

과제구분	기본연구	수행시기		전반기	
중장기 Code		RIMS 코드		2007B00110000026	
연구과제 및 세부과제		연구분야 (Code)	수행기간	연구실	책임자
버섯 친환경 안전재배 기술 개발 연구		버섯 LS0212	'05 ~ '09	강원도농업기술원 농산물이용시험장	박영학
1) 느타리버섯 발효배지 제조기술 개발		버섯 LS0212	'05 ~ '08	"	박영학
2) 천연물질을 이용한 느타리버섯 병해충 방제기술 개발연구		방제 LS0703	'05 ~ '09	"	이광재
3) 버섯 종균제조 기술 개발		버섯 LS0212	'08 ~ '10	"	박영학
색인용어	배지성분, 배지발효, 배지수분, 후숙기간, 발효배지첨가, 미생물상				

## ABSTRACT

This study was conducted to develop the effective fermentation method of substrate in cultivation of *Pleurotus ostreatus* in gangwon province region.

1. As the chemico-physical components for a good substrate in vinyl bag cultivation, moisture contents, pH, C/N ratio were 72~74%, 8.75~9.05, 40.8~49.2, respectively and the yield per to 700g substrate weight was appeared as 155.7g~148.8g.
2. The methods for production of a good substrate were appeared the using of substrate fermenter for 5 days in 50~55°C and the traditional method composing outdoor fermentation in for 11days, indoor pasteurization for 12 hrs in 60~65°C, indoor post-fermentation for 2 days 50~55°C, successively.
3. As the 44ml tap water was added to the 15g substrate of poplar sawdust and rice bran(80:20) dried completely, the substrate moisture contents was 74.6%, and the mycelial growth speed showed fast speed, the yield was highest. In the results of the 2kg vinyl bag cultivation using the cottonseed hulls+poplar sawdust+beet pulp(70:20:10, w/w), as the substrate moisture contents by pouring tap water after mushroom at the 2nd flush was picked was adjusted to 75%, the yield was increased more than the unadjusted substrate.
4. In 1kg vinyl bag cultivation using the cotton waste+cottonseed hulls+beet pulp(CCB,70:20:10, w/w), as the mycelial growth was conducted in 21±1°C containing 3 days of growth maturation time, the yield was increased more than 21±1°C containing 7 days of growth maturation time. The added temperature

needed for mycelial growth was appeared as about 10,000 hrs.

5. In the fermented substrate adding of 1%(fermented substrate/fresh substrate) with a good cotton waste substrate fermented in mushroom cultivation farm using CCB substrate, the thermophilic microbe containing actinomyces in 1kg vinyl bag cultivation was appeared in large numbers more than the substrate fermented traditionally and the yield was increased 17% more than the substrate fermented traditionally.

## 1. 연구목표

느타리버섯(*Pleurotus* spp.)은 담자균강(*Basidiomycetes*), 주름버섯목(*Agaricales*), 느타리버섯과(*Pleurotaceae*)에 속하는 목재부후균으로 한국 등 세계 각지에 널리 분포하고 있으며, 느타리속에는 많은 식용버섯이 있다. 국내에서 버섯으로 재배되고 있는 느타리종들은 생산량이 가장 많은 일반느타리(*Pleurotus ostreatus*)와 큰느타리(*P. eryngii*), 고온성 사철느타리(*P. florida*)와 여름느타리(*P. sajor-caju*), 갓색깔이 화려한 분홍느타리(*P. salmoneostramineus*), 노랑느타리(*P. citrinopileatus*), 산느타리(*P. pulmonarius*) 등이 있다(경기도농업기술원 버섯연구소, 2008, 농촌진흥청, 2008).

느타리버섯 재배방법은 초기 노지에서 미루나무, 버드나무, 뽕나무 등을 이용한 원목재배를 거쳐 벗짚과 폐면을 이용한 균상재배로 발전하였으며, 현재는 자동화시설을 갖춘 봉지, 병재배가 증가하며(차 등, 1989; 박 등, 1996), 일부 지역에서는 대규모 기업형 농가가 늘고 있다. 느타리버섯은 2008년 3월 현재 등록품종이 23종, 국외 수집 및 선발에 의한 품종생산 및 수입판매신고된 품종이 80여종이 유통되고 있다(경기도농업기술원 버섯연구소, 2008).

느타리버섯 균상재배농가는 주로 폐면을 살균 및 후발효된 배지를 사용하고 있으나 인력 및 발효기기, 작업장소 부족으로 시판배지를 구입·사용하고 있으며 고가 및 수량저조의 문제점이 발생하여 저비용 안전 배지제조 기술개발이 필요하고 균상재배시 고품질버섯 생산이 가능하나 배지제조 기술의 차이에 따른 균사배양 실패율이 높아 년중 안정, 계획, 대량생산이 가능한 봉지 및 병재배로 전환하는 추세이므로 균상 및 봉지재배 겸용 농가형 발효배지 제조기술 개발이 필요한 실정이다.

느타리버섯 재배배지로서 주로 사용되는 폐면류는 대부분 수입품으로 원료생산 및 운반과정에서 미생물, 중금속 등에 의한 원료품질 저하, 유해성 잔류성분에 따른 수량감소가 우려되어 우량배지 기준 설정을 위한 배지별 성분분석과 느타리버섯 폐면이용 균상재배시 안전배지 제조를 위한 유통배지종류별 성분 분석 및 봉지·균상재배용 발효배지 제조기술 개발과 느타리버섯 폐면이용 재배시 배지수분이 과·부족시 균사배양불량 및 수량감소가 나타므로 재배기간 중 배지수분 특성 및 조절 방법 구명과 강원도농업기술원에서 육성하여 품종등록한 청산 품종의 안전재배를 위한 균상재배시 균사배양 온도별 배지의 적정 후숙기간 구명과 효과적인 발효재배배지 제조를 위하여 농가제조 우량 폐면발효배지의 재배배지 발효시 첨가유무에 따른 발효재배배지 미생물상 변화 및 수량성 구명이 필요하여 본 시험을 실시하였다.

## 2. 재료 및 방법

### (시험 1) 느타리버섯 배지성분분석 및 생산력검정 시험

수한1호 및 치약3호느타리버섯 원균을 PDA배지에 접종, 계대배양하여 보존균으로 사용하였으며 접종원은 15ml의 PDA배지를 petri-dish(직경 8.5cm)에 무균상태에서 분주한 평판 배지에 보존균을 접종하여 10일간 배양한 후 내경 6mm인 cork-borer로 균을 떼어내어 사용하였다. 톱밥종균은 포플라톱밥80+미강20%의 비율로 혼합, 입병(850ml병)한 후 121℃에서 60분간 고압멸균하여 접종원을 접종, 배양하여 종균으로 사용하였다. 배지종류로서 시험장배지 I~IV는 방울솜70+면자각20+비트펄프10%를 사용하였으며 농가제조 배지 및 배지제조업체 배지는 종균접종 전단계에서 수집(표 1), 내경 20mm의 시험관에 배지량 70g를 넣어 시험관 채배와 배지량 700g 및 1kg 봉지채배, 7kg 상자채배를 하였으며 배지의 이화학성 분석은 강원도농업기술원 분석방법에 따라 분석하고 수량을 조사하였다.

