

## 참전복 치패 사료의 지질원 평가

이상민 · 박흠기

강릉대학교 해양생명공학부

### Evaluation of Dietary Lipid Sources for Juvenile Abalone (*Haliotis discus hannai*)

Sang-Min Lee and Heum Gi Park

Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University,  
Kangnung 210-702, Korea

Three feeding experiments were carried out to evaluate the effects of fatty acids or lipid sources in diets on the survival, growth and body composition of juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Diets used in this study contained casein or fish meal as a protein source. Three replicate groups of abalone averaging 160 mg were fed with casein diets containing 12 : 0, 18 : 1, 18 : 2n-6, 18 : 3n-3, n-3HUFA, squid liver oil (SO), corn oil (CO), beef tallow (BT), SO+CO, and SO+BT, or fed fish meal diets containing SO, CO, BT, SO+CO, SO+BT and not supplemental oil for 20 weeks, respectively.

Survival rate, weight gain and soft body weight of abalone were not significantly affected by different fatty acids in the casein diets ( $P>0.05$ ). Weight gain, soft body weight and shell length of abalone fed the casein diets containing SO, SO+CO or SO+BT were significantly higher ( $P<0.05$ ) than those of abalone fed the casein diets containing CO or BT. Survival rate of abalone fed the fish meal diets was not influenced by different lipid sources ( $P>0.05$ ). Weight gain and soft body weight of abalone fed the fish meal diets containing beef tallow (BT or SO+BT diet) were lower than those of abalone fed the diet not added oil or diets containing SO, CO and/or SO+CO ( $P<0.05$ ). These data indicated that SO or SO+CO was good dietary lipid source for juvenile abalone, and that these oil supplement in diet was not necessary when fish meal was used as a protein source.

Key words : Abalone (*Haliotis discus hannai*), Formulated diet, Lipids, Fatty acids.

## 서 론

사료의 지질은 에너지원으로서 매우 중요하며, 특히 성장이 활발히 진행되는 비교적 어린 시기에 정상 성장을 위해서는 그 종이 요구하는 지방산의 종류와 양이 사료에 첨가되어야 한다(Sargent et al., 1989). 수중 생물은 그들이 요구하는 지방산의 종류와 양이 수온이나 염분도 등에 영향을 받아 육상동물과는 많은 차이가 있다(Castell, 1979 ;

Cowey and Sargent, 1979). 그래서 많은 연구자들은 양식대상 생물에 대하여 필수지방산의 종류와 요구량을 구명하기 위한 연구를 수행하였으며(Castell et al., 1972 ; Kanazawa et al., 1980 ; Takeuchi et al., 1983 ; Takeuchi et al., 1980), 담수어나 육상동물과는 달리 해산어는 EPA (eicosapentaenoic acid) 및 DHA (docosahexaenoic acid)와 같은 n-3HUFA (highly unsaturated fatty acids)를 요구한다고

하였다(이 등, 1993a : Lee et al., 1994 ; Gate-soupe et al., 1977 ; Kalogeropoulos et al., 1992 ; Leger et al., 1979 ; Watanabe, 1989). 이러한 지방산들은 체내에서 세포막의 효소활성 등 생리적인 기능에 중요한 역할을 담당하는 것으로 보고되어 있다(이 등, 1993b ; Baud et al., 1989 ; German et al., 1987 ; Lokesh et al., 1989 ; Stubbs and Smith, 1984 ; Thomson et al., 1986). 참전복에 대해서는 Uki et al., (1986c) 이 필수지방산의 종류와 요구량을 구명하기 위한 연구를 실시하여, 참전복의 필수지방이 n-3와 n-6계의 고도불포화지방산이라고 하였으며, n-3 HUFA 요구량이 약 1% 라고 추정하였다. 하지만 Uki의 결론은 어느 지방산이 필수지방산인지, 그 지방산의 요구량에 대한 언급이 다소 막연하였을 뿐 아니라 사료 단백질원으로 casein을 사용하였기 때문에 실용적인 측면에서 고찰이 없었다. 따라서 경제적인 배합사료 설계시 첨가하여야 할 지질의 종류와 량을 결정하기 위한 연구가 필요하다고 하겠다. 그 동안 참전복의 배합사료 개발을 위한 연구들(Mai et al., 1994, 1995a,b ; Uki et al., 1985a,b ; Uki et al., 1986a,b,c ; Viana et al., 1993 ; 노·유, 1984 ; 이 등, 1997 ; 이 등, 1998a,b,c ; 정 등, 1994)이 계속 수행되어 왔고, Uki et al. (1985a)과 Mai et al. (1995a)은 참전복 사료의 적정 지질 함량이 3~7%라고 보고한 바 있다. 그래서 본 실험에서는 앞 연구들에 이어서 우리 나라의 주요 양식종으로 부각되고 있는 참전복에 대하여 각각 카제인과 어분을 단백질원으로 첨가한 배합사료를 제조하여 적정 지질을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험사료

