

수산 가공부산물 가수분해물에 의한 해산 양식어의 섭식 유인 및 성장에 미치는 효과

강동수* · 배태진

여수대학교 식품공·영양학부

Effects of Hydrolysates from Aquatic By-Product on Feeding Attraction and Growth of Sea Cultured Fish

Dong-Soo Kang* and Tae-Jin Bae

Division of Food Technology and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of different dietary enzymatic hydrolysates using squid and mackerel by-product on feed efficiency, growth and chemical composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) after a eight weeks feeding experiment. Effects on the weight gain and feed efficiency in the enzymatic hydrolysates added groups were very effective. Weight gain were significantly higher in the squid hydrolysates whole added group than in the other groups. Moisture and crude ash contents of muscle were not significantly affected by hydrolysates supplementation in all groups. Crude protein and lipid contents of muscle were increased after eight weeks feeding trial. Amino acid contents of muscle were higher in squid hydrolysates whole added group than in the other groups. Amino acids were not affected by hydrolysates supplementation in all groups. Fatty acid contents of muscle were increased after eight weeks growth trial. Fatty acids were not significantly different in the dietary groups.

Key words – Hydrolysates, By-product, Feeding attraction, Growth, Korean rockfish

서 론

해산어류 양식은 종래에는 생사료 자원을 활용하여 발전을 계속해 왔지만, 최근에는 어종의 다양화와 함께 해마다 양식어장이 증가됨에 따라 생사료 수급은 불안정하고, 가격은 상승일로에 있다. 한편, 배합사료의 사용량은 매년 증가세를 보이고 있으나, 우리 나라 대부분의 양식어장에서 배합사료에 대한 어류의 기호성이 떨어진다는 이유로 수급이 불안정한 생사료를 배합사료 대신에 어용

하고 있다. 또한 배합사료 자체의 영양불균형으로 양식어류의 품질은 저하될 뿐만 아니라 영양성 질병과 사료의 손실량이 많아지면서 자가오염에 의한 양식환경을 악화시킨다. 이로 인하여 어류의 질병은 만연하게 되어 이의 치료 및 예방을 위하여 많은 양의 약제투여로 소비자들에게 양식어류에 대한 불신을 갖게 하는 요인이 되고 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 양식 어류의 섭식 유인 성분에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 여러 가지 핵산관련물질과 아미노산[16,17,20-22,24]들이 뛰어난 효과가 있으며, 그 외에도 해산 동식물에 널리 분포하는 함황화합물인 dimethyl- β -propiothetin(DMPT)[32-35], 일부의 펩타이드[18], 지질[15] 및 향신료[19] 등도 효과가

*To whom all correspondence should be addressed
Tel: 061-659-3413, Fax . 061-659-3410
E-mail: ds777@yosu.ac.kr

있는 것으로 밝혀져 있다.

현재 양어사료의 주단백질원으로 이용되는 어분은 양질의 아미노산 조성과 높은 기호성으로 인하여 양어사료의 주된 동물성 단백질급원으로서 이용되지만[38], 어분은 어획량의 변동에 따라 공급이 불안정하며 가격도 비싸고, 또한 자원량의 부족으로 어분 생산량의 감소가 예상된다[26,40]. 이러한 이유로 어분을 대체할 수 있는 다른 단백질원을 찾는 일은 어류 양식에서 매우 중요하다[3,41]. 그래서 경제적이면서도 양적으로 풍부한 대체 단백질원으로 수산물가공시 대량으로 발생하는 부산물을 이용한 대체사료의 개발이 기대되고 있다[25,44]. 어류농축단백질은 어류가공 부산물에 가수분해효소를 사용하여 제조되기 때문에 단백질 이용율이 우수함과 동시에 유리된 아미노산에 의한 기호성을 개선할 수 있으며, 제품생산의 최종 단계에서 골격 부분은 제거되기 때문에 단백질의 함량이 높고 인의 함량은 아주 낮게 유지되는 장점을 지닌다[7]. 이러한 어류농축단백질은 이미 오래 전부터 가축 사료로 이용되어 왔으며[23], 최근에는 양어사료에도 적용이 시도되었다[5].

따라서 본 연구에서는 오징어와 고등어 가공처리시 배출되는 가공부산물의 이용률을 높이고 양어용 배합사료의 단점인 기호성을 높이기 위한 기초자료를 얻고자 가공부산물에 단백질 분해효소를 가하고 단계적인 가수분해물을 조제하여 일정량을 배합사료에 첨가하였을 때 조피블락의 사료섭취율과 성장에 미치는 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

실험사료

1) 가수분해 및 분자량별 분획물 제조

오징어 몸통육을 제외한 가공부산물과 고등어 가공부산물(두부, 등뼈, 내장, 꼬리 등)을 chopper로 마쇄한 후 마쇄중량에 대하여 30%의 증류수와 단백질분해효소인 Alcalase (Novo사제)를 10% 첨가하여 온도 조절이 가능한 진탕 항온 수조(90 stroke/min, 15 cm stroke length)를 이용하여 55℃에서 6시간동안 가수분해하였다. 가수분해후 90℃에서 20분간 가열하여 효소를 불활성화시키고 감압여과(Toyo No. 5A)하여 가수분해 액화물을 얻었다[2]. 그리고 가수분해물의 분자량별 분획물의 조제는 먼저 가수분해 액화물을

막분리장치 Molecular/Por[®] Stirred cell (Spectrum S-76-400, Los Angeles, USA)를 이용하여 MWCO (molecular weight cut off) 500 및 5,000 dalton 이하로 분획한 후 동결건조 (Dura-Dry[™] μ P, FTS system. Inc., Livonia, MI, USA)시켜 수분함량이 2%정도 되도록 하였다.