표 1. 느타리버섯 배지제조방법 및 채배방법

배지제조방법	채배방법	세부 배지제조 내용
시험장배지 I (대조)	봉지, 상자	야외발효(11일) → 실내살균(60~65℃, 12시간) → 실내 후발효(50~55℃, 2일) → 입봉(입상) → 접종 전 살균(12시간)
시험장배지 II	봉지, 상자	수분조절→배지제조기 발효(50~55℃, 5일)→접종 전 살균(12시간)
시험장배지 III	봉지, 상자	야외발효(11일)→실내후발효(50~55℃, 2일)→접종 전 살균(12시간)
농 가 I	봉지, 상자	봉지채배 농가의 접종단계 배지
농 가 II	봉지, 상자	군상채배 농가의 접종단계 배지
농 가 III	봉지	"
업 체 I	봉지, 상자	봉지채배 : 야외발효→살균→후발효, 상자채배 : 실내털기→수분조절→실내살균→후발효→접종 전 살균
업 체 II	봉지, 상자	봉지채배 : 야외발효 → 살균 → 후발효, 상자채배 : 실내살균 → 후발효
시험장배지 IV	상자	야외발효(11일) → 접종 전 살균(12시간)
업 체 III	상자	배지제조기내 수분조절 → 배지제조기 발효(50~55℃, 7일) → 접종 전 살균

↓ 수분조절 : 야외에서 방울솜배지 털기 및 재료 혼합 후 2일간 수분조절(뒤집기 1회)

## (시험 2) 느타리버섯 배지발효 효과구명 시험

수한1호느타리버섯을 공시, 배지재료는 방울숨70+면자각20+비트 펄프10%를 사용하여 야외발효+살균+ 실내후발효(관행 : 대조) 등 6처리로서 시험관 및 균상재배를 하였으며 균사생장속도 및 배지의 이화학성, 수량, 품질, 경제성을 조사하였다 (표 2).

표 2. 균상재배 배지제조방법

처리번호	배지제조방법	세부 배지제조 내용 J
①	야외발효+살균+후발효(대조)	야외발효(9일)→실내살균(60~65℃, 12시간) →후발효(50~55℃, 3일)→입상(입봉)→접종
②	야외발효+후발효	야외발효(9일)→실내후발효(50~55℃, 3일)→입상(입봉)→접종
③	살균+후발효	실내살균(60~65℃, 12시간)→실내후발효 (50~55℃, 3일)→입상(입봉)→접종
④	배지제조기 발효	배지제조기 발효(50~55℃, 4~5일)→ 입상(입봉) →접종
⑤	실내발효	실내발효(50~55℃, 3일)→입상(입봉)→접종
⑥	야외발효	야외발효(50~55℃, 9~11일)→입상(입봉)→접종

J 전처리 : 배지원료 털기 →재료혼합 →수분조절

## (시험 3) 느타리버섯 배지수분에 따른 수량특성 구명시험

수한1호 및 청산느타리버섯을 공시, 시험관 재배는 포플라톱밥 80+미강20%을 완전건조 후 건조배지 중량 대비 수분첨가율별로 제조하고 병재배는 완전건조된 배지를 850ml PP병에 160g을 넣고 수분을 55~85%로 조절, 재배하며 균사배양 속도 및 수량성을 조사하였다. 봉지재배는 포플라톱밥 80+미강20% 및 면자각70+ 포플라톱밥20+비트펄프10%배지를 사용, 배지수분조절은 배지량이 2.0kg인 배지입봉시 수분을 75%로 조절하여 재배하였으며 2주기 수확 후 봉지내 배지에 수분을 배지중량감소율 만큼 관주하여 65% 및 75%로 조절하였으며 무처리는 수분 무첨가로 하여 재배시기별로 배지이화학성, 배지수분 및 균사배양 특성, 수량을 조사하였다.

## (시험 4) 배지 적정 후숙기간 구명 시험

2005년 강원도 농업기술원에서 육성한 청산느타리버섯을 공시, 물 18리터당 황설탕 540g, 효모추출물 20g, 콩식용유 15ml를 첨가한 액체종균을 사용하고 배지제조는 방울숨 70+면자각20+비트펄프10%을 중량비율로 혼합, 가수한 후 수분조절은 2일간 2차 뒤집기하면서 중력수를 제거하고 11일간 뒤집기를 6회한 후 입봉, 접종전 살균(60~65℃, 12시간), 하온 후 배지량 1kg 봉지배지에 접종하였다. 균사배양은 21±1 및 26±1℃에서 하였으며 배양 후 배지후숙기간을 각각 0, 3, 5, 7, 9일로 하고 16.0±1.0℃에서 재배하며 균사배양 특성, 수량성, 경제성을 조사하였다.

### (시험 5) 발효방법별 배지 미생물상 변화 및 수량성 구명 시험

청산느타리버섯을 공시, 액체종균을 사용하였으며 재배배지는 야외에서 방울솜을 던 후 방울솜70+면자각20+비트펄프10%를 중량비율로 혼합, 충분히 가수한 후 수분조절은 2일간 2차 뒤집기하면서 중력수를 제거하고 발효처리를 하였다(표 3). 재배기간별 미생물 검출은 배지 5g를 수집, 멸균수 50ml에 넣고 30분간 진탕 후 현탁액에서 상층액 1ml을 취하여  $10^{-4}$ 으로 순차 희석하고, 준비한 직경 9cm의 미생물배양 배지 NA(세균), SCA(방선균), RBA(사상균)배지위에 배지희석액을  $30\mu\text{l}$ 씩 도말하고 중온(25℃) 및 고온(50℃)에서 3일간 조사하였으며(표 4) 균사배양특성, 수량성, 경제성을 조사하였다.

표 3. 발효배지 첨가별 재배배지 발효방법

재배배지 발효방법	발효배지 종류	재배배지 발효방법 세부제조 내용		
		야외 배지털기 및 수분조절	발효배지 첨가	발효방법
관행 (대조)	-	방울솜 야외털기, 재료혼합 및 수분 조절 (48시간), 2차 뒤집기	무첨가	배지제조기 (50~55℃, 5일) 발효
발효배지 첨가발효	농가 제조 폐면 발효배지	"	재배배지 중량대비 1/100(W/W)로 배지에 첨가, 혼합	"
기재배 발효배지 첨가발효	농가폐면발효배지 재배 후 배지	"	"	"

