



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

수산학석사 학위논문

고효율 배합사료 개발을 위한 넙치 및
조피볼락 사료 내 국내 및 수입산 6 가지

어분의 평가

2019년 8월

부경대학교 대학원

수산생물학과

김성민

수산학석사 학위논문

고효율 배합사료 개발을 위한 넙치 및
조피볼락 사료 내 국내 및 수입산 6 가지

어분의 평가

지도교수 배 승 철

이 논문을 수산학석사 학위논문으로 제출함.

2019년 8월

부경대학교 대학원

수산생물학과

김 성 민

김성민의 수산학석사 학위논문을 인준함

2019년 8월 26일



주 심

농학박사

김창훈



위 원

수산학박사

고수홍



위 원

영양학박사

배승철

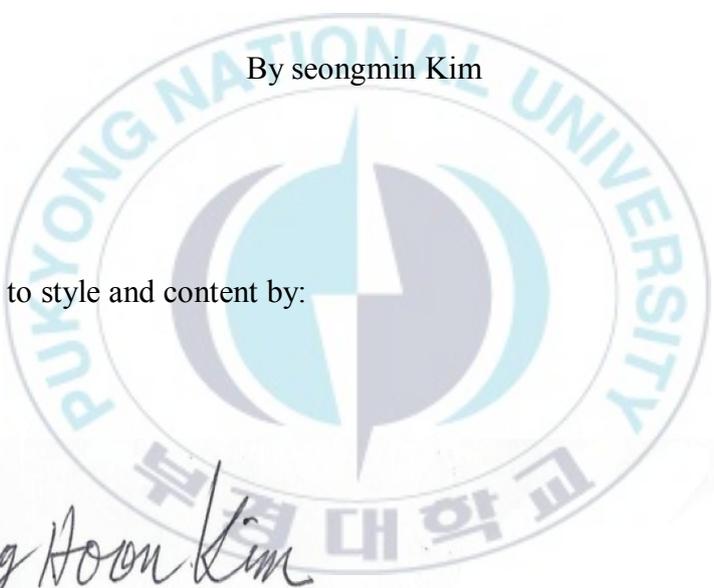


Evaluation of six dietary imported and local fishmeals to develop high quality formulated feeds in Olive flounder *paralichthys olivaceus* and Rockfish *sebastes schleglii*

A dissertation

By seongmin Kim

Approved as to style and content by:



Chang Hoon Kim
(Chairman) Chang-Hoon Kim

Su-Hong Ko
(Member) Su-Hong Ko

Sungchul C. Bai
(Member) Sungchul C. Bai

August 26, 2019

목 차

1. 요약문.....	ii
제 1 장 서론.....	1
제 2 장 납치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가.....	3
제 1 절 재료 및 방법.....	3
제 2 절 결과 및 고찰.....	12
제 3 장 조피볼락 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가.....	29
제 1 절 재료 및 방법.....	29
제 2 절 결과 및 고찰.....	37
제 4 장 요약.....	52
제 5 장 참고 문헌.....	54
제 6 장 감사의 글.....	57

요 약 문

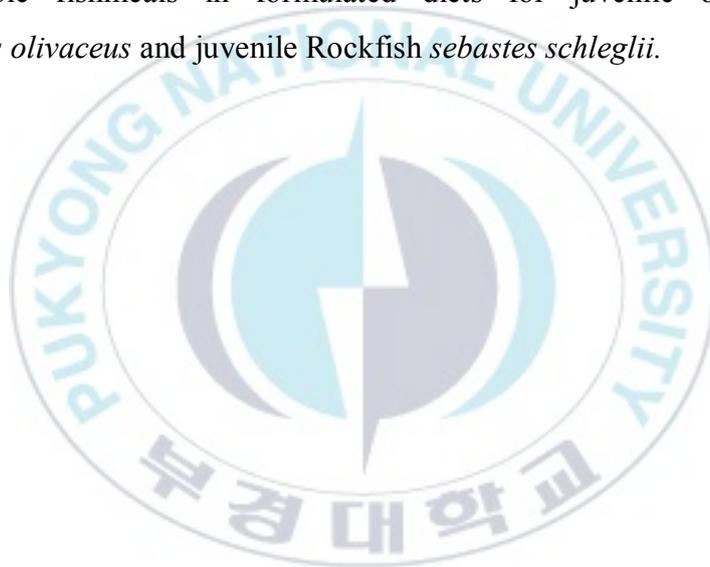
본 실험은 넙치 및 조피볼락 배합사료 내 어분 평가를 통한 고효율 사료개발을 위해 실시하였다. 1차 실험에서는 평균무게 17 ± 1 g (mean \pm SD)인 치어기 넙치를 수조 별 30마리씩 3반복으로 실시하였으며, 실험사료는 어분을 평가하기 위해 칠레산, 인도산, 덴마크산, 페루산, 베트남산 및 국내산 어분을 사용하였다. 8주간의 사육실험 종료 후, 증체율과 일간성장률에 있어서 칠레산, 덴마크 및 페루산 실험구가 인도, 베트남 및 국내산 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다 ($P < 0.05$). 사료효율은 덴마크 실험구가 칠레, 인도, 페루, 베트남 및 국내산 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 페루와 칠레 실험구는 베트남, 인도 및 국내 실험구보다 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 단백질 전환효율은 덴마크와 칠레 실험구가 인도, 페루, 베트남 및 국내 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 인도와 페루 실험구는 베트남과 국내 실험구에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$). 전어체 분석결과 조단백, 조회분에서는 모든 실험구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 그러나 수분에서는 칠레, 인도, 덴마크, 베트남 실험구가 국내 실험구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P < 0.05$), 조지방 분석결과에서는 덴마크 실험구가 베트남 실험구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으나($P < 0.05$), 칠레, 인도, 페루, 국내 실험구와 유의한 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 소화율 분석결과 단백질, 지질 에너지 소화율에 있어 칠레 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P < 0.05$), 베트남 실험구가 다른 실험구에 비해 가장 낮은 값을 나타내었다($P > 0.05$). 두 번째 실험은 평균무게 7 ± 1 g (mean \pm SD)인 치어기 조피볼락을 대상으로 하였으며, 실험사료는 어분을 평가하기 위해 칠레산 어분, 인도산 어분, 덴마크산 어분, 페루산 어분, 베트남산 어분, 국내산 어분을 사용하였으며, 각 수

조별 30마리의 조피볼락을 사용하였다. 8주간의 사육실험 종료 후, 증체율 일간성장률 사료효율 단백질전환효율에 있어서 덴마크, 페루 실험구가 인도, 베트남, 국내 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으나($P < 0.05$), 칠레 실험구와는 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 전어체 수분 분석결과 칠레, 인도, 덴마크, 베트남 실험구가 페루 및 국내 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈으며($P < 0.05$), 조지방 분석결과 칠레, 인도, 덴마크, 페루 실험구가 베트남, 국내 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 조단백, 조회분 분석결과 모든 실험구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 소화율 분석결과 단백질 소화율과 에너지 소화율에서 칠레 실험구가 다른 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 지질 소화율에서는 칠레, 페루, 국내산 어분이 다른 실험구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 따라서 두 가지 연구의 성장도 조사, 전어체 분석 및 소화율 분석 결과로 보아, 배합사료 내 어분의 품질은 치어기 넙치 및 조피볼락의 성장에 영향을 미치며, 넙치 및 조피볼락용 배합사료 제조시에는 덴마크산 어분, 칠레산 어분 및 페루산 어분이 가장 적합한 품질임을 확인하였다.

Abstract

Two experiments were conducted to evaluate imported and local fish meals in juvenile olive flounder *paralichthys olivaceus* and juvenile rockfish *sebastes schleglii*. In the first experiment, triplicate groups of 30 olive flounder averaging 17 ± 1 g (mean \pm SD) were fed one of the six experimental diets for 8 weeks. Chilean (59.8%/diet), Indian (63.3%/diet), Danish (56.9%/diet), Peruvian (59.2%/diet), Vietnamese (64.2%/diet), and Korean (59.1%/diet) fishmeals were used for the experimental diets. After the feeding trial, weight gain and specific growth rate of fish fed Chile, Denmark and Peru diets were significantly higher than those of fish fed India, Vietnam and Korea diets ($P < 0.05$). Feed efficiency of fish fed Denmark diet was significantly higher than those of fish fed Chile, India, Peru, Vietnam and Korea diets ($P < 0.05$). Protein efficiency ratio of fish fed Denmark and Chile diets was significantly higher than those of fish fed India, Peru, Vietnam and Korea diets ($P < 0.05$). There were no significant differences in whole body protein and ash contents among all groups. However moisture of fish fed Chile, India, Denmark and Vietnam diets was significantly higher than those of fish fed Korea diet ($P < 0.05$). Crude lipid of fish fed Denmark diet was significantly higher than those of fish Vietnam diet ($P < 0.05$). Crude protein, crude lipid and energy digestibility of fish fed Chile diet was significantly higher than those of fish fed the other experimental diets ($P < 0.05$). In the second experiment, triplicate groups of 30 rockfish averaging 7 ± 1 g (mean \pm SD) were fed one of the six experimental diets (described previously) for 8 weeks. After the feeding trial, weight gain, specific growth rate, feed efficiency and protein efficiency ratio of fish fed Denmark, Peru, and Chile diets were significantly higher than those of fish fed India, Vietnam and Korea diets ($P < 0.05$). Whole-body moisture composition of fish fed Chile, India, Denmark and Vietnam diets were significantly higher than those of fish fed Korea diet ($P < 0.05$). Crude lipid

of fish fed Chile, India, Denmark and Peru diets was significantly higher than those of fish fed Vietnam and Korea diets ($P<0.05$). Crude protein and Crude ash were not significantly different among fish fed all the experimental diets ($P>0.05$). Digestibility of crude protein and energy of fish fed Chile diet were significantly higher than those of fish fed all the other diets ($P<0.05$). Crude lipid digestibility of fish fed Chile, Peru and Korea diets was significantly higher than those of fish fed the other experimental diets ($P<0.05$). Therefore, based on growth, whole-body proximate composition and digestibility, Denmark, Chile and Peru were the most suitable fishmeals in formulated diets for juvenile olive flounder *paralichthys olivaceus* and juvenile Rockfish *sebastes schleglii*.



제 1 장 서론

어류양식에서 양식 경영비의 50% 이상이 사료비로 사용되고 있으며, 배합사료의 가격은 사료원료비용이 50~70%를 차지한다. 따라서 경제적이고 효율적인 사료를 제조하기 위해서는 가격대비 품질이 우수한 사료원료가 필수적이다. 어분은 단백질함량이 우수하고 아미노산 조성의 균형이 좋으며, 어류의 섭취에 대한 기호성을 향상 시키는 장점을 가지고 있다. 넙치 및 조피볼락을 비롯한 대부분의 해산어류는 육상동물이나 담수어와 달리 육식성이 강하고 단백질 요구량이 높아 사료원가 중 단백질원이 차지하는 비중이 높다(NRC 1993). 또한, 육식성 어류는 잡식성이나 초식성 어류처럼 식물성 단백질의 이용성이 높지 않기 때문에 배합사료에 항상 어분이 주 단백질원으로 사용되고 있어 해산어용 사료 개발에 있어 높은 단백질원으로 기호성이 높은 어분이 많이 사용되고 있으며, 어분의 첨가비율은 어분의 공급, 품질, 사료단가에 매우 중요한 요인이다. 그러나 어분은 어획량에 따라 가격 변동이 불안정하고 생산이 불안정하여 최근 가격이 급등하고 있는 실정이다. 어분의 품질과 가격은 원료의 신선도와 제조방법 그리고 나라별로 잡는 어종 등에 따라 차이가 있으며, 어류의 성장과 사료효율에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Aksnes and Mundheim, 1997; Jang et al., 2005). 또한 영양소 소화율은 어류의 영양소 이용성을 평가하기 위한 주요한 방법 중 하나이며, 성분 분석을 통하여 사료에 함유된 영양소 함량을 파악할 수는 있으나, 양식어가 섭취한 사료 영양소들이 어체 내에서 소화되지 못하여, 제대로 흡수되지 않는다면 사료에 함유된 영양소들은 실제적인 영양적 가치를 갖지는 못할 것이다. 영양성분 분석과 더불어 소화율의 측정은 사료원료 중에서도 특히 단백질원의 영양학적 가치를 더욱 정확하게 평가할 수 있을 것이다. 따라서 고품질 배합사료 개발을 위해서는 어분의 품질과 가격을 고려하여 사료의 품질을 개선시키고 사료의 원가

절감 및 어류의 성장을 향상시킬 수 있도록 어분 원산지별 이용성과 경제성을 규명하는 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구는 넙치 및 조피볼락 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가를 통해 고효율 배합사료를 개발하고자 한다.



