{vol} \times \text{O.D.}(\lambda \text{ max})(\text{each fraction})}{\sum [\text{vol} \times \text{O.D.}(\lambda \text{ max})(\text{each fraction})]}$$

결과 및 고찰

묵납자루와 각시붕어의 표피 carotenoids의 동정

자연산 묵납자루와 각시붕어의 표피로부터 추출한 총 carotenoids를 p-TLC한 결과, Fig. 1에서와 같이, 검화전에는 모두 단일 band로 나타나 ester type으로 존재함을 알 수 있었다. 그러나 검화후에는 자연산 묵납자루의 p-TLC에서 3개의 band로 분리되었으며, 이 중에서 아래의 2개의 band 즉, Fr. 3(Rf치: 0.47), Fr. 7,(Rf치: 0.36)은 분리 형태로 보아 혼합물임을 추정할 수 있었다. 그리고 p-TLC에서 각시붕어의 산란기 및 산란후에서 각각 4개 및 3개의 band로 분리되었으며, 이 중에서 아래의 1개의 band 즉, Fr. 3(Rf치: 0.47)은 또한 분리형태로 보아 혼합물임을 추정할 수 있었다. 이들 band를 더욱 분리, 정제하기 위하여 검화한 총 carotenoids를 column chromatography를 행한 결과, Fig. 2 및 Fig. 3에서와 같이 혼합물로 추정되었던 p-TLC의 Fr. 3과 Fr. 7은 각각 분리되어 이동상 용매의 극성이 증가됨에 따라 묵납자루에서는 모두 1~7개의 Fr.으로, 각시붕어에서는 산란기에 1~7개의 fraction (Fr.)으로, 산란후에 1~6개의 Fr.으로 분리되었으며, 이들 결과는 Fig. 4에서와 같이 HPLC로 분석한 결과와 일치

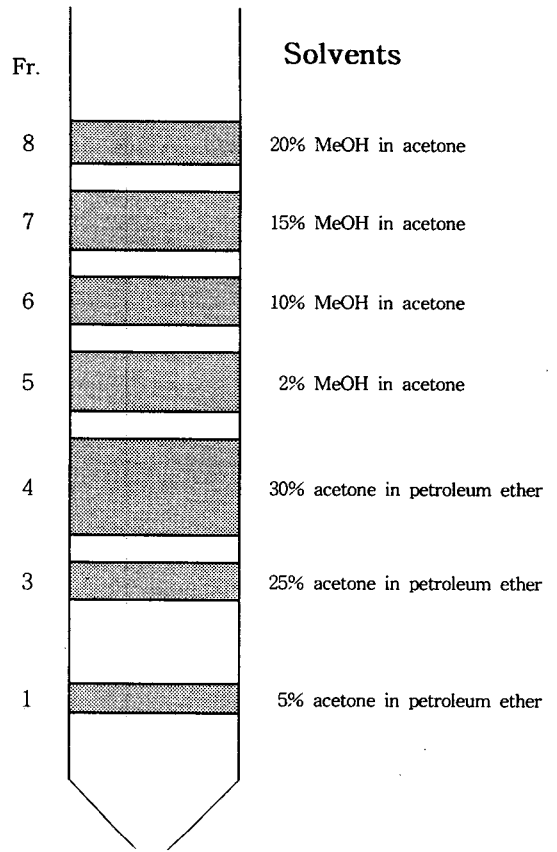


Fig. 2. Column chromatography of saponified carotenoids in the integument of Korean bittering on MgO/celite 545(1 : 1).

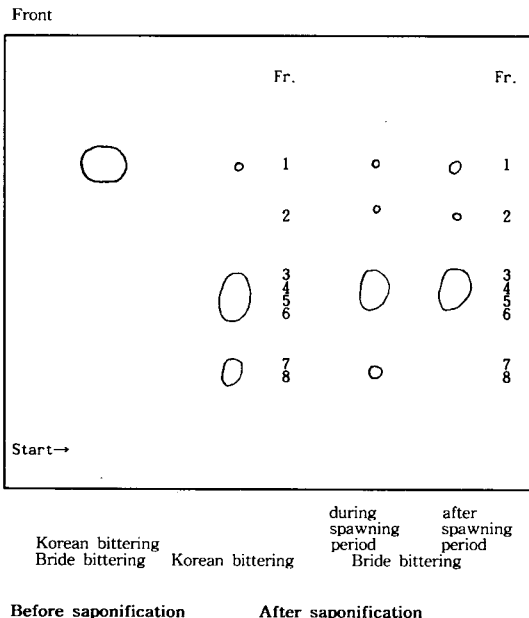


Fig. 1. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the integument of Korean bittering and bride bittering.