카제인과 북양어분을 각각 단백질원으로 하고 dextrin을 탄수화물원으로 첨가한 실험배합사료를 설정하여 Table 1~3에 표시한 바와 같이 지방산

HUFA)과 지질원(오징어 간유, 옥수수유 및 우지)을 달리 첨가하여 3회에 걸쳐 사육실험을 실시하였다. 즉, 실험 1은 카제인을 단백질원으로 하여 지방산 무첨가구(fat-free), 12 : 0 첨가구, 12 : 0을 각각 18 : 1, 18 : 2, 18 : 3 및 n-3 HUFA로 1.2%씩 대체한 실험구(Table 1), 실험 2는 카제인 사료에 오징어 간유(SO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SO+CO 및 SO+BT를 각각 5%씩 첨가한 실험구(Table 2), 실험 3은 어분 단백질 사료에 지질 무첨가구(None), SO, CO, BT, SO+CO 및 SO+BT를 각각 5%씩 첨가한 실험구(Table 3)를 설정하였다. 세 실험 모두 점결제로 알긴산나트륨을 24% 첨가하였으며, 지질을 제외한 사료의 영양소가 전복의 요구(Mai et al., 1994, 1995b ; Uki et al., 1985a,b ; Uki et al., 1986a,b ; 이 등, 1998b)에 맞도록 하였다. 사료성형은 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g를 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 배합사료의 형태는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온 건조 후 냉동고에 보관하면서 사료 공급시마다 사용하였다.

### 2. 실험어 및 사육관리

세 실험 모두 중간 크기의 건강한 치패(평균체중 : 160 mg)를 100마리씩 20 l plastic 수조에 각 사료마다 3반복으로 임의 배치하여 20주간(수온 : 9~18℃) 사육 실험하였다. 5~10 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였고, 2일마다 오후 3시에 사육수조를 청소한 후 오후 5시경에 사료를 공급하였으며, 주수량은 3l/min/tank로 조절하였다. 실험 시작시에는 300마리 이상, 실험 종료시에는 각 수조에 수용된 실험치패 전체를 sample로 취하여 냉동 보관(-75℃)하다가 각 개체의 무게, 각장, 각폭 등을 측정하고 가식부를 분리하여 성분 분석하였다.

### 3. 성분분석 및 통계처리

단백질원, 실험사료 및 어체의 일반성분은

Table 1. Composition (%) of the experimental diet (exp. -1)

Ingredient	Dietary lipid sources					
	F-free	12 : 0	18 : 1	18 : 2	18 : 3	n-3HUFA
Vitamin-free casein <sup>1</sup>	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Dextrin	32.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
$\alpha$ -Cellulose <sup>2</sup>	0.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
C12 : 0 <sup>2</sup>		5.0	3.8	3.8	3.8	3.8
C18 : 1 <sup>2</sup>			1.2			
C18 : 2n-6 <sup>2</sup>				1.2		
C18 : 3n-3 <sup>2</sup>					1.2	
n-3HUFA <sup>3</sup>						1.2
Vitamin premix <sup>4</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix <sup>5</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)						
Crude protein	35.1			35.7±0.6		
Crude lipid	0.1			4.0±0.5		
Crude ash	8.4			8.6±0.2		
Crude fiber	1.5			5.5±0.5		
n-3HUFA <sup>6</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

<sup>1</sup>Serva, Feinbiochemica GmbH & Co. Heidelberg, Germany.

<sup>2</sup>Sigma Chemical, St. Louis, MO, USA.

<sup>3</sup>Highly unsaturated fatty acids (gift from NCF Co., Ltd., Chiba, Japan), purity of EPA and DHA were 33% and 52%, respectively.

<sup>4</sup>Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix) : ascorbic acid, 200 ;  $\alpha$ -tocopheryl acetate, 20 ; thiamin, 5 ; riboflavin, 8 ; pyridoxine, 2 ; nicin, 40 ; Ca-D-pantothenate, 12 ; myo-inositol, 200 ; D-biotin, 0.4 ; folic acid, 1.5 ; p-amino benzoic acid, 20 ; K<sub>3</sub>, 4 ; A, 1.5 ; D<sub>3</sub>, 0.003 ; choline chloride, 200 ; cyanocobalamin, 0.003.

<sup>5</sup>Mineral mix contained the following ingredients (g/kg mix) : NaCl, 10, MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 150 ; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O, 250 ; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 320 ; CaH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, 200 ; Ferric citrate, 25 ; ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O, 4 ; Ca-lactate, 38.5 ; CuCl, 0.3 ; AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 0.15 ; KIO<sub>3</sub>, 0.03 ; Na<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0.01 ; MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, 2 ; CoCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O, 0.1.

<sup>6</sup>Highly unsaturated fatty acids (C<sub>≥</sub>20).