제 2 장 낱치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가

제 1 절 재료 및 방법

실험 사료

치어기 낱치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가를 위해 칠레, 인도, 덴마크, 페루, 베트남 및 국내산 어분 6 종을 각각 사용하여 실험 사료를 제작하였으며, 분석결과는 표 1, 2 및 3 에 나타내었다. 실험사료의 단백질원으로 어분, 탈피대두박 그리고 소맥글루텐을 사용하였으며, 지질원으로 어유를, 탄수화물원으로 소맥분과 텍스트린을 사용하였다. 효모, 대두레시틴, 비타민혼합물, 미네랄혼합물, 비타민 C, 비타민 E 와 콜린은 기타 첨가물로 이용하였다. 추가적으로, 소화율 측정을 위하여 산화크롬(Cr_2O_3)을 0.5%을 첨가하여 소화율 지시제로 사용하였다. 모든 실험사료들은 설계된 원료들을 잘 혼합한 후 원료 1 Kg 당 물 300 mL 를 첨가하여 펠렛 제조기로 사료를 성형한 후 사료 건조기를 이용하여 90 분간 건조하여 제조하였다. 제조된 사료는 냉동고에서 -20°C 에 보관하면서 사용하였다.

표 1. 치어기 넙치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가 실험사료 조성

사료원료(%)	실험사료(원산지별 어분)					
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
칠레산 어분 ¹	59.8					
인도산 어분 ²		63.3				
덴마크산 어분 ³			56.9			
페루산 어분 ⁴				59.2		
베트남산 어분 ⁵					64.2	
국내산 어분 ⁶						59.1
탈피대두박	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
소맥글루텐	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
소맥분	13.8	14.1	13.7	14.0	13.9	13.8
텍스트린	5.87	0.57	9.02	5.37		5.32
어유	3.3	4.8	3.15	4.2	4.7	4.55
기타 첨가물 ⁷	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
	영양성분 (% , 건물)					
수분	8.6	8.3	9.0	8.5	9.1	6.9
조단백	52.5	52.2	52.6	52.7	53.1	53.1
조지질	10.0	10.1	10.8	9.5	9.8	10.0
조회분	14.0	18.2	10.3	13.1	17.9	13.8

¹조단백질 69.8%, 조지질 9.2%, 조회분 15.5%, 수분 8.1%

²조단백질 63.4%, 조지질 6.7%, 조회분 24.0%, 수분 5.0%

³조단백질 72.4%, 조지질 11.1%, 조회분 12.5%, 수분 6.8%

⁴조단백질 69.6%, 조지질 8.0%, 조회분 16.6%, 수분 6.8%

⁵조단백질 65.9%, 조지질 7.2%, 조회분 22.6%, 수분 9.4%

⁶조단백질 67.5%, 조지질 7.5%, 조회분 17.8%, 수분 3.7%

⁷비타민혼합물, 미네랄혼합물, 비타민C, 비타민E, 엽화콜린, 산화크롬, 대두레시틴, 효모

표 2. 치어기 넙치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가 실험사료 지방산 조성

(% of total fatty acids)

Fatty acids	실험사료(원산지별 어분)					
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
C14:0	5.1	6.0	4.4	5.4	4.3	4.0
C16:0	21.7	24.3	22.1	22.4	24.0	24.5
C16:1n	5.1	7.1	5.4	6.4	5.9	5.5
C18:0	4.7	7.1	3.5	5.0	8.1	7.7
C18:1n-9	15.6	17.3	20.8	16.5	18.8	18.5
C18:2n-6	12.9	13.5	13.1	14.3	14.1	13.5
C18:3n-3	2.3	1.3	1.7	1.4	1.4	1.2
C20:0	1.1	0.7	1.6	0.7	0.9	0.9
C20:1n-9	2.3	1.9	2.6	1.8	2.4	1.8
C20:4n-6	0.8	2.2	0.7	0.8	1.8	1.6
C20:5n-3	8.5	7.1	7.6	10.6	5.4	4.7
C22:0	0.5	0.6	1.6	0.5	0.7	0.7
C22:4n-6	0.9	0.6	1.1	0.7	0.8	0.8
C22:5n-3	1.1	1.2	0.7	1.5	1.2	0.8
C22:6n-3	17.3	9.1	13.1	11.9	10.2	13.9

표 3. 치어기 넙치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가 실험사료 구성아미노산 조성

(% of protein)

Amino acids	실험사료(원산지별 어분)					
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
Alanine	6.1	6.0	6.3	6.1	6.4	6.2
Arginine	5.9	6.2	6.1	5.8	5.9	5.8
Aspartic acid	9.2	9.3	9.7	9.1	9.0	9.2
Glutamic acid	16.5	16.0	16.9	15.8	16.7	15.7
Glycine	5.7	6.1	5.9	5.6	6.6	5.9
Histidine	2.9	2.3	2.1	2.9	1.9	3.0
Isoleucine	4.3	4.1	4.3	4.4	3.9	4.2
Leucine	7.5	7.4	7.5	7.5	7.2	7.7
Lysine	7.5	7.4	7.7	7.5	7.4	7.5
Methionine	2.2	2.4	2.3	2.2	2.3	2.1
Phenylalanine	4.0	4.0	3.9	4.0	3.9	4.0
Serine	4.1	4.0	4.1	3.9	3.9	4.1
Threonine	4.2	3.9	4.1	3.9	3.8	4.2
Tyrosine	2.8	2.8	2.8	3.0	2.6	3.0
Valine	5.1	5.0	5.0	4.9	4.8	5.1

실험어 사육관리 및 분 수집

(1) 성장도 조사

실험어로 사용된 치어기 넙치는 국립수산물연구원 양식사료연구센터의 10 톤 사육수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2 주간 순치 후 사육실험을 실시하였다. 예비사육 후, 평균무게 17 ± 1 g 의 넙치를 300L 수조에 각각 30 마리씩 3 반복으로 무작위로 배치하였다. 사육수온은 $17.1 \pm 2.94^{\circ}\text{C}$ 이었으며, 사료공급은 반복으로 1 일 2 회 공급하였다. 각 실험수조는 유수식으로 사육수가 분당 20L 가 되도록 조절하였으며, 총 사육실험 기간은 8 주 동안 실시하였다.

(2) 소화율 평가

치어기 넙치의 소화율 평가를 위해 사육실험 종료 후, 각각의 실험어를 분 수집 장치로 옮겨 분을 수집하였다. 분 수집 방법은 자체적으로 설계 제조한 분 수집 장치가 연결된 500L 실험수조에 평균체중 75 g 의 넙치를 20 마리씩, 각 사료별 2 반복으로 수용하여 4 주간 예비 사육 후, 소화율 실험을 실시하였다. 실험사료는 오후 2 시에 반복에 가깝도록 공급하였고, 오후 5 시에 수조 및 분 수집 통을 깨끗이 청소한 후 다음날 오전 10 시에 분 수집 통에 모인 분을 여과하고 샘플 수집하였다. 분 수집 기간 동안의 평균 수온은 $18.3 \pm 0.75^{\circ}\text{C}$ 였으며, 수집된 분은 동결 건조하여 -20°C 에 보관하며 성분분석에 사용하였다.

어체 측정 및 성분분석

(1) 어체 측정

어체 측정은 8 주간의 실험종료 후, 성장률을 측정하기 위해 실험어를 24 시간 절식시킨 후 MS-222(100ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험 종료 후, 증체율(Weight gain, WG), 일간성장률(Specific growth rate, SGR), 사료효율(Feed efficiency, FE), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), 정미단백질이용률(Net protein utilization), 생존율(Survival)을 각각 측정하였다

(2) 일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5 마리씩 무작위로 선정한 전어체를 분석하였으며, AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질($N \times 6.25$)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Switzerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether 를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C 의 dry oven 에서 6 시간 건조 후 측정하였다. 조회분은 600°C 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 측정하였다.

(3) 지방산 분석

지방산 분석은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로포름과 메탄올 혼합액(2:1/v:v)으로 총 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol(Sigma Chemical Co., USA) 2mL 를 가하고 30 분간 85°C 에서 가열시킨 다음, 석유 ether 로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column(30m×0.32mm i.d., film thickness 0.5 μm, Hewlett-Packard, USA)이 장착된 gas chromatography(HP6890, USA)로 carrier gas 는 helium 을 사용하였다. Injector 와 detector(FID) 온도는 각각 250°C, 270°C 로 설정하였고, oven 온도는 170°C 에서 225°C 까지 1°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture(Sigma Chemical Co., USA)와 retention time 을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak 의 면적을 상대 백분율로 나타내었다.

(4) 아미노산 분석

아미노산 분석은 시료 0.5g 을 정밀하게 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15mL 를 가하여 감압밀봉한 후 110°C 의 dry oven 에서 24 시간 이상 산 가수분해 시켰다. Glass filter 로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C 에서 감압 농축하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium

citrate buffer(pH 2.20)로 25mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μ m membrane filter 로 여과한 시료액을 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, eBiochrom Ltd., England)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6mm \times 200mm)을 사용하였고 0.2M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4M sodium hydroxide solution 을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33mL/min, column 온도는 48~95 $^{\circ}$ C 반응온도는 135 $^{\circ}$ C 로 조절하여 분석하였다(그림 8).

(5) 소화율 분석

실험사료와 분의 산화크롬 함량은 시료의 크롬 함량을 원자흡광분광광도계 (Analyticjena, Germany)를 사용하여 분석한 후, 분자량 값으로 환산하여 측정하였다. 실험사료의 소화율은 Cho et al.,(1982)이 사용한 다음과 같은 공식으로 계산하였다.

실험사료의 소화율 평가

건물 소화율 = $100 - (\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3 \times 100 / \text{분중의 Cr}_2\text{O}_3)$

영양소 소화율 = $100 - [(\text{분중의 영양소} \times \text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3) / (\text{사료중의 영양소} \times \text{분중의 Cr}_2\text{O}_3)] \times 100$

(6) 통계 처리

모든 자료의 통계처리는 SPSS(Version 11.5) 프로그램을 이용하여 One-way ANOVA test 를 실시한 후 Duncan multiple range test(Duncan, 1955) 평균간의 유의차($P < 0.05$)를 검정하였다.



