



과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
느타리류 신품종 육성 및 재배기술 개발		버섯	'96	친환경미생물 연구소	이채영
국내 유기성 자원 느타리 배지 적합성 평가		버섯	'23~'25	친환경미생물 연구소	박남원
색인용어	느타리, 배지, 커피박, 농식품부산물, 자원순환				

ABSTRACT

This study evaluated the feasibility of using domestic organic by-products as alternatives to imported substrate materials for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*, 'Heuktari') cultivation to enhance self-sufficiency and resource circulation. To establish an economical substrate supply base, agro-food by-products—including spent coffee grounds, herbal medicinal residues, and confectionery residues—were characterized and tested through mycelial growth vitality and productivity trials across six advanced mixed substrates (T1~T6). The selected optimal substrate was further validated through on-site field trials at commercial farms in Yeosu and Yangpyeong. Results showed that the T1 substrate—composed of 50% hardwood sawdust, 20% beet pulp, 10% cottonseed meal, and 20% spent coffee grounds (v/v)—achieved the highest yield (224g/bottle) and biological efficiency (108%) with cultivation periods comparable to the control. Field trials confirmed no statistically significant difference ($p > 0.05$) in morphological quality or yield between T1 and conventional substrates, demonstrating its stability for commercial use. Conversely, herbal medicinal residues were found unsuitable for direct use due to water-soluble inhibitors that suppressed both mycelial and contaminant growth. In conclusion, spent coffee grounds can successfully replace 20% of conventional substrate nutrients, offering a practical solution for reducing substrate costs. These findings contribute to a sustainable agricultural ecosystem by adding value to unused organic resources and improving the economic viability of mushroom farming.

Key words: Oyster Mushroom, Substrate, Coffee Grounds, Agro-food By-products, Resource Circulation

1. 연구목표

국내 버섯 산업에서 배지 재료의 수입의존도는 약 60%(연간 약 25만 톤)에 달하고 있어, 글로벌 공급망의 변동 등 외부 환경 변화에 매우 취약한 구조적 한계를 지니고 있다(배민수, 2012). 특히 느타리 병 재배 농가의 경우 배지 재료비가 전체 경영비의 약 42%를 차지하고 있어(농촌진흥청, 2024, p.56), 원료 가격 상승은 곧바로 농가 경영 악화로 직결되는 실정이다. 최근 국제 곡물 가격의 불안정, 물류비 상승 및 환율 변동으로 인해 배지 원료 수급의 불확실성이 심화하면서 원료뿐만 아니라 완성형 배지의 수입 또한 급증하고 있다. 실제로 완성형 배지 수입량은 2015년 36,714톤에서 2022년 55,116톤으로 약 50% 이상 증가하며 국내 버섯 산업의 자립 기반을 위협하고 있다(국립원예특작과학원, 2023, p.156).

이러한 대외 의존적 구조를 개선하고 생산 비용을 절감하기 위해서는 수입 배지 원료를 대체할 수 있는 국내산 부존자원의 발굴이 시급하다. 본 연구에서는 그 대안으로 국내 농식품 부산물인 커피박, 한약재박, 과자박의 배지 소재화 가능성에 주목하였다. 커피박은 연간 발생량이 10만 톤 이상으로 카페·프랜차이즈·공공 수거 망을 통해 회수된 뒤 재활용·자원화되는 구조로 유통되고 있다. 또한 한약재박과 과자박은 공식적인 생산 통계는 미비하나 다양한 산업 분야에서 제한적으로 재활용되고 있어, 이를 버섯 배지 영양원으로 전환할 경우, 높은 산업적 가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구는 국내 부존 유기성 자원을 활용한 새로운 느타리 재배 기술을 정립함으로써 배지 재료의 국내 자급률을 제고하고, 농가에 경제적이고 안정적인 재료 공급 기반을 구축하고자 수행되었다. 구체적으로는 수입의존도가 높은 기존의 비트 펄프와 면실박 등을 대체하기 위하여 커피박, 한약재박, 과자박을 주요 공시 재료로 선정하였다. 본 연구를 통해 각 대체 자원의 혼합비율이 배지의 이화학적 특성에 미치는 영향을 분석하고, 느타리 균사 생장 및 자실체 생산 특성을 정밀하게 검증함으로써 농가 현장에 즉시 적용 가능한 최적의 배합 기술을 도출하고자 하였다.

국내 유기성 자원을 활용하여 수입 원료에 의존해 온 배지 수급 구조를 개선하고, 외부 충격에도 흔들리지 않는 안정적인 원료 공급 기반을 조성하는 데 있다. 이는 농가의 실질적인 생산비 절감과 경영 안정화를 실현하는 핵심 기제가 될 것이다. 또한 이러한 안정적 수급 체계 구축 과정에서 농식품 부산물을 영양원으로 재활용하는 업사이클링(Up-cycling) 모델을 실천함으로써, 부가적으로 버섯 산업의 자원 순환형 농업 체계를 촉진하고 친환경 농업 생태계 구축이라는 사회적 가치 실현에도 이바지하고자 한다. 본 연구의 공시 자원 적합성 평가 결과는 향후 농가 현장의 수익성 개선은 물론, 자원 효율성을 극대화하기 위한 실천적인 기초 자료로 활용될 것이다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 균주 및 재배 방식

본 연구에서는 2015년 경기도농업기술원에서 육성 및 등록된 느타리 품종인 「흑타리」를 공시 균주로 사용하였다. 재배 시험은 대체자원의 기초적인 배지 적합성을 일차적으로 판별하기 위한 컬럼 테스트(Column test) 방식과 실제 생산 현장의 시스템을 반영한 병 재배 방식(재배 용기 규격: 1,100cc)을 병행하여 수행하였다.

