

# 무지개송어의 유효성분 및 기능성에 관한 연구

2012. 02.

연구기관  
부경대학교  
산학협력단

송어자조금관리위원회

# 목 차

## 제 1장 우리나라 무지개송어, 우수한 품질과 맛에 감동 .....1

1. 일반적 특성, 양식현황, 해면양식 필요성 .....	1
2. 식품학적 품질 및 기능성 성분 특성 .....	3
가. 식품학적 품질 .....	3
1) 일반성분 .....	3
2) 지방산 조성 .....	7
3) 아미노산 조성 .....	13
4) 비타민 함량 .....	19
5) 무기질 함량 .....	20
나. 유효성분 .....	22
1) 단백질 .....	24
2) DHA .....	25
3) EPA .....	26
4) 타우린 .....	26
5) 칼슘 .....	27
6) 철분 .....	28
7) 미량원소 .....	29
8) 비타민류 .....	30
9) Astaxanthin (아스타잔틴) .....	31
다. 비브리오 패혈증으로부터 안전한 무지개송어 .....	32
라. 각종 유해물질로부터 안전한 무지개송어 .....	32
마. 간디스토마로부터 안전한 무지개송어 .....	33

## **제 2장 무지개송어 양식장 위생안전관리시스템 구축 .....34**

### **1. 개요 ..... 34**

### **2. 무지개송어 양식장 위생관리시설기준 설정 ..... 35**

가. 송어 양식장 입지 및 건축물 ..... 35

나. 사육수조 및 사육동 ..... 37

다. 사료창고 및 배합실 ..... 38

라. 작업복 및 도구보관 ..... 38

마. 약품보관 ..... 38

바. 구역 구분 ..... 39

사. 부대시설 ..... 39

### **3. 무지개송어 양식장 선행요건관리기준 설정 ..... 40**

가. 사육용수의 위생안전 ..... 41

나. 양식 수산물과 직접 접촉하는 표면의 구비조건 및 청결 ..... 41

다. 교차오염의 방지 ..... 41

라. 오염물질로부터의 보호 ..... 42

마. 각종 화학물질의 적절한 표시, 보관 및 사용 ..... 42

바. 종업원의 위생관리 ..... 42

사. 해충 및 위생동물의 관리 ..... 43

## **제 3장 결론 .....45**

## **제 4장 참고문헌 .....46**

# 제 1장 우리나라 무지개송어, 우수한 품질과 맛에 감동

## 1. 일반적 특성, 양식현황, 해면양식 필요성

무지개송어(*Onchorhynchus mykiss*)는 연어목 연어과에 속하는 냉수성 고급 어종으로 북미의 멕시코 북부에서부터 알류산열도에 이르는 동부 태평양 연안과, 캄차카 반도 남부에서부터 시베리아 아무르 강에 이르는 서태평양 연안이 주요 서식지이다(Behnke, 1992). 무지개송어의 성장은 먹이의 양, 질, 서식환경에 영향을 받는데, 적정 성장 수온은 10 내지 20℃이며 수온이 24℃ 이상 또는 5℃ 이하로 내려가면 생존하지 못한다. 수명은 6 내지 8년이지만 보통은 1년이 지나면 18 cm 정도로 성장하고, 약 800 g 내지 1 kg이 되면 식용으로 사용하게 된다.

현재 양식되고 있는 무지개송어의 기원을 보면 1870~1873년에 샌프란시스코만 지역에서 수집된 연안 계통으로부터라고 추정되고 있다. 샌프란시스코만 지역에서의 무지개송어는 세계 각처로 퍼져나갔는데, 1877년 일본에서는 미국의 무지개송어 알로 무지개송어 양식을 시작하였으며, 1883년에는 뉴질랜드, 1885년에는 영국에서 무지개송어양식이 시작되었다(Needham and Behnke, 1962; Behnke, 1992).

우리나라에서는 1965년에 소득증대와 식량 증산에 기여하고자 무지개송어 양식에 착수하게 되었으며, 미국인 Henry chlishinet씨로부터 무지개송어란(Kamloop Rainbow trout) 1만개를 기증받은 것이 우리나라의 무지개송어 양식의 계기가 되었다. 무지개송어 도입 당시 사료로 소, 돼지의 간을 주는 매우 빈약한 상황이었으나, 1970년대 중반이후 국민경제의 활성화로 무지개송어 소비가 점차 증가하면서 인공사료개발의 필요성이 대두되었고, 이에 따라 1983년에는 인공사료를 국내에서도 최초로 개발되어 무지개송어양식 시설면적과 생산량이 급격히 증가하였으며(한국송어양식협회, 2005), 이런 양상은 1970년에 무지개송어 양식생산량이 3톤이던 것이 1980년 9톤, 1990년 1,529톤까지 생산량이 급증한 자료에서 볼 수 있다(Choi, 2010).

무지개송어는 대부분 내륙지방을 중심으로 생산되고 있으며, 2005년

3,320톤으로 높은 생산량을 보였으나 2005년 말라카이트그린 파동 이후 생산량이 2006년에는 1,878톤으로 급감하였다가 이후 서서히 증가하여 매년 3000톤 내외의 비슷한 수준으로 생산되고 있다(표 1, 2). 우리나라 무지개송어 소비 성향은 시대의 변화에 따라 바뀌면서 기존의 횡감 및 매운탕 위주에서 훈제품 공장설립 등 가공품에 의한 소비로 전환되는 추세에 있다(Baik et al., 2007). 이에 따라 무지개송어는 대형어 (2 kg 이상)로의 사육이 대두되고 있으나, 육상양어장에 대한 제한된 환경여건으로 인해 대형어 생산이 어려워지면서 해면에서의 사육으로 확대할 필요성이 요구되어지고 있다. 최근, 우리나라에서는 무지개송어의 해면사육을 통한 대형어 생산을 시도하고 있으나, 염분변화에 의한 어류의 생리학적 이온과 수분 불균형, 성장지연 및 폐사가 초래됨으로서 높은 생산성을 유지하지 못하고 있는 실정이다(Tsuzuki et al., 2001; Partridge and Jenkins, 2002). 어류는 환경수의 염분변화에 적응하기 위하여 항상성 (homeostasis) 유지를 위한 삼투압 조절 (osmo regulation) 기구를 가지고 있으며(Morgan and Iwama, 1991; Jarvis and Ballantyne, 2003), 경골어류의 삼투압 조절은 주로 아가미, 소화관 및 신장에서 이뤄진다(Maina 1990). 삼투압 조절에 관여하는 대표적인 호르몬은 뇌하수체에서 분비되는 프로락틴 (prolactin, PRL)과 성장호르몬 (growth hormone, GH)으로서 두 호르몬은 서로 유사한 펩타이드의 이황화결합 구조를 포함하고 있다(Kawauchi and Sower, 2006). 경골어류의 PRL 은 환경수의 담수조건에서, GH는 해수조건에서 높게 발현되어 이질적인 발현패턴으로 삼투조절에 관여한다. 두 호르몬은 유사한 펩타이드 구조를 근거로 공통의 선조 유전자로부터 분화되었지만 (Kawauchi and Sower, 2006), 기능적인 측면에서는 독자적인 진화의 과정을 거쳐 왔다고 추정되고 있다(Madsen and Bern, 1992; Manzon, 2002). 도미 (*Sparus auratus*), 감성돔 (*Acanthopagrus schlegelii*)과 같은 광염성 경골어류의 뇌하수체 PRL mRNA는 담수 환경조건에서 높게 발현되어지며, GH mRNA는 이와 대조적으로 낮은 발현 양상을 나타낸다(Laiz-Carrion et al., 2009; Tomy et al., 2009). 해수로부터 담수로 순치 할 경우, 틸라피아 (*Oreochromis mossambicus*)의 혈장내 PRL 농도는 높아지고, 삼투압은 저하되며, 역으로 담수에서 해수로 순치 시, 혈장 내 GH와 삼투압은 높아진다고 보고된 바 있다 (Seale et al., 2002). In vitro 실험에서도 저삼

투압배지에서 배양된 뇌하수체 세포에서 증가된 PRL의 분비와 고삼투압 배지 조건에서 GH의 분비가 증가되는 경향이 radioimmunoassay (RIA) 방법으로 증명되었다 (Seale et al., 2002). GH 뿐만 아니라 그것의 조절인자인 인슐린양성장인자 (insulin-like growth factor 1, IGF-1) 또한 광염성 어류 틸라피아(*O. mossambicus*) (Fruchtman et al., 2000)와 송사리 (*Fundulusheteroclitus*) (Mancera and McCormick, 1998) 그리고 무지개송어 (McCormick et al., 1991)의 해수 적응을 조절하는데 관여한다는 보고가 있다. 일부 연구에서는 무지개송어의 점진적 혹은 급진적 해수순치에 따른 생존율의 비교와 삼투압 조절 호르몬 PRL과 GHmRNA 발현 변화를 분자 수준에서 밝혔으며, GH 유전자 발현 변화와 개체의 성장에 따른 연관성을 조사하였다.

따라서 본 연구에서는 앞선 연구에서 무지개송어의 염분변화에 따른 항상성 유지에 필요한 생리적 조절 기구와는 달리 담수와 해수에서 사육한 무지개송어의 식품학적 품질평가를 통하여 향후 산업현장에서 필요한 해수사육에 관한 기초자료로 활용코자 하였다. 또한 우리나라 무지개송어의 우수한 품질과 맛, 그리고 유용성분을 규명하고자 하였다.

## 2. 식품학적 품질 및 기능성 성분 특성

### 가. 식품학적 품질

#### 1) 일반성분

일반성분이란 수산물 또는 식품을 구성하고 있는 물질을 수분, 당, 단백질, 지방으로 구분한 것을 말한다. 일반적으로 축육은 부위에 따라서 상당히 다른데 반하여, 어패육의 성분은 부위는 물론이고, 계절, 사료생물, 어획장소, 연령 등의 영향을 받으며 변동이 크다. 즉 어패육의 주요 영양성분, 즉 일반성분의 조성은 계절별, 성장 단계별에 따라서 다른 값을 나타낸다는 것을 의미한다. 특히 어육에서는 수분을 제외한 나머지의 주성분은 단백질이며, 그 함량을 가식부의 습중량당 약 20%로 축육에 미치지 못하고, 당을 주성분으로 하는 곡류, 두류, 고구마류 보다 훨씬 적는데, 이것은 축육 및 어육의 공통적인 현상이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 현재까지 알려져 있는

무지개송어의 영양성분과 담수 및 해수에서 사육한 무지개송어의 식품학적 품질 특성을 조사하였다. 무지개송어의 육색 자체가 소비자의 선호도를 충족 시키기에는 미흡하여 대안으로 carotenoid계 색소를 첨가하여 붉은 색을 띠게 함으로써 연어류와 같은 육색 및 체색을 얻고자 하는 연구가 수행되었다. 특히 어류는 carotenoid계 색소를 생합성 할 수 없으므로 사료를 이용한 섭취방법이 이용되었다. 특히 600여종 이상의 carotenoid계 색소 중 어류의 체색 개선에는 astaxanthin과 canthaxanthin이 효과적이며, 이 중에서 astaxanthin이 더욱더 무지개송어육을 착색시키는데 효과적이라고 연구보고하고 있다(Ellis, 1979; Henmi et al., 1989). 최 등이 astaxanthin이 함유된 사료와 일반사료를 급여시킨 무지개송어 육에서 일반성분 및 생리활성 성분들의 차이점에 대해 비교 연구한 결과, 무첨가 사료로 사육한 송어육의 조지방 및 조단백질 함량이 astaxanthin이 함유된 사료로 사육한 송어육에 비하여 높았으며, 이는 사료로 섭취시킨 미량의 지질성분인 astaxanthin에 의한 것이었다. 은연어와 무지개송어의 일반성분을 비교한 연구에서는 무지개송어의 조지방 함량이 10.2%로, 은연어에 비하여 매우 높았으나 조단백질 함량은 은연어와 무지개송어가 비슷한 함량이었다. 성숙기에 따른 무지개송어의 일반성분 함량은 성장에 따라 조지방 함량이 가장 큰 변화를 나타내었으며, 치어인 무지개송어 육에서는 3.54%이었으나 성어는 9.59%로 증가하였다(표 5). 서식지별에 따른 식품학적 품질 특성을 살펴보면, 담수 및 해수에서 양식된 송어의 일반성분 함량은 수분함량이 72.40~73.12%, 조지방 함량은 6.39~7.28%, 조단백질 함량은 19.32~19.78%, 회분함량은 1.17~1.28%이었다. 그러나 서식지별에 따른 일반성분 함량의 유의적인 차이는 없었다(표 6). 자연산, 양식산 그리고 수입산 송어의 일반성분을 비교한 결과, 자연산 송어의 조지방 함량은 0.7%로 양식산과 수입산에 비하여 매우 낮은 함량이었다(표 7).