제 2 절 결과 및 고찰

성장도 조사

치어기 넙치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가에 대한 성장결과를 표 5에 나타내었다. 증체율과 일간 성장률(그림 1)에 있어서는 칠레, 덴마크, 및 페루산 어분이 인도, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 사료효율(그림 2)에 있어 덴마크산 어분이 인도, 페루, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 페루와 칠레산 어분은 베트남, 인도 및 국내산 어분보다 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 단백질 전환효율(그림 2)은 덴마크와 칠레산 어분이 인도, 페루, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났으며($P < 0.05$), 인도와 페루산 어분은 베트남과 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났다($P < 0.05$). 생존율에서는 모든 실험구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 성장도 조사 결과, 가격이 저렴한 인도, 베트남 및 국내산 어분이 첨가된 실험사료를 공급한 실험구가 칠레, 덴마크 및 페루산 어분을 첨가한 실험사료를 공급한 실험구에 비해 현저히 낮은 증체율과 사료효율을 보였으며, Jang et al. (2005)의 연구에서도 어분 종류에 따라 치어기 넙치의 성장 및 사료효율이 유의적인 차이를 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

이와 같이 치어기 넙치의 증체율과 사료효율은 사료내 단백질 함량이 비슷하더라도 어분 종류에 따른 차이를 보였으며, 이것은 사용된 어분의 품질 차이에 의한 것으로 판단된다. 이러한 품질의 차이는 이전 연구결과에서도 보고되었으며, 대서양 큰넙치와 연어에서 원료의 신선도에 따라 어체의 성장 및 사료효율이 감소하였고(Aksnes and Mundheim, 1997; Pike et al., 1990), 어분의 제조공정에 따라 연어와 귀족도미의 성장에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(McCallum and Higgs, 1989; Aksnes and Mundheim, 1997). 따라서 본 연구의 성장도 조사 결과로 보아, 배합사료 내 어분의 품질은 치어기 넙치의 성장에 영향을 미친 것으로 판단되며, 넙치용 배합사료 제조시에는 적합한 품질의 어분을 사용하여야 할 것이다.

표 5. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 성장결과¹

	실험사료 (원산지별 어분)						Pooled SEM ¹⁰
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내	
IW ²	17.6	16.9	17.7	17.9	17.7	18.0	0.12
FW ³	77.3	68.3	81.9	80.0	68.8	72.0	1.31
WG ⁴	339.7 ^b	305.0 ^a	363.5 ^b	348.0 ^b	288.1 ^a	300.0 ^a	7.26
SGR ⁵	2.55 ^b	2.41 ^a	2.64 ^b	2.59 ^b	2.34 ^a	2.39 ^a	0.03
FE ⁶	104.1 ^b	96.1 ^a	109.1 ^c	102.5 ^b	92.6 ^a	93.6 ^a	1.53
PER ⁷	1.98 ^c	1.84 ^b	2.03 ^c	1.90 ^b	1.71 ^a	1.76 ^a	0.03
NPU ⁸	60.2	59.2	57.2	56.8	57.0	57.3	0.57
Survival ⁸	98.7 ^{ns}	97.3	100.0	98.7	97.3	96.0	0.58

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²IW: Initial weight (g/fish)

³FW: Final weight (g/fish)

⁴WG: Weight gain (%) = (final weight - initial weight) \times 100 / initial weight

⁵SGR: Specific growth rate (%/day) = (log_efinalweight-log_einitialweight) \times 100/days

⁶FE: Feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) \times 100

⁷PER: Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸NPU: Net protein utilization (%) = (final body protein) - (initial body protein)/(protein intake) \times 100

⁹Survival (%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked \times 100

¹⁰Pooled SEM: Pooled standard error of mean: SD/\sqrt{n} .

^{NS} Not significant ($P > 0.05$)

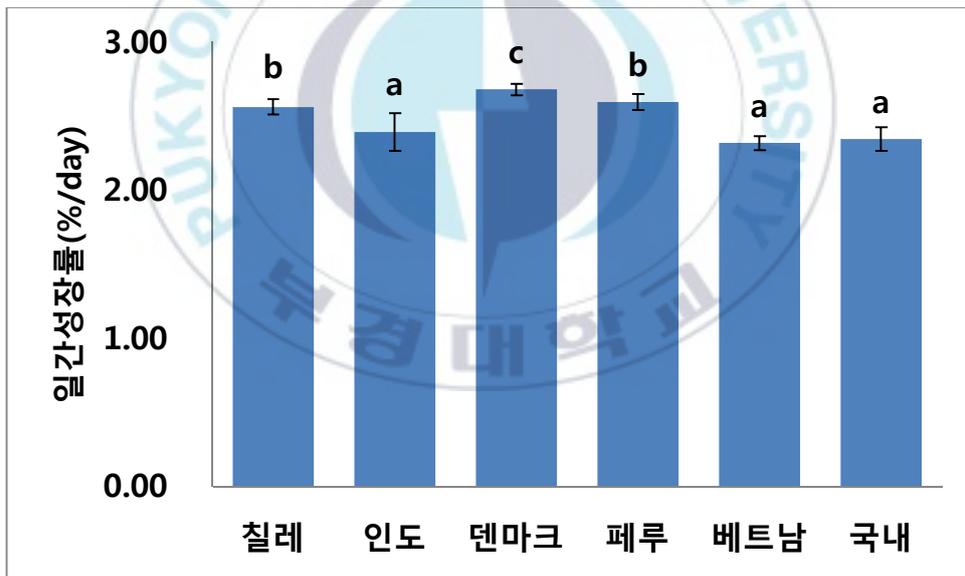
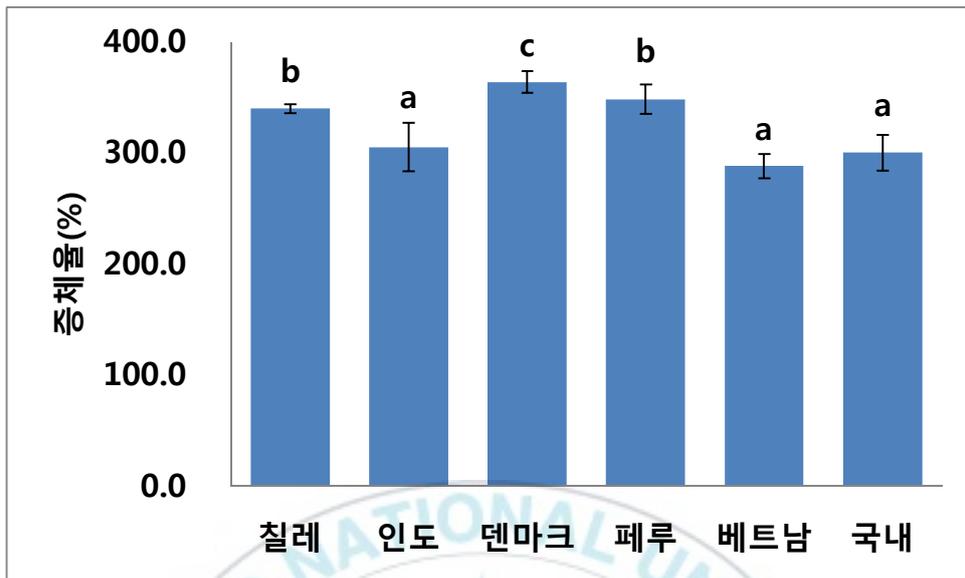


그림 1. 낫치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 증체율 및 일간성장률

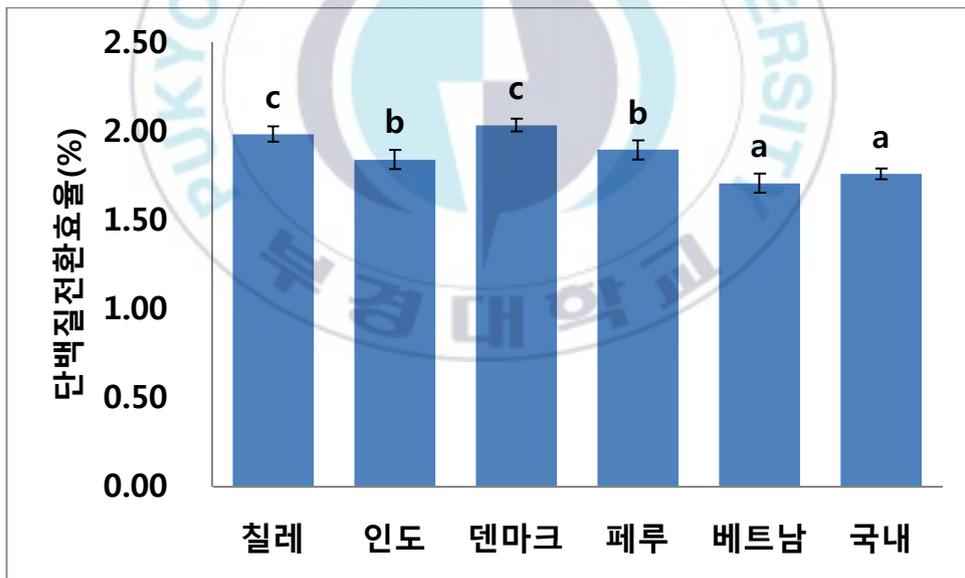
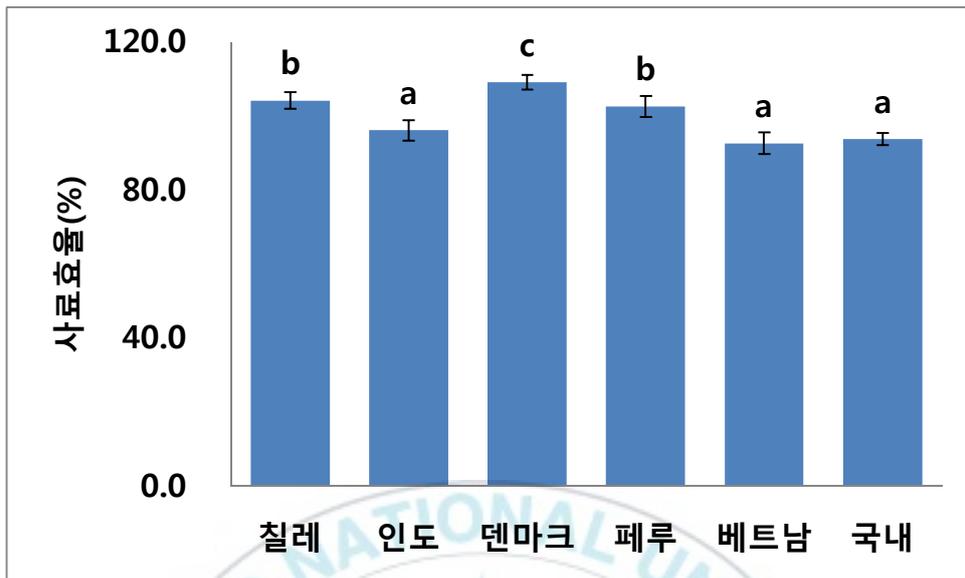


그림 2. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 사료효율 및 단백질전환효

율

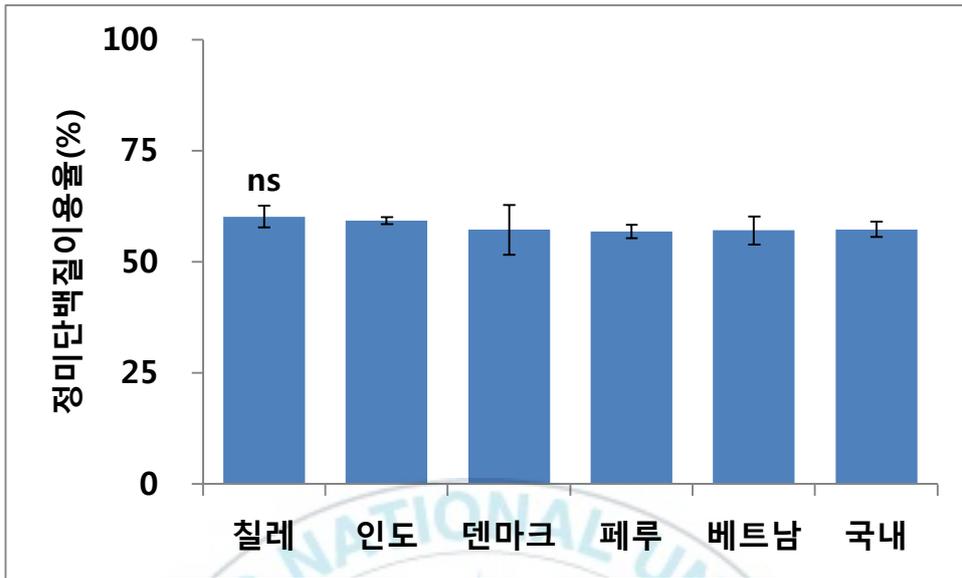


그림 3. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 정미 단백질 이용율



육질 평가

(1) 일반성분 분석

실험사료 내 주 단백질원으로 사용된 원산지별 어분의 일반성분 분석결과, 칠레, 덴마크 및 페루산 어분의 조단백질 및 조지방 함량은 상대적으로 가격이 저렴한 인도, 베트남 및 국내산 어분에 비해 높았으며, 회분 함량은 낮았다. 8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 넙치 치어에 대한 전어체 분석결과는 표 6 에 나타내었다. 전어체의 수분분석 결과, 국내산 어분이 칠레, 인도, 덴마크 및 베트남산 어분에 비해 유의적으로 낮게 나타났으며($P<0.05$), 페루산 어분과는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 조지방 분석결과, 덴마크산 어분이 국내산 어분에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 칠레, 인도, 페루, 베트남산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 조단백질 및 회분 분석결과 모든 실험구간 유의한 차이가 없었다($P>0.05$).