나. 배지 원료 수집 및 혼합배지 설계

대조구(관행) 원료로는 보편적으로 사용되는 활엽수 톱밥, 비트펄프, 면실박을 공시 재료로 사용하였다. 기존 배지 재료를 대체할 유기성 자원으로는 국내 농식품 산업 부산물인 커피박, 한약재박(천궁, 당귀, 작약 등), 과자박(제과 생지, 비규격품, 유통기한 만료품 등)을 수집하여 활용하였다. 수집된 대체자원 중 커피박과 한약재박은 미생물 발효 및 건조 공정을 거쳤으며, 과자박은 혼합 및 분쇄 공정 처리를 거친 후 공시 재료로 채택하였다.

배지 자원 가능성 평가 단계의 대조구(TC)은 버섯 농가의 관행 배율을 고려하여 활엽수 톱밥 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%를 부피비 기준으로 혼합하였다. 대체 재료 처리구는 대조구를 구성하는 활엽수 톱밥, 비트펄프, 면실박을 커피박, 한약재박, 과자박으로 각각 20%, 30%, 50%씩 대체하여 ‘표 4’와 같이 구성하였다.

생산성 검정 단계에서는 기존 자원과 유기성 자원의 배합 비율을 다각화한 총 6종의 고도화된 처리구 혼합배지(T1~T6)를 제조하였으며, 생산성 검정을 위한 각 처리구의 상세한 비율은 ‘표 7’에 제시된 바와 같이 편성하여 생산성이 가장 높은 혼합배지를 선발하고자 하였다.

다. 배지의 이화학적 및 물리적 특성 분석

수집된 단일 원료 및 혼합배지의 이화학적 특성 중 수분함량(%), pH(1:20), 전탄소(T-C, %), 전질소(T-N, %) 등은 농촌진흥청(2012)의 ‘농업과학기술 연구조사 분석기준’ 및 농촌진흥청(2000)의 ‘토양·식물체 분석법’에 준하여 측정하였으며, 측정된 탄소와 질소값을 기반으로 배지의 영양 밸런스를 나타내는 C/N을 산출하였다. 물리적 특성의 경우, 표준 망체를 이용하여 8mm 초과 구간부터 300 μ m 미만 구간까지의 입경 분포를 백분율(w/w)로 세분화하여 측정하였고, 기상률(Air-filled porosity)과 공극률(Total porosity)을 조사하였다. 또한, 각 배지 원료의 수분 흡수 시 물리적 변화를 확인하기 위해 침수 전후의 부피를 측정하고, 수식((침수 후 부피 - 침수 전 부피)/침수 전 부피)을 적용하여 부피팽창비율을 산출하였다(이승진 외, 2012).



라. 균사 성장 특성 평가

조제된 혼합배지에 접종된 「흑타리」 균사의 성장 활력을 조사하기 위해 접종 후 5일 간격으로 최대 25일 차까지 배지 내 균사생장(mm)을 측정하였다. 한편, 생산성 검정 과정 중 한약재박 혼합배지 처리구에서 특이적으로 발현된 균사 성장 지연 및 자실체 미발이 현상의 생물학적 원인을 규명하기 위하여 열수 추출배지를 활용한 균사 성장 특성 평가를 수행하였다. 각 배지 원료별 추출배지(한천배지)에 「흑타리」 균사, 오염 지표균인 대장균(*Escherichia coli*), 그리고 버섯 경쟁균인 푸른곰팡이(*Trichoderma longibrachiatum*)를 각각 접종한 후, 25°C 항온조건에서 배양하며 3일, 6일, 9일 경과 시점의 균사 성장 직경(mm)을 PDA 및 NA 대조구 배지와 비교 측정하였다.

마. 자실체 생육 특성 및 생산성 평가

혼합배지 처리구별 병 재배 시스템에서의 버섯 생산 효율을 평가하기 위하여 균사 배양 기간(일)과 초발이 소요일수(일), 생육일수(일)을 조사하였다. 수확기 자실체를 대상으로 갓 직경(mm), 대 직경(mm), 대 길이(mm), 그리고 병당 유효경수(개/병)를 측정하여 형태적 특성을 비교 분석하였다. 균사체 배양 환경은 광 차단 조건에서 온도 18~19°C, CO₂ 농도 4,000~6,000ppm으로 설정하였으며, 자실체 재배 환경은 온도 20~16°C, CO₂ 농도 6,000~900ppm 범위에서 생육 후반부로 갈수록 점진적으로 낮추는 방식으로 제어하였다.

자실체 생산성은 병당 수확 수량(g/병)으로 정량화하였으며, 배지 자원의 실질적인 전환 효율을 나타내는 생물학적 회수율(Biological Efficiency, %)은 Chang & Miles(2004)가 제시한 기준에 따라 수확된 버섯 생체 수량을 건조 배지 중량으로 나눈 백분율 수식[(수량 / 건조배지중량) × 100]을 적용하여 산출하였다.

바. 현장 실증 및 통계분석

최종 선발된 커피박 혼합배지(T1)의 산업적 도입 가능성을 검증하기 위하여 경기도 내 느타리 재배 농가 2개소(여주시 소재 A농가, 양평군 소재 B농가)에서 현장 실증시험을 수행하였다. 두 농가의 재배사 환경에서 각각 관행 배지(TC)와 선발 배지(T1)를 교차 입병하여 자실체 생육 및 수량성을 검정하였으며, A 농가는 1,100cc 규격 병을, B 농가는 850cc 규격 병을 사용하였다. 수집된 생산성 및 생육 특성 데이터는 혼합배지 간 다중 비교를 위해 Tukey HSD 사후검정(유의수준 p<0.05)을 실시하였고, 농가 실증 단계의 대조구와 처리구 간 비교는 독립표본 t-검정(Student's t-test)을 실시하여 통계적 유의성을 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배지 자원 수집 및 조사

느타리 신규 배지 자원으로 활용 가능성을 평가하기 위해 수집한 국내 농식품 부산물의 외형적 특징 및 기본정보는 ‘그림 1’ 및 ‘표 1’에 나타난 바와 같다.

