

미꾸리아과에 속하는 미꾸라지와 미꾸리의 Carotenoid 色素成分의 比較

박은숙 · 강동수* · 하봉석

경상대학교 식품영양학과 · *여수수산대학교 식품영양학과

Comparison of Carotenoid Pigments in Chinese muddy loach, *Misgurnus mizolepis*, and Muddy loach, *Misgurnus anguillicaudatus*, in the Subfamily Cobitidae

Eun-Sook PARK, Dong-Soo KANG* and Bong-Seuk HA

*Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University,
Jinju 660-701, Korea*

**Department of Food and Nutrition, Yosu National Fisheries University,
Yosu 550-749, Korea*

Differences in carotenoid composition in the integuments of wild and cultured chinese muddy loach *Misgurnus mizolepis* and muddy loach *Misgurnus anguillicaudatus* were compared.

Total carotenoid contents in the integuments of the wild and cultured chinese muddy loach were 4.76mg% and 3.43mg%, respectively. The important carotenoids in the integuments of the wild chinese muddy loach were lutein(30.5%), β -cryptoxanthin(24.6%), β -carotene(20.6%) and cynthiaxanthin(11.7%). In addition, zeaxanthin(4.7%), tunaxanthin(4.5%), and α -cryptoxanthin(1.0%) were present in small amounts. In the integuments of the cultured chinese muddy loach, lutein(35.4%), β -cryptoxanthin(17.9%), cynthiaxanthin(16.0%) and β -carotene(12.7%) were present as important carotenoids. In addition, zeaxanthin(8.1%), tunaxanthin(5.0%), α -cryptoxanthin(0.9%) were found in small amounts. Total carotenoid contents in the integuments of the wild and cultured muddy loach were 4.00mg% and 2.99mg%, respectively. The important carotenoids in the integuments of the wild muddy loach were lutein(32.9%), β -cryptoxanthin(18.8%), cynthiaxanthin(17.0%) and β -carotene(15.1%). In addition, zeaxanthin(6.5%), tunaxanthin(6.0%) and α -cryptoxanthin(1.5%) were found in small amounts. In the integuments of the cultured muddy loach, lutein(51.8%), cynthiaxanthin(19.9%) and β -cryptoxanthin(10.8%) were observed as important carotenoids. In addition, β -carotene(5.0%), zeaxanthin(4.8%), tunaxanthin(4.5%) and α -cryptoxanthin(0.2%) were found in small amounts.

서 론

미꾸라지와 미꾸리는 독특한 풍미를 가진 영양 성분이 풍부한 보신용 식품으로 식용되는 중요한

전통식품 중의 하나이며, 최근 농가의 부업으로 양식에 의해서도 대규모로 생산되고 있다.

담수어류인 미꾸라지와 미꾸리의 영양성분에 대한 보고(김·이, 1985; 梁 等, 1978; 梁·李, 1984)

는 많이 되어 있으나, 미꾸라지와 미꾸리의 carotenoid 색소성분에 대한 연구는 찾아볼 수 없었다. 담수어류의 carotenoid에 관한 연구를 보면, 연어과(松野 等, 1980c)의 연어, 은송어 및 각시송어 표피의 주된 carotenoid는 zeaxanthin, salmoxanthin이고, 그 외 violaxanthin, antheraxanthin, diadinoxanthin 등은 소량으로 존재하며, 같은 연어과(松野 等, 1980b)인 홍송어, 열기, 송어, 산천어 및 무지개송어 등에는 zeaxanthin, lutein이 주성분이고, 그 외 canthaxanthin, diatoxanthin, cryptoxanthin 등은 소량으로 존재하여 동일한 연어과이면서도 carotenoid 조성은 다소 차이가 있는 것으로 보고되어 있다.

그러나, 잉어과(松野 等, 1975b; 松野·勝山, 1976; 松野·松高, 1981)에 속하는 어류의 표피에는 cynthiaxanthin이 주성분이고, 그 외 zeaxanthin, lutein, cryptoxanthin, tunaxanthin, diatoxanthin 등은 소량으로 존재하며, 독중개과(松野·勝山, 1975c)에 속하는 어류의 표피에는 tunaxanthin, lutein, cynthiaxanthin이 주성분이고, 그 외 zeaxanthin, cryptoxanthin, diatoxanthin 등은 소량으로 존재하며, 망둑어과(松野 等, 1973)에 속하는 어류의 표피에는 tunaxanthin, lutein, zeaxanthin이 주성분이고, 그 외 cryptoxanthin 등은 소량으로 존재하여 같은 과에 속하는 어류의 carotenoid 조성은 서로 유사한 것으로 보고되어 있다.