Absorbent : Silicagel 60G
Developer : Petroleum ether : Acetone(70 : 30)

하였다. 그리고 전보(12,16)에서와 같이 분리, 정제한 각 Fr.에 대한 p.e, ethanol, chloroform 및 benzene에 있어서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수극대치를 비교하였으며, 각 Fr.을 동정한 결과, 다음의 carotenoids 즉, α-cryptoxanthin(Fr. 1), canthaxanthin(Fr. 2), lutein(Fr. 3), zeaxanthin(Fr. 4), diatoxanthin(Fr. 5) 및 cynthiaxanthin(Fr. 6)으로 확인되었다. 한편, column chromatography에 의해 분리된 묵납자루와 각시붕어의 Fr. 7과 Fr. 8을 동정한 결과는 다음과 같다.

Fr. 7; 15% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 7으로서, 가시부 흡수 spectrum 측정 결과, 흡수 극대치가 417.5, 442, 472.5nm(in petroleum ether), 428.5, 455, 485(in benzene), 426, 454, 484(in chloroform) 및 422, 447, 473.5(in ethanol)로서 α-carotene type의 흡수 spectrum으로 나타났다. 검화한 총 carotenoid를 Fig. 4에서처럼 HPLC에 의한 분리를 행한 결과 lutein epoxide의 peak를 확인할 수 있었으며, conc. HCl에 의한 epoxide test 결과 청록색으로 변화되어 lutein epoxide로 동정하였다.

Fr. 8; 20% MeOH/acetone으로 용출된 Fr. 8으로서, 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수 극대치가 443, 472

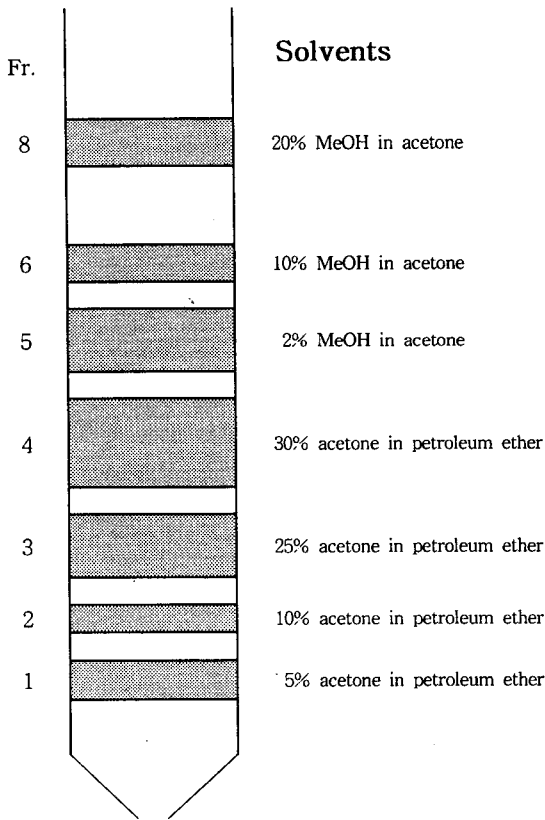


Fig. 3. Column chromatography of saponified carotenoids in the integument of bride bittering on MgO/celite 545(1 : 1).

nm(in petroleum ether), 453.5, 484(in benzene), 454, 484 (in chloroform) 및 446.5, 474(in ethanol)로 나타났으며, mass spectrum의 측정 결과, $C_{40}H_{56}O_3$ 584[M⁺]의 peak가 확인되었으며, zeaxanthin epoxide(18)의 문헌치와 일치하였다. 한편, 검화한 총 carotenoids를 Fig. 4에서처럼 HPLC에 의한 분리를 행한 결과 zeaxanthin epoxide의 peak를 확인할 수 있었고, conc. HCl에 의한 epoxide test 결과 청록색으로 변화되어 zeaxanthin epoxide로 동정하였다.