실험에 공시된 대체자원은 커피박, 한약재박, 과자박으로 총 3종이다. 카페 등에서 원료가 배출되는 커피박은 미생물 발효 및 건조 공정을 거친 상태로 수집되었다. 커피박의 단가는 320원/kg으로 수집 자원 중 가장 낮았으며, 현재 농업 분야에서는 주로 비료와 사료용으로 활용되고 있는 것으로 확인되었다. 한약재박은 천궁, 당귀, 작약 등의 한약재 추출 부산물로 구성되었으며, 커피박과 마찬가지로 미생물 발효 및 건조 처리가 완료된 자원을 활용하였다. 조사된 단가는 350원/kg이었으나, 타 자원과 달리 비료나 사료 등의 뚜렷한 농업적 활용처는 없는 것으로 나타났다. 과자박은 제과 생지, 비규격품, 유통기한 만료 제품 등을 원료로 하여 제과 첨가, 혼합, 분쇄 공정을 거쳐 가공된 자원이다. 단가는 360원/kg으로 조사되어 수집된 3종의 자원 중 가장 높았으며, 농업적으로는 주로 사료 용도로 이용되고 있는 것으로 확인되었다.

수집된 유기성 자원들은 미생물 발효, 건조, 분쇄 등 원료의 특성에 맞춘 재활용 공정을 거쳐 배지 재료로 적용할 수 있는 물리적 형태를 갖추었으며, 형성된 단가는 320~360원/kg 수준이었다. 기존에 사료나 비료로 한정되어 쓰이거나 미활용되던 이러한 농식품 부산물을 버섯 재배용 배지 소재로 대체 적용한다면, 국내 부존 유기성 자원의 재활용 가치를 높이고 국가적인 배지 재료 자급률을 향상시키는 데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.



그림 1. 커피박(왼쪽), 한약재박(가운데), 과자박(오른쪽)의 외형



표 1. 수집된 유기성 자원의 기본 정보

자원명	원료	재활용 공정	농업적 활용	단가 (원/kg)
커피박	커피박(카페)	미생물 발효, 건조	비/사료	320
한약재박	천궁, 당귀, 작약	미생물 발효, 건조	-	350
과자박	제과 생지, 비규격품, 유통기한 만료 제과	침가, 혼합, 분쇄	사료	360

나. 물리·화학적 특성

느타리 배지 소재로 활용하기 위해 수집된 기존 관행 재료(활엽수 톱밥, 면실박, 비트펄프)와 유기성 대체자원(커피박, 한약재박, 과자박)의 이화학적 특성 및 입경 분포를 분석한 결과는 ‘표 2’와 ‘표 3’에 나타난 바와 같다.

대체자원의 수분함량은 커피박 9.7%, 한약재박 9.8%, 과자박 13.6%로 나타나, 기존 재료인 면실박 9.8% 및 비트펄프 10.4%와 유사한 수준을 보였으나 활엽수 톱밥 43.1%에 비해서는 낮게 측정되었다. 수분을 흡수했을 때의 물리적 팽창 정도를 의미하는 부피팽창 비율은 커피박 1.4, 과자박 1.4, 한약재박 1.2로 조사되었다. 이는 활엽수 톱밥 1.0, 면실박 1.8과 비슷한 수준이었으나, 조사된 재료 중 팽창률이 가장 높았던 비트펄프 3.6보다는 상대적으로 낮았다.

pH는 커피박 4.8, 한약재박 5.3, 과자박 5.9로 조사되어 활엽수 톱밥 5.1, 비트펄프 4.3, 면실박 6.7과 유사한 pH 범위를 보였다. 전탄소(T-C) 함량은 커피박 55.0%, 한약재박 48.1%, 과자박 48.1%로 나타나 기존 자원 46.3~55.0% 범위와 큰 차이가 없었으며, 전질소(T-N) 함량은 커피박 2.62%, 한약재박 3.17%, 과자박 1.76%로 분석되어 비트펄프는 대체할 수 있는 수준이었고, 면실박은 일부 대체 가능할 범위로 확인되었다. 또한, 배지의 영양 밸런스 지표인 C/N은 커피박 21.0, 한약재박 15.2, 과자박 27.3으로 측정되어, 질소원이 풍부한 면실박 7.4, 탄소원이 높은 비트펄프 38.3의 중간 정도의 범위를 나타내었다.

표 2. 배지 자원별 이·화학적 특성

자원명	수분함량(%)	부피팽창비율 ¹⁾	pH(1:20)	T-C(%)	T-N(%)	C/N
활엽수 톱밥	43.1	1.0	5.1	48.2	0.24	201.7
면실박	9.8	1.8	6.7	46.3	6.22	7.4
비트펄프	10.4	3.6	4.3	55.0	1.43	38.3
커피박	9.7	1.4	4.8	55.0	2.62	21.0
한약재박	9.8	1.2	5.3	48.1	3.17	15.2
과자박	13.6	1.4	5.9	48.1	1.76	27.3

¹⁾(침수 후 부피- 침수 전 부피)/침수 전 부피



배지 재료별 입경 분포(w/w) 분석 결과, 자원의 종류에 따라 물리적 입자의 크기 차이가 컸다. 기존 주요 재료인 활엽수 톱밥, 면실박, 비트펄프는 2-4mm 입경 구간에서 각각 66.1%, 41.0%, 47.2%로 가장 높은 분포 비율을 보였다. 반면 대체 자원인 커피박은 주로 300 μ m-2mm 구간에 집중적으로 분포하여, 기존 재료들에 비해 입자가 상대적으로 미세한 특성을 나타냈다. 한약재박의 경우, 8mm 초과 구간이 전체의 50.7%, 5.6mm-8mm 구간이 24.3%를 차지하여 조사된 자원 중 입경이 가장 크고 거친 입자가 주를 이루는 것으로 확인되었다. 과자박은 1-4mm 구간이 전체의 48.0%(2-4mm 26.4%, 1-2mm 21.6%)를 차지하였고, 500-850 μ m 범위 15.8%, 300-500 μ m 범위 13.3%, 300 μ m 미만 17.3% 수준으로 미세 입자들이 높은 비율로 혼재된 것으로 분석되었다.

