

최 종  
연구보고서

새송이버섯 부산물을 이용한 기능성 사료 및 돈육  
생산기술 개발

Development of Fuctional Feed for Production of  
Fuctional Pork Meat Using Byproducts of  
King Oyster Mushroom

연구기관

(주)머쉬토피아

농림수산식품지료실



0016113

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “새송이버섯 부산물을 이용한 기능성 사료 및 돈육 생산기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 4월 24일

주관연구기관명 : (주)머쉬토피아

총괄연구책임자 : 이 현 옥

세부연구책임자 : 이 현 옥

연 구 원 : 원 상 석

연 구 원 : 하 셋 별

연 구 원 : 남 희 갑

연 구 원 : 우 상 수

연 구 원 : 우 현 주

연 구 원 : 김 옥 영

협동연구기관명 : 한국생명공학연구원

협동연구책임자 : 전 효 곤

협동연구기관명 : 진주산업대학교

협동연구책임자 : 송 영 민

협동연구기관명 : 경상대학교

협동연구책임자 : 성 낙 주

# 요 약 문

## I. 제 목

새송이버섯 부산물을 이용한 기능성 사료 및 돈육 생산기술 개발

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

새송이버섯 수확 후 재배병 속의 배지는 유용한 자원임에도 불구하고 효율적으로 활용되고 있지 않는 실정이고 또한 새송이버섯 생산량에 비례하여 폐배지의 발생량도 급증하고 있는 실정에 있다. 버섯은 셀룰로오스와 리그닌을 분해할 수 있는 유일한 균이다. 버섯 균사체가 배지의 셀룰로오스와 리그닌을 분해하여 배지에 충분히 자란 다음, 버섯 자실체가 형성되는 생활환을 가지고 있다. 버섯 배지로 사용되는 톱밥, 콘코브, 면실박, 비트펠프, 미강, 밀기울 등은 가축 사료로 이용할 수 있는 것이다. 이러한 배지재료에 버섯 균사체가 고분자 화합물인 셀룰로오스나 리그닌을 분해하여 가축의 소화효율을 높여준다. 버섯 균사체에 함유되어 있는 베타글루칸과 그 밖의 각종 기능성물질이 다량 배지에 함유되어 있으므로 이를 가축이 섭취하게 되면 영양적으로 좋고 육질을 향상시키며 기능성을 함유하게 된다.. 수확 후 부산되는 배지에 함유된 균사체를 가축에게 리사이클링하여 가축의 분을 거름으로 이용하는 친환경적인 농법을 구사할 수 있다는 장점도 있다. 최근 버섯가격이 급락하여 버섯재배농가의 경영적인 어려움이 매우 많은 실정에 처해 있다. 버섯가격의 하락 이유는 경제가 어려워 소비가 위축되기도 하였고, 대규모의 자동화 병재배가 늘어남으로서 생산량도 급증한 데서 기인하고 있다. 따라서 버섯의 소비촉진을 위하여 가축과 접목하여 버섯 수확 후 부산되는 버섯과지와 폐배지를 가축사료화 하는 것은 버섯농가와 축산농가가 모두 상생할 수 있는 최상의 전략이다. 최근 동물성 식품의 소비가 많아짐에 따라 수입 축산물이 급격히 증가하고 있는 바, 이에 대한 대책이 필요한 시점에 와있다. 미래의 축육은 맛도 좋고, 위생적이면서 식육의 과잉 섭취로 야기되는 고혈압, 동맥경화, 협심증, 심장병 및 뇌졸중 등 소위 혈액순환기계 질환이나 성인병 및 비만으로부터 자유로울 수 있는 이상적인 축육을 원하고 있다. 따라서 지방, 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물의 함량이

적고, 그러면서 기호도가 뛰어난 기능성·고품질의 축육 개발을 위한 신소재 발굴 및 사료용 가공기술 개발 및 상품화, 이를 이용한 기능성 돈육의 생산이 절실히 요구되는 바, 돼지의 사양에 있어 새송이버섯의 수확 후 발생하는 과치, 재배 후 발생하는 균체과치 및 폐배지 등의 부산물을 이용해 기존의 항생제 사료를 대체할 수 있는 기능성 사료첨가제를 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 양돈경영에 있어 사료가 차지하는 비중이 매우 높으므로 농산부산물의 재활용에 의해 돼지의 사양효율을 높이고 버섯부산물의 부가가치를 향상시키는 축산업과 버섯산업의 상생모델을 개발하기 위하여, 새송이버섯의 수확 후 발생하는 과치, 재배 후 발생하는 균체과치 및 폐배지 등의 부산물을 이용해 미생물발효기술에 의한 기능성 사료첨가제를 개발함으로써 기존의 항생제 사료를 대체하고 기능성이 강화된 안전한 돈육을 생산하고자 수행하였다.

연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 연구범위
새송이버섯 부산물을 이용한 기능성사료의 대량생산공정 및 상품화기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 새송이버섯 부산물의 균질성 검정</li> <li>◎ 새송이버섯 부산물의 가공적성 조사</li> <li>◎ 기능성사료의 대량생산공정 및 상품화시스템 개발</li> <li>◎ 포장디자인 개발 및 시작품 제작</li> </ul>
기능성 사료화 발효가공기술 및 기능성 사료개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 기능성 사료화 발효가공기술 개발</li> <li>◎ 새송이버섯 부산물을 이용한 기능성사료의 시제품 생산</li> <li>◎ 기능성발효사료의 저장 중 미생물학적 특성분석</li> </ul>
새송이버섯 부산물 사료의 효능검증 및 사양기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 이유자돈에 대한 기능성사료의 효능비교 및 적정급여수준 선발</li> <li>◎ 육성·비육돈에 대한 기능성사료의 효능비교 및 적정급여수준 선발</li> <li>◎ 기능성사료의 항생제 대체효과 검증</li> <li>◎ 기능성사료의 산업화를 위한 사양기술 개발</li> </ul>
새송이버섯 부산물, 개발사료 및 돈육의 기능성 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 새송이버섯 부산물 및 개발사료의 기능성 검증</li> <li>◎ 기능성사료의 급여기준에 따른 돼지의 혈액분석</li> <li>◎ 기능성사료의 급여기준에 따른 돼지 등심의 이화학적 특성 분석</li> <li>◎ 등심의 저장 중 이화학적 특성 분석</li> </ul>

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 기술은 새송이버섯 파चना 재배 후 발생하는 부산물에서 생리활성물질을 추출하여 기능성 사료첨가제를 개발하는데 목적이 있다. 그리고 천연 농산물인 새송이버섯에 함유되어 있는 생리활성물질이 ergosterol peroxide라는 데 그 의미는 매우 크다. 본 기술을 실용 또는 상용화함에 있어 새송이버섯 재배농가, 사료가공업체, 대학 및 연구기관이 버섯재배 기술에서부터 기능성제품 관련 전문가들이 도단위의 광역클러스터를 구성하여 생산-개발-가공-포장-유통-수출을 효율적으로 라인업화 하는 것이 필요하다. 또한, 최근 정책적으로 추진하고 있는 수출연구사업단 지원사업과 연계할 경우, 재배 후 생성되는 부산물의 재활용 연구가 보다 깊이 추진될 수 있을 것으로 판단되며, 농산부산물의 부가가치 향상과 환경오염 경감의 차원에서 2대 명제의 해소가 가능하므로 이의 연계추진이 불가피한 것으로 사려된다.

## SUMMARY

The cultivation byproducts of King oyster mushroom(*Pleurotus eryngii*), fruitbody defective, mycelium debris and used substrate, were developed as functional feed additive for pig. The processing properties of King oyster mushroom byproducts were evaluated. The fermentative processing technology of King oyster mushroom byproducts was developed. The functional properties of feed additive and swine meat were investigated. The breeding efficacies of feed additive on pig were evaluated.

The results were as follows 2,918 ton of fruiting body defectives, 23,708 ton of mycelium debris and 353,099 ton of the used substrate were annually produced. Total 379,725 ton of byproducts was enough amount for the annual needs of processing material. The economical value of byproducts as feed was estimated as 76 billion won. The feed from byproducts is add-valued 13 fold. We investigated the seasonal change of microbial patterns and physicochemical properties. There was no problematic fluctuation in the microbial patterns and physicochemical properties. The best drying quality of King oyster mushroom defective was obtained at hot-air drying at 45°C for 36 hours. Comparing with processing efficiency of dried grinded powder the above condition among relected King oyster mushroom(*Pleurotus eryngii*), Mud woody mushroom(*Phellinus linteus*), Yellow oyster mushroom(*Pleurotus cornucopiae*), we found out that King oyster mushroom is the best out of general component, physicochemical characteristics, color degree, senses characteristics etc. The manufacturing process of feed additive using King oyster mushroom byproducts was as follows. Sucrose(10%) was added into the aqueous slurry of the crushed mushroom byproducts as carbon source. The slurry was autoclaved at 121°C/1.2kg/cm<sup>2</sup> for 15 min. The autoclaved slurry was used as substrate for three step subsequent fermentation using *Bacillus subtilis* BL-2, *Saccharomyces carisbergensis* Saflager S-23 and *Lactobacillus plantarum* KCTC3108. The fermented products of mushroom defective was used as raw material for production of 1 functional additive for piglet. The fermented products of mushroom defective was used as raw material for production

of 1 functional additive for pig.

The byproducts of King oyster mushroom industry, mushroom debris and mycelium debris, were subsequently fermented by following three strains: *Bacillus subtilis* BL2, *Saccharomyces carlsbergensis* and *Lactobacillus plantarum*. *Bacillus subtilis* BL2 produces levan sucrose which form levan(fructose polymer) and fructo-oligosaccharides from sucrose, and several useful enzymes. Levan and fructo-oligosaccharides act as prebiotics in animal and human. *Saccharomyces carlsbergensis* produces ethyl alcohol and flavor from glucose, the remaining sugar of levan formation from sucrose. *Lactobacillus plantarum* acts as probiotics in the bowel of pig. The products of three step fermentation were used as functional feed additive for swine piggy. The viability of fermentative products was stable at 4°C for 1 month.

The test is to verify the efficiency of antibiotics substitutive functional feed of fermented King oystermushroom byproduct and appropriate supplementation level to weaned pigs. Firstly, weaned pigs are divided into control(0%) and treatment of T1(0.5%), T2(1.0%) and T3(1.5%) and total 180 heads of pig were used by 15 heads at a time and 3 times for each, and it was supplemented for 42 days. In addition, growing/finishing pigs experiment was performed into C(0%), T1(0.5%), T2(1.0%) and T3(1.5%) like weaned pigs, and total 240 heads of pig were used by 20 heads at a time and 3 times for each, and the king oyster mushroom byproduct extract fermented feed was supplemented for 42 days for the experiment. As for the manufacturing process of the King oyster mushroom byproduct extract fermented feed, we mixed and adsorbed King oyster mushroom byproduct extract 10 kg with basic feed 100 kg for weaned pig, and fermented it in high speed ferment machine for 24 hours at 38°C. After fermented in high speed ferment machine for a day, it was dried for 24 hours at 35°C and kept in low temperature at 4°C. The fermented feed for growing/finishing pigs were manufactured in the same way. In verifying the efficiency of functional feed for weaned pigs and developing appropriate supplementary condition, the manufacturing form and quality was resulted that daily increase was shown to be higher in treatment than control, and feed request rate was shown to be higher in control than treatment, and the feed efficiency was shown to be higher in treatment than control. In

economical efficiency analysis, when the production index for the control is 100% according to feed cost per increased kg of weight, it was shown that T1, T2, and T3 are 96.72%, 84.37%, and 88.14% respectively which means T3 is the lowest. In verifying the efficiency of functional feed for growing/finishing pigs and developing appropriate supplementary condition, the manufacturing form and quality was resulted that the final weight was shown to be meaningfully higher in treatment than control, and the feed request rate was shown to be higher in control, and the feed efficiency was shown to be lower in treatment than control. In blood parameters, HDL-cholesterol was shown to be meaningfully higher in treatment than control, and LDL-cholesterol was shown to be lower in treatment than control. In carcass characteristics, live weight was shown to be higher in treatment than control, and the high rank appearance rate was shown to be higher in treatment than control. In economical efficiency analysis, when the production index for the control is 100% according to feed cost per increased kg of weight, it was shown that T1, T2, and T3 are 99.66%, 98.51%, and 105.85% respectively which means T2 is the most economical. In carcass rank economical efficiency analysis, as we calculated auction prices according to carcass rank evaluation, the control was 187,000 won and the T1, T2, and T3 are 187,400 won, 189,600 won, and 187,800 won respectively which are higher than the control.

Physicochemical characteristics and antioxidative activity were measured to investigate the possibility for functional characteristics of King oyster mushroom and its byproducts. Byproducts of King oyster mushroom were classified with fruitbody defective, mycelium debris and used substrate and fermented mushroom byproduct. Moisture was the highest in fermented mushroom byproduct and crude protein was 1.72%, in fruitbody defective. Crude fiber was less than 10% except by used substrate. Potassium was a predominant mineral in fruitbody defective, mycelium debris and used substrate of King oyster mushroom. Of its byproducts, fermented mushroom was the highest by 3,696.1 mg/100 g. Amino acid was the highest in fruitbody defective by 989.59 mg/100 g. DPPH radical scavenging ability of fermented mushroom was the highest, showed  $64.07 \pm 0.23$ ,  $76.27 \pm 1.46\%$  in its methanol and water extract of 10 mg/ml.



Reducing power was significantly higher in fermented mushroom than fruitbody defective, mycelium debris and used substrate. The water extract of fermented mushroom was the highest by  $2.22 \pm 0.03$ . SOD-like activity for 10 mg/ml concentration was showed more than 50% except by used substrate. The scavenging of hydroxyl radical was showed more than 50% except by extracts(1~5 mg/ml) of used substrate. Its significantly difference was showed more than adding 10 mg/ml. Nitrite scavenging effect was higher in pH 2.5 than pH 4.0. The effect were  $42.93 \pm 1.71 \sim 72.97 \pm 2.18\%$  in methanol extract and  $57.66 \pm 1.80 \sim 81.07 \pm 0.81\%$  in water extract. The first experiment was to investigate the effects of fermented mushroom byproduct of King oyster mushroom(0, 0.5%, 1% and 1.5%) feeds on meat quality and the plasma lipids of pigs were investigated. Total lipid, total cholesterol and triglyceride of serum were significantly lower in 1.5% fermented mushroom byproduct fed group than control. HDL-, LDL-, and VLDL-cholesterol were not significantly different between control and fermented mushroom byproduct fed groups. AI and CRF were significantly lower in 1.5% fermented mushroom byproduct fed group than control. GOT and LDH activities were significantly lower in 1.5% fermented mushroom byproduct fed group than control and 0.5% fed group. Antioxidant activity of serum was ranged by  $45.92 \pm 2.46 \sim 47.25 \pm 1.64\%$ , it was not significant. Sensory evaluation was significantly higher in fermented mushroom byproduct fed group but was no significant within each group(T1~T3). Lightness ( $L^*$ ) value was not significant in storage 1 day, but it was tended to increase in the after 20 days. Redness ( $a^*$ ) value was not significantly different between added amount of fermented mushroom byproduct and storage days. The cooking loss of the fermented mushroom byproduct fed group(1% and 1.5%) was decreased in the storage 10 days, but it was increased in the storage 20 days. Shear force was significantly lower 1% and 1.5% fermented mushroom byproduct fed groups than control in storage 20 days. There were no significant changes found in the moisture, crude lipids and pH during storage. TBARS content was increased in all groups depending on the storage period, but fermented mushroom byproduct fed groups were lower than control. When added fermented mushroom byproduct of 1% and 1.5%, the ratio of UFA/SFA was increased as control level as in the storage 20 days.

# CONTENTS

Chapter 1. Synopsis of the research project .....	71
Section 1. Object of research .....	71
Section 2. Necessity of research .....	71
Section 3. Target and sphere of research .....	73
Chapter 2. Situation and problem of development .....	75
Section 1. Domestic situation and problem of development .....	75
Section 2. External situation and problem of development .....	75
Chapter 3. Contents and results of the research project .....	72
Section 1. Introduction .....	77
Section 2. Materials and Methods .....	75
1. Mass production technology of functional feed .....	75
A. Productivity test of King oyster mushroom byproducts .....	75
B. Economical value analysis of King oyster mushroom byproducts .....	75
C. Homogeneity test of King oyster mushroom byproducts .....	78
D. Drying property test of King oyster mushroom byproducts .....	77
E. Storage test of King oyster mushroom byproducts .....	77
F. Comparative processing property of King oyster mushroom byproducts .....	78
2. Fermentative processing of the byproducts of King oyster mushroom .....	78
A. Microbial strains .....	78
B. Preparation of fermentative feed .....	79

C. Effect of King oyster mushroom by product on <i>Bacillus subtilis</i> .....	4
D. Time course of sucrose utilization .....	4
E. Concentration of glucose during fermentation .....	4
F. Preservation test .....	4
G. Development of fermentative processing technique .....	2
3. Nutrition processing technique of functional feed .....	2
A. Experiment place and period .....	2
B. Experimental animals and design .....	3
C. Experiment diets .....	4
D. Control and method .....	4
E. Experimental investigation and methods .....	4
F. Economic analysis .....	5
G. Statistical analysis .....	5
4. Evaluation of foods on functional pork .....	5
A. Analysis of nutrition in byproduct from King oyster mushroom .....	5
B. Analysis of functional in byproduct from King oyster mushroom .....	5
C. Feeding of experimental animal .....	5
D. Treatment and blood collection of experimental animal .....	5
E. Analysis of lipid composition in serum .....	5
F. Analysis of physicochemical components .....	5
G. Statistical analysis .....	5
Section 3. Results and Discussion .....	5
1. Mass production technology of functional feed .....	5
A. Productivity of King oyster mushroom byproducts .....	5

B. Economical value of King oyster mushroom byproducts .....	59
C. Homogeneity of King oyster mushroom byproducts .....	59
D. Drying property of King oyster mushroom byproducts .....	65
E. Storage of King oyster mushroom byproducts .....	66
F. Comparative processing property of King oyster mushroom byproducts .....	67
G. Development of processing system and package design .....	70
2. Fermentative processing of the byproducts of King oyster mushroom .....	73
A. Fermentation using Erlenmeyer flask .....	73
B. Fermentation using non-sterilized 20l vessel .....	74
C. Effect of King oyster mushroom byproduct on <i>Bacillus subtilis</i> .....	75
D. Fermentation using sterilized 20l vessel .....	76
E. Time course of sucrose utilization .....	78
F. Concentration of glucose during fermentation .....	79
G. Preservation test .....	79
H. Fermentation of the used substrate .....	80
I. Fermentation using 100 liter vessel .....	82
3. Nutrition processing technique of functional feed .....	84
A. Efficacy verification of functional feed and optimization of addition amount for piglet .....	84
B. Efficacy verification of functional feed and optimization of addition amount for Growth-Finish pigs .....	90
4. Evaluation of foods on functional pork .....	97
A. Composition of nutrition on byproduct from King oyster mushroom .....	97
B. Functional compounds on byproduct of King oyster mushroom .....	100
C. Blood characteristics of pork loin fed by optimum level .....	

	of fermented King oyster mushroom byproduct .....	106
D.	Physical and sensory properties of pork loin fed by optimum level of fermented King oyster mushroom byproduct .....	110
E.	Physico-chemical properties of pork loin fed by optimum level of fermented King oyster mushroom byproduct .....	116
Chapter 4. Accomplished degree of Purpose and Contributory degree in related fields .....		
	Section 1. Accomplished degree of research .....	12
	Section 2. Contributory degree in related fields .....	13
Chapter 5. Applicatory plans of results .....		
	Section 1. Necessity of additional research and improvement .....	17
	Section 2. Application in other fields and post-effects .....	18
Chapter 6. Situation of external information collected in this subject .....		
Chapter 7. References .....		

# 목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요 .....	17
제 1 절	연구개발의 목적 .....	17
제 2 절	연구개발의 필요성 .....	17
제 3 절	연구개발의 목표 및 범위 .....	23
제 2 장	연구개발 현황 및 문제점 .....	25
제 1 절	국내 기술개발 현황 및 문제점 .....	25
제 2 절	국외 기술개발 현황 및 문제점 .....	25
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과 .....	27
제 1 절	서 론 .....	27
제 2 절	재료 및 방법 .....	35
1.	기능성사료의 대량생산기술 확립 .....	35
가.	새송이버섯 부산물의 생산성 조사 .....	35
나.	새송이버섯 부산물의 경제적인 가치 분석 .....	35
다.	새송이버섯 부산물의 균질성 검정 .....	36
라.	새송이버섯 부산물의 건조조건 조사 .....	37
마.	새송이버섯 부산물의 저장성 조사 .....	37
바.	새송이버섯 부산물의 가공적성 조사 .....	38
2.	새송이버섯 부산물의 발효가공기술개발 .....	38
가.	사용균주 .....	38
나.	발효사료의 제조 .....	39

다. 새송이버섯 부산물과 <i>Bacillus subtilis</i> 의 상관관계 .....	40
라. 배양시간에 따른 Sucrose의 변화 .....	40
마. 배양시간에 따른 Glucose의 농도측정 .....	41
바. 새송이버섯 발효사료의 생균저장성 .....	41
사. 새송이버섯 폐배지의 발효기술개발 .....	42
3. 기능성사료에 의한 사양기술 개발 .....	42
가. 시험장소 및 기간 .....	42
나. 공시가축 및 시험설계 .....	43
다. 시험사료 .....	44
라. 사양관리 방법 .....	49
마. 조사항목 및 방법 .....	49
바. 경제성분석 .....	50
사. 통계분석 .....	50
4. 기능성 돈육의 식품학적 평가 .....	51
가. 새송이버섯 부산물의 영양성분 분석 .....	51
나. 새송이버섯 부산물의 기능성 분석 .....	51
다. 실험동물의 사육 .....	52
라. 실험동물의 혈액 및 돈육 채취 .....	52
마. 혈청 중 지질 성분의 분석 .....	53
바. 이화학적 특성분석 .....	54
사. 통계처리 .....	56
제 3 절   결과 및 고찰 .....	58
1. 기능성사료의 대량생산기술 확립 .....	58
가. 새송이버섯 부산물의 생산성 .....	58

나. 새송이버섯 부산물의 경제적인 가치 .....	59
다. 새송이버섯 부산물의 균질성 .....	59
라. 새송이버섯 부산물의 건조조건 .....	65
마. 새송이버섯 부산물의 저장성 .....	66
바. 새송이버섯 부산물의 가공적성 .....	67
사. 제조공정도 개발 및 제품화 .....	70
2. 새송이버섯 부산물의 발효가공기술개발 .....	73
가. 삼각플라스크를 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH변화 .....	73
나. 비멸균 발효통을 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH 변화 .....	74
다. 새송이버섯 부산물과 <i>Bacillus subtilis</i> 의 상관관계 .....	75
라. 멸균된 발효통을 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH 변화 .....	76
마. 배양시간에 따른 Sucrose의 농도측정 .....	78
바. 배양시간에 따른 Glucose의 농도측정 .....	79
사. 새송이버섯 발효사료의 생균저장성 .....	79
아. 새송이버섯 폐배지의 발효가공기술 개발결과 .....	80
자. 실제 생산을 위한 100 L 통에서의 발효시험생산 .....	8
3. 기능성사료에 의한 사양기술 개발 .....	81
가. 이유자돈에 대한 기능성 사료의 효능 검증과 적정 급여 조건개발 .....	84
나. 육성·비육돈에 대한 기능성 사료의 효능 검증과 적정 급여 조건 개발 .....	90
4. 기능성 돈육의 식품학적 평가 .....	97
가. 새송이버섯 부산물의 영양성분 .....	97
나. 새송이버섯 부산물의 기능성 .....	100
다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돼지의 혈액 성분조성 .....	106



라. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돈육 등심의 관능평가 및 물리적 특성 .....	110
마. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돈육 등심의 이화학적 특성 .....	116
<b>제 4 장</b> <b>목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....</b>	<b>122</b>
제 1 절    연구개발의 목표달성도 .....	122
제 2 절    관련분야에의 기여도 .....	123
<b>제 5 장</b> <b>연구개발결과의 활용계획 .....</b>	<b>127</b>
제 1 절    추가연구의 필요성 및 향후 개선사항 .....	127
제 2 절    적용분야 및 기대효과 .....	128
<b>제 6 장</b> <b>연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 .....</b>	<b>131</b>
<b>제 7 장</b> <b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>134</b>

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구개발의 목적

최근 생산인프라의 급증으로 대량생산되어 문제가 되고 있는 새송이버섯의 수확 후 생성되는 버섯파치와 병 재배 시 부산되는 균체파치 및 폐배지를 미생물발효에 의하여, 돼지의 사양관리기술을 개선하고 사료비용을 절감할 수 있는 기능성 사료첨가제를 개발함으로써 기능성을 부여한 명품브랜드 돈육을 생산하고, 버섯 재배농가와 돼지 사육농가가 상생할 수 있는 새송이버섯 부산물의 활용기술을 개발하는 것이 본 연구의 개발목적이다.

## 제 2 절 연구개발의 필요성

### 1. 새송이버섯의 재배현황 및 재배농가의 경영악화

새송이버섯의 학명은 *Pleurotus eryngii*로서, 자생지는 남유럽 일대이며 국내에는 자생하지 않는 식용버섯의 하나다. 이 버섯은 본 과제의 총괄연구책임자인 이현욱 박사가 1997년 국내 최초로 개발하여 보급한 것으로서, 현재 전국의 600여 농가에서 연간 87,000톤 이상 생산되어 연간 3,000억원의 시장을 형성하고 있으며, 대한민국이 세계에서 생산 인프라가 가장 잘 구축되어 있어 새송이버섯의 중주국으로 부동의 자리를 지키고 있다. 특히 경상남도는 150여 농가에서 새송이버섯 전국 생산량의 38%를 생산하고 있어 경상남도를 대표하는 특산농산물 중의 하나로 자리매김하고 있다. 그러나 지금은 시설면적 확대에 따른 생산량의 급증 및 경기침체에 따른 소비부진으로 가격이 폭락하여 재배농가가 경영적으로 매우 어려운 현실에 처해 있는 바, 이에 대한 대책수립이 절실한 시점에 있다.

### 2. 새송이버섯의 영양적 특성

회분과 조단백질 함량은 타 버섯과 유사하나, 전당(9%)과 조지방(0.6%)은 식용버섯 중에서 가장 많이 함유하고 있다. 대부분의 버섯은 비타민B군의 함량이 다른 식품에 비해 매

우 높은 특성을 지니고 있는데, 새송이버섯은 다른 버섯에 거의 없는 비타민B<sub>6</sub>가 0.9 mg/100 g 함유되어 있고, 악성빈혈 치유인자로 알려진 비타민B<sub>12</sub>도 0.2 mg/100 g 함유되어 있음. 그리고 항산화력을 지닌 비타민C의 경우 21.4 mg/100 g으로서 느타리버섯의 7배, 팽이버섯의 10배로 매우 함량이 높은 특성을 지니고 있다. 무기물 중에서는 K의 함량이 2,985 mg/kg으로 매우 높고, 아미노산의 경우 총 26종으로 매우 다양하게 검출되었으며, 이 중 Asparagine의 함량이 328.1 mg/100 g으로서, 검출된 총아미노산함량의 26.4%를 차지해 가장 높은 분포를 보이고 있다. 특히 필수아미노산 10종 중 9종을 함유하고 있는 바, 새송이버섯의 영양적 가치는 매우 높다고 인정되므로 천연제품 개발소재로서의 가치가 매우 높은 것으로 인정된다.

### 3. 새송이버섯의 기능적 특성

새송이버섯으로부터 항암활성을 갖는 물질을 activity guided fractionation법으로 분리하여 항암활성과 관련된 5종류의 compound를 검출하였는데, 그 중 항암활성이 가장 강한 화합물의 구조를 밝힌 결과 C<sub>28</sub>H<sub>44</sub>O<sub>3</sub>의 ergosterol peroxide로 동정되었다. 이 ergosterol peroxide를 폐암세포와 난소암세포에 LD50을 측정하여 본 결과, 1.5 µg/ml과 3 µg/ml로 taxol과 거의 유사한 농도임이 확인되었다. 이 화합물의 녹는 온도는 180°C이며, 물리적 특성은 white power로 정제되어있고, peroxide 구조임에도 불구하고 고온에서 대단히 안정한 화합물이라는 것이 밝혀져 있다. 7종류의 식용 또는 약용버섯의 추출물로 난소암(SK-OV3), 폐암(A549), 백혈구암(HL-60) 등 3종류의 암세포에 항암활성을 조사한 바, 대표적인 식용버섯인 새송이버섯과 느타리버섯이 가장 강력한 항암활성이 있는 것으로 나타났고, 일반적으로 항암활성이 높다고 알려진 상황버섯, 동충하초, 아가리쿠스(신령버섯) 등의 버섯들은 의외로 *in vitro*상의 암세포 증식억제율이 현저히 낮은 것으로 나타났다.

### 4. 새송이버섯 파치의 생산량 및 활용기술개발의 필요성

식용버섯을 이용하여 개발된 기존의 제품은 거의 모두가 가공식품으로서, 느타리버섯, 표고버섯, 양송이버섯 등을 주재료로 이용하고 있다. 그런데 이들 버섯은 파치가 생성되지 않아 가축사료 가공소재로 활용하게 되면 생산단가가 매우 높아지는 문제점을 안고 있다. 그러나 새송이버섯의 경우, 수확 후 버섯을 다듬을 때 1차적으로 균체파치가 20% 정도 생성되고, 2차적으로 5% 정도의 버섯파치가 생성되는 특징을 지니고 있음. 이들의 생성물량은 균체파치가 연간 15,000톤, 버섯파치가 연간 3,750톤에 달하는 것으로 추산된다. 그리고

재배가 끝나고 나면 폐배지가 부산되는데, 부산물량은 새송이버섯 생산량의 500% 정도인 375,000톤에 이를 것으로 추산된다. 따라서 이것을 가축사료 가공소재로 이용하게 되면 생산단가가 현저히 낮아진다는 강점을 지니고 있는 바, 이 유용 농산부산물을 기능성 사료소재로 이용할 경우, 새송이 버섯부산물의 신수요 창출에 따른 경제적인 가치는 매우 높다고 판단된다.

## 5. 국내 돈육생산 및 양돈사료 소비 현황과 문제점

우리나라 국민 1인당 육류소비량은 1990년 19.9 kg, 1997년 29.3 kg, 2002년 33.5 kg으로 매년 늘어나고 있으며, 이 중에서 1인당 돈육소비량은 1990년 11.8 kg, 1997년 15.3 kg, 2002년 17.0 kg으로서, 육류 중 돈육이 50% 이상을 차지하고 있으며 매년 소비량이 늘고 있는 추세에 있다. 1999년 9월 현재 집계를 보면, 국내 돼지사육 실태는 전국 24,300여 농가에서 870만두가 사육되고 있는 것으로 나타났으나, 그 이후의 추세는 사료비용 증대와 돈육가격의 하락으로 사육두수가 다소 감소하는 반면, 수입돈육의 양은 급격히 증가하는 경향을 보이고 있음. 배합사료는 외국으로부터 각종 단미사료를 수입하여 국내에서 배합 포장한 것으로서 1997년 자료에 의하면 배합사료 총생산량은 1,600만톤에 이르며, 이 중에서 75.6%인 1,200만톤이 수입원료로서 국내 자급율은 24.4%에 불과한 실정이다. 특히 생산비 중에서 배합사료비가 차지하는 비중이 비육우 19.5%, 젖소 27.4%, 돼지 50.3%, 육계 53.9%로서 양돈의 경우 생산비의 절반을 사료비가 점유하고 있어 이에 대한 근본적인 대책이 절실히 요구되고 있다.

## 6. 새송이버섯 부산물을 이용한 기능성발효사료 개발의 필요성

새송이버섯 수확 후 재배병 속의 배지는 유용한 자원임에도 불구하고 효율적으로 활용되고 있지 않는 실정이고 또한 새송이버섯 생산량에 비례하여 폐배지의 생산도 급증하고 있는 실정에 있다. 버섯은 셀룰로오스와 리그닌을 분해할 수 있는 유일한 균임. 버섯 균사체가 배지의 셀룰로오스와 리그닌을 분해하여 배지에 충분히 자란 다음 버섯 자실체가 형성된다. 버섯 배지로 이용되고 있는 톱밥, 콘코브, 면실박, 비트펄프, 미강, 밀기울 등은 가축 사료로 이용할 수 있는 것들이다. 이러한 배지재료에 버섯 균사체가 고분자 화합물인 셀룰로오스나 리그닌을 분해하여 가축의 소화효율을 높일 수 있다. 버섯 균사체에 함유되어 있는 베타글루칸과 그 밖의 각종 기능성물질이 다량 배지에 함유되어 있으므로 이를 가축이 섭취하게 되면 영양적으로 좋고 육질을 향상시키며 기능성을 함유하게 된다. 수확

후 부산되는 배지에 함유된 군사체를 가축에게 리사이클링하여 가축의 분을 거름으로 이용하는 친환경적인 농법을 구사할 수 있다는 장점이 있다. 최근 버섯가격이 급락하여 버섯 재배농가의 경영적인 어려움이 매우 많은 실정에 처해 있다. 버섯가격의 하락 이유는 경제가 어려워 소비가 위축되기도 하였고, 대규모의 자동화 생산인프라가 늘어나 생산량이 급증되었으며, 소비자는 아직도 버섯은 비싸고 어떻게 요리를 하는지 등의 홍보가 잘 되어있지 않은 점을 들 수 있다. 따라서 버섯 소비촉진을 위하여 가축과 접목하여 버섯 수확 후 부산되는 폐배지를 가축사료화하는 것은 버섯농가와 축산농가가 모두 상생할 수 있는 새로운 경영모델이 될 것이다.

## 7. 버섯부산물의 미생물처리에 의하여 예상되는 효능증가

고초균, 유산균, 국균, 방선균, 빵효모 등에 의하여 버섯부산물을 발효시켜 버섯부산물에 풍미(유산균과 효모에 의한 풍미의 개량), 저장성(유산균에 의한 pH 저하나 방선균에 의한 항생물질에 의한 항균 및 정균작용), 소화성(고초균 및 국균이 생성하는 소화분해효소에 의한 소화성 개량) 및 특수영양성(효모)을 부여 할 수 있게 하여 버섯부산물의 사료의 질이 개량되고 버섯부산물의 베타글루칸에 의한 면역증강성, 기타 ergosterol peroxide가 갖는 항암성이 부여된 사료를 만들어 이를 섭취한 가축의 고기에 기능성을 부여하고 또한 미생물의 항균작용과 탈취작용에 의하여 사육환경의 개선에 의한 무항생제 돈육 및 무살충제 사용 돼지돈육생산이 가능할 것으로 예측된다.

## 8. 버섯 재배방식의 변화 추세에 따라 버섯부산물 생산이 막대하게 증가

우리나라 농업이 국제경쟁력 제고를 위한 성장전략으로 첨단기술농업, 생력화 및 자동환경제어 시스템에 의한 연중생산농업, 고품질의 무공해 생산농업의 길을 선택해야 한다면 버섯재배는 이에 가장 적합한 작목 중의 하나다. 우리나라의 버섯생산은 2002년 현재, 연간 느타리버섯이 약 72,000톤, 표고버섯이 약 37,000톤(생표고), 양송이 약 21,000톤, 영지(건) 약 530톤, 팽이버섯 약 38,000톤과 그 외 새송이버섯, 애느타리버섯, 만가닥, 버들송이, 신령버섯, 상황버섯, 동충하초 등이 약간 재배되고 있는 것으로 나타나 있으나, 지금은 새송이버섯의 재배면적이 급증하여 2008년 현재, 전국 600여 농가에서 연간 87,000톤이 생산되어 국내 최대생산량의 버섯이 되었다. 재배방식은 표고버섯의 원목재배나, 양송이와 느타리버섯의 발효와 저온살균에 의한 자연 의존적인 재배방식으로 개발 발달되어 보급되고 있으며, 새송이버섯과 팽이버섯을 주축으로 하는 완전 자동화 병재배는 청정화가 유지된

시설에서 완전살균 방식으로 연중 재배되고 있음. 최근 버섯재배방식이 농촌인력난, 청장년 노동인구 감소, 원목과 배지구입난, 양호한 작업환경의 선호 등으로 생력기계화, 기술집약, 자본집약으로 연중 안정계획생산이 가능한 재배방식, 즉 톱밥 등을 주배지로 하는 병재배나 봉지재배 방식으로의 전환이 필연적으로 대두되고 있어 병재배나 봉지재배에 의한 자실체 수확 후에 막대한 양의 폐배지를 포함하는 부산물이 발생할 것으로 예측되며 이의 효율적 이용방안이 절실히 요구되고 있다.

## 9. 기능성 돈육 생산을 위한 기능성사료 소재 개발의 필요성

가. 최근 동물성 식품의 소비가 많아짐에 따라 수입 축산물이 급격히 증가하고 있는바, 이에 대한 대책이 필요한 시점이다.

나. 미래의 축육은 맛도 좋고, 위생적이면서 식육의 과잉 섭취로 야기되는 고혈압, 동맥경화, 협심증, 심장병 및 뇌졸중 등 소위 혈액순환기계 질환이나 성인병 및 비만으로부터 자유로울 수 있는 그야말로 이상적인 축육을 원하고 있다.

다. 따라서 지방, 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물의 함량이 적고, 그러면서도 기호도가 뛰어난 기능성·고품질의 축육 개발을 위한 신소재 발굴 및 사료용 가공기술 개발 및 상품화, 이를 이용한 기능성 돈육의 생산이 절실히 요구되고 있다

## 10. 시장의 규모

배합사료 생산량중 75% 정도를 수입원료에 의존하고 있으며, 총 1,600만톤 중 20%인 320만톤이 양돈사료로 사용된다고 가정하면 양돈사료의 시장은 금액으로 환산하면 약 1조원에 육박하고 있다. 본 연구결과, 새송이버섯 재배에 의해 생성 또는 부산되는 버섯파치, 균체파치 및 폐배지 중에서 가장 생성량이 적은 버섯파치를 이용한 기능성 돈육사료의 생산량을 750톤(생체중3,750톤÷5), 적정 투여수준이 2%라고 가정하면, 37,500톤의 기능성 배합사료를 생산할 수 있다. 가격을 kg당 400원을 적용했을 때, 연간 150억 시장을 형성할 수 있고, 투여수준이 1%라고 가정하면 연간 300억 시장을 창출할 수 있을 것으로 전망된다. 게다가 균체파치와 폐배지를 사료화한 금액을 포함하면 1,000억 이상의 시장이 창출될 것으로 전망되고 있다. 또한 개발된 본 기능성 양돈사료의 급여로 사육된 돈육과 이 돈육으로 개발된 햄, 소시지, 베이컨 등의 기능성 육가공식품의 시장규모는 정확한 데이터가 없어 수치적인 환산은 어렵지만 가공할 만한 새로운 시장이 창출될 것으로 기대된다.

## 11. 국내외 수요전망

기능성 양돈사료는 75% 이상 수입에 의존하는 사료시장에서 수입대체효과의 역할에 만족하고 국외보다는 내수중심으로 시장이 형성될 것으로 전망되지만, 기능성 돈육가공식품은 내수는 물론 가공식품을 선호하는 일본을 중심으로 해외시장에 어렵지 않게 진출할 것으로 판단되므로 우리나라를 대표하는 수출전략품목으로 전혀 손색이 없을 것으로 전망된다.

## 12. 개발기술 및 제품의 중요성

본 연구에 사용될 주재료인 새송이버섯 파치는 무농약 및 무공해로서 독성이 없는 안전한 소재이므로 상품화에 소요되는 독성 및 임상실험에 소요되는 비용이 절감될 뿐만 아니라, 지금까지 밝혀진 영양적인 특성과 기능적인 특성을 최대한 활용한다면, 악성종양, 체지방, 혈전, 악성빈혈 등을 비롯한 각종 난치성 질환을 예방 또는 개선시킬 수 있는 기능성 가공소재로서의 활용가치가 매우 높다고 사료된다. 따라서 원료공급이 용이하고 가격경쟁력이 높은 새송이버섯 파치와 재배 후 부산물을 가공소재로 이용하여 기능성 양돈사료를 개발함으로써 가축사육 시 발생하는 각종 질환이나 질병의 발생을 최대한 경감시키고, 양질의 기능성 돈육을 생산할 수 있어 양돈농가의 소득증대에 일조할 수 있으며, 생산된 기능성 돈육을 이용해 다양한 육가공식품을 개발함으로써 기능성식품의 다양화를 꾀하고, 아울러 새송이버섯 시장의 가격안정을 유도하여 새송이버섯 재배농가의 경영적인 안정을 충분히 도모할 수 있다고 판단되므로 본 과제에서 개발하고자 하는 기술과 제품은 중요성이 매우 높다고 하겠다.

### 제 3 절 연구개발의 목표 및 범위

#### 1. 1차년도(2006년) 연구개발 목표 및 범위

연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 연구범위
새송이버섯 부산물을 이용한 기능성 사료의 대량생산공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 기능성사료의 대량생산 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 새송이버섯 부산물의 생산성, 경제성 분석</li> <li>○ 새송이버섯 부산물의 균질성 검정</li> <li>○ 분석결과에 기초한 기능성 사료의 대량생산시스템 개발</li> </ul> </li> </ul>
새송이버섯 부산물의 기능성 사료화 발효가공기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 기능성 사료화 발효가공기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기능성사료화 발효가공기술 개발</li> <li>○ 기능성사료의 미생물 유형별 및 복합미생물제제의 개발</li> <li>○ 기능성소재를 원료로 한 최적 배합비율 및 최적조성물 개발</li> </ul> </li> </ul>
새송이버섯 부산물 사료의 항생제 대체효과 및 효능 검토 비교사양	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 개발대상 기능성사료의 사양기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이유자돈에 대한 기능성사료의 효능비교</li> <li>○ 이유자돈에 대한 항생제 대체효과</li> <li>○ 기능성사료의 적정 급여조건 선정</li> </ul> </li> </ul>
새송이버섯 부산물을 이용한 양돈사료의 기능성 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 개발대상 양돈사료의 기능성 연구               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기능성 양돈사료의 영양학적 가치 평가</li> <li>○ 기능성물질 및 특수성분 분석</li> </ul> </li> </ul>



## 2. 2차년도(2007년) 연구개발 목표 및 범위

연구개발의 목표	연구개발의 내용 및 연구범위
새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 명품브랜드 상품화기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 새송이버섯 부산물의 균질성 검정</li> <li>◎ 새송이버섯 부산물의 가공적성 조사</li> <li>◎ 개발대상 기술을 이용한 기능성사료의 상품화시스템 개발</li> <li>◎ 포장디자인 개발 및 시작품 제작</li> </ul>
새송이버섯 기능성사료의 시제품 생산 및 저장특성 연구	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 새송이버섯 부산물을 이용한 기능성사료의 시제품 생산</li> <li>◎ 기능성발효사료의 저장 중 미생물학적 특성분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일반성분, 총균수, 효모류, 세균류, 곰팡이류의 저장 중 변화 모니터링</li> </ul> </li> </ul>
새송이버섯 부산물 사료의 항생제 대체효과 및 적정 급여수준 비교시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 기능성사료의 산업화를 위한 사양기술 개발</li> <li>◎ 육성-비육돈에 대한 기능성사료의 효능비교</li> <li>◎ 육성-비육돈에 대한 항생제 대체효과</li> <li>◎ 육성-비육돈에 대한 적정 급여수준 선정</li> </ul>
새송이버섯 기능성사료를 급여한 돼지의 혈액조성 및 돈육의 품질특성 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 기능성사료의 급여기준에 따른 돼지의 혈액분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지질의 분리 및 분석</li> <li>○ Amino transferase 활성 측정</li> <li>○ Lactate dehydrogenase 활성 측정</li> <li>○ 콜레스테롤, GOT 및 GPT 활성 측정</li> </ul> </li> <li>◎ 기능성사료의 급여기준에 따른 돼지 등심의 물리적 특성 분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ pH, 수분함량, 가열감량 변화</li> <li>○ 전단가의 변화, 육색의 변화 측정</li> <li>○ TBARS의 변화 측정</li> </ul> </li> <li>◎ 기능성사료 급여기준에 따른 돼지 등심의 이화학적 특성 분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 조지방, 지방산, 콜레스테롤 분석</li> <li>○ 관능평가</li> </ul> </li> <li>◎ 등심의 저장 중 이화학적 특성 분석                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일반성분, 관능검사, 물리적 특성, 육색 측정, 콜레스테롤, 지방산</li> </ul> </li> </ul>

## 제 2 장 기술개발 현황 및 문제점

### 제 1 절 국내 기술개발 현황 및 문제점

기능성 축육에 관한 연구로는 conjugated linoleic acid(CLA), 키토산, 어성초 및 녹차부산물을 이용한 연구가 시도되고 있다. 특히 CLA에 관한 연구(축산물에 이용하는 방법, 다이어트 효과, 항암효과 등)가 많다. CLA를 축산 식품에 이용할 경우 기능성은 인정되나 육질은 크게 개선되지 않으며, 키토산이나 어성초를 돼지에 급여시킬 경우 육질은 상당히 개선되나 사료비가 지나치게 많이 들어 실용성이 없고, 녹차부산물(녹차찌꺼기)을 이용할 경우는 사료량이 극히 한정되어 있어 실용성이 희박한 실정에 있다. 양돈농가에 매년 큰 피해를 주는 돼지 설사병을 근절시키기 위한 가장 효과적인 방법은 예방접종이지만 사독백신의 경우는 안전성에 문제가 있고, 난황란 백신접종에 의한 모체이행항체는 출생 후 신속하게 감소하는 단점이 있다. 따라서 새송이버섯의 영양물질을 이용한 기능성돈육 생산용 신소재의 개발 및 상품화, 이를 이용한 기능성 돈육의 명품브랜드화가 절실히 요구되며, 특히 새송이버섯 파치를 이용한 기능성 축육의 개발에 대한 연구는 전무한 상태에 있다.

