

과제구분	기 본	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
버섯의 소비확대 및 부가가치 향상기술 개발		버섯	'10	농업기술원 버섯연구소	김정한
1) 버섯을 이용한 양어사료 개발		버섯	'10	농업기술원 버섯연구소	장명준
책임용어	느타리버섯, 메기, 어분대체, 첨가제				

ABSTRACT

The present studies were conducted to evaluate optimum dietary level for fermented mushroom by-product(FMBP) as a fish meal(FM) replacer and an additive in juvenile Amur catfish *Silurus asotus*. In the first experimental diets were formulated with five different levels of Control, 2.2%, 4.4%, 8.7% and 13.1% in diet to evaluate as a FM replacer. And second experimental diets were formulated with five different levels of Ccontrol, 0.1%, 0.2%, 0.4% and 0.8% to evaluate as an additive.

The results of first experiment indicated that there were selected at the FMBP 2.2% ~ 4.4% as a FM replacer. And second experiment results indicated that FMBP included diets as FMBP 0.2% was significantly higher growth rate than control diet in WG and SGR for the best weight gain in juvenile Amur catfish(*Silurus asotus*).

Key words : Additive, Fishmeal replacement, *Pleurotus ostreatus*, *Silurus asotus*

1. 연구목표

전국의 느타리버섯 재배 농가는 2009년 현재 2,673농가이며, 생산량은 39,160M/T에 달하며, 전체 버섯 생산량 중 약 25%를 차지한다(농림수산식품부 2010). 느타리버섯 재배 구조상 생산량중 약 10%내외의 비상품버섯이 발생하지만, 이러한 비상품버섯은 상품성이 없는 상태로 폐기되거나 아주 저렴한 가격인 200~300원/Kg(건중량기준)에 판매되기도 한다. 양어 사료에는 일반적으로 40% 전후의 단백질이 함유되어 있으며(Ogino, 1980), 사료를 구성하는 성분 중 가장 고가의 성분으로서 사료비용의 60%이상을

차지하므로 사료단백질을 가장 적절하게 이용하는 것은 경제적인 양식을 위하여 매우 중요하다고 하였다(Andrews, 1977). 따라서 느타리버섯 건조분말은 30%이상의 조단백질을 함유하여 단백질사료원으로써 사용이 가능함을 보여주며, 이러한 느타리버섯 비상품 버섯을 사용할 수 있다면 양어사료비 제조비용을 절감할 수 있을 것이다. 그리고 원충류나 세균의 감염에 대하여 어류의 방어능력을 증가시키는 첨가제로써 β -glucan의 효과에 대해 많이 보고되어 있는데(Raa 등, 1992; Nikl 등, 1993), 본 실험에 사용된 느타리버섯 건조분말의 β -glucan의 함량은 26.8%로 다량 함유하고 있어 β -glucan을 자연 상태 그대로 사료의 첨가제로 사용하여 어류의 면역증진에 이용할 수 있을 것으로 기대되어진다. 담수어 중 주요 양식어종인 메기의 2009년 국내 배합사료생산량은 14,253M/T(통계청, 2010)으로 전체 양어용 배합사료 생산량 중 4위에 해당한다. 이러한 메기용 배합사료 생산에 느타리버섯 부산물 3%가 사용된다면 약 450M/T의 사용이 예상되며, 다른 어종에도 확대적용 할 수 있으며, 첨가제로써의 사용 역시 이루어진다면 항생제의 사용을 억제하고 어류양식의 안정성을 높일 수 있으며, 고부가가치의 경제적 효과를 기대할 수 있다.

따라서 우리나라의 대표적 식용버섯인 느타리버섯의 비상품 부위를 이용한 양어사료 개발로 버섯농가에게는 신소득원을 창출시키고, 양식어가에게는 고품질 안정생산을 유도하기 위해 담수어 중 주요 양식종인 메기(*Silurus asotus*)를 대상으로 어분단백질 대체원과 첨가제로써의 가능성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 발효느타리버섯 부산물 제작

본 실험에 사용한 발효느타리버섯 부산물은 느타리버섯 부산물(조단백질 39.1%, 조지방 0.8%, 회분 6.8%)을 유산균과 효모를 이용하여 30°C의 발효기에서 24시간동안 발효하였으며, 일반성분 분석결과는 조단백질 42.5%, 조지방 0.3%, 회분 8.2%였다.