이상의 결과로 살펴볼 때, 우리나라 양식산 송어의 평균 일반성분 함량은 채취시기 등에 영향을 받고 있으나, 수분함량은 평균 69~77%내외이며, 조지방 함량은 평균 3.01~10.2% 내외, 조단백질 함량은 18.5~20.8%내외이며, 회분함량은 1.5% 내외이었다. 또한 양식산 송어 100g당 평균 열량은 134~144 kcal 이다.

표 1. 연도별 양식 송어 생산량 (M/T)

연도	송어 생산량
2005년	3,320
2006년	1,878
2007년	2,882
2008년	2,811
2009년	2,737
2010년	2,652

자료출처: 농림수산식품부. 2011. 「농림수산식품통계」

표 2. 지역별 양식 송어 생산량 (2010년, M/T)

지역	생산량
대전	12
경기	116
강원	1528
충북	383
충남	55
전북	45
전남	4
경북	489
경남	20
합계	2,652

자료출처: 농림수산식품부. 2011. 「농림수산식품통계」

표 3. Astaxanthin 첨가 및 일반사료를 섭취시킨 송어의 일반성분 비교

	수분(%)	조지방(%)	조단백질(%)	회분(%)
무첨가 사료	77.70±0.45	3.01±0.69	18.50±0.33	1.54±0.08
astaxanthin 첨가사료	73.29±0.43	7.52±1.37	20.49±0.58	1.35±0.23

[자료출처: 최치송, 엄성환, 이명숙, 김영목. 2010. 송어 (*Oncorhynchus mykiss*)의 영양성분에 대한 astaxanthin 첨가사료의 영향, 한국수산과학회 43, 109-116.]

표 4. 은연어와 송어의 일반성분 비교

	수분(%)	조지방(%)	조단백질(%)	회분(%)
은연어	72.5	5.4	22.6	1.4
송어	69.3	10.2	20.8	1.2

[자료출처: 김경삼, 최영준. 1993. 은연어와 송어의 식품성분. 한국식품영양학회 6, 73-80.]

표 5. 송어의 성숙에 따른 일반성분 비교

	수분(%)	조지방(%)	조단백질(%)	회분(%)
치어(Juvenile)	77.40	3.54	20.30	1.41
성어(Adult)	69.02	9.59	19.40	1.26

[자료출처: 박성연, 김해리. 1996. 송어의 성숙에 따른 식품성분 및 지질과산화물의 변화. 한국수산과학회 25, 928-931.]

표 6. 서식지에 따른 송어의 일반성분 비교

	수분(%)	조지방(%)	조단백질(%)	회분(%)
담수 양식	72.40±0.62	7.28±1.51	19.78±0.22	1.17±0.20
해수 양식	73.12±1.62	6.39±1.15	19.32±0.55	1.28±0.08

표 7. 자연산, 양식산 그리고 수입산 무지개송어의 일반성분 비교

	수분(%)	조지방(%)	조단백질(%)	회분(%)
자연산	76.0	0.7	19.4	1.4
양식산	68.6	4.5	21.8	1.7
수입산	70.0	4.8	17.7	1.4

## 2) 지방산 조성

어류 조직의 지질 중에서 가장 일반적인 지질은 triacylglycerol, 인지질 (phospholipid), diacylglycerylether, wax ester, 고급알콜 등이며, 미량의 지질성분으로서는 cholesterol, astaxanthin 등의 carotenoid, tocopherol 등의 지용성 비타민류이다. 지질의 함량은 어종, 조직, 계절, 서식수온 등의 차이에 따라서 크게 다르며, 일반적으로 보통육의 지질함량은 정어리, 꽂치 등의 붉은살 어류에 높고, 대구 및 넙치 등의 흰살 어류에는 낮다. 등육은 복부육보다, 보통육은 혈합육보다, 천연어는 양식어보다 지질함량이 낮다. 이러한 지질은 지방산으로 구성되어 있는데, 일반적인 어육의 지질을 구성하는 지방산 (fatty acid)은 탄소수가 24까지, 2중 결합수는 6까지로, 육상동물보다 종류가 대단히 많다. 특히 탄소수가 20개로 2중 결합수가 5개인 EPA (ecosapentaenoic acid)와 탄소수가 22개로 2중 결합수가 6개인 DHA (docosahexaenoic acid) 등의 고도불포화 지방산의 조성비가 높은 것이 특징이며, 고도불포화지방산은 공기 중에 쉽게 산화되며, 활어상태로 섭취하는 것이 구이나 튀김 등에 의한 조리상태 보다 이들 지방산의 파괴가 적게 일어난다.

따라서 무지개송어 육에서 추출한 지질의 지방산 조성은 포화지방산에서는 Palmitic acid (16:0)가 주요 성분이었으며, 모노엔산에서는 Palmitoleic acid (16:1)와 Oleic acid (18:1), 그리고 폴리엔산에서는 Eicosapentaenoic acid (20:5), Docosahexaenoic acid (22:6)의 조성비가 가장 높게 나타났다. 정등(1999)이 12종 어류에 대한 지방산 조성을 조사한 결과, 모든 어종에서 불포화지방산의 조성비가 가장 높았다는 보고와 마찬가지로 무지개송어에서도 불포화지방산의 조성비가 가장 높았다. 특히 DHA 및 EPA 조성비가 16.6~26.5%로 매우 높았는데, EPA와 DHA가 최근 암 억제 작용으로 많이 알려져 있다. 암이 일정 크기 이상으로 증식하기 위해서는 산소나 영양소의 보급을 받기 위한 혈관 생성이 필요한데, EPA는 이러한 혈관생성을 억제하고, 암세포의 조직 활성화에 관여하는 성분을 감소시켜 암 전이를 억제한다. 또한 프로스타글란딘이 체내에서 많이 작용하면 대장암이 되기 쉬운데, 프로스타글란딘의 활성을 저해하는 DHA는 대장암 억제에도 효과적이다. 이외에 활성산소는 세포에 공격성이 매우 강한 산소로 체내에서 과도하게 생성되면 세포

의 유전자를 손상시켜 세포의 암화를 촉진하는 위험인자가 되는 것을 DHA가 억제한다. 이외에 신경계의 발달, 학습 기능 향상 등 다양한 약리 작용을 하는 것으로 밝혀져 있으며, 노인성 치매 완화효과도 뛰어나다.

그리고 알킬사슬구조 중에 가장 끝에 있는 메틸기로부터 시작하여 탄소원자번호를 매길때 최초 이중결합을 나타낸 것을 오메가 지방산 이라고 하며, 이는 신경세포막과 망막에 분포하여 세포막에서 전기적인 자극을 빠른 속도로 다음 세포에 전달하는 역할을 한다. 인체 안에서 세포를 보호하고 세포의 구조를 유지시키며, 원활한 신진대사를 돕는다. 또한 혈액의 피막형성을 억제하고 뼈의 형성을 촉진시키는 동시에 강화하는 효과가 있다. 하루 권장량은 0.6 ~ 1.0g 이며, 특히 신생아와 청소년의 경우에는 정상적인 조직발달을 돕기 위해 더 많은 양이 필요하다. 결핍되면 우울증, 정신분열증, 주의력결핍과잉행동장애, 시력저하, 심장질병 등이 발생할 수 있으며 스트레스를 가중시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

또한 n-3 고도불포화지방산 조성비는 담수 및 해수 서식지에 따른 무지개송어가 각각 18.84%와 22.28%로 유의적인 차이가 없었으며, n-6 고도불포화지방산 조성비는 각각 18.08%과 16.27%로 담수에서 양식된 무지개송어가 다소 높은 조성비를 나타내었다. n-3/n-6 비율은 관상동맥 질환위험 감소에 매우 중요한 역할을 하게 되며, 일반적으로 어류의 지질에서 높게 나타난다. Hearn et al. (1987)에 의하여 양식산 어류는 약 2.2로 알려져 있으며, 연령별에 따른 양식 중국산 부세는 약 6.1~6.3으로 알려져 있으며, 국내 자연산과 양식산 주요 횡감용 활어에 대한 연구에서는 약 1.3~15.2로 알려져 있다 (Tang et al., 2008, 2009; Kim, 2007). 본 연구에서는 담수 및 해수에서 서식된 무지개송어가 각각 1.04 및 1.37이었다. 오메가-3 지방산과 불포화지방산인 DHA 및 EPA의 지방산 조성비는 사료에 따른 차이 등이 유의적인 차이가 없었다.

한편 정선선평양어장에서 양식된 무지개송어의 지방산조성 (Park and Kim, 1996)은 포화지방 30.77%, 모노엔 40.41%, 폴리엔 23.45%로 착색된 무지개송어와 다른 양상을 보였는데 이는 사료의 지방산조성의 차이에 따른 영향일 것으로 사료된다. 또한 서식지별 무지개송어의 지방산 조성은 포화지방 26.61~29.4%, 모노엔 34.47~30.01%, 폴리엔 38.92~40.57%이었으며, 서식

지에 따른 지방산 조성비의 차이는 없었다. 또한 이러한 결과는 기타 연구결과와 유사하였으며, 건강기능성 지방산으로 인기가 있는 DHA (22:6n-3)와 EPA (20:5n-3)에 의한 기능성도 기대할 수 있다.

표 8. Astaxanthin 첨가 및 일반사료를 섭취시킨 무지개송어의 지방산 조성비 비교

지방산	일반 사료		Astaxanthin 첨가사료	
	% in total fatty acids	mg/g lipid	% in total fatty acids	mg/g lipid
C4:0	0.1	0.004	0.0	0.000
C12:0	0.1	0.004	0.1	0.010
C14:0	4.9	0.185	3.8	0.374
C15:0	0.5	0.019	0.3	0.029
C16:0	19.7	0.746	19.7	1.937
C17:0	0.5	0.019	0.4	0.039
C18:0	5.0	0.189	5.6	0.551
C20:0	0.3	0.011	0.3	0.029
C24:0	0.0	0.000	0.1	0.010
Saturates	31.1	-	30.3	-
C16:1	6.2	0.235	5.9	0.580
C17:1	0.2	0.008	0.4	0.039
C18:1	19.4	0.734	25.3	2.488
C20:1,n-9	1.6	0.061	0.0	0.000
C22:1,n-9	0.2	0.008	0.2	0.020
C24:1	0.5	0.019	0.3	0.029
Monoenes	28.1	-	32.1	-
C18:2	11.4	0.431	18.1	1.780
C18:3	0.0	0.000	0.2	0.020
C20:2	1.1	0.042	1.3	0.128
C20:3,n-6	0.6	0.023	0.5	0.049
C20:4,n-6	1.1	0.042	0.8	0.079
C20:5,n-3	6.8	0.257	4.5	0.442
C22:2	0.1	0.004	0.1	0.010
C22:6,n-3	19.7	0.746	12.1	1.190
Polyenes	40.8	-	37.6	-

표 9. 은연어와 무지개송어의 지방산 조성비 비교

지방산	은연어	무지개송어
C12:0	0.21	0.26
C14:0	0.08	-
C16:0	19.49	18.69
C18:0	3.17	4.70
C20:0	0.64	1.15
C22:0	0.87	0.77
Saturates	24.73	26.40
C14:1	4.22	3.52
C16:1	11.65	9.74
C17:1	0.32	0.98
C18:1	27.60	28.40
Monoenes	43.79	42.64
C18:2	1.79	2.63
C18:3	3.27	4.28
C20:4	2.73	2.34
C20:5	5.20	4.50
C22:4	0.65	0.30
C22:5	2.57	1.94
C22:6	15.28	14.97
Polyenes	31.49	30.96

표 10. 무지개송어의 성숙에 따른 지방산 조성비 비교

지방산	치어	성어
C14:0	2.9077	2.9115
C16:0	21.5851	21.7445
C16:1	6.0811	6.7524
C16:4	0.4803	0.5110
C18:0	5.6919	6.1188
C18:1	29.6105	31.4178
18:2	14.4089	12.4341
18:3	1.9819	1.8861
18:4	0.6862	0.8941
20:1	2.1213	2.2479
20:4	0.8733	1.0250
20:5	1.5900	1.5065
22:6	5.0681	5.1892
C18:3	3.27	4.28
C20:4	2.73	2.34
C20:5	5.20	4.50
C22:4	0.65	0.30
C22:5	2.57	1.94
C22:6	15.28	14.97
Polyenes	31.49	30.96

