

양식산 넙치의 백화현상에 따른 아미노산 조성의 비교

김 종 현

창원전문대학 식품영양과

Comparison of Amino Acid by Appearance of Albinism in Cultured Flounder, *Paralichthys olivaceus*

Jong-Hyun Kim

Dept. of Food and Nutrition, ChangWon Junior College, Kyung Nam 641-771, Korea

Abstract

Albinism is a phenomenon that color of the body surface is changed to white or faint brown from the specific color to the species by deficiency of pigments due to mutation or disease. This study was undertaken to investigate the experimental basis on the appearance of albinism in cultured flounder, *Paralichthys olivaceus*. The skin and muscle, from the normal and albinic flounder, were used by measuring contents of amino acid, free amino acid. The results were summarized as follows:

Contents of amino acid in the skin and muscle are different from normal and albinic flounder. Phenolic and sulfuric amino acids in the skin of normal flounder were 2 times those of albinic ones. Especially, tyrosine contents of the skin in normal flounder were 24 times higher than those. Methionine was 26 times higher than those. Phenylalanine was 1.6 times higher. In free amino acid, phosphoserine and phosphoethanolamine were a little higher than that ones. The melanin formation of the skin in flounder was affected by substrates such as phenolic amino acid, and cofactor such as sulfuric amino acid.

서 론

넙치는 경골어류 가자미목 넙치과 속하며 눈은 2개가 왼쪽에 있고 부화 직후 눈이 양측에 있을 때에는 바다 중층을 헤엄치지만 저서생활에 들어가면 눈이 왼쪽으로 이동하여 나란히 위치한다. 눈이 없는 쪽에는 주로 백색소포만이 존재하는 데 반하여, 눈이 있는 쪽의 표피에는 흑색소포를 주로 하는 여러가지의 색소세포가 존재한다. 넙치에는 사료의 영양, 환경조건 등의 요인으로 백색화 현상이 나타나는 데 이것을 백화라 하며, 자연산에서는 거의 볼 수 없으나 양식장에서는 빈번히 나타난다. 종묘생산시 백화 이상개체가 매우 높게 나타날 때가 있다. 백화 이상개체는 방류했을 때 생존율이 매우 낮고 다른 이상현상도 동반된다는 보고도 있다.⁷⁾ 백화 이상개체의 원인에 대한 연구는 자어기에 공급하는 사료의 영양학적인 연구와

란 및 자어기의 사육환경조건에 대한 연구 등이 있다. 사료가 원인이라는 결과는 사료의 질 및 급이시기 등에 의해서 백화개체의 출현율이 크게 변한다고 지적되고 있으며,^{1,2,3,4)} 사육환경이 원인이라는 결과는 색소세포의 발생분화에 영향을 미치는 광환경을 중심으로, 사육밀도, 수질, 수온, 등을 검토^{4,5,6)} 하여, 높은 수온, 높은 주수량에서 자어를 사육하면 백화이상개체의 출현율이 낮아진다는 결과를 보고⁶⁾되어져 있다. 넙치 자어에 천연동물성 플랑크톤을 급이하면 정상어가 되지만, 종묘생산용 초기사료인 Rotifer, *Brachionus plicatilis*와 Artemia, Artemia salina를 주면 백화가 나타난다. 특히 Brazil산 Artemia를 급이하면 대개 완전한 백화개체로 나타나며, Rotifer와 Artemia를 혼합병용하면 백화개체 출현율이 낮아진다고 한다.⁴⁾ 그리고 천연 플랑크톤을 조기에 급이한다든지, 배합미립자 사료를 Artemia와 병용하면 정상개체가 높게 나타난다.³⁾