이상의 결과를 종합하면, 수집된 농식품 부산물 대체자원(커피박, 한약재박, 과자박)은 기존 관행 배지 재료들과 이화학적 특성에서 큰 차이를 보이지 않아 느타리 배지 소재로서의 활용 가능성이 있었음을 확인하였다. 다만, 자원에 따라 고유한 입경 분포의 차이가 명확히 존재하므로, 이를 버섯 생육에 적합한 물리적 환경으로 조성하기 위해서는 혼합배지 설계 시 각 대체자원의 입경 특성을 반영한 세밀한 배합비 조절이 수반되어야 할 것으로 사료된다.

표 3. 배지 자원별 입경 분포

자원명	단위 %(w/w)								
	> 8mm	8mm ~ 5.6mm	5.6mm ~ 4mm	4mm ~ 2mm	2mm ~ 1mm	1mm ~ 850 μ m	850 μ m ~ 500 μ m	500 μ m ~ 300 μ m	< 300 μ m
활엽수 톱밥	0.0	1.5	7.0	66.1	15.7	1.9	5.4	1.9	0.4
면실박	10.7	8.2	8.5	41.0	10.6	1.4	7.2	5.8	6.3
비트펄프	0.0	3.9	12.4	47.2	25.6	1.9	5.3	1.9	1.7
커피박	0.0	0.0	0.0	0.4	27.8	7.6	25.4	20.5	18.0
한약재박	50.7	24.3	9.9	9.8	3.4	0.4	0.8	0.3	0.2
과자박	0.0	0.1	2.4	26.4	21.6	2.7	15.8	13.3	17.3

다. 배지 자원화 가능성 평가

1) 혼합배지 조성

수집된 유기성 자원(커피박, 한약재박, 과자박)의 배지 소재 활용 가능성을 평가하기 위해 조제한 컬럼 테스트용 혼합배지(1,100cc 병)의 조성구분과 건배지 중량 변화를 분석한 결과는 ‘표 4’ 와 같다.

대조구는 관행 배합(활엽수 톱밥 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%)을 적용하였으며 건배지 중량은 197g으로 조사되었다. 처리구는 기존 재료 중 하나를 유기성 자원으로 동일 부피비로 교체하여 총 9개를 설계하였다.

분석 결과, 혼합배지의 물리적 밀도를 직관적으로 나타내는 건배지 중량은 대체되

는 원료에 따라 뚜렷한 편차를 보였다. 면실박을 유기성 자원으로 대체한 처리구들의 건배지 중량은 190~205g으로 대조구(197g)와 가장 유사한 수준을 유지하였다. 반면, 기존 재료인 비트펄프나 톱밥을 대체한 처리구에서는 건배지 중량이 244~295g으로 대조구 대비 크게 증가하는 양상을 나타냈다. 특히 커피박과 과자박으로 비트펄프를 대체한 처리구의 건배지 중량이 각각 295g, 294g으로 가장 큰 폭의 중량 증가를 보였다.

이러한 건배지 중량의 차이는 대체자원이 지닌 고유의 밀도 및 부피팽창 특성이 배지 내에서 복합적으로 작용한 결과로 판단된다. 따라서 대체자원을 활용하여 안정적인 버섯 생육환경을 조성하기 위해서는 각 자원이 유발하는 물리적 중량 변화를 충분히 고려하여 세밀한 배합 비율 조정을 수반해야 할 것으로 사료된다.

표 4. 킬럼 테스트용 혼합배지 조성

구분		배지 조성(부피비)	수분 함량 (%)	건배지 중량 (g/병)
대체	기존			
커피박	톱밥	커피박 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%	66.6	244
	비트펄프	톱밥 50%, 커피박 30%, 면실박 20%	62.8	295
	면실박	톱밥 50%, 비트펄프 30%, 커피박 20%	72.2	205
처리구 한약재박	톱밥	한약재박 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%	63.5	251
	비트펄프	톱밥 50%, 한약재박 30%, 면실박 20%	64.2	251
	면실박	톱밥 50%, 비트펄프 30%, 한약재박 20%	71.7	195
과자박	톱밥	과자박 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%	63.6	289
	비트펄프	톱밥 50%, 과자박 30%, 면실박 20%	63.1	294
	면실박	톱밥 50%, 비트펄프 30%, 과자박 20%	72.0	190
대조구		톱밥 50%, 비트펄프 30%, 면실박 20%	69.9	197

2) 혼합배지의 이·화학적

수집된 유기성 대체자원 활용에 따른 물리·화학적 환경 변화를 파악하기 위해 킬럼 테스트용 혼합배지의 이화학적 특성(기상률, pH, T-N, C/N)을 분석한 결과는 ‘표 5’와 같다.

배지의 물리적 특성인 기상의 경우, 대조구가 39.8%로 측정된 반면, 9종의 처리구 모두 24.5~38.9% 수준으로 다소 감소하는 경향을 보였다. 이 중 한약재박을 활용한 처리구들이 37.6~38.4%로 대조구와 가장 유사한 수준을 유지하였고, 과자박으로 비트펄프를 대체한 처리구는 24.5%로 감소 폭이 가장 컸다.

화학적 특성 및 영양 밸런스를 나타내는 전질소(T-N) 및 C/N 분석 결과, 대조구는 전질소 2.41%, C/N 19.1로 조사되었다. 배지 내 주요 질소원인 면실박을 유기성 자원



으로 대체한 처리구들은 전질소(T-N) 함량이 1.26~1.62%로 급감하며 C/N이 28.3~36.0으로 크게 상승하였다. 반면, 기존 탄소원인 비트펄프를 한약재박이나 커피박으로 대체한 처리구는 전질소(T-N)가 각각 3.83%, 3.47%로 높아져 C/N이 12.4, 14.6으로 뚜렷하게 감소하는 상반된 결과를 나타냈다.