### 제 2 절 국외 기술개발 현황 및 문제점

버섯을 이용한 가공제품 개발관련 국외현황(표 4)은 일본이 가장 활발한 경향을 나타내고 있는 반면 중국, 유럽, 미주 등지에서는 건조하거나 염장하는 1차 가공에 의존하고 있는 실정이다. 일본의 경우 우리나라와는 달리 약용버섯보다는 식용버섯 가공에 주력하는 특징을 보이고 있다. 국외에서의 새송이버섯 생산량은 국내에 비해 매우 미약한 편이며, 새송이버섯 파치나 재배후 부산물을 이용하여 사료화 할 수 있는 여건이 전혀 되어 있지 않는 상태에 있다. 국가별 가공식품의 종류와 가공대상버섯은 다음과 같다.

◎ 일본 : 일본인이 가장 즐겨 먹는 표고버섯(분말조미료, 액상소스, 면류) 가공식품이 주류를 이루고 있으나, 최근에 항암활성이 높은 기능성식용버섯인 잎새버섯(분말조미료), 새송이버섯(염장, 건조), 맛버섯(장아찌) 등의 가공식품 개발로 전환되고 있는 추세다. 약용

버섯으로는 영지와 아가리쿠스의 건강보조식품(파우치, 음료)이 개발되어 있다. 버섯의 식품적인 가치를 가장 높이 평가하는 국가로서 세계에서 가장 다양한 식용버섯이 시판되고 있는 나라이다.

○ 가공식품종류 : 분말조미료, 액상소스, 면류, 염장, 건조, 장아찌, 파우치, 음료 등

○ 가공대상버섯 : 표고버섯, 잎새버섯, 맛버섯, 영지버섯, 아가리쿠스 등

◎ 중국 : 세계 최대 버섯 생산국으로서 수출을 목적으로 목이, 초고, 복령 등을 천일건조한 1차 가공품이 주류를 이루고 있으며, 느타리버섯과 같은 일반적인 식용버섯은 고급으로 인식되어 가공소재로 사용할 단계에 있지 못한 실정에 있다.

○ 가공식품종류 : 천일건조한 1차 가공품

○ 가공대상버섯 : 목이, 초고, 복령 등

◎ 유럽·미주 : 양송이는 유럽을 대표하는 버섯으로서 프랑스가 최대 생산국이며, 가장 일반화 되어있는 버섯이다. 양송이버섯을 염장하여 캔이나 비닐팩으로 포장하여 요리에 즐겨 사용하는 정도이다. 아시아지역처럼 다양한 식용버섯이 개발되어 있지 않아 양송이버섯에 대한 의존도가 절대적이며, 기능성식품에 대한 인식도가 상대적으로 매우 낮은 편이다.

○ 가공식품종류 : 염장하여 캔이나 비닐팩으로 포장

○ 가공대상버섯 : 양송이버섯

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 서 론

새송이버섯의 학명은 *Pleurotus eryngii* (De Candolle ex Fries) Quel.이며, 새송이버섯은 분류학적으로 생물군>균계>진핵균아계>진균부>담자균아부>진정담자균강>동담자균아강(모균아강)>주름버섯목>느타리버섯과에 속하는 버섯으로서 백색목재부후균의 일종이다 [9,19]. 일반명은 King Oyster Mushroom 또는 Boletus of the Steppes로 우리말로는 왕(큰)굴버섯 또는 초원버섯으로 해석되지만, 우리나라에서는 큰느타리버섯으로 품종등록이 되어 있고, 상품명인 새송이버섯으로 정착되어 있다[16]. 원산지는 남유럽 일대이며, 북아프리카, 중앙아시아, 남러시아 등지에 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 또한 떡갈나무와 벚나무의 그루터기에서 자생하는 사물기생균으로 당근류에 속하는 몇몇 식물의 조직에서도 생장이 가능한 조건기생균(반활물기생균)이라는 보고가 있으며, 산형과, 분과, 부처꽃과 등 초본식물의 뿌리에 질병을 유발시키는 병원균으로도 보고되어 있다[9,10,12,19]. 새송이버섯은 자실체의 균사조직이 치밀하여 육질감이 뛰어나 맛이 탁월하고 자연산 송이와 식미가 거의 유사하며, 영양적인 측면에서도 비타민 C가 풍부하고 필수아미노산을 다양하게 함유하고 있으므로 식품으로서의 가치가 매우 높다. 특히 다른 버섯에는 없는 비타민 B<sub>12</sub>(악성빈혈치유인자)를 함유하고 있고, 약용버섯보다 항암효과가 높다는 보고가 계속 나오고 있어 기능성 식용버섯으로서의 가치를 가지고 있으므로, 참살이를 추구하는 현대인들에게 많은 수요를 창출해 낼 수 있는 가능성을 가지고 있다. 게다가 가공 전의 상태에서도 저장성이 좋아 수출전략 작목으로 육성하는데 전혀 손색이 없는 대표적인 식용버섯 중의 하나다. 1997년에 경남농업기술원에서 국내 최초로 재배기술을 개발하여 농가에 보급하기 시작한 새송이버섯의 생산인프라는 자동화 연중생산시스템으로서 대한민국이 세계에서 가장 많이 잘 구축되어 있으며, 재배기술 또한 가장 앞서 있어 품질과 생산성이 세계적으로 가장 높아, 국내 버섯 중에서 국제경쟁력이 가장 높은 품목이다. 재배면적 또한 급증하여 현재는 전국의 약 600여 농가에서 연간 86,000톤 정도가 생산되고 있으며, 팽이버섯, 느타리버섯, 표고버섯과 함께 새송이버섯이 국내의 대표적인 식용버섯으로 자리매김하고 있다. 국내 버섯의 품종 변천사는 60년대 양송이, 70년대 표고버섯, 80년대 느타리버섯, 90년대

초 팽이버섯 그리고 90년대 말 새송이버섯으로서, 신품종버섯의 요구도가 10년에서 5년 주기로 단축되고 있는 경향을 보이고 있으나, 새송이버섯 이후로 새송이버섯을 대체할 만한 신품종이 10년여 동안 출현이 되지 않고 있으며, 국내 경기침체와 함께 근년에 가격폭락을 초래하여 재배농가의 경영악화가 날로 심화되고 있는 실정에 있다. 따라서 버섯의 형태를 상실하여 시장성이 거의 없는 새송이버섯 파치와 재배 후 생성되는 폐배지를 이용하여 항생제를 대체할 수 있는 돼지사료 첨가제를 개발함으로써 농업부산물의 재활용과 안전한 축육생산에 기여코자 본 연구를 수행하였다.

## 1. 기능성사료의 대량생산기술 확립

우리가 음식으로 지속적인 섭취를 하고 있는 식용버섯에는 인체에 유용한 기능성 생리활성물질이 다량 함유되어 있을 뿐만 아니라, 장기간 섭취해도 부작용이 없는 것으로 알려져 있어, 기능성 가공소재로 개발할만한 가치가 매우 높은 무공해 천연소재 중의 하나이다. 기능성제품은 막대한 자본과 시간이 소요되는 의약품산업에 비해 월등히 저렴한 개발비로 상품화할 수 있다는 장점이 있어, 국내외 제약업체 및 가공업체의 관심이 고조되고 있으며 선진국에서도 천연의 식품첨가물이나 의약품, 다양한 기능성제품 등을 개발하는데 연구비를 아끼지 않는 추세에 있다. 따라서 기능성이 높고 약용버섯에 비해 현저히 가격이 낮은 식용버섯을 이용한 무공해 기능성제품의 개발이 매우 필요한 시점에 와있다. 새송이버섯의 학명은 *Pleurotus eryngii*로서 자생지는 남유럽 일대이며, 국내에는 자생하지 않는 식용버섯 중의 하나이다. 새송이버섯은 본 과제의 총괄연구책임자인 이현욱 박사가 1997년 국내 최초로 개발하여 보급한 것으로서, 현재 전국의 600여 농가에서 연간 86,000톤 이상 생산되어 연간 3,000억원의 시장을 형성하고 있는 것으로 추산되고 있으며, 또한 대한민국이 세계에서 생산 인프라가 가장 잘 구축되어 있어 새송이버섯의 종주국으로 부동의 자리를 지키고 있다. 특히 경상남도는 약 150여 농가에서 새송이버섯 전국 생산량의 약 38%를 차지하고 있는 것으로 추산되어, 경상남도를 대표하는 특산농산물 중의 하나로 자리매김하고 있다. 그러나 지금은 시설면적 확대에 따른 생산량의 급증 및 경기침체에 따른 소비부진으로 가격이 폭락하여 재배농가가 경영적으로 매우 어려운 현실에 처해 있는 바, 이에 대한 대책수립이 절실한 시점에 봉착해 있다. 새송이버섯의 식품학적 특성을 보면, 회분과 조단백질 함량은 타 버섯과 유사하나, 전당(9%)과 조지방(0.6%)은 식용버섯 중에서 가장 많이

함유하고 있다. 대부분의 버섯은 비타민B군의 함량이 다른 식품에 비해 매우 높은 특성을 지니고 있는데, 특히 새송이버섯은 다른 버섯에 거의 없는 비타민B<sub>6</sub>가 0.9 mg/100g 함유되어 있고, 악성빈혈 치유인자로 알려진 비타민B<sub>12</sub>도 0.2 mg/100g 함유되어 있다. 그리고 항산화력을 지닌 비타민C의 경우 21.4 mg/100g으로서 느타리버섯의 7배, 팽이버섯의 10배로 매우 함량이 높은 특성을 지니고 있다. 무기물 중에서는 K의 함량이 2,985 mg/kg으로 매우 높고, 아미노산의 경우 총 26종으로 매우 다양하게 검출되었으며, 이 중 Asparagine의 함량이 328.1 mg/100g으로서 검출된 총아미노산함량의 26.4%를 차지해 가장 높은 분포를 보이고 있다. 특히 필수아미노산 10종 중 9종을 함유하고 있는 바, 새송이버섯의 영양적 가치는 매우 높다고 인정되므로 천연제품 개발소재로서의 가치가 매우 높은 것으로 인정된다. 새송이버섯의 기능적 특성을 보면, 새송이버섯으로부터 항암활성을 갖는 물질을 activity guided fractionation법으로 분리하여 항암활성과 관련된 5종류의 compound를 검출한 바, 그 중 항암활성이 가장 강한 화합물의 구조를 밝힌 결과 C<sub>28</sub>H<sub>44</sub>O<sub>3</sub>의 ergosterol peroxide로 동정되었다. 이 ergosterol peroxide를 폐암세포와 난소암세포에 LD50을 측정하여 본 결과, 1.5 µg/ml과 3 µg/ml로 taxol과 거의 유사한 농도임이 확인되었다. 이 화합물의 녹는 온도는 180°C이며, 물리적 특성은 white power로 정제되어 있고, peroxide 구조임에도 불구하고 고온에서 대단히 안정한 화합물이라는 것이 밝혀져 있다. 7종류의 식용버섯 또는 약용버섯의 추출물로 난소암(SK-OV3), 폐암(A549), 백혈구암(HL-60) 등 3종류의 암세포에 항암활성을 조사한 바, 대표적인 식용버섯인 새송이버섯과 느타리버섯이 가장 강력한 항암활성이 있는 것으로 나타났고, 일반적으로 항암활성이 높다고 알려진 상황버섯, 동충하초, 아가리쿠스(신령버섯) 등의 버섯들은 의외로 *in vitro*상의 암세포 증식억제율이 현저히 낮은 것으로 나타났다. 식용버섯을 이용하여 개발된 기존의 제품은 거의 모두가 가공식품으로서, 느타리버섯, 표고버섯, 양송이버섯 등을 주재료로 이용하고 있다. 그런데 이들 버섯은 파치가 생성되지 않아 버섯자체를 가공재료로 이용할 수밖에 없기 때문에 가공제품의 생산단가가 높아진다는 결정적인 문제점을 안고 있다. 그러나 새송이버섯의 경우, 수확 후 버섯을 다듬고 나면 3~5% 정도의 파치가 자연적으로 생성되고, 또한 상품성이 낮아 생버섯으로의 시장성이 거의 없는 하등품이 20% 정도가 생산되는 특성을 가지고 있는데, 이것을 가공소재로 이용하게 되면 가공제품의 생산단가가 현저히 낮아진다는 강점을 지니고 있다. 또한 새송이버섯 파치는 연간 3,750톤, 하등품은 연간 15,000톤 정도 생성되고 있는 것으로 추산되고 있어, 이것을 가공소재로 이용할 경우, 새송이버섯 시장에서 유통되는 물량 중 25% 정도를 줄일 수 있는 이상적인 결과를 초래하여, 새송이버섯 시장가격의

상승과 안정을 유도할 수 있는 바, 이의 경제적인 가치는 매우 높다고 판단된다. 그리고 새송이버섯 재배 후 생성되는 폐배지의 양은 연간 375,000톤으로서 현재는 유기질 퇴비재 료로 재활용되고 있으나, 톤당 12,000원 정도의 초저가로 처리되고 있어 버섯재배농가의 입장에서 경영적인 도움이 거의 되지 않고 있다. 따라서 연중 원료공급이 용이하고 가격경 쟁력이 높은 새송이버섯 파치와 폐배지를 가공소재로 이용하여 기능성이 높은 양돈용 항 생제 대체 사료첨가제를 개발함으로써 기능성제품의 다양화를 꾀하고, 아울러 새송이버섯 시장의 가격안정을 유도하여 새송이버섯 재배농가의 경영적인 안정을 충분히 도모할 수 있음은 물론, 양돈농가의 소득증대에 일조할 수 있다고 판단되므로 본 과제에서 개발하고 자 하는 기술과 제품은 중요성이 매우 높다고 하겠다.

## 2. 새송이버섯 부산물의 발효가공기술개발

양돈에 있어서 사료비가 차지하는 비중은 여러 가지 여건에 따라 다소 다르지만 대개 전체 생산비의 60~70%를 차지한다. 이러한 사항은 양돈 생산비 중에서 사료비가 차지하 는 비중이 너무 과다함을 의미하는 것이고, 돈육의 생산비를 줄이기 위해서는 사료비를 줄 여야 하는데, 이 중 한 가지 방법으로 유기성 부산물의 이용을 들 수 있다. 우리나라에서 1950년대에 버섯이 인공적으로 재배되기 시작하면서, 근래에는 많은 농가가 버섯을 재배하 고 있다. 버섯재배농가가 늘어나면서 버섯을 재배한 후 버려지는 폐배지의 발생량이 많아 지고 있으나, 폐배지는 주로 퇴비로 이용되고 있을 뿐 사료로는 이용이 거의 되지 않고 있 는 실정이다. 새송이버섯의 '08년 전국생산량은 약 86,000톤으로 3,010억 원 정도이며, 생산 량의 30%를 가공했을 때, 25,800톤이 되고 이때 가공수율 15% 정도로 국내시장에 소비되 는 물량은 3,875톤이 된다. 하지만 새송이버섯로서 상품성이 있는 것을 제외하면, 등외버섯 으로 15,000톤, 버섯파치 3,750톤, 균체파치가 15,000톤으로 가공으로 사용할 수 있는 양은 33,750톤 정도가 된다. 새송이버섯의 일반성분은 100 g당 수분함량이 86.6 g이고, 특수성분 은 수용성섬유소 0.53 g, 불용성섬유소는 4.11 g이고,  $\beta$ -glucan 0.41 g, chitin 0.51 g, phenol 51.4 mg이다. 새송이버섯은 노화억제와 항암작용, 대장암 세포증식 억제 및 혈당강 하 등의 약리작용이 있는 것으로 알려져 있고, 새송이버섯의 열수추출물한 조다당체가 항 산화 및 항종양 효과가 있다는 보고가 있으며, 버섯의 균사배양 및 인공재배 등의 연구 및 자실체로부터 새로운 항균활성 펩타이드, 당뇨쥐의 혈당 및 혈중 콜레스테롤에 미치는 영

양, 대장암 세포 증식 및 세포사멸에 미치는 영향 등이 보고되어 있다. 최근 버섯이 낮은 지방함량에 의한 저칼로리식품이면서 단백질, 비타민 및 각종 무기성분이 풍부하게 함유되어 있어 건강식품으로서의 각광을 받고 있다.

위와 같은 기능을 가진 새송이버섯의 파치와 재배 후 생성되는 균체파치 및 버섯파치를 가축사료로 이용함으로써 농가의 소득을 올릴 수 있을 것이다. 버섯재배에서 사용되는 배지로서는 주로 미강이나 톱밥같은 원료가 많이 사용된다. 이들 중에서 미강은 사료원료로 많이 이용되지만, 톱밥은 기호성이나 소화율이 낮기 때문에 사료로는 거의 이용되지 않는다. 그러나 버섯재배 시 균사체를 접종함으로써 섬유성 물질의 구조변화가 일어나 소화율이 개선될 가능성도 있기 때문에 이들의 사료화에 관한 연구는 필요할 것으로 판단된다. 일부의 연구에 의하면, 버섯균의 균사체는 직접적으로 리그닌을 분해할 수 있을 뿐만 아니라 리그닌과 셀룰로오스의 결합을 분해할 수 있는 능력을 가지고 있다. 또한 균사체의 단백질 함량은 52%로서 반추가축에서는 영양소 공급원이 될 수 있는 것으로 알려지고 있지만 단위동물에서는 연구된 바가 거의 없다. 버섯의 폐배지를 이용한 사료제조에 관한 연구는 느타리버섯에서 수행된 바가 있는데, 느타리버섯 균상재배 후 발생하는 폐배지 급여 시 돼지의 성장률을 조사하고, 생균제를 동시급여 할 때 돼지의 생산성, 영양소 소화율, 도체 조성 및 돈분 중의 유해가스 및 불쾌한 냄새 발생량에 미치는 영향을 조사하였다. 양돈사료 내에 항생제 첨가효과는 질병의 예방 및 치료, 성장촉진 그리고 사료효율 개선 등의 긍정적인 효과가 있지만, 1960년대 이후 항생제의 잔류 및 내성문제가 제기되면서 현재에 이르기 까지 전 세계적으로 축산물의 안정성과 관련하여 사료 내 항생제 사용의 규제가 강화되어 가고 있는 추세이다. 식품으로서 안전성과 위생성을 확보하기 위한 차원에서 기존의 항생제 대체물질인 생균제(probiotics)에 대한 연구가 최근 들어 활발히 진행되고 있다. 생균제는 항생제의 대체물질로서 숙주의 장내 미생물 총균의 균형을 유지시켜 숙주동물에게 이로운 영향을 미칠 수 있는 살아있는 미생물사료첨가제로서 동물의 건강을 증진시키고, 동물의 성장을 촉진시킬 수 있다고 한다. 국내의 생균제 사료첨가 급여시험을 보면, 어린 돼지에서는 증체율과 사료효율이 개선되었다는 보고가 있으며, 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용율, 혈중용소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향, 자돈 및 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발행에 미치는 영향, 복합 생균제 첨가가 육성돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향 등에 대한 연구가 진행된 바가 있다. 따라서 본 연구에서는 새송이버섯 농가와 돈육을 생산하는 축산농가에 도움이 되고자 상품가치가 거의 없는 새송이버섯 파치와 재배 후 발생하는 부산물의 부가가치



향상을 위해 유용미생물을 이용하여 발효가공하는 기술을 개발하고자 하였다.

### 3. 기능성사료에 의한 사양기술 개발

새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)은 느타리버섯과, 느타리버섯속에 속하는 백색목재부후균의 일종이다. 외국에서는 *King oyster mushroom* 또는 *Boletus of the steppes*로 부르며, 주로 아열대 지방이나 수목이 없는 초원지대 및 남유럽, 중앙아시아 및 북아프리카 등에 널리 자생하고 있다. 우리나라에서는 학문적으로 큰느타리버섯으로 명명되어 있으나, 현재는 새송이버섯으로 통용되고 있다. 새송이버섯의 자실체는 균사조직이 치밀하고 육질감이 뛰어나고, 모양이 자연산 송이와 유사하여 소비가 증가되고 있다. 또한 기존의 느타리버섯에 비해 대가 굵고 길며 저장성도 좋고, 향과 품질이 우수한 특징을 가지고 있다. 새송이버섯의 일반성분은 100 g당 수분 86.6 g, 단백질 2.2 g, 탄수화물 9.6 g, 지방 0.8 g 및 회분 1.2 g 이고, 특수성분은 수용성섬유소 0.53 g, 불용성섬유소 4.11 g이고,  $\beta$ -glucan 0.41 g, chitin 0.51 g, phenol 51.4 mg이다. 이렇듯 대부분의 버섯은 독특한 맛과 향이 뛰어나 기호성이 높은 식품으로 이용되어져 왔고 탄수화물, 단백질, 비타민, 아미노산, 무기질 등과 같이 인체에 중요한 각종 영양소를 골고루 함유하고 있으며, 광범위한 약리작용을 가지고 있어, 예로부터 전통식품 및 민간약의 제제로서 널리 이용되어져 왔을 뿐만 아니라, 항암활성, 면역증강 등의 효능작용 때문에 최근에는 기능성식품 및 의약품소재로 많이 이용되고 있다. 최근 건강에 대한 인간의 관심이 크게 증가됨에 따라 소비자들의 영양공급과 생리활성기능을 지닌 건강기능식품에 대한 구매욕구가 증가하고 있으며, 이러한 요구를 충족시키는 기능성식품 중의 하나가 최근 각광받고 있는 버섯을 이용한 제품이며, 자연식품, 저칼로리식품, 무공해식품의 선호 추세로 인하여 버섯의 수요가 꾸준히 증대될 뿐 아니라 버섯의 성분에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다. 특히, 새송이버섯은 다른 버섯에 비해 영양학적 가치가 우수한데, 건조물에 대해 약 30% 정도의 단백질을 함유하고 있으며, 표고버섯, 밀, 우유 등과 비교하였을 때, 가장 효과적인 식품 단백질 공급원이며, 식이섬유 공급원으로 알려졌다. 또한 새송이버섯은 다양한 비타민(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, 엽산 및 니아신)과 각종 무기질 성분들을 함유하고 있다. 새송이버섯에 관한 연구로는 Palmela 등이 여러가지 버섯의 조리 전, 후의 영양학적 성분, 즉 일반성분, 식이섬유,  $\beta$ -glucan, chitin 및 총 phenol성분을 분석하였으며, Lee와 Kang은 새송이버섯의 항암효과 연구에서 새송이버섯

자실체의 에탄올 추출물이 암세포 성장을 억제하였으며, 그 원인은 새송이버섯의 단백당류에 의한 것으로 보고하였다. 또한, Kang 등이 당뇨 쥐의 혈당 및 혈중 콜레스테롤에 미치는 영향, Hwang 등이 대장암 세포증식 및 세포사멸에 미치는 영향, Kang 등이 angiotensin converting enzyme 저해활성 확인 및 Hui 등이 항산화활성 탐색 등을 보고하였으며, 새송이버섯을 식품가공제조에 이용한 연구로는 Jeong 과 Shim이 새송이버섯 분말을 스폰지 케이크에 첨가형 케이크의 품질 특성을 확인하였는데, 새송이버섯 분말의 첨가율이 증가함에 따라 반죽의 비중과 점도는 증가하였고, 케이크의 부피와 높이는 감소하는 경향을 나타내었으며, 경도는 증가하였다고 보고하였다. 따라서 본 연구는 새송이버섯 부산물을 이용하여 개발한 발효사료첨가제(제 2협동과제)를 기초사료에 혼합 발효시켜 이를 이유자돈용 사료(항생제 유, 무)와 육성·비육돈의 일반배합사료에 첨가 수준별로 첨가 급여함으로써 항생제 대체 효과를 규명하기 위한 시험으로서, 이유자돈, 육성·비육기까지의 돼지에 공급하는 기능성 사료를 개발함과 동시에 사양특성, 생리활성물질 IgG, 혈액상, 도체특성 및 경제성 분석을 파악하기 위해 수행하였다.

#### 4. 기능성 돈육의 식품학적 평가

건강에 대한 국민의 관심이 증대됨에 따라 자연식품, 저칼로리식품 또는 유기농식품을 선호하려는 경향이 높아지고 있는데, 이러한 욕구를 충족시켜 주는 식품 중의 하나로 버섯류를 들 수 있다. 버섯류는 심장병, 뇌졸중 및 암 등의 성인병을 예방하거나 개선한다고 보고되어 있어 그 생산량과 소비량도 증가 추세에 있으며, 국내에서 재배되고 있는 버섯은 느타리버섯, 새송이버섯, 팽이버섯, 양송이 순으로 이들 4종의 버섯이 농산버섯의 91%를 차지하고 있고, 전체 생산량은 2005년을 기준으로 1,361ha에서 163천톤 정도가 생산되고 있다. 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)은 담자균류에 속하는 버섯으로서 건강식품으로서 기능뿐만 아니라 육질이 단단하여 씹힘성이 좋고, 특유의 향과 맛이 우수한 식재료로서 소비자들이 선호하고 있는 국내의 대표적인 버섯이다. 또한 단백질, 비타민 및 무기질이 풍부하고 수분함량이 낮아 저장성이 우수하며, 당뇨쥐의 혈당 및 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 작용, 새송이버섯 추출물이 대장암 세포 증식억제 및 세포사멸에 효과적이라는 연구 보고 등 다양한 생리활성의 규명으로 새송이버섯의 소비는 2003년 13,000톤이었던 것이 2006년에는 46,000톤으로 약 3.5배 이상 급증하는 추세를 보이고 있다. 한편 새송이버섯의 생산

량 증대로 버섯과치와 폐배지 등 부산물의 증가도 많아지고 있다. 버섯 폐배지의 생성량은 배지원료와 배합비 및 재배방식에 따라 그 형태가 다양한데, 원료 투입량에 대해 팽이버섯은 1.5배, 느타리버섯 및 새송이버섯은 약 1.9배 가량 발생되며, 병재배 시 새송이버섯은 버섯 생산량의 약 6.5% 정도의 폐배지가 발생되며, 버섯 배지의 구성 물질로 볼 때 가축사료로써 이용될 가치가 충분하다. Williams 등은 버섯 재배과정에서 약 20%의 영양분이 버섯에 이용되고, 나머지 80%는 폐배지에 남는다고 보고한 바 있다. 더욱이 우리나라에서 생산되는 버섯 부산물인 폐배지는 조희분의 함량이 10% 정도로 낮아 반추동물의 사료로 가치가 인정되고 있다. 따라서 본 연구에서는 이들 부산물을 효율적으로 이용할 수 있는 방안을 모색코자 새송이버섯의 버섯과치, 균체과치 및 폐배지 발효액을 이용하여 이화학적인 특성 및 향산화 활성에 미치는 영향을 검토하여 가장 활성이 우수한 새송이버섯 과치 및 폐배지 발효사료첨가제를 적정수준으로 돼지에게 급이 함으로써 도축 후 돼지의 혈장 지질의 양상과 돈육의 품질에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 기능성사료의 대량생산기술 확립

#### 가. 새송이버섯 부산물의 생산성 조사

새송이버섯(*Pleurotus eryngii*, 큰느타리3호) 표준재배법인 톱밥을 이용한 병(850 cm<sup>3</sup>, 65 $\phi$ , PP병) 재배방법으로 2006년 5월부터 2007년 4월까지 월 1회 재배하여, 총 12회에 걸쳐 새송이버섯과 재배 후 부산물(그림 1)인 버섯파치, 균체파치 및 폐배지의 생산성을 조사하였다. 샘플채취방법은 1회 재배당 10,000병을 처리하였으며, 배지제조, 배지입병, 배지살균, 배지냉각, 그리고 종균접종 공정을 거쳐, 온도 22 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 67 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,500 $\pm$ 500 ppm으로 조정된 암조건의 크린룸형 배양실에서 35일간 균사배양을 실시한 후, 발이유기를 위해 균류기 공정을 거쳐, 온도 16 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 95 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,000 $\pm$ 200 ppm으로 조정된 암조건의 생육실에 8일 동안 두고 어린 자실체를 발생시킨 다음, 실내 환경조건을 온도 16 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 87 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,000 $\pm$ 200 ppm으로 조정하여 9일 후부터 3일간 성숙된 자실체를 수확하였다(총생육일수; 17~19일). 발이유기 개시일로부터 18일이 경과된 수확직전의 버섯 16병을 3반복으로 취하여 새송이버섯, 버섯파치, 균체파치 및 폐배지의 중량을 g단위로 계량하여 1병의 평균값을 구하였다. 국내전체 생산량은 농가수 600호, 호당 재배규모 4,300병/일, 연간생산일수 300일로 환산하였으며, 경남의 생산량은 농가수 150호, 호당 재배규모 6,000병/일, 연간생산일수 300일로 환산하였다.



그림 1. 새송이버섯과 부산물들 (좌로부터 새송이버섯, 버섯파치, 균체파치, 폐배지)

#### 나. 새송이버섯 부산물의 경제적인 가치 분석

새송이버섯 부산물의 생산성 조사시험에서 구해진 버섯파치, 균체파치 및 폐배지의 국내전체 생산량에서 기준가인 버섯파치 500원/kg, 균체파치 12,000원/톤, 폐배지 12,000원/

톤을 적용하여 산출하였으며, 이들 3종 부산물의 TDN가를 40%로 적용하여 산출된 중량을 TDN가에 의한 사료가격인 500원/kg을 적용하여 산출한 수치로 경제적인 가치를 분석하였다.

#### 다. 새송이버섯 부산물의 균질성 검정

새송이버섯 표준재배법인 톱밥을 이용한 병(850 cm<sup>3</sup>, 65 $\phi$ , PP병) 재배방법으로 2006년 5월부터 2007년 4월까지 월 1회 재배하여 총 12회에 걸쳐 새송이버섯과 재배 후 부산물인 버섯파치, 균체파치 및 폐배지의 생산성을 조사하였다. 샘플채취방법은 1회 재배당 10,000병을 처리하였으며, 배지제조, 배지입병, 배지살균, 배지냉각, 그리고 종균접종 공정을 거쳐, 온도 22 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 67 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,500 $\pm$ 500 ppm으로 조정된 암조건의 크린룸형 배양실에서 35일간 균사배양을 실시한 후, 발이유기를 위해 균긋기 공정을 거쳐, 온도 16 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 95 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,000 $\pm$ 200 ppm으로 조정된 암조건의 생육실에 8일 동안 두고 어린 자실체를 발생시킨 다음, 실내 환경조건을 온도 16 $\pm$ 0.5 $^{\circ}$ C, 상대습도 87 $\pm$ 1%, CO<sub>2</sub>농도 1,000 $\pm$ 200 ppm으로 조정하여 9일 후부터 3일간 성숙된 자실체를 수확하였다(총생육일수; 17~19일). 시료의 채취방법은 폐배지의 경우, 버섯의 수확 직후 16구형 자동탈병기로 탈병하여 노지에 쌓아둔 다음, 48시간 후 폐배지 더미로부터 표면과 깊이 50 cm, 깊이 100 cm 등 3개 지점에서 각각 동일한 양의 폐배지를 비이커로 취하여 충분히 혼합한 후 시료로 사용하였으며, 균체파치는 생성된 지 48시간 후 균체량이 많은 것, 보통인 것, 적은 것 등 3종류의 균체파치를 각각 동일한 양을 취하여 충분히 혼합한 다음 시료로 사용하였고, 버섯파치는 생성 직후 청색의 PE봉지에 2 kg 단위로 담아 밀봉하여 2 $\pm$ 0.1 $^{\circ}$ C의 저온저장고에 두고 48시간 후 임의의 것을 취하여 시료로 사용하였다. 시료의 미생물상을 조사하기 위해 사용한 3종의 선택배지는 다음과 같다. 사상균 분리용 배지는 peptone dextrose rose-bengal agar(peptone 5.0 g, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1.0 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, dextrose 10.0 g, rose-bengal(1%) 3.3 ml, agar 20.0 g, distilled water 1,000 ml, streptomycin 30.0 mg)를 방선균은 starch casein agar(starch 10.0 g, casein 0.3 g, KNO<sub>3</sub> 2.0 g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2.0 g, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5 g, CaCO<sub>3</sub> 0.02 g, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.01 g, agar 20.0 g, distilled water 1,000 ml), 세균은 nutrient agar(peptone 3.0 g, beef extract 5.0 g, agar 20.0 g, distilled water 1,000 ml)를 각각 사용하였으며, 미생물의 분리방법은 버섯파치, 균체파치, 폐배지 등 3종의 시료를 각 처리별 3반복으로 10배수희석정량평판도말법(10-fold dilution plating method)을 이용하였다. 각 처리별 시료 20 g을 살균수 180 ml에 첨가하여 30분간

잘 진탕시킨 다음 10 ml을 취하여 90 ml의 살균수에 다시 희석하고, 계속 10배수로 1/10,000,000까지 희석하여 1/10,000~1/10,000,000의 각 희석액 0.25 ml를 각각의 균분리용 선택배지에 분주하여 멸균된 삼각유리막대기로 전면에 고루 펴고, 27°C 항온기에서 사상균은 5~7일, 세균은 2~3일, 방선균은 7~14일간 각각 배양한 다음 균총계수기로 밀도를 측정하였다. 시료의 pH는 pH-meter로 측정하였으며, 일반성분 중 수분은 105°C 가열 건조법, 조단백질은 Micro-kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식 회화법, 전당은 Phenol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법, 그리고 조섬유는 1.25% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>법과 NaOH법으로 분석하였다. 배지재료의 이화학성 조사방법의 경우, 가비중은 1,000 cc 비중병을 이용하였으며, 수분은 105°C 건조법, 탄질비(C/N)의 경우, 조탄소(T-C)는 연소법, 조질소(T-N)와 조단백질(T-P)은 Kjeldahl법으로 토양 화학분석법에 준하였다. 새송이버섯 재배용 배지의 첨가제 종류별 사용중량의 조사는 850 cm<sup>3</sup> PP병 5,000병 기준으로 사용된 양, 콘코브 5포대(30 kg/포), 미강 11포대(30 kg/포), 밀기울 5포대(36 kg/포), 비트펄프 2.5포대(30 kg/포), 면실박 1.5포대(30 kg/포)를 5,000병으로 나누어 1병에 사용된 양으로 산출하였다.

#### 라. 새송이버섯 부산물의 건조조건 조사

새송이버섯 파치의 적정 건조조건을 구명하기 위해, 건조채반(규격 L840×W540×H35 mm)이 20개씩 들어가는 건조실이 2실로 되어 있으며, 각 실은 독립적으로 건조온도를 설정할 수 있도록 되어 있는 전기열풍건조기를 사용하였다. 시료를 건조채반 당 2 kg 씩 담아, 시료당 건조채반을 3개씩 3반복으로 처리하여, 24시간, 36시간 그리고 48시간이 경과한 후 건조채반을 1개씩 3반복으로 꺼내어 조사하였다. 건조온도는 40°C, 45°C, 50°C, 55°C 등 4처리를 두었다. 감모율은 건조 전 중량에서 건조 후 중량을 공제하여 줄어든 중량을 백분율로 표시하였으며, 색상은 건조 전 색상을 W(white)로 보고, WB(white-brown), B(brown), DB(dark-brown) 등 4등급으로 나누어 육안으로 관찰하여 표시하였다.

#### 마. 새송이버섯 부산물의 저장성 조사

새송이버섯 파치의 저장성을 구명하기 위해, 시료를 청색 PE봉지에 1 kg 씩 담고 밀봉하여 3반복으로 하여 25°C로 설정된 BOD항온기를 이용하여 조사하였다. 조사는 24시간 경과 시마다 실시하였으며, 색상변화와 이취정도를 0~9계수법으로 표시하였다. 건조시료는 건조조건 조사시험에서 선발된 건조조건인 45°C에서 36시간 열풍건조한 것을 사용하였다.

## 바. 새송이버섯 부산물의 가공적성 조사

새송이버섯(*Pleurotus eryngii*) 파치, 황금송이버섯(*Pleurotus cornucopiae*), 상황버섯(*Phellinus linteus*) 등 3종의 버섯을 공시하여 가공적성을 비교 조사하였다. 새송이버섯 파치의 건조조건 조사시험에서 가장 적절한 건조조건으로 확인된 45°C에서 36시간 열풍건조한 다음, 고속분쇄기(pin-crusher 타입)를 이용하여 분쇄한 분말을 조사시료로 사용하였다. 일반성분은 A.O.A.C.법으로 측정하였으며, 수분함량은 105°C 통풍상압건조법으로, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 회화로를 이용하여 550°C에서 회화시켰다. pH는 버섯 분말 1 g에 증류수 50 ml 첨가하여 원심분리 시킨 후 상등액을 이용하여 pH-meter(Orion 420, USA)로 측정하였고, 산도는 원심분리 시킨 상등액에 지시약 페놀프탈레인을 몇 방울 떨어뜨린 후 0.1N-NaOH적정하여 젯산값으로 환산하였다. 수분활성도는 수분활성도기계(Ro-tronic ag, BT-RS1, Swiss)를 이용하여 측정하였고, 점도는 Viscometer(RION VT-04, Japan)로 spindle No.1로 측정하였으며, 가밀도는 1,000 cm<sup>3</sup> 비중병을 이용하여 측정하였다. 색도는 색차계(Minolta spectrophotometer, CM-3500d, Japan)로 L, a, b값으로 환산하였으며, 관능검사는 10명을 대상으로 종류별 버섯분말에 대하여 색, 향기, 맛 그리고 종합적 기호도 등을 평가하여 가장 높은 점수는 9점 그리고 가장 낮은 점수는 1점으로 평가하였다. 시료의 입도는 mesh 채로 측정이 불가능하여 전자현미경으로 촬영하여 입자의 크기와 모양을 사진으로 확인하였는데, 사용된 주사전자현미경(SEM)은 CARL Zeiss(German)의 VP1420이었으며, gold coating의 전처리를 거친 후 500배율과 3,000배율에서 분말을 관찰하였다.

## 2. 새송이버섯 부산물의 발효가공기술개발

### 가. 사용균주

본 시험에 사용된 균주는 *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23, *Lactobacillus plantarum* KCTC13104 등 3종으로서, 소화기 중부에 정착하여 소화효소(amylase, protease, lipase, cellulase, phosphatase) 생성 능력이 우수한 *Bacillus subtilis*는 분리한 균주이고, 소화기 말단에 정착하여 젯산으로 전환시켜 장내 흡수를 용이하게 하고 Vitamin B의 합성, Vitamin E의 흡수를 촉진하는 *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23은 (주)비전바이오캠에서 시판 중인 활성건조 효모를 구입하였으며, 소화기

상단에 정착하여 유기산을 생성하여 저분자 탄수화물을 분해하는 *Lactobacillus plantarum* KCTC13104는 한국생명공학연구원 생물자원센터에서 분양받아 사용하였다.

#### 나. 발효사료의 제조

##### 1) 삼각플라스크를 이용한 배양

새송이버섯 부산물 1,490 g에 745 ml의 물을 첨가한 후, Sucrose 250 g을 첨가하여 소형분쇄기를 이용하여 파쇄하였다. 파쇄 후 250 ml 삼각플라스크에 50 ml씩 분주하여 121°C에서 15분간 고압멸균을 시행 후, 본 배양 배지로 사용하였다. *Bacillus subtilis*는 LB broth(yeast extract 0.5%, trypton 1%, NaCl 1%)를 이용하여 24시간 전배양(37°C, 250 rpm, 24 hr)한 후, 새송이버섯 부산물에 1% 수준으로 접종하여 배양(37°C, 250 rpm)하였다. *Bacillus subtilis* 접종 후 48시간 지난 뒤, YPD배지(yeast extract 1%, pepton 1%, glucose 2%)에서 전배양(20°C, 250 rpm, 24 hr)한 *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*을 0.5 g/L이 될 수 있도록 접종한 다음 48시간 배양(20°C, 정치배양)하였으며, 마지막으로 *Lactobacillus plantarum*은 MRS배지(Difco™ Lactobacilli MRS Broth + lactose 0.5%)에 전배양(37°C, 250 rpm, 24 hr)한 후에 시료의 1%를 접종했다. 배양은 *Lactobacillus plantarum* 접종 후 48시간에 완료 시켰다.

##### 2) 발효통을 이용한 배양

대량생산과 단가절감을 위하여 20 L 발효통을 이용하여 고압멸균을 행하지 않고 배양해 보았다. 새송이버섯 부산물 6.6 kg에 설탕 660 g을 첨가하여 삼투압 작용에 의한 수분 형성과 부패성 미생물을 제거 한 후, *Bacillus subtilis*는 LB broth(yeast extract 0.5%, trypton 1%, NaCl 1%)를 이용하여 24시간 전배양(37°C, 250rpm)한 후, 새송이버섯 부산물에 1% 수준으로 접종하여 배양(37°C, 정치배양)하였다. *Bacillus subtilis* 접종 후 48시간이 지난 뒤에 YPD배지(yeast extract 1%, pepton 1%, glucose 2%)에서 전배양(20°C, 250 rpm, 24 hr)한 *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*을 0.5 g/L이 될 수 있도록 접종 후 48시간 배양(20°C, 정치배양)하였으며, 마지막으로 *Lactobacillus plantarum*은 MRS배지(Difco™ Lactobacilli MRS Broth + lactose 0.5%)에 전배양(37°C, 250 rpm, 24 hr)한 후에 시료의 1% 접종했다. 배양은 *Lactobacillus plantarum* 접종 후 48시간(37°C, 정치배양)에 완료 시켰다.