* Corresponding author : Jong-Hyun Kim

하여 넙치의 체색 발현에 유효한 영양성분이 있는 것을 시사하였다. Nakamura 와 Iida⁸⁾가 넙치 표피의 멜라닌의 형성은 태양광선 아래서 리보플라빈에 의하여 dopa-quinon으로 부터 멜라닌의 산화 또는 중합이 촉진된다 하였고, Nakamura와 Iida⁹⁾가자미 *Liopsetta obscura*의 눈이 있는 쪽의 백화 표피중에 함유하는 riboflavin의 함량은 771 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 정도로서, 정상어의 5,200~7,800 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 에 비하여 월등히 적었으며, 표피의 색소농도는 리보플라빈의 함량과 비례한다고 하였다. 그리고, Miki 등^{10,11)}은 넙치 자어기에 지용성 비타민을 첨가한 Rotifer를 급이하면, 치어의 백화출현율이 저하된다고 보고하였으며, Hirao 등¹²⁾은 넙치의 눈이 있는 쪽의 표피에는 비타민 A의 함량이 높게 나타나며, 비타민 A의 결핍은 백화 현상이 생기는 하나의 원인이라고 보고하였다. 이와 같이 넙치의 백화 현상은 리보플라빈, 캐로티노이드, 비타민 A, D와 같이 감광성 물질의 결핍때문에 표피의 멜라닌 생성이 불충분하게 된 결과⁹⁾라고 할 수 있다. 이상과 같이, 백화의 발생 원인 및 완전한 백화의 방제법에 대해서는 아직도 명확하게 밝혀져 있지 않다. 본 결과는, 넙치의 백화 이상개체 출현의 원인을 밝히기 위하여 양식산 넙치의 체색이 정상표피, 반백화 및 백화로 변한 표피, 그리고 이들 근육 중에 함유하는 구성 아미노산, 유리 아미노산의 함량을 비교 검토한 것이다.

재료 및 방법

1. 실험재료

시료로 사용한 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)는 경남 통영군 산양면 소재의 양식장인 둔덕수산에서 정상 개체, 백화현상이 개체절반에 나타난 반백화 및 백화현상이 개체 전체에 나타난 백화넙치를 구입(평균 체장 20cm, 평균체중 380g) 하여 실험실에 운반한 후, 표피와 근육을 채취하여 분석용 시료로 하였다.

2. 실험방법

1) 구성 아미노산의 분석¹³⁾

정상, 반백화 및 백화의 양식산 넙치의 표피와 근육의 시료 40mg을 시험관에 넣고 6 N-HCl용액을 가하고 진공밀봉하여 모래 욕조(110°C)에서 24시간 가수분해시킨 후, 글래스 필터(3G-4)로 여과하여 진공증발기를 이용하여 HCl을 제거하고 pH 2.2 Li-시트르산 완충액으로써 정용한 후, 멤브레인 필터(0.2 μm)로 여과하여 아미노산 자동분석기로서 분석하였다. 이때

트레오닌, 티로신 및 세린은 Yates 와 Greaser¹⁴⁾가 보고한 회수율을 근거로 하여 측정치를 보정하여 계산하였다. 한편 트립토판은 Species와 Chamber¹⁵⁾의 방법에 따라 비색 정량하였다.

2) 유리 아미노산의 분석¹⁶⁾

시료 5g을 취하여 80% 에탄올용액 20ml를 가하여 균질화한 후, 원심분리(5,000rpm, 15분)하고, 2회 반복하여, 상층액을 진공증발기로서 농축한 다음 증류수로 정용하였다. 이 중 10ml를 취하여 5-술포살리신산 500mg을 가하여 냉장고에 1시간 방치한 후, 원심분리(10,000rpm, 15분)하여 멤브레인 필터(0.2 μm)로써 여과하여 아미노산 자동분석기로서 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 구성 아미노산의 함량

양식산 넙치의 체색이 정상, 반백화 및 백화로 변한 표피 및 근육으로 구분하여 측정된 구성 아미노산은 Table 1과 같다. 정상 넙치의 구성 아미노산의 함유량을 보면, 표피에서는 프롤린, 글루탐산, 글리신, 아스파르트산, 알라닌 등의 순으로 그 함유량이 높아 전체의 77.9%를 차지하고 있으며, 근육에서는 글루탐산, 아스파르트산, 루신, 리신의 순으로 그 함유량이 높아 전체의 49.8%를 차지하고 있으며, 특히 프롤린의 함량은 표피가 근육의 17.5배나 많이 함유되어 있어 큰 차이를 보이고 있으며, 필수 아미노산의 함량 비교를 해보면 표피에서는 전체 아미노산의 양의 16%를 나타내고 있는 반면 근육에서는 41.9%로써 영양적으로 우수한 차이를 보이고 있다. 반백화, 백화 넙치의 구성 아미노산의 함유량은 표피와 근육에서 정상넙치와 별다른 함량 차이를 보이지 않아서, 각 개체간의 차이는 별로 없었다.