요약하자면, 대체자원의 종류와 대체되는 기존 원료에 따라 혼합배지의 물리적 기상의 감소 및 화학적 영양 밸런스(C/N)의 급격한 변동이 유발되었다. 따라서 대체 자원을 활용하여 안정적인 배지 여건을 조성하기 위해서는 이러한 이화학적 특성 변화를 종합적으로 고려한 정밀한 배합비 최적화가 필수적임을 시사한다.

표 5. 컬럼 테스트용 혼합배지별 이·화학적

	구분		기상률 (%)	pH (1:20)	T-C(%)	T-N(%)	C/N
	대체	기존					
처리구	커피박	톱밥	34.1	4.7	49.5	2.96	16.7
		비트펄프	26.9	5.4	50.5	3.47	14.6
		면실박	33.2	4.1	47.8	1.50	31.8
	한약재박	톱밥	38.4	4.7	46.4	3.31	14.0
		비트펄프	38.1	5.4	47.5	3.83	12.4
		면실박	37.6	4.2	45.9	1.62	28.3
	과자박	톱밥	27.7	5.2	45.5	2.45	18.5
		비트펄프	24.5	5.9	46.5	2.88	16.2
		면실박	38.9	4.6	45.4	1.26	36.0
대조구		39.8	4.8	46.2	2.41	19.1	

3) 혼합배지의 균사체 배양 특성

농식품 부산물(커피박, 한약재박, 과자박)을 기존 배지 재료(활엽수 톱밥, 비트펄프, 면실박)에 각각 대체하여 조제한 혼합배지에 「흑타리」 균사를 접종한 후, 25일간 5일 간격으로 배지 내 균사생장(mm)을 측정된 결과는 ‘표 6’에 나타난 바와 같다.

관행적인 배합 비율을 적용한 대조구의 누적 균사생장은 25일 차에 총 101.1mm로 측정되어 모든 처리구 중 가장 우수한 균사생장을 보였다. 반면, 유기성 대체자원을 활용한 9종의 처리구는 누적 균사생장이 51.3~90.1mm 범위로 나타나, 대조구에 비해 균사 생장이 다소 지연되는 경향을 나타냈다.

과자박을 활용한 처리구의 누적 균사생장(75.9~90.1mm)이 대체적으로 양호하였다. 특히 과자박으로 비트펄프를 대체한 처리구의 총 누적 균사생장은 90.1mm로 처리구 중 최고치를 기록하였다.

커피박을 활용한 처리구의 경우 대체되는 기존 재료에 따라 균사생장의 편차가 크



게 발생하였다. 질소원인 면실박을 커피박으로 대체한 처리구에서는 88.4mm의 양호한 누적 군사생장을 기록하였으나, 비트펄프 및 톱밥 대체 시 누적 군사생장이 각각 63.3mm, 51.3mm로 대조구 대비 뚜렷한 생장 지연이 관찰되었다. 특히, 톱밥을 커피박으로 대체한 처리구는 배양 초기인 5일 차에 18.1mm 자랐으나, 이후 지속적으로 감소하여 25일 차에는 5.7mm 성장에 그치는 등 배양 후기로 갈수록 생장 속도가 급격히 둔화하는 양상을 보였다.

혼합배지별 군사생장 양상의 차이는 각 대체자원이 지닌 고유의 이화학적 특성과 더불어, 혼합 과정에서 유발된 기상의 감소 및 영양 밸런스(C/N) 변화 등 물리·화학적 환경 변동이 군사 배양에 복합적인 영향을 미친 결과로 판단된다.

표 6. 컬럼 테스트용 혼합배지별 군사생장

(단위: mm)

구분		5일차	10일차	15일차	20일차	25일차	합계
대체	기존						
커피박	톱밥	18.1	13.4	7.7	6.5	5.7	51.3
	비트펄프	16.7	15.4	13.1	10.0	8.1	63.3
	면실박	14.6	20.3	20.6	17.9	15.1	88.4
처리구 한약재박	톱밥	13.4	15.9	12.0	10.3	11.2	62.8
	비트펄프	15.6	18.4	17.8	18.2	14.9	84.9
	면실박	11.9	17.8	17.1	18.3	15.6	80.8
과자박	톱밥	20.4	19.0	14.1	12.8	9.6	75.9
	비트펄프	21.5	21.8	18.3	18.1	10.5	90.1
	면실박	19.1	22.1	19.2	15.4	11.3	87.1
대조구		21.1	22.4	21.7	20.6	15.4	101.1

라. 배지 자원별 생산성 검토

1) 혼합배지 조성

커피박, 한약재박, 과자박을 활용한 느타리 배지의 재배 생산성을 검토하기 위해 조성한 6종의 처리구(T1~T6) 및 대조구(TC) 혼합배지의 조성은 ‘표 7’에 나타난 바와 같다.

배지의 수분함량은 처리구별로 60.4~71.2% 범위를 형성하였다. 배지의 물리적 밀도를 직관적으로 나타내는 병당 건배지 중량의 경우 대조구(TC)는 215g으로 조사되었으며, 처리구 중 커피박을 20% 배합한 T1 배지가 208g을 기록하여 대조구와 가장 유사한 물리적 수준을 유지하였다. 반면, 한약재박 50% 처리구(T4)와 과자박 30% 처리구(T5)의 건배지 중량은 각각 324g, 297g으로 측정되어 대조구 대비 중량이 뚜렷하게 증가하였다.



이는 혼합되는 유기성 대체자원의 종류와 배합 비율에 따라 최종 배지의 물리적 밀도와 중량 편차가 크게 발생함을 보여주며, 대체자원 활용 시 이러한 물리적 중량 변화가 배지 내 주요 이화학적 환경 변동에 복합적인 영향을 미치는 요인임을 시사한다.