묵납자루와 각시붕어의 표피 carotenoids의 조성

자연산 묵납자루와 각시붕어 표피의 총 carotenoids 함량과 분리, 동정된 carotenoids의 조성비는 Table 3과 같다. 총 carotenoids 함량은 묵납자루 표피에는 2.11mg%로 나타났으며, 각시붕어 표피에는 산란기 4.99mg%, 산란 후 4.18mg%로서 산란후보다 산란기에 다소 높은 경향으로 나타났다. 이는 동일한 잉어아과(14)의 납지리 *Paracheilognathus rhombea*의 표피 1.1~2.3mg%, 줄납자루 *Acheilognathus yamatsutae*의 표피 0.8~2.3mg%, 붕어

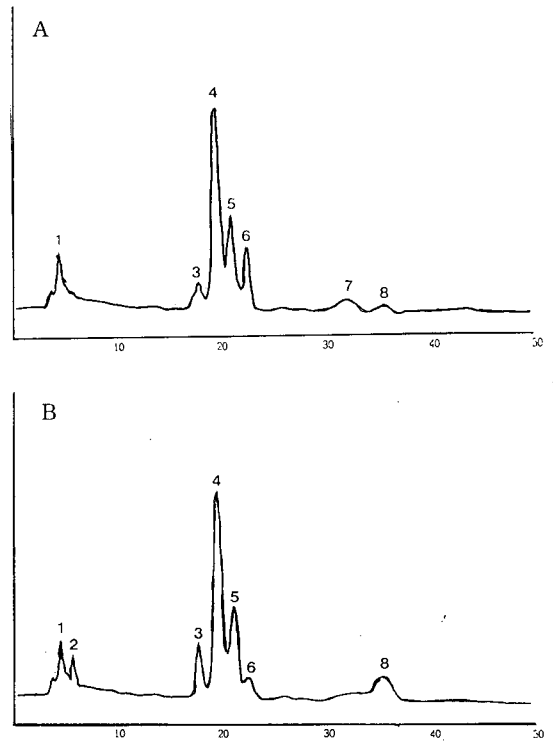


Fig. 4. HPLC chromatogram of carotenoids in the integument of Korean bittering and bride bittering. 1: α -cryptoxanthin, 2: canthaxanthin, 3: lutein, 4: zeaxanthin, 5: diatoxanthin, 6: cynthiaxanthin, 7: lutein epoxide, 8: zeaxanthin epoxide
A: Korean bittering, B: bride bittering

Table 3. Amount and percentage composition of individual carotenoid in the integument of Korean bittering and bride bittering (% of total carotenoids)

Composition	Korean bittering	Bride bittering	
		During spawning period	After spawning period
α -Cryptoxanthin	1.5	2.9	14.0
Canthaxanthin		0.7	3.4
Lutein	6.4	12.3	11.3
Zeaxanthin	42.6	46.7	16.8
Diatoxanthin	12.1	26.5	30.5
Cynthiaxanthin	10.3	3.1	21.5
Lutein epoxide	12.1		
Zeaxanthin epoxide	9.3	6.2	
Unidentified carotenoid	5.7	1.6	2.5
Total carotenoids(mg%)	2.11	4.99	4.17

의 일종(4)인, *Carassius carassius buergeri*의 표피 0.03mg%, *Carassius carassius grandoculis*의 표피 0.06mg%, *Carassius cuvieri*의 표피 0.04mg%, *Carassius gibelio langsdorfi*의 표피 0.04mg% 및 금붕어 *Carassius auratus*의 표피 1.65~2.65mg%와 비교하여 묵납자루와는 유사한데 각시붕어는 이들 어류보다 높은 함량이었다. 또한 한

