

## 우렁쉥이 껍질성분의 이용에 관한 연구

### 1. 우렁쉥이 껍질 추출물이 무지개송어 착색 및 성장에 미치는 효과

이강호 · 강석중\* · 최병대\* · 최영준\* · 엄말구\*  
부산수산대학교 식품공학과 · \*통영수산전문대학

## Utilization of Ascidian(*Halocynthia roretzi*) Tunic

### 1. Effect of Ascidian Tunic Extracts on Pigmentation and Growth of Rainbow Trout(*Oncorhynchus mykiss*)

Kang-Ho LEE, Seok-Joong KANG\*, Byeong-Dae CHOI\*,  
Yeung-Joon CHOI\* and Mal-Gu YOUM\*  
Department of Food Science and Technology, National Fisheries  
University of Pusan, Pusan 608-737, Korea  
\*Tong-Yeong National Fisheries College, Chungmu 650-160, Korea

In order to determine the utilization of ascidian tunic, which has been blamed for problems of costal environmental pollution when discharged into the sea after being used as a natural dietary pigment sources for rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*), fingerlings were fed on experimental diets containing acetone-extracts for 6 weeks.

The amounts of acetone-extracts were 11,000mg/Kg and contained 50mg/100g wet tissues of carotenoid and 6% of carotenoids were astaxanthin. From the results of feeding experiments, the growth rate in the extract group was a little higher than that of the control and pink groups after 6 weeks. The redness and yellowness of the fish skin and muscle in the extract group were similar to the pink group. Therefore, acetone-extracts of ascidian tunic were judged to be a natural dietary pigment source suitable as a substitute synthetic pigment for aquaculture use.

## 서 론

우렁쉥이는 계통분류학상 홍미있는 동물로서 유생시에는 올챙이와 같은 꼴로 헤엄치며 착색을 가진다. 그러나 곧 고형물에 부착하고 변태성장하여 파인애플 모양의 성체형으로 된다. 이러한 생물학적 특징 외에 동물로서는 유일하게 표피가 tunic이라는 식물성 셀룰로스와 유사한 다당류를 함유하고 있다(中内, 1977). 그리고 우렁쉥이는 생식의

대상으로 기호성이 높아 그 생산량이 1989년에는 약 24,643M/T으로 1983년과 비교하여 무려 700배나 증가하여(농림수산부, 1990) 오히려 파인애플 생산에 의한 가격하락 상태에 있다. 우렁쉥이는 현재 생식의 특별한 가공방법이 개발되어 있지 않으므로 수산가공공장에서 육을 포장하여 냉장 판매하고 있다. 이 때 전량 폐기되는 껍질은 분해가 어려울 뿐만 아니라 현재까지 그 이용도가 거의 없었기 때문에 바닷가에 그냥 버려져 폐기물로 인한 새로

이 연구는 1990년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과 임. 과제번호: 901-1506-063-2

## 1. 우렁쉥이 껍질 추출물이 무지개송어 착색 및 성장에 미치는 효과

운 연안 환경오염문제까지 대두되고 있다. 카로테노이드는 자연계에 가장 널리 분포하는 색소의 일군으로서 식물 및 미생물에 의해서만 합성되어지며, 어류는 카로테노이드를 생합성할 수 없으므로 사료를 통해서 공급받아야만 한다(Simpson *et al.*, 1981). 어류에서 카로테노이드는 비타민 A의 전구체(Bauernfeind *et al.*, 1971) 및 육과 표피의 착색효과(Choubert, 1983; Foss *et al.*, 1984)라는 생리적 기능 외에 지질산화방지(Rånby and Rabek, 1978), 호르몬 기능의 향진(Hartmann *et al.*, 1947), 난의 성숙(Deufel, 1965), 환경적응능력 향상(Mikulín and Sojn, 1975) 등 생리활성에 관한 기능도 가진 것으로 알려져 있다. 더우기 연어류처럼 색소가 상품가치에 절대적 영향을 미치는 어류는 색소가 결여되어 육색이 제대로 나지 않으면 상품가치가 떨어지므로 색소를 이용하여 육색을 개선할 필요가 있다.