2) 실험 사료 제조

본 연구에서 사용한 실험 사료는 다음과 같이 제조하였다. 즉 단백질원으로서 대조사료는 어분만을 사용하였고 실험사료는 가공부산물의 가수분해 전체액화물과 분자량 500 dalton 이하 및 5,000 dalton 이하로 분획한 것을 어분에 일정량 첨가, 혼합하여 단백질원으로 사용하였다. 탄수화물원으로는 벡스트린을, 그리고 지질원으로는 대구간유(Cod liver oil)를 사용하여 Table 1에 나타낸 조성에 따라 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g당 물 40 g을 첨가하여 펠릿 제조기로 성형하여 -30℃에 보관하면서 실험에

Table 1. Recipe and composition of the experimental diets (%)

Ingredient	Diet No.						
	1	2	3	4	5	6	7
White fish meal	65	45	45	45	45	45	45
Squid hydrolysate							
whole		15					
<500 ¹⁾			15				
<5000				15			
Mackerel hydrolysate							
whole					15		
<500						15	
<5000							15
Dextrin	15	15	15	15	15	15	15
Cod liver oil	8	8	8	8	8	8	8
Vitamin mixture ²⁾	3	3	3	3	3	3	3
Mineral mixture ³⁾	4	4	4	4	4	4	4
Sodium alginate	3	3	3	3	3	3	3
α -Cellulose	7	7	7	7	7	7	7
Nutrient content							
Crude protein	52.6	52.8	51.6	52.2	52.1	52.7	51.8
Crude lipid	6.9	7.2	6.8	6.7	7.0	6.4	6.7
Crude ash	13.4	12.3	12.4	12.6	13.9	13.4	13.6

¹⁾ Molecular weight cut off, dalton.

²⁾ Halver[14].

³⁾ H-440 premix NO.5 (mineral)[37].

사용하였다. 제조된 4가지 실험 사료의 일반성분은 오징어 가공부산물을 첨가한 경우는 조단백질 함량 51.6~52.8%, 조지방 6.7~7.2% 및 조회분 12.3~13.4% 범위였으며, 고등어 가공부산물을 첨가한 경우는 조단백질 함량 51.8~52.7%, 조지방 6.4~7.0% 및 조회분은 13.4~13.9% 범위였다.

실험어 사육

전남 수산시험연구소 종묘배양장에서 생산된 체중 6.0 g 내외의 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)을 2주간 예비 사육 후, 150 ℓ 수조에 70마리씩 실험사료마다 2반복으로 수용하여 8주간 사육하였다. 유수량은 5 ℓ/min, 비중은 1.024~1.026, 수온은 19.5~23.5℃를 유지하였으며, 사료는 오전(09:00)과 오후(17:00)로 나누어 1일 2회 반복에 가깝게 공급하였다.

실험어 성장 측정 및 체성분 분석

1) 분석 대상어 선정 및 성장 측정

실험어의 체장과 체중은 사육개시전과 사육 4주 및 8주 후에 미리 24시간 절식시킨 후 무작위적으로 10마리를 취하여 MS-222 100 ppm으로 마취시켜 스트레스를 최소화하여 측정하였으며, 분석과정 중 모든 시료는 냉동 보관(-30℃)하였다.

2) 일반성분의 분석

실험어체의 일반 성분은 상법에 따라 수분은 상압가열 건조법, 단백질은 semi-micro Kjeldahl법; 지방은 Soxhlet 법, 회분은 직접회화법[1]으로 분석하였다.

3) 구성 아미노산 분석

사료 0.5 g을 취하여 유리 ampoule에 넣고 6N HCl 3 ml를 가하여 질소가스로 충전한 뒤 110℃의 sand bath에서 24시간 가수분해하였다. 분해액을 glass filter로 여과하고 감압 건조하여 HCl을 완전히 제거한 다음 증류수 10 ml를 가하여 다시 감압 건조하였다. 이어서 pH 2.2의 구연산 완충액으로 100 ml로 정용한 다음 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Inc., Cambridge, England)로 분석하였다.

4) 지방산 분석

지방산 분석을 위하여 Bligh & Dyer법[6]에 따라 총지질

을 추출하여 혼합지방산을 제조하였고, 3% BF₃/methanol 로써 지방산 methylester로 조제하여 GC (gas chromatography, shimadzu GC-17A, Tokyo, Japan)로 분석하였다. 분석조건으로는 capillary column (0.25 μm DB-wax fused silica, 0.32 mm I.D., 30 m)을 사용하여 180℃로 승온하여 8분간 유지시킨 후 3℃/min 속도로 230℃까지 승온하였고, injector와 detector 온도는 250℃였다. 이동상은 He gas를 1 ml/min로 흘렸으며 FID detector로 검출하였다. 그리고 각 지방산 정량을 위하여 외부표준품으로 14:0, 16:0, 18:0, 20:0, 22:0, 24:0, 14:1, 16:1n-7, 18:1n-7, 18:1n-9, 20:1n-9, 22:1n-9, 18:2n-6, 20:2n-6, 18:3n-3, 20:3n-6, 20:3n-3, 18:4n-3, 20:4n-6, 20:4n-3, 22:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-6, 22:5n-3 및 22:6n-3(순도 99% 이상, Sigma, St. Louis, USA)을 사용하였고, 정량은 data system CLASS-GC10 (Shimadzu Seisakusha Co. Ltd. Tokyo, Japan)을 이용하여 시료 건조물에 대한 각 지방산의 mg/100g으로 나타내었다.

통계분석

모든 실험결과는 SPSS professional statistics Ver. 7.5 (SPSS Inc, 1997)를 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 수행하였으며, 각 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test[11]로 p<0.05 수준에서 행하였다.

결과 및 고찰

섭식 유인 및 성장효과

오징어와 고등어 가공부산물을 단백질분해효소로서 가수분해시킨 전체액화물과 분자량 500 및 5,000 dalton 이하로 분획한 것을 사용하여 Table 1과 같이 조제된 7가지 실험사료를 8주동안 공급한 실험어의 섭식 유인 및 성장효과를 Table 2에 나타내었다.