국 특산 담수어류인 연어과(12)의 열목어, *B. lenok*의 표피 3.72mg%, 산천어, *O. macrostomus*의 표피 0.82mg%, 농어과(13)의 쏘가리, *S. scherzeri*의 표피 2.1~2.8mg%, 꺾지, *C. herzi*의 표피 2.7~3.5mg% 및 구굴무치과(15)의 동사리, *O. platycephala*의 표피 3.0~3.7mg%, 얼룩동사리, *O. odontbutis interrupta*의 표피 2.0~2.8mg%와 비교하여 목납자루의 함량은 유사하지만 각시붕어는 이들 어류보다 또한 비교적 높은 함량이었다. 한편, 각시붕어는 미꾸리아과(21)의 미꾸라지, *M. mizolepis*의 표피 4.76mg%, 미꾸리, *M. anguillicaudatus*의 표피 4.0mg%와 비교하여 총 carotenoids 함량이 유사하였다. 그리고 Kitahara (22,23)는 연어, *O. keta*는 산란회귀중에 표피의 총 carotenoids 함량이 숫놈은 0.16mg%에서 1.36mg%로, 암놈은 0.11mg%에서 0.95mg%로 증가하며, 송어, *O. masou*도 또한 산란회귀중에 표피의 총 carotenoids 함량이 암놈은 1.17mg%에서 2.80mg%로 증가함을 보고하고 있어, 각시붕어 표피의 총 carotenoids 함량이 산란후보다 산란기에서 높은 경향을 나타내는 사실과 일치하였다.

Table 3에서 목납자루 표피의 carotenoids 조성비를 보면 zeaxanthin 42.6%, diatoxanthin 12.1% 및 lutein epoxide 12.1%로서 주성분을 이루고, 그 외 cynthiaxanthin 10.3%, zeaxanthin epoxide 8.3%, lutein 6.4%, isocryptoxanthin 5.7% 및 α -cryptoxanthin 1.5% 등의 순으로 함유하였다. 또한 각시붕어 표피의 carotenoids 조성비를 보면 산란기에는 zeaxanthin 46.7%, diatoxanthin 26.5% 및 lutein 12.3%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin epoxide 6.2%, cynthiaxanthin 3.1%, α -cryptoxanthin 2.9% 및 canthaxanthin 0.7% 등의 순으로 함유하였고, 산란 후에는 diatoxanthin 30.5%, cynthaxanthin 21.5% 및 zeaxanthin 16.8%로서 주성분을 이루고, 그 외 α -cryptoxanthin 14.0%, lutein 11.3%, canthaxanthin 3.4% 및 α -cryptoxanthin 2.5% 등의 순으로 함유하였다. 이들 조성으로 보아 목납자루와 각시붕어에서는 zeaxanthin, diatoxanthin, lutein 및 cynthiaxanthin의 대사가 활발하다는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 Kweon과 Ha(14)가 잉어아과의 납지리의 표피에는 lutein 44.3~53.3%, zeaxanthin 5.7~10.6% 및 cynthiaxanthin 0~1.2%가, 줄납자루의 표피에는 lutein 39.2~48.0%, zeaxanthin 2.5~7.2% 및 cynthiaxanthin 1.6~4.8%가 주요 carotenoids로 존재함을 보고하였고, 또한 Matsuno 등(2)은 잉어아과의 모래무지, *Pseudogobio esocinus*의 표피에는 cynthiaxanthin 34.3%, triol 20.7% 및 lutein 16.7%가, 누치, *Hemibarbus barbus*의 표피에는 cynthiaxanthin 41.4%, zeaxanthin 25.5% 및 lutein 19.3%가, 물개의 일종인, *Gnathopogon japonicus*의 표피에는 cynthiaxanthin 53.9%, zeaxanthin 15.5% 및 lutein 11.7%가, 중고기, *Sarcocheilichthys variegatus*의 표피에는 cynthiaxanthin 38.2%, zeaxanthin 31.4% 및 lutein 18.6%가 주요 carotenoids로 존재함을 보고

하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 한편 Matsuno과 Matsutaka(4)가 잉어아과에 속하는 붕어의 일종인 *Carassius carassius buergeri*, *Carassius carassius grandoculis*, *Carassius cawieri* 및 *Carassius gibelio langsdorfi*의 표피에는 cynthiaxanthin 39.9~86.7%, zeaxanthin 3.5~16.9% 및 diatoxanthin 3.2~14.3%가 주성분으로 존재하며, 금붕어, *Carassius auratus*의 표피에는 astaxanthin 15.7~39.5%, α -doradoxanthin 21.3~27.3%, β -doradoxanthin 7.1~24.2% 및 idoxanthin 9.0~14.1% 등의 keto carotenoids가 주성분으로 존재함을 보고하였는데, 대부분 붕어류는 다른 잉어아과와 비교하여 carotenoids 조성이 유사하였으나, 금붕어는 잉어아과의 carotenoids 조성 과 매우 상이하였다.