일반성분 분석결과, 실험사료 내 주요 단백질원으로 사용된 어분의 조단백질 함량은 원산지별로 차이가 있었지만, 사육실험 종료 후 전어체의 조단백질 함량은 모든 실험구간 유의한 차이가 없었다. 이러한 이유는 실험사료 제조시, 모든 실험사료의 조단백질 함량을 동일하게 조절하였기 때문에, 사육실험 종료 후 전어체의 조단백질 함량에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

전어체의 조지방 함량은 모든 실험구간 유의적인 차이를 보였다. 실험사료는 어유 함량을 조절하여 사료 내 조지방 함량을 동일하게 유지시켰으며, 동일한 조단백질 함량을 위해 탄수화물원인 소맥분과 텍스트린의 첨가량을 어분 첨가량과 함께 조절하였다. 따라서 사료 내 탄수화물원인 소맥분과 텍스트린이 체내 단백질 절약 효과를 일으킨 것으로 판단되며, 치어기 넙치의 에너지원으로 사용되고 남은 여분의 에너지가 체내 조지방으로 축적되어 전어체 조지방 함량에 영향을 미친 것으로 판단된다.

Lee et al., (2003) 연구에서는 탄수화물원인 텍스트린을 함량별로 첨가한 실험사료로 치어기 넙치를 사육한 결과, 텍스트린 함량이 증가함에 따라 성장 및 사료효율이 증가하는 경향을 보였으며, 비단백질 에너지원으로 지질보다 탄수화물을 효과적으로 사용한다고 보고하였다. 따라서 조단백질 함량이 높은 어분의 사용은 배합 사료 내 비단백질 에너지원의 첨가 비율을 증가시킴으로써, 대상어종의 성장 및 사료효율을 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

표 6. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 일반성분 분석결과¹

	실험사료 (원산지별 어분)						Pooled SEM
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내	
Moisture	72.2 ^b	72.0 ^b	72.0 ^b	70.8 ^{ab}	72.2 ^b	69.8 ^a	0.27
Crude protein	19.1 ^{ns}	19.1	18.3	18.9	18.4	19.7	0.73
Crude lipid	4.6 ^{ab}	4.5 ^{ab}	5.0 ^b	5.1 ^{ab}	3.9 ^a	4.9 ^{ab}	0.18
Crude ash	3.6 ^{ns}	3.7	3.3	3.4	3.6	4.1	0.12

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

^{NS} Not significant ($P > 0.05$)

(2) 지방산 분석

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 넙치 치어의 전어체에 대한 지방산 분석결과를 표 7 에 나타내었다. C18:1n-9 는 덴마크산 어분이 칠레, 인도, 페루, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의적으로 높게 나타났으나, 국내산 어분은 칠레, 인도, 페루, 베트남 어분보다 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). C18:2n-6 는 인도와 국내산 어분이 덴마크, 페루 및 베트남 어분보다 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 칠레산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). C20:4n-6 는 인도산 어분이 칠레, 덴마크, 페루, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$). C22:5n-3 는 페루산 어분이 칠레, 인도, 덴마크, 베트남 및 국내산 어분보다 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$). C22:6n-3 는 국내산 어분이 칠레, 인도, 덴마크, 페루 및 베트남산 어분에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다.

전어체의 지방산 분석결과, 원산지별 어분의 종류에 따라 전어체의 지방산 조성에 영향을 받은 것으로 판단되며, 이것은 사료내 영양소 조성에 따라 지방산의 조성에 영향을 준다는 이전 연구결과(Watanabe et al., 1983; Olsen and Skjervold, 1995)와 사료내 지방산 조성에 따라 어체의 품질에 직접적인 영향을 미친다는 연구결과(Regost et al., 2003; Bell et al., 2004; Torstensen et al., 2005)와 유사한 결과를 나타내었다. 따라서 치어기 넙치

자료내 어분의 종류에 따라 지방산 조성이 달라지는 것을 확인할 수 있었다.



표 7. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 지방산 분석결과
(% of total fatty acids)

실험사료 (원산지별 어분)						
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
Fatty acids						
C14:0	4.3±0.06 ^b	4.9±0.03 ^c	3.9±0.12 ^a	4.8±0.18 ^c	3.7±0.18 ^a	3.5±0.09 ^a
C16:0	18.7±0.09	19.4±0.27	19.0±0.19	18.9±0.32	19.1±0.48	18.7±0.30
C16:1n	6.1±0.12 ^a	7.7±0.12 ^d	6.4±0.15 ^{ab}	7.1±0.10 ^c	6.7±0.06 ^b	6.5±0.10 ^b
C18:0	5.3±0.07 ^{bc}	4.3±0.23 ^a	4.3±0.07 ^a	4.5±0.53 ^{ab}	5.8±0.12 ^c	5.4±0.06 ^c
C18:1n-9	19.6±0.48 ^a	19.0±0.26 ^a	22.0±0.33 ^c	18.5±0.33 ^a	19.4±0.21 ^a	20.7±0.38 ^b
C18:2n-6	11.7±0.15 ^d	11.9±0.12 ^d	10.5±0.07 ^a	11.4±0.15 ^{bc}	11.2±0.15 ^b	11.8±0.06 ^d
C18:3n-3	5.1±0.15	5.7±0.18	5.2±0.91	4.7±0.62	4.7±0.71	4.9±0.68
C20:1n-9	0.1±0.01	0.1±0.01	0.8±0.77	0.6±0.57	0.7±0.63	0.7±0.70
C20:2n-6	1.5±0.06 ^d	1.2±0.07 ^{bc}	1.4±0.07 ^{cd}	1.5±0.01 ^d	1.0±0.10 ^a	1.1±0.09 ^{ab}
C20:4n-6	2.3±0.03 ^a	4.2±0.06 ^d	3.3±0.03 ^c	2.6±0.12 ^{ab}	3.4±0.15 ^c	2.9±0.32 ^{bc}
C20:5n-3	6.4±0.12 ^{cd}	6.6±0.18 ^d	6.0±0.03 ^c	9.2±0.18 ^e	5.4±0.25 ^b	4.4±0.15 ^a
C22:5n-3	2.8±0.03 ^b	2.8±0.03 ^b	2.2±0.03 ^a	3.5±0.15 ^c	3.0±0.12 ^b	2.0±0.07 ^a
C22:6n-3	16.3±0.65 ^b	12.2±0.27 ^a	15.2±0.35 ^b	12.7±0.15 ^a	15.9±0.64 ^b	17.3±0.06 ^c

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위첨자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P<0.05$).

(3) 아미노산 분석

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 넙치 치어의 전어체에 대한 구성 아미노산 분석결과를 표 8 에 나타내었다. 전어체의 구성 아미노산을 분석한 결과 모든 실험구간 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 실험사료를 공급한 치어기 넙치의 필수아미노산 (threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine), 맛 관련 아미노산(glutamic acid), 감미계 아미노산(threonine, serine, glycine, alanine), 황함유아미노산(methionine, cystine) 및 방향족 아미노산(phenylalanine, tyrosine)의 함량은 모든 실험구간 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 또한 치어기 넙치에 함유되어 있는 구성아미노산 중 glutamic acid 의 함량이 가장 높았고, aspartic acid, leucine 및 lysine 의 함량이 다른 아미노산에 비해 높은 함량을 보였다. 따라서 어분종류에 따른 치어기 넙치 전어체의 구성 아미노산 조성은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이것은 어분 원산지별 실험사료내 치어기 넙치에 필요한 구성아미노산이 충분히 포함된 것으로 판단된다.

표 8. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 구성 아미노산 분석결과
(% of protein)

	실험사료 (원산지별 어분)					
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
Amino acids						
Alanine	6.8±0.37	7.2±0.12	7.0±0.24	7.2±0.29	7.2±0.15	7.1±0.31
Arginine	6.3±0.06	6.5±0.06	6.5±0.03	6.4±0.09	6.5±0.03	6.3±0.09
Aspartic acid	10.2±0.13	9.9±0.07	10.0±0.10	10.0±0.12	10.0±0.03	10.2±0.03
Glutamic acid	15.2±0.23	14.9±0.07	15.1±0.12	15.1±0.13	15.1±0.06	15.0±0.09
Glycine	7.5±0.80	9.0±0.06	8.4±0.44	8.4±0.88	8.4±0.09	7.9±0.63
Histidine	2.2±0.06	2.2±0.10	2.3±0.09	2.2±0.03	2.2±0.10	2.1±0.09
Isoleucine	4.5±0.15	4.2±0.03	4.3±0.12	4.3±0.15	4.3±0.06	4.3±0.15
Leucine	7.8±0.21	7.4±0.03	7.6±0.15	7.6±0.19	7.5±0.03	7.6±0.15
Lysine	9.0±0.29	8.6±0.07	8.8±0.18	8.7±0.20	8.7±0.06	8.8±0.21
Methionine	2.9±0.06	2.8±0.03	2.9±0.03	2.8±0.07	2.8±0.06	2.8±0.03
Phenylalanine	4.1±0.03	3.9±0.03	4.0±0.03	4.1±0.07	4.1±0.03	4.1±0.03
Serine	4.5±0.07	4.5±0.03	4.4±0.03	4.6±0.03	4.5±0.03	4.6±0.03
Threonine	4.5±0.03	4.4±0.01	4.4±0.03	4.5±0.03	4.4±0.03	4.4±0.03
Tyrosine	3.4±0.09	3.2±0.03	3.3±0.07	3.2±0.17	3.3±0.03	3.3±0.06
Valine	5.3±0.12	5.2±0.03	5.1±0.12	5.1±0.13	5.1±0.09	5.2±0.13

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위치자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P < 0.05$).