지금까지 연어류 양식에서는 대부분 인공합성착색제를 사용하여 왔으나, 인공합성품의 인체 유해에 대한 많은 논란을 거듭한 끝에 최종적으로 FDA에서 식품에는 인공합성착색제의 사용을 금지하였기 때문에(Lovell, 1992), 전세계적으로 새로운 천연착색제의 탐색을 위한 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구는 연안환경오염의 한 원인이 되는 우렁쉥이 껍질을 새로운 천연색소원으로 이용할 수 있는지 그 가능성을 검토할 목적으로 수행한 것이다. 천연착색제는 때때로 독성을 가지고 있어 어류의 성장을 저해하는 경우가 나타나기 때문에(Katama *et al.*, 1990) 새로운 천연착색제는 반드시 정상적인 성장을 유지하면서 착색효과도 나타내는 두 가지 조건을 만족시켜야 하므로 우렁쉥이 껍질 추출물이 무지개송어의 성장에 미치는 영향과 착색가능성을 동시에 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 실험어

무지개송어용 시판 상품사료(푸리나 사제, 치어용)로써 2주간 예비사육한 평균 5.7g의 치어를 사용하였으며, 각 실험구마다 25마리씩 수용하였고, 각 실험구는 duplicate로 행하였다.

### 사육실험

사육실험은 1990년 5월 22일부터 7월 17일까지 8주간 통영수산전문대학 어류양식실험실내에 설치

한 60×30×45cm의 유리수조를 이용하였다. 사육장치는 유수식을 겸한 담수순환여과식 사육장치로써 보충수의 첨가에 의해서 어류의 배설물이 즉시 사육조 밖으로 유출될 수 있도록 하였다. 이때 주수량은 50l/hr였으며, 용존산소량은 7ppm 전후였고, 전 사육기간을 통하여 수온은 17.6~23.0℃(평균 20.6℃)였다. 급이는 체중의 3%에 해당하는 양을 하루 3회, 주 7일 급이하였고, 어체중은 2주 간격으로 측정하였다.

### 사료제조

사료조성은 Table 1과 같이 시판용 상품사료를 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합용매로 2회 탈지한 후, 복양 명태간유 5%와 종합비타민(Halver, 1992) 1%를 첨가하였다. 사료는 각각의 원료를 사료혼합기(Shin Gang TCM-8, 서울, 한국)로 10분간 혼합한 후 펠렛으로 제조한 다음 10g 단위로 질소충진 비닐 포장하여 실험어에 투여시키지 -40℃ 냉동고에 보관하였다.

우렁쉥이 색소 추출물과 인공합성색소인 carophyll pink(Hoffman La-Roche, Basle, Switzerland)는 사료내 astaxanthin의 함량이 각각 8, 40ppm(Storebakken *et al.*, 1986)이 되도록 첨가하였다.

### 우렁쉥이 껍질로부터 색소추출과 색소함량

동결 저장된 우렁쉥이 껍질을 해동시킨 후 일정량의 시료에 3배의 acetone을 가하여 하룻밤 실온에 방치한 후 색소성분을 추출하고 여과하였다. 이 조작을 3회 반복하여 시료로부터 색소를 충분히 용출시켰다. 여과된 acetone 용액을 회전진공증발농축기로 40℃ 이하에서 농축한 후 분액여두로 옮기고 여기에 ether : petroleum ether(1 : 1, v/v) 혼합용매를 가하여 색소성분을 전용시킨 후 다시 회전진공증발농축기를 이용하여 용매를 완전히 제거하여 색소 추출물로 하였다.