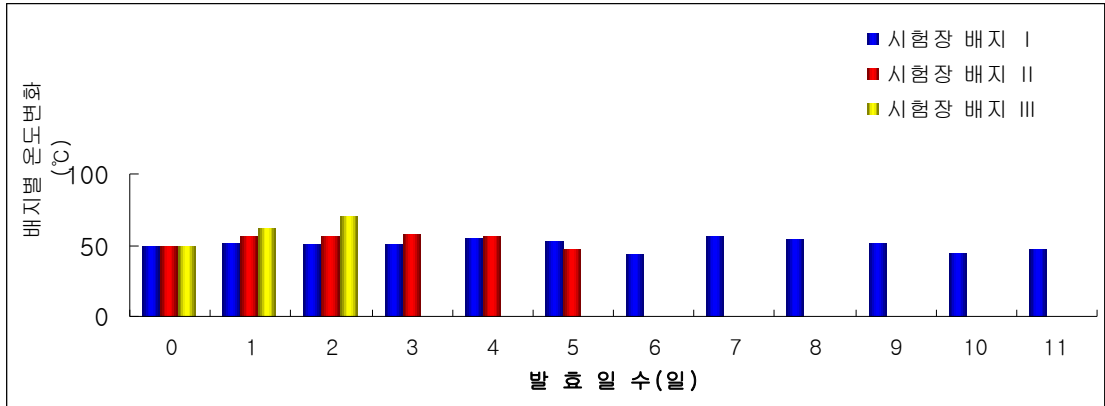
표 4. 미생물 종류 및 배양온도별 배지조성

미생물 종류	배양온도 (℃)	배지종류	배지 조성(g/l)
세균	중온(25), 고온(50)	NA (Nutrient agar)	Peptone 1, Agar 20
방선균	"	RBC (Rose-bengal agar)	Glucose 10g, di-Potassium hydrogenphosphate 1g, Magnesium Sulfate 0.5g, Rose-Bengal 0.05g, Chloramphenicol 0.1g, Agar 15.5
사상균	"	SCA (Soluble starch casein agar)	Soluble starch 10g, Vitamin-free casein 0.3g, KNO <sub>3</sub> 2.0g, K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 2.0g, NaCl 2.0g, MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.05g, CaCO <sub>3</sub> 0.02g, FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O 0.01g, Agar 20g

## 3. 결과 및 고찰

### (시험 1) 느타리버섯 배지성분분석 및 생산력검정 시험

배지발효기간 중 배지내 온도는 시험장배지 I 및 시험장배지II는 발효처리 1일 후부터 50℃ 이상, 시험장배지III는 발효처리 1일차부터 61~71℃로 유지되었다(그림 1).



시험장배지 I (control) : 야외발효+실내살균+실내후발효  
 시험장배지 II : 배지제조기 발효배지  
 시험장배지 III : 야외발효+실내후발효

그림 1. 시험장배지 배지발효 기간 중 온도변화

중균접종전 제조방법별 배지의 이화학성을 분석한 결과 배지내 수분은 69.0~76.5%, pH는 8.5~9.2, C/N율은 34.6~49.2이었으며 중금속중 Cd는 검출되지 않았으나 농가 1개소에서 Cr, Ni이 특이하게 높게 나타났다(표 5).

표 5. 배지제조방법별 이화학적 특성(05-06)

배지제조방법	수분 (%)	pH (5:1)	유기물 (%)	Org-C (유기물/1.724)	총질소 (%)	C/N
시험장배지 I	72.0	9.05±0.15	91.85	53.28	1.34±0.20	40.78±5.96
시험장배지 II	74.0	8.75±0.15	94.71	54.94	1.12±0.05	49.15±2.19
시험장배지 III	72.0	9.20±0.10	90.84	52.69	1.57±0.26	34.59±5.64
농 가 I	74.5	8.50±0.10	89.59	51.97	1.28±0.06	40.69±1.91
농 가 II	76.5	8.90±0.50	94.04	54.55	1.31±0.13	42.20±4.03
농 가 III	71.0	8.75±0.15	91.36	52.99	1.52±0.36	36.69±8.50
업 체 I	69.0	8.75±0.65	93.69	54.34	1.37±0.13	40.03±3.80
업 체 II	74.0	9.00±0.40	92.32	53.55	1.40±0.10	38.57±2.63

배지제조방법	무기 성분 (%)			
	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
시험장배지 I	0.92±0.29	0.65±0.25	0.53±0.31	0.29±0.06
시험장배지 II	0.62±0.10	0.66±0.20	0.68±0.43	0.37±0.01
시험장배지 III	1.08±0.25	1.05±0.59	0.85±0.57	0.29±0.12
농 가 I	0.93±0.01	0.78±0.16	0.57±0.31	0.29±0.02
농 가 II	1.22±0.08	0.69±0.26	1.11±0.82	0.26±0.10
농 가 III	1.36±0.39	0.64±0.30	1.05±0.74	0.30±0.00
업 체 I	1.38±0.37	0.87±0.42	1.08±0.82	0.30±0.09
업 체 II	1.16±0.45	0.74±0.32	1.00±0.76	0.21±0.07

배지제조방법	중금속(mg/Kg)					
	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
시험장배지 I	-	12.26	1.67	-	3.40	18.17
시험장배지 II	-	12.18	2.21	1.21	6.13	15.66
시험장배지 III	-	12.45	5.99	2.24	3.51	23.63
농가 I	-	15.46	1.59	-	5.09	14.00
농가 II	-	11.73	5.70	2.37	2.27	20.42
농가 III	-	974.80	9.33	3.60	563.80	26.48
업체 I	-	12.22	7.37	4.99	2.43	23.90
업체 II	-	11.75	10.42	5.07	2.73	23.93

배지제조방법 및 버섯품종별 시험관내 균사생장속도를 25℃에서 20일간 배양후 조사한 결과, 시험장에서 조제한 3종의 배지에서 수한1호, 치약3호 품종이 농가 및 업체배지에 비해 대체로 빨랐다(표 6).

표 6. 배지제조방법 및 버섯 품종별 균사생장속도

배지제조방법	수한1호	치약3호
	(mm/25℃,20일)	(mm/25℃,20일)
시험장배지 I	100.3	115.5
시험장배지 II	128.8	113.8
시험장배지 III	112.3	94.5
농가 I	75.3	75.8
농가 II	103.5	119.5
농가 III	91.8	78.8
업체 I	46.0	12.0
업체 II	108.3	96.5

배지제조방법별 수한1호 및 치약3호를 봉지재배한 결과 수한1호는 시험장배지 모두 농가 및 업체수집 배지에 비해 유효경수 및 수량이 증가하였으며 특히 시험장배지 II 및 시험장배지 I의 유효경수는 12.4 및 15.9개, 수량은 155.7g 및 148.8g으로 높아 우수한 배지제조방법으로 나타났으며(표 7), 치약3호 품종은 시험장배지 I 및 시험장배지 II가 우수한 것으로 나타났다(표 8).