사육 8주후에 대조구인 Diet No. 1의 체중증가율이 385.2±4.5%에 비하여 오징어 가공부산물의 가수분해물을 15% 첨가한 실험구에서는 464.9±4.6~490.0±5.0%로 크게 증가하였으며, 고등어 가공부산물의 가수분해물을 15% 첨가한 실험구에서도 419.6±4.4~446.7±4.5%로 높게 나타났다. 그 중에서 오징어 가공부산물의 가수분해 전체액화물 배합구인 Diet No. 2가 490.0±5.0%로 가장 높은 체중증가율을 보였고, 다음으로 오징어 가수분해물

Table 2. Performance of Korean rockfish fed the seven different diets for 8 weeks

	Diet No. ¹⁾						
	1	2	3	4	5	6	7
Initial mean weight(g)	6.1±0.1 ^{7a)}	6.0±0.1 ^{a8)}	5.9±0.1 ^{ab)}	5.7±0.1 ^{b)}	6.0±0.1 ^{a)}	5.7±0.1 ^{b)}	5.6±0.1 ^{b)}
Final mean weight(g)	29.6±0.2 ^{b)}	35.4±0.1 ^{a)}	35.0±0.1 ^{b)}	32.2±0.2 ^{d)}	32.8±0.2 ^{c)}	30.8±0.1 ^{e)}	29.1±0.1 ^{f)}
Mean weight gain(g)	23.5±0.1 ^{d)}	29.4±0.2 ^{a)}	29.0±0.2 ^{a)}	26.5±0.2 ^{b)}	26.8±0.1 ^{b)}	25.1±0.2 ^{c)}	23.5±0.1 ^{d)}
Weight gain(%) ²⁾	385.2±4.5 ^{c)}	490.0±5.0 ^{a)}	483.3±4.8 ^{a)}	464.9±4.6 ^{b)}	446.7±4.5 ^{c)}	440.4±4.3 ^{c)}	419.6±4.4 ^{d)}
Daily weight gain(%) ³⁾	2.74±0.02 ^{d)}	2.96±0.02 ^{a)}	2.95±0.02 ^{ab)}	2.91±0.02 ^{b)}	2.88±0.01 ^{b)}	2.87±0.02 ^{b)}	2.82±0.02 ^{c)}
Feed efficiency(%) ⁴⁾	92.3±0.9 ^{dc)}	100.1±1.0 ^{a)}	99.7±0.8 ^{a)}	95.5±1.0 ^{c)}	97.6±0.8 ^{b)}	93.4±0.8 ^{d)}	91.1±0.7 ^{e)}
Daily feed intake(%) ⁵⁾	2.97±0.02 ^{b)}	2.95±0.03 ^{b)}	2.95±0.02 ^{b)}	3.05±0.02 ^{a)}	2.95±0.03 ^{b)}	3.06±0.02 ^{a)}	3.09±0.02 ^{a)}
Condition factor ⁶⁾	1.97±0.01 ^{b)}	2.00±0.02 ^{ab)}	1.99±0.01 ^{ab)}	2.01±0.02 ^{a)}	2.00±0.02 ^{ab)}	1.98±0.01 ^{ab)}	1.99±0.01 ^{ab)}

¹⁾Refer to the comment in Table 1.

²⁾(Weight gain×100)/Initial weight.

³⁾ $\frac{(\text{Weight gain} \times 100)}{[(\text{Initial weight} + \text{final weight}) \times \text{days fed} / 2]}$

⁴⁾(Weight gain×100)/Feed intake.

⁵⁾ $\frac{(\text{Feed intake} \times 100)}{[(\text{Initial weight} + \text{final weight}) / 2] \times \text{days fed}}$

⁶⁾(Wet weight/total length³)×100.

⁷⁾Values are mean±SD (n=10).

⁸⁾Values with different superscripts in the same row are significantly different (P <0.05).

분자량 500 dalton이하 분획물 배합구인 Diet No. 3이 483.3±4.8%, 오징어 가수분해물 분자량 5,000 dalton이하 분획물 배합구인 Diet No. 4가 464.9±4.6%순으로 나타났다. 그리고 고등어 가공부산물의 경우는 가수분해 전체액화물 배합구인 Diet No. 5가 446.7±4.5%로 가장 높게 나타났으며, 가수분해물 분자량 500 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 6이 440.4±4.3%, 가수분해물 분자량 5,000 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 7이 419.6±4.4%로 나타나 전체적으로 오징어 가공부산물의 가수분해물보다는 낮은 체중증가율을 보였다.

사료효율은 대조구인 Diet No. 1이 92.3±0.9%인데 비하여 오징어 가공부산물의 가수분해 전체액화물 배합구인 Diet No. 2가 100.1±1.0%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 오징어 가수분해물 분자량 500 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 3이 99.7±0.8%, 고등어 가공부산물의 가수분해 전체액화물 배합구인 Diet No. 5가 97.6±0.8% 등의 순으로 높게 나타났다. 따라서 전체적으로 오징어 가공부산물의 가수분해물이 고등어 가공부산물의 가수분해물보다 높게 나타났으며, 오징어와 고등어 모두 전체

액화물이 분획물보다 높게 나타났다.

