

참전복 사료의 탄수화물원 평가

이상민 · 윤성종* · 민광식* · 유성규**

강릉대학교 해양생명공학부, *국립수산진흥원

**부경대학교 양식학과

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

Sang-Min Lee, Sung Jong Yun*, Kwang Sik Min* and Sung Kyoo Yoo**

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

*National Fisheries Research and Development Institute, Pusan 619-900, Korea

**Aquaculture Division, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

A 20-week growth trial was conducted in flow-through aquarium system to investigate the practical dietary carbohydrate sources for juvenile abalone (*Haliotis discus hannai*). Four replicate groups of the abalone averaging 0.125 g were fed one of eight diets containing 24.2% wheat flour (WF), 20% dextrin (DEX), 20% sucrose (SUC), 10% α -potato starch + 10% β -potato starch (ab-S), 15% α -potato starch (a-S15), 20% α -potato starch (a-S20), 25% α -potato starch (a-S25), or mixture (MIX) with practical ingredients such as soybean meal, corn gluten meal, cotton seed meal and wheat flour. In addition, these formulated diets were compared with macroalgae such as dried sea mustard *Undaria* (D-SM) or dried sea tangle *Laminaria* (D-ST).

Survival rate, weight gain, shell growth and soft body weight of abalone were not significantly affected by the different dietary carbohydrate sources ($P > 0.05$), whereas those fed a-S15 diet were slightly low. These values of abalone fed D-ST were lowest ($P < 0.05$), followed by those fed D-SM. Lipid contents of soft body from abalones fed a-S25, D-ST or D-SM were significantly lower than those of abalone fed other diets ($P < 0.05$). These data indicate that abalone can equally utilize any carbohydrate sources used in this study.

Key words : Abalone, Carbohydrate, Formulated diet, Natural diet (algae).

서 론

참전복의 인공종묘생산기술 확립과 함께 최근 참전복 양식에 대한 관심이 높아져 육상 수조에서 양성하는 곳이 현저히 증가되고 있고, 정 등(1994 a,b)은 육상 사육 수조에 관한 효과를 비교하였다.

이와 함께 전복양식의 안정적인 발전을 위해서는 실용적인 배합사료를 개발하여 이용하여야 하는데, 경제적이고 사료효율이 높은 배합사료를 개발하기 위해서는 단백질, 지질 및 탄수화물 등의 사료 영양소 균형이 중요하다. 그래서 참전복에 대해서는 이미 적정 단백질 및 지질 함량과 원료의

본 연구는 농림부 현장애로기술개발사업의 연구비로 수행되었음.

이용성(Uki et al., 1985a, 1986a,b ; Mai et al., 1995a,b ; 이 등, 1998a ; 이 · 박, 1998)에 대한 연구가 수행되었으며, 천연 해조류 및 *spirulina*의 첨가효과(이 등, 1998b)도 연구되었다. 이러한 결과들을 바탕으로 이(1998)는 참전복용 경제적인 배합비를 설계하고 평가하였다.

탄수화물은 사료의 성형을 도와주는 역할을 할 뿐 아니라 체내의 중요한 에너지원으로 작용하기 때문에 사료 단백질질을 절약할 수 있는 영양소이다. 또한, 탄수화물원의 원가가 다른 영양소원에 비해 싸기 때문에 대상종에 그 이용성이 연구되면 사료단가를 절감할 수 있는 영양소이다. 탄수화물의 이용성은 어종에 따라 달라져(NRC, 1993), 육식성 어류 사료의 적정 탄수화물 함량은 방어와 참돔이 각각 10% 및 20%로 알려진 반면에 잡식성인 잉어는 30%까지 첨가할 수 있는 것으로 알려져 있다(Furuichi and Yone, 1980). 전복은 해조류를 주 먹이로 섭취하기 때문에 탄수화물 이용성이 높을 것으로 판단되나, 전복사료를 연구한 학자들은 사료의 탄수화물원으로 dextrin을 주로 첨가하였고(Furuichi and Yone, 1980 ; Mai et al., 1995a,b ; Uki et al., 1985a,b ; Uki et al., 1986a,b), 이에 대한 언급은 없었다. 그래서 본 실험은 전복의 영양요구에 관한 연구의 일환으로 사료의 적정 탄수화물 종류 및 첨가량을 구명하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