표 11. 무지개송어의 서식지에 따른 지방산 조성비 비교

지방산	답수	해수
12:00	0.08	0.27
13:00	-	0.06
14:00	3	2.75
15:00	0.37	1.61
16:00	17.91	17.57
17:00	0.74	1.88
18:00	4.23	4.94
20:00	0.17	0.18
22:00	0.11	0.14
ΣSaturates	26.61	29.4
14:1n-5	0.05	0.1
15:1n-5	-	0.13
16:1	6.35	9
18-1	24.37	18.31
20-1	2.55	1.75
22-1	0.93	0.33
ΣMonoenes	34.47	30.01
16:2	0.06	0.64
16:4	0.38	0.1
18:2	15.99	11.22
18:3	2.28	3.71
18:4	0.98	0.55
20:2	0.48	1.2
20:3	1.19	3.13
20:4	0.58	0.62
20:5	3.35	4.19
21:5	0.28	0.07
22:2	0.08	0.1
22:4	0.09	0.26
22:5	1.66	2.08
22:6	11.09	12.06
ΣPolyenes	38.92	40.57
n-3	18.84	22.28
n-6	18.08	16.27
n-3/n-6	1.04	1.37
UFA/SFA	2.76	2.4
MUFA/SFA	1.3	1.02
PUFA/SFA	1.46	1.38
Total	100	100

### 3) 아미노산 조성

우리가 먹는 음식들 가운데 생선만큼 다양하고 변화무쌍한 맛을 가진 것은 없을 것이다. 생선의 맛은 생선의 종류, 서식지의 염도, 주된 먹이, 물고기를 잡고 다루는 방식에 따라 달라진다. 특히 어패류의 맛과도 밀접하게 관계하는 것을 엑스분이라 한다. 단백질 구성아미노산, 저분자 펩타이드, 핵산관련물질 등의 질소화합물 및 저분자 탄수화물을 통틀어 엑스성분이라고 한다. 엑스성분 질소량(비단백태질소량)은 일반적으로 적색육 어류가 500~800 mg%, 연체동물 및 갑각류는 700~900 mg% 정도이다. 함유량은 갑각류, 연체류 및 어류 순으로 적으며, 연골어가 경골어보다 많고, 고등어, 가다랭이 등 회유성 어류가 가자미, 넙치 등의 저서어보다 많은 것으로 보아, 삼투압 조절에 관계하고 있는 것으로 추정하고 있다. 함질소성분은 유리아미노산, oligopeptide, 핵산관련화합물, 유기염기 등과 무질소성분의 유기산 및 당으로 대별된다. 단백질 구성아미노산의 대부분과 taurine이 검출되었으며, 시료에 따라서는  $\beta$ -alanine이 꽤 검출되었다. 유리아미노산 조성은 동물종에 따라서 현저히 다르며, 특정의 아미노산에 치우쳐서 분포하는 종류도 있다. 어육은 새우, 게, 패류 등의 무척추동물의 근육보다 유리아미노산량이 상당히 적지만, 가다랑어, 참치, 전갱이 등의 붉은살 어육에는 histidine이, 참돔, 넙치, 복어 등의 흰살 어육에는 taurine이 많다.

그리고 일반적으로 해산물은 육류나 민물고기에 비해 맛이 풍부한데, 그것은 바다 생물들이 바닷물 염도의 균형을 잡기 위해 아미노산을 축적하기 때문이라고 한다. 바닷물고기의 살은 일반적으로 소고기나 무지개송어와 거의 같은 비율의 염분을 함유하고 있다. 그러나 유리아미노산 함량이 3~10배에 이르며, 특히 단맛이 나는 글리신과 감칠맛이 나는 글루탐산염이 많다. 무지개송어의 구성아미노산은 tryptophan 을 제외한 17개의 구성아미노산이 분석되었으며, 가장 높은 함량을 나타낸 것은 glutamic acid로 나타났으며, 분석된 시료에서 대부분 aspartic acid, glutamic acid, leucine, lysine 의 함량이 많았으며, cystine, histidine, methionine, tyrosine, phenylalanine 등의 함량이 대체로 적었다. 그 외의 구성아미노산 함량은 거의 비슷하였다(표 13, 15, 16).

무지개송어육의 유리아미노산 조성은 모두 24 종류의 성분이 검출되었

으며 총량은 착색육이 11,202mg으로 비착색육 9,333mg에 비해 20%이상 증가하였다. 비착색육의 경우 anserine, glycine, histidine, taurine, hydroxyproline 등의 순으로 착색된 무지개송어의 경우 anserine, histidine, glycine, alanine, taurine 등의 순으로 각각 많이 함유되어 있었다. 그중에서도 착색육이 비착색육에 비해 특히 anserine의 함량이 월등히 높았다. Lukton and Olcott (1958)에 의하며 연어류의 근육에서 anserine이 풍부한 것은 이미 보고된 바 있으며 본연구의 결과에서도 anserine의 함량이 높게 나타났다. Anserine은 Suyama et al. (1970)에 의하면 수산동물에서 연어 외에도 다랑어류, 상어류, 고래류에도 많이 분포하는 것으로 알려져 있으며 Davey (1960)에 따르면 육상동물 중에는 쥐, 토끼, 닭에 많이 함유되어 있다고 보고되어져 있다(표 12, 14).

표 12. Astaxanthin 첨가 및 일반사료를 섭취시킨 무지개송어의 유리아미노산 함량(mg/100g)

유리아미노산	일반사료		Astaxanthine 첨가 사료	
	mg/100g	%	mg/100g	%
Phosphoserine	0.05	0.05%	0.04	0.04%
Taurine	7.12	7.63%	3.77	3.37%
Phosphoethanolamine	0.07	0.07%	0.06	0.06%
Aspartic acid	0.41	0.44%	0.24	0.21%
Hydroxyproline	1.60	1.71%	0.41	0.37%
Threonine	0.81	0.87%	0.69	0.61%
Proline	0.64	0.69%	0.32	0.28%
Glycine	17.37	18.61%	5.18	4.62%
Alanine	0.00	0.00%	4.08	3.64%
Citrulline	0.00	0.00%	0.07	0.06%
$\alpha$ -Aminoisobutyric acid	0.11	0.12%	0.12	0.11%
Valine	0.04	0.05%	1.01	0.90%
Cysteine	0.00	0.00%	0.22	0.20%
Methionine	0.38	0.41%	0.28	0.25%
Cystathionine	0.24	0.26%	0.28	0.25%
Isoleucine	0.37	0.40%	0.43	0.38%
Leucine	0.96	1.02%	1.04	0.93%
Tyrosine	0.72	0.77%	0.76	0.68%
$\beta$ -Alanine	1.01	1.08%	0.53	0.47%
Phenylalanin	1.02	1.10%	0.94	0.84%
$\gamma$ -Aminoisobutyric acid	0.03	0.03%	0.00	0.00%
Ornithine	0.08	0.08%	0.09	0.08%
1-Methylhistidine	1.51	1.61%	0.00	0.00%
Histidine	15.56	16.67%	10.82	9.66%
Anserine	42.73	45.78%	80.12	71.52%
Arginine	0.51	0.55%	0.53	0.47%
Total	93.33	100.00%	112.02	100.00%

표 13. 은연어와 무지개송어의 총아미노산 함량 (Unit: g-A.A/16g-N)

아미노산	은연어	무지개송어
필수아미노산		
Thr	4.24	4.95
Ser	2.78	3.90
Val	7.45	6.73
He	5.38	5.40
Leu	8.18	8.20
Lys	8.67	8.15
Met	2.82	3.10
Phe	4.58	4.95
Trp	1.07	1.09
비필수아미노산		
1/2Cys	0.88	0.95
Try	3.07	3.80
Asp	7.11	5.40
Glu	18.31	17.25
Gly	4.58	4.70
Ala	6.28	6.40
His	2.53	2.70
Arg	8.72	6.90
Pro	2.63	2.55
Hypro	0.19	0.25
합계	99.47	97.37
Protein of sample	94.00	93.25

표 14. 은연어와 무지개송어의 유리 아미노산 함량(mg-A.A/100g-wet muscle)

유리아미노산	은연어	무지개송어
Phosphoserine	0.51	0.61
Taurine	29.89	39.81
Asp	0.19	2.05
Thr	2.92	6.62
Ser	2.31	6.73
Glu	11.76	20.53
Gly	12.68	23.79
Ala	17.28	38.89
$\alpha$ -Amino butyric acid	0.13	0.27
Val	2.47	9.12
Cys	-	0.14
Met	0.20	2.20
He	1.28	7.10
Leu	1.96	9.49
Cysthatione	-	0.14
Tyr	1.68	4.68
Phe	1.19	3.67
$\beta$ -amino butyric acid	18.95	17.51
Ethaolamine	3.37	5.32
Ammonia	1.77	6.44
Hydroxylysine	0.65	0.64
Ornithine	0.73	1.00
Lys	2.24	21.50
1-methylnistidine	34.55	32.24
His	19.38	19.58
Anserine	276.35	262.59
Carnosine	1.09	-
Arg	0.51	-
Pro	-	1.25
Hydroxyproline	1.09	0.81
합계	447.13	544.76

표 15. 성숙기에 따른 무지개송어의 총아미노산 함량(g-A.A/16g-N)

아미노산	치어	성어
필수아미노산		
Thr	2.94	2.70
Ser	2.63	2.36
Val	3.35	2.94
He	2.20	1.95
Leu	3.92	3.49
Lys	10.50	9.51
Met	1.81	1.63
Phe	1.66	1.59
비필수아미노산		
Try	1.63	1.49
Aso	10.73	8.96
Glu	16.30	11.76
Gly	2.78	2.43
Ala	3.64	3.24
His	4.70	3.60
Arg	4.32	3.95
Pro	1.93	1.68

표 16. 무지개송어의 구성아미노산 함량(g/100g)

아미노산	함량
Aspartic acid (Asp)	2.0
Threonine (Thr)	1.0
Serine (Ser)	0.8
Glutamic acid (Glu)	3.1
Proline (Pro)	0.8
Glycine (Gly)	0.9
Alanine (Ala)	1.4
Valine (Val)	1.0
Methionine (Met)	0.6
Isoleucine (Ile)	0.9
Leucine (Leu)	1.7
Tyrosine (Tyr)	0.7
Phenylalanine (Phe)	1.1
Lysine (Lys)	1.7
Histidine (His)	0.8
Arginine (Arg)	1.3
Tryptophane (Trp)	0.2

#### 4) 비타민 함량

비타민은 유기물로서 필수 영양소이며, 적은 양으로 성장을 촉진하고, 건강한 삶을 유지시키며, 생식 능력을 촉진시키는 작용을 한다. 특히, 탄수화물, 지방, 단백질처럼 에너지를 생성하지는 않지만, 식품으로부터 에너지가 생성될 때 필요한 효소의 작용을 도와주는 역할을 한다.

비타민은 크게 수용성과 지용성의 2가지로 나뉘며, 수용성 비타민으로는 비타민 B와 C가 있고, 지용성 비타민으로는 비타민 A, D, E, K가 있다.

수용성 비타민 중 비타민 B1 (Vitamin B1; Thiamin; 티아민)은 에너지 대사에 관여하는 조효소인 티아민 피로 인산염(Thiamin pyrophosphate)의 구성요소이며, 식욕과 신경기능이 정상적으로 유지되도록 하며, 비타민 B2 (Vitamin B2; Riboflavin; 리보플라빈)은 에너지 대사와 관련된 많은 조효소의 구성이며, 정상적인 시력과 피부 건강에 중요한 작용을 한다. 비타민 B3 (Vitamin B3; Niacin; 나이아신)은 에너지 대사와 관련된 조효소들의 구성성분이며, 피부와 신경계와 소화계를 건강하게 유지시키며, 아미노산인 트립토판의(tryptophan) 전구체로 작용을 하며, 비타민 B3의 한 형태인 니코틴아마이드(nicotinamide)는 고콜레스테롤 치료에 큰 효과가 있어 치료용으로 이용되고 있다. 비타민 B6 (Vitamin B6; Pyridoxine; 피리독신)은 아미노산 및 지방의 대사에 이용되는 여러 조효소의 구성 성분이며 아미노산인 트립토판(tryptophan)을 나이아신(Niacin)으로 전환시키며, 적혈구 세포의 생산에 작용을 한다. 비타민 B12 (Cyanocobalamin; 사이아노코발라민)은 새로운 세포의 합성에 관여하는 조효소의 구성 성분으로 신경세포 유지를 돕고, 지방산과 아미노산의 분해에 작용하며, 오직 동물성 식품에만 존재하기 때문에 채식주의자들에게는 반드시 필요한 성분이다. 또한 비타민 C (Vitamin C; Ascorbic acid; 아스코르브산)는 콜라겐(collagen) 합성과 상처 난 조직의 회복을 도와주며, 뼈의 성장을 위한 주형(matrix)을 제공하고, 아미노산 대사 및 면역저항에서 항산화제로 작용하며 철의 흡수 등에 영향을 준다. 엽산(Folic acid; Folate)은 비타민 B복합체에 속하며, 화학반응 시 조효소로 작용한다. 또한 신경관 결함과 선천적 장애를 예방하는 식이 인자로 여겨지고 있으며, 최근에는 심혈관계 기능을 유지시킬 수 있는 성분으로 보고되고 있다.