### 3) 발효통을 이용한 새송이버섯 부산물 멸균 후 배양

앞의 실험에서 대량생산과 단가절감을 위하여 20 L 발효통을 이용하여 고압멸균을 행하지 않고 배양해 본 바, *Bacillus subtilis*의 생균수가 40시간까지 다른 미생물과 섞여 있어 비교가 불가능 하였다. 이를 보완하기 위해 새송이버섯 부산물을 멸균 후 배양하였다. 새송이버섯 부산물 6.6 kg에 설탕 660 g을 첨가하여 사용하였으며, *Bacillus subtilis* 배양 시 균체량을 증가시키기 위하여 배양조건을 달리하였다. 전 배양 배지로서 Levan 형성 배지(yeast extract 0.25%, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3%, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.3%, MgCl<sub>2</sub> 0.07%)와 새송이버섯 부산물 추출액 10%를 첨가하여 사용하였으며, *Bacillus subtilis*의 증식이 원활히 이루어질 수 있도록 앞의 실험에서 행하지 않던 진탕배양(150 rpm)을 실시하였다. *Bacillus subtilis* 접종 후 48시간이 지난 후에 *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23을 0.5 g/L 이 될 수 있도록 접종 후 48시간 배양(20℃, 정지배양)하였으며, 마지막으로 *Lactobacillus plantarum*은 MRS배지(Difco™ Lactobacilli MRS Broth + lactose 0.5%)에 전배양(37℃, 250 rpm, 24 hr)한 후에 시료의 1% 접종했다. 배양은 *Lactobacillus plantarum* 접종 후 48시간동안 배양(37℃, 150 rpm, 진탕배양) 후 완료 시켰다.

#### 다. 새송이버섯 부산물과 *Bacillus subtilis*의 상관관계

1) 재료 및 시약 : 새송이버섯 부산물이 *Bacillus subtilis*의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 새송이버섯 부산물 착즙액의 농도를 달리하여 *Bacillus subtilis*의 성장을 확인하였다. 새송이버섯 부산물을 분쇄한 후, 광목천을 이용하여 걸러낸 다음, 거름종이를 이용하여 착즙액을 얻었다. *Bacillus subtilis*의 기본배지인 LB broth 조성은 동일하게 한 후, 증류수와 착즙액의 비율을 조정하였다. 증류수 100%(Control), 증류수 50%와 착즙액 50%(50%), 증류수 80%와 착즙액 20%(20%), 증류수 90%와 착즙액 10%(10%), 착즙액 100%(100%)로 분류하여 배양하였다.

2) 실험방법 : 위와 같이 제조된 배지에 전배양(37℃, 250 rpm, 24 hr)된 *Bacillus subtilis*를 1% 접종 후, 8시간 단위로 48시간 동안 생균수를 측정방법을 통하여 확인하였다.

#### 라. 배양시간에 따른 Sucrose의 변화

1) 재료 및 시약 : 배양시간에 따른 Sucrose의 변화량은 Thin Layer Chromatography (TLC)는 MERCK사의 Silica gel 60 F254가 도포된 aluminium plate를

사용하였다. 전개용액으로 사용된 acetonitrile(CH<sub>3</sub>CN)과 water(H<sub>2</sub>O)은 MERCK사의 HPLC용 특급시약을 사용하였다.

2) Sample의 제조 : Sample은 초기접종상태에서 부터 24시간 단위로 1 ml씩 취한 후, 원심분리(7000 rpm, 10 min)를 행하여 상등액을 회수한 후 10배 희석하여 TLC측정을 하였다.

3) 실험방법 : 배양시간에 따른 Sucrose의 변화량을 알아보기 위해 사용한 aluminium plate에 10배 희석된 Sample을 1 µl씩 TLC plate에 spot하여 건조시킨 후, CH<sub>3</sub>CN : H<sub>2</sub>O (8.5:1.5)용액으로 1회 전개시킨 후 다시 건조 시켜 이 과정을 3회 반복 실시하여 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 이용하여 발색 하였다.

#### 마. 배양시간에 따른 Glucose의 농도측정

1) 재료 및 시약 : 배양 시간에 따른 Glucose 변화량은 Glucose(GO) Assay kit(SIGMA GAGO-20)를 이용한 2가지 방법으로 확인해 보았다. Sample은 초기접종상태에서 부터 24시간 단위로 측정하였다.

2) Sample의 제조 : 배양시간에 따른 Glucose 변화량을 알아보기 위한 sample은 초기접종상태에서 부터 24시간 단위로 1 ml씩 취한 후 원심분리(7,000 rpm, 10 min)를 행하여 상등액을 회수한 후 100배 희석하여 Glucose Assay kit를 사용하였다.

3) 실험방법 : 배양시간에 따른 Glucose의 변화량을 측정하기 위하여 SIGMA사에서 생산된 kit를 사용하였다. *Aspergillus niger*에서 생산된 500 unit Glucose oxidase와 100 purpurogallin unit의 peroxidase(horseradish)에 38 ml의 증류수에 녹인 후, 0.1 mg/ml의 o-Dianisidine dihydrochloride 용액 0.8 ml을 혼합하여 시료 1을 제조 한 후, 96 well plate에 sample 500 µl를 취한 후 각 sample에 시료1을 100 µl 넣고 실온에서 90초간 반응 후 12N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100 µl를 첨가하여 반응을 정지 시켰다. 반응 정지 후 Bio-RAD사의 microplate reader(model 608)로 흡광도 490 nm에서 측정 후 Glucose양을 측정하였다.

#### 바. 새송이버섯 발효사료의 생균저장성

1) 전배양 배지 및 배양조건 : 새송이버섯 발효사료 제조 후 저장온도에 따른 생균수의 변화를 확인하기 위하여, 건조된 새송이버섯 부산물 300 g을 분쇄하였다. 그 후 *Bacillus subtilis*는 LB broth(yeast extract 0.5%, trypton 1%, NaCl 1%)를 이용하여 전배양(37°C, 250 rpm, 24 hr)하였고, *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23은

YPD(yeast extract 1%, pepton 1%, glucose 2%)를 이용하여 전배양(20°C, 250 rpm, 24 hr)하였으며, *Lactobacillus plantarum*은 MRS배지(Difco™ Lactobacilli MRS Broth + lactose 0.5%)에 전배양(37°C, 250 rpm, 24 hr)하였다.

2) 실험방법 : 분쇄된 새송이버섯 부산물 300 g에 각각의 배지 및 배양조건에서 전배양된 균주를 100 ml씩 균일하게 균주가 접종하게 한다. 그 후 150 ml로 저온보관(4°C)하였으며 1주 간격으로 4주간 생균수 측정 방법을 통하여 확인하였다.

#### 사. 새송이버섯 폐배지의 발효기술개발

새송이버섯 부산물 중에서 버섯파치, 균체파치 및 폐배지에서 우선적으로 새송이버섯 균사의 성장정도를 알기 위하여 진균류 생육의 지표물질로서 ergosterol의 양을 조사하여 보았다.

1) ergosterol 분석 : 건조시킨 시료를 곱게 빻아 최대한 작은 입자로 만들었다. 0.1 g의 시료에 MeOH 7 ml를 넣어 교반하여 섞은 후 약 48시간 동안 빛을 차단한 상태에서 용출시킨다. 증류수 3 ml과 hexane 2 ml를 넣고 충분히 섞어준 후 hexane분획이 상등액으로 분리되면 피펫으로 모았다. 그리고 hexane 2 ml를 한 번 더 넣어 섞은 후 상등액을 모았다. 모아진 hexane 분획을 증발기에 넣어서 hexane을 휘산시킨 후 남은 백색의 얇은 결정을 메탄올 2 ml에 녹인 후 0.2 µm 필터에 여과하였다.

2) HPLC 분석 : 여과된 시료 10 µl를 취하여 HPLC에 주입하였다. HPLC 조건을 UV Detector로 파장 282 nm, mobile phase A는 증류수 3%, mobile phase B는 Acetonitrile 97%, reverse-phase 컬럼은 YMC-Pack ODS-AM, 펌프 유입속도는 1.8 ml/min로 하였을 때, ergosterol의 피크는 26분 정도 후에 나타났다.

### 3. 기능성사료에 의한 사양기술 개발

#### 가. 시험장소 및 기간

새송이버섯 파치로 개발된 발효사료첨가제를 이용한 이유자돈에 대한 항생제 대체 기능성사료의 효능검증과 적정급여수준을 위한 시험장소는 경남 고성군에 소재한 성운농원의 인큐베이터 돈사에서 실시하였고, 시험기간은 2006년 12월 4일부터 2007년 1월 15일까지 42일간 실시하였으며, 새송이버섯 균체파치와 폐배지로 개발된 발효사료첨가제(이하,

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제)를 이용한 육성·비육돈의 효능 및 적정급여 수준 선정에 대한 시험장소는 경남 진주시에 소재한 청솔농장의 일반 돈사에서 실시하였고, 시험기간은 2007년 12월 13일부터 2008년 1월 23일까지 42일간 시험하였다(그림 2).

#### 나. 공시가축 및 시험설계

이유자돈에 대한 적정급여수준 선정 및 효능에 대한 시험은 표 1과 같이 공시가축은 체중( $5\pm 0.2$  kg)과 일령( $20\pm 1$ 일)이 비슷한 3원 교잡종(Duroc×Yorkshire×Landrace)의 이유자돈을 암·수 혼사하여 각 돈방 당 15두씩 배치하고 3반복으로 시험을 실시하였고, 종료체중  $22\pm 2$  kg, 일령  $62\pm 1$ 일에 시험을 종료하였다. 사양시험설계는 제1협동연구팀(제1협동연구과제; 새송이버섯 부산물의 발효가공기술 개발)이 개발한 새송이버섯 파치를 이용한 발효사료첨가제를 이유자돈용 일반배합사료(기초사료 1)에 C(새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0%), T1(새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0.5%) 및 T2(새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%), T3(새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.5%) 수준으로 처리구별로 각각 첨가하여 42일간 급여하였다. 육성·비육돈에 대한 적정급여 수준 선정 및 효능에 대한 시험은 표 2와 같이, 공시가축은 3원 교잡종(Duroc× Yorkshire×Landrace)을 암·수 혼사하여 각 돈방 당 20두씩 배치하고, 3반복 시험을 실시하였고, 개시체중  $80\pm 2$  kg(128일령)에서 시작해서 종료체중  $116\pm 1$  kg(170일령)까지 시험하였다. 사료급여는 제1협동연구팀(제1협동연구과제; 새송이버섯 부산물의 발효가공기술 개발)이 개발한 새송이버섯 균체파치 및 폐배지를 이용하여 제조된 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 육성·비육돈용 일반배합사료(기초사료 2)에 C(새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0%), T1(새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0.5%), T2(새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.0%) 및 T3(새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5%) 수준으로 첨가수준별로 각각 첨가하여 42일간 급여하여 시험을 종료하였다.



Fig. 2. Experimental field  
(Left; incubator for growth, Middle; piglet, Right; growth-finish pig)

Table 1. Experimental design (piglet)

Items <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
No. of pigs/group	15	15	15	15
No. of plots	3	3	3	3
Total pigs	180			
Feeding Period (days)	42			

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

Table 2. Experimental design (Growth-Finish pig)

Items <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
No. of pigs/group	20	20	20	20
No. of plots	3	3	3	3
Total pigs	240			
Feeding Period (days)	42			

<sup>1)</sup> C : basal diet, T1 : basal diet + oyster mushroom 0.5%, T2 : basal diet + oyster mushroom 1.0%, T3 : basal diet + oyster mushroom 1.5%.

#### 다. 시험사료

본 시험에서 사용한 이유자돈과 육성·비육돈의 사료는 이유자돈용(항생제 유, 무 각 1종-표 3, 4) 및 육성·비육돈용(기초사료 3, 항생제 무 1종-표 5)으로 총 5 종류를 주문 제조하여 급여시험을 실시하였다. 이유자돈의 적정급여수준 실험에 사용한 일반배합사료는 인천시 소재 대한사료(주)에서 생산된 일반 항생제가 첨가된 이유자돈 사료(기초사료)는 대조구용으로 급여하고, 처리구 T1, T2 및 T3에는 항생제가 제외된 이유자돈 사료를 기초사료를 이용하였다. 일반배합사료에 새송이버섯 파치 발효사료첨가제를 첨가 혼합하여, 배합사료에 흡착을 고르게 하기 위해 다음과 같은 2차 발효공정을 거쳤다. 먼저 이유자돈에 대한 적정급여수준 시험에 사용한 새송이버섯 파치 발효사료첨가제의 경우, 기초사료(A~D, 표 3, 4) 100 kg에 새송이버섯 파치 발효사료첨가제를 10 kg을 혼합·흡착시켜, 고속발효기(BIO-Rea, 동양물산기업<주>, Korea)를 이용하여 38℃에서 24시간 발효시

킨 다음, 35℃에서 24시간 건조시켜 4℃에서 저온보관하였다. 저온보관해 놓은 발효사료를 기초사료에 첨가수준별(C : 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0%, T1 : 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0.5%, T2 : 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%, T3 : 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.5%)로 혼합하여 실험에 사용하였다. 그리고 육성·비육돈에 대한 적정급여수준 실험에 사용한 사료는 김해시 소재 부경사료(주)에서 생산된 일반 항생제가 제외된 육성·비육돈사료(기초사료)에 제1협동연구팀이 개발한 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 기초사료에 혼합 발효시켜 저온 보관하면서, 사료급여 시 첨가수준별로 그림 3과 같이 혼합하여 급여시험을 하였다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 사용방법은 앞의 실험과 같이 기초사료 100 kg에 새송이버섯 폐배지 발효사료첨가제를 10 kg을 흡착시켜, 고속 발효기를 이용하여 38℃에서 24시간 발효시킨 후, 35℃에서 24시간 건조시켜 4℃ 보관하여 사양실험에 이용하였다. 4℃에 저장해 놓은 발효사료를 기초사료에 첨가수준별(C : 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0%, T1 : 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0.5%, T2 : 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.0%, T3 : 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5%)로 혼합하여 실험에 사용하였다.

Table 3. Chemical composition(%) of the experiment diets (piglet-Antibiotics)<sup>3)</sup>

Ingredients	A(Phase I, 21~41day)	B(Phase II, 42~63day)
Corn	43.80	52.70
Wheat	8.00	5.00
Lactose	3.00	3.00
Wheat bran	3.00	3.00
Soy bean meal	10.00	20.00
HP 300	8.00	4.70
Fish meal	4.00	3.00
Whey powder	9.70	3.00
DWP	3.00	—
SB oil	3.00	2.00
CaCO <sub>3</sub>	1.00	1.20
MCP	—	0.40
Salt	0.30	0.30
Synthetic amino acid	1.25	0.27
Choline	0.15	0.10
ZnO	0.30	—
CuSO <sub>4</sub>	—	0.03
Vitamin premix <sup>1)</sup>	0.25	0.20
Mineral premix <sup>2)</sup>	0.20	0.15
Organic acid	0.70	0.60
Enzyme	0.10	0.10
Essential oil	0.10	0.10
Sweetener	0.03	0.03
Mold inhibitor	0.10	0.10
Antioxidant	0.02	0.02
Total	120.98.00	100.00
Chemical composition		
Dry matter	88.58	87.97
Crude protein	19.50	20.60
Crude fat	5.70	4.80
Crude fiber	2.00	2.40
Crude ash	4.90	4.70
Calcium	0.70	0.70
Total phosphorus	0.60	0.60
Lysine	1.40	1.30
Lactose	12.00	5.00
ME(kcal/kg)	3,660	3,580

<sup>1)</sup>Supplied per kg diets : Vitamin premix : Vitamin. A. 6,000,000IU; vitamin D<sub>3</sub>, 1,000,000IU; vitamin E, 75,000IU; vitamin K, 1,000mg; vitamin B<sub>1</sub>, 1,000mg; vitamin B<sub>2</sub>, 2,500mg; vitamin B<sub>6</sub>, 2,500mg; vitamin B<sub>12</sub>, 20mg; Pantothenic acid, 1,500mg; Biotin, 100mg; Niacin, 20,000mg; Folic acid, 1,000mg

<sup>2)</sup>Supplied per kg diets : Co, 0.2mg; Cu, 25mg; I, 0.5mg; Mn, 30mg; Zn, 20mg; Se, 0.1mg; Fe, 50mg

<sup>3)</sup>Neomycin : 100ppm, Colistin : 40ppm.

Table 4. Chemical composition(%) of the experiment diets (piglet – Antibiotics-Free)

Ingredients	A(Phase I , 21~41day)	B(Phase II , 42~63day)
Corn		
Wheat	43.80	52.70
Lactose	8.00	5.00
Wheat bran	3.00	3.00
Soy bean meal	3.00	3.00
HP 300	10.00	20.00
Fish meal	8.00	4.70
Whey powder	4.00	3.00
DWP	9.70	3.00
SB oil	3.00	2.00
CaCO <sub>3</sub>	3.00	1.20
MCP	1.00	0.40
Salt	0.30	0.30
Synthetic amino acid	1.25	0.27
Choline	0.15	0.10
ZnO	0.30	0.03
CuSO <sub>4</sub>	0.25	0.20
Vitamin premix <sup>1)</sup>	0.20	0.15
Mineral premix <sup>2)</sup>	0.70	0.60
Organic acid	0.10	0.10
Enzyme	0.10	0.10
Essential oil	0.03	0.03
Sweetener	0.10	0.10
Mold inhibitor	0.02	0.02
Antioxidant	120.98.00	100.00
Total		
Chemical composition		
Dry matter	88.58	87.97
Crude protein	19.50	20.60
Crude fat	5.70	4.80
Crude fiber	2.00	2.40
Crude ash	4.90	4.70
Calcium	0.70	0.70
Total phosphorus	0.60	0.60
Lysine	1.40	1.30
Lactose	12.00	5.00
ME(kcal/kg)	3,660	3,580

<sup>1)</sup>Supplied per kg diets : Vitamin premix : Vitamin. A. 6,000,000IU; vitamin D<sub>3</sub>, 1,000,000IU; vitamin E, 75,000IU; vitamin K, 1,000mg; vitamin B<sub>1</sub>, 1,000mg; vitamin B<sub>2</sub>, 2,500mg; vitamin B<sub>6</sub>, 2,500mg; vitamin B<sub>12</sub>, 20mg; Pantothenic acid, 1,500mg; Biotin, 100mg; Niacin, 20,000mg; Folic acid, 1,000mg

<sup>2)</sup>Supplied per kg diets : Co, 0.2mg; Cu, 25mg; I, 0.5mg; Mn, 30mg; Zn, 20mg; Se, 0.1mg; Fe, 50mg



Table 5. Chemical composition(%) of the experiment diets

Ingredients	Grower	Finisher
Corn	53.00	33.50
Wheat	9.50	30.00
Soybean meal	26.00	12.50
Wheat bran	—	4.00
Rice bran	—	1.00
Rapeseed meal	—	3.00
Palm kernel meal	—	2.00
Cotton seed meal	—	3.00
Limestone	1.24	1.45
Tri calcium phas	0.82	0.60
Animal fat	5.10	4.20
Molasses	3.50	4.00
Salt	0.30	0.30
L-lysine HCl	0.20	0.20
DL-mathionine	0.04	—
Vitamin primix <sup>1)</sup>	0.10	0.10
Mineral primix <sup>2)</sup>	0.10	0.10
Phytase	0.10	0.05
Total	99.9.00	99.95.00
Chemical composition		
ME(kcal/kg)	3,350	3,220
Crude protein	17.50	15.50
Lysine	1.05	0.87
Calcium	0.90	0.92
Total phosphous	0.50	0.50

<sup>1)</sup>Supplied per kg diets : Vitamin A, 4,000IU; Vitamin D, 3,800IU; Vitamin E, 1,500IU; Vitamin K, 320mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 16mg; Thiamin, 8mg; Riboflavin, 2mg; Pantothenicacid, 11 mg; Niacin, 20mg; Biotin, 0.02mg.

<sup>2)</sup>Supplied per kg diets : Cu, 30mg; Fe,175mg; Zn, 100mg; Mn, 90mg; I, 0.3mg; Co, 0.5mg; Se, 0.2mg.

## 라. 사양관리 방법

이유자돈의 사양관리방법은 먼저 공시가축을 개체별로 이각을 하고, 시험구는 돈방 면적, 사료 및 급수시설을 동일하게 부여하였고, 돈사는 인큐베이터 돈사이며, 인큐베이터 돈사의 돈방 폭은 2.5 m, 길이는 2 m의 면적이었다. 사료급이기와 급수기를 설치하였으며, 급수는 자유급수를 하였고, 기타 사양관리는 일반적인 관행법에 준하여 실시하였다. 이유자돈 시험에 사용한 무항생제 사료와 일반배합사료는 대한사료(주)에서 주문하여 공급하였다. 육성·비육돈 사양관리방법은 시험농장에서 동일한 조건으로 사육한 후 배치하여 사료급여는 사료급여량을 측정하면서 무제한 급여하였고, 기타 사양관리는 일반적인 관행법에 준하였다. 농장 돈방의 바닥은 콘크리트 슬러리이며, 돈방 면적은 폭 4 m, 길이 6 m로 사료 급여기와 급수기를 각각 별도로 설치하였다. 돈사 온도관리는 체중이 적은 돼지의 경우 대체로 따뜻한 온도조건을 선호하고, 체중이 큰 돼지의 경우 대체로 시원한 온도조건을 선호하는 경향을 보이므로, 실험용 돼지의 생육에 문제가 발생되지 않도록 적정온도 구간 내로 유지시켰다. 그리고 젖은 콘크리트 바닥을 가진 시설의 경우 전도를 통해 열 손실이 많이 발생하여 체감 온도가 최대 10℃가 낮아질 수도 있으므로 바닥이 젖지 않도록 주의를 하였으며, 특히 자돈들이 성장하는 시설에서는 각별한 주의를 요하면서 시험을 수행하였다.

## 마. 조사항목 및 방법

1) 체중 : 일령이 비슷한 이유자돈의 개시체중이  $5 \pm 0.2$  kg이었으며, 종료체중은  $22 \pm 1$  kg이었다. 체중은 2회에 걸쳐 개시일(생후  $20 \pm 1$ 일령) 및 종료일(생후  $62 \pm 1$ 일령)에 각각 측정하였다. 육성·비육돈 실험도 마찬가지로 개시체중  $81 \pm 1$  kg이고, 종료 시 출하체중  $116 \pm 1$  kg일 때, 2회에 걸쳐 각각 측정하였다.

2) 사료섭취량 : 사료섭취량은 개시일령에서 종료일령까지 급여한 사료의 량에 잔량을 제외한 것을 사육기간과 섭취한 두수를 나누어 조사하였다.

3) 증체량 : 일당 증체량은 개시일령에서 종료일령까지 증가한 체중의 무게를 사육일수로 나누어 조사하였다.

4) 사료요구율 : 사육기간 중 섭취한 사료섭취량을 사육기간 중 증체량으로 나누어 계산하였다.

5) 사료효율 : 사료효율은 사육기간 중 섭취한 총사료 섭취량을 사육기간 중 총증체량으로 나누어서 계산하고, 일령별로 각각 조사하여 성장단계별 사료효율을 조사하였다.

6) 폐사율 : 시험기간 동안 항생제가 들어있지 않은 사료에 새송이버섯 부산물 발효

사료첨가제를 급여함으로써 폐사두수를 구하고 그 값을 백분율로 환산하여 폐사율을 구하였다.

7) 도체특성 : 도체중량은 도축 직후의 온도체 중량을 측정하였다. 등지방두께는 좌반도체 11~12번째 늑골사이 및 최종 늑골 바로 위쪽을 척추면과 수직되게 측정하여 평균으로 하였다. 지육율은 생체중에 대한 도체 중량(내장, 머리, 족을 제거)을 백분율로 환산하여 구하였다. 도체등급은 축협중앙회 축산물등급판정 기준에 따라 등급판정사에 의해 등지방 두께와 온도체중으로 1차로 등급판정하였고, 도체의 외관(균형, 비육상태, 지방부착상태, 마무리) 및 육질(조직감, 육색, 지방색과 질, 지방침착)로 2차 판정한 후, 육량과 육질을 종합 판정하여 최종 등급으로 하였다.

8) 혈액성상 : 실험동물의 혈액 채취는 이유자돈에 새송이버섯 과치 발효사료첨가제를 급여한 시험의 실험동물을 도축 1일 전에 정맥으로부터 채취하여 0.5% EDTA가 처리된 시험관에 넣어 약 1시간 동안 빙수 중에 정치한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 실험에 사용하였다. 조사내용은 총콜레스테롤(Total cholesterol, mg/dl), 고밀도콜레스테롤(High density lipoprotein cholesterol; HDL-C, mg/dl), 저밀도콜레스테롤(Low density lipoprotein cholesterol; LDL-C, mg/dl), 총단백질(Total protein, g/dl), 중성지방(Triglyceride, mg/dl), BUN(Blood urea nitrogen, mg/dl), IgG(mg/ml) 등 7종을 분석하였으며, IgG 분석은 혈액에서 혈청을 이용하였고, 농도측정은 Immunoglobulin G Kit(ECOS check No. P0303-1, Japan) by SRID를 이용하였다. 본 실험은 3반복 측정하여 통계분석 하였다.

#### 바. 경제성분석

시험기간 중 급여한 이유자돈사료(항생제첨가사료 및 무항생제사료) 2종류의 kg당 단가, 비육돈사료의 kg당 단가, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 kg당 단가, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제가 첨가된 사료의 kg당 단가와 시험사양 기간 중에 급여한 사료 섭취량(kg)과 사료단가(원/kg)로서 사료비(원)와 kg 증체당 사료비(원)를 각각 구하고, 대조구(C)를 기준(100%)으로 하였을 때 각 처리구의 성적을 비교하였다.

#### 사. 통계분석

생산형질, 혈액성상 및 도체특성에서 얻어진 시험자료는 SAS/GLM(SAS,2003)를 이용하였으며, 처리간의 유의성 검증은 Duncan Test로 분석하였다.

## 4. 기능성 돈육의 식품학적 평가

### 가. 새송이버섯 부산물의 영양성분 분석

1) 일반성분 분석 : pH는 pH-meter, 수분은 가열건조법, 조단백질은 micro-kjeldahl 법, 조지방은 soxhlet법, 그리고 회분은 건식 회화법으로 정량하였다.

2) 무기성분 분석 : 시료 2 g에 염산 10 ml를 가하여 hot plate에서 250~300℃로 무색 내지 청색이 될 때까지 분해시킨 후 증류수를 가하여 50 ml로 만들고 여과한 여액을 시료용액으로 하여 ICP로 분석하였다.

3) 구성 아미노산 분석 : 구성아미노산은 시료 5 g에 6 N-HCl 3 ml를 가하고 질소가스를 7분간 충전시킨 후 110±1℃의 heating block에서 24시간 가수분해한 다음 여과(Whatman No. 6) 하여 회전식 진공증발기로 감압·농축하였다. 이것을 pH 2.2 구연산 완충액으로 총 부피를 10 ml로 만든 다음, membrane filter(0.2 μm) 및 sep-pak C<sub>18</sub> cartridges에 차례로 통과시킨 다음 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Japan)로써 분석하였다. 이때 칼럼은 high resolution 칼럼을 사용하였고 칼럼 온도는 47℃, 파장은 570 nm에서 측정하였다.

### 나. 새송이버섯 부산물의 기능성 분석

1) DPPH에 대한 전자공여능 측정 : 전자공여능은 추출물 1 ml에 1×(1/10,000)M DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)용액 3 ml를 가하여 10초간 진탕한 다음, 실온에서 30분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

2) SOD 유사활성 측정 : 추출물 0.2 ml에 pH 8.5로 조정된 tris-HCl buffer 3 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 가하여 25℃에서 10분간 방치한 다음, 1 N HCl 1 ml로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며, SOD 유사활성은 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

3) Hydroxyl radical 소거활성 측정 : 시험관에 1 mM FeSO<sub>4</sub>/EDTA용액, 추출물을 각 0.2 ml씩 가하고 0.1 M phosphate buffer(pH 7.4) 1.2 ml와 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 가하여 37℃ 수욕상에서 1시간 반응시켰다. 여기에 2.8% TCA 용액 1 ml를 가하여 반응을 정지시키고 1% TBA(thiobarbituric acid)용액 1 ml를 가하여 다시 100℃의 수욕상에서 10분간 가열시킨 후 급냉하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 hydroxyl radical 소거능은 다음

의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{OH 소거능(\%)} = [1 - (\text{As} - \text{Ao}) / (\text{Ac} - \text{Ao})] \times 100$$

As와 Ac; 각각 시료를 첨가한 실험구와 대조구의 흡광도  
Ao; 37°C에서의 반응이 생략된 시약 혼합액의 흡광도

4) 환원력 측정 : 추출물 1 ml에 200 mM 인산 완충액(pH 6.6) 및 potassium fericyanide를 동량으로 혼합한 후 50°C에서 20분간 반응시켰다. 여기에 10% trichloroacetic acid를 가하여 5,000 rpm에서 10분간 원심분리시켜 상층액을 얻었다. 상층액 1 ml에 증류수 및 1% ferric chloride를 각각 1 ml씩 혼합하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

5) 아질산염 소거능 측정 : 1 mM 아질산염나트륨 용액 1 ml에 추출물 1 ml를 가하고, 0.1 N HCl 및 0.2 M citrate buffer로 각각 반응용액을 pH 2.5 및 4.0으로 조정된 다음 반응용액의 총 부피를 10 ml로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 ml씩 취하여 2% 초산용액 3 ml, Griess 시약(1% sulfanilic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 ml를 차례로 가하여 혼합한 다음, 실온에서 15분간 방치시킨 후 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 동량의 증류수를 가하였으며, 아질산염 소거능은 시료의 첨가 전·후에 잔존하는 아질산염의 백분율로써 나타내었다.

#### 다. 실험동물의 사육

시험에 공시한 재료는 경남 진주시에 소재한 청솔농장에서 사육한 일반 백색계 3원 교잡 종 돼지를 돈방 당 20두씩 3반복, 4군으로 임의 배치하여 비육하였다. 급여사료는 육성돈 사료에 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 각각 0(C), 0.5%(T1), 1.0%(T2) 및 1.5%(T3)로 첨가하여 처리구별로 급여하였으며, 물과 사료는 사육기간 중 자유급여 시켰다. 비육 후 체중이 100~110 kg의 규격돈일 때 출하하여 각 처리구마다 5마리를 도축하였다.

#### 라. 실험동물의 혈액 및 돈육 채취

실험동물의 혈액 채취는 실험동물의 도축 1일 전에 정맥으로부터 채취하여 0.5% EDTA가 처리된 시험관에 넣어 약 1시간 동안 빙수 중에 정치한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 실험에 사용하였다. 실험동물의 육은 도축 후 등심근을

분할·정형하여 두당 2.5 kg씩 5마리에 대해서 총 12.5 kg의 등심육을 얻었다. 이를 각각 500 g씩 polyethylene film으로 진공포장한 후 즉시 실험실로 옮겨 4℃의 냉장실에 보관해 두고 사후 대사작용이 완료된 시점인 사후 24시간을 “저장 1일”로 하여 각 처리구마다 1일, 5일, 10일, 15일 및 20일에 시료를 채취하여 저장기간에 따른 물리적 및 이화학적 특성을 분석하였다.

#### 마. 혈청 중 지질 성분의 분석

1) 총 지질(total lipid) 측정 : 총 지질은 20  $\mu$ l의 혈청에 phospho-vanillin 시약을 첨가한 후 37℃에서 15분간 배양한 후 혈청 무첨가구를 대조로 하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) 총 콜레스테롤(total cholesterol) 측정 : 총 콜레스테롤은 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(AM 202-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 효소시약을 효소시약 용해액에 용해시킨 후 20  $\mu$ l의 혈청에 3 ml의 효소시약을 넣고 37℃에서 5분간 incubation한 후 혈청 무첨가구를 대조군으로 하여 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈중 함량은 표준검량선에 의해 mg/dl로 표시하였다.

3) 중성지방(triglyceride) 측정 : 중성지방은 중성지방 측정용 kit시약(AM 157S-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 혈청 20  $\mu$ l에 조제한 효소시약 3 ml를 첨가한 후 37℃에서 10분간 incubation한 후 혈청 무첨가구를 대조로 하여 파장 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈중 함량은 표준검량선에 의해 mg/dl로 표시하였다.

4) High density lipoprotein cholesterol(HDL-C) 측정 : HDL-cholesterol 함량의 측정은 HDL-C 측정용 kit시약(AM 203-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 혈청 20  $\mu$ l에 침강시약 0.2 ml를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 10분간 정치시킨 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액 0.1 ml를 취하여 효소시약 3 ml과 잘 혼합하여 37℃에서 5분간 incubation한 후 혈청 무첨가구를 대조로 하여 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 혈중 함량은 표준검량선에 의해 mg/dl로 표시하였다.

5) Low density lipoprotein cholesterol(LDL-C) 측정 : LDL-cholesterol 함량의 측정은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C+중성지방/5)의 계산식에 의해 산출하였다.

6) Very low density lipoprotein cholesterol(VLDL-C) 측정 : VLDL-cholesterol 함량의 측정은 혈청 총 콜레스테롤 - (HDL-C+LDL-C)의 식으로부터 산출하였다.

7) 동맥경화지수(atherogenic index, AI)와 심혈관질환 위험지수(cardiac risk

factor, CRF)의 측정 : 동맥경화지수(atherogenic index, AI)와 심혈관질환 위험지수 (cardiac risk factor, CRF)는 다음 식에 따라 계산하였다.

$$\text{AI} = \{(\text{Total cholesterol}) - (\text{HDL} - \text{C})\} / \text{HDL} - \text{C}$$
$$\text{CRF} = \text{Total cholesterol} / \text{HDL} - \text{C}$$

8) GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GPT(glutamic pyruvic transaminase) 활성 측정 : 혈청의 GOT 및 GPT 활성도는 GOT 및 GPT 측정용 kit(Asan, Korea)를 사용하였다. 즉, 기질액 1 ml를 37°C에서 5분간 활성화시킨 후 혈청 20 µl를 첨가하여 혼합한 후 GOT는 37°C에서 60분, GPT는 30분간 방치하였다. 여기에 정색 시약 1 ml를 혼합하여 실온에서 20분간 반응시키고 다시 0.4N NaOH 용액을 10 ml씩 가한 후 증류수를 대조로 하여 505 nm에서 각각 흡광도를 측정하였다. GOT, GPT 활성도는 표준용액을 이용하여 작성한 표준검량곡선으로부터 산출하였다.

9) 젖산 탈수소 효소(lactate dehydrogenase, LDH)의 활성 측정 : LDH의 측정은 LDH 측정용 kit시약(AM 159-k, Asan, Korea)으로 측정하였다. 20 µl의 혈액에 3 ml의 효소시약을 넣고 37°C에서 5분간 incubation한 후 혈청 무침가구를 대조군으로 하여 파장 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈중 함량은 혈청 1 ml당 Wroblewski unit로 표시하였다.

#### 바. 이화학적 특성분석

1) 일반성분 분석 : 일반성분의 분석은 상법에 따라 수행하였으며, 수분은 105°C 상압가열 건조법, 조지방은 ether를 이용한 soxhlet 추출법으로 분석하였다. pH는 분쇄된 돈육 10 g에 증류수를 가하여 균질화한 후 최종 부피를 100 ml를 조정하고 여과하여 pH-meter(Model 720, Thermo Orion, USA)로 측정하였다.

2) 관능검사 : 관능평가는 각 시험구별로 육색(color), 이취(off-flavor), 씹힘성(tenderness), 다즙성(juiciness) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대해 7점 평가법으로 하였으며, 패널 요원은 훈련된 10명으로 구성하였다. 관능검사를 위한 양념돈육은 저장 1일(4±1°C)된 것을 사용하였으며, 시료는 모든 실험구별로 같은 조건으로 전자센서가 부착된 팬(electric grill, CG-131M, Cuckoo, Korea)을 미리 170°C로 예열한 후 양념돈육을 넣고 앞면을 1분 구운 후 뒤집어서 뒷면을 2분간 더 구웠다. 구운 시료는 실온에서 1분간 냉각시킨 후 4×3 cm로 잘라서 제시하였으며, 입안을 정수기물로 깨끗이 헹군 후 평가를 하

도록 하였다.

3) 가열감량 측정 : 시료를 일정하게 절단하여 무게를 측정한 다음 polypropylene bag에 넣어 70°C water bath에서 30분간 가열한 후 실온에서 30분간 냉각시켜 시료의 무게를 측정하였다. 이때의 가열감량은 다음 식에 의하여 구하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{시료의 가열 전 중량(g)} - \text{시료의 가열 후 중량(g)}}{\text{시료의 가열 전 중량(g)}} \times 100$$

4) 조직감 측정 : 시료를 2 cm 두께의 스테이크 모양으로 근섬유 방향과 반대 방향으로 절단하여 육내부 온도가 75°C에서 10분간 유지되도록 가열한 후, 5°C 이하 냉장고에서 24시간 방냉한 뒤, 시료의 코아(core)를 근섬유 방향으로 제조한 다음, Instron(Model 1,000, USA)으로 측정하였다. 이때 Instron의 조건은 sample diameter: 2×2×2 cm, range: 2 kg, load cell: 50 kg, cross head speed: 100 mm/min 및 chart speed: 100 mm/min이다.

5) 육색 및 지방색의 측정 : 육색 및 지방색의 측정은 먼저 육과 지방부위를 분리하여 각각 시료의 절단면에 대해서 Chromameter(Minolta Co. CR 301, Japan)를 사용하여 동일한 시료를 5회 반복하여 명도(lightness)를 나타내는 L-값, 적색도(redness)를 나타내는 a-값과 황색도(yellowness)를 나타내는 b-값을 측정하였다. 이때 표준색은 L값이 82.9, a값이 0.921, b값이 0.783인 표준색판을 이용하여 표준화 작업을 한 후 측정하였다.

6) TBARS(Tiobarbituric acid reactive substances) 측정 : 세절육 5 g에 butylated hydroxyanisole(BHA) 50 µl과 증류수 15 ml을 가해 homogenizer로 4,000 rpm에서 10초간 균질화시킨 후 균질액 1 ml를 시험관에 넣고 여기에 2 ml의 thiobarbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 혼합용액을 넣어 완전히 혼합한 다음, 90°C의 항온수조에서 15분간 가열처리한 후 냉각시켜 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 이때 상층액을 회수하여 spectrophotometer(Optizen 2120UV, Mecasys C. Ltd, Korea)로 531 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이때 흡광도를 TBA값으로 표시하고, TEP(1,1,3,3-hydroxycholesterol) 표준물질을 이용한 표준 검량곡선에 의하여 산출하였다.

7) 지방산의 분석 : 돈육의 지질 성분은 일정량의 세절한 돈육에 chloroform : methanol(C:M=2:1, v/v)용액을 가하여 24시간 추출하여 이를 여과하여 얻은 지질로부터 분석하였으며, 14% BF<sub>3</sub>-MeOH 3 ml를 가하여 메칠에스테르화 시켜 표 6과 같이 가스크로마토그래피(Hewlett Packard 5890 II, USA)로 분석하였다.

8) 콜레스테롤의 분석 : 콜레스테롤의 분석은 마쇄한 돈육 5 g을 정평하여 내부 표



준물질로 5 $\alpha$ -cholestan 1 ml를 넣은 후 chloroform : methanol(C:M=2:1, v/v) 용액을 이용하여 총 지질을 추출하였다. 지질 추출물은 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>으로 탈수시킨 뒤 감압하여 용매를 제거하고, 33% KOH용액과 ethanol을 6:94의 비율로 혼합한 용액으로 검화한 후 증류수와 hexane를 각각 2 ml씩 차례로 가하여 hexane층을 취해 표 7과 같은 조건에서 가스 크로마토그래피(Hewlett Packard 5890 II, USA)로 분석하였다.

#### 사. 통계처리

각 실험은 3회 이상 반복실험을 통하여 얻은 결과를 SPSS 12.0을 사용하여 통계 처리하였으며, 각각의 시료에 대해 평균± 표준편차로 나타내었다. 각 시료군에 대한 유의차 검정은 분산분석을 한 후 p <0.05 수준에서 Duncan's multiple test에 따라 분석하였다.

Table 6. Condition of gas chromatography for analysis of fatty acid

Parameter	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 5890 II Gas chromatography
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Column	Ultra 2 (Crosslinked 5% PH ME Siloxane) 25×0.32 mm×0.52 $\mu$ m film thickness
Column Temp.	160°C/1 min <u>5°C/min</u> 190°C/1 min <u>3°C/min</u> 220°C/1 min <u>10°C/min</u> 190°C/1 min
Injector Temp.	270 °C
Detector Temp.	300 °C
Split ratio	100 : 1
Carrier gas	Nitrogen
Flow	1.4 ml/min
Chart speed	0.5 cm/min

Table 7. Condition of gas chromatography for analysis of cholesterol

Parameter	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 5890 series II GC
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Column	SAC <sup>TM</sup> -5 Fused silica capillary column 30 mm×0.25 mm×0.25 μm film thickness
Injector Temp.	280 °C
Detector Temp.	300 °C
Split ratio	100 : 1
Carrier gas	Helium
Flow	6 ml/min
Chart speed	0.5 cm/min

## 제 3 절    결과 및 고찰

### 1. 기능성사료의 대량생산기술 확립

#### 가. 새송이버섯 부산물의 생산성

새송이버섯의 생산량과 부산물의 생성량을 조사한 결과(표 8), 월별로는 생산량의 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 새송이버섯은 병당 112.2 g이 생산되었으며, 부산물의 경우, 버섯과치 3.77 g/병, 균체과치 30.63 g/병, 폐배지 456.2 g/병이 생성되는 것으로 조사되었다. 3종 부산물의 총생성량은 병당 490.6 g이었으며, 새송이버섯 생산량의 436%로서 4배가 넘는 것으로 나타났다. 본 조사결과를 기준으로 하여 국내의 연간 부산물의 생성량을 계산한 바(표 9), 버섯과치 2,918톤, 균체과치 23,708톤, 폐배지 353,099톤으로서 부산물의 총생성량은 379,725톤으로 산출되어, 자원이 부족한 우리나라의 입장에서 볼 때, 매우 유용한 부존자원 중의 하나로 판단된다.

표 8. 새송이버섯 생산량 및 부산물 생성량 조사결과

조사시기	월별 생산량 및 생성량 (g/병)			
	새송이버섯	부 산 물		
		버섯과치	균체과치	폐 배 지
2006년 5월	111.5	3.82	30.83	454.4
6월	113.5	3.77	31.33	443.7
7월	111.6	3.82	30.83	462.3
8월	114.1	3.64	29.77	462.9
9월	111.5	3.82	30.83	454.4
10월	111.2	3.67	31.02	467.1
11월	111.8	3.86	28.66	464.3
12월	112.9	3.72	30.27	448.9
2007년 1월	111.0	3.67	29.95	456.8
2월	112.0	3.82	31.48	456.3
3월	113.3	3.85	32.19	449.1
4월	112.5	3.80	30.40	454.6
평    균	112.2	3.77	30.63	456.2

※ 병 규격 : 850 cm<sup>3</sup> PP병

표 9. 새송이버섯 연간생산량 및 부산물의 연간생성량

구 분	연간 생산량 및 생성량 (톤)				
	새송이버섯	부 산 물			
		계	버섯파치	균체파치	폐 배 지
전 국	86,843	379,725	2,918	23,708	353,099
경 남	30,294	132,462	1,018	8,270	123,174

**나. 새송이버섯 부산물의 경제적인 가치**

새송이버섯 부산물의 경제적인 가치를 분석한 결과는 표 10과 같다. 버섯파치의 경우 TDN가를 적용하여 산출한 결과, 가치상승율이 마이너스 60%로서 오히려 감소하는 것으로 나타났는데, 버섯파치는 정상 전체가 100% 균사체로 구성되어 있는 버섯자실체로서 TDN가를 적용하기에는 무리가 따르는 부산물의 하나이므로 분석의 의미가 매우 미미하다. 그러나 균체파치와 폐배지의 가치상승율은 1,600% 이상으로서 16배 이상의 부가가치를 나타내고 있으며, 전체적으로 총액을 산출하면 약 760억원에 육박해 새송이버섯 부산물의 사료화 시 경제적인 가치는 매우 높은 것으로 확인되었다.

