Journal of Life Science 2008 Vol. 18. No. 6. 832~838 ©JLS / ISSN 1225-9918

수산가공공장폐액의 등전점이동 응집처리에 의한 유용성분재회수이용

4. 회수단백질의 어분 대체 사료로서의 이용

김광우 · 김가현 · 어명희[1] · 김옥선[1] · 조순영[1]*

강릉대학교 식품과학과, [1]강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

Received March 31, 2008 / Accepted June 18, 2008

Recovery and Utilization of Proteins and Lipids from the Washing Wastewater in Marine Manufacture by Isoelectric Point Shifting Precipitation Method—4. Utilization of the Recovered Protein Fractions as the Alternative Feed of Fish Meal. Gwang-Woo Kim, Ga-Hyeon Kim, Myung-Hee Ueo[1], Ok-Seon Kim[1] and Soon-Yeong Cho[1]*. *Department of Food Science, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea, [1]East Coastal Marine Bioresources Research Center, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea* - Mackerel water-soluble protein fraction produced by washing the mackerel meat were concentrated by isoelectric point shifting precipitation process, and the concentrates were utilized as the alternative feed of fish meal. In the 1st aquaculture diet experiment for Israel common carp, the feed conversion ratio decreased in proportion to the rise in the percentage of the recovered protein containing a residual lipid, which was added to the fish meal. It was supposed that the low feed efficiency was because of lipid oxidation in the recovered protein fraction. In addition, 2nd aquaculture diet experiment for Israel common carp was conducted after removing the oxidized lipid in the recovered protein fish meal. When a portion of the fish meal was substituted by the recovered protein devoid of the residual lipid, the feed conversion ratio increased in proportion to the amount of the substitute being added to the fish meal. Therefore, the recovered protein fraction of the mackerel washing wastewater from mackerel processing factory could be used as the alternative feed of fish meal.

Key words : The recovered protein fraction, isoelectric point shifting precipitation, Israel common carp, lipid oxidation, feed efficiency ratio

서 론

어류 양식에서는 총 생산 경비의 60% 이상을 사료 비용이 차지하며, 그 중에서도 단백질원의 비용이 가장 큰 비중을 차지한다. 양어용 사료의 단백질원으로는 주로 어분이 쓰이고 있으나, 최근에는 어분의 공급 부족과 이에 따른 가격 상승, 그리고 어분 중 골분(骨粉) 비율 증가에 따른 품질 저하로 사료 생산 시 단백질 공급에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서, 어류 생산이 경제적 · 기술적으로 안정적인 발전을 하기 위해서는 값싼 다른 단백질원을 찾아야 할 필요가 있다[3,13,16]. 이러한 차원에서 국내외적으로 연구가 많이 진행되고 있으며, 관심을 모은 대체 단백질원으로는 육골분 · 우모분[12], 오징어[14], 크릴[1] 등과 같은 동물성 단백질원과 corn gluten, 땅콩, 대두, 야자, 옥수수, 쌀과 같은 식물성 단백질원 등이 있다. 그 중에서도 아미노산 균형이 비교적 뛰어나고 다른 유박류보다 단백질 함량이 높으며 양적으로나 가격 면에서 안정되게 공급할 수 있는 대두박이 어분의 대체 원료로서 폭넓게 검토되고 있다[8,10,11,22].

한편, 국민들이 환경 보호에 대한 관심이 높아짐에 따라 정부에서도 환경오염 규제를 더욱 강화함으로써 산업체에서는 배출수와 폐기물 처리에 관하여 어려움을 겪고 있다. 식품산업체도 예외 없이 그 대책을 마련해야 하는데, 만일 이러한 폐기물중의 유효 성분을 재사용할 수 있다면 환경오염 방지뿐만 아니라 경제적으로도 큰 효과를 얻게 될 것이다. 이러한 관점에서 볼 때 크릴 잔사로부터 유용 색소인 carotenoprotein을 추출하거나[9], 갑각류의 가공 폐기물을 이용하여 무지개송어나 연어 등의 어육을 착색하는[5,15,17] 등의 여러 연구가 수행된 바 있다. 특히, 수산물의 가공 · 처리 시 많은 양의 수용성 단백질을 비롯한 수용성 성분들의 손실이 많은데, 이들은 악취 발생 등의 문제를 일으키기도 하며 경제적으로나 위생적으로 바람직하지 못하다. 하지만 이들 폐액에는 이용가능한 단백질이 상당량 들어 있으므로 이를 등전점이동 응집처리하여 유용단백질을 침전시키면 어류 사료의 단백질원으로도 활용할 수 있어 환경 보호 측면에서 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

따라서 본 실험에서는 고등어를 가공 · 처리하면서 버려지는 폐액을 등전점 침전처리법으로 회수한 단백질응집물(이하 '고등어가공폐액 회수단백질'이라 한다)을 이용하여 현재 내수면 어류 양식 생산고의 절반 이상을 차지하고 있는 이스라엘잉어를 대상으로 어분 대체 단백질원으로서의 이용성을 적용 실험하여 보았다.