표 7. 배지 제조방법별 수한1호 봉지재배시 생육 및 수량성('05~'06)

배지제조방법	시험 연도	수확소요일수 (일) J	갓경 (mm)	경장 (mm)	경태 (mm)	유효경수 (개/봉지)	수 량) (g/700g봉지)
시험장배지 I	2005	11	-	-	-	11.0	78.7
	2006	6	41.8	62.5	17.7	20.7	218.8
	평균	8.5	-	-	-	15.9	148.8
시험장배지 II	2005	11	-	-	-	7.0	89.6
	2006	7	42.5	58.7	19.8	17.7	221.8
	평균	9.0	-	-	-	12.4	155.7
시험장배지 III	2005	11	-	-	-	6.2	83.0
	2006	7	40.5	61.8	18.3	16.1	213.5
	평균	9.0	-	-	-	11.2	148.3
농 가 I	2005	15	-	-	-	4.7	59.3
	2006	7	39.2	54.9	18.4	15.7	188.0
	평균	11.0	-	-	-	10.2	123.7
농 가 II	2005	12	-	-	-	4.5	58.3
	2006	7	42.1	62.8	22.6	17.8	192.6
	평균	9.5	-	-	-	11.2	125.5
농 가 III	2005	10	-	-	-	5.0	62.0
	2006	7	48.3	64.9	26.9	15.5	187.1
	평균	8.5	-	-	-	10.3	124.6
업 체 I	2005	22	-	-	-	7.1	67.8
	2006	8	39.6	54.9	19.0	16.7	175.0
	평균	15.0	-	-	-	11.9	121.4
업 체 II	2005	15	-	-	-	3.2	53.9
	2006	7	50.5	65.9	25.2	13.0	196.5
	평균	11.0	-	-	-	8.1	125.2

J 수확소요일수(일) : 입상 후 버섯 수확일까지의 소요일수,

) 수확주기 : 3주기(농가 및 업체배지는 배지량 1kg봉지당 수량)

표 8. 배지제조방법별 치약3호품종 봉지재배 생육 및 수량성('06)

배지제조방법	수확소요일수 (일) ↓	갓경 (mm)	경장 (mm)	경태 (mm)	유효경수 (개/봉지)	수 량 (g/700g봉지)
시험장배지 I	11	39.4	63.2	17.8	20.2	250.8
시험장배지 II	10	37.2	63.6	19.1	17.6	205.6
시험장배지 III	11	40.9	54.4	18.6	15.5	185.3
농 가 I	10	36.0	53.9	19.6	17.9	205.4
농 가 II	13	33.4	70.6	17.2	12.5	119.5
농 가 III	9	41.1	65.9	19.2	19.1	177.3
업 체 I	14	42.6	42.9	16.6	19.0	151.3
업 체 II	13	32.8	53.9	13.8	15.8	146.0

배지제조방법별 수한1호 및 치약3호를 상자재배한 결과, 수한1호는 시험장배지 IV 및 시험장배지 I, 치약3호는 업체 III 및 시험장배지 II가 우수한 것으로 나타났다(표 9).

표 9. 배지제조방법 및 버섯품종별 상자재배 생육 및 수량성

배지제조방법	수한1호			치약3호		
	수확소요일수(일) ↓	유효경수 (개/봉지)	수 량 ↓ (g/7kg상자)	수확소요일수(일) ↓	유효경수 (개/봉지)	수 량 ↓ (g/7kg상자)
시험장배지 I (대조)	12	41.3	464.3	18	39.3	537.7
시험장배지 II	12	28.8	402.2	21	62.0	743.0
시험장배지 III	12	25.4	240.8	18	60.0	429.7
농 가 I	26	8.5	81.0	오염	-	-
농 가 II	27	28.7	292.7	18	42.5	466.8
업 체 I	26	21.7	269.0	31	20.0	287.0
업 체 II	31	5.5	39.5	12	69.0	592.5
시험장배지 IV	18	22.7	698.7	18	53.5	481.3
업 체 III	17	36.6	403.2	18	79.8	872.3

↓ 수확주기 : 3주기, ↓ 발이율 : 입상한 봉지중 버섯이 발생한 비율

### (시험 2) 느타리버섯 배지발효 효과구명 시험

배지제조방법별 시험관배지 내 수한1호의 균사생장속도를 조사한 결과, 야외발효 + 살균 + 후발효배지 및 야외발효 + 실내후발효배지가 초기 균사생장속도는 다소 늦으나 21일 후의 균사생장속도는 빠른 것으로 나타났다(그림 2).

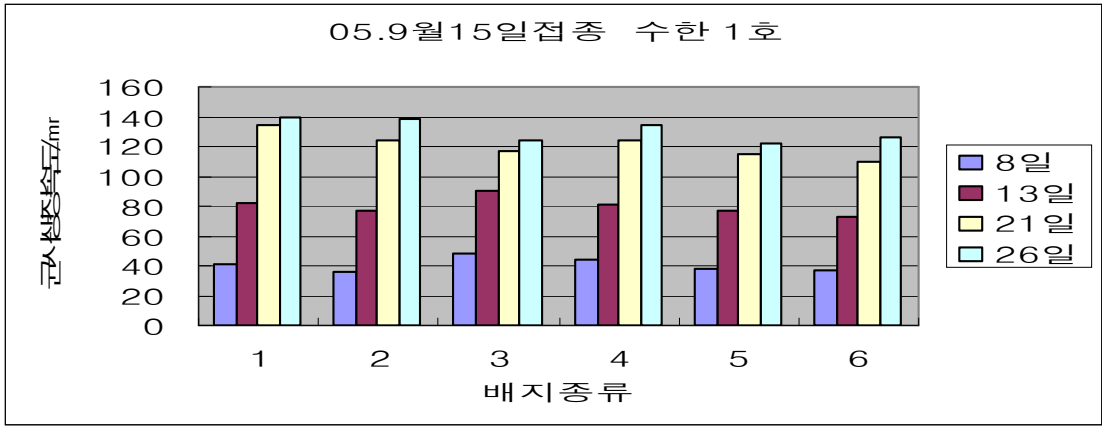


그림 2 . 배지제조방법(배지종류)별 균사생장속도

배지제조방법별 접종전 배지의 pH는 8.4~9.1이었으나 균상재배 1주기 수확 후에는 5.1~8.7로 감소하고 수분함량은 현저히 증가하였는데 pH는 버섯균사생장시 균사체 외부로 유기산 등을 방출하여 낮아 졌으며 배지수분 증가는 관리시 충분한 가습에 의한 것으로 판단되었다(표 10).

표 10. 배지제조방법별 배지의 이화학적 특성

배지제조방법	pH (5:1)		수 분 함 량 (%)	
	접종시	1주기 수확후	접종시	1주기 수확후
야외발효+살균+후발효(대조)	8.4	5.1	76.9	85.0
야외발효+후발효	9.1	8.7	74.8	80.5
실내살균+후발효	8.7	5.7	74.7	81.0
배지제조기 발효	8.9	7.9	76.9	86.0
실내발효	8.9	5.3	75.6	83.5
야외발효	8.9	6.3	75.7	83.5

실내발효배지 및 배지제조기 발효배지가 균사배양완성일이 짧고 균사밀도가 양호하며 초발이소요일수가 14~17일로 짧고 수량은 1주기 수확시 12.1- 10.9kg으로 나타났다(표 11).