Table 2. Composition (%) of the experimental diet (exp. -2)

Ingredient	Dietary lipid sources				
	SO	CO	BT	SO+CO	SO+BT
Vitamin-free casein <sup>1</sup>	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Dextrin	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
$\alpha$ -Cellulose <sup>2</sup>	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Squid liver oil	5.0			2.5	2.5
Corn oil <sup>3</sup>		5.0		2.5	
Beef tallow			5.0		2.5
Vitamin premix <sup>4</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral premix <sup>5</sup>	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)					
Crude protein			34.1±0.8		
Crude lipid			4.5	0.5	
Crude ash			8.3±0.2		
Crude fiber			5.5±0.5		
n-3HUFA <sup>6</sup>	1.1	0.0	0.0	0.5	0.5

<sup>1, 2, 4, 5, 6</sup>Refer to Table 1.

<sup>3</sup>Tocopherol stripped, U.S. Biochemical, Cleveland, OH.

**Table 3. Composition (%) of the experimental diet (exp. -3)**

Ingredient	Dietary lipid sources					
	None	SO	CO	BT	SO+CO	SO+BT
White fish meal	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5	45.5
Dextrin	22.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
$\alpha$ -Cellulose <sup>1</sup>	0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Squid liver oil		5.0			2.5	2.5
Corn oil <sup>2</sup>			5.0		2.5	
Beef tallow				5.0		2.5
Vitamin preimix <sup>3</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Mineral preimix <sup>4</sup>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Sodium alginate	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Proximate analysis (dry weight basis)						
Crude protein	33.9			33.5±0.5		
Crude lipid	2.2			7.9±0.7		
Crude ash	16.9			16.9±0.3		
Crude fiber	1.5			3.0±0.3		
n-3HUFA <sup>5</sup>	0.9	2.0	0.9	0.9	1.5	1.5

<sup>1-5</sup>Refer to Table 1 and 2.

AOAC methods (1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550°C의 회화로에서 4시간 동안 태운 후 정량하였다. 지방산 분석은 이(1997)가 실시했던 방법과 동일하게 하였다.

결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) program으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리평균간의 유의성(P<0.05)을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 카제인 사료에 지방산 첨가 효과(실험 1)

단백질원을 카제인으로 하여 지방산이 달리 첨가된 6종의 사료(지방산 무첨가구, 12 : 0, 18 : 1, 18 : 2, 18 : 3 및 n-3HUFA 첨가구)로 평균 체중 160 mg 전후의 참전복을 20주간 사육 실험한 결과, 생존율은 12 : 0 첨가구가 68%로 다른 실험

험구의 78~86%보다 낮은 값을 보였으나 통계적인 차이는 없었다(P>0.05). 평균체중의 변화는 실험기간 중에 유의차가 없었으며(P>0.05), 최종 평균체중은 541~690 mg 범위였다. 증체율, 가식부 중량, 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부중량의 비(Table 4)도 사료의 지방산에 영향을 받지 않았다(P>0.05). 반면에 평균 각장은 지방산 무첨가구(fat-free)와 n-3HUFA 첨가구가 1.58 cm로 가장 낮아서 성적이 좋았던 18 : 1과 18 : 2 첨가구의 1.69~1.71 cm와 유의차를 보였다(P<0.05). 가식부(Table 5)의 수분과 단백질 함량은 실험구간에 차이가 없었으며(P>0.05), 지질은 지방산 무첨가구가 0.5%로 18 : 1 첨가구의 0.7%와 유의한 차이를 보였다(P<0.05).

위와 같이 성장효과가 지방산 무첨가 또는 사료에 첨가된 지방산에 영향을 받지 않았으며, n-3 HUFA 첨가구에서도 그 효과는 개선되지 못했다. 뿐만 아니라 각장에서는 n-3HUFA 첨가구의 효능이 떨어지는 예상치 못했던 결과가 나타났다. 이미 Uki et al. (1986c)은 참전복의 필수지방산이 n-3계와 n-6계 HUFA라고 하였는데, 본

**Table 4. Growth performance of abalone fed the casein diets containing different fatty acids for 20 weeks (exp.-1)<sup>1</sup>**

Dietary lipid sources	Final mean wt.(mg)	Weight gain (%) <sup>2</sup>	Soft body wt.(mg)	Shell length (cm)	Body wt./ shell length	Soft body wt./body wt.
F-free	603±92.2	279±46.5	317±58.5	1.58±0.05 <sup>a</sup>	0.31±0.05	0.56±0.02
12 : 0	562±92.2	326±79.7	300±55.6	1.59±0.06 <sup>ab</sup>	0.30±0.03	0.59±0.01
18 : 1	690±15.3	289±19.4	357±57.7	1.71±0.01 <sup>c</sup>	0.35±0.01	0.56±0.02
18 : 2	673±48.0	320±40.6	370±20.0	1.69±0.02 <sup>bc</sup>	0.36±0.03	0.56±0.03
18 : 3	625±91.3	309±48.0	323±40.4	1.65±0.05 <sup>abc</sup>	0.35±0.01	0.51±0.09
n-3HUFA	541±96.5	272±28.1	280±65.5	1.58±0.08 <sup>a</sup>	0.32±0.04	0.53±0.06

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>(Final weight - initial weight)×100/Initial weight.