*Corresponding author
Tel : +82-33-640-2335, Fax : +82-33-648-3831
E-mail : csykang@kangnung.ac.kr

재료 및 방법

재료 및 시험폐액

본 실험에 사용된 고등어(*Scomber japonicus*, 체장 35-38 cm, 체중 448-525 g)는 강릉수협에서 선도 양호한 것으로 구입하여 사용하였으며, 사료효과실험에 사용된 실험어는 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio*)로서 그 치어는 2006년 4월에 채란하여 부화한 것을 경기도 안산 부근의 개인 부화장에서 구입하여 사용하였다.

고등어육 수세폐액의 조제 및 그 폐액 중의 잔존 수용성 단백질의 회수 방법

실험실 규모로 전보[19]와 같이 고등어 수세폐액을 대량 조제하여 전보[19]와 같은 폐수처리장치로써 그 폐액 중의 수용성 단백질을 회수하였다.

회수단백질 획분의 일반성분, 아미노산 조성 및 산화정도 측정

일반성분은 AOAC 법[2]에 따라 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxthlet법, 회분은 건식회화법으로 측정하였으며, 조단백질은 semimicro Kjedahl법으로 질소를 정량한 후 질소계수(6.25)를 이용하여 계산하였다. 아미노산 조성은 시료 50 mg을 정평하여 ampoule에 넣고 6 N HCl용액 2 ml를 가하여 진공하에서 봉입한 다음 110°C의 sand bath에서 24시간 가수분해하였다. 분해액을 glass filter로 여과하고 감압건조시킨 후 pH 2.2의 구연산 완충액으로 25 ml로 정용하여 구성아미노산 분석시료로 사용하였다. 과산화물가의 측정은 시료 1 g을 취하여 용매(Glacial acetic acid:Chloroform=1:1) 25 ml를 가한 후 균질화 한 다음 KI 포화용액 1 ml를 가하여 마개를 하고 1분간 심하게 진탕하여 5-10분간 어두운 곳에서 방치하였다. 증류수 75 ml를 가하여 흔든 후 1% 전분 용액 1 ml를 지시약으로 혼합하여 0.01 N sodium thiosulfate용액으로 적정하여 과산화물가를 산출하였다. 갈변도는 Hendel 등[7]의 방법을 수정하여 측정하였다.

사육 실험용 사료의 제조

사료 제조에 필요한 어분, 고등어가공폐액 회수단백질 및 밀가루 등은 미리 일반조성을 조사한 후(Table 1), Takeuchi 등[21]의 결과를 근거로 이스라엘잉어 치어의 성장에 필요한 적정 조단백질 함량인 35%가 되도록 사료의 혼합비를 조정하였다.

우선 1차 사육실험에서는 고등어가공폐액 회수단백질이 어분 대체 단백질로서 적합한지를 판단하기 위해 어분만을 단백질원으로 한 사료(A 사료)와 그 어분량의 33.3%(B 사료)와 66.6%(C 사료)를 고등어가공폐액 회수단백질로 대체한 사료로 이스라엘잉어를 사육하였으며, 이때 사료 조성은 Table 2와 같다. 그리고 2차 사육실험에서는 1차 사육실험의 결과를 바탕으로 고등어 엑스분을 ether로 탈지한 후 사료제조에 사용하였으며, 1차 사육실험과 마찬가지로 어분만을 단백질원으로 한 사료(D 사료)와 그 어분량의 15%(E 사료)와 30%(F 사료)를 고등어가공폐액 회수단백질로 대체하여 만든 사료를 각각 사용하였으며, 이때 사료 조성은 Table 3과 같다.

Table 1. Proximate composition of fish meal and mackerel extract used for the 1st and 2nd experimental diets (%)

Ingredient	Fish meal		Mackerel extracts	
	1st	2nd	1st	2nd
Crude protein	57.7	68.5	82.0	76.3
Crude lipid	6.5	6.7	2.4	3.9
Ash	24.4	22.1	7.1	-
Moisture	8.2	1.0	7.7	10.9

실험 사료는 각 원료를 혼합하여 펠렛기(CHOP-RITE, Pottstown, P.A.)로 성형한 후, 강제송풍기에서 3일간 냉풍·건조시켜 적절한 크기로 분쇄하였다. 저장은 소량씩 지퍼백에 넣고 밀봉한 후 실험에 사용하기까지 -40°C에서 냉동 보관하였다.