표 10. 새송이버섯 부산물의 경제적인 가치

구 분	기준가(백만원)	TDN적용가(백만원)	가치상승율(%)
버섯파치	1,459	584	△60
균체파치	285	4,742	1,664
폐 배 지	4,237	70,620	1,667
계	5,981	75,946	1,270(평균)

**다. 새송이버섯 부산물의 균질성**

새송이버섯 부산물 중 버섯파치의 계절별 경시적인 미생물상 변화를 조사한 바(표 11), 진균과 방선균은 전혀 검출되지 않았고, 세균은  $0.43 \times 10^5$  cfu/g의 밀도로 검출되었으나 총 12회 중 고온기 3회에만 검출되었다. 이러한 결과는 버섯파치의 경우, 배지가 전혀 포함되어 있지 않고 시료전체가 버섯균의 균사체로 구성되어 있으며, 생성 즉시 PE봉지로 포장되어 2℃의 저온저장고에 48시간 저장되었기 때문에 잡균에 감염될 기회가 매우 적은 것에서 기인한 것으로 판단된다. 새송이버섯 부산물 중 균체파치의 계절별 경시적인

미생물상 변화를 조사한 결과(표 12), 진균의 밀도가  $1.90 \times 10^5$  cfu/g으로서 세균이나 방선균에 비해 상대적으로 검출밀도가 낮은 것으로 나타났고, 세균은  $30.13 \times 10^5$  cfu/g으로 상대적으로 가장 높은 밀도를 보였다. 특히 7월과 8월의 고온기에 평균밀도 대비 1.5 내지 2배 정도 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 균체파치의 경우, 버섯균사체와 배지가 절반씩 붙어 있는 형태로 되어 있고, 생성 후 상온의 노지에 48시간 동안 방치되어 있었기 때문에 잡균으로부터의 감염이 용이했던 것으로 판단된다. 새송이버섯 부산물 중 폐배지의 계절별 경시적인 미생물상 변화 조사결과는 표 13과 같다. 세균의 밀도가  $542.4 \times 10^5$  cfu/g으로서 진균과 방선균에 비해 현저히 높은 것으로 나타났고, 균체파치에 비해서도 18배 이상의 매우 높은 밀도로 검출되었다. 다른 부산물과 마찬가지로 3종의 미생물 모두가 고온기로 갈수록 밀도가 점진적으로 높아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 균체파치와 마찬가지로 상온의 노지에 48시간 동안 방치되어 있었고, 특히 150 cm 정도 높이의 더미상태로 야적되어 있어 더미 내부에 발열로 인한 품온 유지로 미생물의 밀도가 급증한 것으로 판단된다. 전체적으로 볼 때, 버섯파치의 경우 미생물의 밀도가 극히 낮고, 계절별 경시적인 밀도의 변화도 극히 미미하여 균질성에는 문제가 없는 것으로 사료되고, 균체파치와 폐배지는 고온기로 갈수록 밀도가 경시적으로 다소 높아지는 경향을 보이고 있으나, 시료의 균질성에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판단된다. 그러나 본 시험의 결과로 균질성을 단정하기에는 무리성이 있으므로 시료의 일반성분과 pH를 분석해 보았다.

표 11. 새송이버섯 부산물인 버섯파치의 계절별 경시적인 미생물상 변화

조사시기	미생물의 밀도 ( $\times 10^5$ cfu/g)		
	조진균	조세균	조방선균
2006년 5월	0	1.2	0
6월	0	0	0
7월	0	2.8	0
8월	0	1.2	0
9월	0	0	0
10월	0	0	0
11월	0	0	0
12월	0	0	0
2007년 1월	0	0	0
2월	0	0	0
3월	0	0	0
4월	0	0	0
평 균	0	0.43	0

표 12. 새송이버섯 부산물인 균체파치의 계절별 경시적인 미생물상 변화

조사시기	미생물의 밀도 ( $\times 10^5$ cfu/g)		
	조진균	조세균	조방선균
2006년 5월	0	36.0	1.2
6월	2.8	26.8	2.8
7월	6.8	46.8	10.8
8월	2.8	64.0	24.0
9월	5.2	26.8	22.6
10월	4.0	20.0	10.8
11월	1.2	20.0	4.0
12월	0	37.2	2.8
2007년 1월	0	17.2	0
2월	0	18.8	0
3월	0	20.0	0
4월	0	28.0	0
평 균	1.90	30.13	6.58

표 13. 새송이버섯 부산물인 폐배지의 계절별 경시적인 미생물상 변화

조사시기	미생물의 밀도 ( $\times 10^5$ cfu/g)		
	조진균	조세균	조방선균
2006년 5월	17.2	594.8	62.8
6월	30.8	648.0	88.0
7월	36.0	820.0	102.8
8월	69.2	920.0	117.2
9월	50.8	653.2	100.0
10월	30.8	533.2	68.0
11월	14.8	386.8	48.0
12월	13.2	360.0	42.8
2007년 1월	10.8	340.0	38.8
2월	9.2	353.2	41.2
3월	12.0	406.8	42.8
4월	14.8	493.2	49.2
평 균	25.8	542.4	66.8

새송이버섯의 자실체와 새송이버섯 부산물 3종을 수확시기별로 일반성분을 분석한 결과를 표 14, 표 15, 표 16 및 표 17에 나타내었다. 새송이버섯 자실체(정품)의 수분함량은 86.6%였으며, 조단백은 3.5, 조지방 0.5, 회분 0.8, 전당 5.1 그리고 조섬유는 4.1로 측정되었다. 새송이버섯 파치의 경우, 회분이 1.7로 자실체에 비해 상대적으로 높게 측정되었으나 다른 성분들과 pH는 거의 유사한 것으로 분석되었는데, 이러한 연유는 버섯파치와 자실체와의 다른 점은 갓 부분이 포함되어 있지 않은 순수한 대(자루) 부분에서 절단되어 나온 것으로서 서로 큰 차이점이 없다는 것을 시사하고 있다. 균체파치와 폐배지의 수분함량은 76.8%와 70.7%로서 자실체와 버섯파치에 비해 약 10% 이상 낮은 것으로 조사되었는데, 이는 시료의 정상적인 차이에서 기인한 것으로 보인다. 균체파치와 폐배지의 전당과 조섬유함량이 자실체와 버섯파치에 비해 2배 이상 많은 것으로 나타났는데, 이는 영양이 풍부한 배지재료가 다량 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 이들 4종의 시료 간에는 상기와 같은 성분함량에 다소간의 차이를 보이고 있지만, 동일 시료에서의 수확시기별 일반성분과 pH는 균질성에 영향을 미치는 수준이 아닌 것으로 분석되어 진다.

표 14. 수확시기별 새송이버섯 자실체의 일반성분 및 산도

(단위 : %)

성분	수확시기별 일반성분 및 산도				평균
	가을(10월)	겨울(1월)	봄(4월)	여름(7월)	
수분	87.1	86.1	86.4	86.9	86.6
조단백	3.4	3.7	3.2	3.5	3.5
조지방	0.6	0.3	0.4	0.6	0.5
회분	0.9	0.6	0.7	0.8	0.8
전당	5.0	5.3	5.1	5.1	5.1
조섬유	4.1	4.3	4.0	4.1	4.1
pH(1:5)	7.2	7.1	7.2	7.1	7.2

표 15. 수확시기별 새송이버섯 파치의 일반성분 및 산도

(단위 : %)

성 분	수확시기별 일반성분 및 산도				평 균
	가을(10월)	겨울(1월)	봄(4월)	여름(7월)	
수 분	85.9	85.3	84.1	85.5	85.2
조단백	3.4	3.8	3.7	3.6	3.6
조지방	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4
회 분	1.8	1.6	1.8	1.7	1.7
전 당	5.6	5.5	5.7	5.6	5.6
조섬유	3.5	3.6	3.8	3.6	3.6
pH(1:5)	7.3	7.4	7.3	7.3	7.3

표 16. 수확시기별 새송이버섯 균체파치의 일반성분 및 산도

(단위 : %)

성 분	수확시기별 일반성분 및 산도				평 균
	가을(10월)	겨울(1월)	봄(4월)	여름(7월)	
수 분	79.4	74.6	76.1	77.2	76.8
조단백	3.8	3.8	3.6	3.7	3.7
조지방	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5
회 분	1.5	1.8	1.7	1.6	1.7
전 당	9.2	10.5	11.1	10.8	10.4
조섬유	6.1	8.0	6.2	7.6	7.0
pH(1:5)	6.8	7.0	6.9	6.9	6.9



표 17. 수확시기별 새송이버섯 폐배지의 일반성분 및 산도

(단위 : %)

성 분	수확시기별 일반성분 및 산도				평 균
	가을(10월)	겨울(1월)	봄(4월)	여름(7월)	
수 분	70.2	72.2	69.9	70.4	70.7
조단백	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2
조지방	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
회 분	1.9	1.9	1.8	1.8	1.9
전 당	12.8	11.3	14.0	12.8	12.7
조섬유	10.4	9.4	9.8	10.1	9.9
pH(1:5)	6.5	6.3	6.2	6.3	6.3

본 연구에 사용된 배지재료의 이화학적 성질을 조사한 결과(표 18), 미강의 수분함량은 11.0%였다. 일반적으로, 미강의 수분함량이 11~14%인 경우 상온에서 3개월 정도 저장이 가능하나 고온기에는 1주일 정도면 변질되므로 보관방법에 특별한 배려가 필요하며, 미강이 변질되면 비타민류가 파괴되어 양분 부족현상이 일어나고 지방산의 과산화물이 증대되어 균사생장을 저해시킨다고 알려져 있다. 가비중의 경우, 미송톱밥이 0.33 g/cc로 나타났으나 배지재료로 사용하기 직전의 발효된 것(수분함량이 높음)을 조사하였으므로 타 재료들과의 상대적인 비교는 의미가 적다. 그 외 다른 재료들의 수분함량은 10.4%에서 12.2%로 유사한 수분함량을 나타내었다. 콘코브의 가비중이 0.22 g/cc로 가장 낮게 나타난 것은 입자의 크기가 가장 크다는 것을 의미하고 있으며, 비트펄프와 면실박의 가비중이 상대적으로 높게 나타난 것은 입자의 크기가 미강과 밀기울에 비해 작은 것이 아니라 압착된 형태로 되어 있어, 입자는 크지만 중량이 무거운데서 기인한 결과로 보인다. 탄질비(C/N)는 미송톱밥이 3,186.7, 콘코브가 309.3로서 타 재료들에 비해 월등하게 높은 것으로 나타나 탄소원으로 작용하는 재료임을 시사하고 있다. 한편, 미강, 밀기울, 비트펄프 및 면실박의 탄질비는 46.8~16.5로서 이들 재료는 주로 질소원으로 작용하는 것으로 나타났다. 일반적으로, 탄소원은 버섯 건물중량의 대부분을 차지하며, 세포의 구조와 유기물의 합성에 관여하고, 산화하여 세포에 필요한 에너지를 공급하는 역할을 한다. 이에 비해 질소원은 아미노산, 단백질, 효소, 비타민 등의 합성에 필수적으로 사용되므로 버섯의 생장에 있어 중요한 영양원의 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 이들 질소원은 영양적으로 가축사료로 사용되고 있는 단미사료들로서 새송이버섯 재배에 배지로 사용한 후 부산물로 생성

되는 균체파치와 폐배지는 양돈사료로 충분히 활용될 수 있음을 시사하고 있다. 혼합배지는 새송이버섯의 수량성 향상을 위해 최근에 도입되고 있는 버섯재배용 배지로서, 탄소원 톱밥과 콘코브가 배제된 질소원 재료 5~8종이 혼합된 것으로 참고로 이화학성을 나타내었다.

표 18. 새송이버섯 재배용 배지재료의 이화학성

배지재료	수분율 (%)	가밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	유기물 함량 (%)	조탄소 함량 <sup>1)</sup> (%)	조질소 함량 (%)	조단백 함량 <sup>2)</sup> (%)	탄질비 (C/N)
미송톱밥	64.7	0.33	95.562	55.43	0.032	0.2	1,732.2
콘 코 브	12.2	0.22	92.8	53.83	0.30	1.9	179.4
미 강	11.0	0.37	86.2	50.0	1.84	11.5	27.2
밀 기 울	12.0	0.31	89.8	52.09	2.17	13.6	24.0
면 실 박	10.4	0.53	86.8	50.35	5.27	32.9	9.6
비트펄프	11.4	0.61	63.4	36.77	1.71	10.7	21.5
혼합배지	10.5	0.54	84.1	48.78	2.60	16.3	18.8

<sup>1)</sup>조탄소=유기물함량÷1.724

<sup>2)</sup>조단백=조질소×6.25

새송이버섯 재배 시 사용되고 있는 배지의 첨가제 종류별 병당중량은 표 19와 같다. 미강이 66 g으로서 가장 많이 사용되고 있으며, 밀기울 36 g, 콘코브 30 g, 비트펄프 15 g 순으로 적게 사용되고, 면실박이 9 g으로서 가장 적게 사용되는 것으로 조사되었다.

표 19. 새송이버섯 재배용 배지의 첨가제 종류별 사용중량

구 분	첨가제 종류별 병당 중량 (g) <sup>1)</sup>				
	콘 코 브	미 강	밀 기 울	면 실 박	비트펄프
사용중량(g)	30	66	36	9	15

<sup>1)</sup>병 규격 : 850 cm<sup>3</sup> PP병

#### 라. 새송이버섯 부산물의 건조조건

새송이버섯 파치의 건조공정을 확립하기 위해 건조온도 및 건조시간에 따른 경시적인 변화를 조사한 결과는 표 20과 같다. 버섯파치의 경우, 감모율이 80% 이상의 것이, 색상은 WB 이하의 것이 우수하다고 판단되었으며, 건조온도와 건조시간을 복합적으로 고

려하여 감모율 82.8%와 색상이 WB인 것으로 나타난 45℃에서 36시간 건조한 것이 가장 우수한 건조조건인 것으로 확인되었다.

표 20. 건조온도 및 건조시간에 따른 새송이버섯 파치의 경시적인 변화

건조온도 (℃)	건조시간에 따른 감모율 및 색상 <sup>1)</sup>					
	24시간		36시간		48시간	
	감모율(%)	색상	감모율(%)	색상	감모율(%)	색상
40	64.3	W	77.5	WB	81.3	WB
45	72.4	W	82.8	WB	87.4	WB
50	79.6	WB	86.1	WB	87.7	B
55	82.2	B	87.6	B	87.9	DB

<sup>1)</sup>색상 : W(white), WB(white-brown), B(brown), DB(dark-brown)

#### 마. 새송이버섯 부산물의 저장성

새송이버섯 파치와 건조시킨 파치의 저장성을 조사한 결과(표 21), 파치의 경우, 1일 후부터 색상의 변화와 이취를 내기 시작하여 색상은 5일 후부터 급변하였으며, 이취정도는 1일 후부터 점진적으로 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 건조시킨 파치는 색상과 이취 모두 경시적인 변화가 전혀 없었다. 결과적으로 파치는 상온에서의 저장이 불가능한 바, 반드시 건조상태에서 보관해야함을 시사하고 있다.

표 21. 새송이버섯 파치의 경시적인 저장성 변화

구 분		저장일수에 따른 색상 및 이취 <sup>1)</sup>								
		1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일
파치	색상	1.0	1.0	1.0	1.3	3.3	3.7	5.3	5.7	6.3
	이취	1.0	2.3	2.3	2.3	2.7	3.7	4.0	4.3	4.7
건조 파치	색상	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	이취	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1)</sup>저장조건 : 25℃ 항온기

색상계수 : 0~9(0 시료처리 시 색상, 9 부패하여 흑갈색)

이취계수 : 0~9(0 시료처리 시 냄새, 9 부패하여 악취)

**바. 새송이버섯 부산물의 가공적성**

버섯종류별 분말(그림 3)의 일반성분 분석결과를 표 22에 나타내었다. 새송이버섯 (*Pleurotus eryngii*) 파치의 수분함량은 2,36%로서 황금송이버섯(*Pleurotus cornucopiae*) 5.15%, 상황버섯(*Phellinus linteus*) 9.73%에 비해 매우 낮은 것으로 나타났는데, 이는 동일한 건조조건에서도 가장 잘 건조된다는 것을 시사하고 있다. 조단백질함량의 경우, 상황버섯이 3.41%로 가장 낮은 반면 새송이버섯과 황금송이버섯은 각각 7.24%와 8.39%로 매우 높았으며, 조지방함량은 새송이버섯 파치, 황금송이버섯, 상황버섯 모두 1.31%로 나타났다. 조회분의 함량은 새송이버섯 파치가 4.03%로서 다른 2종의 버섯에 비해 상대적으로 가장 높은 것으로 조사되었다.

표 22. 버섯 종류별 분말의 일반성분 분석

(단위 : %)

버섯분말종류	수분	조단백질	조지방	조회분
새송이버섯	2.36	7.24	1.31	4.03
황금송이버섯	5.15	8.39	1.31	3.41
상황버섯	9.73	3.41	1.31	2.36

버섯종류별 분말의 일반적 특성을 조사한 결과(표 23), pH는 황금송이버섯과 상황버섯은 각각 5.61과 5.08이었으며 새송이버섯 파치가 6.39로 가장 높았다. 질산의 함량을 나타내는 산도는 황금송이버섯이 1.24%로 가장 높았고, 새송이버섯 파치가 0.39%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 한편 수분활성도는 새송이버섯 파치와 황금송이버섯이 0.38로 상온에서도 장기보관 가능한 반면, 상황버섯은 0.60으로 매우 높아 장기보관 시 곰팡이 등에 오염될 가능성이 있다고 사료되므로 냉장보관이 요구된다. 그리고 점도는 3종의 버섯 모두 90으로 비슷하였으며, 가밀도의 경우, 새송이버섯 파치가 0.190으로서 황금송이버섯 0.128과 상황버섯 0.137에 비해 현저히 높은 것으로 측정되어 동일한 무게에서 부피가 적어지는 측면에서 유리한 가공적인 특성이 있을 것으로 판단된다.

버섯종류별 분말의 색도와 관능적인 특성을 측정한 결과는 표 24과 같다. 새송이버섯 파치와 황금송이버섯의 L치가 각각 86.34와 82.48로서 선명도가 높게 나타난 반면, 상황버섯은 34.81로 매우 낮았다. a치 또한 새송이버섯 파치와 황금송이버섯의 경우 각각 -0.17과 0.98로 나타나 미미한 백록색을 띠는 반면, 상황버섯은 12.49로 매우 높게 나타나 붉은 갈색을 띠었다. b치도 새송이버섯 파치와 황금송이버섯은 각각 16.96과 17.83으로 노란색의 정도가 낮은

백색에 가까운 것으로 나타났으나, 상황버섯은 32,70으로 가장 높은 것으로 나타났다. 그리고 버섯종류별 분말의 관능적 특성에서 색, 냄새, 맛 등 전체적으로 새송이버섯 파치가 8.0으로 매우 높은 기호도를 나타냈다. 색상에서는 새송이버섯 파치와 황금송이버섯과의 차이가 크지 않는 반면, 냄새와 맛의 기호도에 있어서 황금송이버섯이 가장 낮았는데, 황금송이버섯 분말의 향은 다소 역겨운 비린 냄새가 강해서 관능적인 특성이 매우 떨어지는 것으로 나타났다. 전체적으로 볼 때 새송이버섯 파치가 색도와 관능적인 특성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

표 23. 버섯 종류별 분말의 일반적 특성

버섯분말종류	pH (1:5)	산 도 (젓산, %)	수분활성도 (Aw)	점 도 (dPa·s)	가밀도 (g/cm <sup>3</sup> )
새송이버섯	6.39	0.39	0.38	90	0.190
황금송이버섯	5.61	1.24	0.38	90	0.128
상황버섯	5.08	0.74	0.60	90	0.137

표 24. 버섯 종류별 분말의 색도 및 관능적 특성

버섯분말종류	색 도 <sup>1)</sup>			관능적 특성 <sup>2)</sup>			
	L	a	b	색	냄새	맛	전체
새송이버섯	86.34	-0.17	16.96	9.0	8.0	6.2	8.0
황금송이버섯	82.48	0.98	17.83	7.8	2.6	4.6	5.2
상황버섯	34.81	12.49	32.70	6.0	7.4	5.8	6.2

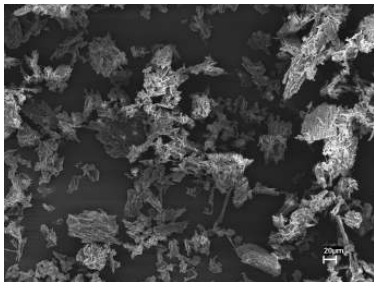
<sup>1)</sup>L : Lightness, a : redness(+ red, - green), b : yellowness(+ yellow, - blue)

<sup>2)</sup>9점채점법(9 : 아주 좋음, 1 : 아주 나쁨)

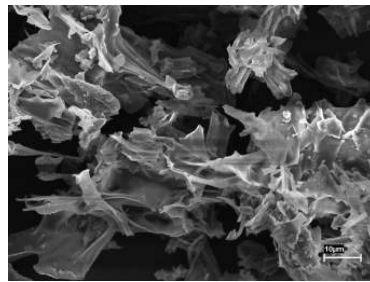
주사전자현미경(SEM)으로 촬영한 입자의 형태와 크기를 그림 4에 나타내었다. 입자의 형태의 경우, 상황버섯은 긴 실과 같은 균사 본래의 모양을 가지고 있는데, 이는 구멍장이버섯과에 속하는 목질화된 버섯의 일종으로서 균사가 매우 질긴 성질을 갖고 있기 때문으로 판단된다. 황금송이버섯에서도 긴 실과 같은 모양이 보이고 입자자체가 긴 모양을 하고 있어 느타리버섯과에 속하면서도 자실체의 조직이 다소 질긴 버섯에 속하기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 새송이버섯 파치에서는 실과 같은 긴 모양의 입자는 거의 볼 수 없고 대부분 입자의 형태를 하고 있어 상대적인 입자의 균질도가 가장 높은 것으로 판독된다. 입자의 크기는 500배율에 20  $\mu$ m, 3,000배율에 10  $\mu$ m의 스케일을 표시하였지만 계수적으로 나타내지 못했다.



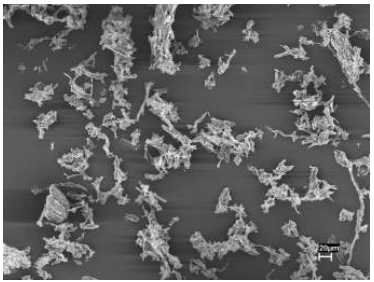
그림 3. 3종의 버섯분말 (상; 새송이버섯, 좌; 황금송이버섯, 우; 상황버섯)



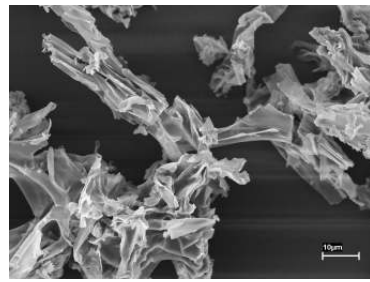
새송이버섯 파치 분말 (500배율)



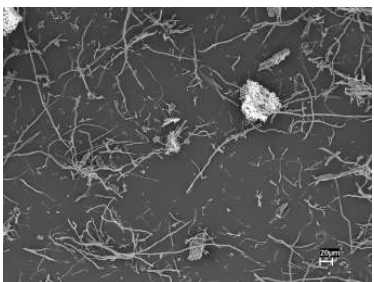
새송이버섯 파치 분말 (3,000배율)



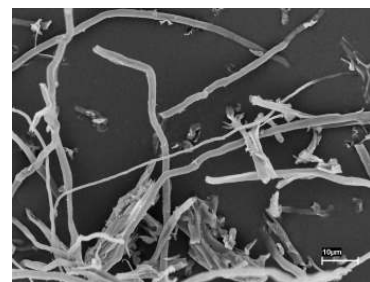
황금송이버섯 분말 (500배율)



황금송이버섯 분말 (3,000배율)



상황버섯 분말 (500배율)



상황버섯 분말 (3,000배율)

그림 4. 3종 버섯분말의 주시전자현미경(SEM) 사진

#### 사. 제조공정도 개발 및 제품화

새송이버섯 부산물을 이용한 발효사료첨가제 제조기술을 개발하기 위하여 시도한 다양한 실험의 결과를 토대로 만들어진 제조공정도는 그림 5와 같다. 새송이버섯 파치와 물의 급수 비율을 질량비 2:1로 혼합하여 분쇄한 후, 탄소원으로 Sucrose 10%를 첨가하는 가당공정을 거친다. 121°C/1.2kg/cm<sup>2</sup>의 조건에서 15분간 고압살균한 다음, 37°C 내외로 상온에서 냉각을 시키는 살균 및 냉각공정을 거쳐 3차례의 미생물 발효를 실시하여 발효사료 첨가제를 제품화하였다. 1차 발효는 *Bacillus subtilis* BL-2균주를 기질대비 1% 양으로 접종하여, 37°C에서 250 rpm으로 24시간 동안 진탕배양을 시켜, 앞의 가당공정에서 첨가한 sucrose를 fructo-oligosaccharide와 levan을 형성할 수 있게 한 다음, 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효는 Yeast의 일종인 *Saccharomyces carisbergensis* Saflager S-23 균주를 기질 1 L당 0.5g의 양으로 접종하여, 알콜발효를 진행시켜줌으로서, 1차 발효 시 *B. subtilis* BL-2균주에 의해 sucrose로부터 levan을 생성할 때 부생되는 glucose를 소모할 수 있도록 한 후, 3차 발효를 실시하였다. 마지막 단계인 3차 발효는 우수한 항균활성 및 각종 스트레스(산, 열)에 내성을 갖는 *Lactobacillus plantarum* KCTC3108 균주를 기질 대비 1%의 양으로 접종하여, 37°C 조건에서 48시간 발효시켜, 새송이버섯이 함유하고 있는 글루칸과 발효에 의해 형성되는 기능성을 배가시켜줌으로서 기능성이 강화된 사료첨가제를 제조하는 공정을 확립하였고, 본 공정을 토대로 새송이버섯 파치, 균체툽밥, 폐배지 등 3종의 발효사료첨가제를 제조하였다(그림 6). 개발된 3종의 발효사료첨가제 중에서 제품화를 위해 2종의 포장디자인을 개발하여 시작품을 제작하였으며, 브랜드명은 머쉬피그(MushFig)로 하였다. 2종의 시작품은 새송이버섯 파치를 이용한 이류자돈용 기능성 사료첨가제 1종은 1 L용기를 사용했고(그림 7, 9), 균체파치와 폐배지를 이용한 육성·비육돈용 기능성 사료첨가제 1종은 5 L용기를 사용했다(그림 8, 9).

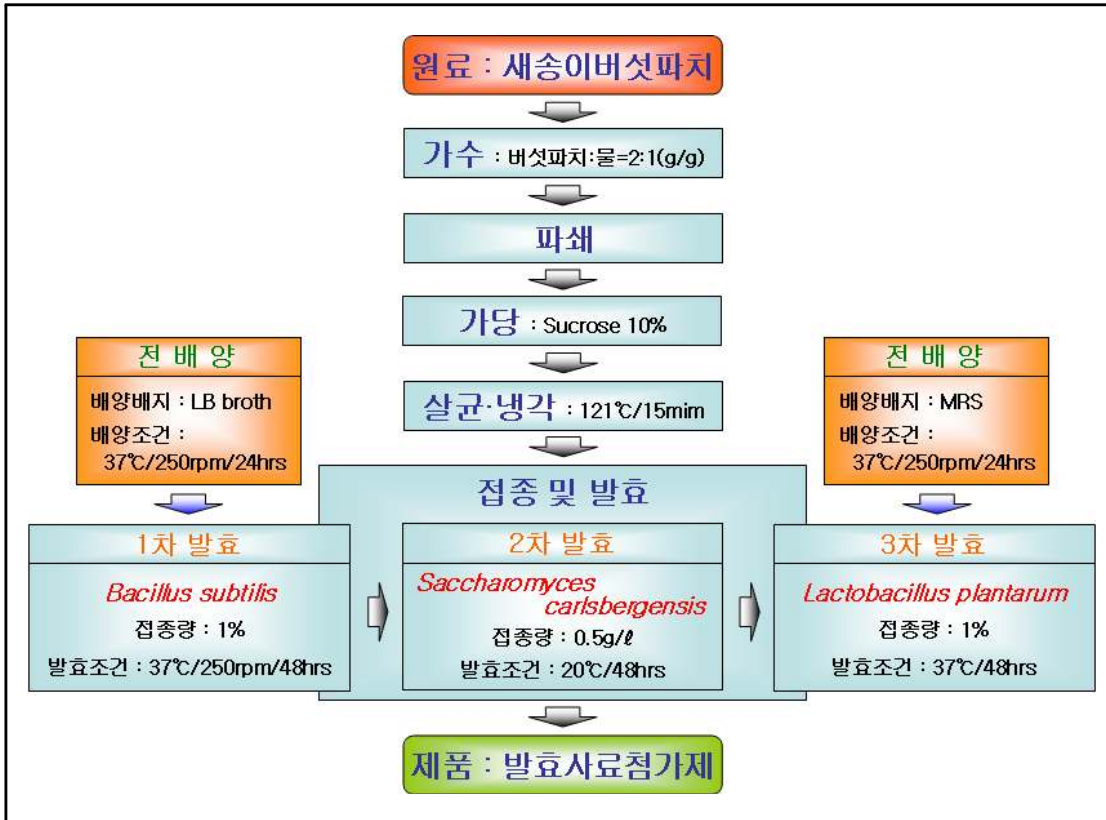


그림 5. 세송이버섯 부산물을 이용한 발효사료첨가제 제조공정도



그림 6. 세송이버섯 부산물을 이용한 발효사료첨가제 (좌로부터 버섯파치, 균체파치, 폐배지)





그림 7. 머쉬피그(자돈용) 시작품



그림 8. 머쉬피그(육성·비육돈용) 시작품



그림 9. 새송이버섯 부산물을 이용한 양돈용 발효사료첨가제의 시작품

## 2. 새송이버섯 부산물의 발효가공기술개발

### 가. 삼각플라스크를 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH변화

그림 10은 *Bacillus subtilis* 접종 후 부터 *Lactobacillus plantarum* 배양이 완료되는 시점까지 8시간 단위로 sample을 회수하여 생균수 및 pH를 측정한 그래프를 표시하였다.

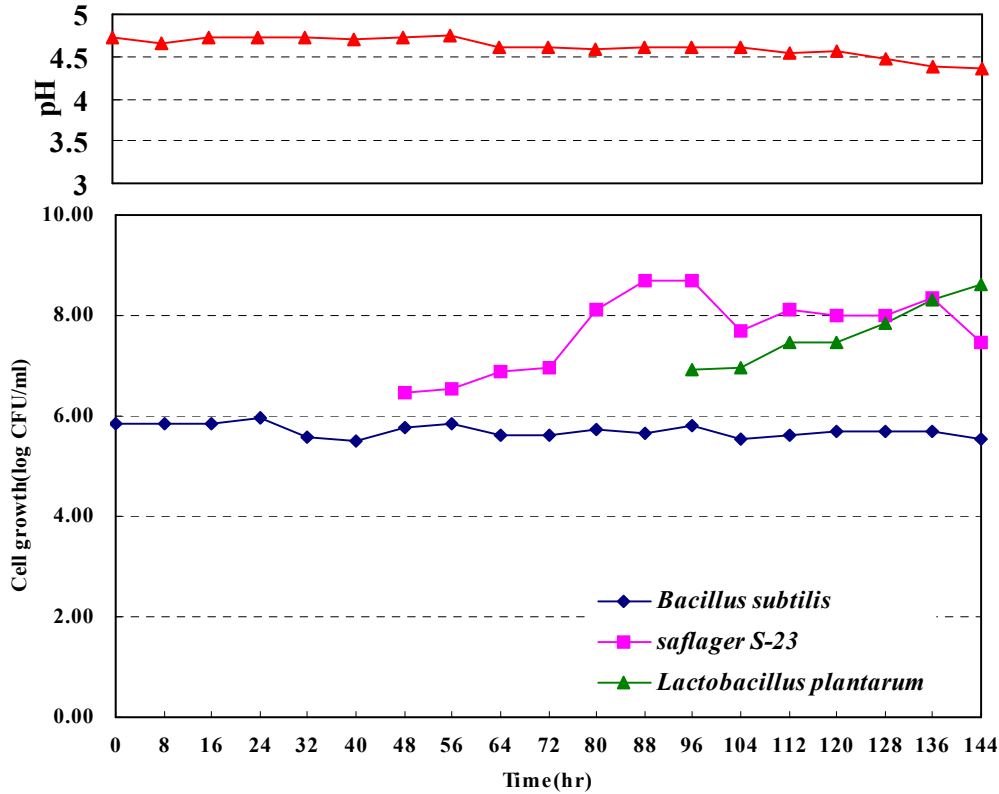


그림 10. 250 ml 삼각플라스크 발효 중의 생균수 변화 및 pH 변화

초기 pH는 pH4.7에서 시작되었으며 *Bacillus subtilis*가 자라는 동안에는 pH 4.7을 계속 유지하여, *Bacillus subtilis*의 최적 pH인 pH 7보다 낮았다. *Bacillus subtilis*의 초기 접종 농도는  $5.8 \times 10^5$  Log cfu/ml였으며, *Bacillus subtilis*는 배양 초기부터 배양 종료 시 까지 시간이 지남에 따라 생균수의 값은 변화가 없었다. 이는 pH에 영향에 의하거나 또는 새송이버섯 배지 성분의 영향으로 *Bacillus subtilis*가 생균수의 증가가 없는 것으로 보인다. 하지

만 일정하게 생균수가 유지 되는 것으로 보아 *Bacillus subtilis*의 특성인 아포를 형성하여 배지 안에 존재하면서 생균수 측정이 나타난 것으로 생각 되어 진다. *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*의 성장곡선을 보면 초기 접종 농도는  $6.4 \times 10^6$  Log cfu/ml를 나타내었으며, 72시간 까지 적응기를 거친 후 72시간부터 88시간 까지 대수 증식기를 그리며 점차 증가하기 시작하며  $8.7 \times 10^8$  Log cfu/ml를 나타내었다. 그 후 96시간 이후부터 점차적으로 감소하여 최종적인 *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*의 최종농도는  $7.5 \times 10^7$  Log cfu/ml를 나타내었다. *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*을 배양한 후 *Lactobacillus plantarum*을 접종하였다. *Lactobacillus plantarum*의 초기 접종농도는  $6.9 \times 10^6$  Log cfu/ml였으며, *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*와 마찬가지로, 시간이 지남에 따라 점차적으로 증가하여  $8.6 \times 10^8$  cfu/ml까지 측정 후 발효가 종료되었다.

#### 나. 비멸균 발효통을 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH 변화

그림 11은 *Bacillus subtilis* 접종 후 부터 *Lactobacillus plantarum* 배양이 완료되는 시점까지 8시간 단위로 sample을 회수하여 생균수 및 pH를 측정한 그래프를 나타내었다. 대량생산과 단가절감을 위하여 20 L 발효통을 이용하여 고압멸균을 행하지 않고 생균수를 측정해본 결과, 접종 초기부터 32시간 까지는 새송이버섯 부산물에 있던 미생물에 의해 다양한 미생물총이 밀집되어 *Bacillus subtilis*만의 생균수를 측정 할 수가 없었다. 그러나 40시간부터 새송이버섯 부산물에 있던 미생물간의 경쟁적 저해작용이나 pH의 감소로 인하여 단일 *Bacillus subtilis*의 single colony를 확인하여 그 개체수를 측정할 수 있었다. *Bacillus subtilis*는 40시간에  $8.2 \times 10^8$  Log cfu/ml를 유지하며 변화가 없었는데, 이는 삼각플라스크의 배양에서와 동일하게 나타난 결과이다. pH의 변화를 살펴보면 멸균 상태인 50 ml 및 250 ml 삼각플라스크보다 초기 pH의 값은 높았지만 점차적으로 낮아지면서 *Bacillus subtilis* 배양 후 40시간부터 pH 4.3의 값을 유지하여 삼각플라스크와 마찬가지로 동일하였다. *Bacillus subtilis* 배양 후 48시간 후에 Yeast인 *Saccharomyces carlsbergensis Saflager S-23*을 배양하였다. 초기 상태  $6.6 \times 10^6$  Log cfu/ml에서 88시간 까지 점차적으로 증가하면서 최대값인  $9.74 \times 10^9$  Log cfu/ml가 지나면서 삼각플라스크 배양에서와 마찬가지로, 감소하기 시작하였으며 최종적으로  $8.6 \times 10^8$  Log cfu/ml를 나타내었다. *Bacillus subtilis* 접종 후 96시간 후에 *Lactobacillus plantarum*을 접종 하였다. 초기 접종 농도는  $6.7 \times 10^6$  cfu/ml였으며, 16시간이 지난 시점에서 점차적으로 최종적으로  $8.6 \times 10^6$  Log cfu/ml임을 확인하였으며 최종 pH는 4.2를 나타내었다.

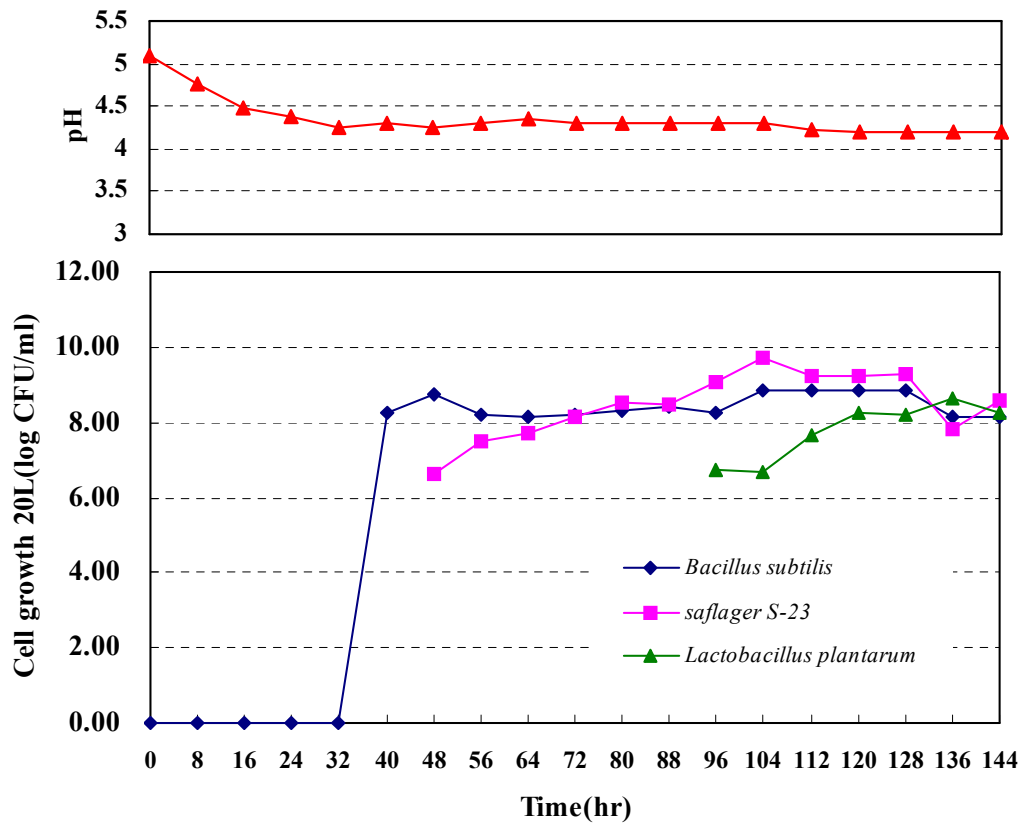


그림 11. 20 L 발효통 배양 중의 생균수 및 pH의 변화

#### 다. 새송이버섯 부산물과 *Bacillus subtilis*의 상관관계

새송이버섯 부산물이 *Bacillus subtilis*의 성장에 미치는 영향을 알아보기 위해 새송이버섯 착즙액의 농도를 달리하여 *Bacillus subtilis*의 성장을 확인하였다. 새송이버섯 착즙액에 LB broth배지 성분이 포함된 곳에는 앞의 실험에서와 마찬가지로 *Bacillus subtilis*는 배양 초기부터 배양 종료 시점까지 시간이 지남에 따라 생균수의 값은 변화가 없었다. 하지만 일정하게 생균수가 유지 되는 것으로 보아 *Bacillus subtilis*의 특성인 아포를 형성하여 배지 안에 존재하면서 생균수 측정이 나타난 것으로 생각 되어 진다. 착즙액 50%에서도 마찬가지로 생균수의 값은 변화되지 않았다. 착즙액 100%와 50% 농도에서는 *Bacillus subtilis*의 생장이 이루어 지지 않았지만, 착즙액 25%와 10% 농도에서는 오히려

*Bacillus subtilis*의 성장에서 더 안정적으로 균수 증가가 이루어짐을 알 수 있었다.

**라. 멸균된 발효통을 이용한 배양에서 생균수 측정 및 pH 변화**

삼각플라스크에서와 멸균되지 않은 20 L 발효통을 이용한 결과, *Bacillus subtilis*의 균수는 접종시점에서와 일정하였다. 또한 비멸균 20 L 발효통에서의 결과에서 다양한 미생물 집단이 발견되었기 때문에 이를 보완하여 20 L 발효통을 멸균한 뒤 각 균주를 접종하였다. 그림 12는 *Bacillus subtilis* 접종 후 부터 *Lactobacillus plantarum* 배양이 완료되는 시점까지 8시간 단위로 sample을 회수하여 생균수 및 pH를 측정한 그래프이다.