이러한 결과는, Mori 등¹⁷⁾이 양식 및 천연산 넙치의 근육에서 영양성분의 주요 구성 아미노산은 아이솔루신, 루신, 리신, 트레오닌 등이라고 보고한 것과 비교하여 유사하였다. 그리고 최 등^{18,19)}이 담수어인 잉어의 구성아미노산은 리신, 글루탐산, 아르기닌, 아스파르트산, 알라닌의 함량이 전체 구성 아미노산의 52% 가량 차지하며, 붕어와 가물치의 구성 아미노산은 글루탐산, 리신, 아스파르트산, 아르기닌이 전체 구성아미노산의 약 46%를 차지한다고 하여 해산어류와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다.

특히 멜라닌의 전구물질인 티로신의 함량이 정상표피에서는 26.6mg%, 반백화표피에서는 8.3mg%, 백화

Table 1. Composition of amino acids in the hydrolysates from the normal and albinic flounder
(mg / 100g wet sample)

Amino acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
Aspartic acid	41.2	56.7	38.3	58.3	43.7	54.6
Threonine	21.9	35.0	19.8	34.4	23.2	33.3
Serine	26.4	31.2	24.3	31.0	27.5	29.7
Glutamic acid	61.4	88.5	56.7	88.0	64.4	84.7
Proline	552.8	31.6	503.8	30.27	82.4	29.2
Glycine	50.4	30.7	48.5	31.6	51.8	29.1
Alanine	40.1	40.6	37.8	40.7	41.3	38.3
Cystine	6.3	17.5	4.2	16.2	3.4	13.4
Valine	18.2	28.0	15.6	27.8	19.0	25.9
Methionine	15.3	28.0	0.8	25.9	0.6	24.2
Isoleucine	13.2	30.7	11.6	30.3	14.2	28.7
Leucine	26.6	49.1	23.3	48.3	28.1	46.5
Tyrosine	26.6	30.4	8.3	29.0	1.1	27.9
Phenylalanine	25.2	28.9	18.4	28.6	16.1	26.5
Histidine	14.0	22.0	12.9	19.3	14.3	20.0
Lysine	25.7	42.0	23.4	42.1	27.0	40.9
Arginine	33.5	36.9	30.8	40.2	34.7	34.4
Ammonia	1.7	2.3	1.5	2.5	1.7	2.2
Total	1000.5	630.1	888.0	624.0	994.5	589.4
TEA*	160.0	263.8	125.7	256.6	142.6	245.9

TEA* : Total essential amino acid

표피에서는 1.1mg%으로, 정상표피에서는 백화보다 많은 양이 함유되어 있어서 특이했다. 양식산 넙치의 폐놀 및 유허을 함유하는, 구성아미노산 함량을 체색이 정상, 반백화 및 백화로 변환 표피 및 근육으로 구분한 결과는 Table 2와 같다. 정상넙치의 표피에는 티로신, 페닐알라닌, 시스테인, 메티오닌 등으로 함께 73.5mg%으로 나타났으며, 근육에도 같은 성분으로는

합계 104.8mg%으로 나타나, 표피보다 근육이 높게 나타났으며, 특히 시스테인 함량은 2.8배나 근육에 많이 들어 있었다. 반백화, 백화 넙치의 표피와 근육에서도 정상 넙치와 같은 함유량을 나타냈으나, 반백화 넙치의 시스테인 함량은 3.9배, 메티오닌 함량은 34.5배로 표피보다 근육에 많이 함유되어 있었다. 백화넙치의 시스테인 함량은 3.9배, 메티오닌 함량은 37.8배로

Table 2. Phenolic and sulfuric amino acids content in amino acid from the normal and albinic flounder
(mg / 100g wet sample)

Sample	Phenolic amino acid		Sulfuric amino acid			Total	
	Tyrosine	Phenylalanine	Taurine	Cystine	Methionine		
Normal	Skin	26.2	25.2	-	6.3	15.3	73.5
	Muscle	30.4	28.9	-	17.5	28.0	104.8
Partial albinism	Skin	8.3	18.4	-	4.2	0.8	31.6
	Muscle	29.0	28.6	-	16.2	25.9	99.7
Almost albinism	Skin	1.1	16.1	-	3.4	0.6	21.2
	Muscle	27.9	26.5	-	13.2	24.2	91.8