나. 실험사료 설계

실험에 사용된 실험사료의 일반성분 분석은 표1과 같다. 단백질원으로 어분, 대두박, 콘글루텐밀, 오징어간분, 육분 및 발효느타리버섯 부산물을 사용하였다(표생략). 그리고 탄수화물원으로 밀가루를 사용하였고, 지질원으로 어유와 대두유를 사용하였다. 실험사료는 대조구를 포함하여 어분단백질 대체사료로서 느타리버섯 부산물의 함량을 2.2%, 4.4%, 8.7%, 13.1%(어분대체 5%, 10%, 20%, 30%)씩 첨가하여 제작하였다. 그리고, 버섯 첨가제사료로서 느타리버섯 부산물을 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.8%씩 첨가하여 제작하였다. 실험사료는 펠릿 제조기를 이용하여 제작한 후 -20°C 냉동고에 보관하며 사용하였다.

다. 실험어 사육관리

실험어는 메기치어를 250L 수조에서 2주간 예비 사육하였다. 예비사육 후 평균무게 $5.7g \pm 0.1g$ 인 메기치어를 40L 사각수조에 각 실험구당 15마리씩 무작위로 3반복 배치하였다. 각 실험수조는 순환여과식으로 유수량 1L/min 으로 조절하였으며, 수온은 $24 \pm 1^\circ C$, pH는 7.5 ± 0.3 , 광주기는 12/12(점등/소등, 시간), 사료공급은 일일 3~4%씩 09시, 21시에 걸쳐 2회에 나누어 공급하였다. 총 사육기간은 8주였다.

라. 공격실험

버섯첨가량에 따른 메기의 항병력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 양식어류에 침투하여 에드워드병을 발생시키는 *Edwardsiella tarda*를 이용하여 공격실험을 수행하였다. 공격실험은 사료투여 8주 후에 각각 처리별로 20마리씩 선정하여 1ml주사기를 이용하여 각 마리당 100ul 식 복강주사 한 후 14일동안 누적폐사율을 조사하였다.

마. 생육 및 면역반응 조사

어체측정은 매 2주간 하였으며, 8주의 실험종료 후 실험어를 24시간동안 절식시켜 증체율(weight gain), 사료효율(feed efficiency), 단백질 전환효율(protein efficiency ratio), 일간성장율(specific growth rate), 간중량지수(hepatic somatic index), 생존율(survival rate), 헤모글로빈, 헤마토크릿, 총단백질, 글루코스, 화학적 발광반응(Chemiluminoscent response, CL), 라이소자임 활성(Lysozyme activity)에 대하여 분석 및 조사하였다.

바. 사료성분 분석

실험사료에 대해 AOAC(2000)방법에 따라 수분은 상압가열건조법($135^\circ C$, 2시간), 조단백질은 kjeldahl 질소정량법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였다. 조지방은 샘플을 12시간 동결 건조한 후, soxtec system 1046(Tacator AB, Sweden)을 사용하여 soxhlet 추출법으로 분석하였다.

표 1. 실험사료의 일반성분 조성표 및 사료제작비용 절감율

조사내용	대조구 (배합사료)	어분대체용 사료 ^a				첨가제용 사료			
		2.2%	4.4%	8.7%	13.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.8%
수분(%)	10.9	9.5	9.6	10.0	10.7	10.1	9.8	9.8	9.8
조단백질(%)	47.5	47.4	47.6	47.5	47.1	47.4	47.6	47.5	47.1
조지방(%)	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.8	8.8	8.8
회분(%)	10.9	10.3	10.7	10.2	10.3	10.7	10.8	10.5	10.6
사료제작비용 절감율(%)	-	1.2	3.0	4.1	5.8	2.7	2.7	2.9	3.4

※ 건중량 기준

^a 느타리버섯첨가 2.2%(어분단백질 5%대체), 4.4%(어분단백질 10%대체), 8.7%(어분단백질 20%대체), 13.1%(어분단백질 30%대체)

3. 결과 및 고찰

가. 느타리버섯 부산물의 어분단백질 대체 효과

1) 성장률

표 2는 어분단백질을 대체하기 위한 느타리버섯 부산물을 첨가한 사료급이에 따른 8주간의 성장률 및 생존율을 나타낸 것이다. 증체율은 느타리 2.2% 및 느타리4.4% 처리구에서 대조구와 대등하였다. 사료효율, 일간성장률, 단백질 전환효율, 간중량지수 및 생존율의 조사결과 느타리 2.2%와 4.4% 및 8.7%처리구에서 대조구와 대등하였으며, 느타리 첨가량이 많았던 13.1%처리구의 경우 모두 낮았다.