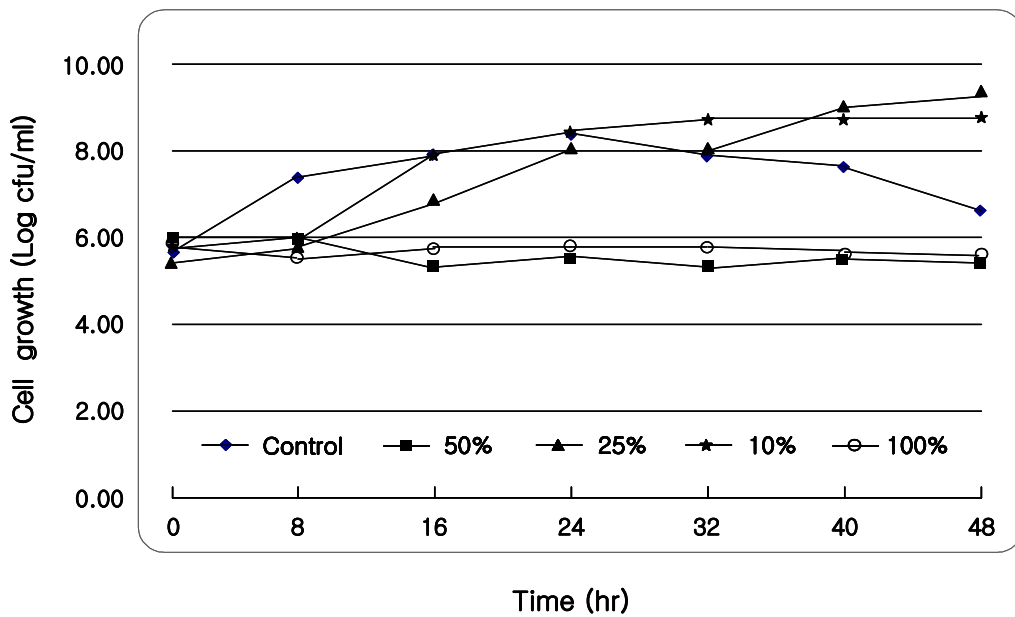


그림 12. 착즙액 농도별 *Bacillus subtilis*의 cell growth

*Bacillus subtilis* 배양시 균체량을 증가시키기 위하여 배양조건을 변화를 주었다. 전 배양 배지로서 Levan 형성 배지(yeast extract 0.25%, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.3%, NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.3%, MgCl<sub>2</sub> 0.07%)에 *Bacillus subtilis*가 적응을 원활히 할 수 있도록 새송이버섯 부산물 추출액 10%를 첨가하여 사용하였으며, *Bacillus subtilis*의 증식이 원활히 이루어 질 수 있도록 진탕배양(150 rpm)을 실시하였다. 배양 후 10% 접종하여 접종 농도를 높여 6.9×10<sup>6</sup> Log cfu/ml의 균수를 나타내었다. 또한 20 L 발효통을 사용하여 배양 할 때, 진탕배양을 통하여 균체 증식이 원활하게 이루어 질수 있게 하였으며, 기존의 실험에서 일정하게 유지되던

균체 증가량을 높이기 위해 배양 후 48시간이 지난 시점에서 *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23 접종과 함께 LB broth에서 미리 *Bacillus subtilis*를 배양하여 7000 rpm 10분간 원심분리를 실시한 후 멸균수 20 ml에 현탁 후 *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23을 접종시에 추가 배양하였다. 접종 후 *Bacillus subtilis*는  $8.7 \times 10^8$  cfu/ml 상태가 되었으며, 96시간에  $9.0 \times 10^8$  cfu/ml까지 증가 하였다가 감소하기 시작 하였다. *Saccharomyces carlsbergensis* Saflager S-23은  $7.9 \times 10^8$  cfu/ml의 초기상태에서  $9.1 \times 10^8$  cfu/ml까지 증가 후 감소 하였다. *Lactobacillus plantarum*은  $7.7 \times 10^7$  cfu/ml으로 시작 되어  $8.2 \times 10^8$  cfu/ml까지 증가 후 배양이 완료(그림 13, 14) 되었다.

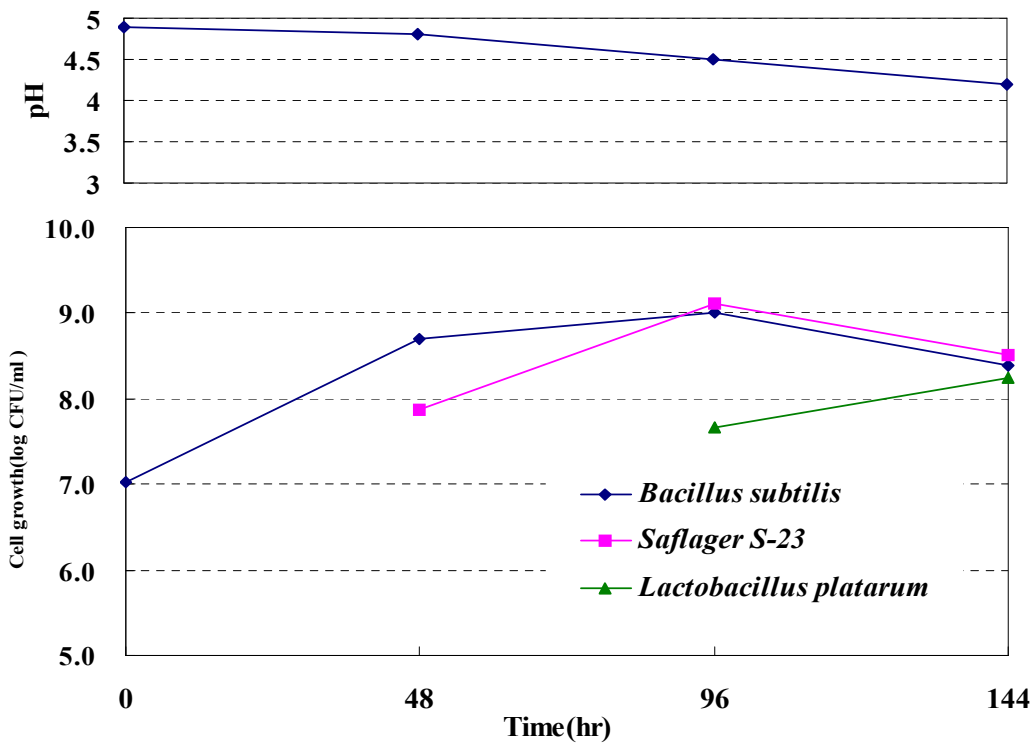


그림 13. 멸균된 20 L 발효통에서의 생균수 및 pH 변화



그림 14. 배양 후(좌)와 배양 전(우)

#### 마. 배양시간에 따른 Sucrose의 농도측정

배양시간에 따른 sucrose의 변화량을 알아보기 위하여 TLC확인을 하였다. TLC확인 결과, 초기접종상태에서는 배지성분의 sucrose(그림 15. C)와 약간의 oligo당(그림 15. D)과 레반(그림 15, E)이 검출되었으나 배양시간이 지남에 따라 sucrose의 양은 줄어들면서 fructose(그림 15. A)와 glucose(그림 15. B)가 검출되었다. 배양 후 72시간이 경과 되면서 sucrose는 완전히 소모되어 fructose와 glucose가 증가되어 72시간에 최대값을 가졌으며, 이후 fructose와 glucose가 완전히 소모되었고, 96시간 이후에는 sucrose, fructose 및 glucose가 완전히 검출되지 않고 약간의 oligo당과 levan만이 검출되었다.

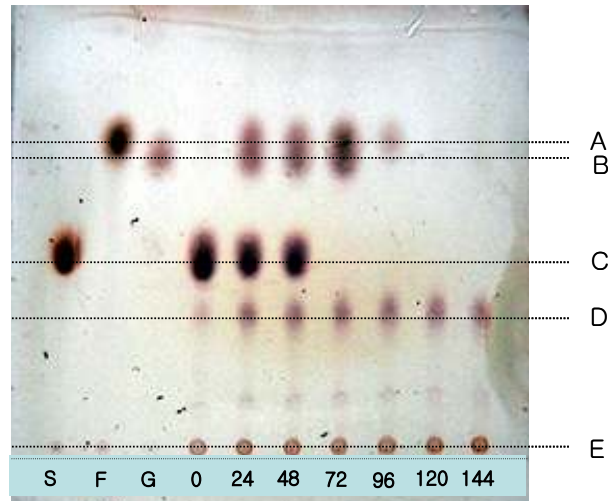


그림 15. Thin Layer Chromatograph(TLC)를 사용한 배양시간에 따른 Sucrose의 변화 (S; sucrose, F; fructose, G; glucose, Time; 0~144 hr)

#### 바. 배양시간에 따른 Glucose의 농도측정

그림 16은 배양시간에 따른 Glucose 변화량을 알아보기 위한 Sample은 초기접종상태에서 부터 24시간 단위로 1 ml 씩 취한 후 원심분리(7000 rpm, 10 min)를 행하여 상등액을 회수한 후 100배 희석하여 Glucose Assay kit를 사용한 결과의 그래프이다. glucose 변화량을 알아본 결과, 배양 후 24시간까지 glucose 18 g/L 생성되었으며 이후 72시간에 22 g/L 까지 생성된 후 급속히 감소하기 시작하여 120시간 이후에는 glucose가 검출되지 않았다.

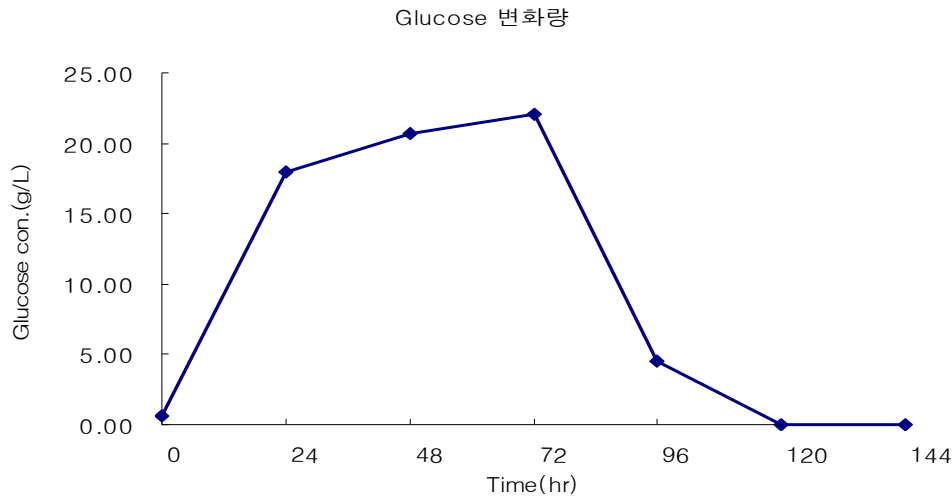


그림 16. 배양시간에 따른 Glucose 변화량 측정

#### 사. 새송이버섯 발효사료의 생균저장성

새송이버섯 발효사료를 4℃ 저온(냉장고) 조건에 4주간 보관하면서 *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces carlsbergensis* 및 *Lactobacillus plantarum*의 경시적인 밀도변화를 조사한 결과, 그림 17에서와 같이 3가지 균 모두 보관 중에 균수의 감소는 보이지 않았다. 이는 본 시험에서 개발된 새송이버섯 발효사료가 4℃ 저온조건에서 4주 이상 보관이 가능함을 시사하고 있다.



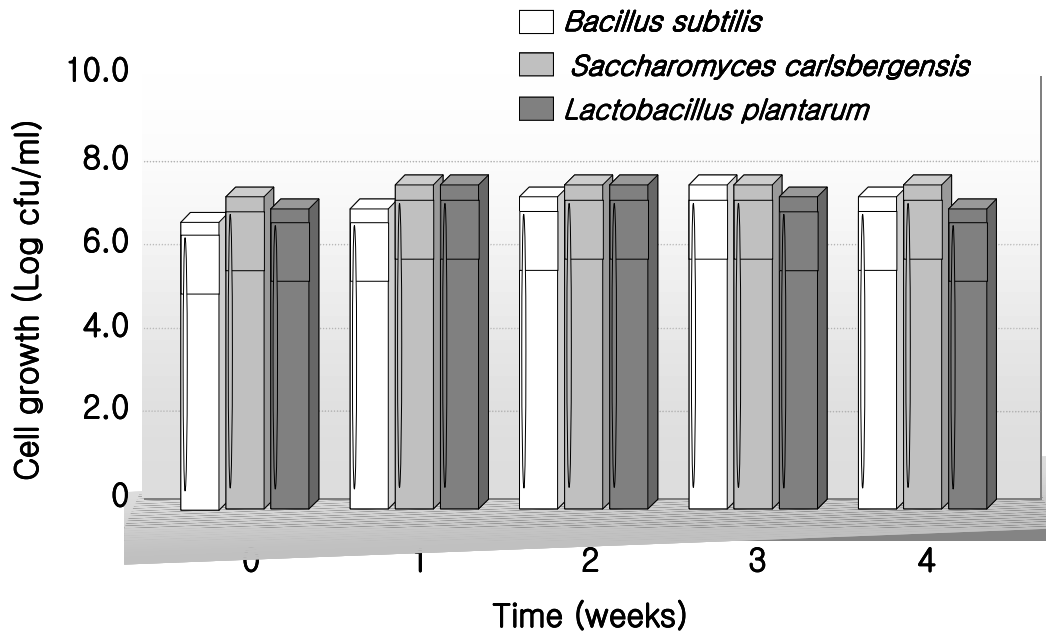


그림 17. 발효사료의 4°C보관 중의 *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces carlsbergensis* 및 *Lactobacillus plantarum*의 경시적인 밀도변화

#### 아. 새송이버섯 폐배지의 발효가공기술 개발결과

그림 18에 나타낸 바와 같이 버섯과치를 100으로 할 경우, 균체과치의 경우 50% 정도가 새송이버섯의 자실체 부분과 균사체로 구성되어 있음을 알 수 있고, 폐배지의 경우 약 5% 정도가 새송이버섯의 균사체인 것을 알 수 있었다. 폐배지에 영양원 등을 고려하여 발효균주로는 곰팡이가 적당할 것으로 추정되어 상황버섯균인 *Phellinus baumi*를 접종하여 보았다. 멸균을 하지 않은 배지와 멸균한 배지로 나누어 접종하여 25°C에서 배양했을 경우, 멸균을 하지 않은 배지에서는 *Phellinus baumi*가 성장할 수 없었으나 멸균한 폐배지에서는 생육가능한 것으로 나타났다. 이와 같이 멸균하지 않은 배지에서는 자라지 못하고, 멸균한 배지에서 자라는 것은 새송이버섯 자실체 형성 중에 생성된 열에 불안정한 항곰팡이성 물질에 기인되는 것으로 추정된다.

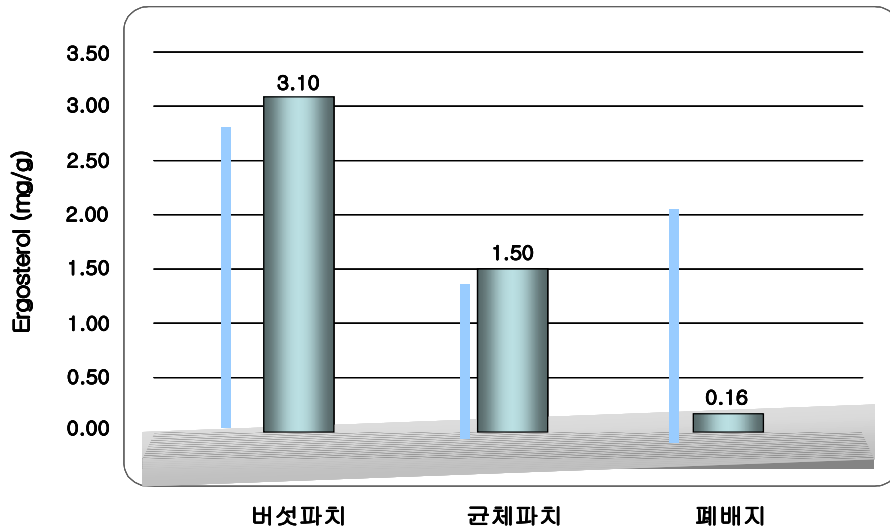


그림 18. 새송이 버섯파치, 균체파치 및 폐배지의 ergosterol함량

상황버섯균사체가 생육한 폐배지의 ergosterol 함량을 측정한 결과를 그림 19에 표시하였다. 상황버섯균사체를 접종함으로써 균사체가 약 100% 정도 더 증가하여 버섯자체의 ergosterol 함량에 비하면 약 10분의 1 정도로 나타났다.

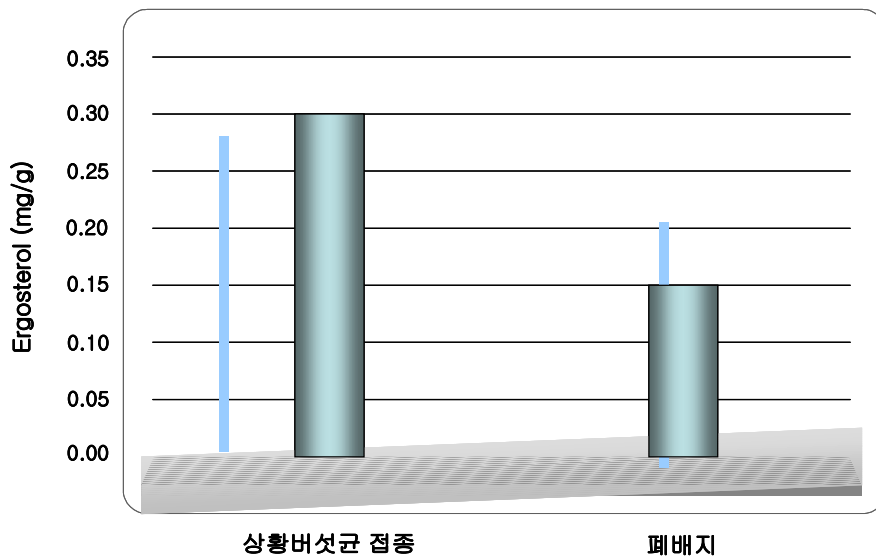


그림 19. 상황버섯균사체 배양 후의 ergosterol 함량

또한 폐배지의 향취를 바꾸기 위하여 설탕을 탄소원으로 1% 첨가하여 과일향을 내는 버섯균주 및 맥주발효효모를 접종하여 보았다. 폐배지의 경우에 비하여 ergosterol 함량이 80~100% 정도 증가하였다(그림 20). 이는 균체의 성장이 이루어 졌음을 알 수 있고 또한 이들 균의 배양에 의하여 오는 향미의 개량이나 균체 성분 에 의한 기능성 뿐 만 아니라 영양학적 가치 증가를 기대할 수 있을 것으로 판단되며 폐배지를 활용한 사료 개발 가능성이 있을 것으로 판단되며 특히 폐배지의 경우 거의 폐기물 수준이므로 이를 고부가가치사료로 개발 가능할 것으로 사료된다.

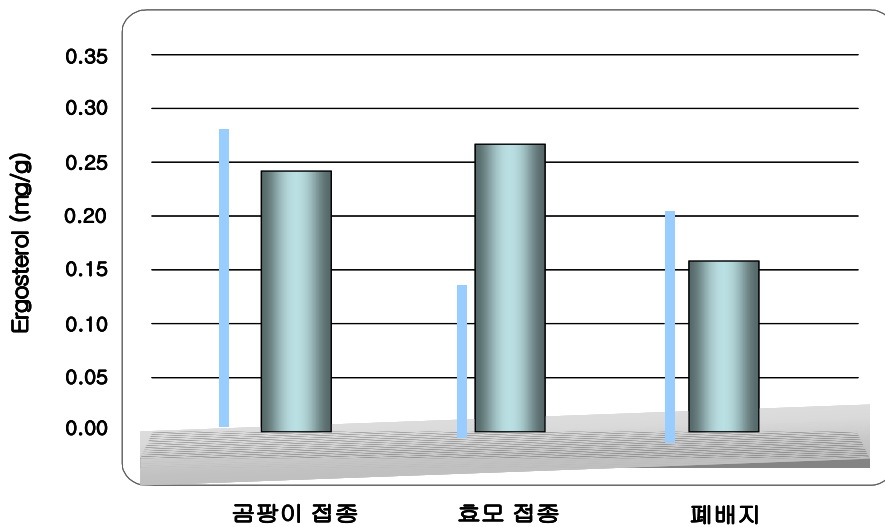


그림 20. 폐배지에서 곰팡이 및 효모 배양 후의 ergosterol 함량

#### 자. 실제 생산을 위한 100 L 통에서의 발효시험생산

실제 버섯파치 및 균체파치를 이용하여 발효사료를 발효생산하기 위하여 본 연구의 주관기관인 (주)머쉬토피아에서 제공한 신선한 버섯파치 및 균체파치를 100 L 통에 넣은 후에 3종의 균주를 이용하여 발효실험을 행하였다. 발효 중의 균수의 변화를 조사한 결과 (그림 21), 144시간 후에도 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup> Log cfu/ml의 밀도를 유지하는 것으로 나타나, 이는 대량생산을 위한 가능성이 매우 높음을 시사하고 있다.

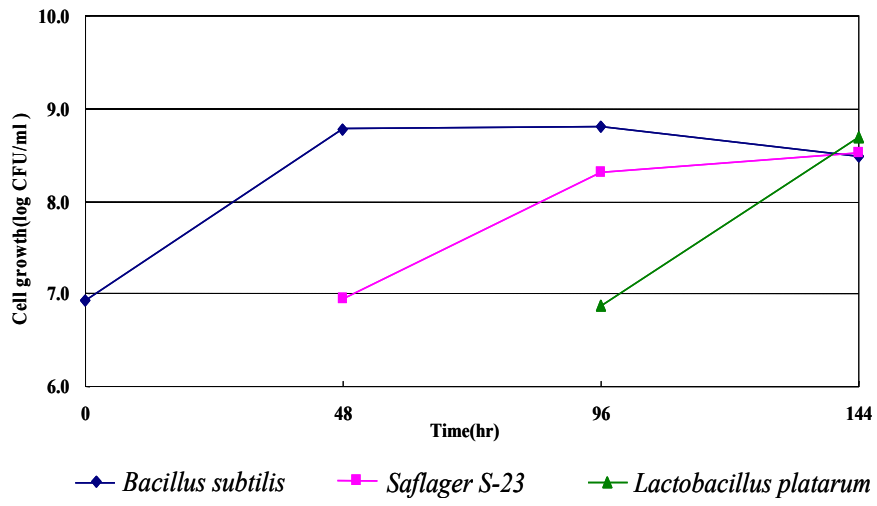


그림 21. 100리터 통에서의 발효 중 균수의 변화

### 3. 기능성사료에 의한 사양기술 개발

#### 가. 이유자돈에 대한 기능성 사료의 효능 검증과 적정 급여 조건 개발

##### 1) 생산형질

본 시험은 기존의 항생제가 들어있는 사료(C)와 무항생제 사료에 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0.5%(T1), 무항생제 사료에 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%(T2) 및 무항생제 사료에 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.5%(T3)를 급여한 사양시험으로, 일령(20±1일)과 생체중(5±0.2 kg)이 비슷한 이유자돈을 공시하여, 42일간 급여하여 전체 22±2 kg에 도달해 시험을 종료하였다. 1돈방 당 15두씩 배치한 후 3반복으로 실시하였으며, 시험사료는 인천시 소재 대한사료(주)에서 판매하고 있는 항생제가 들어있는 이유자돈 사료와 무항생제 이유자돈 사료를 주문 제조 하여 동일하게 급여하였다. 본 시험에서 얻은 생산형질의 결과는 표 25와 같다.

Table 25. Effect of feeding King oyster mushroom on growth performance, feed intake, feed conversion rate and feed efficiency in Piglet

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
<b>Growth performance</b>				
Initial body weight(kg)	5.66±0.50	5.45±0.37	5.52±0.26	5.39±0.26
Final body weight(kg)	20.15±0.81 <sup>d</sup>	21.35±0.65 <sup>c</sup>	23.47±0.48 <sup>a</sup>	22.71±0.76 <sup>b</sup>
Body weight gain(kg)	14.49±0.90 <sup>d</sup>	15.89±0.55 <sup>c</sup>	17.95±0.64 <sup>a</sup>	17.32±0.85 <sup>b</sup>
Daily weight gain(kg/day)	0.34±0.02 <sup>d</sup>	0.38±0.01 <sup>c</sup>	0.43±0.02 <sup>a</sup>	0.41±0.02 <sup>b</sup>
<b>Feed intake</b>				
Total feed intake(kg/head)	283.05±0.17 <sup>d</sup>	300.03±0.15 <sup>a</sup>	295.12±0.25 <sup>c</sup>	297.14±0.28 <sup>b</sup>
Daily feed intake(kg/day)	0.45±0.00 <sup>c</sup>	0.48±0.00 <sup>a</sup>	0.47±0.00 <sup>b</sup>	0.47±0.00 <sup>b</sup>
<b>Feed conversion(feed/gain)</b>	1.31±0.08 <sup>a</sup>	1.26±0.05 <sup>b</sup>	1.10±0.04 <sup>d</sup>	1.15±0.06 <sup>c</sup>
<b>Feed efficiency(gain/feed)</b>	0.77±0.05 <sup>d</sup>	0.79±0.03 <sup>c</sup>	0.91±0.03 <sup>a</sup>	0.87±0.04 <sup>b</sup>
Fall dead(head/45)	6	6	3	2
Fall dead percent(%)	13.33(86.67)	13.33(86.67)	6.67(93.33)	4.44(95.56)

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

<sup>a~d</sup>Means in the same row with different superscripts differ significantly(P<0.05).

개시체중은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 5.66, 5.45, 5.52 및 5.39 kg으로 비슷한 체중으로 유의적인 차이는 보이지 않았다. 종료체중은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 20.15, 21.35, 23.47 및 22.71 kg으로 항생제가 들어있는 C 처리구가 가장 낮게 나타났으나, T2 처리구(무항생제+새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%)가 가장 높게 나타났다(P<0.05). 증체량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 14.49, 15.89, 17.95 및 17.32 kg으로 처리구들 간에 차이를 보였고, 처리구들 중에서 T2 처리구가 가장 높게 나타나 유의적인 차이를 보였다(P<0.05). 일당증체량은 C, T1, T2 및 T3가 각각 0.34, 0.38, 0.43 및 0.41 kg으로 증체량과 마찬가지로 T2(무항생제+새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%) 처리구가 가장 높았다(P<0.05).

급여기간동안의 총 사료섭취량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 283.05, 300.03, 295.12 및 297.14으로 T1(무항생제+새송이버섯 파치 발효사료첨가제 0.5%) 처리구가 가장 높게 나타났다(P<0.05). 일일사료급여량에서는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 0.45, 0.48, 0.47 및 0.47 kg으로 총 사료섭취량과 마찬가지로 T1 처리구가 가장 높게 나타났다(P<0.05).

사료요구율은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 1.31, 1.26, 1.10 및 1.15로 항생제 사료를 급여한 C 처리구가 가장 높았으며(P<0.05), T2(무항생제+새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%) 처리구가 가장 낮게 나타났다(P<0.05).

사료효율에서는 C, T1, T2 및 T3가 각각 0.77, 0.79, 0.91 및 0.87로 T2 처리구가 유익적으로 가장 높게 나타났다(P<0.05).

이유자돈에 대한 기능성 사료의 효능검증과 적정급여조건 선발에서 폐사두수를 보면, 대조구인 C에서는 6마리를 보인 반면, T1, T2 및 T3는 각각 폐사두수는 6마리, 3마리, 2마리로 폐사율은 C, T1, T2 및 T3 각각 13.33 %, 13.33 %, 6.67 % 및 4.44 %로 대조구에 비해 새송이버섯 부산물 추출액 발효사료를 급여한 처리구가 좋은 결과를 보였고, 그 중에서도 T3가 폐사율 4.4 %로 가장 낮은 결과를 보였다.

이상의 결과로 미루어 자돈에 있어서 항생제와 새송이버섯 파치 발효사료첨가제의 첨가 수준별 급여는 생산형질의 경우 T2 처리구가 증체량과 일당증체량에서 좋은 결과를 나타냈으며, T2 처리구는 사료요구율은 가장 낮고, 사료효율은 가장 높게 나타나 가장 이상적인 첨가 수준이라 사료된다.

2) 경제성 분석

시험사양 기간 중에 급여한 사료섭취량과 배합사료 단가(1,040won/kg)와 새송이버섯 파치 발효사료첨가제(3,000원/kg)로서 사료비와 kg 증체당 사료비를 각각 구하고, 대조구(C)를 기준(100%)으로 하였을 때 각 처리구의 성적을 비교하였으며, 전 시험기간의 경제성을 분석한 결과는 표 26과 같다.

Table 26. Effect of feeding King oyster mushroom on feed cost and economic analysis of piglet

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
Total feed intake(kg)	285.05	300.03	295.12	297.14
King oyster mushroom feed(kg)	0	0.125	0.250	0.375
Total feed cost(won)	294,372	312,406	307,674	310,150
King oyster mushroom feed cost(won)	0	375	750	1125
Total feed cost(won/kg)	340	342	344	348
Initial body weight(kg)	5.66	5.45	5.52	5.39
Final body weight(kg)	20.15	21.35	23.47	22.71
Body weight gain(kg)	14.49	15.90	17.95	17.32
Gain cost(won/kg)	20,315	19,648	17,140	17,907
<b>Index(% weight gain)</b>	100	96.72	84.37	88.14

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

새송이버섯 파치 발효사료첨가제가 첨가수준별로 혼합된 사료를 이유자돈에게 42일 동안 급여하여 경제성을 분석한 결과, 총 사료급여량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 283.05, 300.03, 307.674 및 297.04 kg이었다. 시험기간 동안 급여한 총 사료비용은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 294,372원, 312,406원, 306,924원 및 310,150원이었으며, T2 처리구가 새송이버섯 파치 발효사료첨가제의 첨가량이 가장 많아 가장 높게 나타났다. kg당 사료단가에서는 모든 처리구가 같이 1,040원으로 나타났다. 증체량에 따른 사료비에서 총 증체량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 14.49 kg, 15.90 kg, 17.95 kg 및 17.32 kg으로 T2(무항생제사료+새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0%) 처리구가 가장 높았다. kg 증체당 사료비를 산출한 결과 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 20,315원, 19,648원, 17,140원 및 17,907원으로 처리구에 비해 대조구가 가장 높게 나타났다. kg 증체당 사료비에 의한 생산지수를 산출한 결과로 대조구인 C를 100%로 하였을 때, T1, T2 및 T3 처리구가 각각

96.72 %, 84.37 % 및 88.14 % 로 대조구 100%에 비하여 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 처리구에서 각각 3.28 %, 15.63 % 및 11.86%의 사료비가 감소하였으며, 새송이버섯 파치 발효사료첨가제 1.0% 첨가구인 T2 처리구에서 가장 낮은 생산지수를 보여 효과적이었다.

### 3) 혈액성상

공시가축에 대한 새송이버섯 파치 발효사료첨가제를 첨가수준별로 급여한 자돈의 혈액화학적치를 조사한 결과는 표 27과 같다.

총 콜레스테롤(Total cholesterol, mg/dl)은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 55.00 mg/dl, 54.20 mg/dl, 54.00 mg/dl 및 53.60 mg/dl으로 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

HDL-cholesterol(High-density lipoprotein cholesterol, mg/dl)은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 21.25 mg/dl, 21.80 mg/dl, 22.00 mg/dl 및 22.40 mg/dl로 대조구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고( $p < 0.05$ ), 새송이버섯 파치 발효사료첨가제의 첨가량이 증가할수록 HDL-cholesterol의 함량이 유의적으로 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), 처리구 중에서도 T3 처리구가 수치적으로는 가장 높게 나타났다.

Table 27. Effect of plasma biochemical composition in finishing pigs by added levels King oyster mushroom by-product

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
Total Cholesterol(mg/dl)	55.00±9.20	54.20±0.84	54.00±1.41	53.60±0.55
HDL-cholesterol(mg/dl) <sup>2)</sup>	21.25±0.50 <sup>b</sup>	21.80±0.45 <sup>ab</sup>	22.00±0.35 <sup>a</sup>	22.40±0.55 <sup>a</sup>
LDL-cholesterol(mg/dl) <sup>3)</sup>	22.91±0.96 <sup>a</sup>	18.47±0.60 <sup>b</sup>	18.44±0.13 <sup>b</sup>	18.45± 0.53 <sup>b</sup>
Total protein(g/dl)	4.88±0.33	4.88±0.41	5.10±0.07	5.12±0.33
Triglycerides(mg/dl)	75.00±0.82 <sup>a</sup>	75.60±0.55 <sup>a</sup>	72.64±0.85 <sup>b</sup>	72.44±0.52 <sup>b</sup>
Albumin(mg/dl)	2.55± 0.52	2.62±0.37	2.30±0.07	2.92±0.25
BUN(mg/dl) <sup>4)</sup>	19.20±0.84 <sup>b</sup>	20.46±0.65 <sup>a</sup>	17.90±0.21 <sup>c</sup>	20.72±0.40 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

<sup>a-c</sup>Means in the same row with different superscripts differ significantly( $P < 0.05$ ).

<sup>2)</sup>HDL-cholesterol; High-density lipoprotein cholesterol.

<sup>3)</sup>LDL-cholesterol; Low-density lipoprotein cholesterol.

<sup>4)</sup>BUN; Blood urea nitrogen.



LDL-cholesterol(Low-density lipoprotein cholesterol, mg/dl)은 대조구에 비해 새송이버섯 파치 발효사료첨가제의 첨가수준이 증가할수록 낮아졌고, C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 22.91 mg/dl, 18.47 mg/dl, 18.44 mg/dl 및 18.45 mg/dl로 대조구가 유의적으로 가장 높게 나타났다( $P < 0.05$ ).

식용버섯의 콜레스테롤 저하효과에 대한 선행연구를 보면, Kabir 등은 영지버섯 열수추출액에 함유되어 있는 다당체가 본태성 고혈압 흰쥐의 고혈압 치료효과와 더불어 혈청의 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과가 있다고 하였으며, Kim 등은 표고버섯, 영지버섯 및 느타리버섯 혼합분말을 첨가한 식이로 흰쥐를 사육한 바, 혈액의 총 콜레스테롤 농도를 감소시킨다고 하였고, 고에 의하면 동충하초가 고지방을 섭취한 쥐의 혈청의 콜레스테롤 및 중성지질을 낮추었다고 하였다. Cheung 등은 고 콜레스테롤 식이에 풀버섯의 액체배양액의 다당류인  $\beta$ -glucan을 1% 첨가한 식이로 2주간 사육한 바, 혈청의 총 콜레스테롤과 LDL-cholesterol 농도를 감소시키고, 변으로 배설되는 중성 스테롤의 양은 증가하고 반면 담즙산은 변화가 없음을 보여  $\beta$ -glucan의 콜레스테롤 저하효과는 간에서 HMG-CoA reductase와 관련이 있음을 제시하였다. Ebihara 등에 의하면 수용성 섬유소,  $\beta$ -glucan이나 펙틴 등이 쥐의 소장에서 담즙산과 결합하여 mucelles 형성을 감소시키고, 소장 mucosa의 물리적 특성을 변화시켜 콜레스테롤 흡수를 낮춘다고 하였다.

그리고 LDL-cholesterol은 혈중 콜레스테롤의 주된 운반형으로 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적시켜 동맥경화를 촉진시키는 작용을 한다(Gordon 등, 1981). 그러나 HDL-cholesterol은 입자의 안쪽에 있는 소수성 영역에 콜레스테롤을 함유하고 있으므로 동맥세포막에 콜레스테롤이 침착되는 것을 방지하게 된다. 그러므로 생체내에 HDL-cholesterol이 높을수록 동맥경화나 심장질환에 대한 위험이 낮게 된다(홍 등, 2002).

총 콜레스테롤에 대한 HDL-cholesterol의 비율은 대조구에 비하여 새송이버섯 파치 발효사료첨가제를 급여한 처리구가 유의하게 증가되어 그 비율을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났다.

LDL-cholesterol 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비하여 새송이버섯 파치 발효사료첨가제를 급여한 처리구가 유의하게 감소되어 LDL-cholesterol 농도와 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있는 것으로 나타나 Bobek 등(1997), Oh 등(2004), Cheung 등(1996a), Cheung 등(1996b)의 보고와 유사하였다.

총 단백질(Total protein, g/dl)은 대조구가 4.88 g/dl로 나타났고, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 4.88 g/dl, 5.10 g/dl 및 5.12 mg/dl로 대조구와 처리구 간에 유의적인 차이는

없었다. 총단백질의 증가(고단백혈증)는 자가면역성 질환을 발생시키고, 감소(저단백혈증) 시는 단백질공급부족으로 저영양, 소화기계의 질환과 단백질 합성장애, 배설이상 등을 야기할 수 있다.

중성지방(Triglycerides, mg/dl)은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 75.00 mg/dl, 75.60 mg/dl, 72.64 mg/dl 및 72.44 mg/dl으로 대조구가 가장 높았으며( $P<0.05$ ), 새송이버섯 과치 발효사료첨가제의 첨가수준이 증가할수록 유의적으로 낮게 나타났으며( $P<0.05$ ), 처리구 중에서는 T1 처리구가 가장 높았다( $P<0.05$ ). 이처럼 중성지방은 생체에서 에너지원으로 중요하며, 대부분 사료의 섭취에 의해 장관에서 흡수되는데, 증가 시 고지혈증으로 신장질환 및 췌장염 등을 유발시킨다.

BUN(Blood urea nitrogen, mg/dl)은 신장기능의 지표로서 대조구가 19.20 mg/dl으로 유의적으로 가장 낮았고( $P<0.05$ ), T1, T2 및 T3 처리구가 각각 20.46 mg/dl, 17.90 mg/dl 및 20.72 mg/dl로 처리구중 T2 처리구가 가장 낮게 나타났다( $P<0.05$ ).

기존의 연구결과에 의하면 새송이버섯을 사료에 첨가 혼합하여 급여하였을 때 혈청안의 콜레스테롤 수치가 감소한다고 보고가 있었고(Bobek 등, 1998; Cheung, 1998; Hossain 등, 2003), Bobek 등(1991)은 또한 버섯은 혈청의 콜레스테롤 증가를 더디게 한다고 보고한 바 있어 본 실험에서는 총 콜레스테롤이 유의적인 차이를 보이지 않아 상의한 결과를 보였다.

돼지를 대상으로 한 본 시험에서 모든 항목에서 약간의 유의차는 보였다. 이처럼 대조구와 처리구간의 혈액상에서 차이가 나는 것은 일반적으로 돼지의 월별, 체중, 성별, 발육 정도, 품종 및 건강상태 등의 자체적인 인자와 계절, 온도 및 측정시간 등의 환경적인 인자 및 채혈방법에 따른 기술적인 방법에 의하여 혈액상의 수치는 변동할 수 있다는 보고(Swenson 등, 1995)에서와 같이 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하였기 때문인 것으로 사료되므로, 추후 더 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

공시가축에 새송이버섯 과치 발효사료첨가제를 첨가수준별로 급여했을 때, 혈액의 IgG에 미치는 결과는 표 28과 같다. 본 실험의 결과는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 11.99 mg/ml, 12.66 mg/ml, 12.49 mg/ml 및 12.42 mg/ml로 대조구에 비해 처리구가 약간 높게 나타났으나 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P<0.05$ ). 일반적으로 IgG는 병원성 미생물로부터 질병의 감염을 수동적으로 억제하는 항체를 제공하는 고분자 당단백질로서, 세균, 바이러스 등의 항원에 대한 면역반응이 비교적 활발하다고 하였다(Butler, 1973). 이러한 IgG의 농도 변화는 질병발생 여부 및 그 상태를 예시하여 주는 중요한 척도로 IgG 농도의 증가는 질

병에 대한 면역력을 증가시키고 질병에 대한 저항력이 높아 질 수 있는 것으로 사료 된다. 그리고 돼지에서는 모체로부터의 항체는 반드시 초유를 통해서 신생자돈에 이행하는데 초유를 빨리 포유하면 항체가 장관을 통해서 순환계로 이행되며 이행된 항체는 다시 장관점막을 따라 높은 수준으로 농축되어 장점막의 면역반응을 형성하게 된다(윤, 1984). 요즘 항생제의 사용 문제가 제기되면서 항생제에 대한 규제 및 항생제 대체를 위한 많은 연구가 이루어졌다. 최근까지 항생제의 대체 방안으로 효소제, 효모, 생균제 등의 비항생제적 생리활성 물질의 첨가에 의한 연구들이 이루어지고 있다(Waldroup 등, 1982; Lindemanrt 등, 1986; 남과 백, 1986; 노 등, 1994; 박 등 1994). 본 시험의 결과를 보면 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 첨가하여 돼지에게 급여함으로써 뚜렷한 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 혈액의 IgG에 미치는 영향을 사양기간과 첨가율을 조정해서 추가적으로 연구를 진행할 필요가 있는 것으로 사료한다.

Table 28. Effect of feeding King oyster mushroom on IgG of pig

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
IgG (mg/ml)	11.99±0.40	12.66±0.81	12.49±0.01	12.42±0.92

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

#### 나. 육성·비육돈에 대한 기능성 사료의 효능 검증과 적정 급여 조건 개발

##### 1) 생산형질

본 시험에 이용한 공시가축은 일령이 비슷하고, 생체중이 81±1 kg되는 시험농장에서 사육되고 있는 일반백색돼지(LY×D) 240두에 1 돈방 당 20두씩 배치한 후 3반복으로 실시하였으며, 시험사료는 81±2 kg까지는 육성돈 사료를 무제한 급여하였고, 종료 시 체중 116±1 kg까지는 비육 후기사료에 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제(균체파치와 폐배지를 이용하여 제조한 발효사료첨가제)를 첨가수준별로 C(0%), T1(0.5%), T2(1.0%), T3(1.5%) 첨가하여 출하체중 116±1 kg까지 급여하였다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 생산형질의 결과는 다음 표 29와 같다.

Table 29. Effect of feeding King oyster mushroom on growth performance, feed intake, feed conversion rate and feed efficiency in Pig

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
<b>Growth performance</b>				
Initial body weight(kg)	81.17±0.75	81.00±0.63	81.50±0.84	81.83±0.75
Final body weight(kg)	116.40±0.55 <sup>b</sup>	117.20±0.84 <sup>a</sup>	117.70±0.45 <sup>a</sup>	117.60±0.55 <sup>a</sup>
Body weight gain(kg)	35.23±0.45	36.20±0.45	36.20±1.10	35.77±1.24
Daily weight gain(kg/day)	0.95±0.01	0.98±0.03	0.98±0.03	0.97±0.02
<b>Feed intake</b>				
Total feed intake(kg/head)	103.73±0.01 <sup>a</sup>	103.63±0.01 <sup>b</sup>	100.00±0.02 <sup>b</sup>	103.70±0.01 <sup>b</sup>
Daily feed intake(kg/day)	2.80±0.04 <sup>a</sup>	2.80±0.07 <sup>a</sup>	2.70±0.12 <sup>b</sup>	2.80±0.05 <sup>a</sup>
<b>Feed conversion(feed/gain)</b>	2.95±0.04 <sup>a</sup>	2.86±0.09 <sup>ab</sup>	2.77±0.10 <sup>b</sup>	2.88±0.06 <sup>ab</sup>
<b>Feed efficiency(gain/feed)</b>	0.34±0.00 <sup>b</sup>	0.35±0.01 <sup>ab</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	0.35±0.01 <sup>ab</sup>
Fall dead(head/60)	3	3	1	1
Fall dead percent(%)	5.00	5.00	1.67	1.67

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

<sup>a-d</sup>Means in the same row with different superscripts differ significantly(P<0.05).

개시체중은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 81.17, 81.00, 81.50 및 81.83 kg으로 대조구(C)와 처리구간의 체중이 비슷한 경향을 보여 유의적인 차이는 보이지 않았다.

종료체중은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 116.40, 117.20, 117.70 및 117.60 kg으로 대조구보다 새송이버섯 부산물 추출액 발효사료를 급여한 처리구가 높은 경향을 보였고(P<0.05), 처리구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

총 증체량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 35.23, 36.20, 36.20 및 35.77 kg으로 대조구와 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았고, 일당증체량도 총 증체량과 마찬가지로 대조구와 처리구간에 유의적인 차이는 없었다. C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 0.95, 0.98, 0.98 및 0.97 kg으로 나타났다.