지용성 비타민인 비타민 A (Vitamin A)는 망막, 상피세포, 점막, 피부, 치

아, 뼈의 성장을 돕고 면역계를 유지하며 생식능력을 유지시키는 역할을 하며, 비타민 E (Vitamin E; tocopherol; 토코페롤)는 체내에서 세포막을 안정화시키는 항산화제로 작용한다. 또한 산화 반응을 조절하고, 자유 라디칼(free radicals)의 공격으로부터 다중 불포화 지방산과 비타민 A를 보호하는 작용을 한다.

이와 같이 식품으로부터 에너지가 생성될 때 필요한 효소의 작용에 보조 역할을 하는 무지개송어의 수용성 및 지용성 비타민 함량은 다음과 같다. Astaxanthin 첨가 및 일반사료를 섭취시킨 무지개송어의 비타민 E는  $89.67 \pm 0.14$ , 비타민 B1, B2, B6의 함량은 각각 0.07~1.73, 0.37~0.45, 불검출~0.16이었다. 또한 일반적인 무지개송어의 비타민 함량은 비타민 A, D, B12는 각각 10, 33, 5  $\mu\text{g}/100\text{g}$ 이며, 비타민 E, B1, B2, B3, B5, B6는 각각 27, 0.10, 0.21, 5.2, 2.0, 0.7  $\text{mg}/100\text{g}$ 이었다.

표 17. 무지개송어의 비타민 함량( $\text{mg}/100\text{g}$ )

비타민	일반사료	Astaxanthin 첨가 사료
Vit E	$89.67 \pm 0.14$	$156.62 \pm 0.49$
Vit C	ND	$3.46 \pm 0.15$
Niacin	$0.07 \pm 0.11$	$1.73 \pm 0.40$
Vit B <sub>1</sub>	$0.37 \pm 0.26$	$0.45 \pm 0.04$
Vit B <sub>2</sub>	$0.17 \pm 0.16$	$0.13 \pm 0.06$
Vit B <sub>6</sub>	ND	$0.16 \pm 0.02$

표 18. 무지개송어의 비타민 함량

비타민	함량( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )
Vitamin A	10
Vitamin D	33
Vitamin B <sub>12</sub>	5
	함량( $\text{mg}/100\text{g}$ )
Vitamin E	27
Thiamine (Vitamin B <sub>1</sub> )	0.10
Riboflavin (Vitamin B <sub>2</sub> )	0.21
Niacin (Vitamin B <sub>3</sub> )	5.2
Pantothenic acid (Vitamin B <sub>5</sub> )	2.0
Pyridoxine (Vitamin B <sub>6</sub> )	0.7

## 5) 무기질 함량

무기질이란 생물체를 구성하는 원소 중에서 탄소·수소·산소 등의 3원소를 제외한 생물체의 무기적 구성요소를 말하며, 단백질·지방·탄수화물·비타민과 함께 5대 영양소 중 하나이다. 인체를 구성하는 원소로 칼슘(Ca), 인(P), 칼륨(K), 나트륨(Na), 염소(Cl), 마그네슘(Mg), 철(Fe), 요오드(I), 구리(Cu), 아연(Zn), 코발트(Co), 망간(Mn) 등의 원소는 미량으로도 충분하지만 필요불가결한 원소이다. 특히 무기질은 골격과 치아조직 등 체조직의 구조적 형성에 관여하며, 정상적인 심장박동, 근육의 수축성 조절, 신경의 자극전달, 그리고 체액의 산-알칼리 평형에 관여한다. 또한 대사작용의 조절기능을 하며, 세포활동에 관여하는 효소나 호르몬의 중요한 구성 요소이다.

Astaxanthin 사료 및 일반사료를 섭취시킨 무지개송어의 무기질 함량은 다음과 같다. 칼륨 함량은 876.56~1516.27 mg, 칼슘 함량은 149~551.21, 마그네슘 함량은 101.92~153.40 mg, 철 함량은 2.67~7.21 mg, 아연 함량은 2.16~14.31 mg이었다. 따라서 무기질 송어의 미량성분 함량은 육 100g 당 나트륨 75 mg, 칼륨 420 mg, 철 0.2 mg, 셀레늄 0.03 mg, 아연 0.4 mg, 망간 0.01 mg 이하, 인 240 mg, 구리 0.01 mg이하 함유하고 있다.

2005년 한국영양학회에서 개정된 영양섭취기준 (KNS, 2005)에 따르면 20세 이상 성인 남성의 1일 미네랄의 권장섭취량으로 칼슘 700 mg, 나트륨 1,000~1,500 mg (충분섭취량), 칼륨 4,700 mg (충분섭취량), 마그네슘 340~350 mg, 철 10 mg, 아연 8~10 mg, 구리 0.8 mg, 망간 3.5 mg (충분 섭취량), 셀레늄 50 µg으로 설정되었다. 그리고 성인 여성의 1일 미네랄의 권장 섭취량으로 칼슘 700~800 mg, 마그네슘 280 mg, 철 9~14 mg, 아연 7~8 mg, 망간 3.0 mg (충분섭취량)이며, 그 외는 남성과 동일하다. 우리나라 무지개송어는 미네랄의 중요한 공급원으로 이들의 섭취를 통하여 보충할 수 있을 것으로 판단한다.

표 19. 무지개송어의 무기질 함량(mg/100g)

미량원소	일반사료	Astaxanthin 첨가 사료
K	1516.27±0.37	876.56±0.22
Ca	551.21±0.16	149.09±0.24
Mg	153.40±0.33	101.92±0.23
Fe	2.67±0.47	7.21±0.38
Zn	2.16±0.19	14.31±0.17

표 20. 무지개송어의 미량성분 함량

성분	함량(mg/100g)
나트륨 (Na)	75
칼륨 (K)	420
칼슘 (Ca)	20
철 (Fe)	0.2
셀레늄 (Se)	0.03
아연 (Zn)	0.4
망간 (Mn)	<0.01
마그네슘 (Mg)	28
인 (P)	240
구리 (Cu)	<0.01
콜레스테롤	59

## 나. 유효성분

우리나라의 무지개송어는 고단백질 저지방 식품이며, 모두 양질의 단백질과 미네랄 공급원이며, 불포화지방산인 DHA 및 EPA를 다량 함유하고 있는 고급 식품이다. 또한 각종 비타민과 무기질에 의한 생리활성효과도 기대할 수 있을 뿐만 아니라 무지개송어육 색소의 주체인 carotenoid계 색소인 astaxanthin에 의한 생리활성 효과도 기대할 수 있다. 이러한 유효성분에 대한 생리활성효과는 다음과 같다.

### 1) 단백질

단백질은 인체의 구성성분으로서 그 함량이 높고 생명유지에 없어서는 안 될 중요한 성분이며, 1 g 섭취시 약 4 kcal의 열량을 낸다. 따라서 매일 단백질을 식품으로부터 섭취하지 않으면 안 되며, 식물성 식품과 동물성 식품으로부터 1:1의 비율로 섭취하는 것이 바람직하다. 하루의 단백질 소요량은 연령, 운동량, 남녀별 등에 따라서 다르고, 17세의 소요량이 가장 높다. 성인은 총 섭취에너지량의 11~13%를 단백질로 섭취하는 것이 이상적인데, 체중 70kg의 성인은 하루에 약 75g의 단백질이 필요하다.

#### ■ 생명체 유지

- 근육, 혈액, 장기, 모발, 뼈 등을 구성하는 생명체에는 없어서는 안 된다.

#### ■ 체내의 염분 배출

- 염분의 하루 권장 섭취량(6g)을 초과하는 과잉섭취에 의하여 발병하는 고혈압, 신장질환, 뇌졸중 등의 원인이 되는 염분을 체외로 배설시키는 작용을 한다.

#### ■ 어육단백질은 식육(소, 돼지, 닭 등)과 동등의 영양가를 가진다.

표 21. 각종 아미노산의 기능성

종류	기능
글루타민	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 장관의 장점막 상태 및 T림파구 등의 면역 담당세포의 에너지 지질</li> <li>· 수술환자에 정맥주사 시 세균침입 억제</li> </ul>
아르기닌.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 면역 기능 향상</li> <li>· 항종양성</li> <li>· 생체조절작용</li> </ul>
분기쇄 아미노산 (이소류이신, 류이신, 바린 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 수술후 환자의 당신생</li> <li>· 면역기능 향상</li> </ul>
카르노신, 안세린	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 항산화활성</li> </ul>

## 2) DHA

DHA는 쇠고기 등의 육고기에는 없고, 생선에는 있는 고도불포화 지방산으로, 다음과 같은 생리 기능적인 효과가 있다.

- 기억 학습능력 향상
- 암 발생 억제 : 위암, 대장암, 유방암, 폐암, 피부암 등
- 혈액, 혈관의 개선 : 고혈압, 동맥경화, 협심증, 혈전증, 뇌졸중 등
- 치매발생 억제 : 뇌혈관형 치매, 알츠하이머형 치매
- 알레르기의 개선 : 피부염, 천식, 화분증 등
- 태아 및 유아의 뇌, 신경, 망막의 발육

표 22. 생선의 종류별 DHA함량 분포

1.51% 이상	고등어, 참돔(양식), 갯장어, 방어(양식,천연), 참치(뱃살육)
1.0~1.5%	정어리, 뱀장어, 홍살치, 삼치, 쾡치, 인도다랑어(뱃살육)
0.75~1.0%	연어, 청어, 무지개송어, 게르치
0.5~0.75%	전갱이, 붕장어, 은어(양식), 까나리, 벤자리, 정어리, 멸치, 바다방어, 인도다랑어(붉은살), 송어
0.25~0.5%	대랑어, 새치, 잉어, 전어, 농어, 참돔(천연), 율돔, 볼락, 빙어, 성대
0.25%이하	은어(천연), 가자미, 감성돔, 대구, 미꾸라지, 넙치, 날치, 붕어, 복어, 참치(붉은살)

### 3) EPA

EPA도 쇠고기 등의 육고기에는 없고 생선에만 있는 고도불포화 지방산으로, 다음과 같은 생리 기능적인 효과가 있다.

- 혈액, 혈관의 개선: 고혈압, 동맥경화, 협심증, 혈전증, 뇌졸중 등 예방
- 혈소판 변형능의 증가
- 암발생 억제: 위암, 대장암, 유방암, 폐암, 피부암 등
- 당뇨병 및 심장병의 예방
- 생체막 유동성의 향상

표 23. 생선의 종류별 EPA함량 분포

1.0% 이상	정어리, 홍살치, 고등어, 참돔(양식), 참치(뱃살육), 방어(양식)
0.5~1.0%	뱀장어, 전어, 꽁치, 갯장어, 방어(천연), 인도다랑어(뱃살육), 바다빙어
0.25%~0.5%	전갱이, 붕장어, 정어리, 멸치, 연어, 삼치, 게르치, 갈치, 임연수어, 송어, 볼락
0.1~0.25%	은어(천연, 양식), 참돔(천연), 가자미, 농어, 넙치, 붕어, 성대, <b>무지개송어</b>
0.1% 이하	가다랑어, 새치, 보리멸, 상어, 감성돔, 대구, 역돔, 미꾸라지, 날치, 청어, 복어, 황다랑어, 참치(붉은살)

### 4) 타우린

타우린은 메티오닌, 시스틴과 더불어 황(S)을 함유한 함황아미노산으로 사람의 체내나 포유동물의 담즙 중에 다량 존재하는 외에, 오징어, 문어, 꼴뚜기 등의 연체류, 패류, 갑각류, 해조류, 그리고 해산어류의 혈합육에 광범위하게 분포하면서, 다음과 같은 생리기능적인 효과가 있다

- 망막기능을 정상화시켜 시력회복
- 인슐린의 분비촉진에 의한 당뇨병 예방
- 간장의 해독능력 강화, 알코올 장해에 효과
- 혈중 콜레스테롤 및 중성지방의 감소
- 콜레스테롤 담석의 용해

■ 강심작용 및 부정맥 개선

■ 면역증강 작용

이중에서 고혈압증 그리고 심장 및 간장 질환에 대한 작용 및 혈액중의 cholesterol의 저하작용에 대한 연구가 많다. 즉, 타우린은 체내에서 cholesterol과 결합하여 타우로콜산(taurocholic acid)으로 되어서 콜레스테롤을 체외로의 배설을 촉진시키는 작용을 한다. 이러한 작용으로 혈압의 정상화 및 심장병 예방에 대하여 효과적이다.