한편, 메기(松野 等, 1975a)에는 β -zeacarotene-3,17'-diol, 9',10'-dihydro- β -zeacarotene-3,17'-diol, zeaxanthin 및 lutein이 주성분이고, 그 외 cynthiaxanthin, β -zeacarotene-3-ol, cryptoxanthin, β -zeacarotene-triol, diatoxanthin, β -zeacarotene-3,17'-diol, β -carotene, β -zeacarotene 등은 소량으로 존재하며, 가물치(松野 等, 1974a)에는 lutein, tunaxanthin이 주성분이고, 그 외 β -carotene, β -cryptoxanthin, cryptoxanthin, tunaxanthin, zeaxanthin, cynthiaxanthin 등은 소량으로 존재하며, 은어(松野 等, 1974b)에는 zeaxanthin이 주성분이고, 그 외 β -carotene, cryptoxanthin, lutein, diatoxanthin, cynthiaxanthin, astacene이 소량으로 존재한다고 보고되어 담수어류의 carotenoid에 관한 연구는 비교적 많았다.

그래서 비교생화학적 연구의 일환으로 미꾸리와 파에 속하는 천연산 및 양식산 미꾸라지와 미꾸리의 표피의 carotenoid 조성을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 미꾸라지(Chinese muddy loach, *Misgurnus mizolepis*)와 미꾸리(Muddy loach, *Misgurnus anguillicaudatus*)는 1992년 8월에 천연산 미꾸라지(평균체장 13cm, 평균체중 14g)와 미꾸리(평균체장 12.5cm, 평균체중 13g)를 경남 창원군 동면 본포리 지역에서 어획된 것을 부산시 동래구 동래시장에서, 양식산 미꾸라지(평균체장 13cm, 평균체중 14g)와 미꾸리(평균체장 11cm, 평균체중 11g)를 경남 진주시 이현북동 소재의 제일종합농수산에서 잉어용 사료(금성사료, 부산)로 사육된 것을 각각 구입하여 살아있는 것을 그대로 실험실로 운반한 후, 표피만을 취하여 분석용 시료로 하였다.

2. Carotenoid의 추출

Carotenoid의 추출(하 등, 1989)은 천연산 미꾸라지의 표피(198g)와 미꾸리의 표피(69g), 양식산 미꾸라지의 표피(112g)와 미꾸리의 표피(172g)를 각각 취하여 실온에서 acetone으로 3회 추출하였다. 추출액에 petroleum ether(p.e.)와 다량의 물로서 분리조작하여 carotenoid를 p.e.층으로 전용시킨 후, p.e.층을 무수 Na_2SO_4 로서 탈수시키고, 40°C이하의 N_2 기류하에서 감압증류하여 60% KOH/MeOH 용액으로 검화하여 얻은 불검화물을 총 carotenoid로 하였다.

3. Carotenoid의 분리 및 정제

1) Thin-layer chromatography

Preparative-TLC(p-TLC)는 silicagel 60 G(Merck 사제)와 증류수 1:2 비율로 혼합한 것을 20×20cm의 glass plate에 0.3mm의 두께로 도포하여 만든 plate를 110°C의 drying oven에서 2시간 활성화시킨 후, 총 carotenoid를 line-spotting하여 acetone:p.e.(3:7)의 전개용매로서 분리하였다.

2) Column chromatography

P-TLC에서 분리된 각 carotenoid를 분리 정제하기 위하여 MgO:celite 545(1:1)을 흡착제로 하여, p.e. →acetone→MeOH순으로 점차적으로 극성을 증가시키면서 column chromatography를 행하여 다시 분리하였다.

4. Carotenoid의 동정 및 정량

분리 정제한 각획분의 carotenoid를 가시부 흡수 spectrum의 비교, 표품과의 co-TLC 및 I_2 에 의한 이성화반응(Zechmeister *et al.*, 1943) 등의 결과로

써 동정하였다.