Lee 등[27]은 조피볼락에 적합한 실험사료의 단백질원을 개발하기 위하여 단백질원으로 어분과 casein 및 gelatin을 단독 또는 결정체 아미노산을 보충하여 사용하였으나, 정제사료의 낮은 기호성으로 인해 성장율이 낮은 것으로 보고하였다. 그리고 chinook salmon[29]와 red drum[30]에 있어서는 실험어류의 근육조직을 단백질원으로 사용했을 때가 다른 어분을 사용했을 때보다 성장이 좋았다고 보고된 바 있다. 한편, 기호성을 높이기 위한 여러 가지 연구들을 보면, 방어에 대한 26가지 아미노산과 30가지 지질의 섭식유인활성[15]의 검색결과 아미노산중에서는 열기성아미노산, 특히 histidine과 arginine이 높은 활성을 가지며, 지질중에서는 여러 종류의 인지질이 크게 효과가 있었다. 전복, 미꾸리 및 방어에 대한 핵산관련물질의 섭식유인활성[17]은 cytosine, xanthine, adenosine-5'-monophosphate (AMP) 등이 높게 나타났으며, 특히 단일성분보다는 여러 가지를 조합하는 것이 더 효과적이었다. 전갱이에 대한 섭식자극실험[21]에서도 아미노산과 핵산관련물질을 혼합했을 때 더 상승효과가 있었다. 그리고 방어에 대한 전갱

이 근육 추출물과 합성 혼합물의 섭취자극효과[24]의 경우 합성 혼합물은 천연 추출물에 비하여 크게 낮은 것으로 나타났다. 따라서 어류의 섭취유인물질로서는 단일성분보다는 아미노산, 핵산관련물질, 지질 등의 혼합물이, 합성 혼합물보다는 천연 추출물이 훨씬 더 효과적일 것이다.

본 연구에서 사용한 오징어와 고등어 가공부산물의 가수분해물도 분획물보다는 전체액화물 배합구가 체중증가율, 사료효율 등이 다른구에 비하여 높게 나타나 이와 비슷한 결과로 보여진다. 그리고 가공부산물의 단계적인 가수분해물에 따라 성장효과가 다소 다르게 나타난 것은 가수분해물의 종류에 따라 섭취의 기호성이나 체내 대사 효율이 달라진 것으로 판단되며, 가수분해정도나 함유된 아미노산 및 peptide 조성 차이에 대하여 어종에 따른 체내 대사 효율성은 앞으로도 계속 검토되어야 할 것이다.

일반성분 변화

실험개시전과 사육 8주후 실험어의 일반성분 변화를 Table 3에 나타내었다. 수분 함량은 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 전체적으로 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, 실험구간에는 큰 차이를 나타내지 않았다. 조단백질 함량은 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 다소 증가하는 경향이었고, 실험구간에는 대조구가 17.9±0.1% 인데 비하여 오징어 가공부산물의 가수분해물은 19.0±0.1~19.6±0.1%, 고등어 가공부산물의 가수분해물은 18.5±0.1~18.7±0.1%로 모두 높게 나타났으며, 전체적으로 고등어 가공부산물보다 오징어 가공부산물 배합구들이 높게 나타났다. 그 중에서 오징어 가공부산물의 가수분해 전체액화물 배합구인 Diet No. 2가 19.6±0.1%로 가장 높

게 나타났으며, 다음으로 오징어 가수분해물 분자량 500 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 3이 19.4±0.1%, 오징어 가수분해물 분자량 5,000 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 4가 19.0±0.1% 순으로 나타나 체중증가율 순서와 일치하였다. 조지방 함량도 역시 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 약간 증가하는 경향이였으며, 실험구간에는 대조구가 1.9±0.1%로 가장 높게 나타났으며, 오징어 가수분해물 분자량 5,000 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 4가 1.2±0.1%로 가장 낮은 값을 나타내었고, 그 외 다른 실험구들은 크게 차이를 나타내지 않았다. 조회분은 실험개시전과 사육 8주후에도 대부분의 실험구에서 1.4±0.1%내외로 변화가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 어체의 일반성분은 사료 공급량, 사료 배합에 큰 영향을 받으며[36,45], 어체의 조성 중에서 조지방이 가장 많은 영향을 받는다고 알려져 있다[4,39,45]. 그리고 체중증가와 함께 성장함에 따라 수분의 함량은 감소하나 지방의 함량은 증가하며, 단백질과 무기질 함량의 변화는 적은 편이라고 보고되어 있다[31].

구성 아미노산 변화

먼저 본 연구에서 대조구로 사용한 기본 배합사료와 오징어 및 고등어 가공부산물을 이용한 가수분해물의 구성 아미노산을 Table 4에 나타내었다.

대조구로 사용한 배합사료는 전체 구성 아미노산 함량이 9,091.6 mg/100g였으며, 그 중에서 함량이 많은 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, glycine, lysine, alanine 및 leucine 등이었으며, histidine, cystine, tyrosine, isoleucine, methionine 등의 함량이 적었다. 오징어 가수분해물의 전

Table 3. Proximate composition of muscle from Korean rockfish fed the seven different diets for 8 weeks (%)

	Initial	Diet No. ¹⁾						
		1	2	3	4	5	6	7
Moisture	78.1±0.1 ^{2)a}	76.1±0.1 ^d	76.9±0.2 ^{bc}	76.6±0.1 ^c	77.0±0.1 ^b	76.3±0.2 ^{cd}	76.0±0.1 ^d	76.5±0.1 ^c
Crude protein	17.5±0.1 ³⁾	17.9±0.1 ^d	19.6±0.1 ^a	19.4±0.1 ^a	19.0±0.1 ^b	18.7±0.1 ^c	18.5±0.2 ^c	18.5±0.1 ^c
Crude lipid	1.2±0.1 ^d	1.9±0.1 ^a	1.6±0.1 ^b	1.5±0.1 ^{bc}	1.2±0.1 ^d	1.5±0.1 ^{bc}	1.6±0.1 ^b	1.4±0.1 ^c
Crude ash	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.3±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a

¹⁾ Refer to the comment in Table 1

²⁾ Values are mean±SD (n=10).

³⁾ Values with different superscripts in the same raw are significantly different (P < 0.05).