**Table 5. Chemical compositions (%) of the soft whole body from abalone fed the casein diets containing different fatty acids for 20 weeks (exp.-1)<sup>1</sup>**

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
F-free	78.4±0.47	15.7±0.52	0.5±0.04 <sup>a</sup>
12 : 0	78.7±0.37	15.6±0.53	0.6±0.11 <sup>ab</sup>
18 : 1	78.1±1.01	15.5±1.22	0.7±0.01 <sup>b</sup>
18 : 2	79.0±0.66	14.6±1.02	0.6±0.06 <sup>ab</sup>
18 : 3	78.4±0.18	15.3±0.08	0.6±0.01 <sup>ab</sup>
n-3HUFA	77.9±0.74	15.6±0.18	0.6±0.11 <sup>ab</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

실험에서는 그러한 결론과 차이를 보이고 있다. 더욱이 fat-free 실험구의 성장도 다른 지방산 첨가구와 차이를 보이지 않은 것으로 나타나 Uki et al. (1985a)과 Mai et al. (1995a)의 결과와 차이를 보였다. 실험 1의 결과로 이러한 차이를 설명하기는 힘들지만, 아마도 전복의 경우 한 종류의 지방산만을 요구하는 것 같지는 않으며, 참전복의 필수지방산을 정확히 언급하기는 어려울 것 같다. 또한, 유영하는 어류의 먹이 섭취 방식과는 달리 전복은 야간에 느린 속도로 이동하면서 먹이를 탐색하여 조금씩 갈아먹기 때문에 사료가 섭취될 때까지는 사료중의 영양성분이 수중으로 유출될 수 있다. 이러한 문제점 등을 고려하면 전복의 영양소 요구량에 관한 연구에 어려움이 따르는 것이 사실이다.

**2. 카제인 사료에 지질원 첨가 효과(실험 2)**

단백질원으로 카제인을 사용하여 오징어 간유

(SO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SO+CO 및 SO+BT를 각각 5%씩 첨가한 배합사료로 실험 1과 같은 조건으로 사육 실험한 결과, 생존율은 73~84%로 실험구간에 유의한 차이는 없었다(P>0.05). 증체율 및 각장(Table 6)은 SO가 첨가된 실험구들(SO, SO+CO, SO+BT 사료)이 CO 및 BT를 첨가한 실험구보다 유의하게 높은 값을 나타내었다(P<0.05). 가식부 평균중량도 SO가 첨가된 SO+CO 및 SO+BT 실험구는 SO와 유의차없이 좋은 결과를 보였지만, CO와 BT가 첨가된 실험구는 SO보다 유의하게 낮은 값을 보였다(P<0.05). 또한 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부 중량의 비는 실험구간에 유의적인 차이는 없었지만(P>0.05), 그 변화는 성장과 유사하게 CO와 BT 실험구가 약간 낮은 경향이었다. 실험 종료시 가식부의 수분과 단백질 함량(Table 7)은 사료의 지질원에 영향을 받지 않았지만, 지질 함량은 SO가 첨가된 실험구(SO,

**Table 6. Growth performance of abalone fed the casein diets containing different lipid sources for 20 weeks (exp.-2)<sup>1</sup>**

Dietary lipids sources	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%) <sup>2</sup>	Soft body wt. (mg)	Shell length (cm)	body wt./ shell length	Soft body wt./body wt.
SO	739±26.8 <sup>b</sup>	418±10.3 <sup>b</sup>	400±40.0 <sup>b</sup>	1.69±0.02 <sup>b</sup>	0.40±0.03	0.57±0.07
CO	579±104.7 <sup>a</sup>	254±31.9 <sup>a</sup>	300±43.6 <sup>a</sup>	1.58±0.08 <sup>a</sup>	0.34±0.07	0.53±0.04
BT	581±84.2 <sup>a</sup>	273±54.9 <sup>a</sup>	300±55.7 <sup>a</sup>	1.59±0.09 <sup>a</sup>	0.32±0.04	0.52±0.03
SO+CO	686±25.1 <sup>ab</sup>	417±64.5 <sup>b</sup>	363±15.3 <sup>ab</sup>	1.77±0.01 <sup>b</sup>	0.34±0.01	0.57±0.02
SO+BT	714±30.3 <sup>b</sup>	349±3.4 <sup>b</sup>	373±20.8 <sup>ab</sup>	1.70±0.01 <sup>b</sup>	0.35±0.01	0.59±0.03

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

<sup>2</sup>(Final weight-initial weight)×100/Initial weight.