표피보다 근육에 많이 들어 있어서 같은 경향을 보이고 있었다. 특히 티로신 함량은 정상넙치의 표피에서 26.6mg%, 반백화넙치 표피에서 8.3mg%, 백화넙치의 표피에서 1.1mg%를 함유하여, 넙치의 정상표피에는 반백화 표피보다 3.2 배나 많이 들어 있고, 백화보다는 정상이 23.6배나 많이 들어 있어서 아주 특이했다. 멜라닌 합성의 전구물질인 티로신의 함량이 백화넙치의 표피에서 정상보다 아주 적은 것을 알 수 있었다. 페닐알라닌 함량은 정상넙치의 표피에서 25.2mg%, 반백화넙치 표피에서 18.4mg%, 백화넙치 표피에서 16.1 mg%의 순으로 함유하여 역시 멜라닌 색소의 전구물질인 페닐알라닌의 함량에도 차이가 있음을 알 수가

있었다. 메티오닌 함량은 정상넙치의 표피에서 15.4 mg%, 반백화넙치 표피에서 0.8mg%, 백화넙치 표피에서 0.6mg%으로 함유하여, 넙치의 정상표피에 반백화표피보다는 20.5배, 백화표피보다 24배나 많이 들어 있어서 아주 특이했다. 이상의 결과로써, 멜라닌색소 생성에 관여된다고 추정되는 페놀 및 유황을 함유하는 아미노산의 양이 반백화, 백화에서 그 양이 정상에 비해서 아주 적은 것을 알 수가 있었다.

2. 유리 아미노산의 함량

양식산 넙치의 유리아미노산 함량을 체색이 정상, 반백화 및 백화로 변한 표피 및 근육으로 구분하여 측

Table 3. Composition of free amino acids from the normal and albinic flounder

($\mu\text{g} / 100\text{ g wet sample}$)

Amino acid	Normal		Partial albinic		Almost albinic	
	Skin	Muscle	Skin	Muscle	Skin	Muscle
Phosphoserine	0.9	1.1	0.8	0.7	0.7	0.6
Taurine	1.3	-	1.0	-	0.8	-
Phosphoethanolamine	33.1	95.1	41.7	88.9	31.5	68.2
Aspartic acid	-	0.4	-	0.5	-	0.5
Theronine	-	0.5	-	0.6	-	0.1
Serine	0.5	28.0	0.2	0.2	0.3	0.2
Glutamic acid	12.2	42.2	9.7	39.9	7.0	20.9
α -amino adipic acid	-	0.3	-	0.4	-	0.1
Alanine	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
Citrulline	2.5	15.0	1.6	15.0	1.3	6.5
α -amino-n-butyric acid	31.6	52.3	27.2	45.2	24.6	44.5
Valine	-	2.5	0.4	2.4	-	1.6
Methionine	5.0	0.3	2.0	0.9	1.1	0.3
Cystathionine	3.6	1.5	2.5	1.4	2.2	1.8
Isoleucine	5.0	3.1	0.4	0.9	0.3	1.1
Leucine	-	2.2	2.6	1.7	2.5	2.4
Tyrosine	13.8	6.4	9.3	4.7	7.6	7.8
Phenylalanine	5.0	1.7	3.7	1.5	2.9	2.4
β -Alanine	-	0.2	0.1	0.3	-	0.2
γ -Amino-n-butyric acid	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Ammonia	0.8	0.1	0.6	0.1	0.1	0.1
Hydroxylysine	27.2	41.9	25.2	36.6	25.4	43.1
Ornithine	10.2	14.4	9.9	13.4	9.9	13.4
I-Methylhistidine	4.6	9.0	3.6	10.1	2.3	11.7
Histidine	3.4	8.0	3.4	7.9	2.7	5.5
Anserine	0.1	0.7	0.1	0.6	0.1	0.4
Carnosine	0.2	0.3	0.5	0.8	0.7	0.9
Arginine	2.4	3.3	1.4	3.9	1.5	4.9
Total	163.6	330.9	148.2	279.0	125.7	239.6