1. 실험사료

Table 1에 표시한 것처럼 이미 수행된 연구결과(Uki et al., 1985a ; 이 등, 1998a)에 따라 카제인, 북양어분 및 대두박을 단백질원으로 한 실험사료에 소맥분(WF), dextrin(DEX), α -potato starch(a-S), $\alpha + \beta$ -potato starch(ab-S), sucrose(SUC)를 20~24%씩 첨가하여 그 이용성을 평가하였고, α -potato starch를 15%(a-S15), 20%(a-S20) 및 25%(a-S25) 첨가하여 적정 함량을 조사하였다. 또한, 탄수화물원을 별도로

첨가하지 않고, 북양어분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분의 첨가 비율을 조절하여 탄수화물 함량이 다른 배합사료구들과 유사하도록 한 실험구(MIX)도 설정하였다. 이 · 박(1998)의 결과에 따라 지질원으로 오징어간유와 대두유를 첨가하였고, 점착제로는 알긴산나트륨을 23% 첨가하였다. 이와 같이 제조된 실험 배합사료들을 천연먹이인 건조 다시마와 건조 미역 공급구를 두어 비교하였다.

조섬유와 알긴산나트륨을 제외한 실험사료의 탄수화물 함량은 23.4% 전후였으며, a-S15와 a-S25 사료는 각각 18.4%와 28.4%로 계산되었다. 그리고 실험사료의 영양성분 분석 값에서 가용무질소물(NFE) 함량을 계산한 결과, 미역과 다시마를 포함하여 그 값이 46% 전후로 나타났으며 이 값은 알긴산 함량이 포함되고 조섬유 함량은 제외된 것이다.

사료성형은 이 등(1997)의 결과를 토대로 각 원료를 잘 혼합한 후 혼합물 100 g 당 물 100 g을 가하고 다시 혼합한 후 압착하여 5%의 염화칼슘 수용액에 1분간 담구어 알긴산나트륨을 칼슘염으로 치환시켰다. 사료는 두께 0.15 cm에 1 cm 사각이 되도록 칼로 절단하여 저온상태(10℃ 이하)에서 건조하여 냉동고에 보관(-25℃)하면서 사료 공급시마다 사용하였다.

2. 실험전복 및 사육관리

실험용으로 중간 크기의 건강한 치패(평균체중 : 125 mg)를 40개의 각 실험수조(20ℓ)에 60마리씩 완전임의 배치하여 각 사료마다 4반복으로 20주간 사육실험하였다. 5~10 주 간격으로 실험수조에 수용된 치패 전체 무게를 측정하였으며, 먹이는 2일 1회 각 실험수조마다 약 2 g 씩 공급하였고, 먹고 남은 잔량은 먹이 공급전에 수거하였다. 주수량은 3ℓ/min로 조절하였으며, 사육기간 중의 수온변화는 9~20℃였다.