**Table 7. Chemical compositions(%) of the soft whole body from abalone fed the casein diets containing different lipid sources for 20 weeks (exp.-2)<sup>1</sup>**

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
SO	78.3±0.18	14.8±0.1	0.9±0.10 <sup>b</sup>
CO	78.3±0.72	14.2±0.4	0.6±0.08 <sup>a</sup>
BT	78.6±0.73	15.2±0.6	0.8±0.13 <sup>ab</sup>
SO+CO	78.0±0.49	15.2±0.2	0.9±0.10 <sup>b</sup>
SO+BT	77.8±0.17	15.1±0.1	1.0±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different (P<0.05).

SO+CO, SO+BT)가 CO첨가구보다 유의하게 높은 값을 보였다(P<0.05).

단백질원이 동일함에도 불구하고, 실험 1의 결과와는 달리, 실험 2에서는 성장효과가 사료의 지질에 영향을 받아 SO첨가구들이 양호한 결과를 보인 것은 아마도 SO에 함유된 EPA 및 DHA와 같은 n-3HUFA의 영향으로 생각된다. 하지만 실험 1에서는 n-3HUFA 첨가구의 성장이 다른 지방산 첨가구보다 양호하지 못했다. 이러한 차이는 참전복의 경우 어느 한 지방산만을 요구하는 것이 아님을 시사하고 있는데 현재로서 추정할 수 있는 것은 참전복의 경우 다른 어종과는 달리 n-3 HUFA와 함께 다른 지방산이 함유된 지질을 요구할 수 있다는 것이다. 하지만 이에 대해서는 차 후 상세한 연구가 요망된다.

본 실험에서 SO와 CO 및 BT를 혼합하여 첨가된 실험구의 성장이 SO만 5% 첨가한 실험구와 차이가 없었는데, 이 두 실험구의 n-3HUFA 함량은 0.5%였다. 따라서 참전복의 n-3HUFA 요구량은 Uki et al. (1986)이 추정된 n-3HUFA

요구량인 1%보다 낮음을 시사하고 있다. 위와 같이 본 실험과 타 연구결과에서 참전복의 필수 지방산의 종류와 요구량이 차이를 보이는 것은 실험 조건이나 사료 조성 및 사료 제조 과정에서 오는 것 일 수도 있지만, 이미 언급한 것처럼 전복류는 야행성으로 어류보다 먹이를 섭취하는데 걸리는 시간이 많이 필요하므로 사료의 수중 안정성 등의 문제가 잠재되어 있기 때문에 정확한 영양소 요구량을 구명하기가 어려운 실정이다. 이러한 이유로 현재까지 전복의 영양소 요구량은 정확히 설정되지 못한 채 적정 범위를 대략적으로 추정하는데 그치고 있다.

### 3. 어분 사료에 지질원 첨가 효과(실험 3)

실험 1과 2와는 달리 본 실험에서는 실용적인 측면을 고려하여 단백질원으로 어분이 첨가된 사료에 지질을 첨가하지 않은 사료(None)와 SO, CO, BT, SO+CO 및 SO+BT을 각각 5% 첨가한 사료를 설계하여 20주간 3반복으로 사육한 결과, 최종 생존율은 72~85%로 실험구간에 유

의한 차이는 없었다( $P>0.05$ ). 증체율(Table 8)은 우지가 첨가된 BT와 SO+BT 실험구가 181~183%로 None, SO 및 CO 실험구의 241~256%보다 유의하게 낮았다( $P<0.05$ ). 평균 가식부 중량과 각장은 지질을 첨가하지 않은 None 실험구가 가장 높은 값을 보여 가식부 중량은 SO+BT보다, 각장은 그 외 실험구들보다 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 반면에 각장에 대한 체중의 비 및 체중에 대한 가식부중량의 비는 사료간에 차이가 없었다. 실험종료시 가식부(Table 9)의 수분과 단백질 함량은 사료 지질에 영향을 받지 않았지만, 지질은 사료지질 함량과 지질원에 영향을 받아 지질 무첨가구가 가장 낮았고, SO와 SO+BT 실험구가 CO 실험구보다 낮은 경향이 있었다( $P<0.05$ ). 이처럼 지질 무첨가 실험구의 지질 함량이 지질 첨가구들보다 낮은 값을 보인 것은 사료 지질 함량에 영향을 받았기 때문으로 해석되고 이 등(1998b)도 전복 가식부의 지질 함량

은 사료의 지질 함량에 직접적인 영향을 받는 것으로 보고하였다.