정한 결과는 Table 3과 같다. 정상 넙치의 유리아미노산의 함유량을 보면 표피에는 포스포에탄올아민, α -아미노-n-부티릭산, 하이드록시리신, 티로신, 글루탐산의 순으로 그 함유량이 높아 주성분으로 전체의 78.3%를 차지하고 있으며, 근육에서도 표피와 같은 성분이 주성분을 함유하여 전체의 83.1%를 차지하고 있으며, 특히 포스포에탄올아민의 함량이 표피보다 근육에서 2.9배나 많이 함유되어 있었고, 글루탐산의 함량도 표피보다 근육에서 3.5배나 많이 함유되어 있었고, α -아미노-n-부티릭산 1.6배, 하이드록시리신은 1.5배나 많아서 특이했다. 반백화, 백화 넙치의 유리아미노산의 함유량을 보면 표피와 근육에서 정상 넙치와 같은 주성분으로 함유되어 있었으나 특히 티로신의 함량이 정상표피 13.8 $\mu\text{g}\%$, 반백화표피 9.3 $\mu\text{g}\%$, 백화표피 7.6 $\mu\text{g}\%$ 순으로 낮아서 구성아미노산과 같은 경향을 나타내고 있다.

Takashi 등²⁰⁾은 천연 및 양식어 6종의 근육에서 넙치의 유리아미노산은 타우린, 리신, 글루탐산, 아르기닌 등이라고 보고한 것과 비교하여 유사하였다. 그리고 하와 이²¹⁾는 자리돔 엑스본 중의 유리아미노산은 타우린, 글리신, 알라닌이 함량이 많았고, 그 외 트레오닌, 글루탐산, 세린 등의 순으로 함유한다고 보고하였고, 오와 이²²⁾는 다랑어의 유리아미노산 조성은 히스티딘이 전체 유리아미노산의 34.6%를 차지하였고, 그 외 타우린, 리신, 로이신, 알라닌 등이 비교적 많이 함유한다고 보고하였으며, Ogata 등²³⁾은 뱀장어의 유리아미노산 조성은 타우린, 암모니아가 높은 함량을 차지하였고, 그 외 β -알라닌, 히스티딘, 알라닌, 글리신 등이 다량성분으로 존재한다고 보고하였다. 이와 같이 해산어류의 유리아미노산 조성은 대부분 타우린, 알라닌, 글리신 등이 높은 함량을 차지한다고 보고하였고, 이중 타우린은 단백질 구성하지 않는 아미노산으로 해산동물 특히 백색어류의 특징^{24,25)}으로 알려져 있어 넙치의 경우도 유사하였다.

요 약

양식산 넙치의 백화현상에 따른 아미노산의 비교는 넙치의 정상 표피에는 백화 표피보다 함량 아미노산의 함량이 2배나 많게 나타났으며, 구체적으로 살펴보면 티로신은 24배, 메티오닌은 26배, 페닐알라닌은 1.6배나 많은 함량의 차이를 보이고 있었으며, 유리아미노산으로는 포스포세린과 포스포-에탄올아민이 다소 많았다. 백화현상에서 부족된, 멜라닌 색소 형성의 중간대사 기질로써 페놀성 아미노산과 함량 아미노산의

함량의 차이에 의한 것이라고 생각되어진다.

