

11-1543000
-002358-01

발간등록번호

11-1543000-002358-01

톱밥대체고부가가치버섯생산배지개발 및 발효사료개발

2018

농림축산식품부

첨단생산기술개발사업 R&D Report

톱밥 대체 고부가가치 버섯생산 배지 개발 및 한우발효사료 개발 최종보고서

2018.11.15.

주관연구기관 / 전남대학교 산학협력단
협동연구기관 / (주) 팜플러스

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “툽밥대체 고부가가치 버섯생산배지개발 및 발효사료개발”(개발기간 : 2015.08. ~ 2018.08.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2018. 11. 15.

주관연구기관명 : 전남대학교산학협력단 (대표자) 송진규 (인)



협동연구기관명 : (주) 팜플러스 (대표자) 차태원 (인)



주관연구책임자 : 전남대학교 수의과대학 서국현

협동연구책임자 : (주) 팜플러스 차태원

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	315016-3	해당단계 연구기간	2015.08.13.~ 2018.08.14	단계구분	
연구사업명	단위사업	농식품기술개발사업			
	사업명	첨단생산기술개발사업			
연구과제명	대과제명	(해당 없음)			
	세부과제명	툽밥 대체 고부가가치 버섯생산 배지개발 및 한우 발효사료 개발			
연구책임자	서국현	해당단계 참여연구원 수	총: 13명 내부: 8명 외부: 5명	해당단계 연구개발비	정부:480,000천원 민간:168,000천원 계:648,000천원
		총연구기간 참여연구원 수	총: 13명 내부: 8명 외부: 5명	총연구개발비	정부:480,000천원 민간:168,000천원 계:648,000천원
연구기관명 및 소속부서명	전남대학교 산학협력단 전남대학교 수의과대학 수의학과			참여기업명 (주) 팜플러스	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	해당사항 없음
-------------------------	---------

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호											

국가과학기술중합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

- 버섯배지 충전제로서 톱밥대체원료의 개발
 - 톱밥대체 충전제로 생왕겨 선정과 농가수준에서 쉽게 할 수 있는 생왕겨 발효공정 확립
 - 톱밥 등 대체 버섯배지 충전제별 버섯품종에 맞는 최적배합비율을 작성
- 버섯품종별 작성된 배합비율로 새송이버섯과 느타리버섯 생산시험.
 - 새송이버섯에 대하여 3차례 실험결과 병당 수익률이 61원, 벌크제품 수확량 19.3% 정도 개선되었고, 경제성 기여율이 22.0%로 높았음.
 - 새느타리버섯에 대하여 3차례 실험 결과 생산량 25.0% 증가, 병당 15~20원 (16~23%) 원가를 절감함.
- 발효왕겨 충전 버섯수확후 배지첨가 발효사료 개발
 - 농가에서 최소 시설 및 최소 비용으로 적용 가능한 미생물배양시스템 구축 및 공정 확립
 - 발효왕겨 충전 버섯수확후배지를 20~40%까지 혼합할 수 있는 배합비율 작성 버섯폐배지 활용 발효사료 생산 공정 확립
 - 버섯수확후배지 첨가 발효사료의 영양가치를 평가 및 사육단계별 폐배지 발효사료 배합비율(급여비율)을 확립하여 배합사료를 완전대체 할 수 있는 버섯수확후배지 첨가 발효사료 개발
- 수확후배지 첨가 발효 사료(발효사료) 한우미경산암소 비육시험
 - 발효사료의 기호성과 섭취량 및 소화율을 반영하는 분변도 양호함.
 - 각처리구의 육량 및 육질등급은 발효사료급여구에서 높아 조수익의 향상과 두당 100천원 정도의 사료비 절감효과가 나타남.
 - 발효사료로 비육한 한우 암소에 대한 건강검진 및 혈액대사지표 분석결과 이상이 없었으며, 산화적 손상정도가 적었고, 반추위의 발육상태가 양호하여, 버섯 수확후배지 발효사료가 반추위의 건강에 매우 유익한 것으로 확인됨.
- 산업재산권 등록 및 사업화
 - 특허등록 1건, 출원 2건 및 제품화 4건 및 사업화추진, 발효사료 공장 완공, 기술전수 2건 등

보고서 면수 : 72

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용의 톱밥대체배지의 개발로 버섯의 생산성향상 <ul style="list-style-type: none"> - 톱밥대체 버섯배지 소재 개발 및 폐배지의 활용방안 구축 - 톱밥대체원료의 개발 : 발효왕겨 - 대체원료의 영양소 분석 및 버섯품종에 맞는 버섯배지 배합비율 확립 - 버섯품종별 버섯재배 농장실증 실험(버섯품종별, 계절별 생산성 확인) ○ 톱밥대체 폐배지 소재를 이용한 부산물 이용성 증대 및 고부가가치 창출 <ul style="list-style-type: none"> - 수확후버섯배지를 이용한 경제적인 완전대체 발효사료 배합비 개발 - 버섯폐배지의 사료영양가치 평가 및 활용방안 구축 ○ 수확후버섯배지 발효사료 활용한 고부가 한우미경산암소 비육사양시험 <ul style="list-style-type: none"> - 한우배합사료 대체 발효사료원료로 사용할 수 있는 기술개발 - 한우농가 자가 발효미생물의 자체배양시스템의 안정적 구축 - 수확후버섯배지 발효사료생산으로 한우사육비용절감을 통한 한우산업 경쟁력 향상
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 톱밥대체 버섯배지 충전제를 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 톱밥대체 물질 선정 : 왕겨(발효왕겨) - 버섯 충전제로 활용할 왕겨의 발효공정 확립 및 물리성, 영양적 특성, 유해물질 등 특성구명 및 배지 다공성 등 톱밥대체충진제로서의 특성구명 ○ 버섯품종별 대체배지 배합비율 작성 및 버섯생산 <ul style="list-style-type: none"> - 발효왕겨충진 새송이버섯 및 느타리버섯 배지 조성확립 및 재배시험을 통한 생산성 규명 : 버섯생산비절감 및 생산성향상으로 수익증대 ○ 버섯폐배지 부가가치향상을 위한 사료화 <ul style="list-style-type: none"> - 발효왕겨 버섯 버섯수확후배지의 영양적 가치평가 완료. - 축산농가에서 간편하고 저렴하게 발효사료생산에 적용 가능한 미생물 배양공정 확립<특허출원:10-2018-0064356 (2018.06.04.)>. - 증균된 액상 유산균(<i>Lactobacillus Plantarum</i>)을 이용한 발효왕겨충진 버섯수확후배지 발효사료를 개발 : 간편하고 저렴한 한우용 대체 발효사료 개발. - 발효사료의 특성(안전성, 영양성분 등) 구명을 통한 사료가치 평가 : 농약 성분 등 위해물질 분석. ○ 버섯수확후배지를 이용한 경제적인 완전대체 발효사료 배합비 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 발효왕겨충진 버섯수확후배지 발효사료 급여시 높은 육량등급과 높은 육질등급 출현율을 나타내어 조수입 높게 나타냄. - 발효왕겨 버섯수확후배지 첨가 발효사료가 함우암소 비육시 사육단계별 건강 및 영양대사에 영향을 미치지 않으며, 농후사료에 의한 산화적 스트레스 역시 덜 받고 있는 것으로 확인 됨. - 버섯 수확후 발효왕겨충진 버섯배지 30~40%를 한우암소비육 발효사료 생산에 사용함으로써 폐자원의 재활용과 사료비 절감을 통한 축산농가의 경쟁력향상에 기여함을 확인함. - 한우미경산암소 비육 실증시험을 통하여 한우 사육단계별(육성기, 비육기) 버섯수확후배지 첨가 발효사료 최적 배합비 확립.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발효왕겨 및 버섯폐배지 첨가발효사료 사업화 추진 • 본 연구과제의 성과를 바탕으로 버섯폐배지 발효사료를 활용한 고부가치 한우사양이 가능한 발효사료 개발 및 산업화 추진하여 (주)팜플러스(자회사 설립)가 30억원의 제품생산공장을 설립 			
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생왕겨 발효 기술 이전 및 산업화 <ul style="list-style-type: none"> - 버섯생산량과 버섯품질 향상으로 인한 버섯재배농가의 수익성향상 - 버섯종균의 배양 및 생육의 위험요소 감소로 버섯생산의 안정성 기여 - 톱밥대체 발효왕겨 제품 사업화로 고용창출 ○ 버섯수확후배지의 가축사료화로 판매수익을 높여 버섯농장의 추가수익 창출 <ul style="list-style-type: none"> - 사료원료 수입대체 효과와 폐자원 재활용의 부가가치 높임 - 버섯수확후 배지의 가축사료화로 버섯수확후배지 판매로 버섯농장의 추가수익 창출 - 버섯부산물을 중심으로 버섯, 축산, 자원순환이 가능한 비즈니스 모델개발 ○ 한우농가 자가 발효미생물의 자체배양시스템의 안정적 구축을 위한 기술이전 <ul style="list-style-type: none"> - 농식품부산물을 효율적으로 이용 가능한 저비용 고효율 발효생균제 생산기술 및 농식품부산물 발효사료제조기술이전 (기 이전 2건) ○ 버섯수확후 배지를 한우배합사료 대체 발효사료원료로 사용할 수 있는 기술이전 및 사업화 <ul style="list-style-type: none"> - 사료원료 수입대체 효과와 버섯수확후 배지 등 폐자원 재활용으로 부가가치 향상 - 버섯수확후 배지 발효사료이용으로 한우사육비용 절감 및 육량·육질등급 향상으로 한우산업의 경쟁력 향상 - 버섯수확후 배지 한우배합사료 대체 발효사료 사업화 : 고용창출 <p>(주) 팜플러스에서 발효사료생산공장을 설립, 2019년 초부터 본격적인 제품 생산 및 판매 계획.</p>			
국문핵심어 (5개 이내)	톱밥대체배지	버섯배지발효사료	발효미생물	자원순환 시스템
영문핵심어 (5개 이내)	Sawdust Medium	Mushroom Fermentated	Fermenta Microorganism	Resource Cir. System

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

〈 목 차 〉

제 1 장 연구개발과제의 개요	7
제 1 절 연구개발 필요성	7
제 2 절 연구개발 목 표	8
제 3 절 연구개발 범 위	9
제 2 장 연구개발수행 내용 및 결과	11
제 1 절 톱밥충진제 대체 버섯배지 개발	11
1. 연구목표	11
2. 톱밥대체 배지원료 선발을 위한 부존재원의 검토	11
3. 톱밥 대체 버섯배지 원료로 선발한 왕겨의 발효 공정 확립.....	12
4. 톱밥 대체 버섯배지(발효왕겨) 배합비율 별 영양소 비교 및 경제성 비교	16
제 2 절 톱밥 대체 발효왕겨 버섯배지의 생육시험	19
1. 연구목표	19
2. 톱밥 대체 발효왕겨 버섯배지의 새송이 버섯 생육시험	19
3. 톱밥대체 발효왕겨 버섯배지의 느타리버섯 생육시험.....	28
제 3 절 발효왕겨충진 버섯폐배지 발효사료 개발 및 한우암소비육 사양시험	38
1. 연구목표	38
2. 발효왕겨충진 버섯 폐배지의 영양가치 평가 및 발효사료 개발.....	38
3. 버섯 폐배지 발효사료의 미경산한우 비육시험	45
제 3 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	63
제 4 장 연구결과의 활용계획	65
제 1 절 연구개발 성과.....	65
제 2 절 연구성과 활용실적 및 계획	67
제 3 절 추가연구의 필요성.....	68
붙임. 참고 문헌	69

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 필요성

1. 버섯재배농가 측면의 필요성

톱밥은 수분을 공급하거나 단순히 버섯생산을 위한 배지내의 단순 충전제로서 만의 역할을 담당하고 있는 톱밥은 톱밥의 종류에 따라 다를 수 있지만 수분 15%정도로 보정하면 그 가격은 250~350원/kg에 이른다. 그러나 톱밥에는 버섯이이용할 수 있는 영양성분이 거의 전무하여 영양성분을 고려한다면 톱밥의 구입비용은 버섯재배원료 중 가장 높은 배지원료로 사료된다. 이러한 톱밥의 가격은 일반 사료원료의 가격에 비해 저렴한 가격이 절대 아니다. 뿐만 아니라 소나무톱밥(미송)의 경우 톱밥에 함유된 휘발성물질(페놀화합물-송진)이 버섯종균의 배양과정에 악영향을 주며, 다른 영양원의 이용성을 낮추는 요소로 작용한다.

버섯재배농가에서는 이러한 위험성을 제거하기 위해서 최소 3~6개월 또는 최대 일 년 동안 발효(부숙) 시켜 사용하여야 한다. 톱밥의 발효과정에 들어가는 인건비용, 톱밥을 많이 쌓아두는데 사용되는 비용, 발효과정에서 나오는 검은색의 침출수로 인한 환경미원, 바람에 날려서 손실되는 톱밥양 등을 고려하면 톱밥 사용의 비용이 매우 높다하겠다. 또한 톱밥은 그 입자크기에 따라 버섯종균배양에 크나큰 영향을 주고 있다. 입자도가 작은 톱밥을 배지원료로 사용할 때에 공극의 문제가 발생하여 버섯균사의 균사체량의 저하와 균사 밀도가 낮아지고 배양속도도 늦어지며 생육과정에서 버섯자실체의 형태와 버섯생산량의 저하로 이어진다. 국내 모든 버섯종균 배양소에서는 작은 톱밥입자 문제의 보완 및 해소와 유해물질 제거를 하기위한 노력들을 하고 있으나, 경제적비용과 현실적 대안이 뚜렷한 해결방안을 찾지 못하였다.

결론적으로 버섯재배원료로 사용하는 톱밥을 다른 영양소가 높고 이용성이 높은 원료로 대체배지의 개발이 중요하며, 그러한 방안으로 톱밥의 물리적 특성을 겸비하고 영양수준이 높은 거친 배지원료를 개발하여 버섯생산성과 안정성을 도모하고 수확후배지의 판매단가를 높여 버섯재배농장의 새로운 수익원으로 기여함으로써 안정적 경영이 이뤄져야 할 것이다

2. 자원재활용 측면의 필요성

국내에서 농산버섯(새송이, 느타리 및 팽이 등) 재배과정 중 배출되는 수확후버섯폐배지 양은 연간 250,000톤 정도로 추정된다. 현재 버섯폐배지는 kg당 30~40원에 비료나 사료의 원료로 판매되고 있으나, 버섯폐배지의 사료영양적가치를 감안하면 100원/kg 이상의 사료원료로 판매할 수도 있다. 이러한 버섯폐배지의 재활용 측면에서 최소비용으로 높은 부가가치를 창출할 수 있는 분야가 한우발효사료를 개발 분야이다. 한우발효사료에 30~50% 정도를 사용함으로써 저가의 발효사료를 생산하고, 한우사육의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다. 톱밥대체배지의 개발로 인하여 국내 모든 농산버섯에서 배지로 활용한다면 버섯 생산성증가율은 20~25% 정도로 예상이 되어 지며 그 금액은 연간 1,000억 정도로 추정되고, 버섯폐배지의 영양가치 재평가 판매로 인하여 버섯농가에서 폐배지 판매 수익증가액은 연

간 200억원으로 예상된다. 톱밥대체 폐배지로 한우발효사료 원료로 이용하여 한우비육사육을 할 경우, 두당 100만원(50만원/두/년) 사료비 절감효과를 볼 수 있을 것으로 추정됨으로 톱밥대체배지의 총 발생량으로 한우발효사료를 만들어 사육할 수 있는 두수는 연간 15만 두 이상이 사육가능하며, 사료비절감효과는 연간 800억 수준이 될 수 있을 것이다. 따라서 톱밥대체배지의 개발로 인한 경제적 효과는 연간 2,000억 원 정도로 예상된다.

3. 자원재활용의 실용화 모델의 필요성

버섯폐배지는 퇴비공장이나 축분장으로 판매가 되어 단순한 부형제로서 역할을 했으며, 그 영양가치의 대한 평가를 받지 못하여 헐값에 판매되고 있으며, 자원재활용 측면에서 보면, 사료용으로 충분한 가치가 있는 버섯수확 후 폐배지를 퇴비공장이나 축분장에서 사용되어 재활용의 효율성이 떨어진 실정이다.

지금껏 버섯수확 후 폐배지의 축산 사료원료로서 사용되는데 가장 큰 장애요인은, 버섯배지에 사용되는 톱밥이 함유되어 있어 전체적으로는 영양소가 낮을 뿐만 아니라 발효사료원료로 사용하여 생산된 제품에 톱밥입자가 보여 축산농가의 불만의 요인으로 인하여 기존 TMR공장 등에서 버섯수확 후 폐배지의 경제성 및 효용성의 장점을 인지하고서도 사용하지 못하거나 극히 소량의 첨가비율로 사용되고 있는 실정 이였다.

따라서 버섯톱밥대체배지의 개발로 영양소함량을 높여 버섯생산량 증대와 버섯품질향상을 도모하고, 수확후배지의 판매에 있어 기존 농업용 퇴비에 저가로 공급하던 것을, 축산사료원료로 공급함으로써 버섯농장의 추가 수익원으로 재평가 받고, 소화효소 및 기능성물질 등의 함유된 톱밥대체 버섯폐배지를 사료원료로 공급함으로써 한우사육비용절감과 축산물 품질향상을 도모 하는 것이 필요하다.

제 2 절 연구개발의 목표

- 버섯생산현장에서 생산비 절감과 더불어 고품질의 버섯 생산을 통한 소득향상을 도모하기 위하여, 버섯재배에 필수적인 버섯영양배지의 충전제로 사용되고 있는 **톱밥을 대체할 수 있는 저가의 우리나라 농산부산물 원료개발**을 통하여 생산비 절감과 더불어 고품질의 버섯 생산성 향상을 도모 하고
- 버섯수확후배지의 이용성을 극대화를 위하여 영양적 가치가 높은 축산사료원료로 공급함으로써 버섯농장의 수익성 향상과 더불어 **반추위 소화에 적합한 톱밥충진제 대체 버섯수확후배지를 사료원료로** 이용함으로써 한우사육비용절감과 축산물 품질향상을 도모함으로써 톱밥충진제대체 수확후배지 소재를 이용한 부산물 이용성 증대 및 고부가가치 창출하고자 한다

제 3 절 연구개발 범위

1. 최종목표

가. 버섯배지 톱밥충진제를 대체할 수 있는 우리나라 농산부산물 원료개발

- 저비용 톱밥대체원료의 버섯배지 충진제 개발로 버섯농가 생산성향상
- 대체원료의 영양소 분석 및 버섯품종에 맞는 버섯배지 배합비율 확립
- 버섯품종별 버섯재배 농장실증 실험 및 경제성 분석

나. 톱밥대체 수확후배지 소재를 이용한 부산물 이용성 증대 및 고부가가치 창출

- 발효왕겨충진 버섯 수확후폐배지 영양가치 평가.
- 버섯 수확후폐배지 활용을 위한 발효미생물 배양시스템 구축.
- 발효왕겨충진 버섯 수확후폐배지를 이용한 한우배합사료의 완전대체 발효사료 개발
- 발효왕겨충진 수확후폐배지 발효사료의 안정성과 경제성 입증
- 발효왕겨충진 수확후폐배지를 이용한 경제적인 완전대체 발효사료 배합비 개발

2. 세부목표

가. 버섯배지 충진제로서 톱밥대체원료의 개발

- 톱밥대체원료 선발 및 특성분석
 - 톱밥 대체 원료 성분 및 물리적 이화학적 성상 분석
 - 톱밥대체 버섯배지 소재 개발 및 폐배지의 활용방안 구축
 - 대체원료의 영양소 분석 및 버섯품종에 맞는 버섯배지 배합비율 확립
- 톱밥 대체 버섯 충진제로 활용하기 위한 생왕겨의 발효공정 확립
 - 왕겨발효촉진을 위한 영양원의 검색 및 선발
 - 발효균주의 영양성분 (CMS)을 이용한 자연 환경 존재 발효균주를 이용한 발효공정 확립
- 버섯품종별 대체배지 배합비율 작성 및 버섯생산실험 : 새송이버섯, 느타리버섯
 - 실제 버섯 생산농가의 관행생육 환경에서 톱밥충진 버섯배지와 선발된 충진제 (발효왕겨) 버섯 배지에서 버섯 종균배양 및 버섯생육 상태조사
 - 왕겨발효충진 배지 최종배합비율선택
- 버섯품종별 버섯재배 농장실증 실험 및 경제성 분석 : 새송이버섯, 느타리버섯

나. 톱밥대체 수확후폐배지 소재를 이용한 부산물의 이용성 증대 및 고부가가치 창출

- 발효왕겨 충전 수확후폐배지 부가가치향상을 위한 사료화
 - 버섯폐배지의 사료영양가치 평가 및 활용방안 구축
 - 버섯종류별(느타리버섯, 새송이버섯) 수확후폐배지의 사료가치분석
- 발효왕겨 충전 수확후폐배지의 안정적 이용을 위한 농가 미생물배양시스템 개발
 - 농가에서 적용 가능한 미생물배양시스템 구축 : 최소 시설 및 최소 비용으로 배양시스템 구축 및 공정 확립
- 발효왕겨 충전 수확후폐배지의 배합사료대체 발효사료 원료로의 가치평가
 - 발효왕겨 충전 수확후폐배지의 영양성분 분석과 비육시험을 통한 사료가치 평가 분석
 - 한우 암소비육시험용 발효사료 생산을 위한 단미사료 배합비에 따른 영양가치 평가
 - 한우배합사료의 완전대체 발효사료 개발
 - 한우 암소비육시험을 위해 생산된 수확후폐배지첨가 발효사료의 영양가치 평가 및 사육단계별 폐배지의 발효사료 배합비율 확립
- 발효왕겨 충전 수확후폐배지 발효 사료 생산 및 한우 사양실험
 - 액상 배양증식한 발효균주(유산균)를 이용한 수확후폐배지 활용 발효사료 생산
 - 한우 미경산우 56마리, 2처리 (시판사료급여구, 수확후폐배지 발효사료구) 사양시험, 사육기간 24개월, 도체등급과 경영성적분석
- 한우 암소 비육시험축에 대한 건강검진 및 혈액대사지표 분석
 - 수확후폐배지 발효사료의 안정성 확인

제 2 장 연구수행 내용 및 결과

제 1 절 톱밥충진제 대체 버섯배지 개발

1. 연구 목표

- 가. 버섯배지 충진제로서 톱밥대체원료의 개발
- 나. 대체원료의 영양소 분석 및 버섯품종에 맞는 버섯배지 배합비율 확립
- 다. 버섯품종별 버섯재배 농장실증 실험 및 경제성 분석 : 새송이버섯, 느타리버섯

2. 톱밥대체 배지원료 선발을 위한 부존재료의 검토

가. 왕겨

1) 장점

- 국내에서 시기와 지역에 관계없이 연중 지속적으로 공급 가능하며, 부피와 중량에 비해 매우 저렴한 부산물임.
- 버섯균사배양에 필요한 공극을 제공할 수 있고, 입자도가 매우 균일하여 버섯배지 조성시 균일하고 일정한 공극 제공<그림 1-2>.
- 배양과 생육과정에 수축현상을 잡아줄 수 있으며, 섬유질을 분해시 버섯생산에 필요한 영양소공급원으로 이용 가능하여 콘커브의 대체 원료로 충분함<표 1-1>.