표 11. 배지제조방법별 균사배양 생육 및 수량특성

배지제조방법	균사배양 완성일(일)	균사 밀도 J	초발이소요 일수(일)	수확 주기	품질	수량 (kg/3.3㎡)
야외발효+실내살균+실내 후발효(관행:대조)	20	+++	15	1	중	8.6
야외발효+실내후발효	26	+	8	1	중	2.9
실내살균+실내후발효	19	+++	15	1	중	5.9
배지제조기 발효	17	+++	17	1	중	10.9
실내발효	19	++++	14	1	중	12.1
야외발효	23	+	세균성 갈변병 오염			

J 균사밀도 : +(매우불량), ++(보통), +++(양호), ++++(매우양호)

**(시험 3) 느타리버섯 배지수분에 따른 수량특성 구명시험**

느타리버섯 배지로 주로 사용하는 방울솜 및 면자각, 비트펄프의 수분함량은 습도중량기준으로 7.2, 11.5, 13.5%, EC는 5.92, 3.71, 0.70 mS/cm, pH는 7.41, 6.70, 4.84이었다(표 12).

표 12. 느타리버섯 배지재료별 이화학성

배지재료	수 분 함 량 (%)		EC J mS/cm	pH J
	습도중량	건토중량		
방 울 솜	7.2	7.7	5.92	7.41
포플라톱밥	40.4	67.8	0.46	4.29
미송톱밥	61.4	159.3	0.12	5.09
비트펄프	13.5	15.7	0.70	4.84
미 강	11.9	13.5	12.12	4.12
면 자 각	11.5	13.0	3.71	6.70

J 측정방법 : 포화추출법

포플라톱밥80+미강20%을 완전히 건조된 배지 15g에 수분을 44ml 첨가시 습도수분함량은 74.6%이고 균사생장속도 및 수량이 가장 높았으며(그림 3, 4), 습도수분함량이 61.5~78.9%에서 균사생장속도가 비교적 빠르고 및 수량이 높았다. 느타리버섯을 종균배지 또는 품종육성용 배지로서 포플라톱밥80+미강20%를 약간의 함수상태에서 수분조절 후 사용하나 완전건조 후 건조배지에 대한 수분첨가 후 균사배양 및 수량성 조사 결과가 없으므로 느타리버섯 종균 자가생산농가 또는 종균배양소에서 이러한 결과를 자실체 특성조사용으로 참고할 경우 톱밥배지의 건조배지 대비 수분첨가량 예측으로 안정적인 균사배양 및 수량성 증대와 효율적인 농용수 사용량 예측이 가능할 것으로 판단되었다.

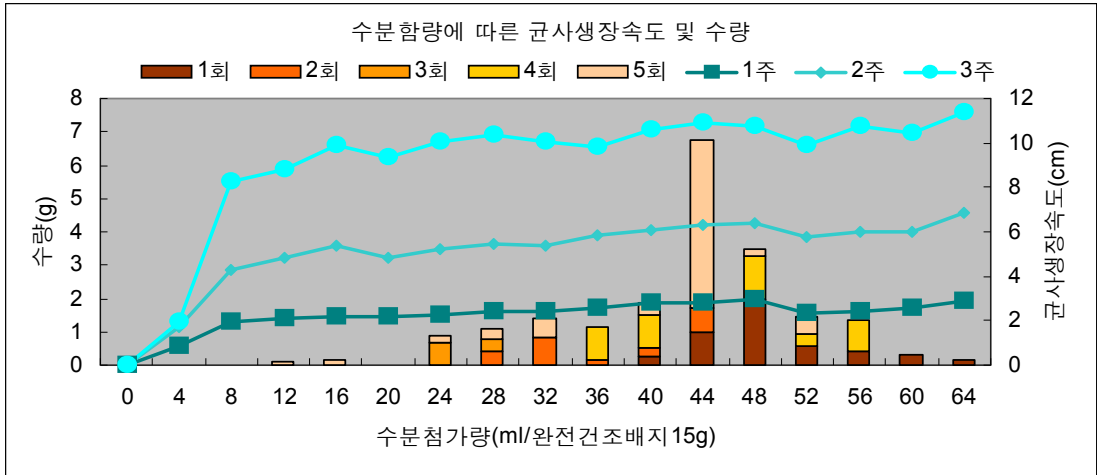


그림 3. 건조배지 건토기준 수분첨가량별 시험관 군사성장속도 및 수량

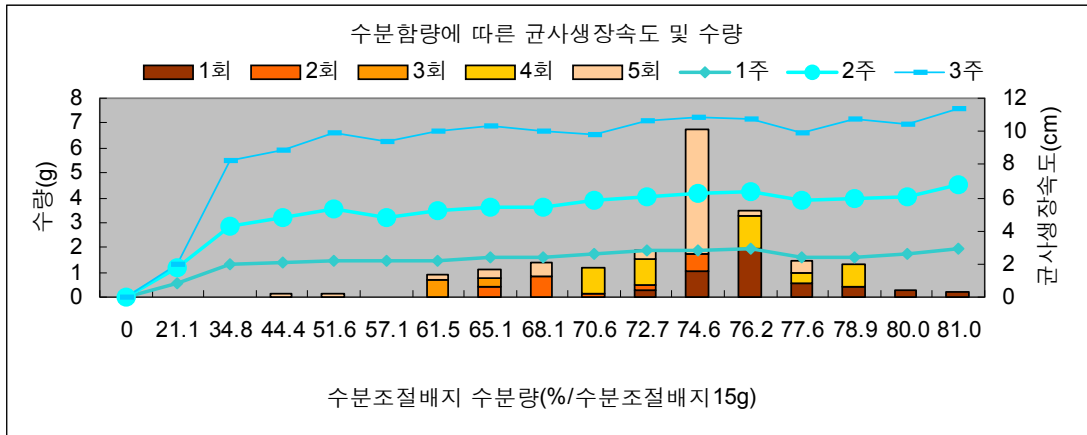


그림 4. 수분조절배지 습토기준 수분함량별 시험관 군사성장속도 및 수량

배지수분 및 버섯품종별 병재배시 군사성장속도 및 군사밀도를 조사한 결과, 면자각70+포플라톱밥20+비트펄프10%를 완전건조 후 수분함량을 75%로 조절한 배지가 수한1호 및 청산느타리버섯 모두 군사성장속도가 빠르고 군사밀도가 양호하였으며(표 13), 수량은 면자각70+포플라톱밥20+비트펄프10%를 완전건조 후 배지수분 70%에서 850ml병당 유효경수는 5.3개, 수량은 85.4g으로 가장 많았다(표 14).

표 13. 배지수분 및 버섯품종별 병재배 군사생장속도 및 군사밀도

배지수분 (%)	수한 1호		청산	
	군사생장속도 (mm/22±2℃, 21일)	군사밀도	군사생장속도 (mm/22±2℃, 21일)	군사밀도
55	95.5	+++	96.8	+++
60	87.5	+++	79.0	+++
65	89.3	+++	95.0	+++
70	92.3	+++	94.3	+++
75	101.5	++	96.8	++
80	100.3	++	102.3	++
85	93.5	++	98.3	+

표 14. 배지수분별 병재배 배지중량 및 수량 특성

배지수분 (%)	병배지중량 (g/850ml)	군사배양일 (일)	초발이소요일수 (일)	유효경수 (g/병)	수량 (g/병)
55	478.5	29	6	4.0	66.7
60	489.0	29	5	3.3	65.0
65	575.0	29	5	4.0	84.8
70	611.5	29	5	5.3	85.4
75	757.5	29	5	3.0	28.2
80	808.5	29	7	3.0	37.6
85	917.0	29	5	2.3	36.7

느타리버섯 배지종류 및 수분조절 방법에 따른 생육 및 수량특성을 구명하기 위해 배지종류별 이화학성을 분석한 결과 면자각70+포프라톱밥20+비트펄프10%배지가 포프라톱밥80+미강20% 배지에 비해 pH가 7.32으로 높고, C/N율은 46.2로 낮았으며(표 15), 시험관 군사배양시 군사배양속도가 배양기간별 모두 포프라톱밥80+미강20%배지에 비해 매우 빠르게 나타났다.