표 24. 수산물 및 축산물의 타우린과 콜레스테롤 함량 및 그 비율

(mg/100g)

종류	타우린(T)	콜레스테롤(C)	비율(T/C)	종류	타우린(T)	콜레스테롤(C)	비율(T/C)
무지개송어	678	75	9.04	고등어	168	62	2.7
오징어	364	139	2.6	참치 (혈합육)	832	104	8.0
문어	871	139	6.3	참치 (보통육)	3	27	0.1
바지락	421	52	8.0	방어 (혈합육)	672	56	12.1
굴	1,178	64	18.4	방어 (보통육)	16	43	0.4
보리새우	210	151	1.4	소	48	79	0.6
가리비	669	50	13.3	돼지	51	61	0.8
대게	450	50	9.0	닭 (가슴살)	41	56	0.3
참돔	192	69	2.8	계란	-	331	0
전갱이	229	63	3.5				

### 5) 칼슘

사람의 체내에 있는 무기질 중에서 그 양이 가장 많으며, 체내 칼슘량의 99%는 뼈와 치아를 형성하고, 나머지 1%는 혈액, 신경조직에 들어있다. 칼슘

이 부족하면 뼈와 치아형성에 지장을 주며, 신경과민이 되거나 안절부절하게 된다. 효능은 뼈와 이빨의 형성, 뇌신경 세포의 안정화, 출혈 시에 혈액 응고, 흥분억제, 산소작용의 활성화, 근육수축작용의 조정 등이며, 하루 필요량은 600mg이다. 칼슘의 흡수율은 우유는 50%, 생선은 30%, 야채는 17% 정도로 낮으나, 비타민 D와 같이 섭취하면 흡수율이 높아진다. 생선은 내장에는 비타민 D가 많으므로, 멸치 등의 소형 생선을 통째로 먹으면 칼슘의 흡수율이 높아진다.

표 25. 각종 어패류의 칼슘 함량

(mg/100g)

종류	함유량	종류	함유량	비고	
건멸치	2,200	굴	88	우유	110
건새우	2,000	붕장어	75	소	3
미꾸라지	1,100	해삼	72	돼지	4
빙어	450	<b>무지개송어</b>	33	닭	4
열빙어	360	우렁챙이	32		
은어	270	넙치	23		
전어	190	전복	20		
뱀장어	130	오징어	14		
대게	90				

## 6) 철분

사람의 체내에 있는 철분의 약 60%는 산소의 운반역할을 하는 적혈구 안의 헤모글로빈에 들어있으며, 나머지는 근육과 효소의 성분으로 되어있다. 철분이 부족하면 빈혈, 피로감 등의 증상이 나타나며, 하루 필요량은 남자 10mg, 여자, 12mg이다. 철분의 흡수율은 35%정도로 낮는데 비타민C가 흡수율을 높이므로, 생선구이에 레몬즙이나 무간 것을 함께 곁들이면 좋다.

표 26. 각종 어패류의 철분함량

(mg/100g)

종류	함유량	종류	함유량	비고	
우렁쉥이	5.7	굴	1.9	소	0.7
미꾸라지	5.6	무지개송어	1.8	돼지	0.6
가막조개	5.3	전복	1.5	닭	1.2
피조개	5.0	방어	1.3		
바지락	3.8	전어	1.3		
홍합	3.5	참다랑어	1.1		
가리비	2.2	고등어	1.1		
대합	2.1	붕장어	0.8		

### 7) 미량원소

생명체는 무기질이 필요하며, 체내에서 주된 역할은 다른 영양소의 대사 보조, 활성화의 촉진, 조절, 세포간의 정보전달 등의 큰 역할을 담당하고 있다. 어패류와 해조류에 무기질이 많이 들어 있다.

#### 가) 아연

인체의 세포내에 있으며, 신체의 대사에 필요한 각종 효소의 작용을 돕는 역할을 한다. 부족하면 성장장애, 피부장애, 전립선비대증, 미각장애등의 원인이 된다.

표 27. 각종 어패류의 아연함량

(µg/100g)

종류	함유량	종류	함유량	종류	함유량
굴	40,000	대구알것	3,900	무지개송어	2,160
건새우	7,200	게	3,700	재첩	2,100
오징어	5,400	까나리	3,400	뱀장어	1,900
우렁쉥이	5,300	열빙어	2,700	미꾸라지	1,700
마른김	5,100	가자미	2,500	은어	1,200

나) 세린

강력한 항산화작용 효과가 비타민 E의 50~100배로, 노화방지 및 암 예방에 큰 효과가 있다.

## 8) 비타민류

어패류에 비교적 많이 들어 있는 7종류의 비타민의 생리 기능성은 다음과 같다.

가) 비타민 A(눈의 비타민)

효능은 야맹증 및 시력저하의 예방, 피부 및 머리카락, 점막(눈, 코, 목, 내장의 점막)을 정상적으로 유지하며, 면역력을 유지하고, 암의 발생을 억제하는 작용을 한다. 하루소요량은 남성 600 µg, 여성 540 µg이다.

나) 비타민 B1(지각기능에 관여)

결핍되면 기력감퇴, 정서불안 등을 일으킨다. 많이 부족하면 각기병, 부종, 마비, 다발성 신경염, 심장비대 등의 증상이 나타난다. 하루소요량은 남성 11 mg, 여성 08 mg이다.

다) 비타민 B2(성장기의 필수영양소)

비타민 B2는 과산화지질을 분해시켜서 암의 발생, 노화촉진을 예방한다. 비타민 B2의 결핍증으로는 구각염 및 구내염, 눈의 충혈 및 각막염, 지루성 피부염 등이 있고, 비타민 B2의 하루 소요량은 남성 12 mg, 여성 10 mg이다.

라) 비타민 B12(악성 빈혈의 예방)

단백질과 핵산의 생합성에 필요하며, 해조류 외의 식물성 식품에는 없다 결핍증은 악성 빈혈 및 불임증 등이다 하루 소요량은 성인 남녀 모두 24 µg이다.

마) 나이아신(건강한 피부)

비타민 B군의 하나로, 부족하면 피부염, 위장질환, 불면 및 무기력 등의

신경질환이 나타난다. 하루 소요량은 남성 16 mg, 여성 13 mg이다.

바) 비타민 D(내장에 풍부한 동물성 비타민)

뼈의 주성분이 되는 칼슘과 인의 흡수를 도우며, 혈액 중의 칼슘량을 일정하게 유지하는 역할을 한다. 하루 소요량은 성인 남녀 모두 30 µg이다.

사) 비타민 E(강력한 항산화 작용)

다가 불포화지방산의 산화억제, 노화진행의 억제, 생체막의 유지, 생식 기능 유지의 효과가 있으며, 하루 소요량은 남성 10 mg, 여성 8 mg이다.

**9) Astaxanthin (아스타잔틴)**

일반적으로 carotenoid계 색소는 항암, 항산화 등의 다양한 생리기능성을 가지고 있는 물질로 알려져 있고, astaxanthin은 carotenoid계 색소로서 퇴행성 질병을 지연시키거나 예방하며, 불안정 산소를 안정화 하거나 free radical을 제거하는 등의 기능이 매우 뛰어나며(Krinsky, 1989), 항암작용(Gomes, 2007) 및 노화억제(EI-Agameya et al, 2004) 등의 중요한 대사적 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 무지개송어육 carotenoid계 색소의 총함량은 5.309 mg/100g이었으며, 이 중에서 astaxanthin의 함량은 0.0116 mg/100g이었다.

표 28. Astaxanthin 사료 및 일반사료를 섭취시킨 무지개송어의 astaxanthin 함량 (mg/100g)

항목	일반사료	Astaxanthin 첨가사료
Catrotenoide 함량	5.309	12.818
Astaxanthin 함량	0.0116	0.0724

Astaxanthin은 carotenoids 그룹에 속하며, 베타 카로틴보다 10배, 비타민 보다는 최대 100배의 강한 항산화력을 가지고 있다. 잘 알려진 carotenoid

beta-carotene과 달리 astaxanthin은 몸속에서 비타민으로 변화되지 않을 수 있으므로 비타민의 독성을 축적하는 위험은 없다. 또한 astaxanthin은 신체에 걸쳐 거의 모든 세포에 직접적인 영향을 주는 것을 의미하며 모든 지방과 물에 용해된다. Astaxanthin은 free radicals로부터 신체를 보호하는 물질이다. Free radicals은 다이어트, 흡연, 알코올, 환경오염 등 많은 문제로 인해 생산되며, 시간이 지나면 심장 질환, 알츠하이머병, 파킨슨 병, 암 노화 등과 같은 퇴행성을 만들어내며, 세포에 손상을 구축할 수 있다. 특히 astaxanthin을 다량으로 복용하여도 사람이나 동물에서 독성 효과가 발견되지 않았으며, 성인에 대한 일일 권장 섭취량은 하루 5 mg이다.

#### **다. 비브리오 패혈증으로부터 안전한 무지개송어**

여름철마다 불청객으로 찾아오는 비브리오 패혈증은 생선회 관련 산업의 천적이다. [비브리오 패혈증은 죽는 병이다]라는 식의 보도 형태가 만들어낸 웃지 못할 해프닝이 사실인양 일어나고 있다. 비브리오 패혈증균은 몇가지 특성을 갖고 있는데, 이중에서 하나가 소금이 있어야 살수 있으므로 민물에 몇초만 담가 놓아도 죽는 특성을 갖고 있다. 따라서 민물 생선회는 비브리오 패혈증과 전혀 무관한 것이다. 그런데 대천댐 부근에서 무지개송어 양식을 하시는 분의 말씀을 빌리면, 여름철 비브리오 패혈증 주의보 발령이나 환자 발생의 보도가 나오면 민물 생선회집인 무지개송어회집도 파리를 날린다고 한다. 지금과 같이 첨단 과학시대에 이런 현상을 어떻게 설명해야 하나? 민물에는 살 수 없고 몇초만 담가 놓아도 죽는 비브리오 패혈증균이 민물에 양식되는 무지개송어에 어떻게 오염되는가? 과학적으로 사실을 무시한 보도 형태가 만들어낸 결과물이다. 따라서 무지개송어는 하절기 해산 어류가 비브리오 패혈증에 노출되어 있을 때 이를 대신할 수 있는 안전한 대표적인 생선회라고 할 수 있다.

#### **라. 각종 유해물질로부터 안전한 무지개송어**

비단, 마직, 가죽, 면, 종이 등의 염색에 사용되는 합성염료인 말라카이드 그린은 연어, 무지개송어의 부화난에 기생한 수생균을 치료하는데 탁월한 효과가 있는 것으로 알려진 1949년부터 연어와 무지개송어 양식장에서 주

로 사용되어 2005년에 국내외 민물양식어류의 안전성 문제로 대두되었다. 현재는 사용이 금지된 약품으로 “안전성 및 유효성 문제성분 함유제제 등에 관한 규정(국립수의과학검역원 고시 제 2006-7호)”에 의해 동물용의약품으로 사용이 금지 그리고 식품의약품안전청고시 제2007-63호(2007.07.06) 관련법령에서 안전성 및 유효성에 문제가 있는 것으로 확인되어 제조 또는 수입 품목허가를 하지 아니하는 동물용의약품(대사물질 포함)은 검출되어서는 아니된다고 규정하고 있다. 현재 무지개송어양식장에서 말라카이트그린 등의 유해물질을 사용하지 않을 뿐만 아니라 농림수산검역검사본부 수산물안전부에서 정기적으로 유해물질인 말라카이트그린 등 안전성 검사를 실시하여 안전한 무지개송어가 생산되도록 하고 있으므로, 이러한 유해물질로부터 안전한 생선회이다.