분리된 각 carotenoid의 정량은 p.e.중에서 흡수극대치의 흡광도에 의하여 McBeth(1972)의 방법에 따라 흡광계수 $E_{1cm}^{1\%} = 2400$ 으로 하여 계산하였다.

총 carotenoid의 함량과 각 획분의 조성비는 다음식에 의하여 계산하였다.

$$mg\% = \frac{O.D.(\lambda_{max}) \times vol. \times 10^3}{E_{1cm}^{1\%} (2400) \times \text{weight of tissue}(g)}$$

$$\% = \frac{100 \times vol. \times O.D. (\lambda_{max}) \text{ (for each fraction)}}{\Sigma [vol. \times O.D. (\lambda_{max}) \text{ (each fraction)}]}$$

결과 및 고찰

1. 미꾸라지와 미꾸리 표피 carotenoid의 동정 미꾸라지와 미꾸리 표피로 부터 추출한 carotenoid를

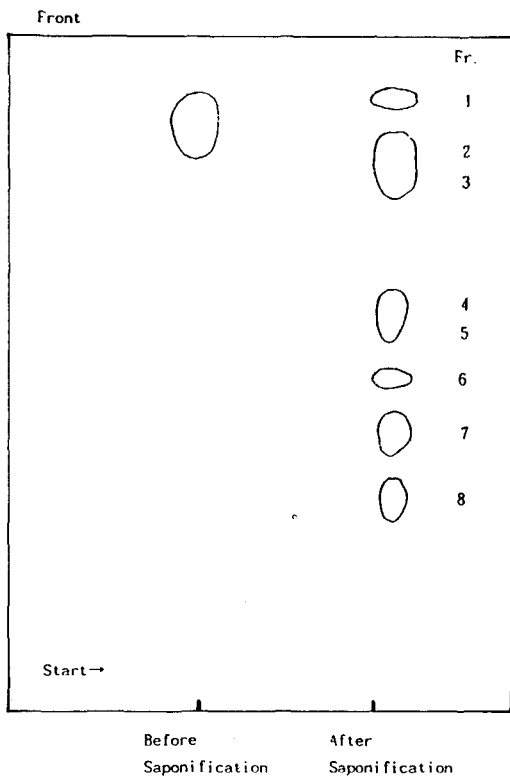


Fig. 1. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the integuments of chinese muddy loach and muddy loach.
Absorbent; silicagel 60 G
Developer; petroleum ether:acetone (70:30)

noid를 p-TLC한 결과, Fig. 1에서 처럼 검화 전에는 단일 band로 나타났으나, 검화 후에는 8개의 band로 분리되어 미꾸라지와 미꾸리의 carotenoid는 모두 ester type으로 존재하는 것을 알 수 있었으며 carotenoid의 분리 pattern도 동일하였다. 그리고 carotenoid를 분리 정제하기 위하여 검화 후 column chromatography를 행한 결과, Fig. 2에서와 같이 8개의 fraction(Fr.)으로 분리 되어 TLC의 pattern과 일치하였다.

Fr. 1; 100% p.e.에 용출된 Fr. 1은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 448, 473 nm(in p.e.), 462, 487nm(in chloroform), 463, 490 nm(in benzene) 및 450, 476nm(in ethanol)로서 β -carotene과 일치하였으며, 시판 표준의 β -carotene