소화율 평가

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 치어기 넙치의 대한 영양소 소화율 분석결과를 표 9 에 나타내었다. 원산지가 다른 어분의 영양소 소화율은 모든 실험구간 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 건물 소화율은 칠레 및 국내산 실험구가 타 실험구들에 비해 가장 높았으며($P<0.05$), 베트남 실험구는 유의적으로 가장 낮은 결과를 나타냈다($P<0.05$). 단백질 소화율은 모든 실험구간 유의한 차이를 보였으며($P<0.05$), 칠레, 국내, 페루, 덴마크, 인도, 베트남 순으로 높은 결과를 보였다. 지질 소화율은 칠레, 페루, 국내 및 덴마크 실험구가 90% 이상 높은 소화율을 보였으며, 그 중에서도 칠레 실험구가 가장 높은 결과를 보였다($P<0.05$). 에너지 소화율도 다른 영양소 소화율과 비슷한 경향을 보였으며, 칠레 실험구가 가장 높았고, 베트남 실험구가 가장 낮은 결과를 보였다($P<0.05$). 따라서 본 연구의 사육실험에 사용된 원산지가 다른 어분 종류별 실험사료의 건물, 단백질, 지질 및 에너지에 대한 넙치의 소화율은 모든 실험구간 유의한 차이를 나타내었다. 또한 칠레산 어분을 사용한 실험사료가 가장 우수한 소화율을 보였으며, 베트남산 어분을 사용한 실험사료의 영양소 소화율이 가장 낮은 결과를 보였다. 사료의 영양소 소화율 측정은 양식어종의 영양소 요구량을 충족시킬 수 있는 최저가 사료를 개발하는데 필수적이다. 어류의 소화율은 사료원료 소화율이 항상 일정한 수준으로

유지되는 것은 아니며(McGoogan and Reigh, 1996), 사료조성, 사육수온과 같은 환경조건, 사료공급 방법 및 사료제조 조건 등에 영향을 받을 수 있다(Sullivan and Reigh, 1995). 본 연구에 사용된 실험사료의 건물, 단백질, 지질 및 에너지에 대한 넵치의 소화율도 사료 중에 사용된 어분의 종류에 따라서 유의한 차이를 나타내었으며, 이러한 소화율의 차이는 실험어의 성장 결과에 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 또한 사료 중의 영양소 소화율 측정은 사료의 품질 및 어류의 사료 이용성 평가를 위한 주요 방법 중 하나이므로(Kim et al., 2011), 본 연구에서 실험어가 섭취한 각 사료 중의 영양소의 함량이 유사할 지라도 어체 내에서 소화되어 에너지 성장을 위해 사용된 영양소 함량은 차이가 있었을 것이며, 이러한 소화율의 차이는 어류의 성장 및 사료효율에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

표 9. 넙치 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 소화율 분석결과

실험사료 (원산지별 어분)						
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
건물 소화율(%)	74.7±1.2 ^e	61.0±0.9 ^c	56.5±0.2 ^b	67.8±0.6 ^d	50.2±1.2 ^a	72.2±0.6 ^e
단백질 소화율(%)	93.2±0.3 ^f	83.7±0.4 ^b	84.8±0.1 ^c	88.6±0.2 ^d	82.3±0.4 ^a	91.3±0.2 ^e
지질 소화율(%)	96.0±0.2 ^e	87.3±0.3 ^b	91.6±0.1 ^c	93.9±0.1 ^d	86.3±0.3 ^a	91.7±0.2 ^c
에너지 소화율(%)	88.4±0.6 ^e	79.1±0.5 ^c	77.1±0.1 ^b	84.1±0.3 ^d	74.4±0.7 ^a	83.3±0.4 ^d

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위첨자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P < 0.05$).

제 3 장 조피볼락 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가

제 1 절 재료 및 방법

실험 사료

치어기 조피볼락 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가를 위해 칠레, 인도, 덴마크, 페루, 베트남 및 국내산 어분 6 종을 사용하여 실험사료를 제작하였으며, 분석결과는 표 10 에 나타내었다. 실험사료의 단백질원으로 어분, 탈피대두박 그리고 소맥글루텐을 사용하였으며, 지질원으로 어유를, 탄수화물원으로 소맥분과 텍스트린을 사용하였다. 효모, 대두레시틴, 비타민혼합물, 미네랄혼합물, 비타민 C, 비타민 E 와 콜린은 기타 첨가물로 이용하였다. 추가적으로, 기타 첨가물로 효모, 대두레시틴, 비타민혼합물, 미네랄혼합물, 비타민 C, 비타민 E 그리고 콜린을 첨가하였다. 마지막으로 소화율 측정을 위하여 산화크롬(Cr_2O_3)을 0.5%을 첨가하여 소화율 지시제로 사용하였다. 모든 실험사료들은 설계된 원료들을 잘 혼합한 후 원료 1 Kg 당 물 300 mL 를 첨가하여 펠렛 제조기로 사료를 성형한 후 사료 건조기를 이용하여 90 분간 건조하여 사용하였다. 제조된 실험사료는 $-20^{\circ}C$ 의 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

표 10. 조피블락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험사료 조성

사료원료(%)	실험사료(원산지별 어분)					
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
칠레산 어분 ¹	59.8					
인도산 어분 ²		63.3				
덴마크산 어분 ³			56.9			
페루산 어분 ⁴				59.2		
베트남산 어분 ⁵					64.2	
국내산 어분 ⁶						59.1
탈피대두박	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
소맥글루텐	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
소맥분	13.8	14.1	13.7	14.0	13.9	13.8
텍스트린	5.87	0.57	9.02	5.37		5.32
어유	3.3	4.8	3.15	4.2	4.7	4.55
기타 첨가물 ⁷	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
영양성분 (% , 건물)						
수분	8.6	8.3	9.0	8.5	9.1	6.9
조단백	52.5	52.2	52.6	52.7	53.1	53.1
조지질	10.0	10.1	10.8	9.5	9.8	10.0
조회분	14.0	18.2	10.3	13.1	17.9	13.8

¹조단백질 69.8%, 조지질 9.2%, 조회분 15.5%, 수분 8.1%

²조단백질 63.4%, 조지질 6.7%, 조회분 24.0%, 수분 5.0%

³조단백질 72.4%, 조지질 11.1%, 조회분 12.5%, 수분 6.8%

⁴조단백질 69.6%, 조지질 8.0%, 조회분 16.6%, 수분 6.8%

⁵조단백질 65.9%, 조지질 7.2%, 조회분 22.6%, 수분 9.4%

⁶조단백질 67.5%, 조지질 7.5%, 조회분 17.8%, 수분 3.7%

⁷비타민혼합물, 미네랄혼합물, 비타민C, 비타민E, 염화콜린, 산화크롬, 대두레시틴, 효모

실험어 사육관리 및 분 수집

(1) 성장도 조사

실험어로 사용된 조피볼락 치어는 국립수산과학원 양식사료연구센터의 10 톤 사육수조에서 실험환경에 적응할 수 있도록 2 주간 순치 후 사육실험을 실시하였다. 예비사육 후 $7\pm 1g$ 실험어는 조피볼락을 사용하였으며, 300 L 수조에 각각 30 마리씩 3 반복으로 무작위로 배치하였다. 사육수온은 $17.1\pm 2.94^{\circ}C$ 였으며, 사료공급은 반복으로 1 일 2 회 공급하였다. 각 실험수조는 유수식으로 유수량은 분당 20L 가 되도록 흘러주었으며, 총 사육실험 기간은 8 주 동안 실시하였다.

(2) 소화율 평가

치어기 조피볼락의 성장평가를 위한 사육실험 종료 후, 소화율 측정을 위해 각각의 실험어를 분 수집 장치로 옮겨 분을 수집하였다. 분 수집 방법은 자체적으로 설계 제조한 분 수집 장치가 연결된 500L 실험수조에 평균체중 $25\pm 1 g$ 의 조피볼락을 40 마리씩, 각 사료별 2 반복으로 수용하여 4 주간 예비 사육한 후 소화율 실험을 실시하였다. 실험사료는 오후 2 시에 반복에 가깝도록 공급하였고, 오후 5 시에 수조 및 분 수집 통을 깨끗이 청소한 후 다음날 오전 10 시에 분 수집 통에 모인 분을 여과하고 샘플 수집하였다. 분 수집 기간 동안의 평균 수온은

$18.3 \pm 0.75^{\circ} \text{C}$ 였으며, 수집된 분은 동결 건조하여 -20°C 에 보관하며 성분분석에 사용하였다.



어체 측정 및 성분분석

(1) 어체 측정

어체측정은 8 주간의 실험종료 후, 성장률을 측정하기 위하여 24 시간 절식시키고 MS-222(100ppm)로 마취시켜 전체무게를 측정하였다. 실험종료 후, 증체율(Weight gain, WG), 일간성장률(Specific growth rate, SGR), 사료효율(Feed efficiency, FE), 단백질전환효율(Protein efficiency ratio, PER), 정미단백질이용률(Net protein utilization), 생존율(Survival)을 각각 측정하였다.

(2) 일반성분 분석

일반성분은 실험사료와 각 수조별로 5 마리씩 무작위로 선정된 전어체를 분석하였으며, AOAC (1990)의 방법에 따라 조단백질($N \times 6.25$)은 Auto Kjeldahl System (Buchi B-324/435/412, Switzerland; Metrohm 8-719/806, Swizerland)를 사용하여 분석하였고, 조지방은 ether 를 사용하여 추출하였으며, 수분은 105°C 의 dry oven 에서 6 시간 건조 후 측정하였다. 조회분은 600°C 회화로에서 4 시간 동안 태운 후 측정 하였다.

(3) 지방산 분석

지방산 분석은 Folch et al. (1957)의 방법에 따라 클로로포름과 메탄올 혼합액(2:1/v:v)으로 총 지질을 추출하였다. 추출한 지질은 14% BF₃-methanol(Sigma Chemical Co., USA) 2mL 를 가하고 30 분간 85°C 에서 가열시킨 다음, 석유 ether 로 추출하여 지방산 분석용 시료로 사용하였다. GC 분석조건은 HP-INNOWax capillary column(30m × 0.32mm i.d., film thickness 0.5 μm , Hewlett-Packard, USA)이 정착된 gas chromatography(HP6890, USA)로 carrier gas 는 helium 을 사용하였다. Injector 와 detector(FID) 온도는 각각 250°C, 270°C 로 설정하였고, oven 온도는 170°C 에서 225°C 까지 1°C/min 증가시켰다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산 methyl ester mixture(Sigma Chemical Co., USA)와 retention time 을 비교하여 동정하였으며 함량은 각 peak 의 면적을 상대 백분율로 나타내었다.

(4) 아미노산 분석

아미노산 분석은 시료 0.5g 을 정밀하게 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 15mL 를 가하여 감압밀봉한 후 110°C 의 dry oven 에서 24 시간 이상 산 가수분해 시켰다. Glass filter 로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55°C 에서 감압 농축하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer(pH 2.20)로 25mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μm

membrane filter 로 여과한 시료액을 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, eBiochrom Ltd., England)를 사용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6mm × 200mm)을 사용하였고 0.2M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4M sodium hydroxide solution 을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33mL/min, column 온도는 48~95℃ 반응온도는 135℃ 로 조절하여 분석하였다.

(5) 소화율 분석

실험사료와 분의 산화크롬 함량은 시료의 크롬 함량을 원자흡광분광광도계(Aanalyticjena, Germany)를 사용하여 분석한 후, 분자량 값으로 환산하여 측정하였다. 실험사료의 소화율은 Cho et al. (1982)이 사용한 아래의 공식으로 계산하였다.

실험사료의 소화율 평가

건물 소화율 = $100 - (\text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3 \times 100 / \text{분중의 Cr}_2\text{O}_3)$

영양소 소화율 = $100 - [(\text{분중의 영양소} \times \text{사료중의 Cr}_2\text{O}_3) / (\text{사료중의 영양소} \times \text{분내 Cr}_2\text{O}_3)] \times 100$

(6) 통계처리

모든 자료의 통계처리는 SPSS(Version 11.5) 프로그램을 이용하여 One-way ANOVA test 를 실시한 후 Duncan multiple range test(Duncan, 1955) 평균간의 유의차($P < 0.05$)를 검정하였다.



제 2 절 결과 및 고찰

성장도 조사

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 조피볼락 치어에 대한 성장결과를 표 11 에 나타내었다. 증체율과 일간 성장률(그림 4)은 덴마크와 페루산 어분이 인도, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 칠레산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$). 사료효율과 단백질 전환효율(그림 5) 역시 덴마크와 페루산 어분이 인도, 베트남 및 국내산 어분에 비해 유의하게 높게 나타났으며, 칠레산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$). 생존율(그림 6)에서는 인도산 어분이 칠레, 덴마크, 페루산 어분보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 베트남과 국내산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). 정미단백질(그림 6)는 모든 실험구간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P > 0.05$). 본 실험결과, 가격이 저렴한 인도, 베트남, 국내산 어분이 첨가된 실험사료를 공급한 실험구가 칠레, 덴마크, 페루산 어분을 첨가한 실험사료를 공급한 실험구에 비해 현저히 낮은 증체율과 사료효율을 보였으며, Jang et al. (2005)의 연구에서도 어분 종류에 따라 치어기 넙치의 성장 및 사료효율이 유의적인 차이를 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

이와 같이 치어기 조피블락의 증체율과 사료효율은 사료내 단백질 함량이 비슷하더라도 어분의 종류에 따라 차이를 보였으며, 이것은 사용된 어분의 품질에 의한 차이인 것으로 판단된다. 이러한 품질의 차이는 이전 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 대서양 큰넙치와 연어에서 원료의 신선도에 따라 성장과 사료효율이 감소하는 것이 보고되었으며(Aksnes and Mundheim, 1997; Pike et al., 1990), 어분의 제조공정에 따라 연어와 귀족도미의 성장에 영향을 미치는 것으로 보고되었다 McCallum and Higgs, 1989; Aksnes and Mundheim, 1997). 어분의 품질에 따라 치어기 조피블락의 성장에 영향을 줄 수 있는 것으로 판단되며, 앞선 치어기 넙치의 실험과 유사한 결과를 보였다.