껍질 추출물의 최적 첨가량이 밝혀져 있지 않은 상태이므로 astaxanthin 표준품과 함께 껍질의 색소 추출물을 TLC(Silicagel 60 G, ethylacetate : dichloromethane = 1 : 4)하였을 때 표준품과 같은 Rf치를 갖는 획분을 긁어내어 spectrum을 측정할 결과  $\lambda_{max}$  470nm(ether)에서 최대흡광도를 갖는 전형적인 astaxanthin spectrum을 나타내었고, TLC상에서 단일대로 나타나 astaxanthin으로 동정하였다. 총 카로테노이드 함량은 ether 중에서 가시부 흡수 spectrum의 흡수극대치를 McBeth(1972)의 방법에 따라 흡광계수  $E_{1\%}^{1cm} = 2,400$ 으로 하여 계산하였고,

Table 1. Composition of test diets used in experiment

Division	Ingredients
Control	C.D. <sup>1)</sup> +Vitamin 1% + Fish oil <sup>2)</sup> 5%
Pink	C.D.+Vitamin 1% + Fish oil 5% + Carophyll pink 0.8g <sup>3)</sup>
Extract	C.D.+Vitamin 1% + Fish oil 5% + Ascidian tunic extract 3g <sup>4)</sup>

- 1) Commercial diet(Purina Co.) was extracted with chloroform:methanol(2 : 1, v/v) to remove the fat-soluble materials containing carotenoids. Protein 45%, carbohydrate 29%, ash 20%.
- 2) Pollock liver oil.
- 3) Astaxanthin 40ppm.
- 4) Astaxanthin 8ppm.

각획분의 조성비는 다음식에 의하여 계산하였다.

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

착색도의 측정

사육실험이 끝난 후 살아있는 상태에서 각 실험구마다 5마리를 무작위 추출하여 10인의 panel member가 전체적인 체색과 육색을 조사한 후, Fig. 1에 나타난 부위를 떼어내어(0.6×0.6×0.2 cm) 그 착색정도를 색차계(日本電色 ND-1001 DP, 東京, 日本)로 측정하였다.

성장도 측정

성장의 결과는 체중의 증가, 사료효율, 일일성장율로서 비교하였으며, 계산 방법은 Table 3에 나타내었다. 각 실험구간의 성장차는 Duncan's New

Multiple Range(DNMR) test(Duncan, 1955)로 유의차를 검정하였다.

결 과

우렁쉥이 껍질 색소 추출물의 함량

우렁쉥이 껍질의 일반조성은 Table 2와 같다. 우렁쉥이 껍질의 색소 추출물 함량은 11,000mg/kg이었고, 이 중 카로테노이드 함량은 50mg/100g wet tissue이었으며, astaxanthin 함량은 6%였다.

성장도

성장의 결과는 Fig. 2 및 Table 3과 같이 대조구는 평균 체중 5.72g에서 8주 후에는 16.18g으로 성장하였고, pink구는 평균 체중 5.71g에서 8주 후에는 16.49g으로 대조구와 비슷한 크기로 성장하였으나, 색소 추출물구는 평균 체중 5.72g에서 8주 후에는 18.86g으로 성장하여 대조구와 pink구에 비하여 빠른 성장을 나타내었다. 사료계수는 대조구가 1.73, pink구가 1.77, 색소 추출물구가 1.63이었으며, 일일성장율은 각각 1.874, 1.911 및 2.152%로써 색소 추출물구가 다른 2개의 실험구에 비해서 유의차(P<0.05)가 있었다. 전체적인 사료 섭취량도 대조구는 453.3g, pink는 471.6g, 추출물구는 534.2g으로 다른 구에 비해서 색소 추출물구가 많이 섭취하였다. Fig. 2에서 볼 수 있는 것처럼 사육 2주까지는 모든 실험구에서 체중의 차이가 거의 없었으며, 6주 후부터는 색소 추출물구가 다른 구에 비하여 성장이 빨랐다.