2) 문제점

- 세포벽 구성물질이 분해하기 힘든 섬유소인 리그닌함량이 높다<표 1-1>
- 외피가 다공성실리카로 치밀하게 구성되어있어 흡습력이 낮다
- 왕겨는 벼 재배 특성상 농약성분이 검출 될 확률이 높다
- 대부분의 버섯농장은 친환경 무농약인증을 획득하여 버섯을 생산하고 있음
- 왕겨에 농약 잔류성분량이 수확시기 병충해 발생에 따라 농가별 천차만별임
- 무농약 유기농왕겨를 분리하여 구입하기가 어렵고 물량도 한계가 있음.
- 왕겨의 섬유조직구조를 분해하여 흡습력을 높이는 과정이 필요<표 1-3>

3) 해결방안

- 미생물(방선균) 발효과정을 통하여 세포벽을 분해와 농약성분 휘발시킴
- 버섯배지의 살균과정에서 고온 고압에 의한 수분증발과정에 의해 잔류농약 성분 제거
- 왕겨의 발효과정에서 세포벽 파괴. 섬유소분해를 통하여 수분 흡습력을 높임
- 방선균의 장기간 발효과정을 통하여 수분 및 영양소공급의 역할 여건 조성

표 1-1. 왕겨의 세포벽 구성물질

성분	NDF	ADF	Lignin	Hemicellulose	Cellulose
구성비(%)	70.0	56.0	55.0	14.0	12.0

나. 옥수수대

1) 장점

- 톱밥 및 다른 톱밥대체원료들 보다 영양소 함량이 높다<표 1-5>
- 비중이 낮아 병당 투입량이 적어 배지입병 비용을 낮출 수 있다
- 영양소함량이 높아 톱밥대체 역할과 버섯배양과 생육 시 영양공급원의 역할을 병행가능
- 섬유소 조성이 버섯균사가 분해하기 쉬운 형태로 존재하여 영양소 이용이 용이함
- 수분흡수 능력이 좋아 버섯생산성에 도움이 됨

2) 문제점

- 옥수수 줄기는 수확 후 건조 상태와 보관 장소 그리고 분쇄형태에 따라 품질변이 심함
- 건조 형태(양건, 음건)에 따라 영양소 함량의 변이 발생
- 분쇄입도와 가공과정(가루, 펠릿) 등으로 입자도 차이발생
- 톱밥에 비해 조직이 부드러워 배양 및 생육과정에 수축현상(스폰지현상)이 발생
- 수축현상으로 버섯의 측면발이로 인한 기형버섯 발생 및 수확량감소
- 특히 겨울철 저온 건조 날씨 환경을 개선하기위한 난방 시스템 가동 시 문제점 심각

3) 해결방안

- 버섯배지용으로 사용하기 위하여서는 3~5mm 정도로 분쇄하여 수입
- 수축현상 방지를 위하여 조직이 딱딱한 원료와 혼합사용으로 문제점해결
- ADF의 함량이 높은 원료와 혼합하여 사용하여 물리적 특성을 보완함
- 왕겨와 혼합하여 사용함으로써 물리적 수축현상 최소화
- 왕겨 등 공극이 크고 일정공극을 유지할 수 있는 원료와 혼합하여 사용

3 톱밥 대체 버섯배지 원료로 선발한 왕겨의 발효 공정 확립 <그림 1 -1 참조>

가. 발효환경 및 발효조건

- 원료 및 비율 : 생왕겨 (100kg) + 방선균 (000 CFU/100kg)
+ Condensed Molasses Soluble(CMS) 10% (10~15kg)<CMS 영양성분 (표 4)> + 수분 적정량 (50~55%)
- 발효균 : 환경에서 자연적으로 발생하는 방선균(*Actinomadura*, *Faenia*, *Thermoactinomyces*, *Thermomonospora*, *Actinosynnema*, *Frankia*, *Nocardia* 속)에 의한 발효(자연발효), 첨가균주 없음
- 발효 기간 : 원료 배합 및 야적 후 25일 내외 (겨울철은 2~3일 지연됨)
- 뒤 집 기 : 1차 발효개시 후 8일째, 2차 15일째, 3차 20~25일 짜
- 발 효 열 : 발효 개시 5일째 82℃ 까지 상승
총 적산 온도는 40,000℃ 이상 (평균 발효열 65℃ × 25일 × 24시간)
- 발효왕겨 pH 변화 : 발효 개시 1일째 6.66, 15일째 7.23, 20일째 7.72, 30일째 7.78로 변화
- 생왕겨 발효 반복시험 결과 동일한 결과가 나타남을 확인할 수 있었다.

- 한편 왕겨의 발효에 영향을 주는 방선균은 자연계에 널리 분포하는 균으로서 앞서 제시한바와 같이 그 종류가 매우다양하다. 방선균은 토양에 매우 많은 종류가 존재함으로 왕겨에 부착되어 있는 방선균이거나 토양속의 방선균이 다양한 경로를 통하여 방선균이 접종되고 증식된 것으로 판단되어 국내 어느 지역에서도 같은 발효결과를 볼 수 있을 것으로 사료된다. 다만 방선균의 초기 증식환경조건(온도)에서는 여름철 보다는 겨울철에 더 늦게 증식하는 경향을 보였는데, 겨울철의 초기 발효온도 상승이 여름철보다 2일정도 지연되어 발열이 진행되거나 발열이 진행되면 겨울철에도 외부온도가 방선균 증식에 영향을 주지 않아 왕겨발효에 전혀 문제가 되지 않고 있음을 확인하였다.

나. 발효미생물 영양소 공급 물질

1) Condensed Molasses Soluble (CMS)의 특성

- 미생물들이 증식하는데 필요한 N원은 단백태질소(PN) 보다 비단백태 질소(NPN)을 잘 이용하는데 CMS에는 NPN의 함량이 2.6% 수준으로 비교적 높음<표 1-2>.
- 식품가공부산물이어서 일반 영양소원료에 비해 저렴하여 생산비용 절감효과가 있으며, 물에 잘 희석이 되어 왕겨에 골고루 혼합이 용이함.
- 미강이나 소맥피와 같은 영양소원료들의 발효초기에 발생하는 이상발효가 일어나지 않으며, 이들 영양소원에서 문제가 되는 발효초기 푸른곰팡이가 발생되지 않음을 확인 함.

표 1-2. Condensed Molasses Soluble (CMS)의 영양성분

구 분	수 분	조단백	조섬유	조회분	NPN
함량(%)	45.0	30.0	2.0	12.0	2.6

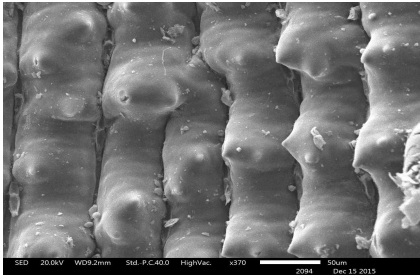
다. 발효왕겨의 특성

1) 발효 왕겨의 이화학적 특성

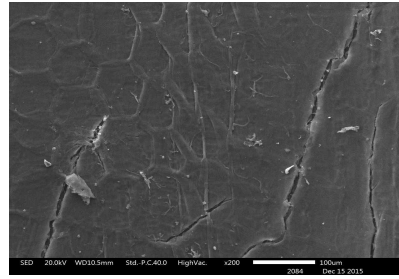
- pH : 7.8~7.9
- 수분함량 : 70% 내외
- 부피감량 : 10% 내외
- 색 상 : 밝은 노란색 → 갈색

2) 발효 왕겨의 물리적 특성변화

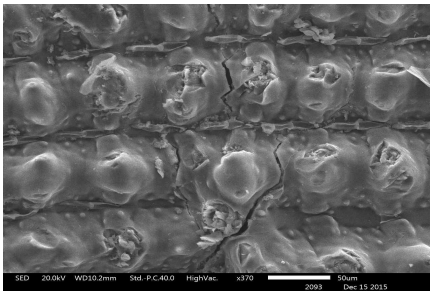
주사전자현미경(×5,000)으로 생왕겨와 발효왕겨의 외피 및 내피표면을 촬영하여 비교한 결과 생왕겨 외피의 극돌기 부분과 내피 세포조직이 치밀하고 단단하게 결합 형태로 되어 있어 수분 흡수저해 및 분해가 어려워 이용성이 감소되거나 발효 왕겨의 경우 외피 및 내피 부분의 조직이 현저하게 분해되어 있는 경향을 나타내어 수분 흡수 등의 이용성이 증대되었다<그림 1- 2>.



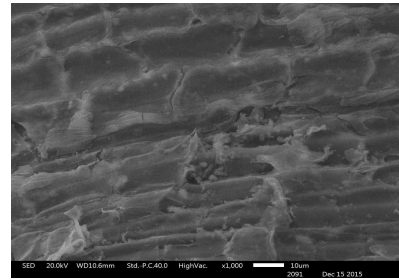
<생왕겨 외피>



<생왕겨 내피>



<발효왕겨 외피>



<발효왕겨 내피>

그림 1-2. 생왕겨 (상) 및 발효왕겨 (하)의 섬유질 조직 <주사전자현미경 × 5,000>

3) 발효 왕겨에 대한 농약잔류 검사 결과

발효 왕겨에 대한 농약성분 잔류유무를 확인하기 위하여 “한국농식품분석연구소”에 의뢰하여 320 종류의 농약 성분에 대하여 분석하였다. 발효왕겨 배지를 첨가 하였으나 살균하지 않은 버섯배지를 발효전(1차) 및 발효후(2차) 2회 반복하여 분석한 결과 1차분석시에는 Tricyclazole외 5종이 검출되었으며, 2차에서는 Tricyclazole 만 미량 검출되었으며, 발효왕겨를 첨가한 버섯배지를 살균한 후 농약잔류 검사 결과 Abamectin B1외 319종 모두 검출 되지 않아<표 1-3> 생왕겨이 발효 처리과정과 살균과정에서 잔류농약의 제거 등을 통하여 안정성을 확보할 수 있었다.

표 1-3. 발효 왕겨에 대한 농약잔류물질 검사

성 분	검 출 량 (mg/kg)		
	버섯배지 미 살 균		배지 살균
	1차 분석	2차 분석	3차 분석
Tricyclazole	0.947	0.070	-
Azoxystrobin	0.233	-	-
Hexaconazole	0.527	-	-
Imidacloprid	0.186	-	-
Methoxyfenozide	0.231	-	-
Propiconazole	1.964	-	-
Abamectin B1 외 313종	불검출	-	-

(한국농식품분석연구소)

4. 톱밥 대체 버섯배지(발효왕겨) 배합비율 별 영양소 비교 및 경제성 비교

가. 발효왕겨의 버섯 배지로서의 물리적 및 영양적 특성

버섯 배지는 버섯에 영양분을 공급하는 영양배지와 충전제 그리고 68~70%의 수분으로 구성된다. 영양배지는 주로 소맥피, 대두피, 미강, 비트펄프, 채종박 및 대두박 등으로 버섯종균 증식과 자실체(생육)의 영양원으로 사용되며, 영양소함량은 조단백 17%, 조섬유 10%, NFE 50%로 전체 배지량의 45~50%를 차지하고 있다.

충진제는 공극을 형성 목적으로 톱밥(새송이버섯배지의 20%) 및 콘커브(새송이버섯배지 30%)를 이용하며, 영양적 가치 외에 적절한 흡습 능력이 필요하다.

1) 발효왕겨의 버섯 배지로서 물리적 특성

발효 왕겨는 외피 및 내피 부분의 조직이 현저하게 분해되어<그림 1-2> 수분 흡수능력이 탁월하여 71%의 흡습 능력을 나타내며, 비중 또한 0.14정도로 톱밥에 비하여 낮아 단위 면적당 사용량을 감소시킬 수 있다<표 1-4>.

표 1-4. 톱밥 및 톱밥대체배지의 물리적 특성

구 분	pH	비중	흡습량 (%)
톱 밥 (미송)	6.2	0.28	68
왕 겨	6.5	0.13	58
발 효 왕 겨	7.8	0.14	71
옥 수 수 대	6.2	0.12	82

※ 조건: 80℃ 물 30분 침지, 망에 걸러 2시간 방치 후 수분측정

2) 발효왕겨의 버섯 배지로서 영양적 특성

발효 왕겨의 영양적 특성은 톱밥과 비교시 수분함량은 6.19%로 낮으나 균사체 영양분으로 이용될 수 있는 조단백 함량은 5.16%로 톱밥의 0.66%보다 5배 이상 높게 나타내고 있으며, 탄소(C)성분 NFE 역시 27.62%로 톱밥보다 높은 경향을 나타내었다. 한편 발효 왕겨에서 조섬유가 톱밥보다 낮으나 옥수수대 보다 높게 나타내었고, NDF 역시 높은 경향을 나타내어 버섯수확후 폐배지의 조사료원료로서 이용성이 높을 것으로 판단되었다<표 1-5>.

표 1-5. 톱밥 및 대체배지원료 성분 비교

구 분	수분 (%)	조단백 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)
톱 밥	12.00	0.66	0.76	65.37	1.24	19.97	82.51	69.99
왕 겨	9.81	3.63	0.74	41.02	18.56	26.24	70.00	56.00
발효왕겨	6.19	5.16	0.01	48.30	12.72	27.62	79.82	66.49
옥수수대	10.89	3.51	0.39	32.82	9.41	42.98	70.85	45.10

나. 발효왕겨의 버섯 배지 배합비율 설정

1) 발효왕겨의 버섯배지 배합비율 설정 실험

버섯 배지에 톱밥을 대체하여 발효왕겨를 이용 하였을 경우 적정비율을 확립하기 위하여 영양배지 및 콘커브의 비율은 고정된 다음 톱밥을 제외하여 <표 1-6>과 같이 3개 처리로(옥수수대 + 발효왕겨처리, 옥수수대 단독처리, 발효왕겨 단독처리) 배합비율을 적용하여 버섯배지를 제조하였으며, 배합 비율에 따른 영양소를 각 처리구별로 분석하였다<표 1-7>.

표 1-6. 톱밥 대체 버섯배지 증진제 처리구별 배합비율 및 원가 비교

구 분	기존배합비율			옥수수대+발효왕겨			옥수수대 단독			발효왕겨 단독		
	첨가량 (g/병)	첨가비 (%)	비용 (원/병)	첨가량 (g/병)	첨가비 (%)	비용 (원/병)	첨가량 (g/병)	첨가비 (%)	비용 (원/병)	첨가량 (g/병)	첨가비 (%)	비용 (원/병)
영양배지	200	51.3	100.0	200	61.5	100.0	200	63.5	100.0	200	61.5	100.0
콘커브	60	15.4	15.0	60	18.5	15.0	60	19.0	15.0	60	18.5	15.0
톱밥	130	33.3	30.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
옥수수대	-	-	-	30	9.2	9.0	55	17.5	16.5	-	-	-
발효왕겨	-	-	-	35	10.8	11.3	-	-	-	65	20.0	20.9
합계	390	100	145	325	100	135	315	100	132	325	100	136
톱밥대비 절감액(원/병, %)				10원, 6.8%			13원, 9.4%			9원, 6.4%		

※ 버섯배지 1,400cc 병기준, 수분12% 보정

1,400cc병에 새송이버섯 배지를 입병할 모든 배지원료들을 수분 12%정도로 보정하여 무게로 환산하면 톱밥배지는 390g/병, 옥수수대 대체배지는 315g/병, 발효왕겨 대체배지는 320g/병 내외로 중량의 차이는 원료별 비중과 입자의 크기와 균일성의 차이에 기인되었다 <표 1-4 및 표 1-6 참조>.

영양배지와 콘커브양을 동일한 양으로 하였을 때 한병당 첨가되는 톱밥배지의 원가는 145원/병이나 발효왕겨 대체배지의 원가는 136원으로 병당 9원(7%정도)의 원가 절감효과를 나타내었다. 일일 30,000병 새송이 종균을 배양하는 종균배양소에서 경영비절감효과는 월 800만원 정도로 년중 9천 7백만원 정도의 원가를 절감할 수 있을 것으로 추정되었다.

구 분	톱밥(미송)	옥수수대	발효왕겨	왕 겨
부피(원/m ³)	65,000	36,000	45,000	22,000
무게(원/kg)	230	300	320	160
비 중	0.28	0.12	0.14	0.14
톱밥부피대비 비용(%)	100.0	55.4	69.2	-

2) 발효왕겨의 버섯배지 배합비율별 영양성분

버섯 배지에 톱밥을 대체하여 발효왕겨를 이용 하였을 경우 적정비율을 확립하기 위하여 영양배지 및 콘커브의 비율은 고정된 각 처리구의 영양성분은 <표 1-7>과 같다. 발효왕겨를 단독으로 사용한 버섯배지에서 질소(N)원인 조단백질은 25% 정도 상승하였으며, 탄수화물(C)원인 NFE 역시 13% 상승하였으나, 수분, 조섬유, NDF 및 ADF 비율이 감소하였고, 조지방은 비슷한 수준을 유지하고 있었다. C/N비율을 나타내는 NFE/조단백 비율이 발효왕겨를 단독으로 사용한 버섯배지에서 4.01 : 1로 톱밥충진 버섯배지 비율 4.44 : 1 보다 낮은 경향을 나타내어 발효왕겨가 버섯배지에서 추가적인 N 공급원으로 이용 할 수 있을 것으로 판단되었다.

표 1-7. 톱밥 대체 버섯배지 증진제 처리구별 영양성분

구 분	톱밥증진제 (%)	옥수수대+발효왕겨		옥수수대 단독		발효왕겨 단독	
		비율(%)	증감율	비율(%)	증감율	비율(%)	증감율
수 분	12.42	12.20	0.98	12.39	0.99	12.06	0.97
조단백	9.43	11.76	1.25	12.02	1.28	11.76	1.25
조지방	1.53	1.64	1.07	1.64	1.07	1.67	1.09
조섬유	31.34	19.04	0.60	17.57	0.49	19.89	0.63
조회분	3.42	6.52	1.90	5.36	1.56	7.40	2.16
NFE	41.87	48.87	1.17	51.06	1.22	47.22	1.13
NDF	56.68	49.32	0.87	48.49	0.85	49.41	0.87
ADF	36.98	27.29	0.74	24.80	0.67	28.87	0.78
NFE/CP	4.44	4.15		4.25		4.01	
C/N비율	31 : 1	29 : 1		30 : 1		28 : 1	

제 2 절 톱밥 대체 발효왕겨 버섯배지의 생육시험

1. 연구목표

톱밥대체 충전제를 이용한 버섯 생육시험을 새송이버섯과 느타리버섯을 대상으로 농장 현장 실험을 실시하여 생산성을 비교하였다. 생산 현장실험인 점을 고려하여 각 단계별로 반복하여 생육실험을 실시하였다.

2. 톱밥 대체 발효왕겨 버섯배지의 새송이 버섯 생육시험

톱밥대체 발효왕겨충진 버섯배지를 이용한 버섯 생육시험은 버섯배지 충전제 선발을 위한 버섯재배 시험 등 순차적으로 총 3차에 걸쳐 수행하였다.

가. 톱밥 대체 버섯배지 충전제 선발을 위한 버섯재배 1차 시험

- 대상 농가 : 참솔밭영농조합 새송이농장 (전남 나주 소재)
- 대체 충전제 : 옥수수대, 발효왕겨
- 처리방법
 - 처리구 : 톱밥 대체 버섯배지 충전제 처리구별 배합비율 <표 1-6>을 기준으로 하여 톱밥대체 충전제별 3처리 (옥수수대+발효왕겨, 옥수수대 단독, 발효왕겨단독),
 - 대조구 : 기존 관행 톱밥 충전제 처리구
 - 처리방법 : 1,400cc병에 각 처리구별 10,000병/2회/일 입병 및 종균 접종

표 1-8. 톱밥 대체 버섯배지 충전제 처리구별 입병 처리후 pH, 중량 및 수분함량

		대체배지비율(%)		입병량 (2회/일)	pH		병무게 (g)	수 분 함 량 (%)
		옥수수대	발효왕겨		살균전	살균후		
처 리 구	옥수수대 +발효왕겨	50	50	5,460 5,800	6.8	6.0	980 ~ 1,000	67
	발효왕겨 단독	0	100	5,250 5,400	6.7	6.1	1,040 ~ 1,060	68
	옥수수대 단독	100	0	5,470 5,380	6.8	6.2	980 ~ 1,000	66
대 조 구	톱 밥	-	-	5,570 5,480	6.8	5.9	1,040 ~1,060	66~67%

1) 입병 처리 결과

옥수수대+발효왕겨 및 옥수수대 단독 충전 배지의 입병작업결과 입병기계의 진동충진 시간을 1초에서 2초까지 늘려도 입병중량에 변화가 없었다. 이것은 옥수수대의 비중이 상

대적으로 가벼운 것에 기인된 것으로 판단 된다<표 1-4 참조>. 그러나 옥수수대 단독 충전 버섯배지의 경우 건조된 상태의 옥수수대 분말을 영양배지와 혼합시(물을 첨가하기 전 사전 혼합) 분진 및 먼지 발생이 심하여 작업자의 작업효율이 나빠짐을 발견하였다.

발효왕겨 단독 충전 버섯배지는 진동충진시간을 기존과 같이 1초로 동일하게 입병하였을 때에도 차이를 나타내지 않았으나 건조배지원료만으로 입병할 경우 작업자의 인지 정도에 따라 배지의 수분함량이 낮게 입병이 되는 현상을 나타내었다.

한편 각 처리구에서 톱밥대체 충전제가 비중이 낮고, 큰 입자도에 기인하여 입병 및 살균과정에 종균을 접종할 타공구의 무너짐 현상 등이 발생할 것으로 예상하였으나, 타공 구멍 형성 등의 성형에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

2) 입병 처리후 종균 접종 및 배양 결과

유관배양 일수는 각 처리구 모두 배양일수가 25~26일 정도로 기존 미송톱밥배지 배양 일수 (30~32일)보다 5일 정도 단축되었고, 배양일수 단축(단축비율 16.7%)에 따라 종균배양실의 이용효율 개선과 소모품(병, 뚜껑, 바구니) 절감효과가 향상된 것으로 나타내었다.

톱밥대체 충전제 버섯배지에 종균을 접종한 후 배양기간 동안 종균의 활력 및 균사체량을 유관적으로 판단한 결과 기존의 톱밥 충전제에 비하여 옥수수대 및 발효왕겨 충전제에서 우수한 결과를 나타내었다. 특히, 발효왕겨 단독 처리구에서 대조구와 다른 실험구에 비해 입병수분이 1% 이상 높았으나, 발효왕겨가 일정한 공극을 형성시켜주어 배양기간 및 균사활력, 균사체량 등에서 양호한 결과를 보였다. 그러나 옥수수대 단독사용한 버섯배지에서는 배지 내 수분이 낮고, 공극이 적은 것에 기인하여 균사체량이 발효왕겨첨가 배지보다 상대적으로 낮았던 것으로 판단되었다. 한편 종균배양 기간 동안 오염률 역시 평균 0.1% 미만(1회 입병수 7,000병에 대한 균 굵기 시 오염된 배지병수는 10병 미만이었음)으로 기존 방법인 톱밥 충전제 버섯배지와 유사한 결과를 내었다<표 1-9>.