그리고 우리나라 특산의 담수산 어류인 연어과(12)의 열목어의 표피에는 zeaxanthin 36.9%, lutein 4.7% 및 tunaxanthin 5.1%가, 산천어의 표피에는 zeaxanthin 20.6%, lutein 5.8% 및 salmoxanthin 6.1%가, 농어과(13)의 쏘가리의 표피에는 tunaxanthin 42.2~32.7%, lutein 22.0~24.5%, zeaxanthin 5.1~12.9%, diatoxanthin 2.5~5.4% 및 cynthiaxanthin 5.8~9.3%가, 꺾지의 표피에는 tunaxanthin 69.4~37.5%, lutein 17.0~24.8%, zeaxanthin 6.7~14.3%, diatoxanthin 0.3~1.5% 및 cynthiaxanthin 1.1~9.3%가, 또한 구굴무치과(15)의 동사리의 표피에는 lutein 11.9~18.5%, zeaxanthin 12.0~13.7%, tunaxanthin 8.0~9.8%, diatoxanthin 3.5~9.1% 및 cynthiaxanthin 4.3~13.6%가, 얼룩동사리의 표피에는 lutein 11.4~12.6%, zeaxanthin 14.4~20.9%, tunaxanthin 8.8~9.0%, diatoxanthin 5.2~8.3% 및 cynthiaxanthin 3.9~9.3%가 함유하는 carotenoids 조성 과 비교하여 상이하였다.

요 약

어류의 carotenoids에 관한 비교 생화학적 연구의 일환으로서, 우리나라 특산의 담수산 어류인 자연산 목납자루 및 각시붕어의 표피 carotenoids를 TLC, column chromatography 및 HPLC로 분리하고, NaBH_4 에 의한 환원 반응, I_2 에 의한 이성화반응 및 UV-visible spectrophotometer로 동정하여 비교, 검토한 결과는 다음과 같다. 자연산 목납자루 표피의 총 carotenoids 함량은 2.11mg%였으며, carotenoids 조성은 zeaxanthin 42.6%, diatoxanthin 12.1% 및 lutein epoxide 12.1%로 주성분을 이루고 그 외 cynthiaxanthin 10.3%, zeaxanthin epoxide 8.3%, lutein 6.4% 및 α -cryptoxanthin 1.5%의 순으로 함유하였다. 자연산 각시붕어 표피의 총 carotenoids 함량은 산란기에 4.99mg%, 산란후에 4.17mg%로서 산란 후 총 carotenoids 함량이 감소하였다. Carotenoids 조성은 산란기에 zeaxanthin 46.7%, diatoxanthin 26.5% 및 lutein 12.3%로 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin epoxide 6.2%, cyn-

thiexanthin 3.1%, α -cryptoxanthin 2.9% 및 canthaxanthin 0.7%의 순으로 함유하여 묵납자루와 유사하였으며, 산란후에는 diatoxanthin 30.5%, cynthiexanthin 21.5% 및 zeaxanthin 16.8%로서 주성분을 이루고, 그 외 α -cryptoxanthin 14.0%, lutein 11.3% 및 canthaxanthin 3.4%의 순으로 함유하여, 산란후에는 산란기에 비하여 zeaxanthin의 함량비가 감소하고, α -cryptoxanthin과 cynthiexanthin의 함량비가 증가하여 차이가 나타났다. 자연산 묵납자루와 각시붕어의 총 carotenoids 함량은 동일한 잉어아과의 다른 어종에 비하여 함량이 높았으며, carotenoids 조성은 다른 잉어아과의 어류와 유사함을 알 수 있었다.