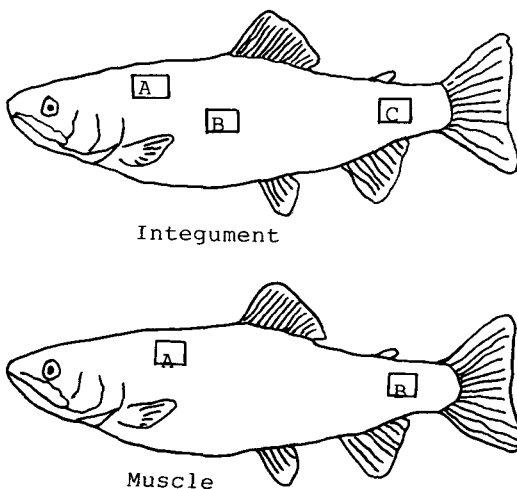


Fig. 1. The sampling position of muscles and integuments of the colorimeter.

체색 및 육색 개선효과

색차계를 이용하여 사육한 어류의 체색 및 육색을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 체색의 경우 명

1. 우렁쟁이 껍질 추출물이 무지개송어 착색 및 성장에 미치는 효과

도는 A부위에서 대조구가 27.4, pink구가 28.4, 색소 추출물구는 28.8로 나타나 명도에 따른 차이는 없었지만, 옆줄인 B와 C 부위에서는 pink구의 명도가 가장 낮았다. 적색도는 A부위의 경우 pink구가 1.0, 색소 추출물구는 0.9, 대조구는 -1.1 이었다. B, C 부위의 경우 pink구는 1.7, 1.8이었으며, 색소 추출물구는 1.2, 1.6으로 각각 나타났다. 황색도의 경우 A부위에서는 차이가 적었으나, B, C 부위에서는 pink구가 5.1, 3.4, 색소 추출물구가 4.5, 5.7로 나타났다.

육색의 경우 명도는 A부위에서 pink구가 27.6으로 가장 낮고, 대조구가 30.0으로 가장 높았다. 그러나 옆줄인 B 부위에서는 대조구가 27.1, 색소 추출물구가 35.7이었다. 적색도는 A부위의 모든 구에

서 마이너스 값을 나타내었으나, B 부위는 pink구가 2.4, 색소 추출물구가 2.0으로 각각 나타났다. 황색도는 A부위에서는 pink구가 1.1 이었으나 B 부

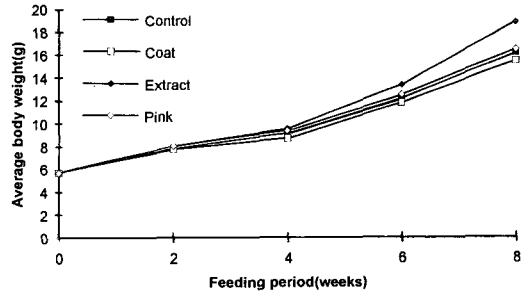


Fig. 2. Growth curves of the fish experimented.

Table 2. Proximate compositions of ascidian tunic(%)

Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Crude Ash	Carbohydrate
80.68	7.78	1.10	2.67	7.76

Table 3. Result of the rearing experiment from May 22, 1990 to July 17, 1990

Division	Stocking(g)			Yield(g)		Gain (g)	Feed intake (g)	FC <sup>1)</sup>	DGR <sup>2)</sup>
	No	Weight	Mean	Weight	Mean				
Control	25	143.0	5.72	404.4	16.18	261.4	453.3	1.73	1.874 <sup>a</sup>
Pink	25	142.8	5.71	412.2	16.49	269.4	471.6	1.77	1.911 <sup>a</sup>
Extract	25	143.1	5.72	471.4	18.86	328.3	534.2	1.63	2.152 <sup>b</sup>

1) Feed coefficient. Feed intake/(Wt-Wo), Wt=Woe<sup>gt</sup>(Stickney, 1979), Wt; weight of fish at time t, Wo; the initial weight, e; the natural logarithm, g; the growth coefficient or daily growth rate.

2) Daily growth rate(%). Values not sharing a common superscript letter are significantly different at P<0.05.