따라서 조피블락용 배합사료를 제조시 적합한 품질의 어분을 사용하는 것이 필요하며, 덴마크, 칠레 및 페루산 어분이 치어기 조피블락용 사료에 적합한 것으로 판단된다.

표 11. 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 성장결과¹

	실험사료 (원산지별 어분)						Pooled SEM ¹⁰
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내	
IW ²	7.6	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	0.02
FW ³	25.6	23.2	25.9	26.1	24.4	24.8	0.26
WG ⁴	238.3 ^{cd}	213.1 ^a	244.0 ^d	247.4 ^d	223.7 ^{ab}	230.1 ^{bc}	3.25
SGR ⁵	2.10 ^{cd}	1.97 ^a	2.13 ^d	2.15 ^d	2.03 ^{ab}	2.06 ^{bc}	0.02
FE ⁶	77.9 ^{bc}	65.8 ^a	81.1 ^c	82.1 ^c	72.4 ^a	75.0 ^{ab}	1.43
PER ⁷	1.48 ^{cd}	1.26 ^a	1.51 ^d	1.52 ^d	1.33 ^{ab}	1.41 ^{bc}	0.02
NPU ⁸	44.7	42.1	43.9	45.0	45.0	47.6	0.73
Survival ⁹	97.8 ^b	93.3 ^a	97.8 ^b	98.9 ^b	96.7 ^{ab}	95.6 ^{ab}	0.66

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

²IW: Initial weight (g/fish)

³FW: Final weight (g/fish)

⁴WG: Weight gain (%) = (final weight - initial weight) \times 100 / initial weight

⁵SGR: Specific growth rate (%/day) = (log_efinalweight-log_einitialweight) \times 100/days

⁶FE: Feed efficiency (%) = (wet weight gain / dry feed intake) \times 100

⁷PER: Protein efficiency ratio = wet weight gain / protein intake

⁸NPU: Net protein utilization (%) = (final body protein) - (initial body protein)/(protein intake) \times 100

⁹Survival (%) = Number of fish at end of experiment / Number of fish stocked \times 100

¹⁰Pooled SEM: Pooled standard error of mean: SD/ \sqrt{n} .

^{NS} Not significant ($P > 0.05$)

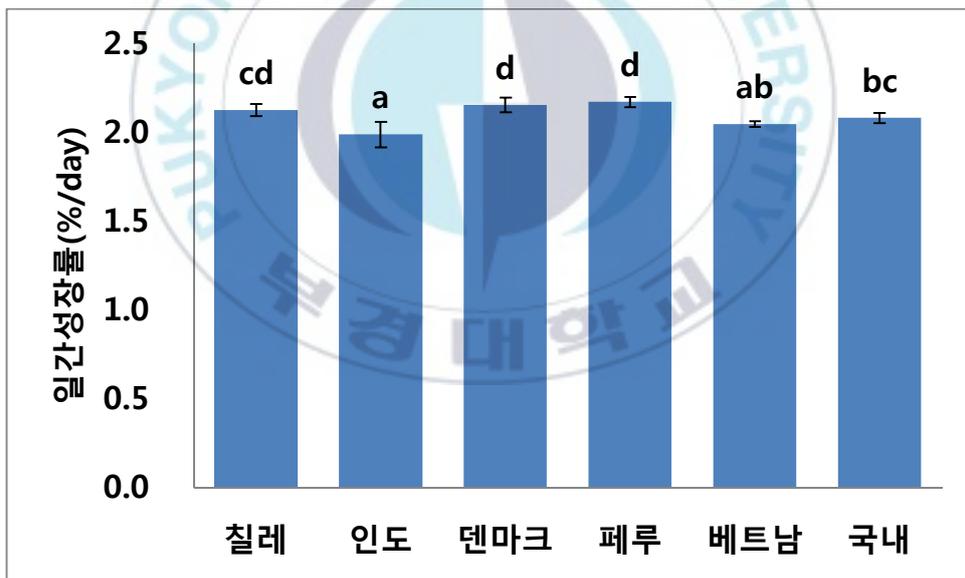
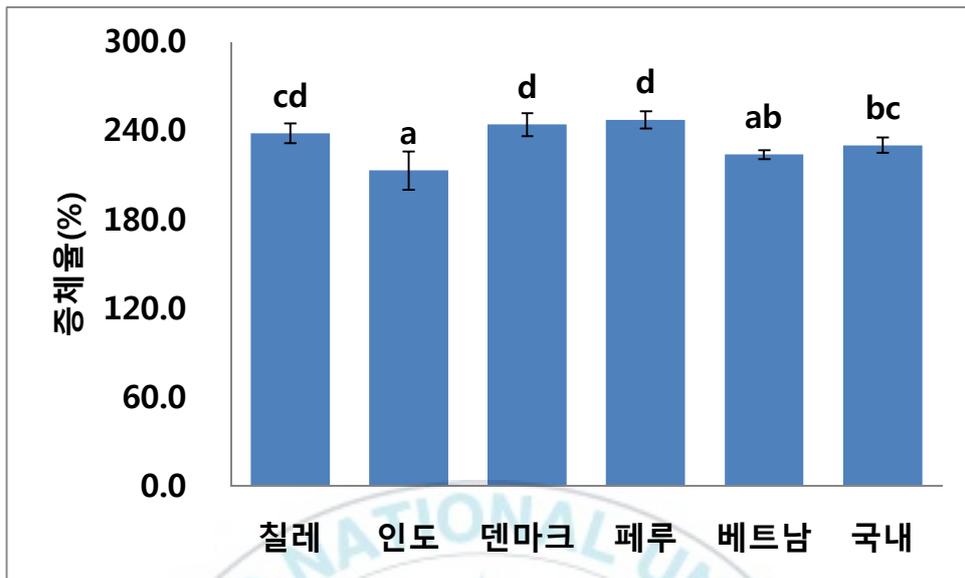


그림 4. 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 증체율 및 일간성장률

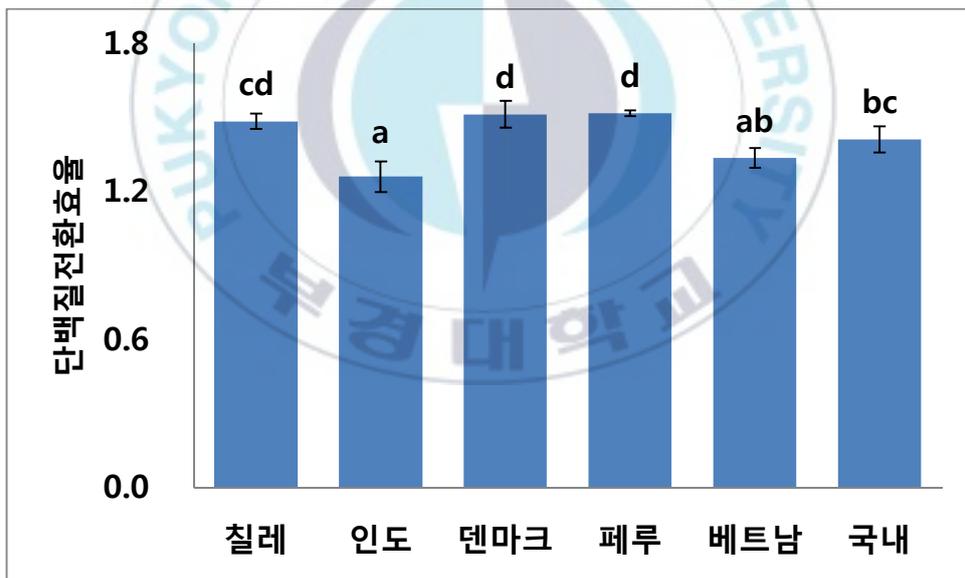
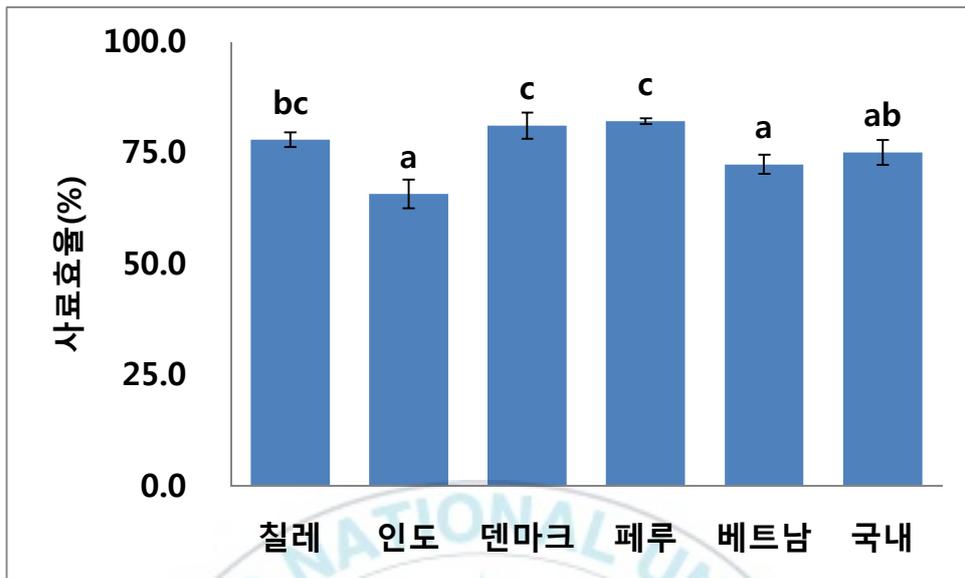