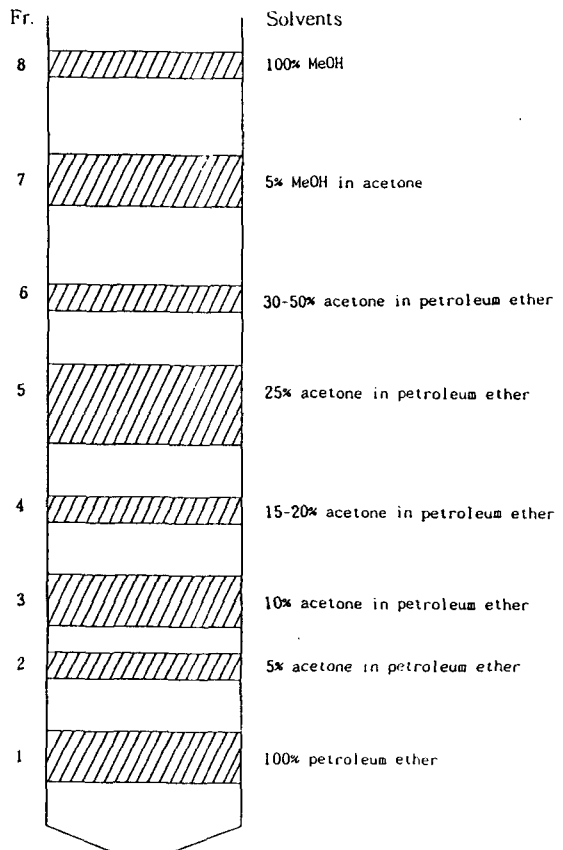


Fig. 2. Column chromatography of saponified carotenoids in the integuments of chinese muddy loach and muddy loach on MgO/celite 545 (1:1).

(F. Hoffman-La Roche, Basel, Switzerland)과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 β -carotene으로 동정하였다.

Fr. 2; 5% acetone/p.e.에 용출된 Fr. 2는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, α -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 420, 443, 471nm(in p.e.), 445, 481nm(in chloroform), 456, 484nm(in benzene) 및 446, 472nm(in ethanol)로서 α -cryptoxanthin과 일치하였으며, 옥수수(Petzold and Quackenbush, 1960)에서 얻은 표품의 α -cryptoxanthin과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 α -cryptoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 3; 10% acetone/p.e.에 용출된 Fr. 3은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 448, 475 nm(in p.e.), 461, 486nm(in chloroform), 462, 492 nm(in benzene), 449, 478nm(in ethanol)로서 β -cryptoxanthin과 일치하였으며, 소철열매(山口, 1954)에서 얻은 표품의 β -cryptoxanthin과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 β -cryptoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 4; 15-20% acetone/p.e.에 용출된 Fr. 4는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, ϵ -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 415, 438, 467nm(in p.e.), 424, 449, 478nm(in chloroform), 425, 450, 481nm(in benzene) 및 417, 440, 469nm(in ethanol)로서 tunaxanthin과 일치하였으며, 방어(平尾, 1967; 松野 等, 1980a)에서 얻은 표품의 tunaxanthin과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 tunaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 5; 25% acetone/p.e.에 용출된 Fr. 5은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, α -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 420, 444, 472nm(in p.e.), 428, 456, 483nm(in chloroform), 431, 455, 485nm(in benzene) 및 421, 445, 473nm(in ethanol)로서 lutein과 일치하였으며, 난황(Kuhn *et al.*, 1931)에서 얻은 표품의 lutein과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 lutein으로 동정하였다.

Fr. 6; 30-50% acetone/p.e.에 용출된 Fr. 6은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 448, 475nm(in p.e.), 459, 486nm(in chloroform), 460, 488nm(in benzene) 및 450, 476nm(in ethanol)로서 zeaxanthin과 일치하였으며, 소철열매(山口, 1954)에서 얻은 표품의 zeaxanthin과 co-TLC한 결과, 단

일대가 얻어져 zeaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 7; 5% MeOH/acetone에 용출된 Fr. 7은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, β -carotene type의 spectrum을 나타내었으며, 흡수극대치가 450, 478nm(in p.e.), 460, 490nm(in chloroform), 462, 490nm(in benzene) 및 451, 479nm(in ethanol)로서 cynthiaxanthin과 일치하였고, I₂에 의한 이성화 반응에서 흡수극대치가 439, 467nm(in p.e.)로서 11 nm blue shift하였으며, 진주담치(강·하, 1992)에서 얻은 표품의 cynthiaxanthin과 co-TLC한 결과, 단일대가 얻어져 cynthiaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 8; 100% MeOH에 용출된 Fr. 8은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 447, 474nm(in p.e.), 459, 482nm(in chloroform), 460, 491nm(in benzene) 및 448, 476nm(in ethanol)로 나타났으나, 동정이 불가능하였다.

2. 미꾸라지 표피 carotenoid의 조성

천연산 및 양식산 미꾸라지 표피의 총 carotenoid함량과 분리, 확인된 carotenoid의 조성비는 Table 1과 같다.