표 2. 어분단백질 대체용 느타리버섯 첨가사료 급이에 따른 메기의 성장률 및 생존율

조사내용	대조구(배합사료)	느타리2.2%	느타리4.4%	느타리8.7%	느타리13.1%
증 체 율(%) ^a	278ag	274a	227ab	202bc	140c
사료효율(%) ^b	89a	89a	82ab	80ab	62b
일간성장률(%) ^c	2.4a	2.4a	2.1a	2.0a	1.5b
단백질 전환효율 ^d	1.9a	1.9a	1.7ab	1.7ab	1.3b
간중량지수(%) ^e	1.77ab	1.83a	1.68ab	1.72ab	1.54b
생 존 율(%) ^f	78	78	78	78	69

^a 증체율(%) = [(최종 중량 - 최초 중량) / 최초중량] × 100.

^b 사료효율(%) = (증체율 / 건조사료 공급량) × 100.

^c 일간성장률(%) = [(log_e 최종 중량 - log_e 최초중량)/사육일수] × 100.

^d 단백질 전환효율 = 증체율 / 단백질 섭취량

^e 간중량지수(%) = (간중량 / 어체중) × 100.

^f 생존율(%) = (최종 개체수 / 최초 개체수) × 100.

^g Duncan의 다중범위검정(유의수준 : 5%)

식물성 단백질을 이용한 어분 단백질 대체 실험의 경우 필수 아미노산의 조성 및 기호성에 따른 제한적 대체 또는 필수아미노산제 및 먹이유인제 등의 첨가가 요구된다(Lee and Bai, 1997; Lim et al., 2004). 따라서 본 실험의 경우 필수아미노산제 및 먹이유인제 등의 첨가제를 사용하지 않았으므로 느타리 8.7% 및 느타리 13.1%에서 성장 저하가 발생된 것으로 추정되며, 이러한 첨가제들을 추가한 실험이 수행되어 진다면 적정 첨가비율이 조사될 것으로 판단된다.

2) 혈액 분석

표3은 전혈 및 혈청을 분석한 표이다. 헤마토크릿(PCV)은 대조구 및 느타리 2.2%~8.7%에서는 차이가 없었고, 헤모글로빈(Hb)은 느타리 2.2%에서 대조구 보다 높았으나 혈청내 총 단백질 및 글루코스의 경우 대조구가 느타리 첨가구들보다 높았다.

표 3. 어분단백질 대체용 느타리버섯 첨가사료 급이에 따른 메기의 전혈 및 혈청 분석

조사내용	대조구(배합사료)	느타리2.2%	느타리4.4%	느타리8.7%	느타리13.1%
PCV ^a (%)	24.1ab ^e	24.9ab	25.7ab	26.9a	22.4b
Hb ^b (g/100ml)	14.7b	18.4a	15.2b	14.6b	16.1ab
총단백질 ^c (g/dL)	3.1a	2.7b	2.7b	2.8b	2.6b
Glucose ^d (mg/dL)	76.3a	73.7b	69.0bc	69.7b	64.3c

^a 헤마토크릿(Hematocrit, PCV) : 전체 혈액 부피에 대한 적혈구의 용량비

^b 헤모글로빈(Hemoglobin, Hb)

^c 총단백질(Total protein)

^d 글루코스(FBS, Glucose)

^e Duncan의 다중범위검정(유의수준 : 5%)

3) 면역분석

비특이적 면역반응인 라이소자임활성(Lysozyme activity)과 화학적발광반응(Chemiluminoscent response)을 조사한 결과는 표4와 같다. 라이소자임활성은 느타리 2.2%첨가구에서 대조구와 대등하였으며, 화학적발광반응은 느타리 2.2%~8.7%가 대조구보다 높았다.