이러한 결과는 배양병수 대비 건축면적과 종균배양실의 배양환경조절 공조기 등의 시설 및 설비설치 비용의 절감을 통하여 종균생산비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

표 1-9. 톱밥대체 충전제 버섯배지의 종균의 활력 및 균사체량(유관 판단)

구 분	톱 밥	옥수수대 +발효왕겨	발효왕겨 단독	옥수수대 단독
종균활력	++	+++	++++	+++
균사체량	+++	++++	++++	+++
배양일수	31	26	25	25
오염율(%)	0.1미만	0.1미만	0.1미만	0.1미만

+ 보통, ++ 양호, +++ 좋음, ++++ 매우좋음

3) 각 처리구별 버섯 생육 및 생산 성적

각 처리구별 생육상 입상은 동절기(1월 ~2월)에 시차를 두고 입상하였으며, 각 처리구

에 따른 생육상의 버섯 생육상태를 조사하였다.

가) 옥수수대+발효왕겨 처리구 생육 및 생산 성적

본 처리구는 동절기 중 외부기온이 영하권인 시기(1월 25일)에 생육장 입상하였다. 생육기간 동안 극심한 한파(계속적인 영하권 기온)로 인하여 군사 재부상 및 버섯발이 시간 지연되었다. 생육실 온도를 15℃ 이상 높이기 위하여 지속적인 난방기 가동으로 재배사의 상대습도가 낮아짐에 기인하여 모든 버섯배지에서 수축현상과 멍치형태의 버섯 발생되었다<그림 1-3>. 따라서 생육실의 건조한 생육환경여건을 개선하기 위한 지속적으로 가습을 하였는데, 이로 인하여 버섯군사 및 버섯 생장에 장애가 발생 하였다 버섯배지의 수축현상은 톱밥대체배지(옥수수대+발효톱밥)가 톱밥충진제 버섯배지 대비 충진량이 적고 밀도가 낮음에 기인하여 병숙 배지의 수축현상이 상대적으로 심하여 발이편차가 발생하여 기형버섯 발생비율도 높았다<그림 1-3(1)>. 그러나 발이편차와 기형버섯의 발생이 많았으나 전체수확량은 톱밥충진 배지보다 더 높게 나타났으며<표 1-10>, 숙기 후 버섯의 생육상태와 버섯의 형태가 양호 해졌다.

한편 버섯 생육에 치명적인 갈반병은 겨울철에 주로 발생함으로 매년 겨울철은 대부분의 생육농가에서 버섯재배에 어려움이 겪은 시기이다. 본 시험에서는 갈반병의 발생을 조사한 결과 각 처리구 모두에서 발생하지 않았다. 이는 버섯군사의 활력이 좋고, 군사체량이 많아 갈반병에 저항력이 높았을 것으로 생각되었다.



<옥수수대+발효왕겨(1)>

<발효왕겨 단독(2)>

<옥수수대 단독(3)>

그림 1-3. 톱밥 대체충진제별 군사체 발이 상태

표 1-10. 톱밥대체 충진제 버섯배지의 생산 성적

정 량 지 수	톱 밥	옥수수대+발효왕겨		발효왕겨 단독		옥수수대 단독	
	수량	수량	증감율(%)	수량	증감율(%)	수량	증감율(%)
생 산 량 (g)/병	210	220	4.8	235	11.9	230	9.5
숙음수량 (g)/병	8.5	12	41.2	15	76.5	13	52.9
평균무게 (g)/개	70	73	4.1	79	12.9	77	10.0
저장기간(일, 4℃)	3주	4주 이상		5주 이상		4주 이상	

나) 발효왕겨 단독 및 옥수수대 단독 처리

발효왕겨 단독 및 옥수수대 단독 처리구는 동절기 중 외부기온이 영상권인 시기(2월 5일)에 생육장에 동시 입상하였다. 생육기간 동안 영상권으로 가온 시간의 단축으로 표면 건조현상이 현저히 개선되었다. 발효왕겨 단독처리구에서 균 굵기 후 배지표면이 충전제 특성상 거칠게 되어 군사재 부상 속도가 상대적으로 빨랐으며, 발이상태 역시 기존의 톱밥충진 배지뿐만 아니라 옥수수대 단독 및 옥수수대 혼합 충전 배지보다 훨씬 또렷하고 좋은 형태로 발이가 되었으며, 숙기 이후와 수확시기까지 그 형태가 지속되었고, 생육관리가 용이하였다. 특히 발효왕겨 단독처리구에서는 발이 시 측면발이와 뭉침 형태의 발이가 거의 없어 뒤집기가 끝나고 숙기작업 전에 일반적으로 시행하던 1차 기형버섯 제거작업이 필요 없었다<그림 1-3(2)>. 옥수수대 단독 처리 배지에서도 발이형태가 좋고 갓 형성이 또렷하여 생육관리가 용이하였다<그림 1-3(3)>.

겨울철 새송이버섯의 입상 후 수확 완료까지의 기간은 20~21일 정도였으며, 각 처리구간 생육기간은 차이를 나타내지 않았으나, 발효왕겨 단독 처리배지에서 생산량이 병당 235g으로 가장 높았으며(톱밥 대비 11.9% 증산), 버섯 개당 평균 무게도 79g으로 가장 무거웠고<표1-10>, 버섯의 조직도 역시 단단하였다.

다) 각 처리구별 수확후 저장 기간

각 처리구별 생육된 버섯에 대하여 버섯 밑동에 버섯배지가 붙어있지 않는 상태로 하여 350g/봉지 포장한 버섯을 판매진열대에 진열 후 품질저하 되는 시간 즉, 저장기간을 조사한 결과 발효왕겨 단독 처리구가 5주 이상으로 저장성이 가장 좋았다.

라) 톱밥 대체 충전제(발효 왕겨)에서 생산된 버섯내 농약잔류

발효 왕겨충진제를 사용한 버섯 배지에서 생산된 버섯에 대한 Abamectin B1 외 319종에 대한 농약성분을 “한국농식품분석연구소”에 의뢰한 결과 모든 성분에서 검출되지 않았다<표 1-11>.

표 1-11. 톱밥 대체 발효왕겨 충전제에서 생산된 버섯내 농약잔류

검출 성분명	검출량(mg/kg)
Abamectin B1 외 319종	불검출

4) 톱밥 대체 버섯 충전제 선발을 위한 버섯재배 시험<1차 시험> 결론

톱밥대체 배지의 병당입병 비용이 톱밥충진제보다 9원(6.8%)이상 절감할 수 있었으며<표 1-6>, 버섯배양일을 5일(15%) 이상 단축할 수 있었다. 톱밥대체 발효왕겨충진 배지는 톱밥에 비해 입자도가 크고 일정하며 미송톱밥에 포함되어있는 버섯균사 성장 억제물질(폐

놀화합물)의 발생이 없어 군사밀도, 군사배양속도, 군사활력 등이 양호하였다. 흑한기의 영하의 생육한 환경에서도 슈음수량을 제외한 정상품질의 버섯생산량이 톱밥처리구보다 10% 이상의 생산량 증대효과를 나타내었고, 버섯의 조직도가 단단하여 개당 평균무게도 10%이상의 증대효과를 나타내었다.

본 실험 결과에서 나타난 버섯품질에 관련한 버섯저장성의 향상 즉, 발효왕겨 처리구에서 생산된 버섯의 저장성 향상(톱밥 충전 배지 대비 2주 이상)은 판매진열대에서 1주일 이상의 유통기간이 연장할 수 있어 소득 증대에 기여할 것으로 판단된다. 또한 새송이버섯의 해외 수출 활성화에 기여할 수 있을 것이다. 그러나 겨울철의 건조한 흑한기에 가온 및 가습 등의 생육환경 조정 등을 고려할 때 톱밥대체 배지원의 비중(경도)이 낮고 섬유질 조직이 부드러운 원료의 사용이 많을 경우 생육기간 동안 병속배지의 수축현상 및 측면발이 기형버섯발생 등 상대적 품질저하 현상이 나타날 수 있으므로 주의해야 할 것이다. 발효왕겨 충전배지는 입자도가 균일하고 수축현상을 방지할 수 있으며, 균 굵기 이후 군사 재부상 속도와 또렷한 발이형태로 버섯생육 조절이 자유로워 발효왕겨가 버섯배지에서 톱밥 충전제를 대체할 수 있는 가장 효과적이며 경제적인 원료로 판단된다.

나. 톱밥 대체 발효왕겨 버섯충진제 현장적용을 위한 버섯재배 2차 시험 < 동일농장 적용시험 >

- 톱밥 대체 버섯배지 충전제 선발을 위한 버섯재배 시험에서 도출된 결과를 기준으로 **발효왕겨**를 버섯충진제로의 완전대체를 위한 현장 적용시험을 **동일 농장**에서 실시하였다.
- 대상 농가 : 참숯발영농조합 새송이농장(전남 나주 소재)
- 대체 충전제 : 발효왕겨

1) 입병 처리방법

- 처리구 : 발효왕겨 충전제처리<표 12>, 1,000cc 용량병, 일일 10,000병 입병
- 대조구 : 관행 톱밥 충전제 처리

표 1-12. 톱밥 및 발효왕겨 충전 버섯배지 조성

	버섯 배지 조성					
	영양배지(g)	콘커브(g)	톱밥(g)	발효왕겨(g)	수분 (%)	중량 (g)
대조구	200	60	130	-	67.0±1.0	1,000±50
처리구	200	60	-	55	68.0±1.0	1,000±50

2) 입병 처리후 종균 접종 및 배양 결과

톱밥 대체 버섯배지 충전제 선정 시험결과 <1차 시험>와 동일하게 유관배양 일수는 25내외 였으며, 군사체 밀도와 배양속도 역시 양호한 결과를 나타내었다. 종균배양 기간 동안 오염을 역시 평균 0.1% 미만을 나타내었다.

표 1-13. 발효왕겨충진 버섯배지의 생산 성적

정 량 지 수	대 조 구 (툽밥 충진)	처 리 구 (발효왕겨 충진)	증감율(%)
생육일수 (일)	17	15.5	▽ 8.8
생 산 량 (g)/병	220	250	13.6
숙음수량 (g)/병	9.5	28.6	301.1
평균무게 (g)/개	73	84	15.1
저장기간 (주, 4℃)	3	5	2

3) 발효왕겨충진 버섯배지에서의 버섯 생육 및 생산 성적

생육상 입상(4월 5일) 후 버섯의 발육 및 생육은 <1차 실험> 시기에 비하여 기온의 상승으로 생육환경 인위적 조절을 통한 스트레스 요인 완화로 생육기간 단축 및 버섯 수확량이 증대되었다. 발효왕겨충진 버섯배지에서 버섯의 발이편차와 생육편차가 적어 버섯외관 품질이 일정하였으며 <그림 1-4>, 대조구 대비 전생육기간이 1.5일이 단축되었다 <표 1-13>. 외기의 변화(기온상승, 상대습도 상승)로 발이 개체수가 증가하였는데, 숙음량도 증가하였는데, 숙음량이 증가하면 일반적으로 전체 버섯수확 중량이 줄고, 후기에 수확하는 버섯의 중량이 낮아지며 버섯모양도 나빠지는 경향이 있다. 발효왕겨를 충진제로 이용한 본 실험에서는 숙음량이 기존에 비해 2배 이상 증가하였으나 버섯생산수량이 대조구에 비하여 13.6% 정도 증가하였으며 <표 1-13>, 생육 후기버섯모양도 예쁘게 유지되고 있었다 <그림 1-4>. 버섯 저장성 역시 대조구에 비해 1차 실험 결과와 같이 2주 정도 증가한 것으로 나타내었다.



그림 1-4. 발효왕겨 충진버섯배지 생육 상태 <2차 실험>

4) 발효왕겨 충진 버섯배지 생육시험 결론

발효왕겨충진 버섯배지 현장적용시험 결과로 발효왕겨충진제는 툽밥을 대체할 수 있

는 부형제로서 안정적인 사용이 가능 할 것이며, 또한 발효왕겨 내 증가된 영양성분<표 1-5, 표 1-7참조>이 버섯종균배양 및 생육성적을 고려할 때 버섯의 생육시 영양소 공급 원으로 이용되고 있다고 판단된다. 한편, 발효왕겨 충전 버섯배지에서 생산된 신선 새송이버섯의 저장기간 연장<표 1-13>은 품질 저하 없이 장기간 유통을 가능함에 따라 버섯 산업의 경쟁력 향상에 기여할 수 있을 것이다.

※ 특이사항 : 본 현장 실증실험에 참여한 참슬발영농조합 새송이농장은 발효왕겨 충전배지 현장 적용 <2차 시험>시험 을 수행하던 중, 종균배양이 완료된 시점을 기준으로 하여 배지 충전제로 톱밥을 대체하여 발효왕겨를 전량 (100%)사용하고 있음

다. 톱밥 대체 발효왕겨 버섯충진제 현장적용 시험 <3차 시험: 신규 버섯농장 적용시험>

톱밥 대체 버섯배지 충전제 선발을 위한 버섯재배 시험에서 도출된 결과를 기준으로 **발효왕겨**를 버섯충진제로의 완전대체를 위한 추가적인 현장 적용시험으로 사용톱밥의 종류 및 영양 배지사용원료, 충전병의 크기, 배양실 환경, 생육과 재배방식 그리고 버섯 포장형태(벌크와 뽑기포장형태) 등이 다른 농장에서 발효왕겨의 효과를 증명하고 제품화 할 수 있는 지를 평가하기 위해 실시하였다.

1) 시험 대상농가 일반 현황

- 대상 농가 : 백양사 새송이 종균배양소(전남 장성 소재)
 - 1991년부터 종균배양소를 시작하여 건축물 등의 노후화로 여건이 상대적으로 열악함
 - 생산된 새송이 종균배지의 80%이상을 생육농가에 분양함.
 - 생산된 버섯은 벌크 및 뽑기 2가지형태로 포장하여 출하하고 있음.
 - 새송이버섯 공동선별장 운영으로 장성군 관내 생산 새송이버섯을 공동선별 및 공동출하함.
- 버섯 충전제 : 미송톱밥과 포플러 톱밥(활엽수)을 3:1 비율로 사용
 - 톱 밥 처 리 : 톱밥은 야적장에서 3~4개월 동안 발효 처리후(2번의 뒤집기) 배지로 사용
 - 톱밥 사용량 : 400~450㎥ / 월

2) 버섯배지 입병 및 배양

백양사 새송이 종균배양소 시험 톱밥 및 발효왕겨 충전 버섯배지 조성은 <표 1-14>와 같으며, 관행톱밥처리구와 발효왕겨충진제 처리구로 구분하여 백양사 새송이 종균배양소 관행에 따라 입병 및 배양을 하였다. 각 처리구의 입병은 1,100cc 용량병을 사용하였다.

표 1-14. 백양사 새송이 종균배양소 시험 톱밥 및 발효왕겨 충전 버섯배지 조성

	버섯 배지 조성							
	영양 배지(g)	콘커브 (g)	톱밥(g)	발효 왕겨(g)	수분 (%)	pH		입병 중량 (g)
						살균전	살균후	
대조구	180	40	100	-	70~71	6.5~6.7	5.9~6.1	840
처리구	180	40	-	70	71~71.5	6.7~6.8	6.1~6.2	840

3) 입병 처리후 종균 접종 및 배양 결과

발효왕겨 충전 버섯배지의 유관배양 일수는 24~24.5일로 관행의 톱밥 충전 버섯배지 26~27일 보다 약 2일 단축되었으며, 종균배양 기간 동안 오염을 역시 공히 평균 0.2% 미만으로 과손된 병에서만 배양오염이 발생되었다<표 1-15>.

표 1-15. 백양사 새송이 종균배양소 충전제별 버섯배지 종균접종후 배양일수 및 오염율

구 분	대조구	처리구	비 고
배양일수 (일) (유관배양)	26~27	24~24.5	약2일 단축
오 염 율(%)	0.2%이하	0.2%이하	과손된 병에서만 배양오염발생

4) 백양사 새송이 종균배양소 발효왕겨충진 버섯배지에서의 버섯 생육 및 생산 성적

생육상 입상 후 균 굵기 후 발효왕겨 처리구에서 대조구에 비해 균사 재 코팅 속도와 초 발이 시점까지는 1일정도 빨리 진행되었으나, 뒤집기 후부터 숙기까지는 생육이 약간 정체 되는 경향을 나타내었다. 그러나 발효왕겨 처리구에서 숙기 이후부터 수확시기까지 다시 성장속도가 빨라져 전체 생육기간이 비슷하게 나타내었다. 또한 초기 발이시 갖 형성이 또렷하고 버섯의 전체적인 모양이 예쁘게 형성되었으며, 발이형태가 대조구보다 상대적으로 좋아 생육조건 조정이 용이하여 전체적으로 생육관리가 용이함이 관찰되었다.

본 농장의 발효왕겨 처리구에서 <1, 2차 시험> 결과와 같이 마지막 수확버섯까지 버섯의 형태가 일정하여 품질의 편차가 없음을 확인하였고, 벌크로 포장할 수 있는 모양이 좋은 버섯이 많이 생산되어 벌크형태의 포장 출하 제품 비율이 높았음<그림 1- 5>



그림 5. 백양사 새송이 종균배양소 발효왕겨 충전버섯배지 생육 상태

표 1-16. 백양사 새송이 종균배양소 버섯 생산량 및 수익률 비교

	입상 수량 (병)	조 생산량 (포장단위)					병 당 생산량 ⁴⁾ (g)	병당 수익률		
		조림 ¹⁾	봉지 ²⁾	벌크 ³⁾		특(상)제품 출현율(%)		조수익 (천원)	병당 수익 (원)	수익률 향상(%)
				특(상)	중(보)					
처리구	8,752	84	176	418	20	95.4	161	3,841	439	116
대조구	9,184	미조 사	181	353	30	92.2	142	3,468	378	100

¹⁾ 쪽음 버섯: 2kg 포장단위

²⁾ 봉지 버섯 (병배지에서 뽑아 생산한 버섯) : 400g 포장단위

³⁾ 벌크 버섯 (뿌리부분을 다듬어 생산한 버섯) : 2kg 포장단위

⁴⁾ 병당생산량은 봉지생산량과 벌크생산량을 합산하여 입상수량(병)으로 계산한 것임

백양사 새송이 종균배양소 버섯 생산량 및 수익률은 <표 1-16>과 같다. 발효왕겨 처리구에서의 버섯의 병당 생산량은 161g으로 대조구 보다 19g 높았으며, 병당 수익률 역시 61천원으로 높았다. 생산성 역시 생육장의 전체적 버섯품질 기준인 벌크제품 수확수량이 발효왕겨 처리구가 대조구 대비 19.3% (특(상)제품기준×입상병수 보정계수: 0.95)로 높게 나타내었으며, 벌크포장제품에서 특(상)제품의 출현비율이 발효왕겨 처리구가 95.4%를 대조구 (92.2%) 보다 3% 이상 개선효과를 나타내었다.

한편 백양사 새송이 종균배양소 발효왕겨충진버섯배지 사용에 다른 경제성 분석한 결과 발효왕겨충진버섯배지가 원재료 비용원가절감, 배양기간절감 및 생산성향상, 그리고

판매 수익향상 등의 영향으로 경제성 기여율은 22.0%로 높게 나타났다.

표 1-17. 백양사 새송이 종균배양소 발효왕겨충진버섯배지 사용에 따른 경제성 분석

구 분	원재료비용 절감액(월간)						버섯생산성 및 수익액향상		경제성 기여율 ⁴⁾ (%)
	충진제 사용량 (㎡)	단가 ¹⁾ (원/㎡)	비용 (천원)	절감액 (천원)	절감비율 (%)	배양기간전체절감 기여율 ²⁾ (%)	버섯생산량향상율 ³⁾ (%)	판매수익액	
대조구	400 ~	73,000	32,850	12,600	38.4	5.8	13.3	16.2	22.0
처리구	450	45,000	20,250						

1) 톱밥단가 : 포플러 톱밥 (85,000원/㎡), 25% (21,200원) 사용 + 미송톱밥 (70,000원/㎡) 75% (52,500원) 사용 = 73,700 원/㎡

2) 배양기간 전체 비용절감 기여율 (가중치) : 5.8% (38.4% × 30% × 50%)

- 발효왕겨 사용에 따른 절감비율 : 38.4%
- 원재료비용 중 톱밥이 차지하는 비율 : 30%
- 버섯종균배양 비용 중 원재료가 차지하는 비율 : 50%

3) 버섯생산량 향상율 : 13.3% (병당 생산량 161g(처리구) - 142g(대조구) = 19g/142g × 100)

4) 경제성 기여율 : 22.0%

- 배양기간 전체 절감 기여율 (5.8%) + 판매수익 기여율(16.2%)

※ 버섯종균 배양기간 단축에 대한 경제성평가 및 기존 톱밥의 구입적재량, 뒤집기에 투입되는 비용, 외부환경(바람, 빗물)에 의해 손실되는 톱밥량에 대한 비용은 제외함.

라. 백양사 새송이 종균배양소 발효왕겨 버섯배지 생육시험 결론

발효왕겨충진제의 현장적용 결과 충분히 톱밥을 대체할 수 있는 부형재로서 사용할 수 있음을 재확인하였으며, 백양사 새송이 종균배양소에서는 자체 1차 실험평가 후 발효왕겨충진제가 새송이버섯의 생산성 및 품질향상과 경제성이 있다고 판단하였다.

3. 톱밥대체 발효왕겨 버섯배지의 느타리버섯 생육시험

국내 느타리버섯재배에 사용되는 원료는 대부분 면실박, 면실피, 비트펄프, 톱밥의 4가지 원료이고, 농장에 따라 톱밥량을 줄이고 콘커브를 일부 사용하는 농가도 있다. 새송이버섯과 같은 품종임에도 불구하고 관행적으로 사용하고 있는 원료만을 사용하려는 경향이 심하여 영양소 대비 비싼 원료인 면실박, 면실피의 사용을 고집하고 있는 실정이다.

느타리버섯 재배품종은 일반적으로 춘추, 수한, 흑타리버섯 3가지 품종이 주로 재배되고 있고 품종별 배지원료의 사용비율과 영양성분은 표 1-18과 표 1-19와 같다.

국내 느타리버섯 병 재배는 느타리버섯의 생육다발형 생육형태에 알맞은 65∅, 850cc병

을 대부분사용하고 있고 대부분 경기도 지역을 중심으로 재배되고 있다. 최근 들어 생산성 향상을 위해 1,100cc와 1,400cc 병 재배농가가 경상도와 전라도지방을 중심으로 차차 변화가고 있는 상황이다. 일반적으로 재배되고 있는 3가지 품종의 공균유관배양 기간은 16~18일 정도가 소요되며 후숙기간은 유관배양 후 2주에서 3주까지 소요 된다<표 1-20>. 느타리버섯의 병당생산량은 품종에 따라 140~180g 정도이며, 흑타리버섯의 경우 판매가격이 좋아 선호하는 품종이나 생육과정에 발이편차 등으로 다른 품종 대비 생산량이 떨어지고 생육이 까다로운 품종으로 알려져 있다.

본 연구에서는 느타리버섯 중 흑타리버섯의 재배에서 발효왕겨충진제 사용이 생산성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 버섯재배 농장 현장에서 3차례 반복시험을 수행하였다.