총 carotenoid함량은 천연산은 4.76mg%인데 비하여 양식산은 3.43mg%로 나타나 천연산이 다소 높은 함량치를 보였다. Carotenoid 조성은 천연산에는 lutein 30.5%, β -cryptoxanthin 24.6%, β -carotene 20.6%, cynthiaxanthin 11.7%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 4.7%, tunaxanthin 4.5%, α -cryptoxanthin 1.0%의 순으로 함유하였으며, 양식산

Table 1. Amount and percentage composition of individual carotenoids in the integuments of chinese muddy loach

Total carotenoids Composition	(% in total carotenoids)	
	Wild 4.76mg/100g	Cultured 3.43mg/100g
β -carotene	20.6	12.7
α -cryptoxanthin	1.0	0.9
β -cryptoxanthin	24.6	17.9
Tunaxanthin	4.5	5.0
Lutein	30.5	35.4
Zeaxanthin	4.7	8.2
Cynthiaxanthin	11.7	16.0
Unidentified carotenoid	2.4	3.9

에는 lutein 35.4%, β -cryptoxanthin 17.9%, cynthia-xanthin 16.0%, β -carotene 12.7%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 8.2%, tunaxanthin 5.0%, α -cryptoxanthin 0.9%순으로 함유하여, 천연산은 양식산에 비하여 β -carotene 및 β -cryptoxanthin의 함유비가 높은 반면, lutein 및 cynthia-xanthin의 함유비가 낮은 경향을 보여 서로 차이를 보였다.

3. 미꾸리 표피 carotenoid의 조성

천연산 및 양식산 미꾸리 표피의 총 carotenoid 함량과 분리, 확인된 carotenoid의 조성비는 Table 2와 같다.

총 carotenoid함량은 천연산이 4.00mg%인데 비하여 양식산은 2.99mg%로 나타나 미꾸라지에서와 같이 천연산이 다소 높은 함량치를 보였다. Carotenoid 조성은 천연산에는 lutein 32.9%, β -cryptoxanthin 18.8%, cynthia-xanthin 17.0%, β -carotene 15.1%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 6.5%, tunaxanthin 6.0%, α -cryptoxanthin 1.5%의 순으로 함유되어 있었으며, 양식산에는 lutein 51.8%, cynthia-xanthin 19.9%, β -cryptoxanthin 10.8%로서 주성분을 이루고, 그 외 β -carotene 5.0%, zeaxanthin 4.8%, tunaxanthin 4.5%, α -cryptoxanthin 0.2%의 순으로 함유되어, 미꾸라지에서와 같이 천연산은 양식산에 비하여 β -carotene 및 β -cryptoxanthin의 함유비가 높은 반면, lutein 및 cynthia-xanthin의 함유비가 낮은 경향을 보여 서로 상이 하였으며, 미꾸라지와 미꾸리의 표피 carotenoid는 다소의 함유비의 차이는 있었으나, 조성에 있어서는 서로 유사하였

다. 미꾸라지와 미꾸리 표피의 총 carotenoid함량은 잉어류, Cyprinidae(松野·松高, 1981) 0.03~2.67 mg%, 연어류, Salmonidae(松野 等, 1980c) 0.50~0.64mg% 및 하 등(1992)이 보고한 천연산 넙치 1.83mg%, 양식산 넙치 1.16mg%에 비해 높은 함량이었다.

한편, 미꾸라지와 미꾸리의 표피 carotenoid의 주성분은 lutein으로 나타나, 담수어인 은어(松野 等, 1974b)에는 zeaxanthin이, 그리고 잉어류(松野 松高, 1981)에는 cynthia-xanthin이 주성분이라고 보고한 것과 차이가 있으나, lutein이 담수어류의 특유의 carotenoid라는 보고(平尾, 1967)와는 일치하였다.