표 4. 어분단백질 대체용 느타리버섯 첨가사료 급이에 따른 메기의 라이소자임활성과 화학적발광반응 분석

조사내용	대조구(배합사료)	느타리2.2%	느타리4.4%	느타리8.7%	느타리13.1%
라이소자임활성 ^a (U/mL)	72.1a ^c	69.2a	60.5b	56.4b	54.6b
화학적발광반응 ^b (RLU/Sec)	42,324c	78,435a	71,839ab	63,304b	39,868c

^a 라이소자임활성(Lysozyme activity)

^b 화학적발광반응(chemiluminoscent response)

^c Duncan의 다중범위검정(유의수준 : 5%)

어류에 β -1,3/1,6 글루칸을 공급한 사료의 경우 라이소자임의 활성 및 화학적 발광반응 등 비특이적 면역 반응을 높여주나 적정량을 초과할 경우 부정적인 효과가 있다는 보고가 있다(Won et al., 2004; Kim et al., 2006; Yoo et al., 2007). 본 실험에 사용된 느타리버섯의 첨가량이 많을수록 β -글루칸의 함량도 대조구 보다 많을 것으로 추정되며, 라이소자임활성과 화학적발광반응이 높았던 느타리 2.2%처리구의 경우 면역반응을 높여주는 결과를 보였으나, 느타리버섯이 13.1% 함유된 실험구의 경우 라이소자임활성과 화학적발광반응 모두 낮았다.

4) 공격실험

표 5는 *Edwardsiella tarda*균을 복강내 주사한 후 저항력을 알아보는 병원균 공격 실험의 결과이다. 느타리 2.2%첨가구에서 누적폐사율이 70%로 가장 작았으며, 4.4% 첨가구의 경우 80%로 대조구와 대등하였다. 이러한 결과는 앞서 설명한 비특이적 면역 반응의 화학적발광반응(Chemiluminoscent response)결과와 유사한 경향을 보이는 것으로 본 실험의 결과를 통하여 알 수 있었다.

표 5. 어분단백질 대체용 느타리버섯 첨가사료 급여 후 공격실험에 따른 메기의 누적폐사율(%)

처리내용	사육일(일)		
	5	10	14
대조구(배합사료)	0	40	80
느타리 2.2%	0	30	70
느타리 4.4%	0	30	80
느타리 8.7%	0	50	90
느타리 13.1%	0	50	80

이와 같이 느타리버섯 부산물을 이용한 어분단백질을 대체하기 위해 실험을 수행한 결과 느타리 2.2~4.4%첨가구에서 누적폐사율은 대조구 보다 낮거나 대등하였고, 생존율은 느타리 2.2~8.7%까지 대조구와 대등하였다. 이상의 결과 생존율을 바탕으로 한 어분대체 실험은 치어기 메기 사료내 느타리버섯 부산물을 적게는 2.2%에서 최대 4.4%까지 이용이 가능하다고 판단되어진다. 느타리버섯 부산물의 활용도를 높이기 위해 필수아미노산제 및 섭취촉진제 등의 혼합사용시 이용량에 관한 연구가 요구된다.

나. 느타리버섯 부산물의 사료첨가제 대체 효과

1) 성장률

느타리버섯 부산물의 첨가제 이용성 검토를 위해 첨가수준에 따른 성장률 및 생존율을 조사한 결과 표6과 같다.

표 6. 사료첨가제용 느타리버섯 첨가수준별 메기의 성장률 및 생존율

조사내용	대조구 (배합사료)	첨가량(% w/w)			
		0.1	0.2	0.4	0.8
증 체 율(%)	278b	313a	313a	304ab	293ab
사료효율(%)	88.9b	94.7ab	98.5a	92.5ab	89.3ab
일간성장률(%)	2.37b	2.53a	2.53a	2.49ab	2.44ab
단백질 전환효율	1.85b	1.99ab	2.05a	1.94ab	1.89ab
간중량지수(%)	1.77a	1.69a	1.76a	1.85a	1.99a
생 존 율(%)	78	80	80	78	82

증체율 및 일간성장률은 느타리 0.1% 및 0.2%에서 대조구보다 높았고, 사료효율 및 단백질 전환효율은 느타리 0.2%에서 대조구 보다 높았으나, 간중량지수는 처리간의 유의차가 없었다.