#### 마. 간디스토마로부터 안전한 무지개송어

강이나 연못 등지에 서식하는 민물생선을 회로 먹고 간디스토마가 감염되어 목숨을 잃은 사람들이 있었으며, 특히 낙동강 주변 등 오랫동안 관습적으로 민물생선 회를 먹었던 주민이나 어업인들의 피해가 커서 중장년 남자들이 대단히 적은 마을도 있었다고 한다.

민물생선이 간디스토마 원인충인 간흡충(*Clonorchis sinensis*)의 제2중간숙주이고, 제1중간숙주는 다슬기나 쇠우렁이기 때문에, 다슬기나 쇠우렁이가 많은 강, 연못, 하천 등지에 주로 서식하는 붕어, 피라미, 잉어 등의 민물생선을 낚 것으로 먹으면 간디스토마에 걸릴 가능성이 있다. 그러나 양식산 민물생선은 간디스토마의 원인충인 간흡충이 기생하는 제1중간숙주인 다슬기나 쇠우렁이가 없는 양식장에서 양식하므로, 간디스토마의 생활환이 성립되지 않기 때문에, 양식산 민물생선인 무지개송어를 생선회로 먹어도 간디스토마에 걸릴 염려가 없는 것이다.



# 제 2장 무지개송어양식장 위생안전관리시스템 구축

## 1. 개요

국내의 수산물 생산, 유통 경로가 다양화됨에 따라 외국산 수산물에 대한 우리 수산물의 경쟁력을 높이기 위하여 동등한 위생조건을 제시할 수 있는 근거의 마련이 시급한 실정이다. 이와 같이 대내외적인 수산물에 대한 위생 안전 요구에 부응하기 위해서는 국제적으로 인정받을 수 있으며, 우리나라의 실정에도 맞는 효율적인 수산식품의 위생관리제도를 마련하여 시행하여야 할 것이다. 따라서 가장 우선적으로 우리나라 수산물의 생산단계, 양식어장에서 위생학적 문제점을 검토함과 동시에 관리체계 개선이 필요하다. 이러한 관점에서 대두된 것이 어류양식장의 HACCP 시스템 도입이다. HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)제도는 미국에서 1959년 미국 우주계획용의 식품제조에 Pillsbury社가 참가한 일에서 시작되어 우주비행사가 비행 중 우주식으로 인한 질병과 상해로 피해 받지 않도록 식품안정성을 확보하기 위하여 개발된 식품에 대한 위생관리방법으로 국제연합기구의 FAO, WHO의 합동기관인 식품규격 CODEX 위원회에서 세계 각국에 추천하고 있는 방식이다 (장동석 외, 2010). 이는 식품 원료생산에서부터 최종제품의 생산, 저장 및 유통에서 각 단계별로 위해성 분석과 더불어 중요관리점을 설정함으로써 위해요소의 발생을 사전에 차단하여 식품의 안전성을 확보하는 예방적 식품안전관리 방식이다(장동석 외, 2010).

특히, 위해요소의 발생 소지가 높은 수산식품의 경우 대내외적인 수산물에 대한 위생적인 안전과 관리가 필요함에 따라 통조림이나 냉동품을 중심으로 위생 안전성에 대한 기술개발이나 관리체계가 선진국을 중심으로 발전되어 왔으며 우리나라의 경우에도 시설 중심 규정인 GMP(Good Manufacturing Practice) 등에 의한 공정단위로 도입, 운영되고 있다 (국립수산진흥원, 1996; 장동석 외, 2010).

하지만 식품오염사건에서 볼 수 있듯이 일부 공정단위나 위생관리를 통하여 특정의 한정된 위해만을 검사하는 식품위생관리 방식으로는 최종적인 식품 안전이 확보될 수 없으므로 원료의 생산에서 가공, 유통 전반에 걸친 제품의 위생안전 확보를 원칙으로 하는 HACCP 개념의 위생관리방식이 도입되고 있다 (해양수산부, 2002). 이와 관련하여 우리나라에서는 수산물의 품질 향상과 더불어 안전한 수산물을 생산, 공급함으로써 소비자를 보호하고 수산물의 소비촉진 및 외국의 위생조건에 부합되는 수산물을 생산함으로써 수출을 증대시켜 어업인의 소득증대를 도모하고자 하고 있다. 그래서 수산물품질관리법의 제23조 제4항의 규정에 의거 양식수산물에 대한 국내의 생산·출하 전단계 수산물의 위해요소중점관리기준 적용의 중요성이 대두되고 있다 (해양수산부, 2002). 최근 수산양식이 규모화, 대형화되면서 항생제 오·남용 시비로 소비자들의 불안이 높아지고 있고, 특히 축·수산물 생산에 사용되는 동물용의약품의 소비가 생산량 대비 세계 최고 수준임을 감안할 때, 동물용의약품에 대한 엄격한 사용 관리가 요구되고 있다 (심길보 외, 2010; 조미라 외, 2010).

## **2. 송어 양식장 위생관리시설기준 설정**

효과적인 HACCP 시스템 구축을 위한 송어 양식장 시설에 대한 위생관리시설기준은 송어 양식장 HACCP 시스템 구축 지원사업보고서(코리아푸드텍, 2007) 및 생산·출하 전단계 수산물에 대한 위해요소중점관리기준 설정 및 표준모델 개발에 관한 연구 (해양수산부, 2002) 및 생산, 출하 전단계 수산물의 위해요소중점관리기준 (농림수산식품부, 2011)을 참고하여 표 19와 같이 구분하여 설정하였다.

### **가. 송어 양식장 입지 및 건축물**

HACCP 적용을 위한 송어 양식장의 입지 및 건축물에 관련하여 표 19의 위생관리시설기준에 따라 위치, 도로 등 입지조건, 진입로, 독립건물 및 구조, 자재 및 양식시설, 구역 구분으로 나누어 기준을 설정하였다. 송어 양식장의 위치는 내륙에 입지하지만, 맑고 풍부한 용수가 풍부한 곳에 입지하여야 하며, 농·축산폐수, 화학물질, 기타 오염물질 발생시설에 의하여 양식어류가 나쁜 영

향을 받지 않는 곳이어야 한다. 또한 주변에 용천수 및 지하수가 풍부하고, 수질이 양호하여 양질의 수량을 공급하는데 지장이 없는 곳에 입지하면 좋다. 도로 등 입지조건에 따라 양식장은 주변도로 및 차량이동 도로로부터 먼지발생을 최소화할 수 있어야 하며 도로로부터 멀리 떨어진 곳이면 양호하고, 일부 양식장은 송어 양식업의 특성 상 음식점을 겸하고 있는 경우가 많아 도로에 인접하거나 면해 있을 수 있으므로, 이에 대한 적절한 조치를 취해야 한다. 송어 양식장 진입로는 자연적으로 발달된 환경에 양식장을 설치하여 운영하고 있으며, 경우에 따라서는 종사자 외에 많은 고객이 왕래하므로 양식장 주변에 먼지나 오염 발생을 최소화 할 수 있는 조치를 취해야 한다.

표 29. 송어 양식장 위생관리시설 기준

관리 구분	위생관리시설 요건
송어 양식장 입지 및 건축물	위치, 도로 등 입지조건, 진입로, 독립건물구조, 자재 및 양식시설, 구역 구분
사육수조 및 사육동	수조 및 바닥, 내벽(외벽), 배수로 및 침전조, 양식밀도, 배관, 천정, 창문, 통로
사료창고 및 배합실	구조, 바닥 및 내벽(외벽), 문 및 창문, 사료배합기
작업복 및 도구 보관	장비, 용기, 도구의 재질, 보관함
약품보관	격리, 표시 및 사용, 관리·기록
구역 구분	청결구역, 준 청결구역, 일반구역
부대시설	화장실, 탈의실, 샤워실, 소각장

양식장은 독립건물 및 구조로서 타 용도로 사용되는 시설과 별도의 구역으로 구별되어야 한다. 양식장은 송어의 생육특성을 고려하여 냉수가 공급되며, 배수가 용이하고, 출하와 사료 및 자재 반입이 편리하도록 되어 있어야 한다. 그리고 세정이 용이하고 해충 등의 침입과 서식, 환경유래 오염물질의 혼입이 방지될 수 있도록 설계, 건축되며 양호한 상태로 유지·보수 되어야 한다. 양식장의 주위는 외부에서 양식시설의 내부가 보이지 않도록 담장 등의 울타리 또는 경계를 설치하여야 한다. 양식시설의 자재는 양식어류를 오염시키거나 나쁜 영향을 주지 않는 것이어야 하며, 송어 양식에 최소한의 필요시설인 취수와 배수에 필요한 배관, 사육동 또는 사육수조, 침전조, 산소공급기, 정전에 대비한 비상발전기 등이 구비되어 있어야 한다. 양식시설의 작업장은 관리실, 사육수조, 사료

창고 및 배합실(냉장 또는 일반), 일반 창고, 공구실, 작업도구 및 작업복 보관함, 기타 송어 양식에 필요한 작업실을 말하며, 각각의 시설은 분리 또는 구획되어야 한다. 그리고, 사육수조 등의 공간은 청결구역으로, 사료창고 및 배합실, 작업도구 및 작업복 보관구역, 일반창고 등은 준청결구역으로, 관리실, 공구실, 기계실은 일반구역, 화장실 등은 오염구역으로 구분 관리하여야 한다.

## 나. 사육수조 및 사육동

수조는 사육수의 흐름, 배설물의 침전 방지 등을 위하여 일정한 구배를 주어야 하며, 양식장의 형태를 고려하여 원형 또는 사각의 형태로 송어의 사육에 필요한 적정한 수심을 유지할 수 있어야 한다. 수조 바닥은 콘크리트 등으로 내수처리를 하여야 하며, 배수가 잘 되고 필요 시 청소와 소독이 용이해야 하며, 갈라진 틈이 없고 미끄럽지 않아야 한다. 또한 양식장 운영상 바닥에 도색이 필요할 경우 허가된 페인트를 사용하여 교차오염이 발생하지 않도록 하고, 적정한 구배를 주도록 해야 한다. 그리고 체계적인 사육 및 HACCP 관리를 위하여 반드시 수조번호를 부여하고, 이를 부착하여 관리할 수 있도록 하여야 한다. 내(외)벽은 콘크리트 등으로 내수성 설비를 하고 도색할 경우에는 세균방지용 페인트로 칠하여 청결하게 관리하여야 한다. 또한 세척과 소독이 용이해야 하며 곰팡이, 조류 등이 발생할 경우 신속하게 이를 제거하여야 한다. 배수로는 배수, 청소가 용이하며 교차오염이 발생되지 않도록 설치하고, 배출수가 역류되거나 퇴적물이 쌓이지 않도록 위생적으로 관리하여야 한다. 양식밀도는 의생리학(?) 특성, 행동 및 질병예방을 고려하여 농림수산식품부에서 추천하는 기준을 권장한다(농림수산식품부, 2011). 양식장내 배관은 사육용수에 의하여 녹이 생기는 것을 방지하기 위한 처리가 되어 있어야 하며 청결하게 관리되어야 한다. 또한 연결부위는 인체뿐만 아니라 예게도 무해한 재질이어야 한다. 사육동이 폐쇄식이거나 천장이 있을 경우, 천장은 먼지의 누적을 막고, 천장구조물, 고착물은 응축물에 의해 작업자와 양식어류에 직·간접적으로 오염되지 않는 방법으로 설치되어야 한다. 폐쇄식 사육동의 경우, 방충, 방서설비를 갖추어 쥐 등의 출입을 막을 수 있는 설비를 하여야 한다. 양식장내의 통로는 사료수송 및 공급, 기타 작업에 필요한 장비의 이동 등에 편리하도록 설계 및 건축되어야 한다. 또한 작업자와 양식 어류 간에 교차 오염을 예방할 수 있도록 하고,

부화장 및 치어 사육동 입구에는 발판소독조 또는 소독용 패드를 설치하여야 한다. 그리고 사육동의 입구에는 세척·소독설비를 하여 소독을 실시함으로써 작업자에 의한 교차오염 발생을 예방하도록 한다.