표 7. 생산성 검정용 혼합배지 조성

구분	단위 %(v/v)						수분 함량 (%)	건배지중량 (g/1,100cc)	
	툼밥	비트펄프	면실박	커피박	한약재박	과자박			
T1	50	20	10	20	-	-	66.4	208	
T2	30	20	-	50	-	-	66.0	227	
처리구	T3	20	30	10	-	40	67.8	233	
	T4	-	40	10	-	50	60.4	324	
	T5	40	10	20	-	-	30	63.2	297
	T6	20	40	-	-	-	40	71.2	216
대조구(TC)	50	30	20	-	-	-	67.0	215	

2) 이·화학적

생산성 검정용 혼합배지 6종의 처리구(T1~T6) 및 대조구(TC) 혼합배지의 이화학적 특성을 분석한 결과는 ‘표 8’에 나타난 바와 같다.

배지의 주요 물리적 환경 지표인 기상률은 대조구(TC)가 41.1%로 측정된 가운데, 커피박을 배합한 T1(46.4%)과 T2(42.2%) 배지에서는 대조구보다 다소 증가하는 양상을 보였다. 반면, 한약재박을 50% 배합한 T4(28.3%)와 과자박을 30% 배합한 T5(26.7%) 배지는 대조구 대비 공극률이 현저히 감소하였다.

화학적 특성인 pH와 전탄소(T-C) 함량은 시험구 간 큰 차이가 없었으나, 영양 밸런스를 나타내는 전질소(T-N) 및 C/N은 배합 원료에 따라 뚜렷한 편차가 발생하였다. 대조구의 전질소는 1.5%, C/N은 30.8이었으며, 한약재박 50% 혼합구(T4)는 전질소 4.6%, C/N 10.1로 처리구 중 가장 높은 질소함량과 낮은 C/N을 기록하였다. 과자박 40% 혼합구인 T6(전질소 1.4%, C/N 31.5)가 대조구와 가장 유사한 화학적 특성을 보였고, 커피박 20% 배합구인 T1은 전질소 2.3%, C/N 19.3으로 분석되었다.

이러한 이화학적 분석 결과는 유기성 자원의 종류와 배합 비율이 배지 내 물리적 공극 확보와 화학적 영양 밸런스(C/N) 변동에 직접적인 영향을 미침을 보여준다. 따라서 대체자원을 도입하여 안정적인 배지 여건을 조성하기 위해서는, 각 자원이 유발하는 물리·화학적 변화를 종합적으로 고려한 정밀한 배합 비율 최적화가 필수적으로 수반되어야 할 것으로 사료된다.

표 8. 생산성 검정용 혼합배지별 이·화학적

구분	기상률 (%)	pH (I:20)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	
처리구	T1	46.4	4.8	45.2	2.3	19.3
	T2	42.2	4.7	44.9	1.9	24.0
	T3	37.3	4.4	46.0	2.4	19.0
	T4	28.3	5.2	46.2	4.6	10.1
	T5	26.7	5.5	45.6	3.0	15.4
	T6	33.6	4.9	44.7	1.4	31.5
대조구(TC)	41.1	4.9	46.7	1.5	30.8	

생산성 검정 배지의 입경 분포 특성을 확인한 결과, 대조구는 2-4mm 구간에 입자가 집중적으로 분포하였다. T1, T3, T5, T6 배지 역시 2~4mm 구간에서 45.1~53.6%의 높은 점유율을 보여 대조구와 유사한 주된 입경 분포 양상을 나타냈다. 그러나 커피박을 50% 배합한 T2 배지는 300~500 μ m 구간 26.7%와 300 μ m 미만 구간 17.3% 등 미세 입자의 비율이 대조구에 비해 현저히 증가하였다. 이와 반대로 한약재박이 50% 혼합된 T4 배지는 8mm 초과 3.5% 및 5.6~8mm 범위 11.4%로 거친 입자 비율이 증가하여 전체적으로 배지 입자가 커지는 경향을 보였다.

이러한 분석 결과는 대체자원의 입자 크기 특성 및 혼합비율이 최종 혼합배지의 입경 분포를 변화시키고, 이에 따라 공극률과 배지의 영양 밸런스(C/N) 등 주요 이화학적 환경에 복합적이고 직접적인 영향을 미침을 보여준다. 따라서 안정적인 버섯 생산성을 확보하기 위해서는 각 유기성 대체자원이 유발하는 물리·화학적 변동성을 충분히 고려하여 대조구 수준의 적정 환경을 조성할 수 있는 정밀한 배합 비율 설계가 필수적으로 수반되어야 할 것으로 사료된다.

표 9. 생산성 검정용 혼합배지별 입경 분포

구분	단위 %(w/w)									
	> 8mm	8mm ~ 5.6mm	5.6mm ~ 4mm	4mm ~ 2mm	2mm ~ 1mm	1mm ~ 850 μ m	850 μ m ~ 500 μ m	500 μ m ~ 300 μ m	< 300 μ m	
처리구	T1	0.0	1.4	7.0	45.1	24.1	2.0	7.7	7.1	5.1
	T2	0.0	0.5	2.3	19.0	17.7	2.4	13.6	26.7	17.3
	T3	1.7	6.1	12.9	45.7	24.4	1.9	4.6	1.3	1.2
	T4	3.5	11.4	13.6	37.4	22.6	2.0	4.9	2.0	1.6
	T5	5.5	9.1	14.8	46.9	17.7	1.3	2.7	1.2	0.7
	T6	1.3	3.9	11.9	53.6	22.4	1.4	3.3	0.9	1.2
대조구	0.0	2.2	8.6	60.4	19.5	1.7	5.3	1.3	0.5	



3) 혼합배지의 자실체 생산성

농식품 부산물을 활용하여 고도화된 6종의 처리구 혼합배지(T1~T6)와 관행 대조구(TC)을 대상으로 병재배 시스템에서의 버섯 생산 효율 및 자실체 생육 특성을 검정하였으며, 그 결과는 ‘표 10’에 나타난 바와 같다.