총 사료섭취량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 103.73, 103.63, 100.00 및 103.70으로 대조구가 유의적으로 가장 높게 나타났고(P<0.05), 처리구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

일일사료급여량에서는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 2.80, 2.80, 2.70 및 2.80 kg으로 T2 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고(P<0.05), 대조구와 나머지 처리구는 유의적인

차이를 보이지 않았다.

사료요구율은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 2.95, 2.86, 2.77 및 2.88로 대조구가 유의적으로 가장 높게 나타났고( $P < 0.05$ ), T2 처리구가 유의적으로 가장 낮았으며( $P < 0.05$ ), 나머지 처리구는 유의적인 차이가 없었다.

사료효율에서는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 0.34, 0.35, 0.36, 및 0.35로 T2 처리구가 유의적으로 가장 높았고( $P < 0.05$ ), 대조구와 나머지 처리구간에 유의적인 차이는 보이지 않았다.

육성·비육돈에 대한 기능성 사료의 효능검증과 적정급여조건 선발에서 폐사두수를 보면, 대조구인 C에서는 3마리를 보인 반면, T1, T2 및 T3 처리구는 각각 폐사두수는 3마리, 1마리, 1마리로 폐사율은 각각 5.00 %, 5.00 %, 1.67 % 및 1.67 %로 대조구와 처리구 T1 폐사두수와 폐사율을 보였고, T2와 T3 처리구는 폐사두수 1마리와 폐사율 1.67 %로 같은 결과를 보였다.

Canibe와 Jensen은 발효를 시키지 않은 사료보다 발효시킨 사료가 젖산균을 많이 함유하고 있다고 보고하였고, Kim 등은 발효사료를 추가하여 비육돈에게 급여하면 생산형질에 영향을 준다고 보고하였다.

따라서, 본 연구에서는 종료체중에서 대조구에 비해 처리구가 높게 나타났으며, 사료효율은 대조구가 높았고, 처리구 중에서는 T2 처리구가 가장 낮았으며( $P < 0.05$ ), 사료효율은 반대로 대조구가 낮게 나타나고 전 처리구가 유의적으로 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 처리구 중에서는 T2 처리구가 사료효율이 가장 낮게 나타나 좋은 성적을 보였다.

## 2) 도체특성

도체분석 시료는 대조구와 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 첨가수준별로 급여한 처리구를 종료 시 체중  $116 \pm 1$  kg의 공시가축을 공인 도축장(부경양돈 도축장, 김해시 소재)으로 수송시킨 후, 1일 계류한 다음 도축, 탕박하여 도체등급(A, B, C, D등급)과 지육율(%)을 측정하였다.

도체등급 판정은 축협중앙회 축산물 등급 판정 기준에 따라 등급 판정사에 의해 등지방두께와 온도체중으로 1차 등급판정을 하고, 도체의 외관(균형, 비육상태, 지방부착상태, 마무리) 및 육질(조직감, 육색, 지방색과 질, 지방 침착)로 2차 판정한 후, 육량과 육질을 종합 판정하여 최종등급으로 하였다. 도체중은 도축 직후의 온도체중량을 측정하고, 등지방두께는 좌반도체 11~12번째 늑골사이 및 최종 늑골 바로 위쪽을 척추면과 수직되게 하

여 상·중·하로 측정하여 평균으로 하고, 지육율은 생체중에 대한 도체 중량을 백분율(%)로 환산하여 구한 값으로 하였고, 그 결과는 표 30과 같다.

Table 30. Effect of feeding King oyster mushroom on carcass characteristics of pig

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
Live body weight(kg)	116.40± 0.55 <sup>b</sup>	117.20± 0.84 <sup>a</sup>	117.70± 0.45 <sup>a</sup>	117.60± 0.55 <sup>a</sup>
Carcass weight(kg)	90.80± 0.45 <sup>b</sup>	92.20± 0.84 <sup>a</sup>	92.80± 0.45 <sup>a</sup>	88.60± 0.89 <sup>c</sup>
Dressing(%)	78.01± 0.41 <sup>a</sup>	78.67± 0.56 <sup>a</sup>	78.85± 0.57 <sup>a</sup>	75.34± 0.96 <sup>b</sup>
Backfat thickness(mm)	24.40± 0.55 <sup>a</sup>	24.20± 0.84 <sup>a</sup>	23.20± 0.45 <sup>b</sup>	25.00± 0.71 <sup>a</sup>
Carcass grade(A:B:C,%)	50 : 35 : 15	51 : 35 : 14	58 : 32 : 10	51 : 37 : 12
High carcass grade(A+B,%)	85	86	90	88

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

<sup>a-c</sup>Means in the same row with different superscripts differ significantly(P<0.05).

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 제조하여 첨가수준별로 급여한 뒤 출하일령에 도달하면 출하체중을 조사한 후 경남 김해시 장유면 소재 부경축산물공판장 도축장으로 이동하여 도축하였다.

도축한 후 생체중, 도체중량, 지육율 및 도체등급을 조사하였고, 다음 표 30과 같은 결과를 얻었다.

생체중량은 종로체중으로써 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 116.40 kg, 117.20 kg, 117.70 kg 및 117.60 kg으로 나타나 대조구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고(P<0.05), 처리구들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

도체중량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 90.80 kg, 92.20 kg, 92.80 kg 및 88.60 kg으로 나타나 T3구 처리구에서 유의적으로 가장 낮았고(P<0.05), T1과 T2 처리구가 유의적으로 높게 나타났다(P<0.05).

지육율도 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 78.01 %, 78.67 %, 78.85 % 및 75.34 %으로 나타나 T3구 처리구에서 유의적으로 가장 낮았고(P<0.05), 대조구와 다른 처리구간의 유의차는 보이지 않았다.

등지방 두께는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 24.40 mm, 24.20 mm, 23.20 mm 및 25.00 mm으로 나타나 등지방 두께는 T2 처리구가 유의적으로 가장 낮게 나타났고(P<0.05), 대조구와 다른 처리구들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

등급별 출현비율에서 상위 등급출현비율이 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 85 %, 86

%, 90 % 및 88 %로 나타났고, 그중에서도 T2 처리구가 가장 높게 나타났다.

따라서, 도체중량과 지육율에서 처리구중 T1과 T2 처리구(첨가수준, 0.5 %, 1.0 %)에서 높게 나타났고( $P < 0.05$ ), 등지방 두께에서도 다른 처리구에 비해 T2 처리구(첨가수준, 1.0%)에서 낮게 나타났으며( $P < 0.05$ ), 도체등급에서는 상위 등급출현율이 T2 처리구(첨가수준, 1.0%)에서 가장 높게 나타나 도체등급에서는 1.0% 급여구가 좋은 성적을 나타냈다.

### 3) 경제성 분석

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 만들어 일반배합사료에 첨가 혼합하여 발효사료를 제조하였고, 이를 첨가수준별로 급여하여 경제성을 분석한 결과는 표 31과 같다.

사양시험 기간 중에 급여한 사료섭취량과 배합사료 단가(500 원/kg)와 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제(3,000 원/kg)로서 사료비와 kg 증체당 사료비를 각각 구하여 생산형질을 비교하고, 각 처리구별의 도체 등급율과 경매가격(A등급: 200,000 원/두, B등급: 180,000 원/두, C등급: 160,000 원/두)을 기준으로 처리구별 경매가격을 산출한 후, 대조구(C)를 기준(100%)으로 하였을 때 각 처리구의 성적을 비교하여 경제성을 분석하였다.

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 만들어 이를 일반배합사료에 첨가 혼합하여 발효시켜 만든 발효사료를 첨가수준별로 혼합된 사료를 비육기간동안 급여하여 경제성을 분석한 결과, 총 사료급여량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 103.73 kg, 103.63 kg, 100.00 kg 및 103.70 kg이며, 그중에서 일반배합사료 급여량은 103.73 kg, 103.11 kg, 99.00 kg 및 102.14 kg이고, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여량은 0 kg, 0.518 kg, 1.000 kg 및 1.556 kg이었다.

총 사료단가는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 51,865 원, 53,110 원, 52,500 원 및 55,740 원 이었으며, 그중에서도 T3 처리구가 가장 높았고, 대조구에서 가장 낮게 나타났다. 이는 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제가 3,000 원/kg이어서 첨가수준이 증가할수록 총 사료단가가 높게 나타난 것이다.

증체량에 따른 사료비에서 일당 증체량은 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 35.23 kg, 36.20 kg, 36.20 kg 및 35.77 kg로 T1과 T2 처리구가 가장 높았다.

kg 증체당 사료비를 산출한 결과 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 1,472원, 1,467원, 1,450원 및 1,558원으로 대조구에 비해 T1과 T2 처리구는 낮게 나타났으나, T3 처리구는 대조구보다 높게 나타났다.

Table 31. Effect of feeding King oyster mushroom on feed cost and economic analysis of pig

Treatment <sup>1)</sup>	C	T1	T2	T3
<b>Feed intake(kg)</b>				
Total feed intake	103.73	103.63	100.00	103.70
Basal feed	103.73	103.11	99.00	102.14
King oyster mushroom feed	0.00	0.518	1.000	1.556
<b>Feed cost(won/42day)</b>				
Total feed cost	51,865.00	53,110.00	52,500.00	55,740.00
King oyster mushroom feed	0.00	1,554.00	3,000.00	4,688.00
Concentrate cost	51,865.00	51,556.00	49,500.00	51,072.00
Daily total feed cost(won/kg)	1,234.88	1,264.52	1,250.00	1,327.14
<b>Income</b>				
Initial body weight(kg)	81.17	81.00	81.50	81.83
Final body weight(kg)	116.40	117.20	117.70	117.60
Body weight gain(kg)	35.23	36.20	36.20	35.77
Gain cost(won/kg)	1,472.18	1,467.13	1,450.28	1,558.29
<b>Index(% , weight/gain)</b>	100.00	99.66	98.51	105.85
Live body weight(kg)	116.40± 0.55 <sup>b</sup>	117.20± 0.84 <sup>a</sup>	117.70± 0.45 <sup>a</sup>	117.60± 0.55 <sup>a</sup>
Carcass weight(kg)	90.80± 0.45 <sup>b</sup>	92.20± 0.84 <sup>a</sup>	92.80± 0.45 <sup>a</sup>	88.60± 0.89 <sup>c</sup>
Dressing(%)	78.01± 0.41 <sup>a</sup>	78.67± 0.56 <sup>a</sup>	78.85± 0.57 <sup>a</sup>	75.34± 0.96 <sup>b</sup>
Backfat thickness(mm)	24.40± 0.55 <sup>a</sup>	24.20± 0.84 <sup>a</sup>	23.20± 0.45 <sup>b</sup>	25.00± 0.71 <sup>a</sup>
Carcass grade(A:B:C,%)	50:35:15	51:35:14	58:32:10	51:37:12
High carcass grade(A+B,%)	85	86	90	88
Auction price <sup>3)</sup> (A+B+C,won/head)	187,000	187,400	189,600	187,800
<b>Auction index(%)</b>	100.00	100.21	101.39	100.43

<sup>1)</sup>C; basal diet, T1; basal diet + king oyster mushroom 0.5%, T2; basal diet + king oyster mushroom 1.0%, T3; basal diet + king oyster mushroom 1.5%.

<sup>2)</sup>feed cost; basal feed 500won/kg, king oyster mushroom cost 3,000won/kg.

<sup>3)</sup>Auction price : A; 200,000won, B; 180,000won, C; 160,000won.



kg 증체당 사료비에 의한 생산지수를 산출한 결과는 C, T1, T2 및 T3 처리구가 각각 100%, 99.66%, 98.51% 및 105.85%로 대조구 100%에 비하여 T1과 T2 처리구는 각각 0.34%, 1.49%로 낮게 나타났고, T3 처리구는 대조구에 비해 5.85 % 높게 나타났다.

도체등급평가결과 상위등급은 대조구 85%에 비하여 T1, T2 및 T3 처리구가 각각 86%, 90% 및 88%로 대조구에 비해 처리구들이 높은 결과를 보였다. 따라서 도체등급평가에 따른 경매가격을 산출한 결과, 대조구는 187,000원에 비하여 T1, T2 및 T3 처리구가 각각 187,400원, 189,600원 및 187,800원으로 대조구보다 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 처리구들이 경매가격에 의한 수익이 높게 나타났다.

따라서, 전체적으로 대조구에 비해 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 처리구가 생산단가(won)에서 낮은 결과를 보였지만, T3 처리구는 대조구보다 높은 생산단가와 처리구중 가장 높은 생산지수를 보였으며, 처리구 중에서 T2 처리구가 가장 낮은 생산지수를 보여 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가수준은 T2 처리구인 1.0 %첨가 급여하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

돈육소비에 대한 소비자의 경향이 점차 정육위주로 바뀌어지고 있고, 돈육내의 지방함량과 품질에 관하여도 높은 관심을 보이며, 양돈농가의 양돈생산비의 절반이상이 사료비이고, 배합사료원료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정에 사료원료의 절감과 인류의 식량과 직결되는 곡류사료를 최대한 배제하고 손쉽게 값싸게 구입할 수 있는 섬유소사료를 돼지에 이용할 수 있는 방안과 비육말기에 중점적으로 양질의 지방이 축적될 수 있는 사료의 공급과 방법의 개선이 필요하다고 본다.

#### 4. 기능성 돈육의 식품학적 평가

##### 가. 새송이버섯 부산물의 영양성분

###### 1) 일반성분 분석

새송이버섯 파치(T1)와 버섯재배 후 부산물인 균체파치(T2), 폐배지(T3) 및 새송이버섯 파치 발효사료첨가제(T4)의 일반성분을 분석한 결과는 표 32와 같다.

Table 32. Proximate composition and pH of King oyster mushroom and its byproducts

Sample code <sup>1)</sup>	T1	T2	T3	T4
Moisture (%)	86.10±0.20 <sup>2)c</sup>	73.20±0.30 <sup>b</sup>	64.60±0.30 <sup>a</sup>	89.37±0.42 <sup>d</sup>
Crude protein (%)	1.72±0.03 <sup>c</sup>	0.84±0.02 <sup>a</sup>	0.82±0.02 <sup>a</sup>	1.33±0.02 <sup>b</sup>
Crude lipid (%)	0.31±0.01 <sup>a</sup>	0.32±0.02 <sup>a</sup>	0.43±0.02 <sup>b</sup>	0.31±0.02 <sup>a</sup>
Ash (%)	0.63±0.02 <sup>a</sup>	1.64±0.02 <sup>b</sup>	1.85±0.04 <sup>d</sup>	1.73±0.03 <sup>c</sup>
Total sugar (%)	6.14±0.06 <sup>b</sup>	15.13±0.21 <sup>c</sup>	18.23±0.15 <sup>d</sup>	5.33±0.12 <sup>a</sup>
Crude fiber (%)	5.30±0.10 <sup>b</sup>	9.43±0.25 <sup>c</sup>	11.93±0.23 <sup>d</sup>	4.20±0.20 <sup>a</sup>
pH	7.10±0.10 <sup>b</sup>	7.43±0.12 <sup>c</sup>	7.43±0.06 <sup>d</sup>	6.40±0.20 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>T1; Fruitbody defective, T2; mycelium debris, T3; used substrate, T4; fermented mushroom byproduct

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05.

수분은 발효사료첨가제에서 89.37±0.42%로 가장 높았고 새송이버섯 파치는 86.10±0.20%였으며, 균체파치는 80% 미만이었다. 조단백질 함량은 새송이버섯 파치에서 1.72±0.03%로 가장 높았고 다음으로 새송이버섯 파치로부터 발효제조된 사료첨가제에서 1.33±0.02%였다. 조지방은 새송이버섯 파치 및 그 부산물에서 모두 0.5% 미만이었다. 회분은 새송이버섯 파치에서 0.63±0.02% 정도였는데, 그 외 부산물의 경우 1.64~1.85%의 범위로 새송이버섯 파치에 비해 약 3배 가량 높았다. 총당은 새송이버섯 파치와 발효사료첨가제에서 각각 6.14±0.06%, 5.33±0.12%로 균체파치(15.13±0.21%)와 폐배지(18.23±0.15%)에 비해 유의적으로 낮은 함량이었다. 조섬유는 폐배지에서 11.93±0.23%로 가장 높았으며, 발효사료첨가제의 경우 4.20±0.20%로 가장 낮은 함량이었다. pH는 새송이버섯 파치와 균체파치에서 7.10±0.10~7.43±0.12의 범위로 중성이었으나, 발효사료첨가제는 6.4±0.20으로 약산성을 띄었는데, 이는 미생물 발효에 기인된 것으로 판단된다. Hong 등은 새송이버섯의 조

단백질이 1.5% 정도, 회분은 0.7%, 수분은 87.8%라고 보고하였는데, 본 실험결과는 이와 유사하였다. Kim 등은 새송이버섯의 부위별 성분분석을 한 결과 조지방의 함량이 0.23~0.39%의 범위로 가장 낮았고, 회분은 0.76%로 본 실험결과와 비슷한 함량이었으나, 조단백질(3.48%), 조섬유(54.10%)의 함량은 본 연구와 약간 차이를 보였는데, 이는 새송이버섯 재배조건에 따른 차이 또는 버섯의 부위에 따른 차이라고 생각된다.

2) 무기질 함량 분석

새송이버섯 파치 및 그 부산물의 무기질 함량을 비교한 결과는 표 33에 나타낸 바와 같이 총 10종의 무기질이 검출되었다. 무기질의 총 함량은 3,696.1 mg/100 g으로 발효사료첨가제에서 가장 높았고, 다음으로 새송이버섯 파치(2,252.8 mg/100 g), 폐배지(1,499.5 mg/100 g), 균체파치(991.3 mg/100 g)의 순이었으며, 모든 시료에서 무기질의 조성은 K > P > Na > Mg > Ca의 순으로 높게 나타났다.

Table 33. Mineral contents of King oyster mushroom and its byproducts (mg/100 g)

Sample code <sup>1)</sup> Minerals	T1	T2	T3	T4
K	989.5±3.3 <sup>2)</sup>	445.2±0.2	677.9±0.2	1,969.1±2.2
Ca	45.2±1.2	19.5±0.3	26.6±0.1	109.5±3.2
Mg	158.4±0.3	21.6±0.1	54.4±0.1	246.4±1.0
Na	239.9±0.3	39.9±0.1	69.6±0.1	431.3±1.1
Mn	18.6±0.1	1.4±0.0	1.2±0.2	24.4±0.1
Fe	29.8±0.1	3.9±0.1	10.8±0.1	45.9±0.1
Zn	6.8±0.1	1.9±0.0	1.7±0.2	12.8±0.1
Cu	5.4±0.0	1.3±0.1	1.5±0.1	8.1±0.0
Al	4.4±0.1	4.4±0.0	0.2±0.1	9.6±0.1
P	755.0±2.3	452.2±0.1	655.6±0.0	898.0±0.4
Total	2,252.8	991.3	1,499.5	3,696.1

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

새송이버섯 파치의 무기질 중 칼륨 함량은 건물량 기준으로 289 mg/100 g 정도로 가장 높았으며, 새송이버섯 자실체, 대, 갓 부위의 무기질 함량은 갓 부위에서 가장 높고, 특히

칼륨은 2,000~3,000 mg/100 g이었다고 보고되어 있다. 특히 새송이버섯 파치는 발효과정을 통해 총 무기질 함량이 3.73배 정도 증가되었는데, 그 중 Mg, Na, Mn 및 Fe는 10~17배 정도, K 및 Ca은 4~5배 정도 증가되었다. 따라서 무기질의 함량이 낮은 새송이버섯 파치를 이용하여 발효사료첨가제의 제조 시 무기질의 조성에 뚜렷한 변화를 보이므로 향후 기능성 물질로의 이용 가능성이 예상된다.

### 3) 아미노산의 함량 분석

새송이버섯 파치 및 그 부산물의 아미노산을 분석한 결과, 그 조성의 함량은 표 34와 같다. 총 17종의 아미노산이 검출되었는데, 새송이버섯 파치에서 989.59 mg/100 g으로 가장 높았으며, 발효사료첨가제는 848.47 mg/100 g, 폐배지는 620.15 mg/100 g, 균체파치는 396.87 mg/100 g으로 정량되었다. 검출된 아미노산 중 glutamic acid의 함량이 가장 높았는데, 발효사료첨가제는 142.94±11.03 mg/100 g, 새송이버섯 파치는 105.24±4.68 mg/100 g이었다. 양송이, 느타리 및 표고버섯의 아미노산 분석에 관한 연구에서 총 18종의 아미노산이 동정되었는데, 함량은 53.37~120.15 mg/g(dry base)였으며, 새송이버섯과 같은 과에 속하는 느타리버섯의 경우 glutamic acid의 함량이 가장 높은 것으로 보고되어 있다. 새송이버섯 파치 발효사료첨가제는 버섯에 비해 아미노산의 총량은 낮았으나, glutamic acid의 경우 버섯에 비해 약 35.8% 정도 높은 함량이었다. 또한 균체파치와 비교해 볼 때 발효액의 아미노산 총량은 약 2.1배 정도 높아 새송이버섯 파치로부터의 발효사료첨가제의 제조는 폐기되는 부산물로부터 새송이버섯과 유사한 수준의 아미노산을 획득할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 34. Composition amino acid contents of King oyster mushroom and its byproducts

(mg/100 g)

Sample code <sup>1)</sup> Amino acid	T1	T2	T3	T4
Aspartic acid	75.77±0.98 <sup>2)</sup>	34.19±2.69	47.47±2.12	68.37±3.58
Threonine	46.46±0.66	20.99±1.76	29.13±1.76	35.22±3.26
Serine	55.08±1.71	24.84±1.54	34.50±1.69	54.32±5.03
Glutamic acid	105.24±4.68	47.43±2.46	65.89±3.12	142.94±11.03
Proline	31.14±0.79	14.05±0.94	19.51±0.99	22.36±2.68
Glycine	54.62±0.39	24.68±2.09	34.24±1.95	34.73±3.29
Alanine	54.51±1.74	24.63±2.26	34.17±1.88	41.56±1.18
Cystine	34.23±2.59	15.53±1.80	21.51±2.41	29.97±4.27
Valine	13.99±1.86	6.29±0.62	8.75±0.91	10.25±1.42
Methionine	52.39±1.45	23.62±1.44	32.81±1.34	41.17±4.40
Isoleucine	56.17±2.44	25.30±1.70	35.15±1.08	35.48±2.78
Leucine	25.84±1.29	11.69±1.28	16.20±1.19	20.10±0.58
Tyrosine	98.13±1.76	24.36±4.18	61.53±3.98	74.46±5.34
Phenylalanine	82.73±4.99	37.19±1.29	51.72±0.98	80.58±8.83
Histidine	76.68±2.26	24.65±3.39	48.07±2.99	59.37±2.25
Lysine	52.52±4.94	13.86±3.05	33.04±4.21	51.34±7.46
Arginine	74.05±5.06	23.53±4.22	46.47±2.47	46.23±3.26
Total	989.59	396.87	620.15	848.47

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

#### 나. 새송이버섯 부산물의 기능성

##### 1) 전자공여능

표 35는 새송이버섯 파치와 그 부산물을 메탄올 및 물로 추출하여 DPPH에 의한 전자공여능을 측정한 결과이다. 전자공여능은 시료의 첨가농도가 많아짐에 따라 유의적으로 증가하였고, 새송이버섯 파치 발효사료첨가제에서 가장 우수하였으며, 폐배지의 경우 가장 낮았다. 폐배지의 전자공여능은 추출용매에 따른 유의차가 없었으나, 그 외 시료에서는 메탄올추출물보다 물추출물에서 유의적으로 높았다. 특히 10 mg/ml 첨가 시, 메탄올추출

물에서는 새송이버섯 파치와 발효사료첨가제에서, 물추출물의 경우에는 폐배지를 제외한 시료 모두에서 50% 이상의 전자공여능이 관찰되었다. Kim 등은 부위별 새송이버섯의 추출용매에 따른 추출물의 전자공여능을 비교한 결과, 갓 부위에서 가장 높았으며, 물추출물이 80% 에탄올추출물보다 효과적이었다고 보고하였다. 반면에 새송이버섯 물추출물과 50% 및 100% 에탄올추출물을 비교한 연구에서는 50% 에탄올추출물의 전자공여능이 가장 우수하였으며, 물과 100% 에탄올추출물의 효과는 유의차가 없는 것으로 보고되어 있어 새송이버섯의 항산화 효력에 영향을 주는 물질이 수용성일 것으로 추정된다.

Table 35. DPPH radical scavenging ability of methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	9.10±0.26 <sup>2)cA</sup>	15.77±0.96 <sup>cB</sup>	34.30±0.90 <sup>cC</sup>	56.06±0.23 <sup>cD</sup>
	T2	3.03±0.21 <sup>bA</sup>	8.87±0.15 <sup>bB</sup>	22.77±0.65 <sup>bC</sup>	40.47±1.42 <sup>bD</sup>
	T3	1.40±0.10 <sup>aA</sup>	5.20±0.36 <sup>aB</sup>	13.33±0.51 <sup>aC</sup>	21.50±0.95 <sup>aD</sup>
	T4	15.10±0.56 <sup>dA</sup>	30.33±0.65 <sup>eB</sup>	48.17±0.91 <sup>fC</sup>	64.07±0.23 <sup>dD</sup>
Water	T1	20.40±1.87 <sup>eA</sup>	22.43±0.86 <sup>dA</sup>	37.73±0.90 <sup>dB</sup>	65.07±0.98 <sup>dC</sup>
	T2	21.47±0.81 <sup>eA</sup>	33.37±0.38 <sup>fB</sup>	40.50±1.48 <sup>eC</sup>	53.03±1.76 <sup>bD</sup>
	T3	1.43±0.21 <sup>aA</sup>	5.27±0.21 <sup>aB</sup>	13.37±0.72 <sup>aC</sup>	21.53±1.05 <sup>aD</sup>
	T4	33.47±1.05 <sup>fA</sup>	39.70±1.86 <sup>gB</sup>	50.73±1.99 <sup>gC</sup>	76.27±1.46 <sup>eD</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>a-g</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

## 2) Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

새송이버섯 파치와 그 부산물의 메탄올 및 물추출물의 SOD 유사활성을 측정한 결과, 표 36과 같이 시료의 첨가농도가 높아질수록 증가하는 경향이였다. SOD 유사활성은 환원력과 비슷한 경향으로 발효사료첨가제에서 활성이 가장 높았고, 다음으로 새송이버섯 파치, 균체파치, 폐배지의 순이였다. 발효사료첨가제의 경우 2.5 mg/ml 첨가 시 50% 이상의 활성이 있었으며, 추출용매에 따른 유의차는 적었다. 새송이버섯 파치는 메탄올추출물의 경우 10 mg/ml 첨가 시, 물추출물의 경우에는 5 mg/ml 첨가 시 50% 이상의 활성이 인정되

였으며, 물추출물에서 유의적으로 활성이 높았다. 기존의 연구결과에 의하면 새송이버섯 갓 부위의 에탄올추출물에서는 62.4%, 물추출물은 58.2%의 SOD 유사활성이 있었으며, 이는 시료 중의 총 페놀함량과 비례적이었다고 보고되어 있다. 또 새송이버섯 갓 부위의 물, 50% 및 100% 에탄올추출물의 SOD 유사활성 측정에서는 각각 62.57%, 33.35%, 21.33%로 나타나 물추출물의 활성이 가장 높았다고 하였다. 또한 식물체의 경우 물추출물은 에탄올추출물보다 항산화 활성의 효과가 크다고 한 연구결과는 본 실험과 잘 일치한 결과이다.

Table 36. SOD-like activity of methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts

Scavenging ability (%)

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	25.37±0.74 <sup>2) dA</sup>	36.13±2.77 <sup>dB</sup>	46.10±1.22 <sup>cC</sup>	55.50±3.65 <sup>dcD</sup>
	T2	19.53±2.12 <sup>cA</sup>	29.00±2.20 <sup>cB</sup>	43.37±2.76 <sup>cC</sup>	50.57±1.27 <sup>cD</sup>
	T3	7.90±0.17 <sup>aA</sup>	14.90±1.11 <sup>aB</sup>	30.13±2.34 <sup>aC</sup>	37.53±2.94 <sup>aD</sup>
	T4	45.07±1.80 <sup>fA</sup>	51.77±3.61 <sup>fB</sup>	55.10±2.81 <sup>efB</sup>	60.43±2.61 <sup>deC</sup>
Water	T1	28.93±3.06 <sup>eA</sup>	43.27±2.10 <sup>eB</sup>	53.27±2.85 <sup>deC</sup>	60.37±2.12 <sup>deD</sup>
	T2	22.27±1.29 <sup>cA</sup>	36.20±2.09 <sup>dB</sup>	50.50±2.78 <sup>dC</sup>	54.47±2.48 <sup>cC</sup>
	T3	13.40±0.98 <sup>bA</sup>	22.03±0.81 <sup>bB</sup>	37.23±1.90 <sup>bC</sup>	44.73±2.92 <sup>bD</sup>
	T4	49.37±2.14 <sup>gA</sup>	53.10±2.86 <sup>fAB</sup>	58.07±1.86 <sup>fB</sup>	65.23±3.70 <sup>eC</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>a-g</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

### 3) Hydroxyl radical 소거능

새송이버섯 파치와 그 부산물의 메탄올과 물추출물의 hydroxyl radical 소거능은 표 37에 나타낸 바와 같이, 폐배지 메탄올추출물은 1~5 mg/ml 첨가구에서 50% 미만의 소거능을 보였으나, 시료 첨가량의 증가에 따라서는 유의적이었다. Hydroxyl radical 소거능도 발효사료첨가제에서 가장 높았는데, 메탄올추출물보다 물추출물에서 소거능이 유의적으로 높았으며, 시료의 첨가농도에 따라서는 10 mg/ml 첨가 시 유의적인 차이가 있었으나, 10 mg/ml 미만의 농도에서는 유의차가 적었다. 또 균체파치와 비교해 볼 때 발효사료첨가제의 hydroxyl radical 소거능은 유의적으로 증가됨을 알 수 있었다. 새송이버섯 파치는 메탄올

추출물에서  $53.73 \pm 2.00 \sim 60.50 \pm 0.89\%$ 의 소거능이 있었는데, 물추출물에서는 1 mg/ml 첨가 시 65% 이상의 소거능을 보여 새송이버섯 파치의 hydroxyl radical 소거능이 물추출물에서 월등히 뛰어났다. 느타리버섯의 자실체와 균사체의 에탄올추출물은 유지 기질에서 항산화능이 우수하며 주된 항산화 물질은 열안정성을 지니며, 페놀 이외의 물질도 관여하는 것으로 추정된 바 있다. Liu 등도 버섯 다당류 추출물의 free radical 소거활성을 측정한 결과 구름버섯 균사체에서 54.1%의 hydroxyl radical 소거능이 있다고 하였다.

Table 37. The scavenging of hydroxyl radical in methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	$53.73 \pm 2.00^{2)ba}$	$55.63 \pm 1.86^{bAB}$	$57.73 \pm 1.01^{bBC}$	$60.50 \pm 0.89^{bC}$
	T2	$59.27 \pm 1.07^{cA}$	$52.83 \pm 2.91^{bAB}$	$56.40 \pm 1.04^{bB}$	$58.40 \pm 2.31^{bB}$
	T3	$36.50 \pm 1.30^{aA}$	$40.73 \pm 2.04^{aB}$	$47.27 \pm 1.97^{aC}$	$51.26 \pm 0.91^{aD}$
	T4	$62.30 \pm 1.92^{dA}$	$64.30 \pm 0.79^{cA}$	$65.70 \pm 3.09^{dA}$	$70.27 \pm 0.81^{dB}$
Water	T1	$66.00 \pm 1.51^{eA}$	$67.47 \pm 3.26^{cAB}$	$68.97 \pm 1.08^{dAB}$	$71.03 \pm 2.11^{dB}$
	T2	$62.77 \pm 1.18^{dA}$	$65.30 \pm 3.44^{cAB}$	$68.07 \pm 1.86^{dB}$	$69.40 \pm 2.23^{dB}$
	T3	$53.47 \pm 1.85^{bA}$	$56.53 \pm 1.67^{bB}$	$61.33 \pm 1.15^{cC}$	$64.23 \pm 1.21^{cD}$
	T4	$72.37 \pm 2.10^{fA}$	$73.80 \pm 1.93^{dAB}$	$74.86 \pm 2.22^{eAB}$	$78.17 \pm 3.18^{eB}$

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean $\pm$ SD, n=3.

<sup>a-f</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

#### 4) 환원력

새송이버섯 파치와 그 부산물인 균체파치, 폐배지 및 새송이버섯 파치 발효사료 첨가제의 메탄올과 물추출물을 이용하여 환원력을 비교한 결과 표 38과 같다. 시료의 첨가 농도가 많아질수록 환원력은 증가하는 경향이였으며, 각 추출물에서 발효사료첨가제의 환원력이 새송이버섯 파치 및 균체파치에 비해 유의적으로 높았으며, 특히 10 mg/ml 첨가 시 물추출물에서  $2.22 \pm 0.03$ 으로 가장 우수하였으며, 메탄올추출물에서는  $1.99 \pm 0.10$ 으로 추출용매 간에도 유의적인 차이가 있었다. 반면에 균체파치와 폐배지 간에는 시료의 첨가농도 및 추출용매의 차이에 따른 유의차가 없었다. 버섯 자실체 추출물 내에 존재하는 flavonoids



및 기타 phenol성 물질은 radical의 소거능을 지니며 산화적인 생물활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 효과를 나타내며, 이러한 물질이 새송이버섯에 존재한다고 보고되어 있는데, 본 실험에서 새송이버섯 파치의 환원력도 이와 같은 기능성 물질에 의한 것으로 사료된다. 본 실험의 결과, 균체파치의 환원력은 새송이버섯 파치보다 유의적으로 낮았으나, 이를 발효시킨 발효사료첨가제의 환원력은 새송이버섯 파치에 비해 유의적으로 더 높아 발효과정을 거치는 동안 환원력 증강에 기여하는 물질이 더 증가된 것으로 추정된다.

Table 38. Reducing power of methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts

(O.D.; 700 nm)

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	0.26±0.08 <sup>2)ba</sup>	0.56±0.03 <sup>cb</sup>	0.80±0.10 <sup>bc</sup>	1.44±0.22 <sup>cd</sup>
	T2	0.11±0.03 <sup>aa</sup>	0.19±0.02 <sup>ab</sup>	0.39±0.02 <sup>ac</sup>	0.68±0.04 <sup>ad</sup>
	T3	0.10±0.04 <sup>aa</sup>	0.22±0.03 <sup>abb</sup>	0.41±0.03 <sup>ac</sup>	0.69±0.04 <sup>ad</sup>
	T4	0.31±0.07 <sup>bcA</sup>	0.70±0.03 <sup>db</sup>	1.19±0.04 <sup>dc</sup>	1.99±0.10 <sup>dd</sup>
Water	T1	0.29±0.02 <sup>bcA</sup>	0.57±0.07 <sup>cb</sup>	0.92±0.05 <sup>cc</sup>	1.57±0.07 <sup>cd</sup>
	T2	0.12±0.04 <sup>aa</sup>	0.21±0.02 <sup>abb</sup>	0.43±0.02 <sup>ac</sup>	0.89±0.02 <sup>bd</sup>
	T3	0.12±0.01 <sup>aa</sup>	0.28±0.03 <sup>abb</sup>	0.43±0.04 <sup>ac</sup>	0.75±0.04 <sup>abd</sup>
	T4	0.36±0.02 <sup>ca</sup>	0.78±0.06 <sup>eb</sup>	1.33±0.10 <sup>ec</sup>	2.22±0.03 <sup>ed</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>a-e</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

#### 5) 아질산염 소거능

새송이버섯 파치 및 그 부산물의 아질산염 소거능을 pH 2.5 및 4.0의 반응 조건에서 측정하였다. pH 2.5의 반응 조건에서(표 39) 아질산염 소거능은 시료의 농도가 많아질수록 증가되었으며, 메탄올추출물에서는 42.93±1.71~72.97±2.18%, 물추출물에서는 57.66±1.80~81.07±0.81%로 모든 시료에서 물추출물이 메탄올추출물에 비해 유의적으로 높았다. 특히 메탄올추출물 10 mg/ml 첨가 반응 시, 발효사료첨가제는 72.97±2.18%, 새송이버섯 파치는 69.80±2.25%, 균체파치는 61.03±1.85%, 폐배지는 52.20±0.95%로 새송이버섯 파

치 발효사료첨가제에서 유의적으로 아질산염 소거능이 높았다. 발효사료첨가제 메탄올추출물의 아질산염 소거능은 균체파치에 비해 시료의 첨가농도에 따라 약 19.1~23.8% 정도 상승되었다. pH 4.0 조건에서의 아질산염 소거능은 표 40과 같이 메탄올추출물의 경우  $15.63 \pm 1.45 \sim 54.27 \pm 2.69\%$ , 물추출물에서는  $29.27 \pm 0.86 \sim 61.63 \pm 1.50\%$ 로 물추출물에서 아질산염 소거능이 높기는 하였으나, 전반적으로 pH 2.5 반응계의 소거능보다는 낮았다. 10 mg/ml 첨가 시 새송이버섯 파치 및 그 부산물의 아질산염 소거능은 유의적인 차이로 발효액에서 가장 높았다. 새송이버섯의 아질산염 소거능을 부위별, 추출용매별로 비교한 연구 보고에서는 수용성 추출물에서 소거능이 높았으며, 1% 물추출물의 경우 pH 1.2의 조건에서는 약 72.5% 정도였으며, 새송이버섯 갓 부위의 열수추출물은 pH 4.2에 조건에서 에탄올 추출물보다 아질산염 소거능이 높았다고 하여 본 실험결과와 비슷하였다. 아질산염은 제 2급 및 3급 아민 등의 아민류와 반응하여 강력한 발암물질인 nitrosamine을 생성시키며, 이러한 반응은 산성 pH 조건에서 쉽게 일어나지만, 아질산염의 소거도 산성 pH 조건에서 효과적이므로 nitrosamine의 생성을 억제시킬 수 있다고 보고되어 있다. 따라서 새송이버섯 파치 발효사료첨가제는 버섯에 비해 아질산염 소거능이 우수하여 향후 식품가공에 이용할 경우 nitrosamine에 의한 암 발생 예방에도 도움을 줄 것으로 생각된다.

Table 39. Nitrite scavenging effect of methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts in reaction system of pH 2.5

(%)

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	$56.00 \pm 3.48^{1)cA}$	$59.90 \pm 1.25^{cA}$	$65.10 \pm 1.61^{cdeB}$	$69.80 \pm 2.25^{cC}$
	T2	$49.20 \pm 0.89^{bA}$	$53.07 \pm 1.69^{bB}$	$57.10 \pm 2.18^{bC}$	$61.03 \pm 1.85^{bD}$
	T3	$42.93 \pm 1.71^{aA}$	$46.53 \pm 1.86^{aB}$	$48.93 \pm 2.60^{aBC}$	$52.20 \pm 0.95^{aC}$
	T4	$60.93 \pm 1.27^{dA}$	$63.20 \pm 1.15^{cA}$	$69.07 \pm 0.51^{eB}$	$72.97 \pm 2.18^{dC}$
Water	T1	$60.90 \pm 1.18^{dA}$	$63.17 \pm 1.10^{cA}$	$67.03 \pm 2.85^{deB}$	$72.77 \pm 1.40^{dC}$
	T2	$59.27 \pm 1.69^{cdA}$	$60.13 \pm 1.93^{cAB}$	$63.23 \pm 1.97^{cdB}$	$70.27 \pm 1.80^{cdC}$
	T3	$57.66 \pm 1.80^{cdA}$	$60.15 \pm 1.95^{cAB}$	$61.40 \pm 3.58^{cAB}$	$63.13 \pm 1.17^{bB}$
	T4	$69.15 \pm 1.23^{eA}$	$73.00 \pm 2.49^{dB}$	$76.33 \pm 1.17^{fC}$	$81.07 \pm 0.81^{eD}$

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean $\pm$ SD, n=3.

<sup>a-f</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

Table 40. Nitrite scavenging effect of methanol and water extracts from King oyster mushroom and its byproducts in reaction system of pH 4.0

(%)

Solvent	Sample code <sup>1)</sup>	Concentration (mg/ml)			
		1	2.5	5	10
Methanol	T1	26.33±1.72 <sup>2)ba</sup>	35.00±2.26 <sup>cb</sup>	40.70±1.23 <sup>cC</sup>	45.83±1.40 <sup>cd</sup>
	T2	24.83±2.02 <sup>ba</sup>	30.60±1.45 <sup>bb</sup>	36.63±1.03 <sup>bc</sup>	42.23±2.19 <sup>bd</sup>
	T3	15.63±1.45 <sup>aA</sup>	20.90±1.40 <sup>aB</sup>	24.47±1.46 <sup>aC</sup>	29.33±1.59 <sup>aD</sup>
	T4	36.40±1.97 <sup>dA</sup>	42.73±2.25 <sup>dB</sup>	48.40±1.95 <sup>deC</sup>	54.27±2.69 <sup>ed</sup>
Water	T1	38.20±1.70 <sup>dA</sup>	45.40±0.85 <sup>dB</sup>	50.20±2.74 <sup>eC</sup>	54.57±1.00 <sup>fD</sup>
	T2	36.93±1.35 <sup>dA</sup>	41.73±3.27 <sup>dB</sup>	46.83±2.52 <sup>dC</sup>	51.50±0.98 <sup>dD</sup>
	T3	29.27±0.86 <sup>cA</sup>	33.67±2.25 <sup>bcB</sup>	36.60±1.45 <sup>bcC</sup>	40.70±0.70 <sup>bd</sup>
	T4	46.60±1.57 <sup>eA</sup>	51.97±2.89 <sup>eB</sup>	56.70±1.10 <sup>fC</sup>	61.63±1.50 <sup>gD</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 32

<sup>2)</sup>Each value represents mean±SD, n=3.

<sup>a-g</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

#### 다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돼지의 혈액 성분 조성

돼지의 사육 시 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제(균체파치와 폐배지를 이용하여 제조된 발효사료첨가제)의 농도를 0, 0.5, 1.0 및 1.5%로 달리하여 사료에 혼합 급여한 후 돼지의 혈액 중 지질 조성 및 효소활성을 분석한 결과는 다음과 같다.

##### 1) 총지질, 총콜레스테롤 및 중성지방 함량

돼지의 비육기간 중 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 0%(C), 0.5%(T1), 1.0%(T2) 및 1.5%(T3)를 첨가 급여한 후, 돼지의 혈액으로부터 총지질, 총콜레스테롤 및 중성지방을 측정된 결과를 표 41에 나타내었다. 총지질은 대조구에서 306.22±18.27 mg/dl이었는데, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0.5% 첨가구에서는 303.96±4.60 mg/dl로 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면에 1% 및 1.5% 첨가구에서는 277.09±10.77 mg/dl, 266.87±15.34 mg/dl로 대조구에 비해 유의적으로 감소되었다. 총콜레스테롤도 총지질의 함

량과 같은 경향으로 1% 및 1.5% 첨가구에서 각각  $86.17 \pm 4.50$  mg/dl,  $84.47 \pm 3.30$  mg/dl로 대조구  $94.82 \pm 2.16$  mg/dl에 비해 유의적으로 감소되었다. 혈중 중성지방의 함량도 마찬가지로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 1% 및 1.5% 첨가구에서 대조구( $49.73 \pm 0.47$  mg/dl)에 비해 유의적인 감소를 보였다.