표 1-18. 느타리버섯 품종별 배지원료 사용비율 및 병당 첨가량 <경기도 영주실험농장>

구 분	기존배합비율(850cc)					
	춘 추		수 한		흑타리	
원료명	첨가율(%)	첨가량(g)	첨가율(%)	첨가량(g)	첨가율(%)	첨가량(g)
면실피	1.6	8.6	9.4	51.4	3.2	17.1
면실박	5.6	30.0	5.5	30.0	5.6	30.0
비트펠프	7.9	42.9	6.3	34.3	7.9	42.9
툽 밥	26.9	145.4	21.2	115.7	25.3	136.8
물	58.0	313.2	57.5	313.2	58.0	313.2
합계	100.0	540.0	100.0	545.0	100.0	540.0

표 1-19. 느타리버섯 품종별 배지의 영양성분 분석 및 원가계산

항 목/구분	춘추		수한		흑타리	
	비율(%)	원물량(g)	비율(%)	원물량(g)	비율(%)	원물량(g)
수 분	63.1	-	62.4	-	62.8	-
조단백	3.5	18.8	3.7	20.3	3.6	19.3
조지방	0.3	-	0.5	-	0.4	-
조섬유	20.5	-	19.8	108.0	20.3	-
NFE	11.7	63.0	12.5	68.0	12.0	64.7
C/N비	23.4	-	23.4	-	23.5	-
NFE/CP	3.3	-	3.3	-	3.4	-
배지원가 (원/병)	84		92		86	

표 1-20. 느타리 버섯품종별 종균배양기간, 생육기간 및 생산량

구 분		수한	춘추	흑타리
배양기간(일)	유관배양	16~17	18~19	17~18
	후숙기간	13~14	20~24	16~17
생육기간(일)		8~9	7~8	8~9
생산량(g/병)		160~170	170~180	140~150

가. 느타리버섯 종균 배양 및 생육 1차 시험

느타리버섯 농장 현장에서 수행한 1차 실험은 느타리버섯 3품종에 대하여 톱밥을 대체한 발효왕겨 충전제가 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 아래와 같이 처리하여 실시하였다.

- 대상 농가 : 경기 여주 소재 느타리버섯 농장
- 버섯배지 충전제 : 발효왕겨
- 처리방법 : 3품종(수한, 춘추, 흑타리) 2처리
 - 처리구 : 발효왕겨를 품종별 배지충진제로 <표 1-21> 배합비에 준하여 충전
 - 대조구 : 관행 방법으로 톱밥을 품종별 충전제로 <표 1- 18> 배합비에 준하여 충전
 - 처리방법 : 65∅, 850cc 병에 각 처리구별 10,000병/일 입병 및 종균 접종 : 3일

표 1-21. 시험용 느타리버섯 종균 배양용 품종별 영양배지조성 및 발효왕겨 사용비율

구 분	발효왕겨배합비율 (850cc)					
	춘 추		수 한		흑타리	
	첨가율(%)	첨가량(g)	첨가율(%)	첨가량(g)	첨가율(%)	첨가량(g)
면 실 피	1.8	8.6	10.7	51.4	3.6	17.1
면 실 박	6.3	30.0	6.3	30.0	6.3	30.0
비트펠프	8.9	42.9	7.1	34.3	8.9	42.9
발효왕겨	17.0	81.4	13.5	64.8	16.0	76.6
수 분	66.1	317.2	62.4	299.5	65.3	313.4
	100.0	480.0	100.0	480.0	100.0	480.0

1) 시험용 느타리버섯 배지의 영양성분 변화 및 원가 절감율

시험용 느타리버섯 배지 <표 1-21>에 대한 의 영양성분분석한 결과와 이에 따른 원가를 계산한 것은 표 1-22와 같다. 본 연구에서 조성한 느타리버섯배지가 톱밥충진제를 사용한 버섯배지 <표 1-18, 표 1-19>보다 조단백질과 NFE의 성분비율이 15%, 20%이상 증가였으며, C/N비율은 23:1에서 17:1사이로 낮아짐으로서 느타리버섯의 발이수가 적어질 것으로 자실체가 더 굵은 버섯생산이 가능할 것으로 판단된다. 한편, 영양소의 실중량의 증가와 공극개선으로 수분함량을 높일 수 있으므로 생육과정에 가습량이 많이 필요한 느타리버섯 재배에 좋은 조건을 조성될 것이며, 배지원료 원가절감액은 병당 15~20원(16~23%)정도

의 원가절감효과가 있었다.

표 1-22. 품종별 영양성분 분석 및 원가계산 (% , 원/병)

항 목	춘추		수한		흑타리	
	비율(%)	원물량(g)	비율(%)	원물량(g)	비율(%)	원물량(g)
수 분	69.2		66.1		68.6	
조단백	4.6	22.1	4.8	23.0	4.7	22.4
조지방	0.2		0.4		0.2	
조섬유	11.7	56.2	13.3	63.9	12.0	57.4
조회분	2.9		2.6		2.8	
NFE	16.1	77.4	18.5	88.6	16.5	79.2
C/N비율	17.4		18.7		17.8	
NFE/CP	2.5		2.7		2.5	
배지원가	65		76		67	
비용절감액	20		15		19	
절감율(%)	23.5		16.6		22.1	

2) 느타리버섯 품종 별 종균배양 및 생육시험 결과

발효왕겨충진제 사용배지에서의 종균배양 유관배양기간은 기존 톱밥충진배지와 비교하여 3종류의 느타리버섯에서 동일하게 3~5일 정도 빠르게 배양되었으며, 군사 밀도 및 활력도 또한 발효왕겨의 공극률이 좋아 훨씬 선명한 색택을 띄고 있어 군사체량과 밀도 또한 더 개선된 것으로 판단된다<표 1-23>.

표 1-23. 종균의 활력 및 군사체량(유관 판단).

구 분	대 조 구	흑타리	수한	춘추
종균활력	++	++++	++++	++++
군사체량	+++	++++	++++	++++
총배양 일수	28~40	18~20	20~24	28~31
비 고	+ 보통, ++ 양호, +++ 좋음, ++++ 매우 좋음			

발효왕겨 배지로 배양하여 생육까지의 기간에서 종균을 유관배양한 후 후숙기간을 톱밥충진배지보다 춘추는 7일, 흑타리는 10일정도 빨리 균굽기 작업과 생육과정에 들어갈 수 있었어 배양실의 배양환경을 개선할 수 있는 여건이 조성되었고<표 1-20, 표 1-24>, 느타리버섯 3품종 모두 유관배양 및 군사활력, 군사체량이 대조구에 비해 매우 좋은 배양

상태를 나타내었다<표 1-20, 표 1-23>. 한편 버섯의 생육은 느타리버섯 3품종이 동일하게 발이수가 대조구에 비해 상대적으로 적어 생육 시 대가 더 굵은 형태로 버섯이 성장하였고 버섯갓의 형태가 새송이버섯과 같이 더 두껍고 단단하게 성장하였다<그림 1-6>. 그러나 3품종 모두 생육기간이 대조구에 비해 버섯발이가 늦어져 생육기간이 3일 정도 길어지는 결과와 발이편차가 나타내었다<표 1-20, 표 1-24>. 발이편차와 발이시기 지연은 영양소불균형 (C/N비율 저하, 23:1에서 17:1로 저하)와 N원(조단백질) 상대적과다로 인하여 영양생장에서 생식생장으로 전환되지 못하는 장애로 판단되었다<표 1-18, 표 1-22 참조>.

표 1-24. 발효왕겨 종균배양 실험결과

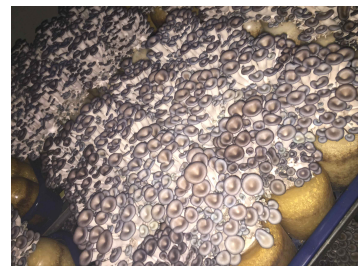
구 분		수한	춘추	흑타리
배양기간 (일)	유관배양	13~14	13~14	13~14
	후숙기간	7~10	14~15	5
생육기간(일)		10~12	10~12	11~12
평균생산량(g/병)		176	191	180
생산량 증가율(%)		6.6	9.1	24.1



수한



춘추



흑타리

그림 1-6. 느타리버섯 품종별 생육 상태

나. 느타리버섯 종균 배양 및 생육 2차 시험

느타리버섯 농장 현장에서 수행한 2차 실험은 1차 배양 및 생육실험에서 나타난 발이편차 및 발이시기가 지연된 문제의 원인을 명확히 판단하기 위해 버섯 농장을 변경하여 흑타리버섯을 대상으로 추가 시험을 실시하였다. 대상 농가 및 처리방법은 아래와 같다.

- 대상 농가 : 전남 장성 소재 새송이농장
- 버섯 충진제 : 발효왕겨
- 처리방법 :
 - 품종(흑타리 버섯) 3처리
 - 처리구 : 발효왕겨 충진 배지로 영양배지량 조절 2처리 <표 1-25> <표 1-26> 참조
 - 대조구 : 관행 방법으로 톱밥충진 배지

- 처리방법 :75∅, 1,100cc 병에 각 처리구별 10,000병/일 입병 및 종균 접종
 표 1-25. 흑타리버섯 재배용 배지 배합비

구 분	대조구		처리 1		처리 2	
	첨가량 (g/병)	첨가비율 (%)	첨가량 (g/병)	첨가비율 (%)	첨가량 (g/병)	첨가비율 (%)
영양배지	100	12.8	100	13.3	80	10.8
큰 커브	50	6.4	50	6.7	60	8.1
발효왕겨	-	-	100	13.3	100	13.5
툽 밥	120	15.4	-	-	-	-
물	510	65.4	500	66.7	500	67.6
합 계	780	100.0	750	100.0	740	100.0

표 1-26. 흑타리버섯 영양소함량변화 및 원가분석

구 분	대 조 구		처리 1		처리 2	
	영양소%	증감율%	영양소%	증감율%	영양소%	증감율%
수 분	69.7		70.3		71.2	
조단백	2.4	0.0	3.1	128.3	2.7	112.2
조지방	0.4		0.3		0.3	
조섬유	13.3		9.8		10.1	
조회분	1.1		2.7		2.6	
NFE	13.1	0.0	13.8	105.5	13.2	100.8
C/N비율	38:1		31:1		34:1	
NFE/CP	5.4		4.5		4.9	
원가(원/병)	60.8		58.9		55.2	
원가절감율	0.0		3.1		9.2	

1) 흑타리버섯 종균배양 및 생육 2차 시험 결과

흑타리버섯 종균배양 및 생육 2차 시험 결과 <표 1-27>과 같다. 종균의 유관 배양기간은 대조구는 21일이었으나 처리구에서는 각각 17~18일로 1차 실험과 같이 3~4일 정도 빨라졌으며, 균사밀도 및 균사활력은 대조구와 처리 1, 2구 공히 좋은 경향이였다.

흑타리버섯 2차 시험 종균배양 실험결과는 <표 1- 28>에서와 같이 발이기간 등 생육기간이 대조구와 각 처리구에서 공히 8일내에 수확 완료되었으나, 평균 버섯생산량은 각 처리구에서 대조구보다 30~50g/병 이상 많아진 결과를 나타내었다. 한편 발이모습은 울퉁불퉁한 형태로 발이 되었는데 <그림 1-7>, 이것은 발이 유기 LED등불이 없었던 것에 기인된 것으로 사료되었다. 이러한 결과에서 1차 생육실험에서 나타난 생육기간지연은 기존 느타리배지의조성에 사용되는 면실박, 면실피, 툽밥 등의 NEF성분함량이 낮은 상태에서 툽밥에 비해 조단백질이 높은 발효왕겨의 사용으로 C/N비율이 더 낮아서 나타난 결과임

이 확인되었다<표 1-22, 표 1-26>. 또한 2차 실험농장에서 사용하는 배지원료인 혼합배지와 콘커브는 상대적으로 NFE함량이 높은 원료였다<표 1-29>.

이상의 결과로 느타리버섯재배에 관행적으로 사용하고 있는 비싼 원료들의 사용보다 다른 값싼 원료로 대체하여 사용시 버섯배지원가의 절감뿐만 아니라 버섯생산량 증대도 크게 기여할 수 있을 것이다.

표 1-27. 흑타리버섯 2차 시험 종균의 활력 및 균사체량(유관 판단)

구 분	대조구	처리 1	실험구2
종 균 활 력	+++	++++	++++
균 사 체 량	++++	++++	++++
총배양 일수	21	17~18	17~18
비 고	+ 보통, ++ 양호, +++ 좋음, ++++ 매우 좋음		

표 1-28. 흑타리버섯 2차 시험 종균배양 실험결과

구 분		대조구	처리 1	실험구2
배양기 간(일)	유관배양	17~18	13~14	13~14
	후숙기간	3	3	3
생 육 기 간 (일)		8	7	8
평균생산량(g/병)		223	276	257
생산량 증가율(%)		-	23.4	15.2



그림1- 7. 흑타리 버섯 생육 상태 <시험 2>

표 1-29. 2차 시험 배지원료 영양성분

항 목	수분	조단백	조지방	조섬유	NFE	조회분	NFE/CP	C/N비율
콘 커 브	14.6	2.0	0.5	33.0	48.5	1.4	24.0	168.1
혼합배지	12.0	17.0	2.3	8.5	53.7	6.5	3.2	22.1
면 실 피	11.5	6.0	2.6	40.9	36.3	2.6	6.0	42.1
면 실 박	10.0	44.0	0.6	17.2	22.4	5.8	0.5	3.6
비트펠프	10.5	9.5	0.8	18.5	57.2	3.5	6.0	42.1
툽 밥	12.0	0.7	0.8	65.4	20.0	1.2	30.3	211.8

다. 느타리버섯 종균 배양 및 생육 3차 시험

본 3차 시험은 1차 및 2차 시험결과를 바탕으로 느타리버섯 종균배양 및 생육시 발효왕겨충진제 사용과 C/N 비율의 변화에 따른 느타리버섯 생육에 미치는 영향을 확인하기 위하여 실시하였다. 대상 농가 및 처리방법은 아래와 같다.

- 대상 농가 : 경남 하동 소재 느타리버섯농장
- 버섯 충진제 : 발효왕겨
- 처리방법 : 배지 영양성분 조정
 - 느타리버섯 품종 : 흑타리 버섯 2처리
 - 처리구 : 발효왕겨 충진 배지로 옥수수를 첨가하여 영양배지량 조절 처리 <표 1-30>
 - 대조구 : 관행 방법으로 툽밥충진 배지
 - 처리방법 : 85∅, 1,400cc 병에 처리구별 15,000병/일 입병 및 종균 접종

표 1-30. 3차 시험 흑타리버섯 재배용 배지 배합비

구 분	대 조 구		처 리 구	
	첨가량(g/병)	첨가비율(%)	첨가량(g/병)	첨가비율(%)
면실박	67	7.6	60	6.8
비 트	67	7.6	60	6.8
옥수수	-	-	50	5.6
콘 컵	72	8.1	60	6.8
왕 겨	-	-	75	8.5
툽 밥	100	11.3	-	-
물	580	65.5	580	65.5
합 계	886	100	885	100

표 1-31. 3차 시험 흑타리버섯 재배용 배지 영양소 분석표

항 목	비율(%)	원물량(g/병)	비율(%)	원물량(g/병)
수 분	69.6		69.3	
조단백	4.3	38.1	4.6	40.7
조지방	0.2		0.3	
조섬유	12.8		8.9	
조회분	1.0		2.0	
NFE	12.2	108.4	14.9	131.8
C/N비	19.9 :1		22.6 : 1	
NFE/CP	2.8		3.2	
배지원가	65		69	

1) 흑타리버섯 종균배양 및 생육 3차 시험 결과

<표 1-32>에 흑타리버섯 3차 시험결과 종균의 활력 및 군사체량 (유관 판단)을 나타내었다. 군사체의 활력 및 밀도는 1, 2차 실험과 같은 결과를 나타내었으며, 종균 유관배양기간이 5일 이상 단축되었으며, <표 1-33>에서 나타낸 바와 같이 후숙기간이 기존 14일에서 5일로 단축되어 생육을 하였어도 기존관행적 방식에 비해 생산량이 25.0% 정도 증가되는 결과를 나타내었다. 이상의 결과에서 버섯배지의 영양소원으로 옥수수를 더 첨가하여 병단배지원가는 상승하였으나 대조군의 생산량 230~250g/병에서 290~300g/병으로 버섯생산량이 증대되었으며, 버섯대의 굵기가 굵어져 상품성 좋은 버섯생산량이 늘어나 경제적이었다<표 1-33>.

표 1-32. 흑타리버섯 3차 시험 종균의 활력 및 군사체량 (유관 판단)

구 분	대조구	실험구1
종균활력	+++	++++
군사체량	++	++++
총배양일수	38~42	26~28
비 고	+ 보통, ++ 양호, +++ 좋음, ++++ 매우 좋음	

표 1-33. 흑타리버섯 3차 시험 종균배양 결과

구 분		대조구	실험구
배양기간(일)	유관배양	28	22
	후숙기간	14	5
생육기간(일)		8	8
평균생산량(g/병)		240	300
생산량 증가율(%)		-	25.0

라. 느타리버섯 생육시험 결과

느타리버섯의 1~3차 종균배양실험과 생육실험 결과 느타리버섯의 생산성을 향상시키기 위해서는 관행적으로 사용하고 있는 배지 원료와 그 조성비율(C/N비율)의 조정이 필요하며, 이러한 개선을 통하여 버섯생산량 증대와 버섯품질 향상을 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 느타리버섯 배지에서 발효왕겨를 톱밥을 대체하는 배지충진제를 사용하였을 경우 공극개선과 함께 영양소공급원으로서의 역할도 할 수 있음을 확인하였다.

제 3 절. 발효왕겨충진 버섯폐배지 발효사료 개발 및 한우암소비육 사양시험

1. 연구목표

- 가. 발효왕겨충진 버섯 폐배지 영양가치 평가.
- 나. 버섯 폐배지 활용을 위한 발효미생물 배양시스템 구축.
- 다. 발효왕겨충진 버섯 폐배지를 이용한 한우배합사료의 완전대체 발효사료 개발
- 라. 한우비육단계별 폐배지 30~50% 사용의 발효사료 배합비율개발
- 마. 발효왕겨충진 버섯 폐배지발효사료 한우암소 비육시험 및 도체등급과 경제성 분석
- 바. 버섯폐배지 발효사료의 안정성과 경제성 입증

2. 발효왕겨충진 버섯 폐배지의 영양가치 평가 및 발효사료 개발

가. 버섯 폐배지 영양가치 평가.

버섯폐배지를 한우암소의 비육사료로 활용가능성을 알아보기 위하여 톱밥충진 및 발효왕겨충진 폐배지의 영양 성분을 조사하여 <표 2-1>에 나타내었다. 새송이 재배후 발생된 발효왕겨충진 폐배지가 수분, 조단백과 조지방 그리고 NFE가 톱밥충진 폐배지보다 높은 경향을 나타내었으며, 조섬유, 조회분 및 NDF는 톱밥충진 폐배지에서 높은 경향을 나타내었으나 공히 충분히 사료원으로 사용가능할 것으로 판단되었다.

표 2-1. 생산 버섯종류에 따른 톱밥 충진제 사용 폐배지의 성분

구 분		수 분	조단백	조지방	조섬유	조회분	NFE	NDF	ADF
새 송 이	톱 밥	59.9	5.6	0.4	14.8	6.1	13.2	24.32	15.46
	발효왕겨	63.3	6.2	0.5	10.0	3.6	24.2	47.23	22.70
느타리버섯	톱 밥	55.0	4.5	0.2	12.3	5.8	22.2		
팽이버섯	콘커브	45.0	4.9	1.5	16.0	8.5	24.1	22.30	12.7

일반적으로 버섯 폐배지를 수분함량 60%기준으로 하였을 경우 조단백의 변동양이 5~6%정도 나타나며, 조지방의 함량이 0.5%미만에서 변동하는 것으로 알려져 있다. 그러나 팽이 버섯의 경우 콘커브를 사용하기 때문에 수분이 45%일 때 조단백은 낮고 및 조지방은 높은 결과를 나타내고 있으므로 발효 사료제조시 폐배지를 40%정도로 최대한 사용하였을 시, 발효 사료 제조를 위해 단미사료의 첨가량을 조정해야 할 것으로 판단된다.

나. 버섯 폐배지 활용을 위한 발효미생물 배양시스템 구축.

1) 축산농가 자가발효 미생물제제 생산

부산물 중 특히 수분을 다량 함유하고 있는 부산물들의 2차 발효와 곰팡이 증식을 억제하기 위하여 자체 배양한 유산균을 5~10% 정도를 배합해 주면 유해균의 증식을 예방할 뿐만 아니라 원료의 안정적 유통 및 사용이 가능하다. 이러한 목적을 위해서 다량의 미생물들을 자체적으로 배양 생산하여 사용하지 못하고 기존 제품을 구매하여 사용할 경우, 경제성의 문제로 부산물이용의 의미가 없으며 그 사용량을 줄일 경우 부산물의 안정적 사용의 어려움에 직면할 것이다. 또한 이렇게 농식품 부산물의 전처리 발효과정을 통하여 농식품부산물을 사용한 발효사료의 사료섭취 기호성 증대 및 가축 장내 미생물총안정화, 사료이용효율을 높일 수 있는 여건을 조성해야 한다. 결론적으로 농식품 부산물을 효율적이고 안정적인 사료원료로 사용하기 위하여 농식품부산물들을 발효시켜 사용할 수 있는 미생물 생산설비조성이 필수적이며, 이러한 조건이 충족되어질 때 부산물 사용의 경제적 효과를 극대화 할 수 있다 할 수 있다. 그래서 부산물을 발효시킬 때 사용하는 미생물의 안정적 생산 및 저렴한 단가로 생산하는 시설과 기술이 필요로 하다.

2) 발효균주 선발 : *Lactobacillus Plantarum*와 *Bacillus subtilis*

가) 선발 균주 특성 및 선발 원인

본 균주는 축산미생물제로 널리 사용되는 종으로서 이용효용성이 이미 검증된 유산균이다. 액상유산균은 증식을 하면서 자체 pH가 낮아져 발효과정 중 다른 유해세균 등이 자랄 수 없는 환경을 만들어 다른 잡균 등의 오염 확률이 낮아진다. 수확후버섯폐배지는 45~60%로 수분과 다량의 유기물을 포함하고 있어 부패되기 쉬운 형태로 유통되기 때문에 단시간 내 유해미생물들의 증식을 막는 전처리가 필요하다. 따라서 pH가 낮은 유산균을 다량 혼합하여 발효시키는 것이 효과적이다. *Lactobacillus Plantarum*은 혐기상태에서도 증식되어 발효사료의 산도를 낮추어 다른 유해미생물의 증식을 억제하여 발효사료의 품질의 안전성을 유지할 수 있고, 그 향취가 한우의 사료섭취 기호성을 높여주는 효과가 있는 균종으로 농가 자가배양 증식에 특별한 어려움이 없는 균주다. *Bacillus subtilis*는 발효사료의 밀봉상태에서 증식이 억제되어 있으나 가축의 장내와 분변에서 유해세균들의 증식을 억제하여 환경개선효과와 발효사료의 섭취량 향상을 기대할 수 있는 균주이며, 농가 자가 배양에 어려움이 없는 균주이다.

3) 발효균주 액체배양배지 조성 및 증식방법

가) 액체배양배지의 조성 및 배양

유효 미생물 (*Lactobacillus Plantarum*와 *Bacillus subtilis*) 배양용 액체배지 조성비율은 <표 2-2>와 같다. 주요 영양 성분으로 탈지대두분, MSG-CMS와 설탕을 사용하였다. 액상배지조성은 농장의 구입여건에 따라 사용원료를 다르게 사용이 가능하도록 하였다.