3. 성분분석 및 통계처리

실험사료 및 어체의 일반성분은 AOAC 방법

Table 1. Composition (%) of the experimental diets

Ingredients	Carbohydrate sources								Natural food	
	WF	DEX	SUC	ab-S	a-S15	a-S20	a-S25	MIX	D-ST	D-SM
Casein	14	16	16	16	16	16	16		Dried-	Dried-
White fish meal	14	16	16	16	16	16	16	11	sea	sea
Soybean meal	9	10	10	10	10	10	10	15	tangle	mustard
Corn gluten meal								12	(Laminaria)	(Undaria)
Cottonseed meal								12		
Wheat flour	24.2							14.5		
Dextrin		20								
Sucrose			20							
α -potato starch				10	15	20	25			
β -potato starch				10						
α -Cellulose	3.7	2.5	2.5	2.5	5.3	2.5		0.4		
Squid liver oil	1.8	2	2	2	3.1	2	0.9	1.8		
Soybean oil	1.8	2	2	2	3.1	2	0.9	1.8		
Vitamin premix ¹	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5		
Mineral premix ²	6	6	6	6	6	6	6	6		
Sodium alginate	23	23	23	23	23	23	22.7	23		
Nutrient contents (%) in dry matter ³										
Crude protein	31.8 (31.7)	33.5 (31.7)	31.3 (31.7)	32.7 (31.7)	32.3 (31.7)	32.0 (31.7)	32.1 (31.7)	31.5 (32.0)	8.1	12.8
Crude lipid	5.3	5.3	5.3	5.3	7.5	5.3	3.1	5.3	0.7	1.0
Crude ash	11.8	11.8	11.7	12.4	12.0	13.8	13.5	12.0	42.5	36.2
Crude fiber	5.2	4.0	4.0	4.0	6.8	4.0	1.5	4.9	5.5	3.0
Carbohydrate	(23.4)	(23.4)	(23.4)	(23.4)	(18.4)	(23.4)	(28.4)	(23.2)		
NFF ⁴	45.9	45.4	47.7	45.6	41.4	44.9	49.8	46.3	43.2	47.0

¹Vitamin mix contained the following amount which were diluted in cellulose (g/kg mix) : ascorbic acid, 200 ; α -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 ; K₃, 4 ; A, 1.5 ; D₃, 0.003 ; choline chloride, 200 ; cyanocobalamin, 0.003.

²Mineral mix contained the following ingredients (g/kg mix) : NaCl, 10, MgSO₄ · 7H₂O, 150 ; NaH₂PO₄ · 2H₂O, 250 ; KH₂PO₄, 320 ; CaH₄(PO₄)₂ · H₂O, 200 ; Ferric citrate, 25 ; ZnSO₄ · 7H₂O, 4 ; Ca-lactate, 38.5 ; CuCl, 0.3 ; AlCl₃ · 6H₂O, 0.15 ; KIO₃, 0.03 ; Na₂Se₂O₃, 0.01 ; MnSO₄ · H₂O, 2 ; CoCl₂ · 6H₂O, 0.1.

³Values in the parenthesis were calculated based on analysis of ingredients.

⁴Nitrogen-free extract calculated by difference : 100 - (crude protein + crude lipid + crude ash + crude fiber).

(1990)에 따라 분석하였는데, 조단백질(N×6.25)은 Automatic analyzer (Vapodest 5/6, Gerhardt)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105℃의 dry oven에서 4 시간 동안 건조 후 측정하였다. 또한, 조섬유는 Automatic analyzer (Fibertec, Tecator)를 이용하였고, 조회분은 550℃의 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 정량하였다. 결과는 SPSS for Window (SPSS Inc., 1993) pro-

gram으로 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리 평균간의 유의성을 5% 유의수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

Table 2에 나타낸 바와 같이 20주간 사육한 후의 생존률은 건조 다시마와 건조 미역구가 타 실험구보다 낮았다(P<0.05). 실험종류시의 평균

Table 2. Growth performance of abalone fed the different carbohydrates for 20 weeks¹