문 헌

- Hirao, S.: Carotenoids in fishes. Symposium on fish pigments in fundamental and applied aspects. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **33**, 866-870(1967)
- Matsuno, T., Katsuyama, M. and Iwasaki, N.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-IV. carotenoids in six species of gobininaeous fishes. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **41**, 351-355(1975)
- Matsuno, T. and Katsuyama, M.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-XIII, carotenoids in six species of leuciscinaeous fishes. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **42**, 847-850(1976)
- Matsuno, T. and Matsutaka, H.: Carotenoids of four species of crucian carp and two varieties of goldfish. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **47**, 85-88(1981)
- Matsuno, T., Nagata, S., Iwahashi, M., Koike, T. and Okada, M.: Intensification of color of fancy red carp with zeaxanthin and myxoxanthophyll, major carotenoid constituents of *spirulina*. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **45**, 627-632(1979)
- Matsuno, T., Katsuyama, M. and Ishida, T.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-X, carotenoids of Japanese perch. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **42**, 651-654(1976)
- Matsuno, T. and Katsuyama, M.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-IX, On the nineteen species of fishes in the division percichthyes. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **42**, 645-649(1976)
- Matsuno, T., Nagata, S. and Uemura, M.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-I, carotenoids of Chinese snakehead. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **40**, 489-492(1974)
- Matsuno, T. and Katsuyama, M.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-XI, carotenoids of two species of flying fish, mackerel pike, killifish, three-spined stickleback and Chinese eight-spined stickleback. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **42**, 761-763(1976)
- Matsuno, T., Nagata, S., Iwahashi, M. and Katsuyama, M.: Carotenoid pigments in sweet fish. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **40**, 73-77(1974)
- Matsuno, T., Nagata, S. and Uemura, M.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-III, carotenoids of Japanese common catfish. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **41**, 343-349(1975)
- Baek, S. H. and Ha, B. S.: Comparison of carotenoid pigments on manchurian trout, *Brachymystax lenok* and masu salmon, *Oncorhynchus macrostomus* in the family salmonidae. *J. Korean Fish Soc.*, **31**, 278-287(1998)
- Lee, H. H., Park, M. Y., Kweon, M. J., Baek, S. H., Kim, S. Y., Kang, D. S. and Ha, B. S.: Comparison of carotenoid pigments in mandarin fish, *Siniperca scherzeri* and Korean perch, *Coreoperca herzi* in the family serranidae. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **25**, 87-93(1996)
- Kweon, M. J. and Ha, B. S.: Comparison of carotenoid pigments in flat bitterling, *Paracheilognathus rhombea* and Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae Mori*, in the subfamily cyprinidae. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **25**, 80-86(1996)
- Kim, M. S., Baek, S. H., Kim, H. Y., Kim, S. Y., Geong K. I., Kweon, M. J. and Ha, B. S.: Comparison of carotenoid pigments on Korean dark sleeper, *Odontobutis platycephala* and dark sleeper, *Odontobutis odontobutis interrupta* in the family eleotridae. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 813-820(1998)
- Ha, B. S., Kang, D. S., Kim, Y. G. and Kim, K. S.: Variation in carotenoid pigment and lipids of the arkshell (*Anadara broughtonii*). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **18**, 71-92(1989)
- 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. *Bull. Korean Fish Soc.*, **26**, 91-101(1993)
- Matsuno, T., Katsuyama, M. and Nagata, S.: Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-XIX, carotenoids of chum salmon, coho salmon, biwa trout, red-spotted masu salmon, masu salmon and kokanee. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **46**, 879-884(1980)
- Maoka, T., Katsuyama, M., Kaneko, N. and Matsuno, T.: Stereochemical investigation of carotenoids in the antarctic krill *Euphausia superba*. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **51**, 1671-1673(1985)
- McBeth, J. W.: Carotenoid from nudibranchs. *Comp. Biochem. Physiol.*, **41B**, 55-68(1972)
- Park, E. S., Kang D. S. and Ha, B. S.: Comparison of carotenoid pigments in Chinese muddy loach, *Misgurnus mizolepis* and muddy loach, *Misgurnus anguillicaudatus* in the subfamily cobitidae. *Bull. Korean Fish Soc.*, **27**, 265-271(1994)
- Kitahara, T.: Behavior of carotenoids in the chum salmon, *Oncorhynchus keta* during anadromous migration. *Comp. Biochem. Physiol.*, **76B**, 97-101(1983)
- Kitahara, T.: Behavior of carotenoids in the masu salmon, *Oncorhynchus masou* during anadromous migration. *Bull. Japan Soc. Sic. Fish.*, **51**, 253-255(1985)