2) 혈액 분석

표 7은 전혈 및 혈청을 분석한 표이다. PCV는 0.2%, 0.4% 및 0.8%첨가 실험구가 대조구보다 유의하게 높은 값을 보였으며, 총단백질 및 Glucose는 0.8%첨가 실험구를 제외한 전 실험구에서 유의한 차이는 보이지 않았다.

표 7. 사료첨가제용 느타리버섯 첨가수준별 메기의 전혈 및 혈청 분석

조사내용	대조구 (배합사료)	첨가량(% w/w)			
		0.1	0.2	0.4	0.8
PCV(%)	24.1b	26.9ab	28.3a	28.8a	28.5a
Hb(g/100ml)	14.7a	16.0a	14.5a	15.0a	14.1a
총단백질(g/dL)	3.1a	2.9ab	2.9ab	2.9ab	2.8b
Glucose(mg/dL)	76.3ab	80.7a	74.7ab	76.7ab	74.3b

3) 면역분석

표 8은 비특이적 면역반응인 라이소자임 활성(Lysozyme activity)과 화학적 발광 반응(Chemiluminescent response)을 나타내었다. 라이소자임 활성은 0.1%첨가구가 대조구보다 높았고, 화학적 발광반응은 0.2%처리구가 가장 높았다.

표 8. 사료첨가제용 느타리버섯 첨가수준별 메기의 라이소자임활성과 화학적발광반응 분석

조사내용	대조구 (배합사료)	첨가량(% w/w)			
		0.1	0.2	0.4	0.8
라이소자임활성(U/mL)	72.1bc	83.8a	77.4b	72.4bc	70.9c
화학적발광반응(RLU/Sec)	42,324c	57,041c	107,412a	84,351b	80,079b

4) 공격실험

표9는 *Edwardsiella tarda*균을 실험이 종료된 치어기 메기의 복강 내에 주사한 후 병원균 저항력을 알아보는 공격실험의 결과이다. 누적폐사율은 14일이 경과한 후 대조구에 비해 느타리버섯 첨가구 모두 낮았으며, 0.4%첨가구에서 50%로 가장 낮았다.

표 9. 사료첨가제용 느타리버섯 첨가수준별 공격실험에 따른 메기의 누적폐사율(%)

첨가량(%)	사육일(일)		
	5	10	14
대조구(배합사료)	0	40	80
0.1	0	40	60
0.2	0	30	70
0.4	0	30	50
0.8	0	30	70

이와 같이 느타리버섯 부산물의 사료첨가제 이용성 검토를 위해 실험을 수행한 결과 대조구 대비 증체율, 사료효율, 일간성장률, 단백질전환효율 및 생존율이 우수하였던 느타리 0.2%처리구가 적정 첨가량으로 판단되었으며, 사료첨가제로서 느타리버섯 부산물이 이용된다면 고부가가치의 경제적 효과가 있을 것으로 기대되어 진다.

금년도 연구결과 느타리버섯 부산물의 메기사료로써 이용이 가능하였으나 경제성 분석결과 사료제조시 어분대체의 경우 느타리버섯 부산물 2.2~4.4%첨가시 제조비용 1.2~3.0%절감, 첨가제 이용의 경우 0.2%첨가시 제조비용 2.7%절감으로 경제적 효과가 크지 않았다(표1). 이에 본 연구는 2년간(2010~2011) 수행할 계획이었으나 낮은 사료비 절감효과로 조기완결하고자 한다.

4. 결과요약

<느타리버섯 부산물의 어분단백질 대체효과>

- 가. 사료효율, 일간성장률, 단백질전환효율, 간중량지수 및 생존율은 느타리 2.2%, 4.4% 및 8.7%처리구에서 대조구와 대등하였다
- 나. 헤마토크릿(PCV)은 대조구 및 느타리 2.2%~8.7%에서는 차이가 없었고, 헤모글로빈(Hb)은 느타리 2.2%에서 대조구 보다 높았다.
- 다. 라이소자임활성은 느타리 2.2%에서 대조구와 대등하였고 화학적발광반응은 느타리 2.2%~8.7%처리에서 대조구보다 높아 면역반응을 높여 주었다.
- 라. *Edwardsiella tarda*에 대한 공격실험 결과, 느타리 2.2%에서 누적폐사율이 70%로 가장 작았고, 느타리 4.4%의 경우 80%로 대조구와 대등하였다.
- 마. 이상의 결과 어분단백질을 대체하기 위한 느타리버섯 부산물의 적정 첨가량은 2.2~4.4%이었다.