Dietary carbohydrates	Survival rate(%)	Weight gain (%) ²	Shell length (cm)	Soft body wt. (g)	Body wt./shell length	Soft body wt./body wt.
Wheat flour	90±5.8 ^b	224± 7.7 ^{cd}	1.49±0.05 ^c	0.22±0.02 ^c	0.26±0.02 ^c	0.49±0.02
Dextrin	89±4.3 ^b	228± 7.9 ^{cd}	1.45±0.03 ^c	0.21±0.02 ^{bc}	0.25±0.02 ^{bc}	0.45±0.02
Sucrose	89±6.6 ^b	248±49.2 ^d	1.48±0.04 ^c	0.22±0.03 ^c	0.27±0.03 ^c	0.46±0.01
$\alpha+\beta$ -potato starch	85±6.8 ^b	250±31.4 ^d	1.50±0.10 ^c	0.23±0.05 ^c	0.27±0.03 ^c	0.48±0.03
α -potato starch 15%	83±5.3 ^b	196±30.5 ^{bc}	1.42±0.06 ^{bc}	0.19±0.03 ^{bc}	0.24±0.03 ^{bc}	0.48±0.02
α -potato starch 20%	93±9.9 ^b	229±44.7 ^{cd}	1.48±0.08 ^c	0.23±0.02 ^c	0.27±0.01 ^c	0.48±0.04
α -potato starch 25%	90±5.5 ^b	229± 6.8 ^{cd}	1.44±0.05 ^{bc}	0.21±0.02 ^{bc}	0.25±0.01 ^{bc}	0.48±0.03
Mix	89±3.5 ^b	228±29.8 ^{cd}	1.46±0.05 ^c	0.20±0.02 ^{bc}	0.26±0.02 ^c	0.46±0.03
Dried <i>Laminaria</i>	47±3.8 ^a	111±20.8 ^a	1.31±0.04 ^a	0.13±0.02 ^a	0.19±0.01 ^a	0.45±0.01
Dried <i>Undaria</i>	54±8.6 ^a	157±31.4 ^b	1.35±0.07 ^{ab}	0.17±0.03 ^{ab}	0.22±0.04 ^{ab}	0.44±0.04

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

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

체중(Fig. 1)과 증체율(Table 2)은 건조 다시마 공급구가 유의하게 가장 낮았고(P<0.05), 건조 미역 공급구도 α -potato starch 15% 첨가구를 제외한 배합사료 공급구보다 낮은 값을 보였다(P<0.05). 배합사료 공급구 중에서 최종 평균체중과 증체율은 사료의 탄수화물 종류 즉, 소맥분, dextrin, α -potato starch, $\alpha+\beta$ -potato starch, suc-

rose 20% 첨가구들, α -potato starch 25% 첨가구, 혼합 첨가구 사이에서는 서로 차이가 없었다(P>0.05). 반면에 α -potato starch 15% 첨가구가 타 실험구보다 다소 낮아져 $\alpha+\beta$ -potato starch 20% 첨가구와 유의한 차이를 보였다(P<0.05). 실험 종료시의 각장의 변화(Table 2)도 체중 변화와 비슷한 경향을 보여 다시마와 미역 공급구가 배합사료 공급구보다 낮은 값을 보였으며(P<0.05), 가식부 중량 및 각장에 대한 체중의 비도 유사한 경향을 보였다. 반면에 체중에 대한 가식부의 중량은 실험구간에 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

해산동물 중에서도 어류는 전복과 달리 육식성이 강하여 단백질 요구량이 높고, 탄수화물 이용성이 잡식성이나 초식성 어류보다 낮은 것으로 알려져 있는데, 이는 관련 효소의 분비능력 차이로 해석되고 있다(Shimeno et al., 1979). 또한, 탄수화물원에 따라 잉어와 참돔의 경우(Furuichi and Yone, 1982)는 α -starch를 dextrin이나 glucose보다 더 잘 이용한다고 보고되어 있고, 차넬메기(Willson and Poe, 1987)는 corn starch보다 dextrin의 이용률이 좋았으며, 단당류보다는 다당류를 섭취한 실험구의 성장이 좋았다고 보고되었다. 조피볼락의 경우(정 등, 1995)는 α -starch보다 β -starch를 첨가한 실험구의 사료효