Table 4. Comparison in color of integuments and muscles of tested fish

Division	A			B			C		
	L <sup>1)</sup>	a <sup>2)</sup>	b <sup>3)</sup>	L	a	b	L	a	b
Integuments									
Control	27.4	-1.1	2.4	40.7	-0.7	3.4	34.9	0.6	6.1
Pink	28.4	1.0	2.7	28.4	1.7	5.1	30.6	1.8	3.4
Extract	28.8	0.9	2.4	36.6	1.2	4.5	34.9	1.6	5.7
Muscles									
Control	30.0	-2.2	1.7	27.1	-2.1	2.6	Eye test <sup>4)</sup>		
Pink	27.6	-0.0	1.1	31.0	2.4	8.2	C		
Extract	28.8	-0.2	2.3	35.7	2.0	5.2	B		

1) Lightness. 2) Redness. 3) Yellowness. 4) A; excellent, B; good, C; fair

위에서는 8.2로 높게 나타났다.

전 사육기간을 통하여 육안적으로 관찰한 결과에 의하면 채색은 주로 측선과 가슴지느러미 및 뒷지느러미가 붉게 채색되기 시작하였다. 이 때 대조구에 비해서 육안적으로 착색의 차이를 확인할 수 있는 기간은 1개월째 부터였다. 10인의 panel member에 의한 육안적 상대평가에서도 pink구가 가장 좋았으나, 색소 추출물구도 채색 발현정도가 비슷하였다.

이상과 같이 색소 추출물구의 적색도는 표피와 근육 모두 pink구와 거의 유사하였지만 대조구와는 뚜렷한 차이를 보였고, 육안으로도 pink구와 색소 추출물구는 거의 유사하게 나타났기에 우렁쟁이 껍질의 색소 추출물은 무지개송어의 천연 착색제로 이용할 수 있을 것으로 평가되었다.

## 고 찰

최근 어류 소비의 증가와 아울러 고급어종의 하나인 연어류의 국내수요가 급증하는 추세에 있다. 통계에 의하면 1988년도 우리나라 연어 수입량은 1,800톤(50억원 상당)으로 1987년 400톤(7억원 상당)에 비해 450%라는 놀라운 증가를 보여 주고 있다(한국수산물, 1990). 국내에 소비되는 연어류는 일부 국내 양식을 제외하고는 거의 수입에 의존하고 있는 실정이다. 자연산 연어류는 그 육색이 분홍 또는 붉은색을 띠고 있는 것이 특징이나 양식산 어류에는 이러한 색소의 공급 부족으로 육색이 퇴색되어 상품가치가 낮아지므로 인공착색을 하여 이를 개선하려고 한다. 그래서 주로 카로테노이드계 색소를 혼합투여 하고 있는데 1990년에 약

15,000kg의 색소(Carophyll pink 및 Carophyll red, 약 1,500만불 상당)가 인공합성색소의 독점 기업인 스위스 로슈사(Hoffman La-Roche)로 부터 수입되어 국내에서 소비된 것으로 추산하고 있다(허 등, 1990).

Renstrom 등(1981)은 astaxanthin원을 수산동물에서 구하는 종래의 방법과는 달리 녹조류인 *Haematococcus pluvialis*을, 그리고 Andrew and Starr (1976)는 붉은 효모인 *Phaffia rhodozyma*을 색소원으로 이용하려는 실험을 하였다. 이들의 astaxanthin 함량은 갑각류에 비해 10배나 많았으나 세포벽 용해를 위한 효소처리 조작이 복잡하고 경제성이 문제가 되어 실험이 중단 된 경우도 있다(Johnson et al., 1980). 한편, Katama등(1990)은 육상식물의 꽃(*Adonis aestivalis*)을 무지개송어의 색소원으로 탐색하였으나 이 꽃에 포함되어 있는 cardiac glycosides의 독성으로 인한 성장저하 때문에 사료에 이 꽃을 직접 첨가하여 색소원으로 하는 것은 곤란한 것으로 결론짓고 있다. 그러나 본 실험에서는 우렁쟁이 껍질 색소 추출물 투여구가 대조구에 비하여 오히려 빠른 성장을 나타내었기 때문에 우렁쟁이 껍질 추출물에는 어류의 성장을 저해하는 물질은 없는 것으로 생각된다. 최근에는 남빙양 크릴이 대량 포획되고 있고 이것이 상당량의 카로테노이드(15~77mg/kg)를 함유하고 있어 미래의 천연 색소원으로 주목받고 있다. 그러나 우렁쟁이 껍질 속에는 Table 5에 나타난 바와 같이 크릴에 비해 월등히 많은 카로테노이드를 함유하고 있기 때문에 우렁쟁이 껍질 속의 색소 이용 가능성을 더욱 높게 해준다.