표 2-2. 유효미생물 배양용 액체배지 조성

성분	배지원가	첨가량 (kg)	
		배합비 1	배합비 2
탈지대두분	2,000	5	-
MSG-CMS	200	-	50
설탕	1,500	20	15
원재료비(원/L)		40	33

나) 액체배양배지를 이용한 미생물 증균배양 간이 시스템 확립


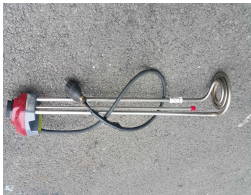
배양 설비 구성은 <표 2-3>과 같이 발효조, 열공급원 및 산소공급장치로 구성되었다.

- 발효조 : 1~2톤용량의 견고한 탱크 용기 (IBC탱크, FRP탱크, 고무탱크)
 - 배양배지와 물을 혼합하여 멸균과정을 거치지 않음으로 내압기밀용(SUS탱크) 불필요
- 산소 공급 및 교반장치 : 5~10HP 에어컴프레서를 설치, 배양기간 중 발효조 내 에어(산소)공급 및 교반의 효과 유발.
- 영공급원 : 액상유산균 발효 시 적정 유지온도는 30~35℃ 임, 일반적인 온도조절 전기 가열봉을 사용하여 원하는 온도에 설정.
- 소요 예산 : 약 80만원

미생물 증균 배양은 다음과 같이 배양하고 배양이 완료된 증균 배양액은 버섯폐배지발효사료 제조시 5~7%이상 첨가하여 사용한다.

- 발효 미생물 배양을 위하여 1톤 드럼에 물 1,000L에 탈지대두분 5 kg, 설탕 20kg 을 희석하여 액상 배지를 제조 한다<표 2-3, 그림 2-1 참조>.
- 액상배지에 유산균과 고초균 증균액 1L 를 첨가한다.
- 온도조절 전기 가열봉으로 35℃로 가온한다.
- 에어컴프레서를 통하여 산소 공급한다. 산소 공급목적으로 공기 주입시 발효조 아래 바닥에서 고무 퍼질 수 있도록 한다.
- 유산균 투입 가열 후 약 48시간 후 액상유산균 발효 완료된다.

표 2-3. 유효미생물 배양용 설비의 구성

구분	발효조	열공급원	산소공급장치
규격	0.5~1톤	5KW 가열봉 : 온도조절 가능	3~5hp
			
제품명	IBC탱크	전기 가열봉:	에어컴프레서
단가	10~20만원	3~5만원	50~70만원

다) 증균배양 액상유산균 균수측정 및 유해세균 검사

액체배양배지에서 미생물 증균 배양한 후 유산균수 및 유해세균에 대하여 친환경생물 자원연구소 (함평축협 산하연구소)에서 유산균수 및 살모넬라 등의 유해세균 검출 유무를 조사하였다. 총 유산균수는 1.2×10^8 cfu/ml로 나타내었으며, 배양시기에 따라 10^{7-9} cfu/ml 범위를 나타내었으며, 살모넬라 등의 유해세균은 검출되지 않았다 <표 2-4>.

표 2-4. 간이 배양시스템에서 증균 배양후 총균수 및 유해세균 검사

분 석 성 분 명	액상유산균발효액
유 산 균	1.2×10^8 cfu/ml
살 모 넬 라	불검출
대 장 균	불검출
pH	3.2

※ 검사기관 <함평축협 친환경생물자원연구소>

※ 관련법규상 10^6 cfu/ml 이상 이면 미생물제품의 유통 가능

pH측정을 통하여 유산균의 증식정도와 유해미생물의 증식정도를 간접방법으로 측정하였다. 축산농가에서 유산균의 균수를 측정하기 위하여 분석기관에 매번 보낼 수 없고, 분석비용 부담이 있어 자체 배양한 유산균의 pH의 측정으로 유산균의 안정적 배양판단기준으로 확인할 수 있다. 즉, 액상유산균 발효 48시간 내에 pH가 3.5이하로 나타날 때 안정적인 균수와 제품의 안정성이 확보된다.

라) 증균 액상 발효유산균 생산비용

간이 배양 시스템을 이용한 액상 발효유산균의 생산 단가는 리터 당 50원 이었다 <표 2-5>.

표 2-5. 간이 배양시스템에서 1,000리터 액상유산균 생산 시 필요한 배양배지 및 비용

구 분	설탕	탈지대두분	기타 비용 (전기료 등)	비용합계
단가(원/kg)	1,500	2,000	10,000원/회	50,000원
사용량(kg)	20	5		(50원/리터)
계	30,000	10,000	10,000	

다. 유산균 (*Lactobacillus Plantarum*)과 고초균(*Bacillus subtilis*)이용한 발효왕겨사용 버섯폐 배지 발효사료 개발

1) 버섯 폐배지 첨가 발효 사료 개발시 고려사항

- 버섯폐배지를 20~40%까지 혼합할 수 있는 배합비율 작성

- 배합사료 대비 30%이상 사료비절감효과를 볼 수 있는 경제적인 배합비율 작성
- 발효사료의 이상발효 방지 및 기호성 증대, 저장성 증대를 위한 미생물제의 균주선택
- 배합사료와 동일급여량으로 같은 사료이용효율을 나타낼 수 있는 영양소 설계
- 단미 사료원료는 농가에서 가장 쉽게 구할 수 있는 일반적인 원료 선택
- 축산농가자가 사료제조를 위한 단순화한 배합비와 사육기간별 적용사료 단순화
 - 육성기와 비육기 2단계 발효사료제조
- 육성기사료는 근육발달과 등심단면적을 높이기 위하여 단백질량을 높여 배합비율 작성
- 비육기사료는 근내지방 침착으로 육질등급을 높이기 위한 NFE 함량을 높인 배합비율 작성

이상의 사항을 고려하여 <표 2-6>과 같이 발효왕겨사용 폐배지발효사료 배합비를 작성하였다.

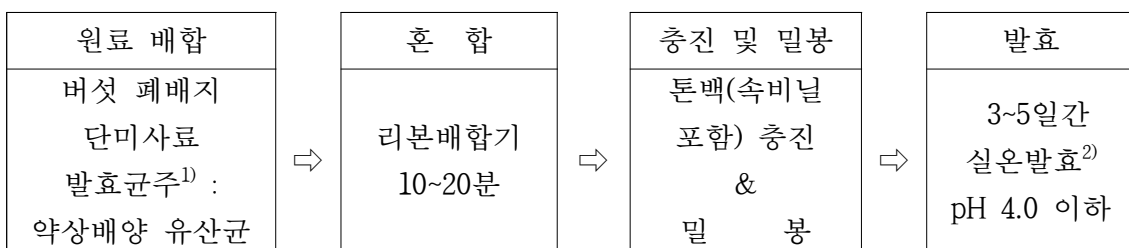
표 2-6. 발효왕겨사용 폐배지발효사료 배합비

	배 합 비 율 (%)						
	버섯폐배지 ¹⁾	옥수수	소맥피	미 강	대두박	유산균	계
육성기	35	15	20	10	15	5	100
비육기	22	31	20	13	9	5	100

¹⁾ 새송이버섯 폐배지

2) 버섯폐배지 첨가 발효 사료 제조 공정

버섯 폐배지첨가 발효사료 제조공정은 농가 현장에서 간편하게 사용할 수 있도록 발효 사료 제조 공정은 <그림 2-2>와 같다. 발효사료제조 공정은 4단계 즉, 원료배합, 혼합, 증진 및 밀봉, 발효, 증진 및 밀봉, 발효로 최소화 하였다.



¹⁾발효균주 : 본 과제에서 확립한 미생물 배양 간이 시스템에서 증균 배양한 *Lactobacillus plantarum*와 *Bacillus subtilis* 배양액

²⁾발효환경 : 발효 촉진을 위한 특별한 환경조건을 조성하지 않아도 됨.
단 겨울철에는 창고 등 실내에서 기타 계절 야외에서 발효시킴.

그림 2-2. 버섯폐배지 첨가발효 사료 제조 공정



<그림 2-3> 톤백 충전 및 밀봉후 발효중인 버섯폐배지 사료

한편 톤백 충전 및 밀봉후 발효중인 버섯폐배지의 pH 변화를 측정하였다. 폐배지 발효 사료의 pH 변화는<그림 2-3>에서와 같이 발효초기 pH 5.7에서 발효 3~5일(겨울철 7일 이상) 경과 후 pH 4.0 이하 수준 유지되었으며, 낮은 pH에 의해 2차 이상발효가 일어나지 않았으며 풍취가 좋아졌다.



그림 2-4. 발효 5일 경과 후 폐배지첨가 발효 사료의 pH

3) 버섯폐배지 발효사료의 품질의 안정성 및 저장성

일반적으로 기존습식발효사료는 여름철 제품발효과정과 유통 과정에서 곰팡이 발생문제와 이상발효 문제로 인하여 발효사료의 유통기간이 짧고, 변패로 인하여 발효사료의 품질이 저하된다. 이러한 문제 해결방안으로 항곰팡이제를 사용하여 유통기한을 늘리려고 하나 항곰팡이제(유기산제제)의 냄새가 가축의 사료섭취량을 저하하는 요인이 되며, 또한 항곰팡이 제제로 인하여 발효사료의 유익균의 증식을 방해하는 역효과를 나타낸다.

본연구과제의 발효사료제조 시 유산균을 5% 이상 첨가하여 밀폐상태에서 발효하는 과

정 중 이상발효가 나타나지 않았으며, 발효가 종료된 후(약5일) pH가 4.0 정도로 낮아져 유해미생물과 곰팡이가 자랄 수 없는 환경조건이 생성되었으며, 가축에게 발효사료 급이 시 공기와 접촉하여도 3일 동안 곰팡이 등이 발생하지 않았다<그림 2-5>. 이러한 결과를 바탕으로 버섯폐배지 등의 농식품부산물의 사료화를 촉진하기 위해서는 발효제 등을 자체생산 하는 등 발효사료의 품질안정화의 여건조성이 선결되어야 된다고 판단된다.



< 개봉 후 24시간 경과 >



< 개봉 후 72시간 경과 >

그림 2-5. 발효사료개봉후 사진 : 개봉 후 3일 경과후에도 2차 발효 없었음

3) 사육단계 배합비에 따른 버섯폐배지 발효사료의 영양성분 분석

버섯 폐배지 첨가한 발효사료 사육단계별 영양성분 분석은 <표 2-7>과 같다. 육성기사료의 경우 조단백을 높여 배합비율을 설계하였으나, 제조된 발효사료는 조단백과 조회분이 낮은 경향을 나타내었다. 비육기사료는 제조된 발효사료에서 조지방 및 조회분이 낮은 경향을 보였다.

표 2-7. 발효왕겨사용 폐배지발효사료 영양성분표

구 분		수 분 (%)	조단백 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	NFE (%)	NDF (%)	ADF (%)	TDN (%)	생산 단가 (원/kg)
육성기	사료 설계	34.8	14.1	3.3	7.4	4.1	36.3	22.0	10.7	65.1	220
	분석치	38.02	13.27	3.4	8.17	3.44	37.1	23.56	11.71	66.25	
비육기	사료 설계	28.6	12.2	4.1	6.4	3.7	45.0	20.1	9.0	72.8	240
	분석치	28.97	12.86	3.48	5.64	3.08	46.0	-	-	72.38	

3. 버섯 폐배지 발효사료의 미경산 한우암소 비육시험

버섯 폐배지의 부가가치의 향상을 위하여 본 연구에서 개발된 발효왕겨 증진 버섯폐배지의 사료화와 폐배지의 배합사료대체 발효사료 원료로의 가치평가를 위한 암소 비육시험 수행하였다.

가. 공시축

공시축 구입은 6~8개월령 (체중 160~180kg)의 한우 미경산우 54마리를 가축시장에서 구입하였으며, 공시축은 2016. 01. 30일 입식 완료하였다.

2) 사양시험

버섯 폐배지 발효사료의 미경산 한우암소 비육시험 실험 설계는 <표 2-8>와 같다. 시험구 설정은 농후사료 급여에 따른 2처리 27반복으로 하였으며 공시축의 구입 순서에 따라 완전임의 배치하였다. 톱밥대체 버섯폐배지 첨가 발효사료를 급여하는 발효사료급여구 <표 2-7 영양성분 참조>와 기존시판사료(안심한우 비육사료, 농협사료 전남지사)<표 2-10 영양성분 참조>를 사료회사의 사양프로그램에 준하여 급여하는 대조구로 구분하였다. 각 시험구의 공시한우암소는 조사료(벧짚, 밀짚)<표 2-10 영양성분표 참조> 및 물과 무기물은 자유채식토록 하였다.

표 2-8. 버섯 폐배지 발효사료의 미경산 한우암소 비육시험 실험 설계

시험구	공시두수 (마리)	평균연령 (개월령)	사료 급여 종류		급여량	비육단계 구분
			농후사료	조 사료		
발효사료급여구	27	8.3±1.3	버섯폐배지첨 가발효사료	벧짚, 밀짚	표 41 기준	육성기 비육기
대조구	27	8.1±1.2	시판 농후사료	벧짚, 밀짚	표 41 기준	육성비육기 비육 전기 비육 후기

표 2-9. 시판배합사료(안심한우 비육사료) 영양성분 <제품등록성분>

구분	수분 (%)	조단백 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	단가 ¹⁾ (원/kg)
육성기	12이상	14이상	2.0이상	10이하	10이하	392
비육전기	12이상	12이상	2.5이상	20이하	10이하	388
비육후기	12이상	12이상	2.5이상	18이하	10이하	405

¹⁾ 2017년 6월 현재가격

표 2-10. 급여 조사료 (벚짚, 밀짚) 영양성분

구 분	수 분 (%)	조단백 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	NDF (%)	ADF (%)	단 가 ¹⁾ (원/kg)
벚 짚	12.3	4.5	28.1	14.7	66.7	45.1	200
밀 짚	12.4	3.7	39.6	2.2	60.2	39.9	300

¹⁾ 벚짚 1톨 300kg, 60,000원

비육기간은 입식 후 24개월을 기준으로 평균 출하일령이 약 30개월령이 되도록 하였으며, 각 처리구별 비육단계를 발효사료급여구는 육성기(10개월) 및 비육기(14개월)의 2단계로 하여 각 단계별로 설계된 사료를 급여하였고, 대조구는 3단계 비육프로그램 즉, 육성비육(10개월), 비육전기(7개월), 비육후기(7개월)로 구분하여 각각의 비육기 사료를 급여하였다. 각시험구 사료급여수준은 <표 2-11>에 준하여 비육단계별로 급여하였다.

표 2-11. 비육기간별 사료급여량

입 식 후		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
출 생 후		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
발효 사료 급여 구	발효 사료	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
	조사 료	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0
	구분	육성비육(10개월)										비육기(14개월)		
대 조 구	배합 사료	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
	조사 료	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
	구분	육성비육(10개월)										비육전기(7개월)		

입식후		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	합계
출생후		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
발효 사료 급여 구	발효 사료	8.0	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	9.5	9.5	10	10	10	5,100
	조사 료	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1,500
	구분	비육기(14개월)											
대 조 구	배합 사료	8.0	8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	9.5	9.5	10	10	10	5,100
	조사 료	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1,700
	구분	비육전기(7개월)					비육후기(7개월)						

※ 사료원별 영양수준 : 발효사료 <표 39>, 배합사료 <표 42>, 조사료 <표 43> 참조

3) 주요 조사 항목

버섯 폐배지 발효사료급여 비육시험 중 조사항목으로는 발효사료 기호성, 섭취량, 비육 시험 종료 6개월 전 초음파 검사를 통한 육질 조사, 도축 후 도체중, 도체등급 및 육질 등급 등을 조사하여 경제성 분석을 실시하였고 도축시 반추위를 조사하였다.

한편 사육단계별 건강·대사지표를 조사하기 위하여 시험개시전, 18개월 및 24개월(시험 종료후) 췌에 EDTA가 첨가된 진동채혈병과 항응고제가 첨가되지 않은 진공채혈병으로 혈액시료를 채취하여 건강·대사지표인 혈구성분, 혈청성분 및 항산화 성분 등을 분석하였다. 혈구성분은: 경정맥으로부터 채혈한 EDTA가 첨가된 전혈을 이용WBC, 백혈구 감별계산과 백분율 그리고 RBC, hemoglobin (Hb), hematocrite, MCV, MCH, MCHC, RDW 및 Plate를 다품종자동혈구측정기(HEMAVET 950, CDC, USA)로 측정하였다. 혈청성분은 albumin(ALB), BUN, calcium(Ca), cholesterol, γ -Glutamyl transferase (GGT), glucose, AST(GOT), magnesium, phosphate, total protein, NEFA, lactate dehydrogenase, total bilirubin, alkaline phosphatase, creatine을 Clinical chemistry analyzer(Indiko, Thermo Fisher Sci, Finland)로 측정하였다.

발효사료급여시 항산화 효과를 확인하기 위하여 혈청내 지질과산화물인 malondialdehyde (MDA)와 Superoxide dismutase (SOD) catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) 활성을 상용화된 ELISA Kit (Cayman chemical Co, USA)를 사용하여 제조사에서 제시한 방법에 준하여 처리하여, 340nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계학적 분석은 GraphPad InStat 3.0 (GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA) 를 이용하여 육량 및 육질 항목과 발효사료 급여후 혈액성분 측정 등 조사한 결과는 T 검정 및 일원분산분석방법으로 각각의 평균을 비교하였고 사후 검정은 Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test를 시행하였으며, 모든 경우에서 p 값은 0.05 미만일 때 유의하다고 판정하였다. 실험성적은 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 로 표기하였다.

4) 결과

가) 버섯 폐배지 발효사료 급여에 따른 기호성 등 일반 사항

버섯폐배지발효사료의 기호성과 섭취량을 매일 육안적으로 관찰한 결과<그림 2-6> 시판 배합사료와 비교시 차이를 나타내지 않았다. 발효사료급여구 공시축의 육안적인 관찰에 의한 생육 상태(BCS 4~4.5) 역시 대조구 (BCS 3.5~4.5)와 비슷한 비육 상태를 나타내었으며, 섭취사료의 소화율을 반영하는 분변상태도 비교적 양호한 상태를 나타내었다.



<대조구 분변상태 >

<발효사료급여구 분변상태>

<발효사료급여구구 사료섭취광경>
그림. 2-6 시험구별 사료급여 및 섭취

나) 버섯 폐배지 발효사료 급여후 초음파검사를 통하여 육질 예측

버섯 폐배지 발효사료급여 비육시험 중 한우암소의 비육기간에 따른 생산성을 비교하기 위하여 비육시험개시 18개월째에 육질초음파 검사를 실시하여 등지방두께(mm)와 육질지수(근내지방도)를 측정하였으며<그림 2-7>, 각 처리구별 육질등급 예상출현율을 분석하였다. 공시축의 등지방두께는 발효사료급여구 ($10.31 \pm 4.26\text{mm}$)와 대조구($10.50 \pm 4.32\text{mm}$)에서 차이를 나타내지 않았으나 육질지수는 발효사료급여구에서 4.58 ± 1.58 로 대조구의 3.77 ± 0.82 보다 유의미하게 높게 나타내어($p < 0.05$) 암소비육에서 본 연구에서 개발한 버섯 폐배지 발효사료를 급여시 관행의 사육에 의한 비육보다 육질이 개선 될 것으로 판단되었다<그림 2-8>.



그림. 2-7. 버섯 폐배지 발효사료 비육시험 개시 18개월째 초음파 검사.

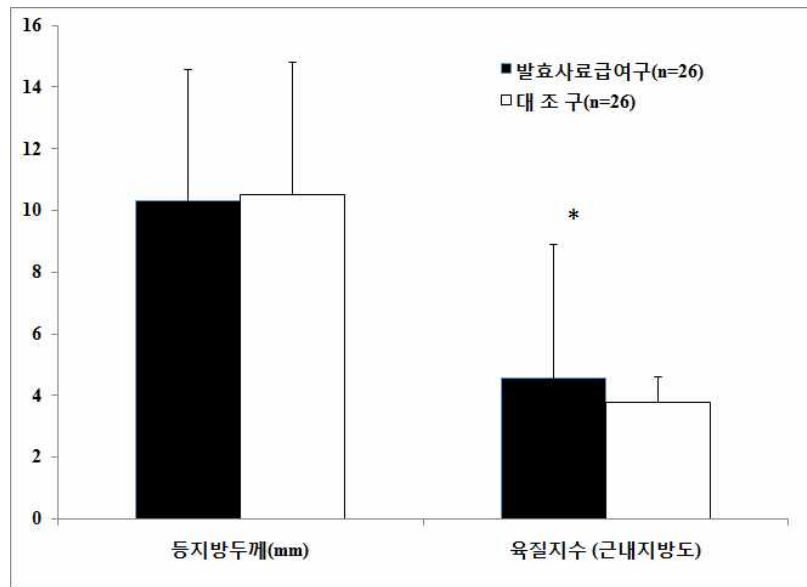


그림. 2-8. 버섯 폐배지 발효사료 급여후 초음파 검사 결과. * $p < 0.05$

초음파 검사결과를 바탕으로 육질 등급별 예상 출현을 비교하여 본 결과 <표 2-11> 발효사료 급여구에서는 1등급이상 출현율이 69.2% 였으나 대조구의 출현율은 61.5%로 발효사료급여구에서 높은 경향이였다. 한편 1+ 이상의 등급 출현율이 발효사료급여구에서 34.6%로 출현예상이 없는 대조구에 비하여 높았다.

한편 한우비육에서 암소 미경산우 비육은 비육생리 특성상 근내지방 침착 시기가 수소 거세우보다 늦기 때문에 수소거세비육보다 6개월 이상을 더 사육하는 것이 일반적인 사육형태로 입식 후 약 30개월 비육을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 본 시험에서 육질초음파 검사결과 대조구의 근내지방도가 발효사료급여구보다 유의미하게 낮게 나타내고 있어 비육기간 24개월째에 충분히 발육된(체중 600kg-650kg 내외) 것으로 판단된 개체를 우선 출하하였고, 비육기간을 약 2개월 연장하여 26개월째에 체중에 관계없이 모두 출하하였다. 이 기간 중 육질등급이 낮을 것으로 예상된 대조구에 대하여 TDN의 수준을 70.0%에서 72.0%으로 높여 비육후기사양을 하였다.

표 2-11. 발효사료급여구와 대조구의 육질초음파 검진 결과

육 질 등 급	발효사료 급여구 (n=26)			대조구 (n=26)		
	예상두수	예상출현율(%)		예상두수	예상출현율(%)	
		출현율	누 적 출현율		출현율	누 적 출현율
1+ 이상	9	34.6	34.6	0	0	
1	9	34.6	69.2	16	61.5	61.5
2	8	30.8	100.0	10	38.5	100.0

다) 버섯 폐배지 발효사료 급여후 도체(육량 및 육질) 성적

버섯 폐배지 발효사료급여 비육시험 종료후 비육 24개월째 충분히 발육된(체중 600kg~650kg 내외) 것으로 판단된 개체 20마리(각 시험구당 10마리)와 26개월째에 출하한 34마리(각 시험구당 17마리)의 육량 및 육질 등급과 경락가격을 조사하였으며, 소화기 중 위의 발육 상태 등을 비교 하였다.