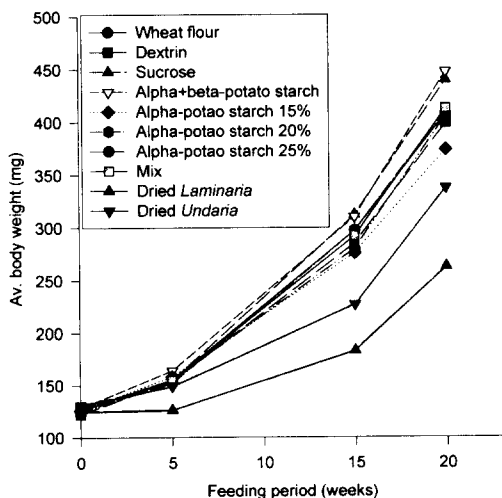


Fig. 1. Growth of abalone fed the different dietary carbohydrates for 20weeks.

율이 더 높은 것으로 보고되어 있다. 하지만 이러한 어종간의 차이들이 무엇 때문인지에 대해서는 정확히 밝혀져 있지 않기 때문에 대상어종, 사육 환경, 사료조성, 소화율 등의 외적요인과 생화학적 요인으로 보다 상세한 연구가 수행되어야 할 것이다. 본 실험의 탄수화물원에서 2당류인 sucrose나 다당류인 dextrin 및 starch 공급이 참전복의 성장과 체성분에 특별히 영향을 미치지 못하는 것으로 보아 참전복의 경우 소화관에서 다당류를 분해할 수 있는 효소가 부족한 것 같지는 않다. 따라서 본 실험에서와 같이 참전복 사료의 탄수화물원으로 어떤 종류를 사용하여도 좋을 것으로 판단되며, 사료 설계시 가장 가격이 저렴한 탄수화물원을 선택할 수 있을 것으로 기대된다. 특히 본 실험에서 식물성 원료를 혼합한 실험구의 탄수화물도 잘 이용되는 것으로 나타나 탄수화물 함량이 높은 원료를 사용할 때 별도로 탄수화물원을 첨가하지 않아도 될 것으로 기대된다. 또한, 혼합첨가구의 경우 단백질원으로 casein을 첨가하지 않고 어분 함량도 타 배합사료구보다 낮은 뿐 아니라 주 단백질원으로 부적당하다고 보고된(이 등, 1998a) corn gluten meal이 12% 첨가되어 있음에도 불구하고 성장효과가 양호한 것은 경제적인 배합사료 설계에 도움이 될 것으로 판단된다.

성장 및 생존률에서 α -potato starch 15% 첨가구는 20% 및 25% 첨가구와 유의한 차이는 없었지만, 수치상으로 낮은 값을 보여 참전복 사료에 탄수화물을 20% 이상 첨가하는 것이 가능할 것으로 보인다. 어류에 있어서 사료의 탄수화물 최대 첨가량은 잉어의 경우 30%까지 가능한 것으로 보고되었으나, 육식성인 참돔과 방어의 탄수화물 이용성은 10~20%로 낮아진다고 보고되어 있다(Furuichi and Yone, 1980). 본 실험사료에서 점착제로 첨가된 알긴산을 탄수화물 함량에서 제외하고 사료원료의 탄수화물 함량을 계산하면 23.4% 전후가 되지만 알긴산을 포함한 NFE(가용무질소물)의 함량은 46% 전후로 매우 높아진다. 전복은 복합다당류인 알긴산을 분해할 수

있는 alginase를 가지고 있다고 보고되어 있어(Oshima, 1931), 알긴산도 에너지원으로 사용될 수 있음을 시사하고 있다. 더욱이 바다에서 전복의 주요 먹이인 미역이나 다시마와 같은 해조류에는 알긴산이 다량 함유되어 있으므로 본 실험의 결과와 이를 고려한다면 전복의 탄수화물 이용성은 어류에 비해 매우 높음이 확실하다.