성장도 측정 결과 사료계수가 1.77인 pink구에 비하여 색소 추출물구의 사료계수가 1.63으로 낮았

Table 5. Content of carotenoids in various materials

Material	Content(mg/kg)	Origins
<i>Spirulina</i> sp.	107~318	Matsuno et al., 1979
Dried <i>Haematococcus</i> sp.	27,000	Ranstrom et al., 1981
Krill(frozen krill)	15~77	Miki et al., 1983
(krill meal)	15~200	Yamaguchi et al., 1983
Shrimp( <i>Neomysis</i> sp.)	32	Allahpichay et al., 1984
Dried shrimp waste ( <i>Pandalus borealis</i> )	122	Saito and Regier, 1971
Crab( <i>Paralithodes brevipes</i> )	61	Matsuno and Maoka, 1988
Ascidian tunic	500	Present study, 1994

## 1. 우렁쉥이 껍질 추출물이 무지개송어 착색 및 성장에 미치는 효과

기 때문에 적은 양의 사료로써 더 나은 체중 증가를 가져왔으며, 일일성장율도 pink구(1.911%)에 비하여 추출물구(2.152%)가 빠른 성장을 나타낸 것으로 보아 우렁쉥이 색소 추출물은 색소발현이라는 기능외에 성장촉진효과도 있는 것으로 생각된다. 이는 연어에 카로테노이드가 함유된 사료를 급여 하였을 때 성장율이 증가되었다(Deufel, 1965; Torrissen, 1984, 1989)는 결과와도 일치한다.

전 사육기간을 통하여 추출물구가 대조구 및 pink구에 비하여 사료에 대한 섭이반응이 빠른 것을 관찰할 수가 있었다. 이는 지금까지 어류의 섭이촉진물질은 대부분 수용성 물질(Sutterlin, 1975; 竹井, 1977; 염 등, 1990)이라고 한 것과는 상반되지만, 伊奈 등(1979)은 참돔의 색에 대한 반응성을 조사한 결과 오징어 내장의 지용성 성분도 섭이자극활성을 가진다고 보고하였다. 그러므로 우렁쉥이 껍질 추출물에는 섭이자극활성물질이 존재하는 것으로 여겨지는데, 이에 관해서는 현재 연구를 진행하고 있다.

아울러, 연어류 체내에서 카로테노이드는 치어인 경우 표피에 우선 축적하지만, 성장함에 따라 주로 육에 축적되며, 그 후 성적으로 성숙되면 표피와 난으로 이동하여 난의 부화율에도 영향을 미친다(Crozier, 1970; Schiedt *et al.*, 1985; Aknes *et al.*, 1986). 또한 연어과 어류는 생리상태 및 환경변화에 따라서 카로테노이드 색소의 대사가 변하고 연령에 따라서도 달라지기 때문에(Torrissen, 1989), 상품크기의 무지개송어 체색 및 육색개선을 위해서는 담수와 해수 사육시의 차이, 성별, 최적착색기간 및 최적첨가량에 대한 자세한 검토가 이루어져야 할 것이다.

## 요 약

현재 우리나라에서 전량 폐기처분 되고 있는 우렁쉥이 껍질의 천연색소로서의 이용가능성을 검토하기 위하여 우렁쉥이 껍질 중 색소 추출물의 양을 정량하고 이를 무지개송어 사료에 첨가하여 담수에서 8주간 사육한 결과는 다음과 같다.