Table 41. Concentration of total lipids, total cholesterol and triglyceride in serum of pigs fed with the fermented King oyster mushroom byproducts liquid

(mg/dl)

Treatment <sup>1)</sup>	Total lipids	Total cholesterol	Triglyceride
C	$306.22 \pm 18.27^B$	$94.82 \pm 2.16^A$	$49.73 \pm 0.47^A$
T1	$303.96 \pm 4.60^B$	$94.27 \pm 4.11^A$	$47.70 \pm 1.42^{AB}$
T2	$277.09 \pm 10.77^A$	$86.17 \pm 4.50^B$	$47.42 \pm 0.87^B$
T3	$266.87 \pm 15.34^A$	$84.47 \pm 3.30^B$	$45.83 \pm 1.57^B$

<sup>1)</sup>C (Control): supplied with commercial diet,

T1: supplied with addition of 0.5% fermented King oyster mushroom byproduct liquid.

T2: supplied with addition of 1.0% fermented King oyster mushroom byproduct liquid.

T3: supplied with addition of 1.5% fermented King oyster mushroom byproduct liquid.

<sup>A-B</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

## 2) HDL-, LDL-, VLDL-콜레스테롤 함량

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 돼지의 혈청 중 HDL-, LDL- 및 VLDL-콜레스테롤 함량을 측정한 결과는 표 42와 같다. HDL-콜레스테롤 함량은 대조구 및 모든 실험군에서  $25.35 \pm 0.70 \sim 25.81 \pm 0.99$  mg/dl의 범위로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여에 따른 유의적인 차이가 없었다. LDL-콜레스테롤의 함량은 대조구에서  $59.52 \pm 1.96$  mg/dl였으며, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여량이 증가됨에 따라 감소되는 경향이었으나, 0.5% 및 1% 첨가구에서는 대조구와 별다른 차이가 없었으나, 1.5% 첨가구에서는 대조구 및 여타 처리구와 유의적인 차이로 감소되었다. VLDL-콜레스테롤의 함량은 대조구 및 처리구간의 유의차가 관찰되지 않았다.

Table 42. Concentration of HDL-, LDL- and VLDL-cholesterol in serum of pigs fed with the fermented King oyster mushroom byproducts liquid

(mg/dl)

Treatment <sup>1)</sup>	HDL-C	LDL-C	VLDL-C
C	25.36±0.60 <sup>A</sup>	59.52±1.96 <sup>A</sup>	9.95±0.09 <sup>A</sup>
T1	25.35±0.70 <sup>A</sup>	59.38±3.71 <sup>A</sup>	9.54±0.28 <sup>A</sup>
T2	25.65±0.58 <sup>A</sup>	51.03±4.95 <sup>A</sup>	9.48±0.17 <sup>A</sup>
T3	25.81±0.99 <sup>A</sup>	49.43±3.94 <sup>B</sup>	9.17±0.31 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

### 3) 동맥경화지수 및 심혈관질환위험지수

순환계 질환의 발병 위험도를 알리는 위험지수로 널리 이용되고 있는 동맥경화지수와 심혈관질환 위험지수는 혈중 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 비율에 의해 산출하였으며, 그 결과는 표 43에 나타난 바와 같다. 동맥경화지수(AI)는 대조구 및 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 0.5%와 1% 첨가구에서 2.74±0.10~2.36±0.22의 범위로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여에 따른 유의차가 없었으나, 1.5% 첨가구에서는 2.27±0.21로 대조구 및 여타 처리구에 비해 유의적인 감소를 보였다. 심혈관질환위험지수(CRF)는 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율을 나타냄으로써 심혈관질환의 위험도를 추정해 볼 수 있는데, 수치가 작을수록 심혈관질환 발병율이 낮은 것으로 여겨진다. 본 실험 결과 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제가 급여되지 않은 대조구에서는 3.74±0.10였는데, 1.5%의 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여는 3.28±0.21로 보아 다소나마 심혈관질환의 위험도를 유의적으로 감소시킬 수 있다고 사료된다.

Table 43. Level of AI and CRF in serum of pigs fed with the fermented King oyster mushroom byproducts liquid

Treatment <sup>1)</sup>	AI <sup>2)</sup>	CRF <sup>3)</sup>
C	2.74±0.10 <sup>A</sup>	3.74±0.10 <sup>A</sup>
T1	2.72±0.06 <sup>A</sup>	3.72±0.06 <sup>A</sup>
T2	2.36±0.22 <sup>A</sup>	3.36±0.22 <sup>A</sup>
T3	2.27±0.21 <sup>B</sup>	3.28±0.21 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>2)</sup>Atherogenic index(AI) = (Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

<sup>3)</sup>Cardiac risk factor(CRF) = Total cholesterol/HDL-cholesterol

#### 4) GOT, GPT 및 LDH 활성 측정

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 농도별로 각각 급여한 돼지의 혈중 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase), GPT(glutamic pyruvic transaminase) 및 LDH(lactate dehydrogenase) 활성을 측정한 결과는 표 44와 같다. 혈중 GOT 활성도는 대조구에서 192.67±1.15 unit/ml였는데, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여량을 증가시킬수록 유의적으로 감소되었다. GPT 활성도는 대조구에서 110.33±2.52 unit/ml, 0.5% 첨가구에서 105.67±1.15 unit/ml로 유의차가 없었으나, 1% 이상 첨가 시 유의적인 감소를 보였다. LDH 활성도는 대조구 및 0.5% 첨가구에서 1218.43±22.64 unit/ml, 1163.51±24.38 unit/ml였으며, 1% 이상 첨가 시 1122.27±18.73~1116.46±52.25 unit/ml 범위로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 무첨가구 또는 0.5% 첨가구에 비해 유의적으로 감소되었다.

Table 44. GOT, GPT and LDH activities in serum of pigs fed with the fermented King oyster mushroom byproducts liquid

Treatment <sup>1)</sup>	GOT	GPT	LDH
	(Karmen unit/ml)		(Wroblewski unit/ml)
C	192.67±1.15 <sup>A</sup>	110.33±2.52 <sup>A</sup>	1218.43±22.64 <sup>A</sup>
T1	177.67±2.52 <sup>B</sup>	105.67±1.15 <sup>A</sup>	1163.51±24.38 <sup>AB</sup>
T2	182.67±2.08 <sup>C</sup>	103.67±0.58 <sup>B</sup>	1122.27±18.73 <sup>B</sup>
T3	160.33±5.03 <sup>D</sup>	103.33±0.58 <sup>B</sup>	1116.46±52.25 <sup>B</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-D</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

## 라. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돈육 등심의 관능평가 및 물리적 특성

돼지 사육 시 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 농도를 0, 0.5, 1.0 및 1.5%로 달리하여 사료에 혼합 급여한 후 도축한 돈육 등심의 관능평가 및 4℃에서 20일간 저장하는 과정 중 물리적인 특성(가열감량, 조직감, 육색 및 지방색)의 변화를 측정한 결과는 다음과 같다.

### 1) 관능평가

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 농도별로 급여 사육하여 생산된 돈육 등심의 관능평가 결과는 표 45에 나타낸 바와 같이, 7점 평가법으로 좋거나 강하여 선호도가 높을수록 7점, 매우 나쁘거나 약할 경우 1점을 표시하도록 하였다. 육류에 대한 소비자의 만족도는 개개인의 기호성과 문화적 차이에 따라 다르지만, 요리 후 시식할 때 입안에서 느껴지는 조직의 변형성, 잘림성 및 다즙성 등의 복합적인 요인에 의하여 육질과 만족도에 대한 판단이 이루어지게 된다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여량에 따른 돈육의 색깔 차이는 유의성을 나타내지 않았다. 돈육의 이취 및 씹힘성도 대조구와 처리구간에 유의차가 없었다. 다즙성은 대조구에서  $4.80 \pm 0.84$ 점이었는데, 처리구(T1~T3)에서는  $5.29 \pm 0.49 \sim 5.50 \pm 0.84$ 점으로 대조구에 비해 유의적으로 높았으나, 처리구간의 유의차는 없었다. 돈육의 전반적인 기호도는 대조구에 비해 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 돈육의 기호도가 유의적으로 높았으나, 각 처리구간의 유의차는 없었다. 따라서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여하여 생산된 돈육의 기호도는 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 무첨가 돈육과 기호도 면에서 큰 차이가 나지 않아 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 첨가 급여에 따른 소비자들의 관능적인 선택에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 사료된다.

Table 45. Sensory evaluation in pork loin of pigs fed with the fermented King oyster mushroom byproducts liquid after 1 day storage at 4°C

Treatment <sup>1)</sup>	Items				
	Color	Off-flavor	Tenderness	Juiciness	Overall acceptability
C	5.60±0.55 <sup>A</sup>	4.80±0.84 <sup>A</sup>	5.00±0.71 <sup>A</sup>	4.80±0.84 <sup>B</sup>	4.81±0.84 <sup>B</sup>
T1	5.57±0.05 <sup>A</sup>	4.86±0.69 <sup>A</sup>	5.14±0.69 <sup>A</sup>	5.29±0.49 <sup>A</sup>	5.86±0.38 <sup>A</sup>
T2	5.83±0.75 <sup>A</sup>	5.33±1.03 <sup>A</sup>	5.17±1.72 <sup>A</sup>	5.33±0.52 <sup>A</sup>	5.84±0.75 <sup>A</sup>
T3	5.33±1.03 <sup>A</sup>	5.33±1.51 <sup>A</sup>	5.33±1.21 <sup>A</sup>	5.50±0.84 <sup>A</sup>	5.83±0.75 <sup>A</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

## 2) 가열감량의 변화

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여하여 생산된 돈육의 등심을 500 g씩 진공포장하여 4°C에서 20일간 저장하는 동안 가열감량을 측정한 결과는 표 46과 같다. 육류의 조리 시 발생하는 가열감량은 조리된 육류의 다즙성 및 육제품 제조 시 제품의 수율에 영향을 주는 요인으로서 본 실험결과 돈육의 저장기간이 경과함에 따라 대조구와 모든 처리구에서 감소하는 경향을 보였다. 대조구의 경우 저장 1일에 비해 저장 10일~15일 사이에 26.61±1.29~24.69±0.94 g/100 g으로 유의적인 감소를 보였으나, 저장 20일에는 30.07±2.49 g/100 g으로 가열감량이 다시 증가하였다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여하여 생산된 돈육의 경우에는 0.5% 첨가구에서는 10일 이후, 1% 첨가구에서는 15일 이후, 1.5% 첨가구에서는 저장 5일 이후부터 유의적으로 가열감량이 감소되었다. 진공 포장한 돈육은 냉장상태에서 2주, 즉 14일 이상 보관이 가능하므로 낮은 가열감량은 물리·화학적인 외부 자극에 대해 식육 내 수분을 유지하려는 성질이 높다는 것을 의미하며, 식육에 있어서는 가열감량이 낮을수록 풍미가 우수하게 된다. 본 실험결과 대조구와 처리구 간의 이러한 차이는 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여가 육의 다즙성과 연도에 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.



Table 46. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on cooking loss of pork loin during storage at 4°C

(g/100g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	29.90±3.02 <sup>Ba</sup>	27.75±2.80 <sup>Bab</sup>	26.61±1.29 <sup>Bbc</sup>	24.69±0.94 <sup>Bc</sup>	30.07±2.49 <sup>Aa</sup>
T1	33.93±3.35 <sup>Aa</sup>	31.80±1.32 <sup>Aa</sup>	30.90±1.78 <sup>Ab</sup>	26.26±0.88 <sup>Ab</sup>	28.00±1.57 <sup>Bb</sup>
T2	31.99±3.24 <sup>ABa</sup>	30.68±2.96 <sup>Aa</sup>	29.75±2.50 <sup>Aab</sup>	25.25±1.46 <sup>ABc</sup>	27.69±1.10 <sup>Bb</sup>
T3	31.86±1.51 <sup>ABa</sup>	30.50±2.19 <sup>Ab</sup>	26.80±1.91 <sup>Bbc</sup>	25.42±0.53 <sup>ABc</sup>	27.59±1.31 <sup>Bb</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

### 3) 조직감의 변화

표 47은 저장기간에 따른 전단가의 변화를 나타낸 것인데, 저장 1일에는 높은 강도를 보이다가 저장기간이 경과할수록 대조구 및 처리구(T1~T3)에서 감소하는 경향을 보였다. 대조구에서는 저장 1일에 5.64±0.56 cm/kg였으나 저장 20일에는 3.14±0.62 cm/kg으로 유의적으로 감소하였다. 처리구에서는 저장 1일에 4.57±0.46~5.07±0.22 cm/kg의 범위였으나, 저장 20일에는 3.00±0.24~3.12±0.24 cm/kg으로 대조구에 비해 감소의 폭이 작았다. 또한 저장 20일에는 대조구에 비해 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 처리구에서 낮은 전단력을 보였다. 전단가는 식육을 절단했을 때 투입되는 힘의 강도를 말하며, 고기의 질감과 연함의 척도로 사용되는 연도의 대표적인 측정치이다. 전단가는 앞의 가열감량과 높은 정의 상관관계를 가지며, 낮은 가열감량은 낮은 전단력으로 나타난다. 따라서 처리구에서 낮은 전단력을 나타내므로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여 시 부드러운 육질의 생산 가능성이 높을 것으로 사료된다.

Table 47. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on shear force of pork loin during storage at 4°C

(cm/kg)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	5.64±0.56 <sup>Aa</sup>	4.79±0.87 <sup>Ab</sup>	3.82±0.51 <sup>Ac</sup>	3.56±0.39 <sup>AcD</sup>	3.14±0.62 <sup>Ad</sup>
T1	4.57±0.46 <sup>Ca</sup>	4.12±0.71 <sup>ABa</sup>	3.49±0.24 <sup>Ab</sup>	3.25±0.61 <sup>Ab</sup>	3.12±0.24 <sup>ABb</sup>
T2	4.92±0.37 <sup>BCa</sup>	3.96±0.70 <sup>Bb</sup>	3.31±0.59 <sup>Ac</sup>	2.96±0.68 <sup>Ac</sup>	3.02±0.32 <sup>Bc</sup>
T3	5.07±0.22 <sup>Ba</sup>	3.87±0.62 <sup>Bb</sup>	3.24±0.48 <sup>Ac</sup>	2.98±0.58 <sup>Ac</sup>	3.00±0.24 <sup>Bc</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

#### 4) 육색 및 지방색의 변화

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여한 돼지의 등심을 4°C에서 20일간 냉장저장하면서 육부분과 지방부분으로 나누어 명도(Lightness), 적색도(redness) 및 황색도(yellowness)를 측정된 결과는 표 48, 표 49 및 표 50과 같다.

표 48은 명도를 나타낸 결과로 등심육의 경우 저장 1일에는 50.21±1.56~52.07±1.57의 범위로 처리구간의 유의적인 차이가 없었으나, 저장 기간 중 불규칙한 증감을 보이다가 저장 20일에는 모든 처리구에서 증가하는 경향을 보였는데, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 첨가구(T3)에서 가장 낮은 값(52.14±0.84)을 보였다. 등지방의 명도는 모든 처리구에서 저장 1일(77.62±0.76~78.95±0.68)에 비하여 저장 15일(80.30±0.52~81.68±0.82)까지 증가하는 경향을 보였으나, 저장 20일경에는 다소 감소하였다. 그러나 저장 기간의 증가에 따른 유의적 차이는 보이지 않았다. 일반적으로 육색은 소비자들이 고기의 구매를 결정하는 가장 중요한 요인 중의 하나이다. 즉, 신선육 구매 시 육색을 가장 중요하게 생각하며 일반적으로 돼지고기의 경우 담홍색을 띠고 있는 신선육을 선호하게 된다. 지방색 또한 밝고 우윳빛의 백색을 선호한다. 그러나 본 실험에서는 등심 및 등지방 모두 처리구간 유의적인 차이가 발견되지 않았으므로, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여가 돈육의 육색에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

Table 48. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on lightness (L) of pork loin during storage at 4°C

Treatment <sup>1)</sup>		Storage period (days)				
		1	5	10	15	20
Loin	C	51.63±0.72 <sup>Ab</sup>	51.73±1.67 <sup>Ab</sup>	51.85±1.13 <sup>Ab</sup>	53.32±0.55 <sup>Aa</sup>	52.93±0.55 <sup>ABab</sup>
	T1	50.21±1.56 <sup>Ac</sup>	51.27±0.92 <sup>Abc</sup>	52.65±0.79 <sup>Aab</sup>	52.86±1.05 <sup>Aa</sup>	53.18±0.81 <sup>ABa</sup>
	T2	52.07±1.57 <sup>Aab</sup>	51.92±1.99 <sup>Aab</sup>	52.53±1.01 <sup>Aa</sup>	50.06±1.37 <sup>Bb</sup>	53.91±1.99 <sup>Aa</sup>
	T3	51.40±0.81 <sup>Aa</sup>	52.43±1.21 <sup>Aa</sup>	52.57±1.21 <sup>Aa</sup>	52.39±1.24 <sup>Aa</sup>	52.14±0.84 <sup>Ba</sup>
Back fat	C	77.62±0.76 <sup>Ab</sup>	78.21±2.03 <sup>Ab</sup>	78.86±1.47 <sup>Ab</sup>	80.30±0.52 <sup>Aa</sup>	79.98±0.76 <sup>Aa</sup>
	T1	78.95±0.68 <sup>Abc</sup>	78.03±1.89 <sup>Ac</sup>	79.43±0.37 <sup>Abc</sup>	80.60±1.08 <sup>Aa</sup>	79.97±0.09 <sup>Ab</sup>
	T2	78.72±1.71 <sup>Ab</sup>	78.82±1.47 <sup>Ab</sup>	79.59±1.38 <sup>Ab</sup>	81.18±1.24 <sup>Aa</sup>	79.73±0.65 <sup>Ab</sup>
	T3	78.91±0.99 <sup>Ac</sup>	78.90±0.98 <sup>Ac</sup>	80.41±1.03 <sup>Ab</sup>	81.68±0.82 <sup>Aa</sup>	80.08±0.47 <sup>Abc</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

표 49는 등심육과 등지방의 적색도이다. 등심육의 적색도는 저장 1일에 대조구 및 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에서 7.60±1.63~7.99±0.74 범위였으나, 저장 20일에는 8.10±0.38~8.85±0.53의 범위였다. 등지방의 적색도는 대조구 및 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1%, 1.5% 첨가구의 경우 저장 기간에 따른 유의차가 없었으나, 0.5% 첨가구에서는 저장 10일까지 다소간 감소되다가 15일 이후 증가되어 저장 20일에는 저장 1일에 비해 유의적으로 높은 적색도를 보였다.

표 50은 등심육과 등지방의 황색도를 분석한 결과이다. 등심육은 저장 기간이 경과할수록 황색도가 증가하는 경향이였으나, 저장 1일~15일까지 유의차가 없었으며, 저장 20일에 비로소 유의적인 증가를 보였다. 그러나 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 첨가구는 모든 저장기간 동안 유의차가 없었다. 등지방도 등심육과 마찬가지로 저장 20일에 저장 초기에 비해 유의적인 증가를 나타내었다. 따라서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여가 돈육 등심육 및 등지방의 색도에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 보아, 장래에 신선육의 구입 시 육색깔에 따른 선호도 저하는 초래하지 않을 것으로 판단된다.

Table 49. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on redness (a) of pork loin during storage at 4°C

Treatment <sup>1)</sup>		Storage period (days)				
		1	5	10	15	20
loin	C	7.60±1.63 <sup>Aa</sup>	8.09±1.03 <sup>Aa</sup>	7.36±0.81 <sup>Aa</sup>	8.08±0.76 <sup>Aa</sup>	8.10±0.38 <sup>Aa</sup>
	T1	7.73±0.82 <sup>Aa</sup>	8.11±0.87 <sup>Aa</sup>	7.71±0.88 <sup>Aa</sup>	8.06±0.59 <sup>Aa</sup>	8.18±0.72 <sup>Aa</sup>
	T2	7.94±0.64 <sup>Aa</sup>	8.72±0.59 <sup>Aa</sup>	7.82±0.42 <sup>Aa</sup>	8.22±0.47 <sup>Aa</sup>	8.35±1.48 <sup>Aa</sup>
	T3	7.99±0.74 <sup>Aa</sup>	9.37±2.06 <sup>Aa</sup>	8.00±1.28 <sup>Aa</sup>	8.76±0.55 <sup>Aa</sup>	8.85±0.53 <sup>Aa</sup>
Back fat	C	2.97±0.39 <sup>Aa</sup>	2.85±0.29 <sup>Aa</sup>	2.74±0.47 <sup>BCa</sup>	2.76±0.17 <sup>Aa</sup>	2.91±0.45 <sup>Ba</sup>
	T1	2.71±0.77 <sup>Ab</sup>	2.63±0.31 <sup>Ab</sup>	2.59±0.36 <sup>Cb</sup>	2.89±0.52 <sup>Ab</sup>	3.54±0.48 <sup>Aa</sup>
	T2	3.42±1.02 <sup>Aa</sup>	3.26±1.02 <sup>Aa</sup>	3.07±0.20 <sup>ABa</sup>	3.13±0.79 <sup>Aa</sup>	3.62±0.36 <sup>Aa</sup>
	T3	3.64±0.32 <sup>Aa</sup>	3.48±0.75 <sup>Aa</sup>	3.29±0.12 <sup>Aa</sup>	3.29±0.31 <sup>Aa</sup>	3.48±0.42 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

Table 50. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on yellowness (b) of pork loin during storage at 4°C

Treatment <sup>1)</sup>		Storage period (days)				
		1	5	10	15	20
loin	C	4.39±0.76 <sup>Ab</sup>	4.53±1.08 <sup>Ab</sup>	4.57±0.22 <sup>Ab</sup>	5.05±1.13 <sup>Ab</sup>	7.18±0.66 <sup>Aa</sup>
	T1	4.43±0.98 <sup>Ab</sup>	4.73±0.72 <sup>Ab</sup>	4.82±0.67 <sup>Ab</sup>	5.21±0.47 <sup>Ab</sup>	6.14±1.41 <sup>Aa</sup>
	T2	4.78±0.42 <sup>Ab</sup>	4.89±0.91 <sup>Ab</sup>	5.26±0.49 <sup>Ab</sup>	5.32±0.26 <sup>Ab</sup>	6.17±0.42 <sup>Aa</sup>
	T3	4.91±0.46 <sup>Aa</sup>	4.95±0.58 <sup>Aa</sup>	5.03±0.83 <sup>Aa</sup>	5.26±0.57 <sup>Aa</sup>	5.88±1.06 <sup>Aa</sup>
Back fat	C	3.35±0.96 <sup>Ac</sup>	4.28±0.95 <sup>Abc</sup>	5.19±1.22 <sup>Aab</sup>	5.91±0.31 <sup>ABa</sup>	6.16±0.68 <sup>Aa</sup>
	T1	3.49±0.18 <sup>Ab</sup>	4.15±0.74 <sup>Ab</sup>	4.49±0.45 <sup>Ab</sup>	6.65±1.26 <sup>Aa</sup>	6.00±0.47 <sup>Aa</sup>
	T2	3.81±0.69 <sup>Ab</sup>	4.06±0.96 <sup>Ab</sup>	4.32±0.46 <sup>Aab</sup>	4.40±0.32 <sup>Cab</sup>	5.02±0.34 <sup>Ba</sup>
	T3	3.89±1.44 <sup>Ac</sup>	4.52±0.58 <sup>Abc</sup>	5.10±0.74 <sup>Aab</sup>	5.44±0.29 <sup>Bab</sup>	5.94±0.55 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

**마. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 적정 첨가수준에 따른 돈육 등심의 이화학적 특성**

1) 수분함량의 변화

일반적으로 돈육은 약 70~75%의 수분을 보유하며, 높은 수분함량은 돼지고기 다즙성에 영향을 미쳐 조직감 및 관능적으로 선호도를 높게 한다. 본 실험 결과, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여량 및 저장기간의 경과에 따른 수분 함량의 변화는 표 51에 나타낸 바와 같다. 저장 1일에는 대조구에서는  $72.02 \pm 1.61$  g/100 g이었으며, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에서는 0.5% 첨가구에서  $68.32 \pm 2.22$  g/100 g, 1% 첨가구에서  $67.51 \pm 1.70$  g/100 g, 1.5% 첨가구에서  $71.58 \pm 0.08$  g/100 g였다. 대조구는 저장 10일 이후, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에서는 저장 15일 이후 감소되는 경향을 보였다. 그러나 저장 1일에 비해 저장 20일에 모든 실험구에서 유의적으로 수분 함량이 증가되었으며, 대조구의 경우 증가폭이 3.2%였는데, 반해 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에서는 3.9~7.5%의 증가로 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여가 돈육의 저장 기간 중 보수력에 효과가 있으며, 따라서 돈육의 질감 유지에도 도움이 될 것으로 사료된다.

Table 51. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on moisture content of pork loin during storage at 4°C

(g/100g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	$72.02 \pm 1.61^{Ac}$	$72.29 \pm 1.40^{Abc}$	$74.91 \pm 0.78^{Aa}$	$74.01 \pm 0.45^{Aabc}$	$74.35 \pm 1.17^{Aab}$
T1	$68.32 \pm 2.22^{Bb}$	$73.99 \pm 3.07^{Aa}$	$73.85 \pm 0.58^{Aa}$	$73.97 \pm 0.30^{Aa}$	$72.20 \pm 1.64^{Aa}$
T2	$67.51 \pm 1.70^{Bb}$	$74.62 \pm 1.64^{Aa}$	$74.46 \pm 0.37^{Aa}$	$74.20 \pm 1.00^{Aa}$	$72.54 \pm 2.20^{Aa}$
T3	$71.58 \pm 0.08^{Ab}$	$73.49 \pm 1.29^{Aa}$	$74.72 \pm 1.04^{Aa}$	$74.48 \pm 0.04^{Aa}$	$74.37 \pm 0.84^{Aa}$

<sup>1)</sup> Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup> Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$

<sup>a-c</sup> Means with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

2) 조지방 함량의 변화

근육 내 조지방 함량은 높은 등급판정을 유도하고 고기의 연도 및 풍미를 개선 시킴으로써 소비자에게 좋은 평가를 받을 수 있는 지표가 된다. 조지방 함량은 표 52와 같

다. 대조구의 조지방 함량은 저장 기간동안  $2.28\pm 0.47\sim 2.97\pm 0.43$  g/100g의 범위로 유의차는 없었다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구의 경우 모든 저장 기간 동안  $2.07\pm 0.21\sim 3.12\pm 0.29$  g/100 g의 범위였으나, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가 급여 유무에 따른 유의차도 보이지 않았다. 따라서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여 유무에 따라 돈육의 조지방 함량 변화에 큰 차이가 없는 것으로 사료된다.

Table 52. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on crude lipid contents of pork loin during storage at 4°C

(g/100g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	$2.51\pm 0.75^{Aa}$	$2.45\pm 0.33^{Aa}$	$2.69\pm 0.03^{Aa}$	$2.97\pm 0.43^{Aa}$	$2.28\pm 0.47^{Aa}$
T1	$2.47\pm 0.20^{Ab}$	$2.51\pm 0.41^{Aab}$	$2.41\pm 0.17^{Ab}$	$3.12\pm 0.29^{Aa}$	$2.57\pm 0.48^{Aab}$
T2	$2.11\pm 0.28^{Aa}$	$2.30\pm 1.19^{Aa}$	$2.22\pm 0.58^{Aa}$	$2.99\pm 1.15^{Aa}$	$2.75\pm 0.20^{Aa}$
T3	$2.07\pm 0.21^{Ab}$	$2.23\pm 0.15^{Ab}$	$2.07\pm 0.57^{Ab}$	$3.01\pm 0.14^{Aa}$	$2.76\pm 0.11^{Aa}$

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at  $p<0.05$ .

<sup>a-b</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at  $p<0.05$ .

### 3) pH의 변화

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여수준과 저장기간에 따른 돈육의 pH 변화를 분석한 결과는 표 53과 같다. 저장 1일에 pH는 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 급여군이  $5.64\pm 0.02$ 로 가장 낮았고, 0.5% 급여군은  $5.78\pm 0.02$ 로 가장 높았다. 저장기간이 경과함에 따라 pH는 불규칙한 증감을 보이면서 미량씩 증가하여 저장 20일에는  $5.76\pm 0.02\sim 5.87\pm 0.03$ 의 범위였으며 실험군간의 유의적인 차이가 없었다. 일반적으로 축육의 경우 사후 높은 pH는 육질에 지대한 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 즉 사후 pH는 육의 보수력, 연도, 육색 등에 영향을 미치는 요인으로 보수력이 좋은 육을 생산할 확률이 높을 뿐만 아니라 짙은 육색을 나타낼 가능성이 높아진다. 본 연구에서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 첨가구에서 높은 pH를 나타냄으로써 육질 면에서는 다른 처리구에 비해 우수할 것으로 사료된다. 또한 사후 낮은 pH는 육질에 나쁜 영향을 미쳐 이상육(Pale, Soft, Exudative : PSE) 발생의 원인이 되어 육색, 보수력 및 전단가 등에 악영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여구에서 사후 높은 pH 값

을 보이는 것으로 보아 이상육 발생을 줄이는데 일조를 할 것이라 사료된다.

Table 53. Change in pH on level of dietary fermented byproduct of King oyster mushroom within pork loin during storage for 20 days at 4°C

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	5.71±0.04 <sup>Bb</sup>	5.56±0.01 <sup>Dd</sup>	5.77±0.01 <sup>Aa</sup>	5.60±0.02 <sup>Cc</sup>	5.76±0.02 <sup>Ba</sup>
T1	5.78±0.02 <sup>Ab</sup>	5.59±0.01 <sup>Cd</sup>	5.72±0.02 <sup>Cc</sup>	5.61±0.01 <sup>Cd</sup>	5.87±0.02 <sup>Aa</sup>
T2	5.68±0.02 <sup>BCc</sup>	5.62±0.02 <sup>Bd</sup>	5.74±0.01 <sup>BCb</sup>	5.70±0.01 <sup>Bc</sup>	5.85±0.01 <sup>Aa</sup>
T3	5.64±0.02 <sup>Cd</sup>	5.69±0.02 <sup>Ac</sup>	5.75±0.01 <sup>ABb</sup>	5.72±0.01 <sup>Ac</sup>	5.87±0.03 <sup>Aa</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-D</sup>Means with different superscript in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-d</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

#### 4) TBARS의 변화

돈육을 4°C에서 20일간 저장하면서 지질 산화도를 측정한 결과는 표 54와 같다. 저장 기간이 경과함에 따라 모든 처리구에서 TBARS의 함량이 유의적으로 증가하였다. 저장기간이 경과함에 따라 지질 산화가 점차 심화되는 경향을 나타내었으나 대조구에 비해 처리구에서 지질 산화가 다소 낮은 경향이였다. 저장 10일에 대조구에서는 0.21±0.02 MA mg/kg으로 저장 1일~5일에 비해 유의적으로 증가되었다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가군의 경우에는 저장 1일~10일까지 유의적 차이가 없었으나, 저장 15일 이후 유의적으로 증가되는 현상을 보였다. 저장 20일에 등심육의 TBARS 값은 대조구 및 0.5%, 1% 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에 비해 1.5% 첨가구에서 0.23±0.01 MA mg/kg으로 유의적인 감소를 보여, 돼지의 사육 시 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 첨가가 돈육의 저장 중 지질과산화 억제에 효과적인 것으로 사료된다. 이러한 TBA 측정은 지방산의 산화생성물인 malonaldehyde와 2-thiobarbituric acid를 반응시켜 식육식품의 산패 정도를 측정한다. 지방이 산패 혹은 산화하는 시기는 지방산화의 최종 분해 산물인 카아보닐 화합물(carbonyl compound)의 생성 속도와 시기가 일치되므로 카아보닐 화합물의 생성량을 측정함으로써 지방의 산패 정도를 추정할 수 있다. 즉, 육의 저장성과 깊은 관련이 있다. 따라서 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제의 급여가 돈육의 지방산패도를 낮추며 그 급여 함량이 증가할수록 돈육의 저장 중 지질 산패를 지연시킬 수 있을 것이라 판단된다.

Table 54. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on TBARS of pork loin during storage at 4°C

MA(mg/kg)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	0.15±0.01 <sup>Ad</sup>	0.18±0.01 <sup>Ac<sup>d</sup></sup>	0.21±0.02 <sup>Ac</sup>	0.26±0.03 <sup>Ab</sup>	0.33±0.03 <sup>Aa</sup>
T1	0.15±0.03 <sup>Ac</sup>	0.16±0.01 <sup>Ac</sup>	0.18±0.03 <sup>ABc</sup>	0.23±0.04 <sup>ABb</sup>	0.29±0.02 <sup>Ba</sup>
T2	0.14±0.03 <sup>ABc</sup>	0.15±0.02 <sup>Ac</sup>	0.17±0.03 <sup>ABbc</sup>	0.21±0.02 <sup>Bab</sup>	0.25±0.03 <sup>BCa</sup>
T3	0.10±0.03 <sup>Bb</sup>	0.11±0.03 <sup>Bb</sup>	0.13±0.02 <sup>Bb</sup>	0.20±0.01 <sup>Ba</sup>	0.23±0.01 <sup>Ca</sup>

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

<sup>a-c</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at p<0.05.

#### 5) 지방산의 함량

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여하여 생산된 돈육의 저장기간별 등심육의 지방산을 분석한 결과는 표 55와 같다. 지방산은 myristic acid(C<sub>14:0</sub>), tetradecenoic acid(C<sub>14:1</sub>), palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), palmitoic acid(C<sub>16:1</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>), oleic acid(C<sub>18:1</sub>), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>) 및 arachidonic acid(C<sub>20:4</sub>)로 총 7종이 동정되었으며, 포화지방산은 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>)가 가장 많이 함유되어 있었으며, 다음으로 stearic acid(C<sub>18:0</sub>), myristic acid(C<sub>14:0</sub>) 순이었다. 불포화지방산은 oleic acid(C<sub>18:1</sub>)의 함량이 가장 높아 모든 실험군에서 37.45~45.81%의 범위였으나 실험군간의 함량차는 적었다. 포화지방산에 대한 불포화 지방산의 비율은 저장 1일에 대조구에서 1.23이었는데, 저장 15일까지 계속 증가하다가 저장 20일에 다소 감소하는 경향이였다. 처리구의 경우에는 1.15~1.34의 범위였는데, 저장 20일에 1.20~1.31의 범위였다. 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구에서 포화지방산에 대한 불포화지방산의 비율(UFA/SFA)은 0.5% 첨가구의 경우 저장 20일까지 계속 감소되는 경향이였으며, 1% 첨가구 및 1.5% 첨가구에서는 저장 15일까지 감소되다가 저장 20일에 다시 증가되어 대조구와 비슷한 경향이였다. 일반적으로 반추가축에 비해 단위동물인 돼지는 급여되는 지질원이 체조직의 지방산조성에 크게 영향을 주는 것으로 보고되고 있는데, 본 실험 결과 특히 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 첨가구는 대조구보다 UFA/SFA가 높아 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여하여 생산된 돈육의 섭취로 인한 체내 지방성분의 조성에 다소간 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다.



Table 55. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on fatty acid composition of pork loin during storage at 4°C

Treat-ment <sup>1)</sup>		Fatty acid composition (%)									
		C <sub>14:0</sub>	C <sub>14:1</sub>	C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>20:4</sub>	SFA	UFA	UFA/SFA*
1	C	2.24	0.41	26.70	15.86	42.72	11.21	0.87	44.81	55.20	1.23
	T1	2.84	0.72	26.98	13.02	42.31	13.46	0.70	42.82	57.18	1.34
	T2	2.61	0.33	27.71	14.67	40.16	13.84	0.75	44.99	55.07	1.22
	T3	2.29	0.32	27.47	16.75	40.39	11.83	0.96	46.50	53.51	1.15
5	C	2.18	0.25	27.31	14.37	44.81	10.14	0.96	43.85	56.15	1.28
	T1	1.96	0.10	26.86	14.36	43.73	12.31	0.80	43.18	56.93	1.32
	T2	1.72	0.33	27.74	15.22	41.85	12.70	0.46	44.67	55.33	1.24
	T3	2.70	0.10	28.47	14.16	41.66	13.02	0.10	45.32	54.88	1.21
10	C	2.10	0.23	27.07	13.81	45.81	10.87	0.80	42.98	57.07	1.33
	T1	2.26	0.48	27.64	14.04	43.14	11.77	0.67	43.94	56.06	1.28
	T2	2.19	0.10	27.72	14.96	41.87	12.93	0.39	44.87	55.29	1.23
	T3	2.54	0.75	26.24	13.95	40.97	14.93	0.64	42.72	57.28	1.34
15	C	2.11	0.25	26.35	14.20	41.64	14.90	0.63	42.65	57.41	1.35
	T1	2.27	0.10	28.10	14.05	42.05	12.87	0.67	44.42	55.68	1.25
	T2	2.36	0.34	27.68	17.28	41.60	10.00	0.76	47.31	52.69	1.11
	T3	2.00	0.24	25.80	13.26	41.64	16.45	0.68	41.05	59.01	1.44
20	C	2.94	1.00	26.39	14.09	37.45	17.86	0.36	43.40	56.65	1.31
	T1	2.07	0.10	28.41	14.98	41.74	12.50	0.37	45.45	54.70	1.20
	T2	2.25	0.10	26.89	13.56	43.23	13.37	0.71	43.71	57.40	1.31
	T3	2.17	0.43	26.32	15.20	43.14	11.98	0.77	43.69	56.31	1.29

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-B</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

C<sub>14:0</sub>(myristic acid), C<sub>14:1</sub>(tetradecenoic), C<sub>16:0</sub>(palmitic acid), C<sub>16:1</sub>(palmitoic acid), C<sub>18:0</sub>(stearic acid),

C<sub>18:1</sub>(oleic acid), C<sub>18:2</sub>(linoleic acid), and C<sub>20:4</sub>(arachidonic acid).

SFA: saturated fatty acid, UFA: unsaturated fatty acid.

6) 콜레스테롤 함량 변화

새송이버섯 부산물 발효사료첨가제를 급여 사육하여 생산한 돈육 등심의 콜레스테롤 함량은 표 56과 같다. 저장기간이 경과함에 따라 다소간 감소되는 현상이나, 대조구 및 처리구 T1과 T2에서는 저장기간 동안 콜레스테롤 함량차에 있어서 유의차가 없었으며, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 1.5% 첨가구에서 저장 1일에 비해 저장 20일에 비로소 유의적인 감소가 관찰되었다. 저장 1일에 대조구는  $54.44 \pm 1.07$  mg/100 g였으며, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구(T1~T3)는  $47.33 \pm 4.25 \sim 52.40 \pm 1.68$  mg/100 g의 범위로 유의적으로 낮은 함량이었다. 저장 20일 이후에는 대조구에서  $51.10 \pm 2.81$  mg/100 g으로 저장 1일에 비해 약 6.1% 정도, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가구(T1~T3)에서는  $41.36 \pm 0.99 \sim 49.55 \pm 1.85$  mg/100 g으로 약 5.4~12.6%의 감소를 나타내었으며, 처리구간의 비교 시 0.5% 처리구(약 5.4%) < 1% 처리구(약 8.7%) < 1.5% 처리구(약 12.6%)의 순으로 1% 및 1.5% 처리구에서 대조구에 비해 저장기간 동안 콜레스테롤의 감소폭이 다소 높았다. 콜레스테롤은 동물성 식품에서 주된 스테롤 화합물이다. 식품 중의 콜레스테롤은 혈청 콜레스테롤 수준에 영향을 미치며 심혈관 질환에 대한 위험적인 요소를 가진다. 따라서 본 실험 결과 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여로 돈육의 저장기간에 따른 콜레스테롤의 함량 변화는 거의 없었으나, 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 첨가 유무에 따른 유의차가 있는 것으로 보아 돼지의 사육 시 새송이버섯 부산물 발효사료첨가제 급여는 돈육 내 지질개선에 상당한 효과가 있을 것으로 기대된다.

Table 56. Effect of the fermented King oyster mushroom byproducts liquid on cholesterol of pork loin during storage at 4°C

(mg/100 g)

Treatment <sup>1)</sup>	Storage period (days)				
	1	5	10	15	20
C	$54.44 \pm 1.07^{Ba}$	$53.64 \pm 2.27^{Ca}$	$53.27 \pm 2.86^{Ba}$	$51.22 \pm 2.00^{Ba}$	$51.10 \pm 2.81^{Ba}$
T1	$52.40 \pm 1.68^{ABa}$	$51.05 \pm 2.90^{BCa}$	$50.53 \pm 1.97^{ABa}$	$50.32 \pm 1.66^{Ba}$	$49.55 \pm 1.85^{Ba}$
T2	$48.47 \pm 3.42^{Aa}$	$46.81 \pm 2.96^{ABa}$	$47.28 \pm 3.45^{Aa}$	$45.56 \pm 1.52^{Aa}$	$44.27 \pm 2.64^{Aa}$
T3	$47.33 \pm 4.25^{Ab}$	$46.15 \pm 1.30^{Aab}$	$45.93 \pm 3.33^{Aab}$	$42.16 \pm 2.22^{Aab}$	$41.36 \pm 0.99^{Aa}$

<sup>1)</sup>Refer to the comment in Table 41

<sup>A-c</sup>Means with different superscripts in the same column are significantly different at  $p < 0.05$ .

<sup>a-b</sup>Means with different superscript in the same row are significantly different at  $p < 0.05$ .