이미 언급한 것처럼 육식성 어류는 단백질 요구량이 높은 대신 탄수화물 이용성이 낮고 잡식성이나 초식성 어류는 단백질 요구량이 비교적 낮은 반면에 탄수화물 이용성이 높은 것(NRC, 1993)은 체내에서 에너지원으로 탄수화물을 잘 이용하여 사료 단백질이 절약될 수 있었기 때문으로 생각된다. 본 실험에서와 같이 전복의 경우도 그 만큼 탄수화물이나 알긴산 같은 비 단백질질을 잘 이용할 수 있기 때문에 단백질 요구량이 20~30%(Uki et al., 1986b; Mai et al., 1995b)로 육식성 어류(NRC, 1993)보다 낮은 것으로 간주된다. 또한, 본 실험에서 실험 배합사료들의 에너지 함량이 서로 비슷한 수준이 되도록 설계하였지만 지질 함량이 상대적으로 높은 α -potato starch 15% 및 25% 첨가구의 성장효과가 α -potato starch 20% 및 25% 첨가구보다 다소 저조한 것으로 미루어 보아 전복은 지질보다 탄수화물을 에너지원으로 더 잘 이용하는 것으로 짐작된다.

참전복의 배합사료 실험에서 많은 연구자들이 배합사료를 제조할 때 탄수화물원으로 dextrin과 점결제로 알긴산을 주로 사용하였는데, 각 연구에서 가장 성적이 좋았던 실험사료의 dextrin 함량이 31~38%이고, 알긴산 함량은 18~30%의 범위(Uki et al., 1995a,b; Uki et al., 1986b; Mai et al., 1995a,b)이었는데 이때의 NFE 함량이 대부분 50% 이상이다. 그리고 이(1998)가 제시한 참전복 사료의 실용적인 배합비에서도 각 실험사료의 NFE 함량이 42~48% 범위였으며, 알긴산이 첨가되지 않고 α -potato starch를 7% 첨가된 배합사료구(NFE 46%)의 성장효과가 다른 실험구와 전혀 차이가 없었던 것을 고려하여 보더라도 참전복의 탄수화물 이용성은 매우 높은

것으로 생각되고 탄수화물의 종류에도 영향을 받지 않은 것으로 예측된다. 즉, 타 연구결과와 본 실험의 결과와 함께 종합하여 보면, 참전복은 사료의 탄수화물 함량이 50% 정도도 무난히 이용할 수 있는 것으로 생각되며, 대두박과 소맥분 등과 같은 사료원료 중의 전분도 잘 이용하는 것으로 전망된다.

Table 3에 표시한 것처럼 실험 종료시의 가식부의 수분 함량은 실험 시작시에 비해 모든 실험구에서 감소되었고, 단백질 함량은 실험 종료시에 더 증가되었다. 지질 함량은 실험 시작시 0.8%이었던 것이 사육실험 후 배합사료 공급구들은 0.9~1.5%로 증가된 반면에 천연먹이 공급구는 0.5~0.7%로 감소된 경향을 보였다. 실험 종료시의 수분 함량은 실험구간에 서로 차이가 없었으나, 실험 종료시 지질 함량은 소맥분, dextrin, sucrose, α -potato starch 15% 및 혼합 첨가구는 서로 유의차없이 타 실험구보다 높았고, 천연먹이구와 α -potato starch 25% 첨가구들이 낮은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 단백질 함량은 탄수화물 함량이 가장 높은 α -potato starch 25% 첨가구가 가장 낮아 dextrin, sucrose, $\alpha + \alpha$ -potato starch 첨가구 및 천연먹이구와 유의차를 보였다 ($P < 0.05$).