1. 우렁쉥이 껍질 색소 추출물은 11,000mg/kg이었다. 이 중 카로테노이드 함량은 50mg/100g wet tissue이었으며, astaxanthin은 6% 였다.

2. 색소 추출물구의 체중증가, 사료 섭이량, 사료계수 및 일일성장율은 평균 18.86g, 534.2g, 1.63 및 2.152%로 각각 나타나 다른 구에 비하여 좋았

으며, 특히 일일성장율은 유의차(P<0.05)가 있었다.

3. 추출물구의 성장은 사육 6주 후부터 다른 구에 비해 다소 빨랐다.

4. 체색의 적색도(a)의 부위별(A, B, C) 차이는 pink구가 1.0, 1.7 및 1.8, 색소 추출물구가 0.9, 1.2 및 1.6이었다. 육색의 경우도 B 부위의 경우 pink구가 2.4, 색소 추출물구가 2.0으로 나타나 우렁쉥이 껍질 색소 추출물은 인공합성색소를 대체할 수 있는 유용한 천연 착색제인 것으로 평가되었다.

## 참 고 문 헌

- Aksnes, A., B. Gjerde and S.O. Roald. 1986. Biological, chemical and organoleptic changes during maturation of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 53, 7~20.
- Allahpichay, I., C. Shimizu and M. Kono. 1984. Pigmentation of cultured red sea bream, *Chrysophrys major*, using astaxanthin from Antarctic krill, *Euphausia superba*, and a mysid, *Neomysis* sp. *Aquaculture*, 38, 45~57.
- Anderws, A.G. and M.P. Starr. 1976. (3R, 3'R)-Astaxanthin from the yeast *Phaffia rhodozyma*. *Phytochemistry*, 15, 1009~1011.
- Bauernfeind, J.C., G.B. Brubacher, H.M. Kläui and W.L. Marusich. 1971. Use of carotenoids. In "Carotenoids" (ed. by O. Isler). Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 742~770.
- Choubert, G. 1983. La canthaxanthin: Les effects sur la pigmentation de la truite arc-en-ciel, *Salmo gairdneri* Richardson. *Bull. Fr. Soc. Zool.*, 108, 267~276.
- Crozier, C.F. 1970. Tissue carotenoids in prespawning an spawning sockeye salmon(*Oncorhynchus nerka*). *J. Fish. Res. Board. Canada.*, 27, 973~975.
- Deufel, J. 1965. Pigmentierungsversuche mit canthaxanthin bei regenbogenforellen. *Arch. Fischereiwiss.*, 16, 125~132.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11, 1~42.
- Foss, P., T. Storebakken, K. Schiedt, S. Liaaen-Jensen, E. Austreng and K. Streiff. 1984. Carotenoids in diets for salmonids. I. Pigmentation of