Table 4. Amino acid contents of feed and hydrolysates prepared with 10% Alcalase (mg/100 g)

Amino acids	Control feed	Squid hydrolysate	Mackerel hydrolysate
Aspartic acid	1,104.4	219.5	214.8
Threonine	391.1	114.3	116.8
Serine	384.2	100.7	102.7
Glutamic acid	1,416.3	277.2	274.4
Proline	486.4	239.4	225.0
Glycine	862.2	130.1	161.0
Alanine	759.6	131.4	154.1
Cystine	40.4	38.3	33.0
Valine	364.6	118.9	146.1
Methionine	288.4	81.0	75.8
Isoleucine	273.9	112.9	117.8
Leucine	688.4	189.9	190.0
Tyrosine	269.5	62.7	73.2
Phenylalanine	366.3	90.4	95.1
Histidine	28.7	62.0	105.2
Lysine	797.9	209.0	223.3
Arginine	569.3	185.8	158.9
Total	9,091.6	2,363.5	2,467.2

체 구성 아미노산 함량이 2,363.5 mg/100g였으며, 고등어 가수분해물은 2,467.2 mg/100g였다. 오징어와 고등어 가수분해물 모두 glutamic acid, proline, aspartic acid, lysine, leucine 등의 함량이 많았으며, cystine, tyrosine, methionine, phenylalanine, histidine 등의 함량이 적었다.

그리고 실험개시전과 사육 8주후 실험어 근육의 구성 아미노산을 Table 5에 나타내었다. 실험개시전에 비하여 사육 8주후에는 대조구를 제외한 모든 실험구에서 총 구성 아미노산 함량이 증가하였으며, 전체적으로 오징어 가수분해물 배합구들이 고등어 가수분해물 배합구들보다 높게 나타났다. 그 중에서 오징어 가수분해물의 전체액화물 배합구인 Diet No. 2에서 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 오징어 가수분해물 분자량 500 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 3, 오징어 가수분해물 분자량 5,000 dalton 이하 분획물 배합구인 Diet No. 4 순으로 높게 나타났다. 구성 아미노산 중에는 glutamic acid, aspartic acid, lysine 및 leucine 등이 양적으로 많았으며, 함량이 적은 아미노산은 cystine, histidine 및 serine 등이었다. 한편 실험구별 구성 아미노산에는 그다지 차이가 없었으며, 역시

Table 5. Amino acid contents of muscle from Korean rockfish fed the seven different diets for 8 weeks (mg/100 g)

Amino acids	Initial	Diets No. ¹⁾						
		1	2	3	4	5	6	7
Aspartic acid	377.5	385.1	419.5	421.3	363.1	354.5	357.7	333.7
Threonine	149.9	149.1	165.7	160.3	156.7	159.9	155.2	154.3
Serine	112.1	112.6	128.0	130.0	112.4	127.6	108.2	125.8
Glutamic acid	505.2	518.4	578.5	582.8	521.0	527.3	516.3	518.2
Proline	87.4	122.7	121.6	146.8	157.7	152.5	82.9	126.2
Glycine	184.0	183.8	196.1	199.0	181.1	182.9	175.5	173.7
Alanine	251.0	249.4	270.3	271.7	243.4	233.2	238.2	228.4
Cystine	34.4	42.8	40.8	39.2	44.3	46.4	44.2	46.5
Valine	138.2	135.6	153.1	140.4	179.3	189.5	195.1	198.1
Methionine	121.8	123.1	135.8	135.4	128.3	125.3	124.9	186.4
Isoleucine	121.2	122.4	138.6	125.9	179.4	173.2	180.2	169.6
Leucine	286.6	289.3	320.2	312.7	317.9	319.7	316.3	311.2
Tyrosine	128.1	130.2	144.6	140.4	145.3	134.8	134.2	123.3
Phenylalanine	144.2	144.3	159.2	154.3	166.6	161.4	162.7	153.1
Histidine	103.3	100.1	112.6	111.7	113.1	104.7	111.3	100.0
Lysine	347.1	355.8	391.4	384.2	373.4	357.4	373.6	347.1
Arginine	206.2	215.0	238.4	226.8	232.4	220.7	231.1	230.0
Total	3,298.2	3,379.7	3,714.4	3,691.9	3,615.4	3,571.0	3,507.6	3,525.6

¹⁾Refer to the comment in Table 1

실험개시전의 아미노산과도 비슷하였다. 따라서 본 연구의 결과로 볼 때 조피볼락 어체내의 구성 아미노산은 사료 중의 아미노산에 영향을 크게 받지 않는 것으로 생각되었다.

어류의 사료에 동물성 부산물들을 사용하는데 있어서 필수아미노산 조성의 불균형, 낮은 단백질 소화율, 사료원의 변질 등이 문제점으로 대두된다고 보고[10]되어 있다. 하지만 본 연구에 사용된 오징어와 고등어 가공부산물의 경우는 성장효과나 구성 아미노산의 함량이 대조구에 비하여 높게 나타나 이러한 문제점들은 없는 것으로 판단된다.

지방산의 변화

본 연구에서 대조구로 사용한 기본 배합사료와 오징어 및 고등어 가공부산물을 이용한 가수분해물의 지방산을 Table 6에 나타내었다.

대조구로 사용한 배합사료는 총 지방산 함량이 4,619.7 mg/100 g였으며, 그 중에서 18:2n-6, 18:1n-(7+9), 16:1n-7, 22:6n-3, 16:0, 22:5n-6 등의 함량이 많았고, 20:3n-6, 20:0, 18:3n-3, 22:5n-3, 24:0 등의 함량이 적었다. 오징어 가수분해물의 경우는 총 지방산 함량이 908.4 mg/100 g였으며, 그 중에서 18:1n-(7+9), 18:2n-6, 22:4n-6, 16:0, 20:2n-6 순서로 많았고, 24:0, 20:0, 20:1n-9, 22:6n-3, 14:1 순으로 적었다. 고등어 가수분해물의 경우는 총 지방산 함량이 1,487.9 mg/100 g로 오징어 가수분해물보다는 높게 나타났으며, 그 중에서 18:1n-(7+9), 18:2n-6, 22:1n-9, 22:6n-3, 20:4n-3 순서로 많았고, 24:0, 20:0, 20:1n-9, 22:5n-3, 14:1 순으로 적었다.