위와 같이 지질 무첨가구의 성장효과가 지질 첨가구들에 비하여 낮아지지 않는 것은 이 등(1998b)도 지적한 바 있듯이 참전복의 지질 이용성이 그리 높지 않기 때문으로 생각된다. 실험 1과 2와 달리 본 실험에서는 단백질원으로 어분을 사용하였기 때문에 어분중의 지질 함량으로도 전복의 지질 요구량을 충족시킬 수 있음을 시사하고 있으며, 본 실험의 지질 무첨가구의 지질 함량(2.2%)은 Mai et al. (1995)의 연구에서 제시한 적정 지질 함량인 3~7%보다 낮은 값이다. 초식성 어류는 육식성 어류에 비해 지질과 단백질의 이용성이 상대적으로 낮고 탄수화물의 이용성이 높은 것이 특징이다(NRC, 1993). 전복도 초식성으로 자연에서 그들의 주 먹이인 해조류에는 1% 전후의 지질이 함유되어(이 등 1998c)있기 때문에 이 등(1998c)과 Mai et al. (1995a)도 언급한 바

Table 8. Growth performance of abalone fed the casein diets containing different lipid sources for 20 weeks (exp.-3)<sup>1</sup>

Dietary lipid sources	Final mean wt. (mg)	Weight gain (%) <sup>2</sup>	Soft body wt. (mg)	Shell length (cm)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
None	542±40.4	256±60.6 <sup>b</sup>	290±30.0 <sup>b</sup>	1.56±0.03 <sup>b</sup>	0.32±0.03	0.52±0.07
SO	525±95.9	253±20.9 <sup>b</sup>	260±55.6 <sup>ab</sup>	1.46±0.08 <sup>a</sup>	0.28±0.05	0.55±0.03
CO	487±26.9	241±14.7 <sup>b</sup>	237±57.7 <sup>ab</sup>	1.46±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.02	0.55±0.06
BT	473±33.8	183±19.7 <sup>a</sup>	237±25.1 <sup>ab</sup>	1.45±0.02 <sup>a</sup>	0.27±0.01	0.54±0.03
SO+CO	501±22.2	217±26.2 <sup>ab</sup>	253±11.5 <sup>ab</sup>	1.48±0.03 <sup>a</sup>	0.28±0.01	0.53±0.02
SO+BT	453±46.6 <sup>b</sup>	181±11.4 <sup>a</sup>	227±23.0 <sup>a</sup>	1.44±0.04 <sup>a</sup>	0.27±0.02	0.52±0.01

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>(Final weight-initial weight)×100/Initial weight.

Table 9. Chemical compositions(%) of the soft whole body from abalone fed the fish meal diets containing different lipid sources for 20 weeks (exp.-3)<sup>1</sup>

Dietary lipids	Moisture	Protein	Lipid
None	76.8±0.72	15.4±0.28	1.0±0.05 <sup>a</sup>
SO	77.4±0.55	14.7±0.56	1.5±0.04 <sup>b</sup>
CO	76.8±0.44	15.3±0.32	1.7±0.18 <sup>c</sup>
BT	77.0±0.64	15.2±1.03	1.6±0.06 <sup>bc</sup>
SO+CO	76.8±0.72	15.1±0.43	1.6±0.13 <sup>bc</sup>
SO+BT	76.7±0.38	15.2±0.15	1.4±0.14 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Values (mean±s.d. of three replications) in the same column not sharing a common superscript are significantly different ( $P<0.05$ ).

있듯이 선천적으로 전복의 지질 이용 능력은 매우 낮은 것으로 생각된다. 따라서 참전복 사료의 지질 함량을 2% 정도가 되도록 설계하여도 무방할 것으로 생각된다. 그러나 실험 2와 Uki et al. (1986 c)의 실험에서 n-3HUFA와 같은 지방산이 전복의 성장을 개선시키는 효과가 있었으므로 사료의 지질 함량이 낮다하더라도 필수지방산의 요구량은 만족되어야 할 것이다. 실험 2에서 성장효과가 양호했던 사료(SO, SO+CO, SO+BT)의 n-3HUFA의 함량은 0.5~1.1% 범위였으며, 어분이 첨가된 본 실험에서는 지질 무첨가구를 비롯하여 모든 사료의 n-3HUFA 함량은 0.9% 이상으로 나타났기 때문에 참전복의 n-3HUFA 요구량은 만족된 것으로 보인다. 또한, 사료에 지질을 추가로 오징어 간유나 옥수수유를 첨가한 것은 성장에 역효과를 초래하지 않았지만, n-3HUFA 요구량이 만족되었음에도 불구하고 우지를 첨가하는 것은 오히려 역효과가 초래되었으므로 우지는 참전복 사료의 지질원으로 적합하지 않은 것으로 판단된다. 이는 우지의 지방산조성이나 융점과 같은 특성에 의한 것으로 생각되나 차후 지방대사 등 상세한 연구가 있어야 할 것이다.

이상의 결과들로부터 참전복은 한 종류의 지방산보다는 n-3HUFA가 0.5% 이상 함유된 여러 종류의 지방산들로 구성된 지질을 요구하는 것으로 짐작된다. 또한 어분이 첨가된 사료에 지질이 2% 이상일 때는 에너지원으로 지질을 더 첨가할 필요는 없으며, 지질을 추가로 첨가할 경우에는 우지와 같은 저급 지방보다는 어유나 식물성 기름과 같은 융점이 낮은 지질원을 첨가하는 것이 바람직할 것으로 기대된다.