(1) 공시축 처리구별 육량등급 비교

일반적으로 육량등급에서 높은 경락가격을 받으려면 도체중과 등심단면적이 크고, 등지방 두께가 얇아 C등급 출현율이 낮아야 한다. 육량등급은 등지방두께와 등심단면적을 기준으로 평가된다. 같은 육질등급에서도 육량등급이 A와 B등급의 경락단가는 비슷하나 C등급의 경우 육질등급 한 등급 이하의 경락단가가 받아 경제적으로 손실이 일어난다. 이러한 이유로 C등급 출현율을 낮추려 노력하고 있다. 그러나 C등급 출현율을 낮추려면 사료 에너지수준을 낮추어야 하는데 그렇게 되면 근내지방 침착이 낮아져 육질등급이 낮추는 결과를 초래하게 되어 이 또한 경제적 손실이 있다. 버섯 폐배지 발효사료 급여가 육량에 미치는 영향을 조사한 본 연구에서 육량등급 지표에서 발효사료급여구와 대조구에서 등지방두께, 등심단면적 및 육량지수는 공히 유의미한 차이를 나타내지 않았으나, 도체중은 대조구에서 22.4kg 높았다(p<0.05) <그림 2-9>. 그러나 육량등급에서 발효사료 급여구와 대조구의 평균육량등급 환산지수는 2.407±0.797와 2.556±0.6405로 유의미한 차이를 나타내지 않았으나 발효사료급여구에서 높은 경향이였으며 <표 2-12>, 육량등급에서도 C등급 출현율이 발효사료급여구 59.3%, 대조구 63.0%로 대조구에서 3.7% 정도 높게 나타난 경향이였으나 A등급 출현율은 발효사료급여구는 18.5%, 대조구 7.4%로 발효사료급여구가 높게 나타내었다 <표 2-13>. 이러한 결과는 평균 경락가격을 고려할 경우 두당 700~900천원 소득의 차이가 나타날 것으로 예측된다.

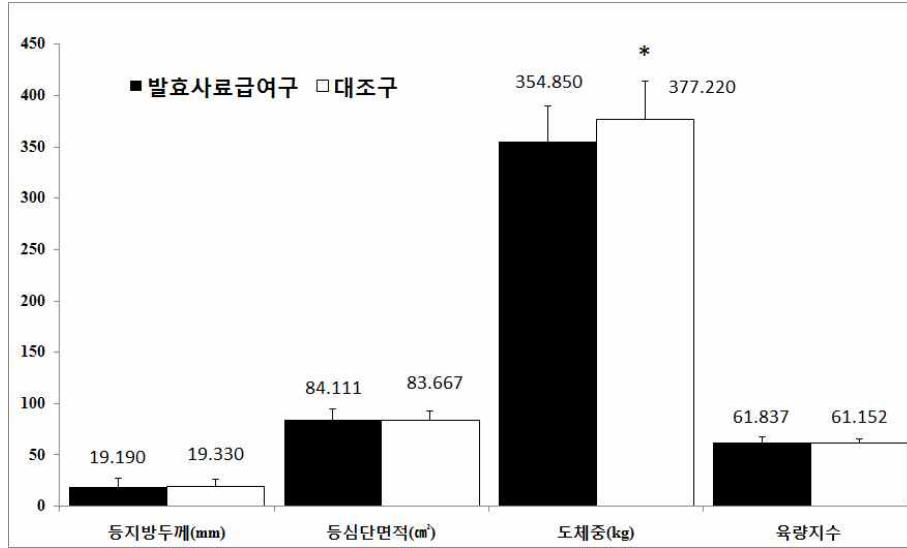


그림. 2-9 버섯 폐배지 발효사료 급여후 육량등급지표 변화, * p<0.05

표 2-12. 발효사료급여구와 대조구의 육량·육질등급 및 평균경락가격 비교

	발효사료급여구	대조구	
평균육량등급지수 ¹⁾	2.407±0.797	2.556±0.6405	ns
평균육질등급지수 ²⁾	0.48±1.3	1.00±0.96	P<0.01
평균최종등급지수 ³⁾	1.44±0.73	1.78±0.58	ns
평균경락단가(원/kg)	17,855.9±2,181.5	1,6854.8±1,392.1	p<0.05
평균경락가격(천원/두)	6,330.8±1,115.6	6,347.6±719.0	ns

1) 육량등급 : A=1, B=2, C=3, D=4 변환; 평균 값이 1 일 경우 최상 등급

2) 육질등급 : 1++ = -2, 1+ = -1, 1 = 1, 2=2, 3=3; 평균 값이 " 0 " 이하시 고급육임

3) 최종등급 = (육량등급 + 육질등급)/2

표 2-13. 발효사료급여구와 대조구의 비육기간에 따른 육질·육량등급 분포

			육 질 (%)				
			1++	1+	1	2	계
육 량	발효사료 급여구	A	1(3.7)	1(3.7)	2(7.4)	1(3.7)	5(18.5)
		B			3(11.1)	3(11.1)	6(22.2)
		C	1(3.7)	6(22.2)	7(25.9)	2(7.4)	16(59.3)
		계	2(7.4)	7(25.9)	12(44.4)	6(22.2)	27(100)
	대 조 구	A		1(3.7)	1(3.7)		2(7.4)
		B			4(14.8)	4(14.8)	5(18.5)
		C		3(11.1)	10(37.0)	4(14.8)	17(63.0)
		계		4(14.8)	15(55.6)	8(29.7)	27(100)

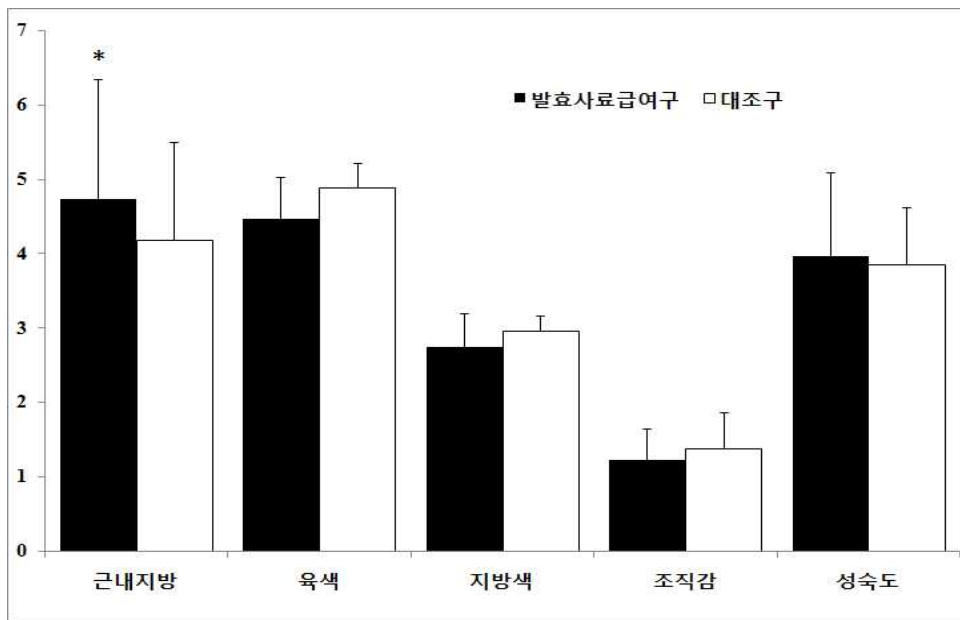


그림. 2-9 버섯 폐배지 발효사료 급여후 육질등급지표 변화, * p<0.05

(2) 공시축 처리구별 육질등급 비교

육질등급의 경우 고급육등급인 1++, 1+등급의 출현율이 높아야하며, 2등급과 3등급의 출현율이 낮을수록 좋다. 도체중과 등심단면적이 비슷하면 육질등급 한 등급 차이는 지육 kg당 약 2,000원정도의 경락가격 차이가 생긴다. 이는 도체중 400kg 기준시 마리당 약 800천원의 수익 차이를 발생시킨다. 이러한 이유로 한우사육농가에서는 육질등급을 높일 수 있는 사육방식인 고단가의 고에너지사료와 여러 가지 고급조사료와 첨가제를 급여하고 사육기간을 늘리는 사육방식을 선택하고 있다. 본 결과에서 근내지방은 발효사료급여

구에서 $4.74 \pm 1.61\text{mm}$ 로 대조구 $4.19 \pm 1.30\text{mm}$ 보다 유의미하게 높았으나 ($p < 0.05$), 육색은 각각 4.47 ± 0.56 과 4.89 ± 0.32 로 정상 범위내에서 유의미한 차이를 보이지 않았으며, 지방색 (2.74 ± 0.45 , 2.96 ± 0.32), 조직감 (1.22 ± 0.42 , 1.37 ± 0.49) 및 성숙도 (3.96 ± 1.13 , 3.85 ± 0.77)에서도 정상범위로 유의미한 차이를 나타내지 않았다 <그림 2-9>. 그러나 평균 육질등급지수는 발효사료급여구에서 0.48 ± 1.3 로 대조구 1.00 ± 0.96 보다 유의미하게 낮았는데 ($p < 0.01$) <표 2-12>, 등급출현율 역시 1+ 등급 이상 출현율이 발효사료급여구에서 33.3%, 대조구에서 14.8%로 발효사료급여구에서 높은 성적을 나타냈으며 2등급의 출현율 역시 낮은(7%) 경향 이었다 <표 2-13>.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 발효사료급여구에서 대조구에 비하여 도체중은 낮았으나 육량등급이 높은 경향을 내고 있으며, 초음파 진단결과를 바탕으로 대조구의 영양수준을 조정하였음에도 불구하고 발효사료급여구에서 근내지방이 유의미하게 높았으며 (0.55), 육질등급 역시 높은 출현율을 나타내어 버섯수확후배지가 한우암소비육시 사료원료로서 충분한 가치가 있는 것으로 판단된다.

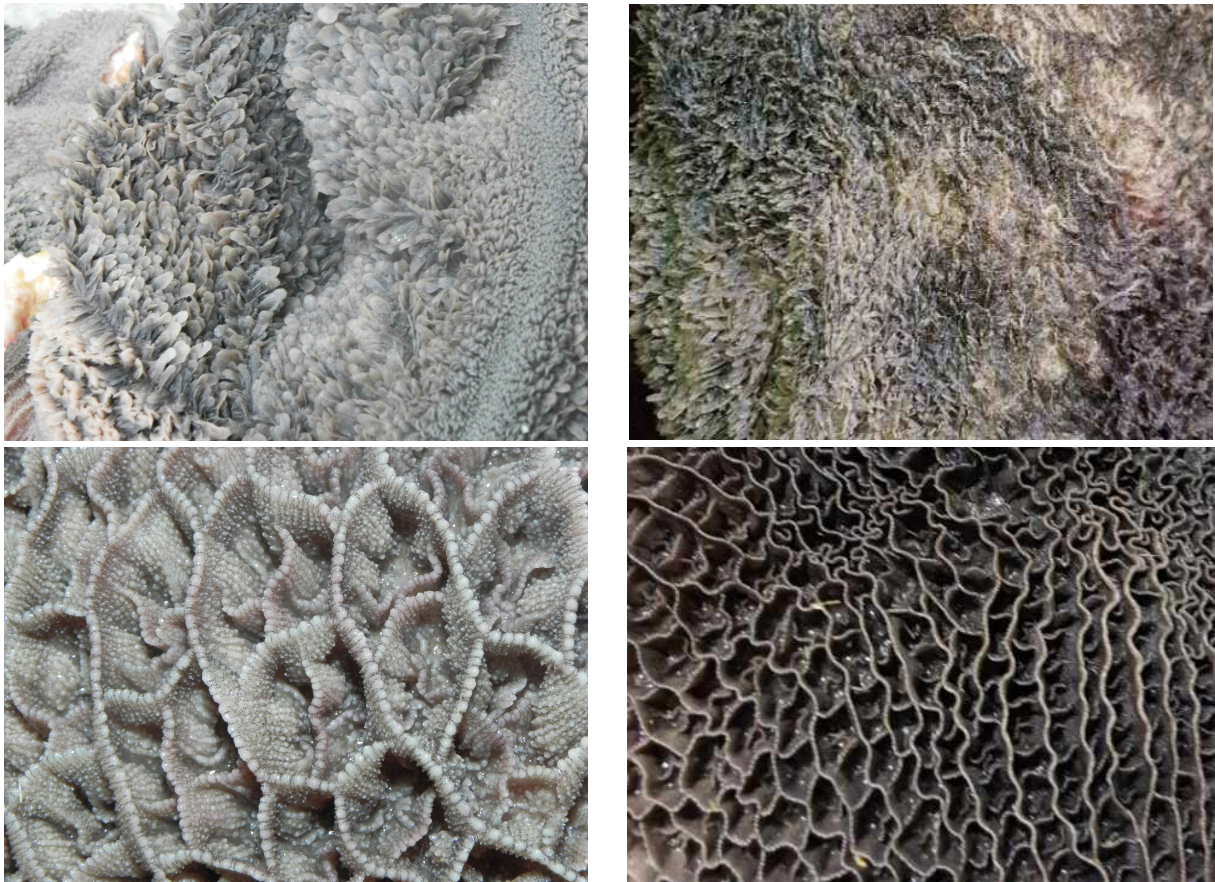


그림. 2-10 버섯 폐배지 발효사료 급여구 및 대조구 제1위, 제2위(좌: 발효사료급여구, 우: 대조구)

라) 공시축 처리구별 소화기(위) 발육상태 비교

버섯 폐배지 발효사료급여구와 대조구의 도체시 제1위 및 제2위의 발육상태는 <그림 2-10>과 같다. 제1위 용모의 발달과 손상정도를 비교한 결과 발효사료급여구에서는 매우

양호한 제1위 용모의 발달을 관찰할 수 있었으며, 위벽 상피의 손상 역시 전혀 없는 것으로 나타났으며, 제위2위 역시 매우 양호한 상태를 나타내고 있어, 버섯 폐배지 발효사료가 반추위의 건강에 매우 유익한 것으로 판단된다.

마) 버섯폐배지발효사료 급여구와 대조구의 경제성 분석

버섯폐배지발효사료급여시 두당 사육비용 및 경락단가를 비교한 결과는 <표 2-14>와 같다. 한우암소비육사양시 처리구당 사료비를 비교한 결과 버섯폐배지발효사료 급여구에서 농후사료 급여량이 대조구에 비하여 많았으나 발효사료 kg당 단가가 250원으로 총 비육기간 중 농후사료 비용이 적었다. 또한 조사료 비용 역시 낮았는데, 이는 버섯폐배지발효사료의 특성상 조섬유 함량이 시판사료에 비해 높았던 것이 기인하여 조사료의 섭취량이 낮아진 것으로 판단된다. 이상의 결과로 본 실험에서 버섯폐배지발효사료 급여구에서 두당 평균 38.6%인 1,003천원의 사료비 절감효과를 나타내었다.

한편 도축출하 후 두당 평균 수입을 비교한 결과 평균 지육단가가 발효사료구에서 높았고, 두당 경락단가는 육량이 많았던 대조구에서 높았으나 총수입에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 투입된 총사료비와 총수입을 비교한 조수익은 발효사료급여구에서 124,492천원으로 대조구 97,864천원 보다 26,628 천원정도 수익이 많은 결과를 나타내었다. 따라서 본 연구에서 개발한 버섯폐배지를 이용한 발효사료가 한우 암소비육에 있어서 총비육기간 중 두당 100천원 정도의 사료비 절감을 통한 수익 창출에 기여할 것으로 판단된다.

표 2-14. 폐배지발효사료급여구 및 대조구의 수입비교

구 분	발효사료급여구		대조구		비 고
	급여량(kg)	비용(천원)	급여량(kg)	비용(천원)	
농후사료	5,720	1,430	5,650	2,373	· 발효사료단가: 250원/kg (원재료비용 210원+생산비용 40원) · 시판사료 단가 : 420원/kg
조 사 료	1,450	290	1,750	350	· 볏짚+밀짚 : 250원/kg
계	1,720		2,723		
사료비 총 계	46,440		73,521		· 각 처리구당 27마리 사료비
사료비 절감	두당	1,003 천원			· 대조구에 비하여 36.8% 절감
	전체	27,081 천원			· 대조구의 63.28% 수준
지육단가 (원/kg)	17,850		16,850		
경락단가 (천원/두)	6.330 (4,306 ~ 8,615)		6,347 (5,109 ~ 7,452)		· 최종수익 유의미한 차이 없음
총수입	170,932		171,385		· 각 처리구당 27마리 수익
조소득	124,492		97,864		· 기타경비를 제외한 투입된 사료비로만 계산

바) 한우암소 비육을 위한 버섯폐배지발효사료 배합비율 조정

본 연구에서는 버섯폐배지를 첨가한 발효사료를 <표 2-7>에 제시한 바와 같이 사육단계별 영양수준을 다르게 하여 한우 미경산우 암소비육을 실시하였다. 즉, 육성기사료는 조단백(14% 수준)을 높이고 조지방(3.3% 수준)을 낮춰 배합비율을 설계하였으며, 비육기사료는 조단백(12% 수준)을 낮추고 조지방(4% 수준)을 높게 설정하였으나 실제 분석치는 설계치 보다 낮게 나타내었으며(육성기 단백질 14.1%에서 13.3%, 비육기 조지방 4.1%에서 3.5%) NFE 역시 높은 경향으로, <표 2-11>에 준하여 비육시험을 실시한 결과 발효사료급여구에서 도체중이 대조구에 비하여 낮아지는 결과를 나타내었다. 따라서 버섯폐배지의 수분함량의 변동에 의한 영양소함량 변위를 고려하여 안정적 사육성적 지표인 출하체중을 높이기 위하여 육성기에는 최소한 단백질 수준이 14% 이상이 되게 배합비를 조정해야 할 것으로 판단되며, 비육기에는 등지방 두께를 낮추기 위하여 NFE의 함량이 43% 수준(비육기 설계치 45.0%, 분석치 46.0%)으로 조정하는 것이 필요할 것으로 생각 된다<표 2-18>. 한편 버섯 품종에 따른 수확후 폐배지의 영양 성분에 차이가 있는 점<표 1-1 참조>을 고려하여 배합비를 조정해야 할 것이다.

표 2-15. 발효왕겨사용 폐배지발효사료 암소비육시험 후 조정배합비 및 영양성분표

○ 버섯폐배지 첨가 발효사료 조정 배합비율표

구 분	육성기(%)	비육기(%)	비 고
버섯배지	40	25	○ 출하체중 증대를 위해 육성기의 단백질원 추가 공급
옥수수	25	35	
소맥피	0	10	
미강	10	10	
대두박	15	15	
유산균(효모)	5	5	
합계	100	100	

○ 버섯폐배지 첨가 발효사료 조정 영양성분표

구 분	육성기(%)	비육기(%)	비 고
수 분	36.2	29.3	○ 육성기사료의 단백질을 1%상승시킴.
조단백	14.1	13.3	
조지방	3.4	3.8	
조섬유	6.7	6.0	○ 등지방 두께를 낮추기 위해 비육기사료의 NFE를 3% 낮춤
조회분	4.8	4.1	
NFE	34.7	43.5	

※ <표 39>의 버섯폐배지 첨가 발효사료 배합비 설계치 대비 분석치 및 비육시험 결과를 바탕으로 조정한 배합 비율 및 영양성분표

사) 사육단계별 건강·대사지표 조사

(1) 공시축 처리구별 혈구성분 비교

발효사료급여시 한우암소에 건강상 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 처리구별 시험개시전, 시험사료급여 12개월후 및 시험 종료시 경정맥으로부터 채혈하여 EDTA 처리한 전혈을 다팩종자동혈구측정기(HEMAVET 950, CDC, USA)를 이용해 WBC, Neutrophil, Lymphocyte, Monocyte, Eosinophil, Basophil, RBC, HCT, Hb, MCV, MCH, MCHC 등을 측정 한 결과는 <표 2-16>과 같다.

표 2-16. 각 처리구별 혈구성분 비교

		시험개시전		12개월령		시험종료시	
		발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)	발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)	발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)
WBC		9.0±1.3	7.9±1.3	8.2±1.1	7.2±1.4	8.8±1.5	8.6±1.7
Neutrophil	#	4.5±1.1	4.0±0.8	3.8±0.8	3.2±1.0	3.3±0.6	3.0±0.9
	%	49.8±7.1	50.9±6.7	46.6±6.8	44.3±7.0	37.7±6.2	34.6±7.6
Lymphocyte	#	3.3±0.8	2.6±0.6	3.9±0.7	3.6±0.6	5.2±1.3	5.3±1.1
	%	36.6±6.0	33.2±5.0	47.4±6.2	50.1±6.1	58.5±6.2	61.1±7.0
Monocyte	#	0.4±0.1	0.4±0.2	0.4±0.1	0.3±0.1	0.2±0.1	0.3±0.1
	%	4.5±1.1	5.6±2.3	3.68±0.94	5.1±1.3	2.7±0.7	3.2±1.2
Eosinophil	#	0.7±0.5	0.8±0.5	0.07±0.03	0.05±0.02	0.08±0.05	0.08±0.03
	%	8.1±7.0	9.3±6.0	0.8±0.4	0.6±0.3	0.9±0.4	0.9±0.4
Basophil	#	0.1±0.1	0.1±0.1	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.02	0.01±0.01
	%	1.0±1.0	1.0±0.6	0.1±0.1	0.2±0.1	0.2±0.1	0.1±0.1
RBC		10.8±1.2	9.4±1.0	8.0±1.6	8.1±1.2	8.8±1.4	8.1±1.3
Hb		13.9±1.3	13.6±1.5	11.3±1.4	11.6±1.4	10.3±1.4	12.4±1.6
Hct		39.4±3.5	39.0±4.7	33.8±5.9	37.0±3.8	34.2±3.9	35.5±4.6
PLT		474.6±135.8	422.8±80.9	472.7±141.9	381.4±66.7	393.0±119.0	325.9±50.5
MCV		36.7±3.8	41.6±3.8	42.6±4.7	45.9±4.8	39.3±3.7	44.0±3.7
MCH		12.9±1.0	14.5±0.7	17.4±10.1	14.4±0.9	11.8±1.2	15.4±1.0
MCHC		35.4±1.2	34.9±1.9	33.7±3.9	31.5±2.4	30.1±1.9	35.0±1.9

각처리구별 비육기간에 따른 혈구성분을 검사하여 조사한 결과 발효사료급여구 및 대조구에서 차이를 나타내지 않았으나, 발효사료급여구에서 초기에 모두 정상범위였으나 총백혈구수, 호중구수 및 림프구수가 대조구에 비해 높은 경향을 나타내었으나 시험종료시

에는 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 한우 암소를 구입하여 입식시기, 월령 등을 고려하여 무작위로 시험구를 배치하였으나, 외부로부터 구입에 따른 수송스트레스 등에 기인된 감염(수송열) 개체가 발효사료급여구에 더 많이 배치된 것으로 판단되며, 시험종료 시 평균 혈구성분에 차이를 보이지 않은 것은 발효사료급여가 건강에 영향을 미치지 않고 있는 것으로 판단할 수 있다. 그러나 시장에서 구입한 공시축을 입식할 당시 “수송열” 등으로 2두가 폐사한 점을 고려하고, 염증 지표인 백혈구 등이 비육개시 초기에 약간 높은 개체가 있는 점은 향후 암소비육을 위해 외부로부터 구입하는 송아지에 대하여 철저한 위생관리 등이 필요할 것으로 판단된다.