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 연구개발의 목표달성도

구 분	세 부 연 구 개 발 목 표	달성도 (%)	평가의 착안점 및 기준
1차 년도 (2006)	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 대량생산 공정 개발	30	○ 대량생산공정 개발여부
	◎ 새송이버섯 파치의 기능성사료화 가공기술 개발	20	○ 사료화 가공기술 개발여부
	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 사양기술 개발	20	○ 개발 사료의 적정 사양기술 개발여부
	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 양돈사료의 기능성 분석	30	○ 개발 사료의 기능성 검증여부
2차 년도 (2007)	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 명품브랜드 상품화 기술개발	30	○ 소재의 가공적성 검증여부 ○ 명품브랜드 상품화 성공여부
	◎ 새송이버섯 기능성사료의 시제품 생산 및 발효가공사료의 저장특성 연구	20	○ 시제품생산 여부 ○ 저장문제 발생여부
	◎ 새송이버섯 기능성사료를 급여한 돼지의 생산성 향상 연구	20	○ 개발 사료의 항생제 대체물질 개발 여부
	◎ 새송이버섯 기능성사료를 급여한 돈육의 이화학적 특성 및 저장특성 검증	30	○ 돈육의 이화학적 특성 및 저장특성 검증 여부
최종 평가	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 대량생산 공정 개발 및 구축 ◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 명품브랜드 상품화 기술개발	30	○ 소재의 가공적성 검증여부 ○ 대량생산공정 개발여부 ○ 명품브랜드 상품화 성공여부
	◎ 새송이버섯 파치의 기능성사료화 가공기술 개발 ◎ 새송이버섯 기능성사료의 시제품 생산 및 시제품의 저장특성 연구	20	○ 사료화 가공기술 개발여부 ○ 시제품 생산여부 ○ 저장문제 해결여부
	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 기능성사료의 사양기술 개발 ◎ 새송이버섯 기능성사료를 급여한 돼지의 생산성 향상 연구	20	○ 개발 사료의 적정 사양기술 개발 여부 ○ 개발 사료의 항생제 대체효과 검증여부
	◎ 새송이버섯 파치를 이용한 양돈사료의 기능성 분석 ◎ 새송이버섯 기능성사료를 급여한 돈육의 이화학적 특성 및 저장특성 검증	30	○ 개발 사료의 기능성 검증 여부 ○ 돈육의 이화학적 특성 및 저장특성 검증 여부

## 제 2 절 관련분야에의 기여도

### 1. 파급효과

#### 가. Ergosterol peroxide 추출기술 개발에 따른 저가형 기능성제품의 개발

새송이버섯이 함유하고 있는 생리활성물질인 ergosterol peroxide를 이용한 기능성식품 및 향장류를 개발하여, 이를 상품화함으로써 농산 부산물의 활용가치 증대 및 지역특화농산물의 명품브랜드화를 통해 농가소득 증대에 크게 기여할 것으로 사료된다. 또한 필수 아미노산 함량이 높은 새송이버섯을 이용한 기능성식품 개발로 항고지혈증, 항노화 및 면역증진효과를 기대할 수 있으므로 이와 같은 기능성식품은 21C 식품산업에서 각광받을 수 있는 저가형의 기능성·고품질의 식품으로서 국내의 침체된 식품산업에 신선한 충격을 줄 것이며, 또 수출 증대에도 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

#### 나. 기타 양축사료로의 확대 적용

본 연구에서 개발된 새송이버섯 부산물을 이용한 발효사료 개발기술은 양돈용 사료뿐만 아니라, 셀룰로오스를 다량 요구하는 소 사료로의 개발이 충분하며, 항생제 대체효과가 입증되어 양어장의 어류사료와 양계장의 조류사료로도 가능성이 충분하다. 또한 털의 윤기를 가장 요구하는 애완견 사료의 문제점은 지방함량이 매우 높다는 것인데, 기존의 개 사료는 운동량이 적은 애완견에 있어 비만 등의 질병이 가장 문제점으로 지적되고 있는 바, 섬유소의 함량이 높은 새송이버섯의 부산물을 이용한다면 이러한 중대 문제를 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 다. 부가가치 향상 및 생산비용 절감

새송이버섯 파치 및 재배 후 부산물을 기능성 가공제품의 소재화함으로써 저가 내지 폐기 대상 1차농산물 부산물의 부가가치를 극대화하고, 버섯의 형태를 가진 것(정품)을 가공재료로 이용하는 표고버섯이나 느타리버섯 등의 가공제품에 비해 새송이버섯 하등품과 파치를 가공재료로 이용함으로써 월등한 생산비용 절감효과를 가져올 수 있다.

### 라. 새송이버섯 시장안정 및 버섯가공제품의 다양화

새송이버섯 총생산량의 25% 정도를 가공제품 소재로 전환시킴으로서 새송이버섯 시장의 물량수급과 가격안정을 도모하여 농가소득 증대 및 지역경제 활성화에 기여할 수 있다(현재 경남도내 150여 농가에서 연간 25,000톤을 생산하여 연간 1,000억원의 소득창출). 또한, 버섯을 이용한 가공제품을 다양화함으로써 Well-being이나 LOHAS를 추구하는 소비자에게 선택의 폭을 넓일 수 있음은 물론, 기능이 높고 저가형인 새송이버섯을 가공제품화 할 경우, 기능성제품도 가격이 반드시 비싸지 않다는 것을 소비자에게 인식시킬 수 있다는 장점이 있으므로 기능성식품의 대중화에 크게 기여할 것으로 전망된다.

### 마. 수입대체효과 및 수출기반조성

새송이버섯의 파치 및 재배 후 부산물을 이용한 항생제 대체 기능성 사료첨가제가 제품화되면, 현재 수입에 의존하고 있는 단미사료의 수입대체 효과는 물론, 가격경쟁력 향상에 의한 국내 가공사료의 수출기반을 조성할 수 있는 기틀을 마련할 수 있다.

### 바. 개발기술 및 개발제품의 확대 적용

새송이버섯에 적용된 본 기술은 느타리버섯, 표고버섯, 양송이버섯, 팽이버섯 등 모든 식용버섯에 확대 적용이 가능하며, 기능성 측면에서도 값비싼 상황버섯, 동충하초, 아가리쿠스(신령버섯) 등의 약용버섯 가공제품을 대체할 수 있다. 특히 차세대 개발버섯으로 유망한 잎새버섯, 설령버섯 등의 기능성을 보유한 식용버섯에 확대 적용이 가능하므로 신 품종버섯 연구 개발에 박차를 가할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 활용방안

가. 특허출원 : 새송이버섯 파치를 이용한 기능성 양돈사료, 기능성 양돈사료를 급여한 기능성돈육

나. 명품브랜드화 : 본사가 보유하고 있는 새송이버섯의 개발자(본 과제책임자가 개발자임) 이미지와 새송이버섯의 시배지(처음 재배된 곳) 이미지를 동시에 내포하고 있는 진주시 공동브랜드 '진주 진송이'와 연계하는 제품개발로 고품격 지역특산 명품브랜드화 추진

**다. 버섯 공동집하장 운영** : 새송이버섯 파치 및 재배후 부산의 기능성 공인으로 제품화에 성공하면 경상남도 균특사업 유치로 공동집하장을 운영함으로써 진주시 소재 60여 새송이버섯 재배농가를 위한 효율적인 APC형 물류시스템 구축

**라. 기능성 양돈단지 조성 및 지역특화** : 기능성사료와 기능성돈육의 효능이 입증되면 경상남도 내 700여 양돈농가를 위한 권역별 기능성 양돈단지를 조성하여 지역특화사업 유치

**마. 광역클러스터 구성** : 새송이버섯재배농가, 사료생산업체, 양돈농가 및 육가공업체가 기능성관련 광역클러스터를 구성하여 생산-제조-사육-가공을 효율적으로 라인업화 시도

**바. 버섯수출연구사업단과의 연계추진** : 최근 정책적으로 추진하고 있는 수출연구사업단 지원사업과 연계할 경우, 재배 후 생성되는 부산물의 재활용 연구가 박차를 가할 것으로 사료되며, 농산부산물의 부가가치 향상과 환경오염 경감의 차원에서 2대 명제의 해소 가능

**사. 대기업과의 업무제휴 및 연계생산** : 기능성사료, 기능성돈육 및 기능성육가공식품을 국내 굴지의 유명기업과의 업무제휴로 연계생산을 시도함으로써 사업의 안정화 유도

### 3. 기대성과

#### 가. 기술적 측면

1) 본 연구에서는 새송이버섯 부산물의 물질을 이용한 기능성돈육 생산용 소재를 개발하고 이를 상품화함으로써 농산 부산물의 활용가치 증대 및 기능성돈육의 명품브랜드화를 통해 농가소득 증대에 크게 기여할 것으로 사료된다.

2) 무기염 함량 및 베타글루칸 함량이 높은 새송이버섯 부산물을 첨가한 사료를 상기 가축에 급여함으로써 내병성 및 면역증진효과를 기대할 수 있다.

3) 이와 같은 돈육은 21C 식품산업에서 각광받을 수 있는 기능성·고품질의 식품으로서 국내의 침체된 식품산업에 신선한 충격을 줄 것이며, 또 수출 증대에도 크게 이바지할 것으로 기대된다.

## 나. 경제적·산업적 측면

1) 부가가치 향상 및 생산비용 절감 : 새송이버섯 부산물을 기능성사료의 소재로 사용함으로써 저가 내지 폐기 대상 재료의 부가가치를 극대화하고, 새송이버섯 부산물을 이용함으로써 월등한 생산비용 절감효과를 가져올 수 있을 것이다.

2) 새송이버섯 시장안정 및 버섯가공식품 다양화 : 새송이버섯 총생산량의 5%(파치)를 가공사료의 소재로 전환시킴으로서 새송이버섯 시장의 물량수급과 가격안정을 도모하여 농가소득증대 및 지역경제 활성화에 크게 기여할 수 있다(현재 경남도내 150여 농가에서 연간 25,000톤을 생산하여 연간 1,000억원의 소득창출)

3) 수입대체효과 및 수출기반조성 : 새송이버섯 파치 및 폐배지를 이용한 기능성 사료가 제품화되면 전적으로 수입에 의존하는 단미사료의 일부에 대한 수입대체효과가 기대되고, 육질과 풍미가 좋은 기능성 돈육과 기능성 돈육으로 다양한 육가공식품을 개발함으로써 수입대체 효과는 물론, 국내 가공식품의 수출기반을 조성할 수 있는 기틀을 마련할 수 있다.

4) 새송이버섯에 적용된 본 기술은 느타리버섯, 표고버섯, 양송이버섯, 팽이버섯 등 모든 식용버섯에 확대 적용이 가능하며, 기능성 측면에서도 값비싼 상황버섯, 동충하초, 아가리쿠스(신령버섯) 등 약용버섯 가공제품을 대체할 수 있음. 또한 새송이버섯 부산물을 이용해 개발된 기능성 사료를 닭, 오리, 소, 염소, 개 등의 가축에 확대하여 급여함으로써 육질개선 및 기능성 식육을 생산할 수 있다는데 큰 의의가 있다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1 절 추가연구의 필요성 및 향후 개선사항

1. 본 기술은 새송이버섯 파치나 재배 후 발생하는 부산물에서 생리활성물질을 추출하여 기능성 사료첨가제를 개발하는데 목적이 있다. 그리고 천연 농산물인 새송이버섯에 함유되어 있는 생리활성물질이 ergosterol peroxide라는 데 그 의미는 매우 높다. 그러나 제품개발의 접근방법에 있어 개발 후 대량생산 시 생산비의 경제적인 면이 다소 결여되어 있다. 일부 실험에서 고가의 동결건조된 것을 분석시료로 사용하였는데, 45℃에서 36시간 열풍건조하였을 때 가공소재로서의 적성에 문제가 없고 현저한 저가의 건조방법이므로 이를 이용한 제품개발이 불가피할 것으로 보인다.

2. 공동집하장 운영 및 APC형 물류시스템 구축 : 새송이버섯 파치의 기능성 입증에 의한 제품화와 마케팅에 성공할 경우, 원재료의 요구량이 많아지게 되고, 이의 원활한 구득체제를 확립하기 위해서는 버섯재배농가들의 공동집하장 운영이 요구된다. 나아가 1도 1개소 또는 생산량이 많은 지방자치단체 단위로 1개소의 효율적인 APC형 물류시스템 구축함으로써 본 기술 개발에 따른 원자재 수급을 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 농산업 광역클러스터 구성 : 본 기술을 실용 또는 상용화함에 있어 새송이버섯 재배농가, 사료가공업체, 대학 및 연구기관이 버섯재배기술에서부터 기능성제품 관련 전문가들이 도단위의 광역클러스터를 구성하여 생산-개발-가공-포장-유통-수출을 효율적으로 라인업화하는 것이 필요하다. 또한, 최근 정책적으로 추진하고 있는 수출연구사업단 지원사업과 연계할 경우, 재배 후 생성되는 부산물의 재활용 연구가 박차를 가할 것으로 사료되며, 농산부산물의 부가가치 향상과 환경오염 경감의 차원에서 2대 명제의 해소가 가능하므로 이의 연계추진이 불가피한 것으로 사려된다.

4. 대기업과의 업무 제휴 및 연계생산 : 국내 가공산업의 현실은 대기업 중심으로 운영되고 있어, 중소 가공업체들의 경영적 어려움이 가장 큰 문제점으로 대두되고 있다. 그리고 본



기술을 중소규모의 산업화에는 마케팅능력의 부족으로 많은 어려움이 예상된다. 따라서 새송이버섯의 생리활성물질을 이용한 기능성 사료첨가제를 국내 굴지의 유명 사료생산업체와의 기술제휴로 연계생산을 시도함으로써 사업의 안정화를 유도하거나, ergosterol peroxide 추출기술을 특허등록 등의 방법으로 독자 기술화하여 ergosterol peroxide 자체를 대기업에 납품화 하는 경영방식을 채택하는 방안이 필요하다.

## 제 2 절 적용분야 및 기대효과

### 1. 적용분야

#### 가. 농산업적인 측면

새송이버섯에 적용된 본 기술은 느타리버섯, 표고버섯, 양송이버섯, 팽이버섯 등 모든 식용버섯에 확대 적용이 가능하며, 기능성 측면에서도 월등한 것으로 입증되어 값비싼 상황버섯, 동충하초, 아가리쿠스(신령버섯) 등의 약용버섯 가공제품을 대체할 수 있다. 특히 차세대 개발버섯으로 유망한 잎새버섯, 설령버섯 등의 기능성을 보유한 식용버섯에 확대 적용이 가능하므로 신제품버섯 연구 개발에 박차를 가할 수 있을 것으로 판단된다. 새송이버섯 파치와 재배 후 부산물이 함유하고 있는 생리활성물질(ergosterol peroxide)을 이용한 항생제 대체 기능성 사료첨가제를 개발하여, 이를 상품화함으로써 농산 부산물의 활용가치 증대 및 지역특화농산물의 명품브랜드화를 통해 농가소득 증대에 크게 기여할 것으로 사료된다. 특히 버섯재배농가와 양돈농가가 서로 상생할 수 있다는 큰 의미를 가져올 수 있다.

#### 나. 양축산업적인 측면

새송이버섯 파치와 재배 후 부산물을 이용하여 항생제 대체 기능성 양돈사료의 개발기술을 양돈용 사료뿐만 아니라, 셀룰로오스를 다량 요구하는 소 사료로의 개발이 충분하며, 항생제 대체효과가 입증되어 양어장의 어류사료와 양계장의 조류사료로도 가능성이 충분하다. 또한 털의 윤기를 가장 요구하는 애완견 사료의 문제점은 지방함량이 매우 높다는 것인데, 기존의 개사료는 운동량이 적은 애완견에 있어 비만 등의 질병이 가장 문제점으로 지적되고 있는 바, 섬유소의 함량이 높은 새송이버섯의 부산물을 이용한다면 이러한

중대문제를 해소할 수 있을 것으로 기대되므로 본 기술의 다양한 사료개발에 적용한다면 양축산업의 활성화를 도모할 것으로 기대된다.

#### **다. 가공산업적인 측면**

생리활성물질, 필수아미노산, 섬유소 등의 함량이 높은 새송이버섯을 이용한 기능성 식품 개발로 항고지혈증, 항노화 및 면역증진효과를 기대할 수 있으므로 이와 같은 기능성 식품은 21C 식품산업에서 각광받을 수 있는 기능성 고품질의 식품으로서 국내의 침체된 식품산업에 신선한 충격을 줄 것이다. 본 기술을 아미노산 함량이 높은 다른 농산물에 접목하여 다양한 기능성 식품을 생산한다면 웰빙을 추구하는 소비자들로부터 많은 각광을 받을 것으로 사료되며, 기능성 제품의 종류가 단조로워 해외시장 진출에 어려움을 겪고 있는 국내 가공산업에 제품의 다양화를 도모함으로써 수출 증대에도 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

## **2. 기대효과**

#### **가. 기술개발에 따른 기대효과**

새송이버섯이 함유하고 있는 생리활성물질(ergosterol peroxide)을 이용하여 항생제 대체 양돈용 기능성 사료첨가제를 개발하여, 이를 상품화함으로써 농산 부산물의 활용가치 증대 및 지역특화농산물의 명품브랜드화를 통해 농가소득 증대에 크게 기여할 것으로 사료된다. 또한 필수아미노산과 섬유소의 함량이 높은 새송이버섯을 이용한 기능성식품 개발로 항고지혈증, 항노화, 항비만 및 면역증진효과를 기대할 수 있으므로 이와 같은 기능성 식품은 21C 식품산업에서 각광받을 수 있는 기능성 · 고품질의 식품으로서 국내의 침체된 식품산업에 신선한 충격을 줄 것이며, 또 수출 증대에도 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

#### **나. 부가가치 향상 및 생산비용 절감**

새송이버섯 파치를 기능성 가공제품의 소재화함으로써 저가 내지 폐기 대상 1차농산물 부산물의 부가가치를 극대화하고, 버섯의 형태를 가진 것(정품)을 가공재료로 이용하는 표고버섯이나 느타리버섯 등의 가공제품에 비해 새송이버섯 하등품과 파치를 가공재료로 이용함으로써 월등한 생산비용 절감효과를 가져올 수 있다.

#### 다. 새송이버섯 시장안정 및 버섯가공식품 다양화

새송이버섯 총생산량의 25% 정도를 가공제품 소재로 전환시킴으로서 새송이버섯 시장의 물량수급과 가격안정을 도모하여 농가소득 증대 및 지역경제 활성화에 기여할 수 있다(현재 경남도내 150여 농가에서 연간 25,000톤을 생산하여 연간 1,000억원의 소득창출). 또한, 버섯을 이용한 가공제품을 다양화함으로써 Well-being이나 LOHAS를 추구하는 소비자에게 선택의 폭을 넓일 수 있음은 물론, 기능성이 높고 저가형인 새송이버섯을 가공제품화 할 경우, 기능성제품도 가격이 반드시 비싸지 않다는 것을 소비자에게 인식시킬 수 있다는 장점이 있으므로 기능성식품의 대중화에 크게 기여할 것으로 전망된다.

#### 라. 수입대체효과 및 수출기반조성

새송이버섯의 파치와 재배 후 부산물을 이용한 항생제 대체 기능성 양돈 사료첨가제가 제품화되면, 현재 수입에 의존하고 있는 양축용 단미사료의 수입대체 효과는 물론, 가격경쟁력 향상에 의한 국내 가공사료의 수출기반을 조성할 수 있는 기틀을 마련할 수 있을 것으로 보인다.

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 새송이버섯의 폐배지 발생을 및 잔존 영양분의 양에 관한 정보

버섯 폐배지의 생성량은 배지 원료와 배합비 및 재배방식에 따라 그 형태가 다양한데, 원료 투입량에 대해 팽이버섯은 1.5배, 느타리버섯 및 새송이버섯은 약 1.9배 가량 발생되며, 병재배 새송이버섯은 버섯 생산량의 약 6.5% 정도의 폐배지가 발생되며<sup>1)</sup>, 버섯 배지의 구성 물질로 볼 때 사료로써 이용될 가치가 충분하다. Williams 등<sup>2)</sup>은 버섯 재배과정에서 약 20%의 영양분이 버섯에 이용되고, 나머지 80%는 폐배지에 남는다고 보고한 바 있다. 더욱이 우리나라에서 생산되는 버섯 부산물인 폐배지는 조회분의 함량이 10% 정도로 낮아 반추동물의 사료로 가치가 인정되고 있다<sup>3)</sup>.

1. Kim, Y. I., J. S. Bae, S. H. Jung, M. H. Ahn and W. S. Kwak. 2007. Yield and physicochemical characteristics of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Ammulina velutipes*) substrates according to mushroom species and cultivation types. *J. Anim. Sci. & Technol.* 49: 79-88.
2. Williams, B. C., J. T. McMullan and S. Mccahey. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* 79: 227-230.
3. Bae J. S., Y. I. Kim, S. H. Jung, Y. G. Oh and W. S. Kwak. 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom(*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Ammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J. Anim. Sci. & Technol.* 48: 237-246.

### 2. 새송이버섯의 기능성에 관한 정보

Lee<sup>4)</sup>와 Kang<sup>5)</sup>은 새송이버섯의 항암효과 연구에서 새송이버섯 자실체의 에탄올 추출물이 암세포 성장을 억제하였으며, 그 원인은 새송이버섯의 단백질당류에 의한 것으로 보고

하였다. 또한, Kang 등<sup>6)</sup>이 당뇨 쥐의 혈당 및 혈중 콜레스테롤에 미치는 영향, Hwang 등<sup>7)</sup>이 대장암 세포증식 및 세포사멸에 미치는 영향, Kang 등<sup>8)</sup>이 angiotensin converting enzyme 저해활성 확인 및 Hui 등<sup>9)</sup>이 항산화활성 탐색 등을 보고하였다.

4. Lee, D. J. 2002. Studies on characteristics of isolates, bioactivity and artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* Quel. Ph. D. degree thesis, Dankook University.

5. Kang, M. S. 1999. Studies on the artificial cultivation and physiological activity of *Pleurotus eryngii*. Masters degree thesis. Kangwon National University.

6. Kang, T. S., Kang, M. S., Sung, J. M., Kang, A. S., Shon, H. R. and Lee, S. Y. 2001. Effect of *Pleurotus eryngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J. Mycol.* 29: 86-90.

7. Wang, H., Ng, T. B. 2004. Eryngin0, a novel antifungal peptide from fruiting bodies of the edible mushroom *Pleurotus eryngii*. *Peptides* 25: 1-5.

8. Kang, T. S., Jeong, H. S., Lee, M. Y., Park, H. J., jho, T. S., Ji, S. T., Shin, M. K. 2003. Mycelial growth using the natural product and angiotensin converting enzyme inhibition activity of *Pleurotus eryngii*. *Korean J. Mycol.* 31: 175-180.

9. Hui, Y. F., Den, E. S., Chi, T. H. 2002. Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *J. Food Lipids.* 9: 35-46.

### 3. 양돈사료에서의 생균제가 급여에 미치는 영향에 관한 정보

국내의 생균제 사료첨가 급여시험을 보면, 어린돼지에서는 증체율과 사료효율이 개선되었다고 하였으며, 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용율, 혈중용소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향에 대하여 연구<sup>10)</sup> 되었으며, 자돈 및 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발행에 미치는 영향<sup>11)</sup>에 대하여 알아보았으며, 장 등<sup>12)</sup>은 복합 생균제 첨가가 육성돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향에 대하여 보고한 바 있다.

10. 길동용, 임종선, 전경철, 김법균, 김경수, 김유용. 2004. 지속적인 생균제의 첨가가 돼지

의 성장, 영양소 이용율, 혈중요소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 46: 39-48.

11. 최순천, 채병조. 2003. 버섯재배 폐배지와 생균제의 급여가 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45: 529-536.

12. 장해동, 김해진, 조진호, 진영걸, 유종상, 김인호. 2007. 복합 생균제 첨가가 육성돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 49(4): 501-508.

## 제 7 장 참 고 문 헌

1. Bae, J. S., Y. I. Kim, S. H. Jung, Y. G. Oh and W. S. Kwak. 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom(*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Ammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. *J. Anim. Sci. & Technol.* 48: 237-246.
2. Bobek, P., Ginter, E., Kuniak, L., Babala, J., Jurcovicova, M., Ozdin L. and Cerven, J. 1991. Effect of mushroom *pleurotus ostreatus* and isolated fungal polysaccharide on serum and liver lipids in Syrian hamsters with hyperlipoproteinemia. *Nutrition* 7: 105-108.
3. Bobek, P., Ozdin, L. and Galbavy, S. 1998. Dose- and time-dependent hypocholesterolemic effect of oyster mushroom(*Pleurotus ostreatus*) in rats. *Nutrition* 14: 282-286.
4. Bobek, P., Ozdin, L., Kuniak, L. 1997. Effect of oyster mushroom and isolated  $\beta$ -glucan on lipid peroxidation and on the activities of antioxidative enzymes in rats fed the cholesterol diet. *J. Nutr. Biochem.* 8: 469-489.
5. Butler, J. E. 1973. Synthesis and distribution of immunoglobulines. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 163-795.
6. Canibe, N. and Jensen, B., B. 2003. Fermented and nonfermented liquid feed to growing pigs: effect on aspects of gastrointestinal ecology and growth performance. *Journal of Animal Science* 81:2019-2031.
7. Chang, S. T. and P. G. Miles. 1989. Edible Mushroom and Their Cultivation. CRC Press, Boca Raton. 345pp.
8. Chang, S. T. and P. G. Miles. 1991. Recent trends in world production of cultivated mushrooms. *The Mushroom J.* 503: 15-18.
9. Chang, S. T. and W. A. Hayes. 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushroom. Academic Press Inc., New York. 521~557p,
10. Chang, S. T., J. A. Buswell and S. W. Chiu. 1993. Mushroom Biology and Mushroom Products. The Chinese University Press, Hong Kong. 370pp.

11. Cheung, P. C. K. 1996a. The hypocholesterolemic effect of extracellular polysaccharide from the submerged fermentation of mushroom. *Nutr. Res.* 16: 1953–1957.
12. Cheung, P. C. K. 1996b. The hypercholesterolemic effect of two edible mushrooms: *Auricularia aurivula* (tree-ear) and *Tremella fuciformis* (white jelly-leaf) in hypercholesterolemic rats. *Nutr. Res.* 16: 1721–1725.
13. Cheung, P. C. K. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *Journal of Nutrition* 128: 1512–1516.
14. Cho, S. H., Lee, S. D., Ryu, J. S., Kim, N. G. and Lee, D. S. 2001. Changes in quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) during modified atmosphere storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8:3 67–373.
15. Choi, S. H. 2000. Extraction and Purification of Bioactive Materials from *Agaricus Blazei*. Masters degree thesis. Seungang University.
16. Chung, S. Y., Kim, S. H., Kim, H. S., Kang, J. S., Cheong, H. S., Kim, G. J. and Kim, H. J. 1990. Effects water soluble extract of *Ganoderma lucidum*, Kale Juice and Sodium dextrothyroxine on hormone and lipid metabolism in hyper-cholesterolemic rats 1. Concentrations of triiodothyronine, thyroxine, blood sugar and lipid composition in serum. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 19: 381–386.
17. Dabbour, I. R. and Takruri, J. 2002. Protein quality of four types of edible mushrooms found in Jordan. *P. Foods Human Nutr.* 57: 1–11.
18. Dermar A. 1974. *Pleurotus eryngii* (Dc. ex. Fr.) Quel. in Slovakia. *Ceske Mykologie* 28: 57~59.
19. Ebihara, K., Schnceman, B. O. 1989. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglycerides with dietary fiber in the small intestine of rats. *J. Nutr.* 119: 1100–1106.
20. Gordon, T., Kannel, W. B., Castelli, W. P. and Dawber, T. R. 1981. Lipoproteins, cardiovascular disease and death: the framingham study. *Arch. Inter. Med.* 141: 1128–1131.
21. Guillen, F., Munoz, C., Gomez-Toribio, V., Martinez, A. T., Martinez, M. J. 2000.



Oxygen activation during oxidation of methoxyhydroquinones by laccase from *Pleurotus eryngii*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 170–175.

22. Gilliland, S, E. 1979. Beneficial interrelationships between certain microorganism and humanism; Candidate microorganism for use as dietary adjuncts. *J. Food Production* 42: 164

23. Hong, J. S., Y. H. Kim, M. K. Kim, Y. S. Kim and H. S. Sohn. 1989. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 58–62.

24. Hong, K. H., B. Y. Kim and H. K. Kim. 2004. Analysis of nutritional components in *Pleurotus ferulea*. *J. Food Sci. Technol.* 36: 563–567.

25. Hossain, S., Hashimoto, M., Choudhury E. K., Alam, N., Hussain, S., Hasan, M., Choudhury S. K. and Mahmud, I. 2003. Dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*) ameliorates atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 30: 470–475.

26. Hui, Y. F., Den, E. S., Chi, T. H. 2002. Antioxidant and free radical scavenging activities of edible mushrooms. *J. Food Lipids* 9: 35–46.

27. H. U. Lee, M. Y. Song, D. J. Cho, W. K. Shin, B. J. Moon and T. W. Bae. 1996. Res. Bull. Inst. Agr. Reso. Dong-A Univ. 5: 55~64.

28. Hwang, Y. J., Nam, H. K., Chang, M. J., Nohm G. W., Kim, S. H. 2003. Effect of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii* extracts on proliferation and apoptosis in human colon cancer cell lines. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 217–222.

29. Jeong, C. H., Shim, K. H. 2004. Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 716–722.

30. Jung, I. C., S. Park, K. S. Park, H. C. Ha, S. H. Kim, Y. I. Kwon and J. S. Lee. 1996. Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 464–469.

31. Kabir, Y., Kimura, S., Tamura, T. 1988. Dietary effects of *Ganoderma lucidum* mushroom on blood pressure and lipid levels in spontaneously hypotensive rats (SHR). *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 34: 433–438.

32. Kang, M. S. 1999. Studies on the artificial cultivation and physiological activity of *Pleurotus eryngii*. Masters degree thesis. Kangwon National University.
33. Kang, M.S., Kang, T. S., Kang, A. S., Shon, H. R. and Sung, J. M.(2000) Studies on mycelial growth and artificial cultivation of *Pleurotus Eryngli*. *Korean J Mycol.* 28: 73–80.
34. Kang, T. S., Jeong, H. S., Lee, M. Y., Park, H. J., jho, T. S., Ji, S. T., Shin, M. K. 2003. Mycelial growth using the natural product and angiotensin converting enzyme inhibition activity of *Pleurotus eryngii*. *Korean J. Mycol.* 31: 175–180.
35. Kang, T. S., Kang, M. S., Sung, J. M., Kang, A. S., Shon, H. R. and Lee, S. Y. 2001. Effect of *Pleurotus eryngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J. Mycol.* 29 :86–90.
36. Kang, T. S., M. S. Kang, J. M. Sung, A. S. Kang, H. R. Shon and S. Y. Lee. 2001. Effect of *Pleurotus erngiion* the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J. Mycol.* 29: 86–90.
37. Kazuno, C. and Miura, E. 1984. *Nippon Shokuhin Kogyogakkaishi.* 31: 208.
38. Kim, B. K., Shin, G. G., Jeon, B. S., Cha, J. Y. 2001. Cholesterol lowering effect of mushrooms powder in hyperlipidemic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 510–515.
39. Kim, H. K., C. C. Jong, H. Y. Chang, G. P. Kim, D. Y. Cha and B. J. Moon. 1997. The artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (1) Investigation of mycelial growth conditions. *Kor. J. Mycol.* 25: 305~310.
40. Kim, H. K., Chenog, J. C., Chang, H. Y., Kim, G. P., Cha, D. Y. and Moon, M. K. 2003. Mycelial growth using the natural product and angiotensin converting enzyme ingibition activity of *Pleurotus eryngii*. *Korean J. Mycol.* 25: 305–310.
41. Kim, J. Y., Kang, H. I. Seo, K. I. 2004. Antioxidative and antitumor activities of crude polysaccaride fraction *Pleurotus eryngii*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1589–1593.
42. Kim, K. Y., Song, Y. M., Jin, S. K., Kim, I. S., Kang, Y. S., Lee, S. D., Chowdappa, R., Ha, J. H. and Kang, S. M. 2006a. The effect of change in meat quality parameters on pig longissimus dorsi muscle by the addition of fermented persimmon shell diet. *Asian–Australasian. Journal of Animal Science* 19: 286–291.

43. Kim, K. Y., Song, Y. M., Jin, S. K., Kim, I. S., Kang, Y. S., Lee, S. D., Chowdappa, R., Ha, J. H. and Kang, S. M. 2006b. The effect of fermented persimmon shell diet supplementation on the growth performance and blood parameters in finishing pigs. *Asian–Australasian. Journal of Animal Science* 77: 314–319.
44. Kim, S. Y., Son, M. H., Ham J. U., Lee, S. C. 2003. Preparation and characterization of fried surimi gel containing king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 855–858.
45. Kim, J. U. and K. Y. Park. 1980. Experiment & Practice Method of Food Processing. Hyangmun Publishing Co., Ltd. Seoul. 283pp.
46. Kim, H. K., C. C. Jong, S. J. Seok, G. P. Kim, D. Y. Cha and B. J. Moon. 1997. The artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* (2) Morphological characteristics of fruiting body and cultural conditions. *Kor. J. Mycol.* 25: 311~319.
47. Kim, H. S., H. C. Ha and T. S. Kim. 2003. Research and prospects in new functional mushrooms. *Food Sci.* 36: 42–46.
48. Kim, H. J., M. S. Ahn, G. H. Kim and M. H. Kang. 2006. Antioxidative and antimicrobial activities of *Pleurotus eryngii* extracts prepared from different aerial part. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 799–804.
49. Kim, H. K., H. S. Han, G. D. Lee and K. H. Kim. 2005. Physiological activities of fresh *Pleurotus eryngii* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 439–445.
50. Kim, S. J., D. Han, M. H. Park, J. S. Rhee. 1995. Measurement of superoxide dismutase–like activity of natural antioxidants. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59: 822–826.
51. Kim J. S., J. S. Han and J. S. Lee. 1995. A study for the mechanical and sensory characteristics of mushrooms by various cooking methods. *Korean J. Food Cook. Sci.* 11: 44–50.
52. Kim, Y. I., J. S. Bae, S. H. Jung, M. H. Ahn and W. S. Kwak. 2007. Yield and physicochemical characteristics of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Ammulina velutipes*) substrates according to mushroom species and cultivation types. *J. Anim. Sci. & Technol.* 49: 79–88.
53. Koh, J. B. 2002. Effect of *Cordyceps militaris* on lipid metabolism, protein levels and enzyme activities in rats fed high fat diet. *Korean J. Nutr.* 35: 414–420.

54. Lee, D. J. 2002. Studies on characteristics of isolates, bioactivity and artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* Quel. Ph. D. degree thesis, Dankook University.
55. Lee, H. U. 1998. Cultivation Technique of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*). Kyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju. 81pp.
56. Lee, H. U. 1999. Cultivation technique and disease detection of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). Mushroom (The Mushroom Association of Korea) 3: 137~165.
57. Lee, H. U. 1999. New cropping system and disease detection of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). Mushroom (The Mushroom Association of Korea) 3: 193~223.
58. Lee, H. U. 2007. Mushroom Science. Mushroom Science Institute, Mushtopia Co., Ltd. 166pp.
59. Lee, J. W., Bang, K. W. 2001. Biological activity of *Phellinus* spp. artificial cultivation of *Pleurotus eryngii* Quel. Ph. D. degree thesis. Dankook University.
60. Lindemanrt, M. D., Comelius, S. G., Kandelgy, M. E. 1986. Effect of age weaning and diet on digestive Enzyme levels in the piglet. *Journal of Animal Science*. 62: 1298.
61. Liu, F., V. E. C. Ooi and S. T. Chang. 1996. Free radical scavenging activity of mushroom polysaccharide extracts. *Life science* 60: 763-771.
62. Mam S. J. 1983. Effects of the substances from dried mushroom by several organic solvents on the stability of fat. *J. Food Sci.* 15: 150-154.
63. Manzi, P., Gambelli, L., Marcani, S., Vivanti, V. and Pizzoferrato, L. 1999. Nutrients in edible mushrooms : An interspecies comparative study. *Food Chem.* 65:4 77-482.
64. Manzi, P., Marconi, S., Aguzzi, A. and Pizzoferrato, L. 2004. Commercial mushrooms : nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry* 84: 201-206.
65. Ma, S. J. 1983. Effects of the substances from dried mushroom by several organic solvents on the stability of fat. *J Food Sci.* 15: 150-154.
66. Mattila, P. and Pizzoferrato, L. 2000. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chem.* 68: 315-318.
67. Mattila, P., Konko, K., Euroala, M., Pihlave, J., Astola, J., Vahteristo, L., Hietaniemi, V., Kumpulainen, J., Valtonen, M., and Piironen, V. 2001. Contents of vitamins, mineral

- elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. *J. Agri. Food Chem.* 49: 2343–2348.
68. M. H. Lee, S. D. Lee, H. U. Lee, D. H. Kim and K. H. Shim. 1994. Effect of quality on the storage method in Citron. *J. Inst. Agri & Fishery Develop. Gyeongsang Nat'l Univ.* 13: 1~7.
69. Ogundana, S. K. and Okogbo, O. 1981. The nutritive value of some Nigerian edible mushrooms. In: Mushroom Science XI. In: Proc. 11th Inter. Scientific Congress on Cultivation of Edible Fungi. *Australia.* 123–131p.
70. Oh, S. W., Lee, C. U., Koh, J. B. 2004. Effects of *Agaricus blazei* Murill on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Cod Food Sci Nutr Res.* 16: 1953–1957.
71. Overland, M., Granli, T., Kjos, N. P., Fjetland, O., Steien, S. H. and Stokstad, M. 2000. Effect of dietary formats on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing–finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 78: 1875–1884.
72. Palmela, M., Stefania, M., Altero, A., Laura, P. 2004. Commercial mushrooms : nutritional quality and effect of cooking. *Food Chemistry.* 84: 201–206.
73. Pamela M., Loretta G., Stefania, M., Vittorio V., Laura, P. 1999. Nutrients in edible mushrooms : and inter–species comparative study. *Food Chem.* 65: 477–482.
74. Peter, F. S. 1975. The toxicology of nitrate, nitrite and N–nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.* 26: 1761–1766.
75. Radcliffe, J. S., Zhang, Z. and Kornegay, E. T. 1998. The effects of microbial phytase, citric acid, and their interaction in a corn–soybean meal–based diet for weanling pigs. *Journal of Animal science* 76: 1880–1886.
76. Rajarathnam S, Bano Z. 1987. Pleurotus mushrooms. Part 1 A. Morphology, life cycle, taxonomy, breeding and cultivation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 26: 157–223.
77. Rosenvold, K., Laeke, H. N., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., Lundstrom, K and Andersen, H. J. 2001. Strategic finishing feeding as a tool in the control of pork quality. *Meat Science*, 59: 397–406.
78. Rural Development Administration. 1988. Analysis Method of Soil–Chemicals: Soil, Plant and Soil–microorganism. 450pp.

79. SAS. 2003. SAS user's Guide:Statistics, SAS Inst. Ins., Cary, NC.
80. S. D. Lee, M. H. Lee, H. U. Lee, J. K. Cho, Y. S. Lee and K. H. Shim. 1994. Effect of quality changes according to drying method of astringent persimon after pelling. *RDA. J. Agri. Sci.* 36(2): 699~704.
81. S. H. Cho, S. D. Lee, H. U. Lee, N. J. G. Kim, J. S. Ryu and D. S. Lee. 1998. Effect of sawdust removal on root part Enoki mushroom on quality during storage. *KOREAN J. POSTHARVEST SCI. THCHNOL.* 5(3): 231~238.
82. Song J. Y., Yoon K. J., Yoon H. K. and Koo S. J. 2001. Effects of  $\beta$ -glucan from *Lentinus edodes* and *Hordeum vulgare* on Blood Glucose and Lipid Composition in Alloxan-induced Diabetic Mice. *KOREAN J. Food Sci. TECHNOL.* vol. 33(6): 802-807.
83. Song, Y. M., Lee, S. D., R. Chowdappa., Kim, H. Y., Jin, S. K. and Kim, I. S. 2007. Effects of fermented oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) by product supplementation on growth performance, blood parameters and meat quality in finishing Berkshire pigs.
84. Stamets, P. 1993. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press, Hong Kong. 304-308p.
85. Stamets, P. and J. S. Chilton. 1983. The Mushroom Cultivator. Agarikon Press. Olympia, Washington. 415pp.
86. Sung J. M., Y. B. Yoo and D. Y. Cha. 1998. Mushroom Science. Kyo-Hak Publishing Co. Ltd., Seoul. 614pp.
87. Swenson, M. J., Goetsh, D. D., Underbieges, G. K. L. 1955. The effect of the sow's ration on the hematology of the newborn pig. *proc book, A. V. W. A.* 36: 159-161.
88. Yong, Un Cho., Hong Chul Kim., Chul Ho Kim., Gye Sik Min.(2007) The studies of material analysis and microbiology in waste media of *Pleurotus eryngii*. *J. INDUSTRIAL TECHNOLOGY RES. INST.* 14: 299-302
89. Yoon, S. J. and M. Y. Lee. 2004. Quality characteristics of sulgidduk added with concentration of *Hericium erinaceus* powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 20: 575-580.
90. Waldroup, P. W., Hillard C. M., Mitchell R. J. 1982. The nutritive value of yeast grown on hydrocarbon fraction for broiler chicks. *Poult. Sci.* 50: 1022-1028.
91. Williams, B. C., J. T. McMullan and S. Mccahey. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresource Technology* 79:

227-230.

92. Wang, H., Ng, T. B. 2004. Eryngin0, a novel antifungal peptide from fruiting bodies of the edible mushroom *Pleurotus eryngii*. *Peptides* 25: 1-5.
93. Zadrazil, F. 1974. The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eryngii*. *Mushroom Sci. IX*(part 1): 621-655.
94. 고영두, 신재형, 김상철, 김영민, 박기동, 김재황. 2003. 복합 생균제 첨가가 육계 생산성, 유해가스 발생량 및 맹장내 균총에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45: 559-568 .
95. 고진복, 이충언. 2005. 새송이버섯이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 34(5): 626-631.
96. 권오석, 김인호, 홍종욱, 한영근, 이상환, 이제만. 2002. 사료내 발효사료(Bio-a) 첨가가 비육돈의 생산성 및 분중 암모니아 발생량에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 43: 193-202.
97. 길동용, 임종선, 전경철, 김법균, 김경수, 김유용. 2004 지속적인 생균제의 첨가가 돼지의 성장, 영양소 이용율, 혈중요소태 질소 및 면역능력에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 46: 39-48
98. 김영일, 배지선, 정세형, 안문환, 곽완섭. 2007 버섯폐배지의 발생량 조사 및 새송이, 느타리, 팽이 버섯 폐배지의 버섯종류별과 재배방식별의 물리화학적 특성평가. *한국동물자원과학회지* 49(1): 79-88.
99. 김한경, 정종천, 석순자, 김광포, 차동렬, 문병주. 1997a. *Pleurotus eryngii*의 인공재배(I)-균사배양 조건에 관하여. *한국균학회지* 25: 305-310.
100. 남궁환, 백인기. 1986. 곰팡이 쓴 옥수수수를 사용할 때 Amminia 처리와 BHT, CTC, Probiotics의 첨가가 육계에 미치는 영향. *한국가금학회지* 13(2): 221-226.
101. 노선호, 이찬호, 최윤재, 한인규. 1994. 항생제, 효소제, 효모제, 생균제 및  $\beta$ -agonist가 육계의 성장과 영양소 이용율에 미치는 효과. *한국축산학회지* 36(6): 630-638.
102. 박형룡, 한인규, 허기남. 1994. Yeast culture의 첨가가 육계의 상쟁성과 장내 yeast colony에 미치는 영향. *한영사지* 18(5): 346-357.
103. 유영복, 공원식, 오세중, 정종천, 장갑열, 전창성. 2005. 버섯과학과 버섯산업의 동향. *한국버섯학회지* 3(1): 1-23
104. 윤용덕. 1984. 장관점막면역에 대한 지견. *대한수의사회지* 20: 450-457.

105. 이은, 최무영. 2000. 솔잎분말이 고 콜레스테롤 급여 흰쥐의 체지방구성과 TBARS량에 미치는 영향. *한국식품영양학회지* 32(5): 1186-1190.
106. 장해동, 김해진, 조진호, 진영걸, 유종상, 김인호. 2007. 복합 생균제 첨가가 육성돈의 생산성, 면역관련 혈액학적 지표 및 분내 유해가스 발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 49(4): 501-508.
107. 최순천, 채병조. 2003. 버섯재배 폐배지와 생균제의 급여가 비육돈의 생산성, 돈분 중 가스 및 냄새발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 45: 529-536 .
108. 한국농식품 수출가이드북. 2007. 농림부·농산물유통공사 공동. 197-199p.
109. 홍종욱, 김인호, 권오석, 김지훈, 민병준, 이원백. 2002. 자돈 및 비육돈에 있어 생균제의 첨가가 생산성 및 분내 가스발생에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지* 44: 305-314.
110. 홍종욱, 김인호, 김지훈, 권오석, 이상환, 서완수, 김철, 김을상, 정윤화. 2002. 비육돈에 있어 황기, 인삼, 양파 혼합물의 급여가 성장 및 도체 특성에 미치는 영향. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31(1): 149-154.