<느타리버섯 부산물의 사료첨가제 대체효과>

- 가. 증체율 및 일간성장률은 느타리 0.1% 및 0.2%에서 대조구보다 높았고, 사료효율 및 단백질 전환효율은 느타리 0.2%에서 대조구 보다 높았으며, 간중량지수는 처리간의 유의차가 없었다.
- 나. 헤마토크릿(PCV)은 0.2%, 0.4% 및 0.8%첨가구가 대조구보다 높았고, 총단백질 및 Glucose는 0.8%첨가구를 제외한 모든 실험구에서 유의한 차이는 보이지 않았다.
- 다. 라이소자임 활성은 0.1%첨가구가 대조구보다 높았고, 화학적 발광반응은 0.2% 처리구가 가장 높았다.
- 라. *Edwardsiella tarda* 균의 공격실험 결과 대조구에 비해 느타리버섯 첨가구 모두 낮았으며, 0.4%첨가구에서 50%로 가장 낮았다.
- 마. 이상의 결과 사료첨가제로 가능한 느타리버섯 부산물의 첨가량은 0.2%이었다.

5. 인용문헌

- 김만철, 김민주, 김주상, 허문수. 2007. 경구투여에 의한 버섯균사체 배양액이 넙치의 성장 및 비특이적 면역활성에 미치는 영향. 생명공학회지. 17(10):1434-1440.
- 김민주, 김만철, 김택, 김기영, 송춘복, 전유진, 허문수. 2006. 버섯균사체 배양액 첨가 사료가 넙치 치어의 생존 및 성장에 미치는 영향. 19(4):231-235.
- Brankica, D., Stanko, Š., Sven, M. J., Margareth, Ø., Liv, T. M. and Aleksei, K. 2009. Modulation of splenic immune responses to bacterial lipopolysaccharide in rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*) fed lentinan, a beta-glucan from mushroom *Lentinula edodes*. 26(2):201-209.
- Lee, K. J. and S. C. Bai. 1997. Haemoglobin powder as a dietary fish meal replacer in juvenile Japanese eel, *Anguilla japonica* (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research, 28, 509-516.
- Won, K. M., Kim S. M, and Park S. I. 2004. The Effects of β -1,3/ 1,6-linked Gulcan in the Diet on Immune Responses of olive Flounder, *Paralichthys olivaceus* by Oral Administration. J. Fish Pathol., 17, 29-38.
- Yoo Gwangyeol , Seunghyung Lee, Young Chul Kim, Okorie E. Okorie, Gun Jun Park, Yong ok Han, Se-Min Choi, Ju-Chan Kang, Mihai Sun, and Sungchul C. Bai, 2007 Effects of Dietary β -1, 3 glucan and Feed Stimulants in Juvenile Olive Flounder *Paralichthys olivaceus*. JWAS Vol. 38(1): 138-145.

6. 연구결과 활용제목

- 느타리버섯 부산물을 활용한 메기사료 개발(2011, 기초활용, 논문발표)
- Effects of oyster mushroom as a feed additive in juvenile cherry salmon, *Oncorhynchus masou masou*(2010, 논문발표)

7. 연구원편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도
						'10
1) 버섯을 이용한 양어사료 개발	책임자	농업기술원 버섯연구소	농업 연구사	장명준	세부과제총괄	○
	공동연구자	농업기술원 버섯연구소	농업 연구사	이윤희	실험자문	○
	공동연구자	농업기술원 버섯연구소	농업 연구사	김정환	성분분석	○
	공동연구자	농업기술원 버섯연구소	농업 연구관	주영철	실험자문	○
	공동연구자	부경대학교 사료영양연구소	교수	배승철	실험관리	○
	공동연구자	부경대학교 사료영양연구소	연구원	이준호	실험수행	○
	공동연구자	부경대학교 사료영양연구소	연구원	윤용현	실험수행	○