그리고 실험개시전과 사육 8주후 실험어 근육의 지방산을 Table 7에 나타내었다. 총 지방산 함량은 실험개시전에 비하여 사육 8주후에는 대부분의 실험구에서 높게 나타났으며, 그 중에서 대조구인 Diet No. 1이 가장 높게 나타났다. 주요 지방산으로는 실험개시전의 경우는 18:1n-(7+9), 18:2n-6, 22:4n-6, 16:0 등이었으나, 사육 8주후에는 18:1n-(7+9), 18:2n-6, 16:0, 16:1n-7 등으로 나타나 다소 차이가 있었다. 그러나 가수분해물로 조제한 사료를 공급한 실험구간에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

실험 개시전의 전반적인 조성비는 폴리엔산 > 모노엔산 > 포화산의 경향이였으며, 사육 8주후에도 경향은 동일하였다. 하지만 단지 함량비에서 모노엔산은 약간 증가하였고, 폴리엔산은 약간 감소하였으며, 포화산은 큰 변화가

Table 6. Fatty acid contents of feed and hydrolysates prepared with 10% Alcalase (mg/100 g)

Fatty acids	Control feed	Squid hydrolysate	Mackerel hydrolysate
14:0	98.5	13.3	25.4
16:0	359.2	71.1	60.2
18:0	116.5	22.2	22.6
20:0	33.6	1.8	5.6
22:0	194.6	35.8	38.6
24:0	42.0	0.3	0.9
Saturated	844.4	144.5	153.3
14:1	96.1	6.2	20.7
16:1n-7	478.1	33.8	67.7
18:1n-(7+9)	713.5	168.2	378.1
20:1n-9	45.6	3.3	12.2
22:1n-9	81.7	17.8	78.1
Monoenoic	1,415.0	229.3	556.8
18:2n-6	717.1	142.7	292.5
20:2n-6	49.3	56.3	34.8
18:3n-3	39.6	19.8	17.9
20:3n-3	85.3	11.8	24.5
20:3n-6	27.6	45.9	31.0
18:4n-3	73.1	19.5	53.6
20:4n-3	136.9	22.5	68.7
20:4n-6	96.1	20.7	53.6
22:4n-6	235.4	85.9	48.9
20:5n-3	179.0	38.8	32.9
22:5n-3	42.0	22.8	14.1
22:5n-6	300.3	42.6	32.9
22:6n-3	379.6	5.3	72.4
Polyenoic	2,360.3	534.6	777.8
n-3 acid	934.5	140.5	284.1
n-6 acid	1,425.5	394.1	493.7
C16 acid	1,315.4	104.9	127.9
C18 acid	1,658.8	372.4	764.7
C20 acid	653.4	201.1	263.3
C22 acid	1,233.6	210.2	285.0
Total	4,619.7	908.4	1,487.9

없었다. 또한 n-3계열산 : n-6계열산의 비율은 실험전 1 : 2.54에서 사육 8주후에는 1 : 3.33~3.84로 크게 높아졌다.

종합적으로 지방산의 변화는 실험개시전과 사육 8주후에 다소 차이가 있는 것으로 나타났으나, 사육 8주후의 대조구와 실험구간에는 큰 차이를 나타내지 않는 점으로

Table 7. Fatty acid contents of muscle from Korean rockfish fed the seven different diets for 8 weeks (mg/100 g)

Fatty acids	Initial	Diets No. ¹⁾						
		1	2	3	4	5	6	7
14:0	9.0	40.5	37.5	36.7	25.7	38.1	39.3	36.6
16:0	55.1	92.6	86.2	73.8	56.9	94.0	97.1	88.3
18:0	30.3	32.9	27.7	30.0	23.2	34.4	32.3	28.2
20:0	9.0	11.6	9.5	7.7	6.4	7.8	8.6	10.0
22:0	12.8	35.4	28.1	24.9	19.4	27.2	23.0	18.6
24:0	37.2	2.4	0.7	1.9	1.6	0.8	0.6	0.7
Saturated	153.4	215.4	189.7	175.0	133.2	202.3	200.9	182.4
14:1	5.5	26.4	24.5	23.2	19.8	21.6	23.5	16.6
16:1n-7	33.8	72.3	65.1	59.5	35.7	60.0	63.1	53.2
18:1n-(7+9)	206.7	337.0	291.4	280.8	248.6	271.2	296.5	281.8
20:1n-9	5.5	21.2	16.6	15.5	12.6	18.8	15.4	12.3
22:1n-9	10.3	9.4	6.3	3.7	5.3	10.0	5.9	3.3
Monoenoic	261.3	466.3	403.9	382.7	322.0	381.6	405.4	367.2
18:2n-6	134.4	322.5	258.9	258.9	221.1	259.3	285.6	236.7
20:2n-6	2.8	18.2	18.0	16.5	14.5	16.8	15.2	12.3
18:3n-3	18.6	19.8	19.7	19.7	16.1	19.8	19.5	17.0
20:3n-3	21.4	17.3	12.4	9.6	7.5	7.8	9.6	8.7
20:3n-6	21.4	42.1	36.1	31.1	13.8	20.8	28.1	22.3
18:4n-3	11.7	22.7	25.5	22.2	19.6	20.8	18.9	16.9
20:4n-3	9.0	21.6	15.8	15.2	10.0	13.8	16.9	13.3
20:4n-6	28.6	43.9	40.8	34.1	23.5	23.3	37.8	31.5
22:4n-6	73.0	30.4	25.4	22.0	12.4	21.4	16.7	12.1
20:5n-3	21.4	45.7	36.7	31.5	19.8	25.6	30.4	21.2
22:5n-3	15.8	1.7	1.6	1.1	0.5	1.4	0.6	0.7
22:5n-6	27.6	43.7	27.7	20.1	12.4	26.0	25.6	23.1
22:6n-3	31.0	17.4	10.4	9.9	13.2	12.4	12.3	10.7
Polyenoic	426.7	647.0	529.0	491.9	384.4	469.2	517.4	428.5
n-3 acid	117.2	146.2	122.1	109.2	86.7	101.6	108.2	88.5
n-6 acid	297.8	500.8	406.9	382.7	297.7	367.6	409.2	340.0
C16 acid	88.9	164.9	151.3	133.3	92.6	154.0	160.2	141.5
C18 acid	401.7	734.9	623.2	611.6	528.6	605.5	652.8	580.6
C20 acid	129.1	221.6	185.9	161.2	108.1	134.7	163.0	131.6
C22 acid	207.7	140.4	100.2	83.6	64.8	99.2	84.9	71.2
Total	841.9	1,328.7	1,122.6	1,049.6	839.6	1,053.1	1,123.7	978.1