사육 실험

사육 실험은 고등어가공폐액 회수단백질이 단백질원으로

Table 2. Formulation of experimental diets for Israel common carp in 1st trial

Diet No. FSR[1]	A	B	C
	0%	33.3%	66.6%
Fish meal	52.0	34.6	17.3
Makerel extract	-	12.3	24.5
Flour (middlings)	44.5	47.6	50.6
Vitamin mix[2]	1.0	1.0	1.0
Mineral mix[3]	1.0	1.0	1.0
Salt	1.0	1.0	1.0
Yeast	0.5	0.5	0.5
Cellulose	-	2.0	4.1
Total protein (%)	34.4	34.8	35.1

[1]Fish meal substitution ratio
[2]Contain ingredients per kg diet
Vit. A: 4,650 IU; Vit. D_3: 930 IU; Vit. E: 27.9 mg; Vit. K: 9.3 mg; Vit B_1: 18.6 mg; Vit. B_6: 18.5 mg; Vit. B_{12}: 0.0186 mg; Ascorbic acid: 93.0 mg; Choline: 511.5 mg; Biotin: 0.093 mg; Inositol: 93.0 mg; PABA: 9.3 mg; Furazolidon: 46.5 mg; BHT: 6.51 mg and Filler.
[3]Contain ingredients per kg diet
Mn: 1,200 mg; Zn: 900 mg; Fe: 400 mg; Cu: 100 mg; Co: 10 mg; Iodine: 25 mg

Table 3. Formulation of experimental diets for Israel carp at 2nd trial

Diet No. FSR[1]	A	B	C
	0%	15.0%	30.0%
Fish meal	44.5	36.0	27.5
Makerel extract	-	7.5	15.0
Flour (middlings)	49.0	50.0	51.0
Vitamin mix[2]	1.0	1.0	1.0
Mineral mix[3]	1.0	1.0	1.0
Salt	1.0	1.0	1.0
Yeast	0.5	0.5	0.5
Fish oil[4]	3.0	3.0	3.0
Total protein (%)	35.0	35.1	35.1

[1]Fish meal substitution ratio
[2]Contain ingredients per kg diet
Vit. A: 4,650 IU; Vit. D_3: 930 IU; Vit. E: 27.9 mg; Vit. K: 9.3 mg; Vit B_1: 18.6 mg; Vit. B_6: 18.5 mg; Vit. B_{12}: 0.0186 mg; Ascorbic acid: 93.0 mg; Choline: 511.5 mg; Biotin: 0.093 mg; Inositol: 93.0 mg; PABA: 9.3 mg; Furazolidon: 46.5 mg; BHT: 6.51 mg and Filler.
[3]Contain ingredients per kg diet.
Mn: 1,200 mg; Zn: 900 mg; Fe: 400 mg; Cu: 100 mg; Co: 10 mg; Iodine: 25 mg
[4]pollack liver oil

서의 첨가효과를 알기 위한 1차 사육실험과 이 실험 결과를 토대로 최적 첨가율을 알기 위한 2차 사육실험으로 나누어 실시하였다. 사육 실험에 쓰인 이스라엘잉어는 실험을 시작하기에 앞서 일주일동안 시판의 상품사료로 예비 사육한 다음 2일간 절식시키고 나서 순환 여과 사육조(209×209×61 cm) 내에 설치한 소형 가두리(82×42×50 cm)에서 사육하였다.

1차 사육실험에서는 평균 23.1±0.3 g인 이스라엘잉어 치어를 가두리 당 40마리씩 수용하여 2006년 8월 11일부터 동년 9월 25일까지 42일간 2반복 실험하였으며, 2차 사육실험에서는 평균 2.93±0.05 g인 치어를 가두리당 100마리씩 수용하여 2007년 7월 7일부터 동년 8월 17일까지 40일간 2반복 실험하였다. 한편, 사료는 1일 4회(오전 8시, 11시, 오후 2시, 5시), 어체중량의 3%가 되도록 나누어 공급하였다.