표 2-17. 각 처리구별 혈청대사지표 성분 비교

구 분		시험개시		12개월령		시험 종료시				
		발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)	발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)	발효사료 급여구 (n=10)	대조구 (n=10)			
간	근 골 격 계	심 장	γ -glutamyl transferase (U/l)	57.5 ^a ±43.2	51.5 ^a ±44.4	49.9 ^a ±31.8	47.9 ^a ±21.8	43.2 ^a ±19.5	33.0 ^a ±10.3	
			Total bilirubin (mg/dl)	0.05 ^a ±0.01	0.05 ^a ±0.03	0.17 ^b ±0.03	0.20 ^b ±0.09	0.20 ^b ±0.02	0.18 ^b ±0.07	
			Akaline phosphatase (U/l)	76.0 ^a ±14.6	102.0 ^a ±39.5	40.9 ^b ±7.5	54.8 ^b ±13.8	75.0 ^a ±25.5	84.2 ^a ±25.8	
	심 장	신 장	AST (U/l)	77.8 ^a ±12.5	111.8 ^b ±45.8	102.2 ^b ±10.5	104.6 ^b ±34.1	128.1 ^c ±35.5	107.0 ^b ±15.3	
			Lactate dehydrogenase (U/l)	1408.0 ^a ±803.6	1664.1 ^a ±658.4	1909.6 ^a ±1594.3	2931.3 ^a ±3057.8	1680.7 ^a ±622.6	1744.4 ^a ±593.3	
			Total protein (g/dl)	6.5 ^a ±0.6	6.4 ^a ±0.4	7.5 ^b ±0.3	7.2 ^b ±0.3	7.6 ^b ±0.3	7.4 ^b ±0.3	
	근 골 격 계	심 장	신 장	Albumin (g/dl)	3.0 ^a ±0.2	3.0 ^a ±0.1	3.2 ^b ±0.1	3.3 ^b ±0.1	3.3 ^b ±0.1	3.3 ^b ±0.1
				Cholesterol (mg/dl)	185.4 ^{ab} ±38.1	166.1 ^a ±19.6	164.2 ^a ±33.5	182.3 ^{ab} ±29.6	182.3 ^{ab} ±38.0	211.0 ^{bc} ±30.2
				BUN (mg/dl)	20.9 ^a ±2.0	22.2 ^a ±3.8	19.9 ^{ab} ±2.5	22.2 ^a ±3.3	18.0 ^b ±2.7	16.6 ^b ±2.8
	에너지대사 무 기 물	심 장	신 장	NFFA (uEq/l)	200.8 ^a ±44.8	199.6 ^a ±41.0	422.7 ^b ±75.9	466.9 ^b ±116.6	438.0 ^b ±79.0	383.2 ^b ±161.5
Glucose (mg/dl)				63.5 ^a ±6.6	64.8 ^a ±4.3	62.4 ^{ab} ±11.1	66.1 ^{ab} ±6.8	75.6 ^b ±8.6	76.2 ^b ±4.2	
Ca (mg/dl)				7.4 ^a ±0.6	7.4 ^a ±0.6	8.5 ^b ±0.3	8.5 ^b ±0.4	9.3 ^c ±0.6	9.1 ^c ±0.4	
Pi (mg/dl)				13.5 ^a ±4.3	13.4 ^a ±4.2	15.1 ^a ±5.9	15.9 ^a ±4.0	7.5 ^b ±0.9	8.7 ^{ab} ±1.6	
Mg (mg/dl)				2.1 ^{abc} ±1.0	2.3 ^{abc} ±0.6	2.1 ^{abc} ±0.6	2.8 ^b ±0.8	1.9 ^{abc} ±0.2	1.8 ^c ±0.2	

(2) 공시축 처리구별 대사지표 성분(혈청성분) 비교

발효사료급여시 한우암소의 대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 각 처리구별 시험개시전, 시험사료급여 12개월후 및 시험 종료시 경정맥으로부터 채혈하여 혈청을 분리하여 γ -glutamyl transferase, Total bilirubin, Alkaline phosphatase, Aspartate aminotransferase (AST), Lactate dehydrogenase, Total protein, Albumin, Cholesterol, Blood urea nitrogen (BUN), Creatinine, NFFA, Glucose, Ca, Pi, Mg 등을 측정된 결과는 <표 2-17>과 같다.

각 처리구별 비육기간에 따른 혈청성분을 검사하여 조사한 결과 발효사료급여구 및 대조구에서 각 성분마다 높거나 낮은 경향을 나타내었으나, 모두 정상범위를 나타내고 있어 발효사료를 급여시 실질장기에 큰 영향을 나타내지 않은 것으로 판단된다. 한편 12개월째 이후에 Total bilirubin, AST, Lactate dehydrogenase 등의 혈청효소 및 화학치가 높아지는 경향을 나타내어 간 기능에 미비하게 영향을 나타낸 것으로 판단할 수 있으나 모두 정상 범위였으며, Total protein, Albumin, Cholesterol 등이 증가한 경향과 γ -glutamyl transferase, Alkaline phosphatase 등의 농도를 고려시 발효사료를 급여한 암소의 비육기간중 농후사료 급여량이 간기능 이상 등 건강상 큰 문제는 없는 것으로 판단되어진다. 또한 Creatinine농도 등을 고려시 신장기능에도 이상이 없는 것으로 판단된다.

한편 영양대사측면에서의 혈청대사지표의 변화를 보면 비육중기 및 후기에 에너지 대사와 관련된 NFFA가 12개월령부터 높아진 경향을 보여 에너지사료가 부족이 의심되었으나, Glucose는 높아지는 경향과 Cholesterol의 수준을 감안할 경우와 단백질대사와 관련된 BUN이 감소한 점으로 비육중기이후 적절한 에너지수준과 더불어 저단백 사양을 한 것이 반영된 것으로 판단된다. 또한 무기질 대사의 경우 비육초기에 인의 함량이 높았으나 비육 후기에는 정상수준으로 회복된 경향을 나타내어 발효사료의 급여에 따른 영양대사지표에 큰 영향을 미치지 않고 있음을 알 수 있다.

(3) 처리구별 항산화 성분 비교

발효사료급여시 항산화 효과를 확인하기 위하여 각 처리구별 시험개시전, 시험사료급여 12개월후 및 시험 종료시 혈청내 지질과산화물인 malondialdehyde (MDA)와 Superoxide dismutase (SOD) catalase (CAT), glutathione-S-transferase (GST) 활성을 상용화된 ELISA Kit (Cayman chemical Co, USA)를 사용하여 제조사에서 제시한 방법에 준하여 처리하여, 340nm에서 흡광도를 측정된 결과는 <그림 2-11>과 같다.

MDA는 불포화지방산이 활성산소종에 의해 과산화 되어 생성된 대사체의 분해산물로서 산화적 스트레스가 증가하여 항산화기전과 균형이 깨질 경우 지질과산화에 의해 수치가 증가하게 된다. 본 결과에서 시험개시전 대조구 $12.39 \pm 2.97 \mu\text{M}$, 발효사료급여구 $12.09 \pm 3.3 \mu\text{M}$ 였으나 비육말기인 24개월령에 유의미한 차이는 아니지만 대조구에서 높아진 경향을 나타내었다.

또한 세포내 다량 존재하면서 자유라디칼에 전자를 제공하여 superoxide (O_2^-)를 과산화수소(H_2O_2)로 전환시켜 반응성을 억제하는 환원형 glutathione (GSH)과 함께 조효소로 작용하는 GST의 경우 간세포에 많이 존재하면서 혈청 내 높은 농도는 세포의 손상을 지시하

는 지표로 도 사용된다. 본 결과에서는 시험개시전에 대조구(1.180 ± 0.410 mmol/min/ml)에서 발효사료급여구 (0.840 ± 0.362 mmol/min/ml)보다 높은 경향이였지만 12개월령에서는 발효급여구 (0.712 ± 0.399 mmol/min/ml)에서 높았다. 그러나 시험종료시 대조구 (0.563 ± 0.626 mmol/min/ml)와 발효사료급여구 (0.448 ± 0.222 mmol/min/ml)에서 공히 시험개시전보다 유의미하게 낮아졌으며 ($p < 0.05$), 발효사료급여구에서 더 낮아진 경향을 나타내고 있다.

효소적 방어체계로 superoxide를 과산화수소(H_2O_2)로 전환시키는 효소인 Superoxide dismutase (SOD)는 낮아진 경우에 산화적손상이 존재함을 나타낸다. 본 결과에서는 유의미한 차이가 없지만 시험개시전부터 대조구(0.106 ± 0.028 U/ml)에서 낮은 경향이였으나 시험종료시에 발효사료급여구에서 0.151 ± 0.021 U/ml로 대조구 (0.110 ± 0.016 U/ml)에 비하여 유의미하게 높게 나타내었으며, 시험개시전 보다도 유의미하게 높았다.

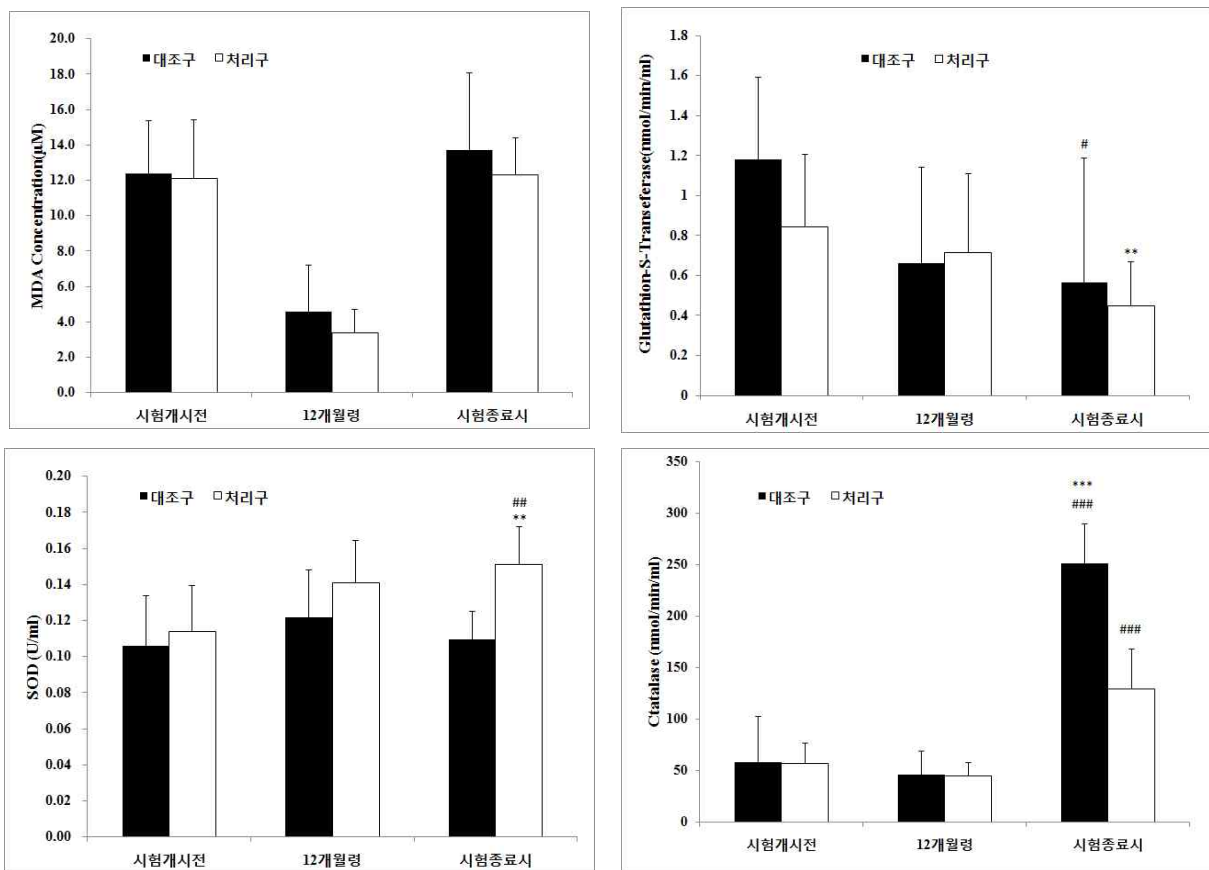


그림. 2-11 발효사료급여구와 대조구의 비육시험 전후 항산화 성분 비교

CAT는 세포의 peroxisome에 존재하는 항산화 효소로서 과산화수소를 물과 산소분자로 분해하여 라디칼 생성을 억제 한다. 활성산소에 의한 산화적 손상을 제거하기 위한 항산화작용에 의해 생성된 과산화수소가 증가시 CAT 활성 증가하게 된다. 발효사료를 급여한 본 결과에서 시험개시전 대조구 58.34 ± 43.95 nmol/min/ml, 발효사료급여구 58.81 ± 19.57 nmol/min/ml로 차이가 없었으나, 시험종료시 대조구에서 250.79 ± 27.13 nmol/min/ml 로 발효사료급여구의 129.17 ± 38.90 nmol/min/ml에 비하여 유의미하게 높았다.

본 연구에서는 한우 암소 비육시 농후사료에 의한 산화적 손상의 정도를 파악하고 발

효사료급여시 발생할 수 있는 산화적 손상을 고려하여 산화적 손상시 증가되는 MDA와 효소적 항산화 작용을 하는 SOD, CAT, GST 활성을 측정된 결과, 비육기간이 경과함에 따라 각 처리구에서 공히 산화적손상이 증가하고 있음을 추정할 있으나, 대조구에 비하여 발효사료급여구에서 사료에 의한 산화적 손상이 낮은 것으로 나타내었다.

(4) 처리구별 IL-2 및 TNF- α 비교

발효사료급여가 면역성에 미치는 효과를 확인하기 위하여 각 처리구별 시험개시전, 시험사료급여 12개월후 및 시험 종료시 혈청내 IL-2와 TNF- α 를 상용화된 ELISA Kit (Cayman chemical Co, USA)를 사용하여 제시한 방법에 준하여 처리하여, 340nm에서 흡광도를 측정한 결과는 <그림 2-12>와 같다.

IL-2는 면역조절에 관여하는 단백질로서, T세포 성장인자(TCGF)로, 골수유래 T세포들의 성장 증진 능력을 가지며, 또한 B세포에서 항체 형성을 촉진한다. IL-2의 활성은 시간이 지나면 사라지게 되는데, 발효사료 급여구에서 시험 개시 전부터 대조구보다 높았으며, 비육종료시까지 비슷한 수준으로 유지되고 있었으나 대조구는 약간 높아지는 경향을 보였다.

TNF- α 는 염증반응에 포함되고 급성기 반응(acute-phase protein)의 구성원인 사이토카인이다. TNF- α 는 주로 활성화된 대식세포에 의해 분비되는데, 보조 T 세포, 자연살해세포, 그리고 손상된 뉴런 등의 다양한 세포에서도 분비되며, 감염초기에 생체방어에 중요한 역할을 한다. 시험개시전 대조구는 매우 높게 나타내어 시험축 입식시 감염(염증반응)이 있었던 것에 기인된 것으로 판단되며, 시간이 경과됨에 따라 안정적으로 유지되고 있었다. 발효사료급여구는 시험개전 및 비육종료시에 비교적 안정적인 발현율을 나타내고 있다.

이러한 결과를 종합한 결과 면역과 염증반응에 영향을 미치는 사이토카인이 발효사료급여시 비교적 안정적으로 유지되고 있는 점을 고려할 때 면역원성 향상과 농후사료에 기인된 산화적손상에 의한 염증반응을 완화시키고 있음을 알 수 있었다.

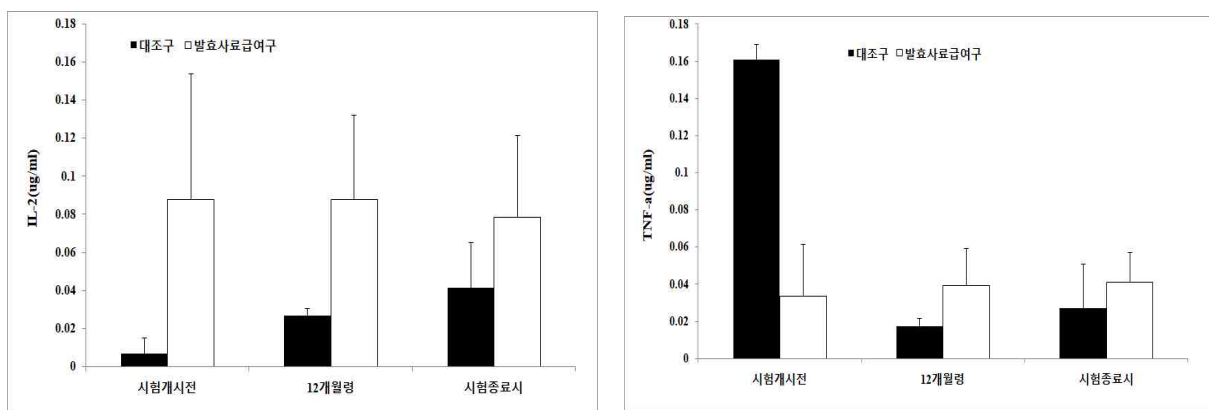


그림. 2-11 발효사료급여구와 대조구의 비육시험 전후 IL-2 및 TNF- α 비교

(4) 혈구 및 혈청성분 분석과 일반사항 점검에 따른 해석

발효왕겨 증진제 사용 벚섶폐배지를 이용한 한우 암소비육 발효사료의 급여시 한우암소에 미치는 영향을 알아보기 위하여 혈구 및 혈청성분 그리고 항산화관련 지표와 사이토카인(IL-2, TNF α)을 분석한 결과 혈구성분에서 발효사료급여구와 대조구 모두 차이를 나타내지 않았으며, 혈청성분에서도 큰 차이를 나타내지 않고 있다. 특히 농후사료위주 사육시 간기능의 손상이 예상되었지만 본 결과에서는 처리구 및 대조구 공히 유의미한 차이를 나타내지 않아 혈액학적으로 발효왕겨폐배지의 사용이 비육중인 한우암소의 건강에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다. 한편 농후사료 다급에 의한 산화적손상 역시 발효왕겨증진 벚섶폐배지 첨가 발효사료를 급여시 산화적 손상을 예방하는 효과가 있음을 확인 되었고 면역원성과 함염증반응 역시 발효왕겨증진 벚섶폐배지 첨가 발효사료를 한우암소 비육시 기능적인 사료로 이용이 가능할 것이다.

아) 벚섶폐배지발효사료를 이용한 한우암소비육시험 결과 요약

발효사료급여구에서 대조구에 비하여 도체중은 낮았으나 육량등급이 높은 경향을 내고 있으며, 초음파 진단결과를 바탕으로 대조구의 양양수준을 조정하였음에도 불구하고 발효사료급여구에서 근내지방이 유의미하게 높았고(0.55), 육질등급 역시 높은 출현율을 나타내었으며, 경제성 분석에서도 조수입 벚섶폐배지 첨가 발효사료급여구에서 높게 나타내고 있어 발효왕겨증진 벚섶 폐배지에서 벚섶수확후배지가 한우암소비육시 사료원료로서 충분한 가치가 있는 것으로 판단된다.

또한 벚섶폐배지 첨가 발효사료가 한우암소 비육시 건강상 안전한 사료인가를 확인하기 위한 각종 혈액지표를 측정된 결과 혈구성분 및 혈청성분은 발효사료급여구와 대조구에서 차이를 나타내지 않아 발효사료급여가 한우암소 비육시 건강에 영향을 미치지 않은 것으로 판단되며, 농후사료에 의한 산화적 스트레스와 염증작용등 역시 발효사료구에서 덜 받고 있는 것으로 판단되고 있다. 이러한 점을 고려하여 사료기호성, 발육상태 및 분변 그리고 반추위의 발육상태 등을 종합한 결과 본 연구에서 개발한 벚섶 폐배지 발효사료는 실질장기의 손상과 영양대사장애 등에서 비육중인 한우 암소의 건강에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

따라서 본 결과로 벚섶수확후배지의 30~40%를 한우암소비육 발효사료 생산에 사용함으로써 폐자원의 재활용과 축산농가의 경쟁력향상에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

○ 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	2억원	
			향후 3년간 매출	8억원	
		관련제품	개발후 현재까지	0.5억원	
			향후 3년간 매출	30억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : % 국외 : %	
			향후 3년간 매출	국내 : % 국외 : %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			위

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년			
	소요예산(백만원)	2,000			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		2.5	38	60	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내			
국외					
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	발효왕겨의 농업용 상토원료개발 및 버섯폐배지와 발효왕겨를 이용한 유기질발효퇴비 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)				
	수 출				

제 3 장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

세부 연구개발 목표	달성도 (%)	관련분야에의 기여
<p>○ 저비용의 버섯배지 톱밥 대체 충전제 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 톱밥대체원료 선별 및 특성분석 - 버섯품종별 대체배지 배합비율작성 및 버섯생산 실험 - 톱밥대체배지 최종배합비율선택 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 톱밥대체 버섯배지 충전제를 개발하였음. <ul style="list-style-type: none"> - 톱밥대체 물질 선정 : 왕겨(발효왕겨) - 버섯 충전제로 활용할 왕겨의 발효공정 확립 및 물리적 영양적, 위해성 등 특성구명 <왕겨발효기술을 특허 등록:등록번호 제10-1749960호(2017.06.16.)> - 발효왕겨 충전제 버섯 재배시험을 통한 생산성 규명(새송이버섯 및 느타리버섯)으로 버섯생산비절감 및 생산성향상으로 수익증대를 나타냄을 확인 - 발효왕겨충진 새송이버섯 및 느타리버섯 배지 조성확립 및 생산성 분석 ○ 발효왕겨를 버섯배지 충전제로 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 버섯의 생산성향상 및 소득향상 창출 할 수 있을 것임.
<p>○ 한우배합사료 대체 버섯 폐배지를 발효사료원료로 사용할 수 있는 기술 개발</p>	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발효왕겨 버섯 폐배지의 영양적 가치평가 완료. ○ 발효미생물의 증균배양 시스템 구축함. <ul style="list-style-type: none"> - 축산농가에서 간편하고 저렴하게 폐배지에 활용할 수 있는 증균배양 공정 확립. <식품부산물을 이용한 균주배양방법 특허 출원:제 10-2018-0064356(2018.06.04.)>. ○ 증균된 액상 유산균(<i>Lactobacillus Plantarum</i>)을 이용한 발효왕겨충진 버섯폐배지 발효사료를 개발 함. <ul style="list-style-type: none"> - 간편하고 저렴한 한우용 대체 발효사료 개발. - 발효사료의 특성(안전성, 영양성분 등) 구명을 통한 사료가치 평가 : 농약성분 등 위해물질 분석. ○ 한우농가 자가 발효미생물의 자체배양시스템의 안정적 구축으로 농·식품부산물을 효율적으로 이용 가능한 기반 구축하였음. <ul style="list-style-type: none"> - 축산미생물제 액상배양 시스템 기술 및 영양배지 사용기술 및 농식품부산물 발효사료제조기술이전 계약 체결 : 2건.
<p>○ 버섯폐배지를 이용한 경제적인 완전대체 발효사료 배합비 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 버섯폐배지 사료화 실증을 위한 한우암소 비육 시험 	100	<ul style="list-style-type: none"> ○ 발효왕겨 버섯폐배지의 TMF 배합비를 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 한우 암소 비육 실증시험을 통하여 한우 사육단계별 버섯폐배지첨가 발효사료 배합비 작성: 육성기, 비육기. - 비육시험 종료 후 최적 배합비를 구축함.