¹⁾Refer to the comment in Table 1

볼 때 조피볼락 근육의 지방산은 투여한 사료 지방산의 영향을 다소 받는 것으로 판단되었다.

해산어인 참돔[12,13,42,43]과 방어[8,9]는 EPA와 DHA 같은 n-3계 고도불포화지방산을 필수지방산으로 요구하는 것으로 보고되어 있다. 그리고 본 연구에 사용한 조피볼

락[28]에서도 EPA 및 DHA와 같은 n-3계 고도불포화지방산이 필수지방산으로 역할을 하며, DHA가 EPA보다 필수지방산으로서의 효과가 우수하다고 보고되어 있다. 따라서 실험사료에서 지질원으로 사용된 대구간유에 고도불포화지방산이 다량 함유되어 있어 실험어의 지방산이

이의 영향을 받은 것으로 판단되었다.

요 약

오징어와 고등어 가공처리시 배출되는 가공부산물의 이용률을 높이고 양어용 배합사료의 단점인 기호성을 높이기 위한 기초자료를 얻고자 가공부산물을 단백질 분해 효소로써 가수분해시킨 전체액화물과 그것의 분자량 500 및 5,000 dalton 이하의 분획물을 각각 배합사료에 15% 첨가하였을 때 조피볼락의 사료섭취율, 성장 및 체성분에 미치는 효과를 검토하였다.

체중증가율은 대조구에 비하여 오징어와 고등어 가수분해물의 배합구가 크게 증가하였으며, 그 중에서 오징어 가수분해 전체액화물 배합구가 가장 높은 체중증가율을 보였다.

사료효율은 대조구에 비하여 오징어와 고등어 가수분해물의 배합구가 높게 나타났으며, 오징어 가수분해물이 고등어 가수분해물보다 높게 나타났고, 오징어와 고등어 모두 전체액화물이 분획물보다 높게 나타났다.

수분 함량은 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 전체적으로 약간 감소하는 경향을 나타내었으며, 실험구간에는 큰 차이를 나타내지 않았다.

조단백질 함량은 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 다소 증가하는 경향이었고, 실험구간에는 대조구에 비하여 오징어와 고등어 가수분해물 배합구에서 모두 높게 나타났으며, 그 중에서 오징어 가수분해 전체액화물 배합구가 가장 높게 나타났다.

조지방 함량도 역시 실험개시전과 비교하여 사육 8주후에 약간 증가하는 경향이었고, 실험구간에는 대조구가 가장 높게 나타났다.

조회분은 실험개시전과 사육 8주후에도 대부분의 실험구에서 변화가 없는 것으로 나타났다.

구성 아미노산 함량은 오징어 가수분해물 배합구들이 고등어 가수분해물 배합구들보다 높게 나타났다. 그 중에서 오징어 가수분해 전체액화물 배합구에서 가장 높게 나타났으며, 실험구별 각 아미노산 함량에는 그다지 차이가 없었다.

지방산 함량은 실험개시전에 비하여 사육 8주후에는 대부분의 실험구에서 높게 나타났으며, 그 중에서 대조구

인 Diet No. 1이 가장 높게 나타났다. 그러나 가수분해물로 조제한 사료를 공급한 실험구간에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 여수대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. A.O.A.C. 1984. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. p.1141, 14th ed. Arlington. AV.
2. Bae, T. J., H. I. Kang, D. S. Kang, O. S. Choi and S. W. Kim. 1997. Development of liquefied seasoning material from cockle shell by-product. *Kor. J. Food and Nutr.* 10, 521-527.
3. Balogun, A. M. and A. D. Ologhobo. 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling *Clarias gariepinus* (Burchell) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture* 76, 117-126.
4. Belal, I. E. H and H. Assem, 1995. Substitution of soybean meal and oil for fish meal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) : effects on body composition. *Aquaculture Research* 26, 141-145.
5. Berge, G. M. and T. Storebakken. 1996. Fish protein hydrolysate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Aquaculture* 145, 205-212.
6. Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
7. Bouchez, P. and C. Azzi. 1991. *Biotechnology : Use of hydrolytic enzymes in processing of feedstuffs*. In : Cowey, C. B. and C. Y. Cho. (Eds.). *Nutritional Strategies & Aquaculture Waste*. pp. 91-101, Fish nutrition research lab., University of Guelph, Ontario, Canada.
8. Deshimaru, O., K. Kuroki and Y. Yone. 1982. Nutritive values of various oils for yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48, 1155-1157.
9. Deshimaru, O., K. Kuroki and Y. Yone. 1982. Suitable levels of lipids and ursodesoxycholic acid in diet for yellowtail. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 48, 1265-1270.