배지 종류별 수한1호의 병지재배 결과 배지중량감소율은 2주기 수확 후 면자각70+포프라톱밥20+비트펄프10%배지가 30.7%, 포프라톱밥80+미강20% 배지가 19.5%였으며 면자각70+포프라톱밥20+비트펄프10% 배지가 중량감소율이 높은 것은 면자각 및 비트펄프가 수분흡수율 및 공극율이 높아 수확시 버섯으로 다량 소모된 결과로 보였다(표 16).

표 15. 배지종류별 이화학적성

배 지 종 류	pH (5:1)	유기물 (%)	Org-C (유기물/1.724)	총질소 (%)	C/N	무기성분 (%)			
						CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
포프라톱밥80+미강20	6.54	96.15	53.28	0.92	60.6	0.30	0.37	0.62	0.78
면자각70+포프라톱밥20+비트펄프10%	7.32	94.04	54.94	1.18	46.2	0.42	0.24	0.85	0.15

표 16. 배지 종류별 균사생장속도 및 중량감소율('06~'07)

배 지 종 류	균사배양기간별 균사생장속도(mm/일)				생육시기별 배지중량 감소율(%)	
	7일	14일	22일	29일	입봉시	2주기 수확후
포프라톱밥80 + 미강20	21.0	50.4	78.5	104.0	0.0	19.5
면자각70+포프라톱밥20+비트펄프10%	31.3	71.8	113.5	150.0	0.0	30.7

배지종류 및 수분 조절방법별 수한1호 봉지재배결과, 2주기 수확 후 배지수분을 75%로 조절하는 것이 무처리(관행)에 비해 유효경수 및 수량이 증가하였다(표 17).

표 17. 배지종류별 수한1호 품종 봉지재배 수량성('06~'07)

배지종류	배지수분 조절방법	시험 연도	초발이소요 일수(일)	수확소요일 수(일)	유효경수 (개/봉지)	수 량 J (g/2.0kg봉지)
포프라톱밥80 +미강20	무처리(관 행)	2006	-	-	4.0	51.0
	2주기 수확 후 65% 조절	2006	-	-	12.0	77.7
	2주기 수확 후 75% 조절	2006	-	-	11.0	113.0
면자각70 + 포프라톱밥20 +비트펄프10%	무처리(관 행)	2006	-	-	22.8	278.1
		2007	3	10	19.5	228.1
		평균	-	-	21.2	253.1
	2주기 수확 후 65% 조절	2006	-	-	20.6	255.3
		2007	3	9	27.6	303.3
		평균	-	-	24.1	279.3
	2주기 수확 후 75% 조절	2006	-	-	42.4	387.6
		2007	3	9	25.0	302.8
		평균	-	-	33.7	345.2

느타리버섯은 배지수분요구량이 기타 식용버섯류 보다 높으며 배지 수분량이 입봉시와 동일하게 75%일 때 버섯발이 및 수량이 최대로 증가하였다. 배지수분 조절방법별 청산품종의 봉지재배는 수분량이 65%일 때 유효경수 및 수량이 최대로 증가하였는데 이러한 경향은 버섯의 고유한 수분요구특성으로 판단되었다(표 18).

표 18. 배지수분조절방법별 청산느타리버섯 봉지재배 수량성

배지수분 조절방법	초발이소요일수 (일)	수확소요일수 (일)	유효경수 (개/2kg봉지)	수 량 (g/2kg봉지)
무처리(관행)	4	10	15.0	236.0
2주기 수확 후 65%조절	4	9	23.2	292.0
2주기 수확 후 75%조절	4	9	23.3	264.9

#### (시험 4) 배지 적정 후숙기간 구명 시험

균사배양온도 및 후숙기간별 균사배양 및 수량 특성 조사 결과, 21±1℃에서 균사배양 후 3일간 후숙하여 배지량 1kg 봉지재배시 관행적인 21±1℃ 균사배양 후 7일간 후숙처리에 비해 균사배양소요일수는 3일, 초발이소요 일수는 1일 단축되었고 수량은 163.6g으로 증가하였으며 26±1℃의 고온에서 균사배양 후 미후숙 처리가 관행적인 26±1℃에서 균사배양 후 3일간 후숙처리에 비해 균사배양소요일수는 1일 단축되었고 수량은 148.4g으로 증가하였다(표 19).

균사배양온도 21±1 및 26±1℃ 모두 대차없이 균사배양적산온도가 10,000℃정도에서 수량이 많았는데 이러한 결과는 느타리버섯 균사재배시 균사배양은 접종초기 7일간은 20~22℃로 저온을 유지하고, 점차 온도를 올려 23~25℃을 유지하며 배양기간이 20±5일이 적당하다는 보고(경기도농업기술원, 2008)와 같은 경향으로 보이며, 이러한 결과는 균사배양시 소요되는 냉·난방비를 절감하는 방법으로 응용될 수 있을 것으로 판단되었다.

표 19. 균사배양온도 및 후숙기간별 균사배양 및 수량 특성

균사배양 온도	후숙 기간	균사배양적산 온도(℃)*	균사배양 소요일(일)	초발이소요 일수(일)	유효경수 (개/1kg봉지)	수 량 (g/1kg봉지)
21 ± 1℃	0일	7,560 ± 363	15	9	8.7	131.1
	3일	10,080 ± 484	17	10	10.1	163.6
	5일	12,600 ± 605	20	11	10.3	139.3
	7일(관행)	13,608 ± 653	20	11	11.2	128.6
	9일	13,608 ± 653	18	11	8.1	127.0
26 ± 1℃	0일	9,360 ± 356	15	7	9.8	148.4
	3일(관행)	11,856 ± 451	16	7	9.1	116.3
	5일	14,352 ± 545	18	11	6.8	105.5
	7일	14,976 ± 569	17	10	8.4	105.8
	9일	15,600 ± 593	16	10	7.8	125.5

\* 균사배양 적산온도(℃) : 균사배양 및 후숙기간중 적산 온도

느타리버섯 봉지재배시 배지 후숙기간별 경제성 분석결과 배지량 1kg 봉지재배로서 1회 1,000봉지를 재배시 21±1.0℃에서 군사배양 후 3일간 후숙처리가 7일간 후숙처리에 비해 소득은 278천원, 소득지수는 78% 증가하였고, 26±1.0℃에서 군사배양 후 미후숙처리가 3일간 후숙처리에 비해 소득은 225천원, 소득지수는 230%의 소득향상을 나타내었다(표 20)