α -starch 15%, 20% 및 25% 첨가구의 가식부 지질 함량은 사료의 α -starch 함량이 증가됨에

따라 유의하게 감소하는 현상을 보였는데, 이는 사료의 지질 함량에 따른 차이로 판단된다. 사료 설계시 사료간의 에너지 함량을 비슷한 수준으로 유지하면서 탄수화물 함량을 증가시키는 대신 지질 함량을 감소시켰는데, 사료의 에너지 함량보다는 지질 함량이 어체 지질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. Mai et al.(1995a)은 사료의 지질 함량을 0.6%에서 12%로 증가시켜 참전복을 사육한 결과, 역시 사료의 지질 함량이 증가할수록 가식부의 지질 함량이 증가하였다. 하지만 Mai et al.(1995a)의 실험에서는 본 실험과 달리 사료의 지질 함량 증가와 함께 사료의 에너지 함량이 증가되었다. 또한, Mai et al.(1995b)은 단백질 요구량 실험에서 사료 단백질 함량을 증가시키기에 따라 지질 함량을 5%로 고정하는 대신 dextrin 함량을 점차 감소시켜 사료를 설계하였는데, 사료의 총 에너지 함량은 단백질 함량 증가로 증가되었고, 가식부의 지질 함량도 사료의 에너지 함량에 따라 증가되었다. 본 실험에서 배합사료 공급구와 달리 천연먹이 공급구의 가식부 지질 함량이 낮은 것도 다시마와 미역의 단백질 및 지질과 같은 영양소와 에너지 함량이 배합사료보다 훨씬 낮아서 성장 저하와 함께 체내에 저장되는 양이 감소된 것으로 해석된다.

이상의 결과로부터 참전복 사료의 탄수화물원

Table 3. Chemical composition (%) of the soft whole body¹

Dietary carbohydrates	Moisture	Lipid	Protein
Initial	80.7	0.8	12.1
Final :			
Wheat flour	78.6±0.15	1.3±0.14 ^{de}	13.7±0.31 ^{abc}
Dextrin	79.5±0.53	1.5±0.17 ^e	14.0±0.55 ^{bc}
Sucrose	79.3±0.63	1.4±0.06 ^e	14.2±0.43 ^c
$\alpha + \beta$ -potato starch	78.3±1.16	1.2±0.10 ^d	13.9±0.42 ^{bc}
α -potato starch 15%	78.6±1.24	1.4±0.18 ^e	13.2±1.10 ^{abc}
α -potato starch 20%	78.9±0.71	1.2±0.05 ^d	13.1±0.47 ^{ab}
α -potato starch 25%	78.7±0.97	0.9±0.08 ^c	12.9±0.86 ^a
Mix	79.0±0.83	1.3±0.00 ^{de}	13.7±0.64 ^{abc}
Dried <i>Laminaria</i>	78.8±1.06	0.7±0.05 ^b	14.0±0.08 ^{bc}
Dried <i>Undaria</i>	80.0±0.34	0.5±0.06 ^a	13.9±0.36 ^{bc}

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

으로 본 실험에서 사용된 것들은 모두 좋을 것으로 판단되며, 참전복 사료의 탄수화물 최대 첨가량은 사료 성형과 연관시켜 계속 연구되어야 할 것이다.