10. Dong, F. M., R. W. Hardy, N. F. Haard, F. T. Barrows, B. A. Rasco, W. T. Fairgrieve and I. P. Forster. 1993. Chemical composition and protein digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture* **116**, 149-158.
11. Duncan, D. B. 1959. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **1**, 1-42.
12. Fujii, M. and Y. Tone. 1976. Studies on nutrition of red sea bream-XIII. Effect of dietary linolenic acid and ω 3 polyunsaturated fatty acids on growth and feed efficiency. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **42**, 583-588.
13. Fujii, M., H. Nakayama and Y. Yone. 1976. Effect of ω 3 fatty acids on growth, feed efficiency and fatty acid composition of red sea bream (*Chrysophrys major*). Report of Fishery Research Laboratory, Kyushu University **3**, 65-86.
14. Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.* **62**, 225-243.
15. Harada, K. 1985. Feeding attraction activities of amino acids and lipids for juvenile yellowtail. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **51**, 453-459.
16. Harada, K. 1985. Feeding attraction activities amino acids and nitrogenous bases for oriental weatherfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **51**, 461-466.
17. Harada, K. 1986. Feeding attraction activities of nucleic acid-related compounds for abalone, oriental weatherfish and yellowtail. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **52**, 1961-1968.
18. Harada, K. 1989. Feeding attraction activities of L-dipeptides for abalone, oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 1629-1634.
19. Harada, K. 1990. Attraction activities of spices for oriental weatherfish and yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* **56**, 2029-2033.
20. Harada, K. and I. Ikeda. 1984. Feeding attractants in chemical constituents of lake prawn for oriental weatherfish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **50**, 617-622.
21. Ikeda, I., H. Hosokawa, S. Shumeno and M. Takeda. 1988. Identification of feeding stimulant in the krill extract for jack mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi* **54**, 235-238. (in Japanese)
22. Ikeda, I., H. Hosokawa, S. Shimeno and M. Takeda. 1991. Feeding stimulant activity of nucleotides, tryptophan and their related compounds for jack mackerel. *Nippon Suisan Gakkaishi* **57**, 1539-1542. (in Japanese)
23. Jenkins, K. J., E. Larmond, F. D. Sauer and D. B. Emmons. 1982. Soluble fish protein in milk replacers for calves. *Feedstuffs* **54**, 24-25.
24. Kohbara, J., K. Fukuda and I. Hidaka. 1989. The feeding-stimulatory effects of jack mackerel muscle extracts on the young yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 1343-1347. (in Japanese)
25. Lee, J. H., K. T. Lee, S. M. Park and C. K. Park. 1998. Improvement of rheological and functional properties of salmon FPC by enzymatic partial hydrolysis 1. Production of salmon FPC hydrolysates and their general properties. *J. Korean Fish. Soc.* **31**, 132-138. (in Korean)
26. Lee, J. Y., S. M. Lee and I. G. Jeon. 1995. Effects of a practical Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) diet; Comparison with raw fish and moist pellet diet. *Korean J. Aquacult.* **8**, 261-269. (in Korean)
27. Lee, J. Y., Y. J. Kang, S. M. Lee and Y. J. Park. 1993. Evaluation of protein source for Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*) test diets. *Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Agency. Korea.* **48**, 97-105. (in Korean)
28. Lee, S. M., J. Y. Lee., Y. J. Kang, H. D. Yoon and S. B. Hur. 1993. n-3 highly unsaturated fatty acid requirement of the Korean rockfish *Sebastes schlegeli*. *Bull. Korean Fish. Soc.* **26**, 477-492. (in Korean)
29. McCallum, I. M. and D. A. Higgs. 1989. An assessment of processing effects on the nutritive value of marine protein sources for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture* **77**, 181-200.
30. Moon, H. Y. and Gatlin, D. M. 1994. Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum. *Aquaculture* **120**, 327-340.
31. Murai, T., T. Akiyama, T. Takeuchi, T. Watanabe and T. Nose. 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **54**, 605-608.
32. Nakajima, K. 1991. Effects of diet-supplemented dimethyl- β -propiothetin on growth and thrust power of goldfish, carp and red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* **57**, 673-679.
33. Nakajima, K. 1991. Activation effect of a short term of dimethyl- β -propiothetin supplementation on goldfish and rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* **58**, 1453-1458.
34. Nakajima, K., A. Uchida and Y. Ishida. 1989. A new feeding attractant, dimethyl- β -propiothetin, for freshwater fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 689-695.

35. Nakajima, K., A. Uchida and Y. Ishida. 1990. Effect of feeding attractant, dimethyl- β -propiothetin, on growth of marine fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* **56**, 1151-1154.
36. Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy. 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquaculture Research* **26**, 161-166.
37. N.A.S. (National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. p.50, N.A.S., Washington, D. C.
38. NRC (National Research Council). 1983. *Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes*. p.102, National Academy Press, Washington, D. C.
39. Pongmaneerat, J., T. Watanabe, T. Takeuchi and S. Satoh, 1993. Use of different protein meal as partial or total substitution for fish meal in carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi* **59**, 1249-1257.
40. Rumsey, G. L. 1993. Fish meal and alternate sources of protein in fish feed. Update 1993. *Fisheries* **18**, 14-19.
41. Smith, R. R. 1977. *Recent research involving full-fat soybean meal in Salmonid diets*. p. 5, Presented at the 1977 USTFA Convention, Keystone, Colorado.
42. Yone, Y. and M. Fujii. 1975. Studies on nutrition of red sea bream-XI. Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on growth rate and feed efficiency. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **41**, 73-77.
43. Yone, Y. and M. Fujii. 1975. Studies on nutrition of red sea bream-XII. Effect of ω 3 fatty acid supplement in a corn oil diet on fatty acid composition of fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **41**, 79-86.
44. Yoon, H. D., D. S. Lee and S. B. Suh. 1997. Studies on the utilization of wastes from fish processing II-changes of chemical properties of skipjack tuna viscera silage during storage by the processing method. *J. Korean Fish. Soc.* **30**, 8-15. (in Korean)
45. Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz, 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* **36**, 37-48.