그리고 가물치(松野 等, 1974a) 표피의 carotenoid 조성은 tunaxanthin 34.8%, lutein 23.6%, cynthia-xanthin 17.8%, zeaxanthin 14.3%로서 주성분을 이루며, 그 외 β -carotene 4.2%, β -cryptoxanthin 3.1%, α -cryptoxanthin 2.2%의 순으로 함유되어 미꾸라지와 미꾸리에 비해 tunaxanthin과 zeaxanthin의 함유비가 높은 반면, β -cryptoxanthin과 β -carotene의 함유비가 낮게 나타났고, 또한, 은어(松野 等, 1974b)의 경우 천연산은 zeaxanthin 41.3%, cryptoxanthin 28.4%, cynthia-xanthin 17.5%로서 주성분을 이루고, 그 외 astacene 5.2%, lutein 5.1%, β -carotene 2.5%순이었으며, 양식산은 zeaxanthin 68.0%, lutein 20.0%로서 주성분을 이루고, 그 외 cynthia-xanthin 10.0%, β -carotene 2.0%순으로 함유되어 양식산은 천연산에 비해 lutein의 함유비가 매우 높다고 보고되어 있다. 그리고 하 등(1992)이 넙치의 표피 carotenoid 조성에서도 lutein의 함유비가 천연산 16.4%, 양식산 38.2%로 천연산에 비해 양식산에서 매우 높게 나타났다고 보고하여, 담수어와 해산어 모두 양식산이 천연산에 비해 lutein의 함유비가 높게 나타나는 특성을 가지는 것으로 생각된다.

Table 2. Amount and percentage composition of individual carotenoids in the integuments of muddy loach

Total carotenoids Composition	(% in total carotenoids)	
	Wild 4.00mg/100g	Cultured 2.99mg/100g
-carotene	15.1	5.0
-cryptoxanthin	1.5	0.2
-cryptoxanthin	18.8	10.8
Tunaxanthin	6.0	4.5
Lutein	32.9	51.8
Zeaxanthin	6.5	4.8
Cynthia-xanthin	17.0	19.9
Unidentified carotenoid	2.2	3.0

요 약

천연산 및 양식산 미꾸라지와 미꾸리 표피의 carotenoid 조성을 thin-layer chromatography, column chromatography로 분리하고, I₂에 의한 이성화 반응 및 용매에 따른 가시부 흡수 spectrum을 비교, 검토한 결과는 다음과 같다.

1) 미꾸라지 표피의 총 carotenoid함량은 천연산 4.76mg%인데 비하여 양식산 3.43mg%로서 천연산이 양식산보다 함량이 높았다. Carotenoid 조

성은 천연산에서 lutein 30.5%, β -cryptoxanthin 24.6%, β -carotene 20.6%, cynthiaxanthin 11.7%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 4.7%, tunaxanthin 4.5%, α -cryptoxanthin 1.0%의 순으로 함유되었으며, 양식산에는 lutein 35.4%, β -cryptoxanthin 17.9%, cynthiaxanthin 16.0%, β -carotene 12.7%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 8.2%, tunaxanthin 5.0%, α -cryptoxanthin 0.9%순으로 함유되어, 천연산은 양식산에 비하여 β -carotene 및 β -cryptoxanthin의 함유비가 높은 반면, lutein의 함유비가 낮은 경향을 보여 서로 차이를 나타내었다.

2) 미꾸라리 표피의 총 carotenoid함량은 천연산 4.00mg%인데 비하여 양식산 2.99mg%로서 미꾸라지에서와 같이 천연산이 양식산보다 함량이 높았다. Carotenoid 조성은 천연산에서 lutein 32.9%, β -cryptoxanthin 18.8%, cynthiaxanthin 17.0%, β -carotene 15.1%로서 주성분을 이루고, 그 외 zeaxanthin 6.5%, tunaxanthin 6.0%, α -cryptoxanthin 1.5%의 순으로 함유되었으며, 양식산에는 lutein 51.8%, cynthiaxanthin 19.9%, β -cryptoxanthin 10.8%로서 주성분을 이루고, 그 외 β -carotene 5.0%, zeaxanthin 4.8%, tunaxanthin 4.5%, α -cryptoxanthin 0.2%의 순으로 함유되어, 미꾸라지에서와 같이 천연산은 양식산에 비하여 β -carotene 및 β -cryptoxanthin의 함유비가 높은 반면, lutein의 함유비가 낮은 경향을 보여 서로 상이 하였으며, 미꾸라지와 미꾸라리 표피의 carotenoid 함유비는 다소 차이는 있었지만, 조성에 있어서는 서로 유사하였다.