성장도 측정

사육실험중에서의 성장도는 매 2주마다 각 실험구에서 무작위로 10마리씩 꺼내어 체중, 체장, 전장을 측정하여 사료계수, 일일 성장률, 일일사료 섭취율 및 비만도를 구하여 판단하였고, 이들 수치는 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

사료계수(Feed conversion ratio: FCR)
=[Feed intake(dry matter)/wet weight gain]

일일성장률(Daily growth rate: DGR, %)
$=[(W_t/W_o)^{1/t}-1]\times 100$

일간사료섭취율(Daily feed consumption, %)
$$=\frac{Feed\ intake}{(Initial\ wt.+Final\ wt.)/2\times day}\times 100$$

비만도(Condition factor)
=[weight/(Total body length)^3]× 1,000

통계 처리

실험 결과는 ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test로 95%의 통계적 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

고등어수세폐액 중의 회수단백질 획분의 일반 성분과 잔존 지방의 성상

고등어가공폐액에서 등전점침전법으로 회수된 단백질획분의 일반 성분 분석 결과(Table 4), 대부분이 단백질이었다. 그러나, 그 중에는 아직 지방이 상당량 잔존하고 있었고, 그 속의 지방 산화 정도가 오랫동안 폐액을 정치해둔 탓에 상당히 산패가 진행되어있음도 확인할 수 있었다. 일반적으로 산화초기에는 갈변이 거의 일어나지 않는데, 본 시료는 갈변도 0.39로서 매우 산화가 많이 진행되었음을 확인할 수 있었다 [18,19,20].

고등어수세폐액 중의 회수단백질 획분의 아미노산 조성

고등어 원료어 및 회수단백질 획분의 아미노산 조성은 Table 5에 나타내었다. 함량에 있어서는 약간의 차이가 있으나, 조성비에 있어서는 비슷한 경향을 나타내었다. 주요 구성 아미노산은 원료어 및 회수단백질 획분 모두 glutamic acid, aspartic acid, lysine 및 leucine 등이었다. 우리나라처럼 쌀을 주식으로 하는 나라에서는 쌀의 제한아미노산인 lysine이 많이 함유되어 있는 회수단백질을 이용하여 재회수 섭취한

Table 4. Proximate compositions and remaining lipid characteristics of minced mackerel water soluble protein concentrates prepared by freeze drying (%)

Moisture	Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash	Peroxide value	Browning
5.6±0.2	75.3±1.5 (79.7±1.5)[1)]	15.8±0.7 (16.7±0.7)	0.4±0.1 (0.4±0.1)	2.9±0.2 (3.0±0.2)	0.27±0.01	0.39±0.04

[1)]Dry basis

Table 5. Change in amino acid contents of raw mackerel and recovered water soluble protein fraction in wahsing wastewater (mg/100 g)

Amino acids	Raw mackerel	Recovered protein
Asp	1.75	1.35
Glu	2.55	1.80
Ser+His	0.70	0.55
Gly	0.95	0.60
Thr	0.90	0.50
Arg	0.80	0.55
Ala	1.00	0.75
Tyr	0.40	0.35
Met	0.40	0.20
Val	0.80	0.20
Phe	0.70	0.50
Ieu	0.75	0.55
Leu	1.40	1.05
Lys	1.65	1.15
Total	14.5(49.5)[1)] [68.0][2)]	10.10(52.1) [53.4]

[1)]Dry basis
[2)]Moisture and lipid free basis

다는 것은 영양학적으로도 의의가 있는 일이라고 할 수 있다. 특히, 전체 구성아미노산에 대한 필수아미노산이 차지하는 비율은 회수단백질의 경우 42%로 상당히 높아 영양학적으로 의의가 있을 뿐 아니라 사료화 시 양식어류의 성장에 큰 도움을 줄 수 있을 것이라 사료된다.

잔존 지방 내재 회수단백질 획분 대체 첨가 어분에 의한 1차 잉어사육 실험

첫 2주 동안의 성장도(Table 6)를 보면, 어분만을 단백질원으로 한 사료를 먹인 공급구(이하 'A사료 공급구'라 함)의 사료계수와 일일성장률은 1.6과 2.7%이었으나, 고등어가공폐액 회수단백질을 어분의 33.3%와 66.6% 대체하여 만든 사료를 먹인 공급구(이하 'B사료 공급구', 'C사료 공급구'라 함)의 사료계수와 일일성장률은 각각 1.7, 2.3%와 1.9, 1.9%로, 세 공급구 모두 사료계수에서는 유의차를 인정할 수 없었으나, 일일성장률은 A사료 공급구와 C사료 공급구간에 유의차가 있었다($p<0.05$). 그리고 일간사료섭취율은 세 공급구가 각각 4.1%, 3.9%, 3.7%로 A사료 공급구와 C사료 공급구간에서만 유의차가 있었으나, 비만도는 세 공급구가 각각 18.9, 18.8, 18.8로 유의차가 없었다($p<0.05$).