균사 배양 기간 및 생육 기간을 조사한 결과, 대조구는 배양일수 29일, 생육일수 9일이 이었다. 커피박을 20% 혼합한 T1 배지는 배양 29일, 생육 8일로 대조구와 대등하였다. 반면, 과자박을 배합한 T5와 T6 배지는 배양 기간이 각각 39일, 34일로 대조구 대비 지연되는 양상을 보였으며, 한약재박을 각각 40%, 50% 배합한 T3, T4 배지에서는 균사 배양 후에도 자실체가 형성되지 않는 미발이 현상이 관찰되었다.

수확기 자실체의 형태적 특성을 분석한 결과, 대조구는 갓 직경 28mm, 대 직경 9.0mm, 대 길이 83mm, 유효경수 35개/병으로 조사되었다. T1 배지는 갓 직경 32mm, 대 직경 9.7mm, 대 길이 84mm, 유효경수 41개/병으로 나타나, 대조구와 비교하여 갓이 크고 병당 유효경수가 더 많이 발생하여 전반적인 생육이 양호한 것으로 확인되었다.

경제성 및 생산성 평가의 핵심 지표인 수량 및 생물학적 효율(회수율)의 경우 대조구(TC)는 각각 214g/병, 100%였다. T1 배지의 수량은 224g/병, 회수율 108%로 측정되어 전체 처리구 중 대조구 대비 생산성이 8% 높았다. 반면 커피박 혼합비율을 50%로 높인 T2 배지는 수량 154g/병, 회수율 68%로 수량이 감소하였고, 과자박을 혼합한 T5와 T6 배지 역시 수량 109g/병, 회수율 37%, 수량 166g/병, 회수율 77%에 그쳐 대조구 대비 수량성이 현저히 낮았다.

T1 배지(활엽수 톱밥 50%, 비트펄프 20%, 면실박 10%, 커피박 20%, v/v)는 관행 대조구와 대등한 재배 소요일수를 유지하면서도 가장 우수한 생육 균일도와 최고 수량성을 확보하였다. 이에 따라 T1 배지를 국내 유기성 대체자원의 농가 현장 실증을 위한 최적 혼합배지로 최종 선발하였다.

표 10. 생산성 검정용 혼합배지별 재배 생육 특성

구분	배양 기간(일)	생육 기간(일)	갓직경 (mm)	대직경 (mm)	대길이 (mm)	유효경수 (개/병)	수량 (g/1,100cc)	회수율 [↓] (%)	
처 리 구	T1	29	8	32	9.7	84	41	224 ^a	108
	T2	30	9	32	10.0	80	28	154 ^d	68
	T3	미발이							
	T4	미발이							
	T5	39	9	30	11.3	70	20	109 ^e	37
	T6	34	9	33	8.8	98	32	166 ^c	77
대조구(TC)	29	9	28	9.0	83	35	214 ^b	100	

[↓](수량 ÷ 건조배지무게) × 100

^{a,b,c,d,e}서로 다른 문자(a-e)는 Tukey HSD 사후검정 결과(p<0.05)에 따라 통계적으로 유의한 차이를 의미



4) 한약재박 혼합배지의 미발이 원인 분석

생산성 검정 과정에서 한약재박을 혼합한 배지 처리구의 균사생장이 지연되고 자실체가 형성되지 않는 미발이 현상의 생물학적 원인을 규명하기 위하여 배지 재료별 열수 추출배지를 조제하여 성장 억제능을 평가하였으며, 그 결과는 ‘표 11’ 와 ‘그림 2’ 에 나타난 바와 같다.

배지 재료별 열수 추출배지에서 「흑타리」 균사를 25℃ 조건으로 배양한 결과, 대조구인 PDA 배지의 균사생장은 9일 차에 85.0mm를 기록하며 왕성한 활력을 보였다. 반면, 한약재박 추출배지에서의 균사생장은 3일 차 19.6mm, 6일 차 33.3mm, 9일 차 48.3mm에 그쳐, 조사된 전체 배지 재료 중 균사생장이 가장 크게 지연되는 것으로 확인되었다. 이는 면실박이나 과자박 등 다른 혼합 원료 추출배지에서 9일 차에 85.0mm의 우수한 성장을 보인 것과 뚜렷한 대조를 이루었다.

표 11. 열수 추출 배지별 균사생장(25℃)

열수 추출 배지	가로 최장 폭(mm)			세로 최장 폭(mm)		
	3일	6일	9일	3일	6일	9일
커피박	22.5	47.1	67.6	20.7	47.5	68.2
한약재박	19.6	33.3	48.3	19.5	33.9	47.4
과자박	26.0	64.6	85.0	26.5	64.0	85.0
툽밥	22.0	54.3	66.6	22.5	49.4	68.2
비트펄프	17.8	46.2	63.4	18.0	45.7	68.2
면실박	30.4	69.2	85.0	29.9	67.6	85.0
PDA	25.9	61.8	85.0	26.0	61.6	85.0

한약재박 추출배지의 포괄적인 미생물 억제능을 확인하기 위해 「흑타리」 균사를 비롯하여 오염 지표균인 대장균(*Escherichia coli*)과 버섯 경쟁균인 푸른곰팡이(*Trichoderma longibrachiatum*)를 각각 접종하여 배양한 결과, 대조구(PDA, NA)와 비교하여 세 종류의 균 모두 배양이 현저하게 지연되는 억제 현상이 관찰되었다.