#### **다. 사료창고 및 배합실**

사료는 배합사료의 품질유지를 위하여 냉장온도에서 보관을 권장하며, 온도계 또는 온도를 측정할 수 있는 계기를 설치하여 온도를 모니터링 할 수 있도록 해야 한다. 송어 양식장의 여건에 따라서 사료보관을 위한 냉장창고의 설치가 곤란할 때에는 창고 내 청소와 소독이 용이하도록 하고, 쓰레기, 사료찌꺼기 등의 퇴적물이 쌓이지 않도록 위생적으로 관리하여야 한다. 바닥은 플라스틱 파레트를 설치하여 사료가 바닥에 직접 닿지 않도록 하며, 파레트 아래 먼지나 퇴적물이 쌓이지 않도록 위생적으로 관리해야 한다. 양어용 지대사료는 벽과 일정한 간격을 두어 보관하도록 하고, 사료의 출납은 반드시 선입선출이 이루어질 수 있도록 해야 한다. 내벽은 밝은 색의 내수성으로 설비하고, 도색할 경우에는 세균방지용 페인트로 칠하여 청결하게 관리하며, 습기로 인한 곰팡이가 슬지 않도록 한다. 또한 세척과 소독이 용이하여야 한다. 문은 견고한 재질로 청소가 용이하며 밀폐 가능한 구조로 되어 있어야 한다. 창문은 방충설비를 갖추어 파리나 쥐 등의 출입을 막을 수 있어야 한다. 사료배합기는 스텐레스 재질로 청결하여야 하며, 청소 및 소독이 용이하고, 배합기 주변에 오염물질이 있어서는 안 된다. 그리고 사료배합 후 배합기를 청소, 소독하고 배합기가 아래로 향하도록 보관하여야 한다.

#### **라. 작업복 및 도구보관**

양식장에서 사용되는 있는 장비, 용기 및 도구 등의 재질은 방습성 있는 내·부식성 재료로 반복된 청소와 소독에 견디는 재료를 사용하도록 한다. 집기(장비·용기·도구 등 포함)는 항상 소독된 상태로 관리하기 쉽도록 깨끗한 선반을 사용하거나 밀폐된 전용보관함 등을 갖추 벽이나 바닥 등과 닿지 않도록 위생적으로 관리하도록 한다.

#### **마. 약품보관**

격리를 목적으로 소독제 및 수산용의약품은 분리보관 하도록 하며 시건장치가 있는 약품보관장을 구비하도록 하여야 한다. 선명하고 올바르게 표시된 용기에 보관하며 독성과 용도에 주의하고 내용물을 표시하도록 한다. 적절하게 훈련받고 위임된 관리자의 감독 하에 반·출입하고 사용하도록 한다. HACCP 팀장이나 책임자는 소독제, 수산용의약품의 구입 또는 사용에 관한 일체를 기록하며 항시 약품보관함을 점검하여야 한다. 그리고 정기적으로 보관 약품의 유효기간을 파악하여 유효기간이 경과된 약품은 폐기하여야 한다.

## 바. 구역 구분

청결구역은 양식장내에서 가장 청결하게 유지 관리되어야 하는 공간으로 사육동 또는 사육수조를 말한다. 사육동 내에서는 작업자의 행위에 의하여 양식어류에 직, 간접적으로 오염을 유발하지 않도록 하여야하며, 특히 작업장 내에서 담배, 껌 등의 섭취행위를 하지 않도록 관리하여야 한다. 작업 전·후 또는 오염발생시마다 손과 장갑 등을 깨끗이 세척하고 소독하여야 하며, 작업구역 내에 의류나 개인사물 등을 보관하지 않도록 하여야 한다. 양식장 시설 내부의 출입구 중 부화장이나 치어장에는 발판소독(조) 또는 소독용 패드를 설치하여 출입 시마다 작업화를 소독할 수 있도록 하고, 사육수조 출입 시에 손 세척, 소독을 실시할 수 있는 시설을 구비, 운영하도록 한다. 작업화의 소독액은 주기적으로 교체하여 살균력을 유지하도록 한다. 준 청결구역은 양식장내에서 외부인 혹은 외부차량과 접촉되는 구역으로 사료 차 이동통로 등을 포함하여 사료창고 및 양식장 내부와 정문 밖의 양식장 외부사이의 공간을 말한다. 일반 구역은 외부인이 준 청결구역에 들어오기 전 구역으로, 정해진 출입로, 관리실, 기계실, 주차장 등을 말한다.

## 사. 부대시설

화장실 위치는 양식장과 직접 연결되지 않고, 사육동이나 사육수조와 떨어진 곳에 설치되어 있어야 한다. 그러나 송어 양식장은 특성 상 판매장을 겸하고 있는 곳이 많고, 사육수조가 판매장과 붙어 있어 화장실의 격리가 현실적으로 어려운 실정이다. 그러므로 사육수조에 멀지 않는 곳에 화장실이 있을 경우에는 화장실에 위생설비를 갖추고 위생관리를 철저히 하도록 해야 한다. 화장

실의 구조는 수세식으로 하고, 벽과 바닥은 내수성 재질(타일, 방수페인트 등)로 설비되어야 한다. 화장실 위생설비로 화장실은 따뜻하고 조명이 밝으며, 강제 환기시설과 방충 및 방서설비, 뚜껑이 있는 휴지통을 갖추어져 청결하게 관리되어야 하며, 화장실의 출입구에는 냉·온수 겸용 손 세척 시설과 손을 말릴 수 있는 건조시설이나 일회용 타월, 소독설비 등을 갖추고 있어야 한다. 소독설비는 손 세척 준비물(액상비누 등)이 비치되어 있어야 하며, 종이수건을 사용하는 경우에는 충분한 수의 공급기와 휴지통이 위생설비 근처에 구비되어야 한다. 준수사항으로 화장실에는 종사자가 위생적으로 이용할 수 있도록 주의사항을 부착시켜 이를 준수하도록 관리하여야 한다.

탈의실 위치는 양식장과 직접 연결되지 않는 편리한 곳에 설치하도록 하고, 탈의된 옷이 작업복과 함께 보관되지 않도록 해야 한다. 탈의실 구조는 종사자가 위생적으로 이용할 수 있도록 공간과 옷, 신발 등을 구분하여 보관할 수 있는 보관시설이 있어야 하며, 작업복을 구분하여 보관할 수 있도록 작업복 보관함을 구비하여야 한다.

샤워실은 위치적으로 양식장에 직접 영향을 주지 않는 편리한 곳에 설치되어야 한다. 샤워실의 용수는 음용수 수준으로 공급할 수 있어야 하며, 온수 및 냉수 공급 장치가 이용가능하고 비누액 공급기, 비누, 수건 등을 제공하고, 세정 가능한 폐기물 용기를 갖추고 있어야 한다. 필요에 따라 바닥배수구, 환기구, 방충시설 등의 위생설비가 적절히 설치되어 있어야 한다.

### **3. 송어 양식장 선행요건관리기준 설정**

수산물품질관리법 제23조제4항의 규정에 의하여 생산·출하전단계 수산물의 위해요소중점관리기준(해양수산부, 2003; 농림수산식품부, 2011)에 표준위생관리 운영계획(Sanitation Standard Operating Procedures, SSOP)을 고시하였으며, HACCP 적용사업장은 문서로 된 표준위생관리운영절차(SSOP)가 HACCP의 선행요건으로 이를 이행하여야 한다. 따라서 송어 양식장에 있어서 선행요건(표준위생관리운영계획)은 아래 사항을 기준으로 삼아 이행절차를 문서화하여 실시할 수 있도록 하였다.

## 가. 사육용수의 위생안전

양식에 사용되는 사육용수는 사용 전에 수질검사를 실시하여 안전성을 검증하여야 한다. 사육용수는 정기적으로 위생검사를 실시하여 생산되는 의 위생 안전을 보장하도록 한다. 위생검사 빈도는 법이나 규정에 정하는 바 또는 양식장에서 수립한 계획대로 실시하되, 연 1회 이상 실시하여야 한다. 사육용수의 시험분석은 국가가 인정한 자격이 있는 시험연구기관이나 국가공인기관에서 실시한다. 시험 분석은 인체에 위해를 미칠 수 있는 생물학적, 화학적인 요소 등을 포함하여야 하며, 수질환경보전법 제30조의 2 및 동법 시행규칙 제49조 내지 제51조의 규정에서 정하고 있는 송어 양식에 적합한 수질이어야 한다(수질환경보전법, 2005). 출하 시 수송용기의 용수에 얼음을 사용하는 경우 얼음은 반드시 허가된 제조시설에서 제조된 것만을 사용하여야 하며, 얼음을 외부에서 수령하는 경우에는 시험 분석 성적서를 확인하여야 한다. 기록은 최소한 2년간 유지 보관한다.

## 나. 양식 수산물과 직접 접촉하는 표면의 구비조건 및 청결

송어와 직접 접촉하는 표면은 청결유지 및 소독이 용이하도록 제작하여야 하며 수조 내 바닥과 벽면을 도색할 경우 세균 방지용 도료를 사용하여야 한다. 용수가 이동하는 배관에 연결된 호스의 끝은 미생물 또는 기타 오염물질에 의한 오염방지를 위하여 바닥에 닿지 않도록 하여야 한다. 독립된 작업장에서는 송어와 직접 접촉하는 각종 표면을 세척, 소독할 수 있는 설비를 구비하여야 한다. 송어와 직접 접촉하는 표면의 청결 및 소독상태는 주기적으로 점검하고 소독제의 종류와 사용량을 기록 유지하여야 한다.

## 다. 교차오염의 방지

양식장이나 기타 작업환경은 송어를 오염시키지 않도록 적절히 관리되어야 하며, 작업 종사자에 의해서 송어의 오염의 유발 되어서는 아니 된다. 양식장이나 작업장 내부에 개인 물품을 보관하거나, 음식물을 먹고 마시는 행위 또는 담배를 피우는 행위는 금지하여야 한다. 오염시마다 손과 장갑을 깨끗이 세척하고 소독하여야 한다. 양식장(작업구역) 입구에 소독기를 설치하고, 작업 시에는 반드시 소독된 작업복을 착용하여야 한다. 탈의실과 세면장은 편리한 곳에

위치하도록 하되, 작업장에 영향을 미치지 않도록 격리된 곳에 설치하여야 한다. 양식장 또는 작업 중 발생하는 폐기물은 가능한 한 신속하게 제거하고, 질병에 오염되거나 폐사된 양식수산물은 신속히 선별하여 별도 수용하거나 폐기하여야 한다. 질병에 오염되거나 폐사된 양식수산물을 처리하기 위한 뜰채와 통은 별도로 구비하고, 교차오염이 일어나지 않도록 철저히 소독·관리하여야 한다. 배수조(구)는 배수가 잘되고 퇴적물이 쌓이지 않도록 관리하며, 양식장 및 작업장의 바닥은 배수가 원활하도록 적절한 경사를 두고, 바닥이 파이거나 갈라진 틈이 없으며, 물이 고여 있지 않고 청결한 상태로 유지 관리하여야 한다. HACCP 팀장은 작업자의 업무를 관리하여야 한다. 화장실은 양식시설이나 기타의 작업에 오염을 야기하지 않는 적절한 장소에 설치하도록 하며, 특히 사육수조와 격리되도록 한다. 화장실의 출입 절차 및 위생설비를 구비하여 반드시 준수하도록 하며, 위생설비는 주기적으로 점검, 교체하도록 한다.

#### **라. 오염물질로부터의 보호**

송어와 직접 접촉하는 시설 및 장비는 주변 환경의 각종 오염물질로부터 적절히 격리시켜야 한다. 양식 설비 내에서 사용하는 모든 전구 및 전기시설은 캡이 부착된 안전형의 것을 사용하여야 한다.

#### **마. 각종 화학물질의 적절한 표시, 보관 및 사용**

양식장에서 사용하는 화학물질은 첨가제, 영양제, 세척·소독제, 항생물질, 기타 공업용 유류 등으로 구분하여 보관하여야 한다. 화학물질은 적절한 보관 장소를 갖추고, 이를 관리하여야 한다. 화학물질 중 특히 유독물질은 법 규정 또는 제조자의 사용지침에 준하여 적절히 사용하며, 각각의 유독물질 용기에는 내용물의 확인, 용도, 사용법 등을 정확히 인지할 수 있는 표식을 부착하여야 한다. 인체에 위해를 줄 수 있는 화학물질과 사용이 금지된 화학물질은 어떠한 경우라도 양식장내에서 사용 또는 보관해서는 아니 된다. 세제 및 소독제는 식품용으로 인가된 것만을 사용하여야 한다.