- rainbow trout with the individual optical isomers of astaxanthin in comparison with canthaxanthin. *Aquaculture*, 41, 213~226.
- Halver, J.E. 1972. The vitamins. In "Fish nutrition" (ed. by J.E. Halver). Academic Press, London, pp. 29~103.
- Hartmann, M., F.G. Medem, R. Kuhn and J.H. Biebig. 1947. Untersuchungen über die Berfruchtungsstoffe der regenbogenforelle. *Z. Naturforsch.*, 2, 330~349.
- Johnson, E.A., T.G. Villa and M.J. Lewis. 1980. *Phaffia rhodozyma* as an astaxanthin source in salmonoid diets. *Aquaculture*, 20, 123~134.
- Katama, T., G. Neamtu, Y. Tanaka, M. Sameshima and K.L. Simpson. 1990. Utilization of *Adonis aestivalis* as a dietary pigment source for rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56, 783~788.
- Lovell, T. 1992. Dietary enhancement of color in ornamental fish. *Aquaculture magazine*, 18, 77~79.
- Matsuno, T., S. Nagata, M. Iwabashi, T. Koike and M. Okada. 1979. Intensification of color of fancy red carp with zeaxanthin and myxoxanthophyll, major carotenoid constituents of *spirulina*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 45, 627~632.
- Matsuno, T. and T. Maoka. 1988. The carotenoids of crab *Paralithodes brevipes* (Hanasakigani in Japanese). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, 1437~1442.
- MecBeth, T.W. 1972. Carotenoids from nudibranches. *Comp. Biochem. Physiol.*, 41B, 55~68.
- Miki, W., N. Toriu, Y. Kondo, M. Murakami, K. Yamaguchi, S. Konosu, M. Satake and Fujita. 1983. The stability of carotenoid pigments in the Antarctic krill, *Euphausia superba*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 49, 1417~1420.
- Mikulin, A.W. and S.G. Soin. 1975. The functional significance of carotenoids in the embryonic development of teleosts. *J. Ichthyol.*, 15, 749~759.
- Rånby, B. and J.F. Rabek. 1978. Singlet oxygen (ed. by J.F. Rabek). Wiley, Chichester, pp. 331.
- Renstrom, B., G. Borch, O.M. Skulberg and S. Liaaen-Jensen. 1981. Optical purity of (3S, 3'S)-astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. *Phytochemistry*, 20, 2561~2564.
- Saito, A. and W. Regier. 1971. Pigmentation of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) by feeding dried crustacean waste. *J. Fish. Res. Board Canada*, 28, 509~512.
- Schiedt, K., F.J. Leuenberger, M. Vecchi and E. Glinz. 1985. Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure Appl. Chem.*, 57, 685~692.
- Simpson, K.L., T. Katayama and C.O. Chichister. 1981. Carotenoids in fish feeds. In "Carotenoids as colorants and vitamin-A precursors. Technological and nutritional applications" (ed. by J.C. Bauernfeind). Academic Press, London, pp. 463~538.
- Stickney, R.R. 1979. Principle of warmwater aquaculture (ed. by R.R. Stickney). A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York, pp. 168~174.
- Storebakken, T., P. Foss, I. Huse, A. Wandsvik and T. Berg Lea. 1986. Carotenoids in diets for salmonoids. III. Utilization of cantaxanthin from dry and wet diets by Atlantic salmon, rainbow trout and sea trout. *Aquaculture*, 51, 245~255.
- Sutterlin, A.M. 1975. Chemical attraction of some marine fish in their natural habitat. *J. Fish. Res. Board Canada*, 32, 729~738.
- Torrissen, O.J. 1984. Pigmentation of salmonids. Effect of carotenoids in eggs and start-feeding diet on survival and growth rate. *Aquaculture*, 43, 185~193.
- Torrissen, O.J. 1989. Pigmentation of salmonids: Interactions of astaxanthin and canthaxanthin on pigment deposition in rainbow trout. *Aquaculture*, 79, 363~374.
- Yamaguchi, K., W. Miki, N. Toriu, Y. Murakami, S. Konosu, M. Stake and T. Fujita. 1983. The composition of carotenoid pigments in the Antarctic krill *Euphausia superba*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 49, 1411~1415.
- 伊奈和夫・領木快一・東久美. 1979. マダイ (*Chrysophrys major*) の色に對する反應性. *日水誌*, 45, 1~5.
- 中内光昭. 1977. ホヤの生物學. 東京大學出版會, 東京, pp. 6~51.

1. 우렁쟁이 껍질 추출물이 무지개송어 착색 및 성장에 미치는 효과

竹井誠. 1977. カニ類の攝餌における刺激物質と受容. 東海區水研報, 89, 75~82.

농림수산부. 1990. 농림수산통계연보, p. 229.

염발구·강석중·최영준·최병대·조창환. 1990.

어류 유인활성물질의 응용에 관한 연구-I. 현장실험을 통한 붕장어 생미끼의 유인활성 검토. 한국어업기술학회지, 26, 317~325.

한국수산회. 1990. 수산년감, p. 208.

허형택·김종만·전중균·명정구. 1990. 연어류 어육의 인공착색. 한국양식, 2, 114~122.

---

1993년 11월 20일 접수

1994년 5월 7일 수리