그림 5. 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 사료효율 및 단백질전환효율

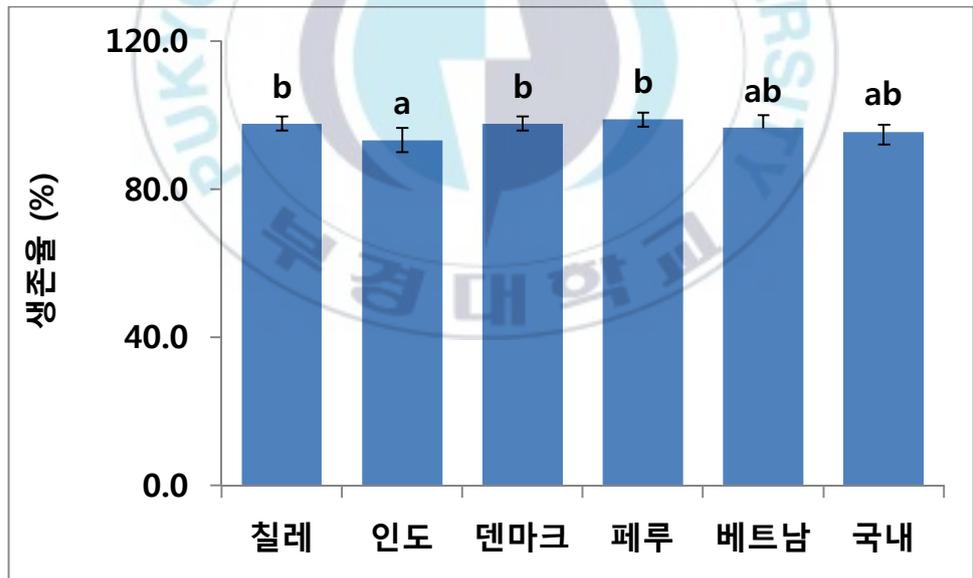
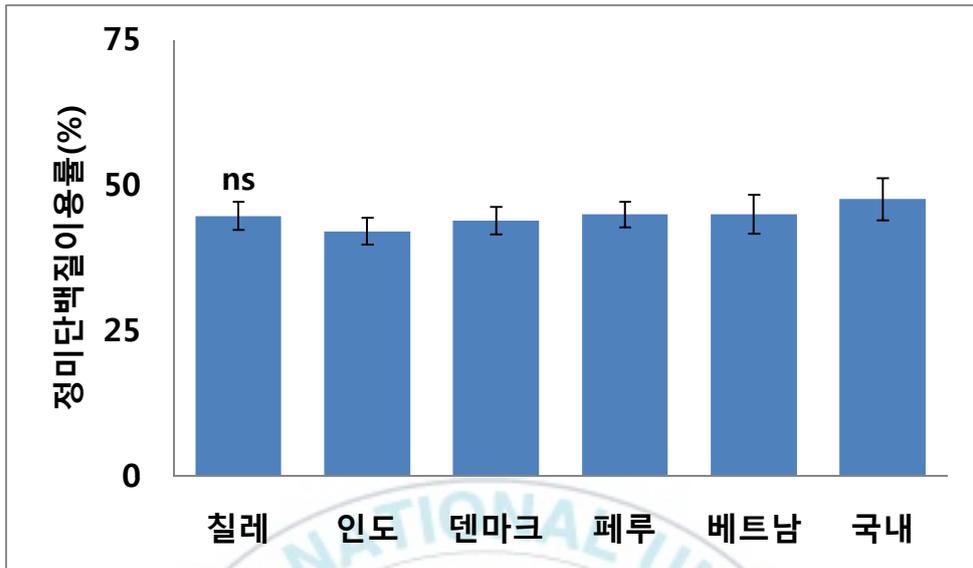


그림 6. 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 정미 단백질 이용률 및

생존율

육질 평가

(1) 일반성분 분석

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 조피볼락 치어에 대한 전어체 분석결과를 표 12 에 나타내었다. 전어체의 수분 분석결과, 페루와 국내산 어분이 칠레, 인도, 덴마크 및 베트남 어분에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 조지방 분석결과는 베트남 및 국내산 어분이 칠레, 인도, 덴마크 및 페루 어분에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($P < 0.05$). 조단백질 및 회분 분석결과, 모든 어분에서 유의적인 차이가 없었으며, 가격이 저렴한 인도, 베트남, 국내산 어분들에 비해 칠레, 덴마크, 페루산 어분에서 높은 조단백질 함량을 보였다. 조회분 함량은 인도, 베트남, 국내산 어분이 칠레, 덴마크, 페루산 어분에 비해 높은 회분함량을 보였다. 전어체 일반성분 분석결과로 보아, 사료조성을 통해 어체내 조단백질 함량은 일정하게 유지시킬 수 있으며, 조지방의 경우 실험사료에 영향을 받아 실험구간 유의한 차이가 있었다. 이러한 조지방 함량의 차이는 어분에 함유된 조지방 함량에 따라 달라진 것으로 판단되며, 동일하게 시행한 치어기 넙치와 유사한 결과를 보였다.

표 12. 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 일반성분 분석결과¹

	실험사료 (원산지별 어분)						Pooled SEM
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내	
Moisture	68.3 ^b	69.3 ^b	68.6 ^b	66.6 ^a	69.2 ^b	66.5 ^a	0.32
Crude protein	18.7 ^{ns}	17.7	18.3	19.6	18.4	20.7	0.64
Crude lipid	7.33 ^b	7.33 ^b	7.44 ^b	7.78 ^b	6.00 ^a	6.49 ^a	0.80
Crude ash	5.22 ^{ns}	5.24	4.88	4.98	4.91	5.38	0.29

¹Values are means form triplicate groups of fish where the values in each row the different superscripts are significantly different ($P < 0.05$).

^{NS} Not significant ($P > 0.05$)

(2) 지방산 분석

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 조피볼락 치어의 전어체에 대한 지방산 분석결과를 표 13 에 나타내었다. C18:1n-9 는 덴마크 및 국내산 어분이 칠레, 인도, 페루산 어분에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 베트남산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P<0.05$). C18:2n-6 는 베트남 및 국내산 어분이 칠레, 덴마크 및 페루산 어분보다 유의적으로 높게 나타났으며, 인도산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P<0.05$). C20:4n-6 는 인도산 어분이 칠레, 덴마크, 페루, 베트남 및 국내산 어분보다 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05$). C22:5n-3 는 페루산 어분이 칠레, 인도, 덴마크 및 국내산 어분보다 유의적으로 높게 나타났으며, 베트남산 어분과는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P<0.05$). C22:6n-3 는 칠레 및 국내산 어분이 인도, 덴마크, 페루 및 베트남산 어분에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$).

전어체 지방산 분석결과, 실험사료내 어분 종류에 따라 전어체의 지방산 함량이 차이를 보였고, 이것은 사료의 지방산 구성에 따라 어체의 품질에 직접적인 영향을 준다는 보고와(Regost et al., 2003; Bell et al., 2004; Torstensen et al., 2005) 일치되는 경향을 보였다.

표 13. 조피블락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 지방산 분석결과
(% of total fatty acids)

실험사료 (원산지별 어분)						
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
Fatty acids						
C14:0	3.5±0.06 ^c	3.6±0.09 ^c	3.2±0.07 ^b	3.9±0.07 ^d	3.2±0.09 ^b	2.8±0.06 ^a
C16:0	18.2±0.03 ^c	17.3±0.19 ^a	18.0±0.26 ^c	17.9±0.09 ^{bc}	17.4±0.18 ^a	17.5±0.03 ^{ab}
C16:1n	7.9±0.15 ^{ab}	9.0±0.07 ^c	7.9±0.12 ^{ab}	8.7±0.12 ^c	8.1±0.15 ^b	7.6±0.12 ^a
C18:0	5.1±0.06 ^b	5.1±0.03 ^b	4.3±0.10 ^a	5.0±0.03 ^b	5.1±0.06 ^b	5.6±0.31 ^c
C18:1n-9	26.9±0.13 ^a	27.1±0.27 ^{ab}	28.4±0.15 ^c	26.4±0.32 ^a	27.9±0.30 ^{bc}	27.9±0.24 ^c
C18:2n-6	10.8±0.07 ^a	11.5±0.12 ^{bc}	10.9±0.20 ^a	11.0±0.23 ^{ab}	12.0±0.25 ^c	11.6±0.09 ^c
C18:3n-3	2.6±0.07 ^a	3.1±0.06 ^c	2.9±0.03 ^{bc}	2.8±0.06 ^b	3.1±0.08 ^c	3.1±0.01 ^c
C20:1n-9	1.6±0.12 ^a	1.6±0.06 ^a	2.3±0.07 ^b	1.6±0.09 ^a	1.8±0.06 ^a	1.6±0.03 ^a
C20:2n-6	1.3±0.03 ^d	0.9±0.03 ^a	1.2±0.03 ^{cd}	1.1±0.01 ^{bc}	1.0±0.07 ^{ab}	1.0±0.07 ^{ab}
C20:4n-6	1.8±0.01 ^a	3.3±0.09 ^d	2.5±0.06 ^c	1.9±0.07 ^a	2.9±0.06 ^c	2.7±0.03 ^b
C20:5n-3	6.1±0.06 ^d	6.1±0.12 ^d	5.7±0.06 ^c	8.2±0.03 ^e	5.1±0.07 ^b	4.4±0.06 ^a
C22:5n-3	1.5±0.01 ^c	1.7±0.01 ^d	1.1±0.03 ^a	1.8±0.01 ^e	1.7±0.03 ^{de}	1.2±0.06 ^b
C22:6n-3	12.7±0.23 ^d	9.5±0.28 ^a	11.5±0.12 ^c	9.7±0.17 ^a	10.8±0.15 ^b	13.1±0.13 ^d

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위첨자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P<0.05$).

(3) 아미노산 분석

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 조피볼락 치어의 전어체에 대한 아미노산 분석결과를 표 14 에 나타내었다. 전어체에 대한 아미노산을 분석한 결과 모든 어분에서 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 실험사료를 공급한 치어기 조피볼락의 필수아미노산(threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, histidine, lysine, arginine), 및 관련 아미노산(glutamic acid), 감미제 아미노산(threonine, serine, glycine, alanine), 황함유아미노산(methionine, cystine) 및 방향족 아미노산(phenylalanine, tyrosine)의 함량은 모든 실험구간 유의한 차이가 없었다($P>0.05$). 또한 치어기 조피볼락에 함유되어 있는 구성아미노산 중 glutamic acid 의 함량이 가장 높았고, aspartic acid, leucine 및 lysine 의 함량이 다른 아미노산에 비해 높은 함량을 보였다. 따라서 어분종류에 따른 치어기 조피볼락의 구성 아미노산 조성은 모든 실험구간 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 이것은 어분에 치어기 넙치에 필요한 구성아미노산이 충분히 함유되어 있는 것으로 판단되며, 동일하게 시행된 치어기 넙치와 유사한 결과를 보였다.

표 14 조피볼락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 구성 아미노산 분석결과
(% of protein)

실험사료 (원산지별 어분)						
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
Amino acids						
Alanine	6.8±0.35	6.8±0.19	6.9±0.25	6.9±0.25	6.9±0.35	7.1±0.15
Arginine	6.7±0.06	7.0±0.34	6.6±0.06	7.0±0.43	6.7±0.07	5.7±1.15
Aspartic acid	9.9±0.06	10.1±0.01	10.0±0.09	9.8±0.15	10.1±0.17	10.0±0.15
Glutamic acid	15.0±0.15	14.9±0.03	15.0±0.17	14.9±0.20	15.2±0.24	15.1±0.06
Glycine	8.4±0.62	7.8±0.45	7.9±0.53	8.1±0.61	7.7±1.04	8.5±0.51
Histidine	2.4±0.03	2.4±0.03	2.3±0.03	2.5±0.07	2.3±0.07	2.4±0.06
Isoleucine	4.3±0.09	4.4±0.07	4.7±0.40	4.3±0.12	4.3±0.12	4.3±0.06
Leucine	7.4±0.17	7.5±0.20	7.7±0.29	7.3±0.21	7.5±0.27	7.5±0.07
Lysine	8.3±0.06	8.4±0.06	8.4±0.07	9.0±0.62	8.4±0.15	8.3±0.12
Methionine	3.1±0.06	3.2±0.10	3.1±0.06	3.0±0.12	3.1±0.09	3.1±0.03
Phenylalanine	4.1±0.03	4.2±0.15	4.0±0.12	4.0±0.06	4.1±0.07	4.1±0.06
Serine	4.7±0.01	4.6±0.03	4.6±0.03	4.6±0.06	4.7±0.03	4.8±0.12
Threonine	4.4±0.01	4.4±0.03	4.4±0.03	4.4±0.07	4.4±0.09	4.4±0.03
Tyrosine	3.3±0.03	2.8±0.45	3.2±0.12	3.2±0.06	3.3±0.06	3.2±0.03
Valine	5.2±0.22	5.2±0.18	5.2±0.13	5.2±0.19	5.2±0.22	5.4±0.15

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위첨자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P < 0.05$).