4주째의 성장도(Table 7)에서는 각 실험구의 사료계수가 1.2-1.3%이었고, 일간사료섭취율은 모두 3.6%, 일일성장률은 2.8-3.2%로 거의 유사하였으며, 실제로 이들 세 공급구 간에는 유의차가 없었다. 그러나, 실험 시작 6주째(Table 8)에서는 각 공급구마다 차이를 확인할 수 있었다. 즉, A사료 공급구, B사료 공급구, C사료 공급구처럼 고등어가공폐액 회수단

Table 6. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 1st 2 weeks in 1st trial[1] (Aug. 11~26, 2006)

Division		Experimental aquaculture diet		
		A	B	C
Initial	Total body wt. (g)	939.0	915.5	914.0
	Ave. body wt. (g)	23.5	22.9	22.9
Final	Total body wt. (g)	1400.0	1291.0	1216.0
	Ave. body wt. (g)	35.4	32.3	30.4
Diet consumed (g)		716.0	636.4	583.9
Feed conversion ratio		1.6[a]	1.7[a]	1.9[a]
Daily growth rate (%)		2.7[a]	2.3[ab]	1.9[b]
Daily feed consumption (%)		4.1[a]	3.9[ab]	3.7[b]
Condition factor		18.9	18.8	18.8

[1]Values are means from duplicated group of fish. The means in each row with a different superscript are significantly different ($p<0.05$).

Table 7. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 2nd 2 weeks in 1st trial (Aug. 27~sept. 2006)

Division		Experimental aquaculture diet		
		A	B	C
Initial	Total body wt. (g)	875.0	806.9	769.6
	Ave. body wt. (g)	35.2	32.3	30.8
Final	Total body wt. (g)	1360.0	1187.0	1126.5
	Ave. body wt. (g)	54.4	47.5	45.1
Diet consumed (g)		560.5	495.6	479.4
Feed conversion ratio		1.2	1.3	1.3
Daily growth rate (%)		3.2	2.8	2.8
Daily feed consumption (%)		3.6	3.6	3.6
Condition factor		20.1	19.8	19.6

Table 8. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 3rd 2 weeks in 1st trial[1] (Sept. 12~25, 2006)

Division		Experimental aquaculture diet		
		A	B	C
Initial	Total body wt. (g)	1088.0	949.6	901.2
	Ave. body wt. (g)	54.4	47.4	45.1
Final	Total body wt. (g)	1287.0	1044.5	968.0
	Ave. body wt. (g)	64.4	52.2	48.4
Diet consumed (g)		507.9	363.4	313.9
Feed conversion ratio		2.6[a]	3.9[b]	4.7[c]
Daily growth rate (%)		1.3[a]	0.7[b]	0.4[c]
Daily feed consumption (%)		3.3[a]	2.8[b]	2.6[b]
Condition factor		19.1[a]	19.9[a]	17.1[b]

[1]Values are means from duplicated group of fish. The means in each row with a different superscript are significantly different ($p<0.05$).

백질의 첨가량이 증가할수록 일간사료섭취율은 3.3%, 2.8%, 2.6%로 줄어들어 고등어가공폐액 회수단백질의 첨가가 사료섭취율을 떨어뜨린다는 것을 확인할 수 있었으며, 사료계수와 일일성장률도 2.6, 3.9, 4.7과 1.3%. 0.7%, 0.4%로 나타남으로서 유의적인 차이가 확인되었다($p<0.05$). 그러나 비만도는 17.1-19.9%로 A사료 공급구와 B사료 공급구에서는 뚜렷한 차이를 볼 수 없었으나, C사료 공급구와는 유의적인 차이가 확인되었다($p<0.05$).

이상 1차 잉어사육 실험의 결과를 보면, 각 공급구마다 사료계수, 일일성장류, 일간사료섭취율이 사육 개시 4주째까지는 큰 차이를 보이지 않았으나, 그 이후는 사료효율이 급격히 감소되면서 일일성장률도 유의적인 차이를 보일만큼 낮아졌다($p<0.05$). 그 차이는 고등어가공폐액 회수단백질의 첨가가 많을수록 더욱 크게 나타났는데 이것은 회수단백질에 어류의 섭이행동을 억제하거나 기호성을 떨어뜨리는 물질이 포함되어 있는 것으로 사료되었다. 실제 고등어가공폐액 회수단백질에서는 지질이 변질된 듯한 다소 역겨운 냄새가 나타났던 것이 원인으로 추정되는데 이것은 수산가공공정에서 물에 씻겨 나오는 지질이 공기 중의 산소와 쉽게 반응을 하여 산화하기가 쉬우므로 회수단백질에는 이러한 산패한 지질이 많을 것으로 여겨진다[6]. 실제로 Table 4에서 언급하였듯이 회수단백질 중의 지질은 산패가 심하게 진행되어 형성된 과산화물이 거의 분해되어 2차 생성물인 갈변물질로 다량 변해 있었다.