요 약

참전복 사료의 적정 탄수화물 종류 및 첨가량을 구명하기 위하여 카제인, 북양어분 및 대두박을 단백질원으로 한 실험사료에 소맥분, dextrin, α + β -potato starch, sucrose를 각각 20~24%씩 첨가하여 그 이용성을 평가하였다. 또한 α -potato starch를 15%, 20% 및 25% 첨가하여 적정 함량을 조사하였으며, 북양어분, 대두박, 콘글루텐 밀, 면실박, 소맥분의 첨가 비율을 조절하여 탄수화물 함량이 다른 배합사료와 비슷하게 유지한 배합사료구도 설정하였으며, 천연먹이로 건조 다시마와 건조 미역 공급구를 두어 실험배합사료와 비교하였다. 실험용으로 중간 크기의 건강한 치패(평균체중: 125 mg)를 사료마다 4반복으로 20주간 사육실험하였다. 사육한 후의 생존률은 건조 다시마와 건조 미역구가 타 실험구보다 낮았다($P < 0.05$). 실험종료시의 평균체중과 증체율은 사료의 탄수화물 종류에 영향을 받지 않았으며, 건조 다시마와 미역구보다 유의적으로 높았다($P < 0.05$). α -potato starch 20%와 25% 첨가구와 통계적인 차이는 없었지만, α -potato starch 15% 첨가구의 성장효과는 다소 낮아져 $\alpha + \beta$ -potato starch 20%와 sucrose 20% 첨가구와 유의차를 보였다($P < 0.05$). 실험 종료시 지질 함량은 소맥분, dextrin, α -potato starch 첨가구들이 서로 유의차없이 타 실험구보다 높았고, 천연먹이구와 α -potato starch 25% 첨가구들이 낮은 값을 보였다($P < 0.05$). 이상으로부터 본 실험에 사용된 탄수화물원들은 모두 참전복 사료에 적합할 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Virginia. 1298pp.
- Duncan, D. B. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics*, 11 : 1-42.
- Furuichi, M. and Y. Yone. 1980. Effect of dietary dextrin levels of the growth and feed efficiency, the chemical composition of liver and dorsal muscle, and the absorption of dietary protein and dextrin in fishes. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 46 : 225-229.
- Furuichi, M. and Y. Yone. 1982. Availability of carbohydrate in nutrition of carp and red sea bream. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 48 : 945-948.
- 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.
- Oshima, K. 1931. Alginase and their characteristics. *J. Agric. Chem.*, 7 : 332-339.
- Shimeno, S. H. and M. Takeda. 1979. The importance of carbohydrate in the diet of a carnivorous fish. In J.E. Halver and Tiews (editors), *Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fish feed Technology*, Hamburg 20-23 June, 1978, Vol.I, Berlin. p.127-143.
- SPSS for Window. 1993. Base System User's Guide, Release 6.0, SPSS Inc., 444N. Michigan Avenue, Chicago, IL, 60611.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985a. Nutrient evaluation of several sources in diets for abalone, *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 1835-1839.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1985b. Development of semipurified test diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 1825-1833.

- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986a. Effect of heat treatment of dietary protein source on their protein quality for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1190-1204.
- Uki, N., A. Kemuyama and T. Watanabe. 1986b. Optimum protein level in diets for abalone. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 52 : 1005-1012.
- 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.
- Wilson, R. P. and W.E. Poe. 1987. Apparent inability of channel catfish to utilize dietary mono-and disaccharides as energy sources. *J. Nutr.*, 117 : 280-285.
- 이상민 · 이계안 · 전임기 · 유성규. 1997. 실험 배합 사료, 외국 시판사료 및 생사료가 참전복의 성장 및 체성분에 미치는 효과. *한국양식학회지*, 10 : 417-424.
- 이상민 · 윤성종 · 허성범. 1998a. 참전복 사료의 단백질원 평가. *한국양식학회지*, 11(1) : 19-29.
- 이상민 · 임영수 · 문영봉 · 유성규 · 노 섬. 1998b. 참전복 사료의 해조류 및 *spirulina* 첨가 효과. *한국양식학회지*, 11(1) : 31-38.
- 이상민. 1998. 경제적인 참전복 배합사료 설계 및 평가. *한국양식학회지*, 11(2) :
- 이상민 · 박흥기. 1998. 참전복 사료의 지질원 평가. *한국양식학회지*, 11. 투고중.
- 정관식 · 이상민 · 강용진. 1995. 조피볼락 영양요구에 관한 연구- I. 조피볼락 영양실험, I-4 사료의 탄수화물 원료별 이용성 및 α -화율의 영향. *수진 사업보고* pp. 364-369.
- 정성채, 지영주, 손팔원. 1994a. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한 연구. I. 치패성장에 미치는 수조형태 및 사육밀도의 영향. *한국양식학회지*, 7 : 9-20.
- 정성채, 지영주, 손팔원. 1994b. 참전복 *Haliotis discus hannai* Ino의 육상사육수조에 관한 연구. II. 먹이별 사육효과. *한국양식학회지*, 7 : 77-87.