소화율 평가

8 주간의 어분 원산지별 이용성 평가에 따른 치어기 조피볼락의 영양소 소화율 분석결과를 표 15 에 나타내었다. 어분 종류에 따라 모든 실험구간 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 건물 소화율은 칠레, 페루 및 국내 실험구가 타 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), 덴마크와 베트남 실험구가 유의적으로 가장 낮게 나타났으며($P < 0.05$). 단백질 소화율에 있어 칠레 실험구가 타 실험구간에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P < 0.05$), 인도 실험구가 유의적으로 가장 낮은 값을 나타냈다($P < 0.05$). 반면, 지질 소화율은 칠레, 페루 및 국내 실험구가 타 실험구간에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈으며($P < 0.05$), 실험구간에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다 ($P > 0.05$). 에너지 소화율은 칠레실험구가 타 실험구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P > 0.05$), 인도 및 베트남 실험구가 유의적으로 가장 낮은 소화율을 나타냈다($P > 0.05$). 따라서 조피볼락 실험사료내 원산지가 다른 어분 원산지별 소화율 측정결과, 칠레, 페루 및 국내 실험구가 타 실험구들에 비해 우수한 것으로 나타났다.

사료의 영양소 소화율 측정은 양식어종의 영양소 요구량을 충족시킬 수 있는 최저가 사료를 개발하는데 필수적이다. 어류의 소화율은 사료원료 소화율이 항상 일정한 수준으로 유지되는 것은 아니며(McGoogan and Reigh, 1996), 사료조성, 사육수온과 같은 환경조건, 사료공급 방법 및

사료제조 조건 등에 영향을 받을 수 있다 (Sullivan and Reigh, 1995). 본 연구에 사용된 실험사료의 건물, 단백질, 지질 및 에너지에 대한 조피블락의 소화율도 사료 중에 사용된 어분의 종류에 따라서 유의한 차이를 나타내었으며, 이러한 소화율의 차이는 실험어의 성장결과에 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 또한 사료 중의 영양소 소화율 측정은 사료의 품질 및 어류의 사료 이용성 평가를 위한 주요 방법 중 하나이므로(Kim et al., 2011), 본 연구에서 실험어가 섭취한 각 사료 중의 영양소의 함량이 유사할 지라도 어체내에서 소화되어 에너지 성장을 위해 사용된 영양소 함량은 차이가 있었을 것이며, 이러한 소화율의 차이는 어류의 성장 및 사료효율에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

표 15. 조피블락 사료내 원산지별 어분 이용성 평가 실험 소화율 분석결과

실험구 (원산지별 어분)						
	칠레	인도	덴마크	페루	베트남	국내
건물 소화율(%)	70.9±1.1 ^d	57.6±0.2 ^b	48.7±1.6 ^a	62.5±0.8 ^c	47.2±3.6 ^a	68.3±0.7 ^{cd}
단백질 소화율(%)	93.8±0.3 ^d	84.6±0.1 ^a	88.2±0.4 ^b	91.9±0.2 ^c	87.1±0.9 ^b	91.6±0.2 ^c
지질 소화율(%)	91.9±0.4 ^c	79.0±0.1 ^a	86.2±0.4 ^b	91.3±0.2 ^c	79.5±1.4 ^a	90.2±0.2 ^c
에너지 소화율(%)	90.0±0.4 ^d	79.9±0.1 ^a	82.6±0.5 ^b	88.5±0.3 ^c	78.3±1.5 ^a	87.3±0.3 ^c

* 결과값은 3반복의 평균±표준오차.

* 서로 다른 위첨자의 실험구는 유의한 차이가 있음($P<0.05$).

IV 요약

4-1 넙치 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가

치어기 넙치 사료내 원산지가 다른 어분들을 첨가한 실험사료로 8주간 사육 실험한 결과, 칠레, 덴마크, 페루산 어분의 성장이 가장 우수하였고, 인도, 베트남 국내산 어분의 성장이 비교적 낮게 나타났다. 사료효율은 덴마크산 어분이 유의적으로 가장 높았고, 칠레와 페루산 어분이 인도, 베트남 및 국내산 어분보다 높은 사료효율을 나타냈다. 반면, 단백질 전환효율에 있어서는 칠레 및 덴마크 어분이 타 실험구간에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 따라서 성장 및 사료효율 측면에서 치어기 넙치 사료내 어분 원산지별 이용성은 칠레, 덴마크 및 페루산 어분이 우수한 이용성을 보였다. 넙치의 영양소 소화율 분석결과, 원산지가 다른 어분의 영양소 소화율은 모든 실험구간 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 칠레산 어분을 사용한 실험사료가 가장 우수한 결과를 보였으며, 베트남산 어분을 사용한 실험사료의 영양소 소화율이 가장 낮은 결과를 보였다. 따라서 소화율 분석결과로 보아, 넙치 사료내 주요 단백질원으로 사용되는 어분은 칠레산 어분을 사용하는 것이 유용할 것으로 판단된다. 따라서 넙치의 어분 원산지별 이용성 및 소화율 분석결과로 보아, 넙치 사료내 주요 단백질원으로 사용되는 어분은 증체율과 사료효율 및 소화율에서 높은 값을 보인 칠레 어분을 사용

하는 것이 유용할 것으로 판단된다.

4-2 조피블락 사료 내 원산지별 어분 이용성 평가

치어기 조피블락 사료내 어분 원산지별 실험사료로 8주간 사육 실험한 결과, 칠레, 덴마크 및 페루산 어분의 성장이 가장 높았고, 인도, 베트남 국내산 어분의 성장이 상대적으로 낮았다. 사료효율은 덴마크산 어분이 가장 높았고, 칠레, 페루산 어분은 인도, 베트남 및 국내산 어분보다 높은 사료효율을 보였다. 따라서 성장 및 사료효율 측면에서 치어기 조피블락 사료내 어분 원산지별 이용성은 칠레, 덴마크 및 페루산 어분이 우수한 이용성을 보였다. 조피블락의 영양소 소화율 분석결과, 어분 종류에 따라 모든 실험구간 유의한 차이를 보였다($P<0.05$). 칠레, 페루 및 국내 실험구가 타 실험구들에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 인도 및 베트남 실험구가 타 실험구들에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 따라서 조피블락의 어분원산지별 이용성 및 소화율 분석결과로 보아, 조피블락 사료내 주요 단백질 원으로 사용되는 어분은 증체율, 사료효율 및 소화율에서 높은 값을 보인 칠레 및 페루산 어분을 사용하는 것이 유용할 것으로 판단된다.

V. 참고 문헌

- Aksnes A and Mundheim H. 1997. The impact of raw material freshness and processing temperature for fish meal on growth, feed efficiency and chemical composition of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture* 149, 87-106.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1984. Official methods of analysis, 16th edition. AOAC International, Arlington, Virginia.
- Bell JG, Mackinlay EE, Dick JR, MacDonald DJ, Boyle RM, Glen AC (2004). Essential fatty acids and phospholipase A(2) in autistic spectrum disorders. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 71(4) 201-4
- Cho CY, Slinger SJ and Bayley HS. 1982. Bioenergetics of salmonid species: energy intake, expenditure and productivity. *Comp Biochem Physiol* 73, 25-41.
- Duncan DB. 1955. Multiple-range and multiple F tests. *Biometrics* 11, 1-42.
- Jang HS, Kim KD and Lee SM. 2005. Effect of various commercial fish meals as dietary protein sources on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. *J Aquaculture* 18, 267-271.
- Kim DK, Kim DG, Jang JH, Kim KW, Son MH and Lee SM. 2011. Effects of

the different fish meal and wheat flour content in extruded pellet on the growth and apparent digestibility for olive flounder *paralichthys olivaceus*. J Aquaculture 44, 232-236

Lee, S.-M., K.-D. Kim and S. P. Lall, 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 221, 427–438.

McCallum IM and Higgs DA. 1989. Aspects of protein utilization in juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Nutritive value of marine protein sources considering the effects of processing* conditions. Aquaculture 77, 181-200.

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements fish, National Academy Press, Washington, DC, U.S.A. 114.

Pike IH, Andorsdottir G and Mundheim H. 1990. The role of fish meal in diets for salmonids. IAFMM Technical Bulletin No. 24, 2 College Yard, Lower Dagnall Street, St. Albans, herts. AL3 4PA, U.K., 1-35.

Regost, C., Arzel, J., Rosenlund, G., Kaushik, S. J., 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*) - 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. Aquaculture 217 (1-4): 465-482

Torstensen, B.E., Bell, J.G., Rosenlund, G., Henderson, R.J., Greff, I.E.,

Tocher, D.R., Lie, O., Sargent, J.R., 2005. Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. *Agric. Food Chem* 53, 10166-10178



VI 감사의 글

2003년도에 부경대학교에 입학하여 여러 가지로 부족한 저에게 본 학위과정을 무사히 마칠 수 있도록 많은 힘이 되어 주신 여러 소중한 분들께 미흡하지만 글로써 감사의 마음을 전하고자 합니다. 우선 학부를 졸업하고 수험에 입사 후, 3년만에 실험실의 문을 두드린 저를 너무나 반갑게 맞아주시고 과학적이고 논리적인 사고로서 학문과 연구에 임하는 자세를 일깨워 주신 배승철 지도 교수님의 노고와 은혜에 진심으로 감사드립니다. 그리고 바쁘신 중에도 논문 심사를 맡아주시고, 학부과정 시절부터 온화하고 인자하신 성품으로 지도하여 주신 김창훈 교수님과 부족한 후배를 위해 흔쾌히 논문 심사를 허락하여 주신 고수홍 박사님께 진심으로 감사드립니다. 마지막으로 회사에서 멀리 떨어진 부산에서 학업을 이어갈 수 있게 도와주신 최찬환 전무님과 같은 부서에 근무하며 많은 의지가 되어 주시고 올바른 길로 인도해주시는 구자완 박사님께도 진심 어린 감사의 말씀을 올립니다. 아울러 같은 부서에서 근무하며 많은 도움을 주신 이용환 과장님과 성효, 지훈이에게도 감사드립니다. 학부와 대학원 과정 동안 수산 양식이라는 학문을 아낌없이 가르쳐 주신 조재윤 교수님, 허성범 교수님, 장영진 교수님, 김동수 교수님, 남윤권 교수님, 김종명 교수님, 공승표 교수님, 최윤희 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 오랜만에 연구실로 찾아온 선배를 자신의 형처럼 믿고 챙겨준 이승한, 박영진, 원

성훈, 배진호, 최원석 후배님에게도 감사의 마음을 전합니다. 아울러 항상 의지가 되어 주고 훌륭한 조언을 아끼지 않는 든직한 친구 윤현호 박사에게도 진심으로 감사드립니다. 또한 영양대사학 실험실 생활을 하면서 인연을 맺게 된 이준호 박사님, 박건현 박사님과 김석기 선배님께도 진심으로 감사드립니다. 그리고 부경대학교 학부생활부터 지금까지 항상 옆에서 힘이 되어준 친구 박상민, 권기범, 김정원, 김기현, 서성민 형, 후배 김성민에게도 진심으로 감사드립니다. 바쁜 회사 업무에도 학문에 정진할 수 있도록 배려해주시고 지원해 주신 장기태 대표이사님, 이수용 전 대표이사님을 비롯한 각 부서 부장님 및 과장님들 그리고 직원분들께도 진심어린 감사의 말씀을 드립니다. 또한 학위논문 실험을 위해 여러가지로 많은 협조를 아끼지 않으신 국립수산과학원 김강웅 박사님, 이승형 박사님, 이진혁 선배님을 비롯한 여러 연구사님, 연구보조원님들께도 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 친구 같은 동생이자 항상 힘이 되어주는 동생 성재와 자식 잘 되기만을 바라시는 존경하고 사랑하는 어머니님, 그리고 완벽하진 않으셨지만 제 인생에선 누구보다 훌륭하셨던, 하늘에 계신 아버지께 진심으로 감사드립니다. 부족한 저를 기쁘게 사위로 맞이해 주신 사랑하는 장인어른과 장모님, 처제들에게도 진심으로 감사드립니다. 끝으로 많은 어려움을 인내하면서 사랑과 믿음으로 내조해 주고 있는, 사랑하는 아내 이참솔님과 이 조그만 결실의 기쁨을 함께 나누고자합니다.