본 실험에 사용한 고등어와 같이 고도불포화지방산(PUFA)이 많은 어종을 수세처리한 것이라면 그 폐액중의 지질은 산패가 더 심할 수 밖에 없다. 고등어, 정어리, 멸치 등의 적색어류(또는 붉은살어류라고도 한다)로 만든 갈색어분을 사용한 사료는 명태와 같은 백색어분에 비해 사료로서의 효능이 다소 떨어지는 것으로 알려져 있다. 그리고 산패한 청어유를 사료에 섞어 어류를 사육하면 어종에 따라 피해 양상이 다르게 나타나기도 하지만 대체로 식욕이 감퇴하며 성장이 저하하는 등의 독성이 있다는 것은 이미 오래 전부터 알려져 있다[4]. 한편, 전반적으로 A사료 공급구에 비해 C사료 공급구는 성장도가 유의적인 차이를 보일만큼 낮았지만, B사료 공급구는 A사료 공급구와 사료계수, 일일성장율, 일간사료섭취율, 비만도가 대체로 비슷하여 뚜렷한 유의차를 보이지 않았다. 따라서 2차 사육 실험에서는 고등어가공폐액 회수단백질의 첨가율을 30% 이내로 하고, 지방 산패율의 영향을 없애기 위하여 회수단백질을 미리 에테르로 탈지하여 사용하였다. 1차 사육 실험과 관련하여 실험기간 동안 모든 공급구에서 실험어의 폐사는 없었다.

잔존 지방 제거된 회수단백질 획분 대체 첨가 어분에 의한 2차 잉어사육 실험

앞서 설명한 이유로 2차 잉어사육 실험에서는 탈지시킨 고등어가공폐액 회수단백질의 사료효율을 알아보고자 고등어가공폐액 회수단백질을 각각 어분의 15%와 30%가 되도록 첨가하여 사료를 만든 후 잉어사육 실험을 실시하였다.

첫 2주 동안은 어분의 15%와 30%을 첨가하여 만든 사료의 공급구(이하 각각 'E사료 공급구'와 'F사료 공급구'라 함)에서 약 2.9-3.0 g의 이스라엘잉어 치어가 약 4.2-4.4 g까지 성장하여 증중량에는 공급구간에 큰 차이를 보이지 않았다. 이러한 양상은 사료계수(1.5-1.7), 일일성장률(2.6-2.9%), 일간사료섭취율(4.2-4.4%)에서도 마찬가지였고 E사료 공급구의 비만도가 타 공급구에 비해 다소 높은 듯 하였지만 유의차는 없었으며($p<0.05$), 이들 세 공급구간에는 성장에 뚜렷한 차이를 확인할 수가 없었다(Table 9).

4주째(Table 10)도 앞서와 마찬가지로 세 공급구의 사료계수(1.8-1.9), 일일성장률(1.5-1.6%), 일간사료섭취율(2.8%)이 거의 비슷한 수준이었으며, 비만도는 F사료 공급구가 다른 공급구보다 약간 좋은 듯 하였지만 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 하지만 처음 2주 동안의 성장도에 비해 일일성장률, 일간사료섭취율은 다소 낮아지는 경향이 있었다.

Table 9. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 1st 2 weeks in 2nd trial (July 7~20, 2007)

Division		Experimental aquaculture diet		
		D	E	F
Initial	Total body wt. (g)	294.5	293.5	296.5
	Ave. body wt. (g)	2.9	2.9	3.0
Final	Total body wt. (g)	422.0	438.0	430.0
	Ave. body wt. (g)	4.2	4.4	4.3
Diet consumed (g)		220.5	219.5	215.5
Feed conversion ratio		1.7	1.5	1.6
Daily growth rate (%)		2.6	2.9	2.7
Daily feed consumption (%)		4.4	4.3	4.2
Condition factor		14.9	15.8	15.3

Table 10. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 2nd 2 weeks in 2nd trial (July 22~Aug. 5, 2007)