## 요 약

참전복 치패용 배합사료의 적정 지질원을 조사하기 위하여 카제인과 북양어분을 각각 단백질원으로 하고 지방산과 지질원을 달리 첨가하여 3회에 걸쳐 사육실험을 실시하였다. 세 실험 모두 평균체중 160 mg의 치패를 각 수조에 100마리씩

수용하여 사료마다 3반복으로 20주간 사육 실험하였다.

### 1. 카제인 사료에 지방산 첨가 효과

단백질원을 카제인으로 하여 지방산이 달리 첨가된 6종의 사료(지방산 무첨가구, 12:0, 18:1, 18:2, 18:3 및 n-3HUFA 첨가구)로 사육 실험한 결과, 생존율, 최종 평균체중, 증체율 및 가식부 중량도 사료의 지방산에 영향을 받지 않았다( $P>0.05$ ). 반면에 평균 각장은 지방산 무첨가구(fat-free)와 n-3HUFA 첨가구가 가장 낮아서 18:1과 18:2 첨가구와 유의차를 보였다( $P<0.05$ ). 가식부의 수분과 단백질 함량은 실험구간에 차이가 없었으며( $P>0.05$ ), 지질은 지방산 무첨가구가 0.5%로 18:1 첨가구의 0.7%와 유의한 차이를 보였다( $P<0.05$ ).

### 2. 카제인 사료에 지질원 첨가 효과

단백질원을 카제인으로 하여 오징어 간유(SO), 옥수수유(CO), 우지(BT), SO+CO 및 SO+BT를 각각 5%씩 첨가한 배합사료로 사육 실험한 결과, 생존율은 실험구간에 유의한 차이는 없었으나( $P>0.05$ ), 최종평균체중, 증체율 및 각장은 SO, SO+CO 및 SO+BT (n-3HUFA 함량: 0.5%) 실험구가 CO 및 BT 실험구보다 높은 값을 나타내었다( $P<0.05$ ). 가식부 평균중량도 SO+CO 및 SO+BT 실험구는 SO 실험구와 유의차없이 좋은 결과를 보였지만, CO 및 BT가 실험구는 SO 실험구보다 유의하게 낮은 값을 보였다( $P<0.05$ ). 실험 종료시 가식부의 수분과 단백질 함량은 사료의 지질원에 영향을 받지 않았지만, 지질 함량은 SO가 첨가된 실험구(SO, SO+CO, SO+BT)가 CO첨가구보다 유의하게 높은 값을 보였다( $P<0.05$ ).

### 3. 어분 사료에 지질원 첨가 효과

실용적인 측면을 고려하여 단백질원으로 어분이 첨가된 사료에 지질을 첨가하지 않은 사료와 SO, CO, BT, SO+CO 및 SO+BT를 각각 5% 첨



가한 사료로 사육한 결과, 생존율은 실험구간에 유의차가 없었으나( $P>0.05$ ), 증체율은 BT와 SO+BT 실험구가 지질 무첨가구 (지질함량 : 2.2%), SO 및 CO 실험구보다 유의하게 낮았다 ( $P<0.05$ ). 실험종료시 가식부의 수분과 단백질 함량은 사료 지질에 영향을 받지 않았지만, 지질은 사료 지질 함량과 지질원에 영향을 받아 지질 무첨가가 가장 낮았다( $P<0.05$ ).

이상의 결과들로부터 참전복 치패용 배합사료에는 n-3HUFA가 0.5% 이상 함유되어야 할 것으로 생각되며, 어분이 첨가된 사료에 지질이 2% 이상일 때는 지질을 추가로 첨가할 필요는 없으며, 지질을 추가할 경우 우지보다는 어유나 식물성 기름을 첨가하는 것이 바람직할 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Baud, I., J.P. Oudinet, M. Bens, L. Noe, M.N. Peraldi, E. Rondeau, J. Etienne and R. Ardaillou, 1989. Production of tumor necrosis factor by rat mesangial cells in response to bacterial lipopolysaccharide. *Kidney Int.*, 35 : 1111-1118.
- Castell, J.D., 1979. Review of lipid requirements of finfish. In : Proc. World Symp. on Finsish Nutrition and Fishfeed Technology, Vol. I. Hamburg 20-23 June, 1978. pp. 59-84.
- Castell, J.D., R.O. Sinnhuber, J.H. Wales and D.J. Lee, 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) : growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. *J. Nutr.*, 102 : 77-86.
- Cowey, C.B. and J.R. Sargent, 1979. Nutrition. In : W. S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Eds), *Fish Physiology*, Vol. VIII. Academic Press, Orlando, FL, pp. 1-69.
- Duncan, D. B., 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- Gatesoupe F., C. Leger, R. Metailler and P. Luquet, 1977. Alimentation lipidique du turbot (*Scophthalmus maximus* L.) I. Influence de la longueur de chaine des acides gras de la serie  $\omega 3$ . *Ann. Hydrobiol.*, 8 : 89-97.
- German, J.B., B. Lokesh and J.E. Kinsella, 1987. Modulation of zymosan stimulated leukotriene release by dietary unsaturated fatty acids. *Prostaglandins Leukotrienes Med.*, 30 : 69-76.
- Kanazawa, A., S.I. Teshima, M. Sakamoto and Md.A. Awal, 1980. Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 1353-1356.
- Kalogeropoulos, N., M.N. Alexis and R.J. Henderson, 1992. Effect of dietary soybean and cod-liver oil levels on growth and body composition of gilthead bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 104 : 293-308.
- Lee S. M., J. Y. Lee and S. B. Hur, 1994. Essentiality of dietary eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid in Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27 : 721-726.
- Leger, C., F.J. Gatesoupe., R. Metailler., P. Luquet and L. Fremont, 1979 : Effect of dietary fatty acids differing by chain lengths and  $\omega$  series on the growth and lipid composition of turbot *Scophthalmus maximus* L. *Comp. Biochem. Physiol.*, 64B : 345-350.
- Lokesh, B.R., J.M. Black and J.E. Kinsella, 1989. The suppression of eicosanoid synthesis by peritoneal macrophages is influenced by the ratio of dietary docosahexaenoic acid to linoleic acid. *Lipids*, 24 : 389-593.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture*, 128 : 115-130.
- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1995a. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Response of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture*, 134 : 65-80.