표 20. 느타리버섯 봉지재배시 군사배양온도 및 배지 후숙기간별 경제성 분석

(천원/1,000봉지, 1kg/봉지)

군사배양온도 (℃)	후숙기간 (일)	수량 (kg)	조수익 J	경영비	소득	소득지수
21±1.0	7	129	451	301	156	100
	3	164	573	295	278	178
26±1.0	3	116	405	307	98	100
	0	148	517	292	225	230

J 수 량 : 봉지당 수량 × 군사배양완성률 × 1,000봉지

느타리버섯 가격 : 3,494원/kg(2006 지역별 농산물소득자료, 강원지역)

### (시험 5) 발효방법별 배지 미생물상 변화 및 수량성 구명시험

느타리버섯 재배농가에서 사용가능한 효과적인 배지발효를 위해, 발효배지를 첨가하여 발효시킨 배지의 pH, 수분 및 군사생장속도를 조사한 결과, pH는 발효배지첨가 발효배지 및 관행(발효배지 무첨가 : 대조)배지가 수집시 각 8.7 및 7.6이나 발효 후에는 8.6, 8.7로 관행배지의 pH가 올라갔는데 이러한 경향은 배지중에 포함된 미생물의 발효에 의한 것으로 생각되었다. 배지수분은 발효배지 첨가 발효배지, 기재배 발효배지 첨가 발효배지, 관행 배지 모두 수집시 및 발효 후에 75.9~78.3%였으며, 수한 1호 느타리버섯을 접종시 군사생장속도는 발효배지 첨가 발효배지가 관행배지에 비해 배양기간 모두 빨랐다(표 21).

표 21. 배지발효방법별 배지 수분 및 군사생장속도('07~'08)

배지발효방법	pH (5:1)		배지수분 (%)		군사배양기간별 군사생장속도 (mm/25℃)		
	수집시	발효후	수집시	발효후	6일	14일	21일
관행(발효배지 무첨가 발효 : 대조)	7.6	8.7	78.3	78.3	39.8	83.3	119.8
발효배지첨가	8.7	8.6	75.9	77.4	46.5	99.0	121.3
기재배 발효배지 첨가	-	-	76.9	-	-	-	-

발효배지 첨가 발효배지 및 관행배지에서 재배시기별 미생물상을 조사한 결과, 발효배지 첨가시 고온성(50℃) 방선균이 중온성(25℃) 및 관행배지의 중·고온성 미생물보다 높게 검출

되고 배양온도에 관계없이 방선균이 관행배지에 비해 높게 검출되었다. 또한 고온성 세균 및 방선균이 중온성 세균 및 방선균보다 높게 검출되었고, 사상균은 모든 배지 및 배양온도에서 검출되지 않았다. 우량한 발효배지는 방선균을 포함한 고온성 미생물들의 생장이 활발하고 이러한 미생물들은 버섯균사에 의해 영양분으로 활용된다는 보고(주 등, 2006)와 일치하였다. 느타리버섯 균사배양 후 발효배지첨가 발효배지의 세균 및 방선균이 관행배지에 비해 낮게 검출되었으며 1주기 수확 후에도 관행배지에 비해 세균 및 방선균이 많이 검출되었으며, 중온성 방선균보다는 고온성 방선균이 다소 많이 검출되었다. 수확 후 폐상배지에서는 발효배지첨가 발효배지의 중온성 미생물이 고온성 미생물보다 높게 검출되었다(표 22).

표 22. 재배시기 및 배지발효방법별 배지 미생물상

재배시기	배지발효방법	중온성 (cfu/g medium, 25℃)			고온성 (cfu/g medium, 50℃)		
		세균	방선균	사상균	세균	방선균	사상균
발효직후	관행(대조)	$1.15 \times 10^5$	$9.80 \times 10^4$	0	$8.13 \times 10^4$	$2.14 \times 10^5$	0
	발효배지첨가	$1.39 \times 10^5$	$1.05 \times 10^5$	0	$4.30 \times 10^4$	$3.50 \times 10^5$	0
균사배양 후	관행(대조)	$2.87 \times 10^4$	$1.67 \times 10^4$	0	$2.60 \times 10^4$	$1.60 \times 10^4$	0
	발효배지첨가	$1.37 \times 10^4$	$9.7 \times 10^3$	0	$8.00 \times 10^3$	$8.70 \times 10^3$	0
1주기 수확 후	관행(대조)	$1.00 \times 10^4$	$4.00 \times 10^3$	0	$6.00 \times 10^3$	$5.00 \times 10^3$	0
	발효배지첨가	$3.07 \times 10^4$	$1.47 \times 10^4$	0	$7.67 \times 10^3$	$1.57 \times 10^4$	0
수확 후 폐상배지	관행(대조)	$7.53 \times 10^4$	$2.66 \times 10^3$	0	$3.30 \times 10^4$	$1.67 \times 10^3$	0
	발효배지첨가	$1.28 \times 10^5$	$9.67 \times 10^3$	0	$2.90 \times 10^4$	$0.33 \times 10^3$	0

농가제조 우량폐면 발효배지를 재배배지 중량비로 1/100를 첨가하여 발효시킨 재배배지가 관행(무첨가) 배지에 비해 1kg봉지당 유효경수는 12.6개, 수량은 154.9g으로 많았다(표 23).

표 23. 배지 발효방법별 균사배양 및 수량특성('07~'08)

배지발효방법	시험연도	균사배양 소요일수 (일)	초발이 소요일수 (일)	수확소요 일수 (일)	유효경수 (개/1kg 봉지)	수량 (g/봉지)
관행(발효배지 무첨가 발효 : 대조)	2006	22	6	14	7.8	109.5
	2007	-	-	10	14.8	154.2
	평균	-	-	12	11.3	131.9
발효배지 첨가 발효	2006	22	7	14	9.5	148.0
	2007	-	-	9	15.6	161.8
	평균	-	-	11.5	12.6	154.9
기재배 발효배지 첨가 발효	2006	22	7	14	6.2	96.6

느타리버섯 재배배지 발효방법별 1kg 봉지를 1,000봉지로서 1회 재배시 경제성 분석 결과, 농가제조 우량폐면 발효배지를 재배할 배지의 중량비로 1/100를 첨가하여 발효시킨 배지가 관행제조 배지에 비해 소득은 187천원, 소득지수는 35% 증가한 것으로 나타났다(표 24).