Division		Experimental aquaculture diet		
		D	E	F
Initial	Total body wt. (g)	383.2	389.6	394.0
	Ave. body wt. (g)	4.3	4.3	4.4
Final	Total body wt. (g)	473.5	487.4	490.5
	Ave. body wt. (g)	5.2	5.4	5.5
Diet consumed (g)		169.5	170.5	174.5
Feed conversion ratio		1.9	1.7	1.8
Daily growth rate (%)		1.5	1.6	1.6
Daily feed consumption (%)		2.8	2.8	2.8
Condition factor		15.2	15.3	15.7

Table 11. Performance of Israel common carp by substitution of mackerel extract as a protein source for 3rd 2 weeks in 2nd trial[1] (Aug. 6~17, 2007)

Division		Experimental aquaculture diet		
		D	E	F
Initial	Total body wt. (g)	383.2	389.6	394.0
	Ave. body wt. (g)	4.3	4.3	4.4
Final	Total body wt. (g)	473.5	487.4	490.5
	Ave. body wt. (g)	5.2	5.4	5.5
Diet consumed (g)		169.5	170.5	174.5
Feed conversion ratio		1.9	1.7	1.8
Daily growth rate (%)		1.5	1.6	1.6
Daily feed consumption (%)		2.8	2.8	2.8
Condition factor		15.2^{b}	15.3^{ab}	15.7^{a}

[1]Values are means from duplicated group of fish. The means in each row with a different superscript are significantly different ($p<0.05$).

6주째에서도 마찬가지 경향을 보여 사료계수(1.7-1.9), 일일성장률(1.0-1.3%), 일간사료섭취율(1.8-2.2%)이 거의 비슷하여 유의적인 차이가 없었으나($p<0.05$), 비만도는 F사료 공급구가 D사료 공급구보다는 유의적으로 높았고($p<0.05$), 사육일수가 길어짐에 따라 비만도가 가장 높아 어분사료공급구와 비교하여 특정한 여윔현상 없이 더 좋은 성장을 한 것으로 나타났다(Table 11). 그리고 고등어가공폐액 회수단백질의 첨가 사료의 공급구가 어분만을 단백질원으로 한 사료의 공급구에 비해 전반적인 성장도가 거의 같거나 다소 양호한 것은, 아마도 회수단백질 중의 유리아미노산이나 저급 펩티드와 같은 저분자의 질소화합물이 들어 있어 이들이 어류 체내에서 쉽게 가소화 에너지로 되었거나, 섭이자극효과를 나타내어 성장에 긍정적으로 영향을 미쳤을 것으로 여겨진다. 더욱이, 잉어는 무위어(無胃魚)여서 염산을 분비하지 않으므로 성장하기 위해서는 수용성의 인(P)만 사용할 수가 있으나 최근에는 어분의 원료가 되는 잡어의 어획량도 적은데다가 가식부(可食部)에 비해 어피나 뼈 등의 비율이 상대적으로 많아 품질이 낮아진 것은 물론이고, 이런 어분에 들어 있는 인은 불용성이라서 인을 흡수하지 못하므로 이용성이 떨어진 것도 어분만의 사료 공급구가 엑기스 사료 공급구에 비해 전반적으로 성장이 좋지 않은 이유인 것으로 사료된다.

요 약

수산가공공장폐액의 주성분은 수용성단백질이며 일부 지방이 함유되어 있는 특성이 있으므로 그 수용성 단백질을 등전점 침전처리에 의해 침전회수하여 어분 대체 사료로서의 이용을 시도하였다. 1차 이스라엘잉어 사육 실험에서는 지방산화가 진행된 고등어가공공장폐액으로 제조 된 고등어가공공장폐액 회수단백질 어분의 첨가량이 증가할수록 사료효율이 떨어지는 결과를 보였으나, 이 산화된 고등어가공폐액 회수단백질의 산화된 지방성분을 제거한 후 다시 2차 이스라엘잉어 사육 실험을 한 결과에서는 고등어가공폐액 회수단백질의 첨가량이 증가할수록 사료효율이 좋음을 확인하였다. 따라서, 지금까지 버려지는 고등어가공공장폐액 중 수용성 단백질을 등전점이동 응집처리법으로 회수하여 어분 대체 단백질원으로 활용할 수 있음을 실제 field에서의 이스라엘잉어 사육 실험으로 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 강릉대학교 RIC (동해안해양생물자원연구센터) 연구과제지원에 의해 수행된 결과입니다. 이에 감사드립니다.