세부 연구개발 목표	달성도 (%)	관련분야에의 기여
		<ul style="list-style-type: none"> ○ 발효왕겨충진 버섯폐배지 발효사료 급여시 높은 육량등급과 높은 육질등급 출현율을 나타내어 조수입 높게 나타냄. ○ 발효왕겨 버섯폐배지 첨가 발효사료가 함우암소 비육시 사육단계별 건강 및 영양대사에 영향을 미치지 않으며, 농후사료에 의한 산화적 스트레스 역시 덜 받고 있는 것으로 확인 됨. ○ 버섯 수확후 발효왕겨충진 버섯배지 30~40%를 한우 암소비육 발효사료 생산에 사용함으로써 폐자원의 재활용과 서료비 절감을 통한 축산농가의 경쟁력향상에 기여함을 확인함. ○ 버섯폐배지의 가축사료화로 판매수익을 높여 버섯농장의 추가수익 창출 가능성 확인.
○ 발효왕겨 및 버섯폐배지 첨가발효사료 산업화	50%	<ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구과제의 성과를 바탕으로 버섯폐배지 발효농후사료 활용한 고부가 한우사양이 가능한 TMF사료 개발 및 산업화 추진 <ul style="list-style-type: none"> - (주) 팜플러스가 30억원의 제품생산공장을 설립 <ul style="list-style-type: none"> • 제품생산설비의 제작설치업체와의 소송 • 2년이 넘게 공장을 가동할 수 없는 상황에서 자체농장에서 가지고 있는 배합기등을 사용하여 개발제품의 생산판매의 한계로 산업화목표를 달성하지 못함 • 팜플러스의 소송문제가 해결될 것으로 예상되는 2019년 초순부터 본격적인 제품 생산 및 판매가 이뤄질 것으로 예상.

제 4 장. 연구결과의 활용 계획

제 1 절 연구개발 성과

버섯재배에 필수적인 버섯영양배지의 충전제로 사용되고 있는 톱밥을 대체할 수 있는 저가의 우리나라 농산부산물 원료개발을 통하여 버섯생산비 절감과 버섯수확후배지의 이용성을 극대화를 위하여 반추위 소화에 적합한 사료원료로 개발하여 이용함으로써 한우사육비용절감과 축산물 품질향상을 도모함으로써 톱밥대체 폐배지 소재를 이용한 부산물 이용성 증대 및 고부가가치 창출하고자 연구를 실시한 결과

버섯배지 충전제로 왕겨를 선정하였고 발효과정을 통하여 이화학적 특성의 변화와 영양학적 가치를 확인하고 현장 실증실험을 통하여 톱밥대체 충전제로 사용가능 함을 확인 하였으며, 버섯 수확후 배지를 이용한 한우암소비육 발효사료를 개발하였으며, 한우암소비육 실증실험을 통하여 육량 및 육질등급이 우수함을 확인하였고, 급여시 건강에 위해가 없는 버섯수확후배지 첨가 발효사료 원료를 개발하였다.

1. 버섯배지 충전제로서 톱밥대체원료의 개발

톱밥대체원료 선별 및 특성분석을 통하여 왕겨를 선정하였고, 생왕겨의 발효를 농가수준에서 쉽게 할 수 있는 발효공정(발효균주 영양성분으로 CMS 사용)을 확립하였으며, 발효를 통하여 생왕겨 세포벽의 분해와 영양성분제거 및 합습력을 높혀 버섯배지 충전제로 이용할 수 있도록 하였다.

톱밥 등 대체 버섯배지 충전제별 원료의 영양성분과 배합비율별 영양성분 및 경제성을 비교하여 버섯품종에 맞는 최적배합비율을 작성하였으며, 입병시 타공구멍 형성등의 성형에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

2. 버섯품종별 작성된 배합비율을 적용하여 새송이버섯과 느타리버섯 생산시험.

버섯 생산농가의 관행사육 환경에서 톱밥충진 버섯배지와 발효왕겨충진 버섯 배지에서 새송이버섯에 대하여 3차례 반복실험을 실시한 결과 유관배양일수가 톱밥충진배지보다 5일정도 단축되었고, 종균의 활력 및 균사체량 등이 우수한 것으로 나타내었으며, 겨울철 갈반병에 상대적으로 강하였으며, 버섯 개당 평균무게와 병당 수확량 높게 나타났으며, 조직도 역시 단단하였으며, 저장기간이 1주 이상 길어져 병당 수익금이 61원, 벌크제품 수확량 19.3% 정도 개선되어 발효왕겨충진버섯배지가 원재료 비용원가절감, 배양기간 절감 및 생산성향상, 그리고 판매 수익향상 등의 영향으로 경제성 기여율은 22.0%로 높게 나타내었음.

버섯 생산농가의 관행사육 환경에서 발효왕겨충진 버섯 배지에서 새느타리버섯에 대하여 3차례 반복실험을 실시한 결과 느타리버섯의 생산성을 향상시키기 위해서는 관행적으로 사용하고 있는 배지 원료에서 충전제로 발효왕겨를 사용할 경우 C/N비율의 조정하여 N원 수준을 높였을 경우 종균 유관배양기간이 5일 이상 단축되었으며, 후숙기간이 9일 정도 단축되어

생육을 하였어도 기존관행적 방식에 비해 생산량이 25.0% 정도 증가되는 결과를 도출하였다. 특히, 느타리버섯 배지에서 발효왕겨를 톱밥을 대체하는 배지충진제로 사용하였을 경우 공극개선과 함께 영양소공급원으로서의 역할도 할 수 있음을 확인하였고, 배지원료 원가절감액은 병당 15~20원(16~23%)정도의 원가절감효과가 있었다.

3. 발효왕겨 충진 버섯수확후 배지첨가 발효사료 개발

발효왕겨 충진 버섯폐배지 부가가치향상을 위한 사료화생산을 위하여 버섯종류별(느타리버섯, 새송이버섯) 수확후배지의 사료가치분석 평가하여 축산 사료원으로 사용가능함을 확인하였다. 발효왕겨 충진 버섯폐배지의 안정적 이용을 위하여 축산농가에 미생물제제 (*Lactobacillus Plantarum*) 를 자가생산할 수 있는 농가 발효시스템 개발하였음. 즉, 농가에서 최소 시설 및 최소 비용으로 적용 가능한 미생물배양시스템 구축 및 공정 확립하였다. 발효왕겨 충진 버섯수확후배지를 20~40%까지 혼합할 수 있는 배합비율 작성하였으며, 액상 배양증식한 발효균주(유산균)를 이용한 버섯폐배지 활용 발효사료 생산 공정 확립하였다. 버섯수확후배지 첨가 발효사료의 영양가치를 평가하여 사육단계별 폐배지 발효사료 배합비율(급여비율)을 확립하여 배합사료를 완전대체 할 수 있는 버섯수확후배지 첨가 발효사료 개발하였다.

4. 발효왕겨 충진 버섯 수확후배지 첨가 발효 사료(발효사료) 한우암소 비육시험

개발된 버섯수확후배지 첨가 발효사료의 시판 배합사료대체 및 급여효과를 규명하기 위하여 한우 미경산우 56마리를 대상으로 2처리(시판사료급여구, 버섯폐배지 발효사료구) 사양시험을 24~26개월 동안 실시하여 도체등급과 경영성적분석 및 발효사료의 안전성 등을 조사하였다. 발효사료의 기호성과 섭취량은 시판배합사료와 비교시 차이가 없었으며, 섭취사료의 소화율을 반영하는 분변도 양호하였다. 도체중은 시판사료급여구에서 높았으나(평균 22.4kg), 육량등급은 발효사료급여구에서 C등급 출현율이 3.7%정도 낮게나왔으며, A등급 출현율이 높았다. 근내지방은 발효사료급여구에서 유의미하게 높았으며, 육질등급 1+이상 출현율 역시 높게 나왔으며 2등급 이하의 출현율은 낮은 것으로 나타나 경락가격 차이에 기인한 조수익의 향상과 두당 100천원정도의 사료비 절감효과가 나타난 것으로 분석되었다. 발효사료로 비육한 한우 암소에 대한 건강검진 및 혈액대사지표 분석과 산화적 손상정도 및 도축시 반추위의 발육상태를 조사한 결과 비육기간에 따른 혈구성분을 검사하여 조사한 결과 발효사료급여구 및 대조구에서 차이를 나타내지 않았고, 혈청성분 역시 큰차이를 나타내지 않았다. 배합사료 다급에 의한 산화적 손상을 고려하여 산화적 손상시 증가되는 MDA와 효소적 항산화 작용을 하는 SOD, CAT, GST 활성을 측정된 결과, 비육기간이 경과함에 따라 각 처리구에서 공히 산화적손상이 증가하고 있음을 추정할 있으나, 대조구에 비하여 발효사료급여구에서 사료에 의한 산화적 손상이 낮은 것으로 나타확인 되었음. 한편 버섯 폐배지 발효사료 급여구와 대조구의 제1위 용모의 발달과 손상정도를 비교한 결과 발효사료급여구에서는 매우 양호한 제1위 용모의 발달을 관찰하였고, 위벽 상피의 손상 역시 전혀 없었으며, 제위 2위 역시 매우 양호한 상태를 나타내고 있어, 버섯 폐배지 발효사료가 반추위의 건강에 매우 유의한 것으로 확인되었다.

제 2 절 연구성과 활용실적 및 계획

1. 제품화 및 사업화

본 연구를 수행한 결과를 제품화를 추진하여 발효왕겨 버섯배지 증진제 (2016년 4월 출시), 섬유질발효사료 1 (등록번호 제JJ3LY0002호, 2016.08.29.), 섬유질발효사료2(발효조사료) (등록번호 제JJ3LY0001호, 2016.08.29.) 및 섬유질발효사료 3(JJ3LY003, 2017.08.18.) 등에 대하여 제품화를 추진하였으며. 버섯농가와 한우영농법인 등에 제품을 출하여하 발효왕겨 26,447,511천원, 섬유질발효사료3은 47,510천원의 매출 실적을 이루었으며, 지속적으로 버섯배지 증진제로 발효왕겨 판매를 추진할 것이며,

또한 협동연구기관인 (주)팜플러스에서 단미사료제조업등록 (등록번호 제2016-2호, 2016. 08. 12.)을 하였고, 약 30억원을 투자하여 버섯수확후배지 발효사료 생산공장을 완공하였으며, 2019년 초반부터 본격적인 가동을 통하여 수익창출과 더불어 고용창출이 이루어질 것이다.

2. 농식품부산물 사료원료 공급 유통센터의 사업화 및 가축사료원료의 개발

본 연구결과를 바탕으로 정책건의를 통하여 농림부 원예산업과의 폐배지 재활용센터 사업이 확정되어 2017~2018년 총 50억원 규모의 폐배지 재활용 사업화 설비 지원사업이 확정되었고, 현 참여기업의 발효(조)사료 생산판매 개시로 버섯수확후폐배지 활용에 대한 인식전환과 시장개척으로 권역별 폐배지재활용센터를 구축하고자 한다.

농업부분 폐자원의 재활용과 관련한 정부의 관심 등을 고려하여 연중 안정적인 물량수급이 가능한 농식품부산물의 확보하고 계절적, 지역적으로 발생량이 변동하는 부산물들을 추가로 확보하여 부산물을 가축사료원료로써 연중 안정적으로 축산농가나 TMR사료공장에 공급할 수 있는 부산물유통센터의 건립을 추진하는 등 부존자원의 재활용가치를 높이는데 활용해야할 것이다.

또한 소규모 축산농가에서도 자유로이 부산물 사료원료를 사용할 수 있는 농식품부산물유통센터의 사업화를 통하여 농식품부산물의 보다 효율적이며 부가가치를 높일 수 있는 활용방안 제시로 사료원료 수입대체효과 및 축산업 경쟁력 향상에 기여하고 새로운 형태의 부산물원료의 가축사료화를 통하여 국내 부산물 부존자원의 활용도를 극대화시키는데 활용 할 것이다.

향후 본 연구에서 개발한 발효기법을 활용하여 국내의 다양한 농식품부산물들에 대하여 영양성분, 기호성 및 물리적 특성 등을 고려하여 2~3가지 부산물을 혼합하여 발효과정을 거쳐 새로운 형태의 부산물원료를 생산하여 가축사료원료로 사용할 수 있는 방안을 강구하여 농식품부산물을 가축사료화 하고자 한다.

3. 산업재산권 등록 및 기술전수

식품부산물을 이용한 균주의 배양방법 (출원번호 10-2018-0064356, 2018.06.04.)과 액상부산물을 이용한 왕겨발효방법에 대하여 (출원번호 : 10-2016-0154646, 2016.11.21.; 등록번호:

10-1749960, 2017.06.16.) 특허출원과 등록된 성과를 나타내었고, 기술보급을 통한 농가소득에 기여하고자 저가형 농가축산미생물 발효방법 및 설비에 대하여 푸른축산영농조합법인(대표 이덕성)에, 액상부산물을 이용한 왕겨발효방법에 대하여 참솔발영농조합법인(대표 임채연)에 기술전수를 하여 농가 소득향상에 기여하였다. 본 연구결과를 지속적으로 버섯농가에 액상부산물을 이용한 왕겨발효방법을 축산농가에 저가미생물발효기술을 보급하여, 발효사료의 품질 안정성과 기호성 향상을 통한 사료비 절감과 농식품부산물의 사용량 증대 기여할 것이다.

향후 왕겨발효기술, 농업용 및 축산용 발효미생물 배양시스템 기술, 버섯수확후 배지 첨가 한우배합사료 완전대체 발효사료 개발과 이를 이용한 한우암소 비육기술 등으로 버섯재배 농가 및 한우 사육농가에 기술이전 및 컨설팅을 통하여 친환경 농축산물생산 기반의 구축과 부존자원의 부가가치를 높일 수 있는 여건을 조성 할 수 있도록 적극적으로 홍보할 것이며, 사업화를 진행할 계획이다.

제 3 절. 추가 연구의 필요

국내에 부존자원 중 연중 대량 배출되고 있는 저렴한 왕겨를 톱밥대체 버섯배지 충전제로 개발한 성과로 버섯재배생산성이 20%이상 향상되었고, 그 부산물을 재활용하여 시판배합사료대체할 수 있는 한우발효사료의 개발로 한우암소 비육시 비용을 35%이상 절감시키는 효과를 확인함으로, 본 연구개발결과를 산업현장에 적용시 경제적 파급효과가 매우 클 것이다. 이러한 결과를 바탕으로 농식품 부존자원의 활용성을 높이기 위하여 다음과 같은 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서 수행한 발효왕겨 충전 버섯배지를 이용한 버섯 생산성시험 결과는 매우 양호하였지만 새송이버섯의 경우 전남 나주와 장성 그리고 느타리버섯의 경우 경기 여주, 전남장성, 경남 하동 등에서 수행되어, 품종에 따라 제한(국한)된 지역에서 재배시험을 수행하였다. 따라서 발효왕겨 충전제를 버섯재배에 확대 적용하기 위해서는 전국적인 재배 시험이 추가로 필요할 것이다. 이를 통하여 버섯재배 농가에서 상시 이용 가능한 발효왕겨 충전 버섯배지 배합비율의 표준화 연구를 추가적으로 수행함으로써 국내 부산물을 이용한 저렴한 버섯배지를 제조 이용함으로써 생산비 절감에 기여할 수 있을 것이다.

왕겨의 발효기술을 국내 경종농업에 사용되는 상토의 원료와 유기질비료 원료로 대체 사용할 수 있는 연구의 필요성이 있으며 이러한 내용으로 기존농업관련제조회사(상토, 유기질비료)와 공동연구를 통하여 부존자원 활용의 효용성을 높일 필요가 있으며,

폐배지 재활용 사업화 설비 지원사업 등을 통하여 버섯 수확후 배지의 건조기 개발 및 고부가가치 창출을 위한 실용화 모델개발 등 자원재활용의 기틀마련하기 위하여 버섯 연구회 및 생산자단체 그리고 축산단체 등과 실용화 방안을 강구하고 수확후배지 사료화 등 자원순환 운영 시스템을 구축하는 추가적인 연구가 필요하다.

톱밥이 첨가되지 않은 버섯수확후폐배지의 발효사료를 이용하여 한우뿐만 아니라 조사료를 이용하는 흑염소 등 반추가축 사료의 개발도 필요하며, 이용성이 낮아 소각하는 보릿짚 등을 무톱밥폐배지와 혼합하여 발효조사료제품을 개발하여 수입조사료의 대체효과를 규명하는 연구와 발효사료 생산제품의 기호성향상 등의 제품품질 개선을 위한 연구가 필요함.

붙임. 참고문헌

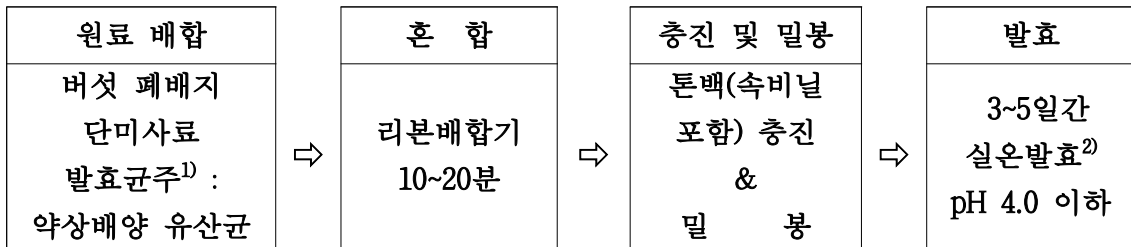
- Adamovic M , Grubi G , Milenkovic I , Jovanovi R , Proti R , Sretenovi L , Stoievi L. 1998. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding , *Anim. Feed Sci. Technol.* 71: 357-362.
- Bae JS., Kim YI., Jung SH., Y. G. Oh YG., Kwa. WS. 2006. Evaluation on Feed-Nutritional Value of Spent Mushroom (*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) Substrates as a Roughage Source for Ruminants. *J. Anim. Sci. & Technol.(Kor.)* 48(2): 237-246.
- Cheong JC., Jhune CS., Lee CJ., Oh JA. 2010. Physico-chemical Characteristics and Utilization of Raw Materials for Mushroom Substrates. *Kor. J. Mycol.* 38(2): 136-141.
- Danyelle MT., Yefim M., Lin H., Steven H., Christopher JP., Kenneth DT. 2009. Novel Role for Glutathione S-Transferase, REGULATOR OF PROTEIN S-GLUTATHIONYLATION FOLLOWING OXIDATIVE AND NITROSATIVE STRESS. *THE JOURNAL OF BIOLOGICAL CHEMISTRY* 284(1): 436 -445.
- Eaton S. 2006. The biochemical basis of antioxidant therapy in critical illness. *Proc Nutr Soc* 65: 242-249.
- Halliwell B. 1999. Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). *Free Radic Res.* 31: 261-272.
- Hermans N, Cos P, Maes L et al. 2007. Challenges and pitfalls in antioxidant research. *Curr Med Chem.* 14: 417-430.
- Jang MJ., Lee YH., Ju YC. 2010. Selection of an Substitute Sawdust Material in *Pleurotus ostreatus* by Bottle Cultivation. *Kor. J. Mycol.* 38(2): 142-145.
- Kim SC., Moon YH., Kim HS., Kim HC, Kim JO., Cheong JC., Cho SJ. 2014. Effect of dietary fermented spent mushroom (*Hypsizygus marmoreus*) substrates on laying hens. *Journal of Mushroom Science and Production.* 12(4): 350-356.
- Kim SY., Chung TH., Kim SH, Song SH., Kim NJ. 2014. Recycling Agricultural Wastes as Feed for Mealworm (*Tenebrio molitor*). *Korean J. Appl. Entomol.* 53(4): 367-373.
- Kim YI., Bae JS., Huh JW., Kwak WS. 2007. Monitoring of Feed-Nutritional Components, Toxic Heavy Metals and Pesticide Residues in Mushroom Substrates According to Bottle Type and Vinyl Bag Type Cultivation. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49(1): 67-78.
- Kim YI., Bae JS., Jung SH., Ahn MH., Kwak WS. 2007. Yield and Physicochemical Characteristics of Spent Mushroom(*Pleurotus ryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Ammulina velutipes*) Substrates According to Mushroom Species and Cultivation Types. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49(1): 79-88.

- Lee SH., Park BY., Yeo JM., Kim WY. 2006. Effects of the Supplementation Period of Spent Composts of Selenium-enriched Mushrooms on Plasma Glutathione Peroxidase Activity and Selenium Deposition in Finishing Hanwoo Steers. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 48(6): 897-906.
- Liu T1, Clark RK, McDonnell PC, Young PR, White RF, Barone FC, Feuerstein GZ. 1994. "Tumor necrosis factor-alpha expression in ischemic neurons". *Stroke* 25 (7): 1481-1488. PMID 8023366.
- Nordmann, R., Ribiere, C., Rouach, H. 1992. Implication of free radical mechanisms in ethanol-induced cellular injury. *Free Radical Biology and Medicine*, 12(3): 219-240.
- McMichael MA, 2007. Oxidative stress, antioxidants, and assessment of oxidative stress in dogs and cats. *JAVMA* 231: 714-720.
- Meagher EA, FitzGerald GA. 2000. Indices of lipid peroxidation in vivo: strengths and limitations. *Free Radic Biol Med.* 28: 1745-1750.
- Morgan DA, Ruscetti FW, Gallo R. Selective in vitro growth of T lymphocytes from normal human bone marrows. 1976. *Science.* 193(4257): 1007-1008.
- Moon YH., Cho WK., Kim HJ. Kim JE., Kim BR., Kim HS., Cho SJ. 2017. Effects of dietary supplementation with fermented spent mushroom substrates of the winter mushroom (*Flammulina velutipes*) on growth performance, carcass traits, and economic characteristics of Hanwoo steers. *Journal of Mushroom Science and Production.* 15(4): 223-228.
- Moon YH, Kim HS., Kim CH., Cho WG., Yoo TB., Shin PG., Cho SJ. 2015. Effect of dietary supplementation of fermented spent mushroom substrates from *Pleurotus eryngii* on Hanwoo Steers. *Journal of Mushroom Science and Production.* 12(2): 108-113.
- Moon YH, Shin PG., Cho SJ. 2012. Feeding Value of Spent Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Substrate. *Journal of Mushroom Science and Production.* 10(4): 236-243
- Opara EC. 2006. Oxidative stress. *Dis Mon.* 52: 183-198.
- Williams BC., McMullan JT., McCahey S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresour. Technol,* 79: 227-230.
- 조수정. 김홍출. 조용운. 정민화. 2008. 새송이버섯 폐배지를 이용한 발효사료 개발. *한국버섯학회지.* 6(2): 79-81.
- 농림부. 2002. 톱밥발효배지에 의한 표고버섯재배 최종연구보고서.
- 농촌진흥청. 2003. 느타리버섯 폐배지를 활용한 부산물비료 개발. 현장애로기술 개발사업 농업인 개발과제 결과보고서
- 농촌진흥청. 2015. 팜부산물을 활용한 버섯대체배지개발 최종보고서.
- 농촌진흥청. 2012. 팜박을 이용한 양송이버섯(*Agaricus bisporus*) 배지 개발 최종보고서.



그림 1-1. 생왕겨 발효 과정

<별첨 2> 버섯폐배지 첨가 발효 사료 제조 공정



¹⁾발효균주 : 본 과제에서 확립한 미생물 배양 간이 시스템에서 증균 배양한 *Lactobacillus plantarum*와 *Bacillus subtilis* 배양액

²⁾발효환경 : 발효 촉진을 위한 특별한 환경조건을 조성하지 않아도 됨.
 단 겨울철에는 창고 등 실내에서 기타 계절 야외에서 발효시킴.



폐배지첨가 발효 사료의 pH : 4.0이하

폐배지첨가 발효 사료의 육안적 판단

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.