표 24. 느타리버섯 재배배지 발효방법별 경제성 분석 (천원/1,000봉지/1kg 봉지)

배지발효방법	수량 (kg)	조수익 J	경영비	소득	소득지수 (%)
관행 (대조)	132	455	316	139	100
발효배지 첨가	155	535	348	187	135

J 수량: 봉지당 수량×균사배양완성률×1,000봉지,  
 느타리버섯 가격: 3,449원/kg(2007 강원지역농산물소득자료)

#### 4. 적 요

본 연구는 강원도에서 주로 재배되고 있는 느타리버섯 폐면균상 재배농가의 우량배지 기준 설정을 위한 배지제조방법별 성분분석, 봉지·균상재배용 발효배지 제조기술, 배지종류별 수분특성 및 조절방법, 균사배양온도별 적정 후숙기간, 발효방법별 배지 미생물상 및 수량을 구명하여 효과적인 발효배지 제조기술을 도출하고자 수행하였으며 결과는 다음과 같다

##### (시험 1) 느타리버섯 배지성분분석 및 생산력검정 시험

1. 배지발효 기간중 배지내 온도는 야외발효+실내살균+실내후발효배지 및 배지제조기 발효배지가 수분조절 2일 후 발효처리 1일 후부터 50℃ 이상 유지되었으며 배지수분은 69~76.5%, pH는 8.5~9.2, C/N율은 35~49이었으며 중금속중 Cd는 검출되지 않았다.
2. 봉지재배 결과, 수한1호는 배지제조기 배지 및 야외발효+살균+후발효배지, 치약3호는 야외발효+살균+후발효배지 및 배지제조기 배지가 우수한 것으로 나타났다
3. 상자재배 결과, 수한1호는 야외발효 11일→접종전 살균 12시간배지 및 야외발효+살균후 발효배지, 치약3호는 배지제조기 발효배지가 우수한 것으로 나타났다.

##### (시험 2) 느타리버섯 배지발효 효과구명 시험

1. 야외발효+살균+ 후발효배지 및 야외발효+실내후발효배지가 초기 균사생장속도는 다소 늦으나 21일 후의 균사생장속도는 빠르며 접종전 배지의 pH는 8.4~9.1이었다.
2. 실내발효배지 및 배지제조기 발효배지가 균사배양 완성일이 짧고 균사밀도가 양호하며 초발이소요일수도 14 ~ 17일로 짧고, 수량은 1주기 수확시 12.1~10.9kg으로 나타났다

### (시험 3) 느타리버섯 배지수분에 따른 수량특성 구명시험

1. 방울숨 및 면자각, 비트펄프의 수분함량은 습토중량기준으로 7.2, 11.5, 13.5%, EC는 5.92, 3.71, 0.70mS/cm, pH는 7.41, 6.70, 4.84이었다
2. 완전건조된 포플라톱밥80+미강20%을 배지 15g에 수분을 44ml 첨가시 습토수분함량은 74.6%로서 균사생장속도 및 수량이 가장 높았으며 습토수분함량이 61.5~78.9%에서 균사생장속도가 빠르고 수량이 높았다.
3. 병재배시 면자각70+포플라톱밥20+비트펄프10%를 완전건조 후 수분함량을 75%로 조절 한 배지가 수한1호 및 청산느타리버섯 모두 균사생장속도가 빠르고 균사밀도가 양호하고 수량은 수분 70%에서 850ml병당 유효경수는 5.3개, 수량은 85.4g으로 가장 많았다
4. 배지량 2kg 봉지재배 결과, 입봉시에 배지수분을 75%로 조절한 후 2주기 수확 후 배지수분을 수한1호는 75%, 청산은 65%로 조절시 무처리(관행)에 비해 유효경수 및 수량이 증가하였다

### (시험 4) 배지 적정 후숙기간 구명 시험

1. 균사배양온도  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 에서 균사배양 후 3일간 후숙하여 배지량 1kg 봉지재배시 관행적인  $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$  균사배양 후 7일간 후숙처리에 비해 균사배양소요일수는 3일, 초발이소요 일수는 1일 단축되었고 수량은 163.6g으로 증가하였으며  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 고온에서 균사배양 후 미후숙 처리가 관행적인  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  균사배양 후 3일간 후숙처리에 비해 균사배양소요일수는 1일 단축되고 수량은 148.4g으로 증가하였다.
2. 균사배양온도  $21 \pm 1$  및  $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$  모두 대차없이 균사배양적산온도가  $10,000^{\circ}\text{C}$  정도에서 유효경수 및 수량이 많았다.

### (시험 5) 발효방법별 배지 미생물상 변화 및 수량성 구명시험

1. pH는 발효배지첨가 발효배지 및 관행배지가 수집시 8.7 및 7.6이나 발효 후에는 8.6 및 8.7, 배지수분은 수집시 및 발효 후에 75.9~78.3%였으며, 수한1호느타리버섯을 접종시 균사생장속도는 발효배지 첨가 발효배지가 관행배지에 비해 배양기간 모두 빨랐다
2. 발효배지첨가 발효시 고온성( $50^{\circ}\text{C}$ ) 방선균이 중온성( $25^{\circ}\text{C}$ ) 및 관행배지의 중·고온성 미생물보다 높게 검출되었다.
3. 배지발효방법별 수량은 농가제조 우량폐면 발효배지를 배지 중량비로 1/100를 첨가하여 발효시킨 재배배지가 무첨가 관행제조 배지에 비해 1kg봉지당 수량은 154.9g으로 많았다

## 5. 인용문헌

경기도농업기술원. 2008. 버섯재배바로알기. p44-50

농촌진흥청. 2008. 농작물 직무육성 신품종 선정위원회결과. p917-951

농촌진흥청. 2004. 느타리버섯. 표준영농교본 14. p247-266

박우길, 김영호, 주영철, 심상우, 성재모. 1996. 비트펄프와 면실박을 이용한 애너타리 병재 배에 관한 연구. 농업논문집. 38(2):880-886.

성재모, 유영복, 차동열. 1998. 버섯학

주영철, 지정현, 하태문, 김정환. 2006. 느타리버섯 배지발효생리 및 발효효율향상 연구, 농촌진흥청 공동연구사업보고서

차동열, 유창현, 김광포. 1989. 최신버섯재배기술. 농진회.

## 6. 연구결과 활용

년도 (년차)	활용구분	제 목
2006년도 (2년차)	영농활용	느타리버섯 우량배지 성분특성 구명 느타리버섯 봉지재배용 최적발효 배지 제조기술 느타리버섯 톱밥배지 수분별 균사배양 및 수량특성
2007년도 (3년차)	영농활용	느타리버섯 적정 배지 후숙기간 구명
2008년도 (4년차)	영농활용	발효배지 첨가에 의한 느타리버섯 수량증가 효과

## 7. 연구원 편성

구 분	소 속	직 급	성 명	수행업무	참여년도			
					05	06	07	08
책 임 자	강원도농업기술원	농업연구사	박영학	과제총괄 및 배지조제	○	○	○	○
공동연구자	강원도농업기술원	농업연구사	이광재	생육 및 수량조사	○	○	○	○
공동연구자	강원도농업기술원	농업연구사	안문섭	배지성분 및 수분분석	○	○	○	
공동연구자	강원도농업기술원	농업연구관	김경희	연구방향 설정 및 검토	○	○	○	○
공동연구자	강원대학교	교 수	박동식	발효기술 자문	○	○	○	
공동연구자	춘천시 동내면	농 업 인	반명균	배지발효 협조	○	○	○	
공동연구자	춘천시 서면	농 업 인	배근철	배지조제 협조	○	○	○	
공동연구자	강원도농업기술원	연 구 원	유성희	배지 이화학성 조사		○		
공동연구자	강원도농업기술원	시험보조원	정은경	배지 이화학성 조사			○	○
공동연구자	강원도농업기술원	연구보조원	조병주	발효배지 미생물 및 수분 특성 조사			○	○