- Mai, K., J. P. Mercer and J. Donlon, 1995b. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136 : 165-180.
- NRC (National Research Council), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Acad. Press, Washington, D.C. 114pp.
- Sargent J.R., R.J. Henderson and D.R. Tocher, 1989. Lipids. In : J.E. Halver (Eds), *Fish Nutrition*, 2nd Edn, Academic Press, London, pp. 153-218.
- SPSS for Window, 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Stubbs, C.D. and A.D. Smith, 1984. The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. *Biochim. Biophys. Acta*, 779 : 89-137.
- Takeuchi, T., S. Arai, T. Watanabe and Y. Shimma, 1980. Requirement of eel *Anguilla japonica*, for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 345-353.
- Takeuchi, T., S. Satoh and T. Watanabe, 1983. Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 49 : 1127-1134.
- Thomson, A.B.R., M. Keelan, M.T. Clandinin and K. Walker, 1986. Dietary fat selectively alters transport properties of rat jejunum. *J. Clin. Invest.*, 77 : 279-288.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1985a. Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 1825-1833 (Japanese).
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1985b. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 1835-1839 (Japanese).
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1986a. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1005-1012 (Japanese).
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe, 1986b. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1190-1204 (Japanese).
- Uki, N., M. Sugiura and T. Watanabe, 1986c. Requirement of essential fatty acids in the abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1013-1026 (Japanese).
- Viana, M.T., L.M. Lopez and A. Salas, 1993. Diet development for juvenile abalone *Haliotis fulgens*. Evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture*, 117 : 149-156.
- Watanabe, T., M.S. Izquierdo, T. Takeuchi, S. Satoh and C. Kitajima, 1989. Comparison between eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in terms of essential fatty acid efficacy in larval red seabream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55 : 1635-1640.
- 노섬 · 유성규, 1984. 전복의 증식에 관한 연구. (III). 전복먹이로서 육상식물의 이용에 관한 연구. *수진연보*, 33 : 173-183.
- 이상민 · 이종운 · 강용진 · 윤호동 · 허성범, 1993a. 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 n-3 계고도불포화 지방산 요구량. *한국수산학회지*, 26 : 477-492.
- 이상민 · 이종운 · 강용진 · 허성범, 1993b. 사료의 n-3계 고도불포화지방산 함량에 따른 조피볼락 *Sebastes schlegeli*의 성장 및 생화학적 변화 II. 혈액성분 변화 및 간세포 성장. *한국양식학회지*, 6 : 107-123.
- 이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규, 1997. 실험 배합 사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. *한국양식학회지*, 10 : 417-429.
- 이상민, 1997. 사료 지질원과 사육 수온에 따른 조피볼락 치어 및 성어의 영양소 소화율. *한국영양사료학회지*, 21 : 381-390.
- 이상민 · 윤성종 · 허성범, 1998a. 참전복 사료의 단백질원 평가. *한국양식학회지*, 11 : 19-29.
- 이상민 · 윤성종 · 민광식 · 유성규, 1998b. 참전복 사료의 탄수화물원 평가. *한국양식학회지*, 11 : 133-140.
- 이상민 · 임영수 · 문영봉 · 유성규 · 노섬, 1998c. 참전복 사료의 해조류 및 *spirulina* 첨가 효과. *한국양식학회지*, 11 : 31-38.
- 정성채 · 지영주 · 손팔원, 1994. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한연구. II. 먹이별 사육효과. *한국양식학회지*, 7 : 77-87.