#### **바. 종업원의 위생관리**

송어에 직, 간접으로 위해를 미칠 수 있는 질병의 보균자 환자는 양식장

및 기타 작업장에서 적절히 배제되어야 한다. 종업원은 고용 전 건강진단 및 정기 건강검진을 받아야 하며 그 결과를 유지하여야 한다. 양식장에서 근무하는 모든 사람은 작업 중에 반드시 개인청결을 유지해야 한다. 양식장내에 종사하는 작업원 등은 해당 작업내용에 필요한 위생복을 착용하여야 하며 작업 후 세척, 소독, 건조하여 작업복 보관함에 보관하여 이를 위생적으로 관리할 수 있도록 하여야 한다. 양식장 종사자는 양식어류 등을 손으로 다루는 작업 시 소독될 수 없는 장신구는 손에서 제거하여야 한다. 일회용이 아닌 모든 물품은 깨끗하게 유지되어야 하며, 장갑을 사용할 경우 건전하고 깨끗하며 위생적인 상태로 유지하여야 한다. 작업자는 양식장에서 송어에 위해를 끼칠 수 있는 행동을 하여서는 아니 되며, 작업 전후에 상항 손 등을 청결히 세척하여 개인 위생을 최적의 상태로 유지하여야 한다. 양식장내에서 취식이나 흡연, 씹기(껌, 점착물, 비틀 열매 등) 또는 침뱉기 같은 비위생적인 습관은 금지해야 한다. 사육수조 등 청결구역내로 들어오는 방문객이 양식어류를 오염시키지 않도록 적절한 예방대책이 강구 되어야 한다. 양식장에 근무하는 자는 손 세척시설을 이용하여 철저히 자주 손을 세척하여야 한다. 양식장내에서 일반구역 등으로 이동할 때에는 교차오염을 예방하기 위하여 위생복을 탈의하고, 재작업 시 손을 세척, 소독하는 등 예방조치를 하여야 하며, 손 세척을 지시하는 주의 문을 게시하는 등의 조치를 취해야 한다. 신체질환 등으로 인하여 송어에 위해를 끼칠 우려가 있는 작업원은 양식장에 종사하여서는 아니 된다. 송어나 종사자에게 전파될 것 같은 질병에 걸렸거나 매개체로 알려졌다거나, 의심이 가는 사람 또는 감염성 상처, 피부병, 염증 또는 설사를 앓고 있는 사람은 완치될 때까지 양식장 모든 지역에서 작업하지 못하게 주의를 기울여야 한다. HACCP 팀장, 소장 등 책임자는 상기의 조건을 작업자가 준수하는지 확인 감독하고, 미흡할 경우에 시정조치 하여야 한다.

#### **사. 해충 및 위생동물의 관리**

모든 양식 설비 및 작업장에서는 해충 및 해로운 영향을 미칠 수 있는 동물(특히 개, 고양이)을 적절히 배제하여야 한다. 양식장 부지 및 내부는 폐기물 등 해충 및 해로운 영향을 미칠 수 있는 동물을 유인할 수 있는 요소가 없어야 한다. 해충이나 그들의 서식원(고여 있는 물 또는 잡초, 나무 등)은 없어야 하

며, 악취나 기타 오염된 물건이나 폐기물, 비품 등은 신속하게 처리한다.

## 제 3장 결론

우리나라의 무지개송어는 연어목 연어과 담수산 어류로 충청도 및 강원도 지역에 많이 양식되고 있다. 체측 부위가 담홍색이고 몸과 등지느러미, 가슴지느러미, 꼬리지느러미에 작은 흑색 반점이 있다. 양식산 크기가 2~3 kg으로 육질은 연하지만 기름과 붉은 살 생선의 풍부한 정미성분과 함께 어우러진 생선회맛은 일품이며, 소금구이로도 좋다. 무지개송어는 고단백질 식품이며, 지방함량이 4.6%고 DHA+EPA의 함량이 하루 섭취 권장량 (650mg)의 1.8배로 많아서 동맥경화, 뇌졸중 등과 같은 순환기 계통의 성인병 예방에 효과가 있다. 그리고 미량원소와 비타민류 등에 의한 빈혈예방, 칼슘흡수율 향상, 세포활성화 등에도 효과가 있다. 또한 무지개송어육 색소의 주체인 carotenoid계 색소는 항암, 항산화 등의 다양한 생리기능성을 가지고 있는 물질로 알려져 있고, astaxanthin은 carotenoid계 색소로서 퇴행성 질병을 지연하거나 예방하며, 불안정 산소를 안정화 하거나 유리라디칼(free radical)을 제거하는 등의 기능이 매우 뛰어나며, 항암작용 및 노화억제 등의 중요한 대사적 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 따라서 무지개송어의 우수한 품질과 맛은 소비자들을 감동시킬 수 있을 것으로 판단된다.

그리고 무엇보다 우수한 품질과 맛을 가진 무지개송어를 생선회를 즐길 때, 무엇보다 여름철 문제시 되고 있는 비브리오패혈증으로부터 안전하고, 각종 유해물질의 잔류 등을 정기적으로 검사하여 믿을 수 있는 무지개송어를 양식하고 있다. 민물생선회에서 문제시 될 수 있는 간디스토마 등으로부터 안전하다. 우리나라 양식 무지개송어는 우수한 품질과 맛을 지닐 뿐만 아니라, 비브리오패혈증, 유해물질, 간디스토마 등 식품 위생적으로 매우 안전하여 안심하고 먹을 수 있는 먹거리이다.

## 제 4장 참고문헌

Behnke RJ. 1992. Native Trout of Western North America. American Fisheries Society Monograph 6, Bethesda Maryland p275.

Choi SC. 2010. Effect of Astaxanthin Supplemented Diets on Biological Activities against Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Muscle. University of Pukyong, Korea.

El-Agameya A, Lowe GM, McGarvey DJ, Mortensen A, Phillip DM, Truscotta TG and Young AJ. 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. Arch Biochem Biophys 430:37-48.

Gomes FDS. 2007. Carotenoids: A possible protection against cancer development. Carotenoids: Uma possivel protecao contra odesenvolvimento de cancer 20:537-548.

Krinsky NI. 1989. Antioxidant functions of carotenoids. Free Radical Biol Med 7:617-635.

Needham PR and Behnke RJ. 1962. The Origin of Hatchery Rainbow Trout. PFC 24:156-158.

The Korean Nutrition Society. 2000. Recommended dietary allowances for Koreans. 7th ed. Chungang Publishing Co., Seoul. 157-166, 340-380.

Kim HS, Jang DK, Woo DK and Woo KL. 2002. Comparision of preparation methods for water soluble vitamin analysis in foods by reversed-phase HPLC. Korean J Food Sci Technol 34, 141-150.

Ellis JN. 1979. The use of natural and synthetic carotenoids in the diet to color the flesh of salmonid. Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fish Feed Technology, Hamburg, 20~23 June 1978, Vol.2. Heeneman, Berlin, 353-364.

Davey CL. 1960. The significance of carnosine and anserine in striated skeletal muscle. Arch Biochem Biophys 89, 303-308.

Baik KK, Choi YH, Lee JC, Park IS, Kim YK, Kim DY, Lee CS. 2007. Studies on seed production of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*-hatching rate and early stage performance of USA strain rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J Aquaculture 20, 85-89.

Tsuzuki MY, Ogawa K, Strussmann CA, Maita M and Takashima F. 2001. Physiological responses during stress and subsequent recovery at different salinities in adult pejerrey *Odontesthes bonariensis*. Aquaculture 200, 349-362.

Partridge GJ and Jenkins GJ. 2002. The effect of salinity on growth and survival of juvenile black bream (*Acanthopagrus butcheri*). Aquaculture 210, 219-230.

Morgan JD and Iwama GK. 1991. Effects of salinity on growth, metabolism, and ion regulation in juvenile rainbow trout and steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) and fall chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Can J Fish Aquat Sci 48, 2083- 2094.

Jarvis PL and Ballantyne JS. 2003. Metabolic responses to salinity acclimation in juvenile shortnose sturgeon *Acipenser brevirostrum*. Aquaculture 219, 891-909.

Maina JN. 1990. A study of the morphology of the gills of an extreme alkalinity and hyperosmotic adapted teleost *Oreochromis alcalicus grahami* (Boulenger) with particular emphasis on the ultrastructure of the chloride cells and their modifications with water dilution. A SEM and TEM study. *Anat Embryol* 181, 83-98.

Kawauchi H and Sower SA. 2006. The dawn and evolution of hormones in the adenohypophysis. *Gen Comp Endocrinol* 148, 3-14.

Madsen SS and Bern HA. 1992. Antagonism of prolactin and growth hormone: impact on seawater adaptation in two salmonids, *Salmo trutta* and *Oncorhynchus mykiss* *Zool Sci* 9, 775-784.

Laiz-Carrion R, Fuentes J, Redruello B, Guzman JM, Martin del Rio MP, Power D and Mancera JM. 2009.

Tomy S, Chang YM, Chen YH, Cao JC, Wang TP and Chang CF. 2009. Salinity effects on the expression of osmoregulatory genes in the euryhaline black porgy *Acanthopagrus schlegeli*. *Gen Comp Endocrinol* 161, 123-132.

Seale AP, Riley LG, Leedom TA, Kajimura S, Dores RM, Hirano T and Gordon Grau E. 2002. Effects of environmental osmolality on release of prolactin, growth hormone and ACTH from the tilapia pituitary. *Gen Comp Endocrinol* 128, 91-101.

Fruchtman S, Jackson L and Borski R. 2000. Insulin-like growth factor I disparately regulates prolactin and growth hormone synthesis and secretion: studies using the teleost pituitary model. *Endocrinology* 141, 2886-2894.

Jeong BY, Moon SK, Choi BD and Lee JS. 1999. Seasonal variation in lipid class and fatty acid composition of 12 species of Korean fish. *J Korean Fish. Soc* 32, 30-36.

McCormick SD, Sakamoto T, Hasegawa S and Hirano T. 1991. Osmoregulatory actions of insulin-like growth factor-I in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Endocrinol* 130, 87-92.

Mancera JM and McCormick SD. 1998. Evidence for growth hormone/insulin-like growth factor I axis regulation of seawater acclimation in the euryhaline teleost *Fundulus heteroclitus*. *Gen Comp Endocrinol* 111, 103-112.

Henmi H, Hata M and Hata M. 1989. Astaxanthin and/or canthaxanthin-actomyosin complex in salmon muscle. *Nippon Suisan Gakkai Shi* 55, 1583-1589

Tang HG, Chen LH, Xiao CG and Wu TX. 2009. Fatty acid profiles of muscle from large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.) of different age. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 10, 154-158.

Suyama, M., T. Suzuki, M. Maruyama and K. Saito. 1970. Determination of carnosine, anserine and balenine in the muscle of animal. *Nippon Suisan Gakkai Shi*. 36, 1048-1053.

Lukton A and Olcott HS. 1958. Content of free imidazole compounds in the muscle tissue of aquatic animals. *Food Res* 23, 611-618.

조미라, 박큰바위, 이희정, 김지희, 이태식, 정승희, 이두석, 윤호동, 김풍호. 2010. 양식 잉어 및 뱀장어에 경구투 fluoroquinolone계 항생제의 체내 잔류량

의 변화, 한국수산과학회지 43, 623-628.

심길보, 목종수, 조미라, 김풍호, 이태식, 김지희, 조영제. 2010. 시중 유통 자연산 및 양식산 활어의 항생제 잔류, 한국수산과학회지 43, 12-17.

국립수산진흥원. 1996. 수산물수출에 따른 HACCP제도 대응에 관한연구.

해양수산부. 2003. 고시 제 2003-30호.

해양수산부. 2002. 생산·출하 전단계 수산물에 대한 위해요소중점관리기준 설정 및 표준모델 개발에 관한 연구.

농림수산식품부. 2011. 고시 제2011-101호 .

수질환경보전법. 2005.

장동석, 김영만, 이명숙, 신일식, 이희정, 김지희, 박권삼, 오은경, 김영목, 이은우. 2010. 수산식품 안전의 이해. 부경대학교 출판부, 274-288.

한국송어양식협의회. 2005. 한국송어양식40주년기념사. 54-59

농림수산식품부. 2011. 「농림수산식품통계」

최치송, 엄성환, 이명숙, 김영목. 2010. 무지개송어 (*Oncorhynchus mykiss*)의 영양성분에 대한 astaxanthin 첨가사료의 영향, 한국수산과학회 43, 109-116.

김경삼, 최영준. 1993. 은연어와 무지개송어의 식품성분. 한국식품영양학회 6, 73-80.

박성연, 김해리. 1996. 무지개송어의 성숙에 따른 식품성분 및 지질과산화물

의 변화. 한국수산과학회 25, 928-931.

조영제. 2002. 생선회100배 즐기기. 도서출판 한글

조영제. 2006. 생선회 100배 즐기기(Ⅲ) 생선히감 바로알기. 도서출판 한글