참고문헌

1. 青海忠久, 條田正俊 : アルテミア給餌期間を異にした人工採苗ヒラメの體色異常 出現の變異. 京都海洋センタ-研報 5, 29~37(1981).
2. Tadahisa, S. : Influence of feeding periods of Brazilian *Artemia* during larval development of hatchery-reared flounder *Paralichthys olivaceus* on the appearance of albinism. *Bull. Japn. Soc. Sci. Fish.*, 51, 521~527(1985).
3. 長崎縣水産試験場 : 健苗育成技術開發委託事業報告書, ヒラメの白化防除に関する研究. 長崎水試登録 512, 1~25(1985).
4. 青海忠久, 池脇登弘, 渡邊武, 下彦直登 : 異體類白色化個體に関する生物學的研究. 異體類白色化個體に関する營養學的研究. 京都大學, 農學附屬水産 實驗所, 東京水産大學, 1984年度健苗育成技術開發委會事業報告書(1985).
5. 杉山元彦, 中野廣, 矢野豊, 福田雅明, 村上直人 : 異體類の健苗育成に 關する研究-I. 白化等の異常個體出現率におよぼす注水量の影響について. 北海道水産研究報, No. Nov, 63~69(1985).
6. 福所邦彦, 山本剛史, 青海忠久 : ヒラメの白化個體出現におよぼす飼育中の通氣量の影響. 日本養殖學會誌, 10, 53~56(1986).
7. Tadahisa Seikai, Masumi Shimozaki, and Takeshi Watanabe : Estimation of larval stage determining the appearance of albinism in hatchery-reared juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 53, 1107~1114(1987).
8. 中村弘二, 飯田 逸 : ヒラメのリボフラビン含量との相關について. 日本水産學會誌, 52, 1275~1279(1986).
9. Nakamura, K., Iida, H. and Nakano, H. : Riboflavin in the skin of albinic flatfish *Liopsetta obscura*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52, 207(1986).
10. 三木教立, 谷口朝鞍, 榎川秀夫 : 脂溶性ビタミン投與ワムシによるヒラメ白化防除と 好適ビタミン量. 水産増殖, 37, 109~114(1989).
11. 三木教立, 谷口朝鞍, 榎川秀夫 : ヒラメの白化出現に及ぼす脂溶性ビタミン類 投與ワムシの効果(豫報) 水産増殖, 36, 91~96(1988).
12. Hirao, S., Yamada, J. and Kikuchi, R. : Vitamin A in fish meat-IV Vitamin A content in the skin of fishes. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 21, 454~457(1955).
13. Mason, V. C., Anderson, S. B. and Rudemo, M. : Hydrolysate preparation for amino acid determinations in feed constituents. Proc. 3rd EAAP Symp. On protein metabolism and nutrition, 1, 351(1980).
14. Yates, L. and Greaser, M. L. : Quantitative determination of myosin and actin in rabbit skeletal muscle. *J.*

- Mol. Biol.*, 168, 123~141 (1983).
15. Species, J. R. and Chamber, D. C. : Chemical determinations of tryptophan. *Anal. Chem.*, 20 : 30~39 (1948).
 16. Speckman, D. H., Stein, W. H. and Moore, S. : Automatic recording 15 apparatus for use in the chromatography of amino acids. *Anal. Chem.*, 30, 1190~1206(1958).
 17. 佐藤 守, 吉中禮二, 西中義裕, 森本晴之, 小島朝子, 山本義和, 池田静徳 : 天然および養殖ヒラメ肉の營養成分の比較. *日本水産學會誌*, 52, 1043~1047(1986).
 18. 최진호, 임채환, 최영준, 김창목, 오성기: 붕어 및 가물치의 단백질 및 아미노산 조성. *한국수산학회지*, 19, 333~338 (1986).
 19. 최진호, 임채환, 최영준, 박길동, 오성기: 천연 및 양식산 잉어와 이스라엘 잉어의 구성아미노산에 대한 비교연구. *한국수산학회지*, 18, 545~549(1984).
 20. 青木隆子, 雁田 聲, 國崎直道 : 天然および養殖魚6種の一般成分, 無機質, 脂肪酸, 遊離アミノ酸, 筋肉硬度および色差について. *日本水産學會誌*, 57, 1927~1934(1991).
 21. 하진환, 이응호 : 자리돔 엑스분의 유리아미노산. *한국수산학회지*, 12, 241~243(1979).
 22. 오광수, 이응호 : 분말가쓰오부시의 제조 및 품질성분에 관한 연구. 1. 분말가쓰오부시의 가공조건 및 정미성분. *한국수산학회지*, 21, 21~29(1988).
 23. Ogata, H., Arai, S. and Alvarez, V. M. : Effect of dietary protein levels on free amino acid contents of juvenile European eel *Anguilla anguilla*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, 51, 573~578(1985).
 24. Konosu, S. and Yamaguchi, K. : Chemistry and biochemistry of marine food products. R. E. Martin ed. G. J. Flick, C. E. Hebard and D. R. Ward. AVI Publ. Connecticut : 367~404(1982).
 25. 김종현, 최영준, 강석중, 조창환, 명정구: 넙치의 백화현상 규명에 관한 연구. I. 멜라닌 색소 생성에 미치는 효소와 기질의 영향. *한국양식학회지*, 3, 155~165 (1990).

(1999년 10월 18일 접수)