References

1. Akiyama, T., T. Murai, Y. Hirasawa and T. Nose. 1984. Supplementation of a semipurified casein diet for catfish with free amino acids and gelatin. *J. Nutr.* **107**, 1153-1156.
2. A.O.A.C. 1995. Offical Methods of Analysis. 16th eds., pp. 69-74, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
3. Balogun, A. M. and A. D. Ologhobo. 1989. Growth performance and nutrient utilization of fingerling Clarias gariepinus (Burchel) fed raw and cooked soybean diets. *Aquaculture* **76**, 117-126.
4. Castell, J. D. 1979. Review of lipid requirements of finfish. pp. 59-84. *Finfish nutrition and fishfeed technology*. Vol. **I**. H. Heeneman Gmbh & Co., Berlin.
5. Chen, H. M. and S. P. Meers. 1982. Extraction of astaxanthin pigment from crwfish waste using a soy oil process. *J. Food Sci.* **47**, 892-896.
6. Cho, S. Y., Y. Endo, K. Fugimoto and T. Kaneda. 1989. Autoxidation of ethyl eicosapentaenoate in a defatted fish dry model system. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 545-552.
7. Hendel, C. B., G. F. Bailey and D. H. Taylor. 1950. Measurement of nonenzymatic browning of dehydrated vegetables during storage. *Food Technol.* **4**, 344.
8. Jeong, K. S. 1992. Availability of soybean meal and suitable protein · energy level in different types of diet of red seabream (Pagurus major). *Korean Aquaculture Soc.* **5**, 9-17.
9. Kim, S. K., Y. T. Kim, D. C. Kwak, D. J. Cho and E. H. Lee. 1990. Extraction conditions and quality stability of carotenoprotein from krill processing waste by proteolytic enzymes. *Bull. Korean fish Soc.* **23**, 40-50.
10. Kim, P. K., J. K. Jeon, H. S. Kim, J. G. Myoung and H. T. Huh. 1992. Use of soybean meal as a protein source for coho salmon (Oncorhynchus kisutch) diet Ⅰ. Growth responses on soybean meal. *Korean Aquaculture Soc.* **5**, 19-27.
11. Kim, Y. S., B. S. Kim, T. S. Moon and S. M. Lee. 2000.

Utilization of defatted soybean meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile flounder (Paralichthys olivaceus). *J. Korean Fish Soc.* **33**, 469-474.
12. Lovell, R. T. 1977. Mineral requirements. Nutrition and feeding of channel catfish. A report form the nutrition subcommitte of regional research project S-83. *So. Coop. Ser. Bull.* **21**, 30-32.
13. Lovell, R. T. 1982. Use of soybean products in diets for aquaculture species. pp. 21. Presentation made in Phillippines and Taiwan.
14. Robinson, E. H., J. K. Muler and V. M. Vergara. 1985. Evaluation of dry extrusion-cooked protein mixes as replacements for soybean meal and fish meal in catfish diets. *Prog. Fish Cult.* **47**, 102-109.
15. Saito, A. and L. W. Regier. 1971. Pigmentation of brook trout by feeding dried crustacean waste. *J. Fish Res. Bord. Canada* **28**, 509-512.
16. Smith, R. R. 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in Slmonid diets. pp. 5. Presented at the 1977 USTFA Convention, Keystone, Colorado.
17. Spinelli, J., L. Lehman and D. Wieg. 1974. Composition, processing and utilization of red crab as an aquacultural feed ingredient. *J. Fish Res. Board Canada* **31**, 1025-1029.
18. Suh, J. S., S. Y. Cho, K. T. Son, H. S. Cho and E. H. Lee. 1994. Recovery and utilization of proteins and lipids from washing wastewater in marine manufacture by isoelectric point precipitation method Ⅱ. Utilization of the recovered proteins as the material of a processed food. *Bull. Korean Fish Soc.* **27**, 495-500.
19. Suh, J. S., S. Y. Cho, K. T. Son, H. S. Cho and E. H. Lee. 1995. Recovery and utilization of proteins and lipids from washing wastewater in marine manufacture by isoelectric point precipitation method Ⅰ. The coagulation treatment for washing wastewater of minced mackerel meat. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **10**, 1-8.
20. Suh, J. S., S. Y. Cho, K. T. Son, H. S. Cho and E. H. Lee. 1995. Recovery and utilization of proteins and lipids from washing wastewater in marine manufacture by isoelectric point precipitation method Ⅲ. Utilization of the recovered lipids as the material of a processed food. *J. Korean Fish Soc.* 28, 157-162.
21. Takeuchi, T., T. Watanabe, S. Satoh, R. C. Martino, T. Ida and M. Yaguchi. 1989. Suitable levels of protein and digstible energy in proctical carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 521-527.
22. Viola, S., S. Nokady and T. Arieli. 1983. Effects of soybean processing method on the growth of carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* **32**, 27-38.