참 고 문 헌

- Kuhn, R., A. Winterstein and E. Lederer. 1931. Der kenntnis der Xanthophylle. Z. Physiol. Chem., 197, 141~160.
- McBeth, J. W. 1972. Carotenoid from nudibranchs. Comp. Biochem. Physiol., 41B, 55~68.
- Petzold, E. N. and F. W. Quackenbush. 1960. Zienoxanthin, a crystallin carotenol from corn gluten. Arch. Biochem. Biophys., 86, 163~165.
- Zechmeister, L., A. L. Lerosen, W. A. Schroeder, A. Polg r and L. Pauling. 1943. Spectral characteristics and configuration of some stereoisomeric carotenoids including prolycopene and pro-y-carotene. J. Am. Chem. Soc., 65, 1940~1951.
- 강동수·하봉석. 1992. 이매패의 carotenoid색소성분의 비교. 1. 홍합과 진주담치 근육의 carotenoid 색소성분의 비교. 한국영양식량학회지, 20(4), 369~375.
- 김희숙·이현기. 1985. 미꾸라지의 영양성분에 대한 연구. 한국수산학회지, 14(3), 296~300.
- 梁升澤·朴有植·李應昊. 1978. 미꾸리 엑스분의 유리아미노산. 한국수산학회지, 11(3), 155~158.
- 梁升澤·李應昊. 1984. 담수어의 呈味成分에 관한 연구. 9. 천연산 미꾸라지의 呈味成分. 한국수산학회지, 17(3), 177~183.
- 하봉석·강동수·김용관·김귀식. 1989. 서식환경요인에 따른 피조개육의 carotenoid색소와 지질성분의 변화. 한국영양식량학회지, 18(1), 71~92.
- 하봉석·강동수·조영숙·박미연. 1992. 넙치와 방어의 carotenoid색소 성분. 한국영양식량학회지, 21(4), 407~413.
- 山口 勝. 1954. 「そてつ」の果實のカロチノイド色素. 九大理(化學), 2, 31~33.
- 松野隆男·東 榮吾·秋田俊子. 1973. マハゼおよび近縁魚類五種のカロチノイド色素成分. 日水誌, 39(2), 159~163.
- 松野隆男·永田誠一·植村雅明. 1974a. 魚類のカロテノイドに關する比較生化學的研究-I. カムルチのカロテノイド成分. 日水誌, 40(5), 489~492.
- 松野隆男·永田誠一·岩崎修久·勝山政明. 1974b. アユのカロテノイド色素成分. 日水誌, 40(1), 73~77.
- 松野隆男·永田誠一·植村雅明. 1975a. 魚類のカロテノイドに關する比較生化學的研究-III. マナマズのカロテノイド成分. 日水誌, 41(3), 343~349.
- 松野隆男·勝山政明·岩崎修久. 1975b. 魚類のカロテノイドに關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. 日水誌, 41(3), 351~355.
- 松野隆男·勝山政明. 1975c. 魚類のカロテノイドに關する比較生化學的研究-VI. カシカ, ウツセミカシカ, イサザのカロテノイド成分. 日水誌, 41(6), 675~679.
- 松野隆男·勝山政明. 1976. 魚類のカロテノイドに關する比較生化學的研究-X XI. ウグイ亞科6魚種のカロテノイド成分. 日水誌, 42(8), 847~850.

- 松野隆男・松高壽子・勝山政明・永田誠一. 1980a. 魚類のtunaxanthin劃分より立體異性體tunaxanthin A, tunaxanthin Bおよびtunaxanthin Cの分離. 日本誌, 46(3), 333~336.
- 松野隆男・永田誠一・勝山政明・松高壽子・眞岡孝室・秋田俊子. 1980b. 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-X VIII. 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, ブラントラウトについて. 日本誌, 46(4), 473~478.
- 松野隆男・勝山政明・永田誠一. 1980c. 魚類のカロテノイドに関する比較生化學的研究-XI VII. シロザケ, ギンザケ, ピワマス, サツキマス, サクラマス, ヒメマスのカロテノイド. 日本誌, 46(7), 879~884.
- 松野隆男・松高壽子. 1981. フナ屬, 5魚種のカロテノイド成分. 日本誌, 47(1), 85~88.
- 平尾秀一. 1967. 魚類のカロチノイド. 日本誌, 33(9), 866~871.
-
- 1994년 4월 9일 접수
1994년 5월 7일 수리