이러한 결과는 한약재박 원료 내에 「흑타리」 균사는 물론 타 미생물의 생육까지 광범위하게 억제하는 특정 수용성 저해 물질이 잔류해 있음을 시사한다. 따라서 한약재박을 느타리 배지 자원으로 실용화하기 위해서는 혼합 전 이러한 생육 억제 인자를 효과적으로 제거하거나 분해할 수 있는 추가적인 전처리 공정이 필수적으로 수반되어야 할 것으로 사료된다.

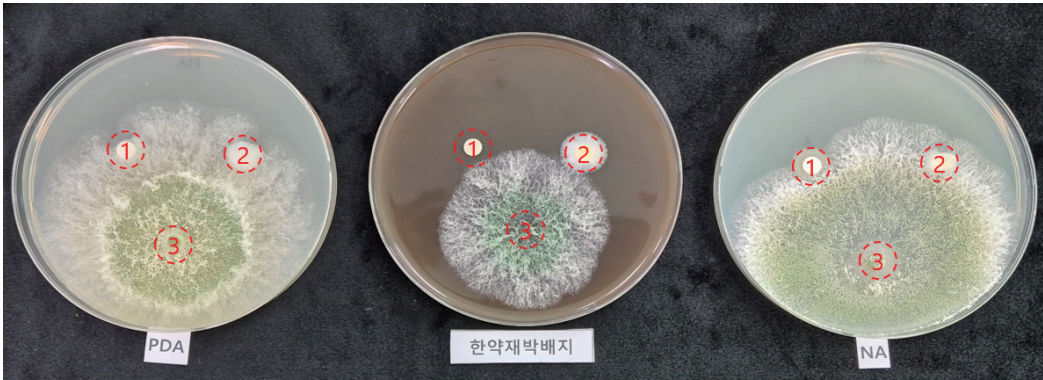


그림 2. 한약재박 열수 추출배지의 균생장 비교(25°C, 배양 3일차)

① *Escherichia coli*, ② 「흑타리」 균사체, ③ *Trichoderma longibrachiatum*

마. 선발 혼합배지(T1) 실증

생산성 검정 시험에서 최종 선발된 T1(활엽수 톱밥 50%, 비트펄프 20%, 면실박 10%, 커피박 20%, v/v)의 현장 적용성을 검증하기 위해 느타리 농가 2개소에서 2회에 걸쳐 실증 재배 및 배지분석·생육 조사를 수행하였다.

1) A 농가 실증

여주시 소재 A 농가(1100cc 규격 병 사용)에서 관행 배지(TC)와 선발 배지를 교차 입병하여 이화학적 특성 및 「흑타리」 자실체 생육 특성을 비교 실증하였으며, 그 결과는 ‘표 12, 13’ 및 ‘그림 3’에 나타난 바와 같다.

A 농가의 관행 배지(TC)와 선발 혼합배지(T1)의 이화학적 특성을 분석한 결과, 1,100cc 병당 건조배지 중량은 TC 177g, T1 206g으로 커피박 혼합 시 배지의 물리적 밀도가 다소 증가하는 것으로 나타났다. 주요 물리적 환경 지표인 수분함량(70.1~72.3%)과 공극률(82.8~85.2%)은 두 시험구 모두 버섯 생육에 적합한 양호한 수준을 유지하였다. 반면, 화학적 특성에서는 원료 대체에 따른 명확한 차이가 확인되었다. 커피박을 20% 배합한 T1 배지의 전질소(T-N) 함량은 2.29%로 TC(1.88%)에 비해 높게 분석되었으며, 이에 따라 배지의 영양 밸런스를 나타내는 C/N은 T1(20.6)이 TC(25.1) 대비 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타냈다.

표 12. A 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 이 · 화학성

구분	수분 함량(%)	pH (1:20)	T-N (%)	T-C (%)	C/N	공극률 (%)	건조배지중량 (g/1,100cc)
TC (활톱:비트:면실박, 5:3:2)	72.3	5.3	1.88	47.1	25.1	85.2	177
1-T1 (활톱:비트:면실:커피, 5:2:1:2)	70.1	4.8	2.29	47.0	20.6	82.8	206

병재배 시스템을 통한 「흑타리」 자실체 생육 특성 및 생산성을 총 2회차에 걸쳐 검증한 결과, 군사 배양 기간과 초발이 소요일수는 1차(배양일수 43일, 초발이소요일수 5일) 및 2차(배양일수 34일, 초발이소요일수 4일) 모두 TC와 T1 배지 간에 동일하게 소요되어 혼합배지 도입에 따른 성장 지연은 발생하지 않았다. 수확기 자실체의 갓 직경, 대 길이, 대 굵기, 병당 유효경수 등 형태적 특성 또한 두 배지 간에 뚜렷한 편차를 보이지 않았으며, ‘그림 3’의 자실체 생육 비교에서도 나타나듯 관행 배지와 대등한 수준의 균일하고 양호한 생육 양상이 관찰되었다.

버섯 생산성의 핵심 지표인 병당 수확 수량은 1차 실증에서 TC 205g/1,100cc, T1 201g/1,100cc이었으며, 2차 실증에서는 TC 173g/1,100cc, T1 177g/1,100cc로 조사되었다. 수량에 대한 통계 분석(t-test)을 실시한 결과, 관행 배지와 커피박 혼합배지 간의 수량 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로(p>0.05) 나타나 T1 배지가 기존 관행 배지를 충분히 대체할 수 있는 대등한 생산 효율을 지님을 확인하였다.

표 13. A 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 재배 생육 특성

구분	배양기간 (일)	초발이 소요일수(일)	유효경수 (개/병)	갓직경 (mm)	대길이 (mm)	대굵기 (mm)	수량 (g/1,100cc)	회수율 ¹ (%)
1차	TC	43	5	32	31	94	205 ^{ns}	109
	T1	43	5	29	32	91	201	94
2차	TC	34	4	33	25	70	173 ^{ns}	98
	T1	34	4	30	33	93	177	86

¹(수량÷건조배지무게)×100

^{ns}t-test 결과(p>0.05)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없음을 의미

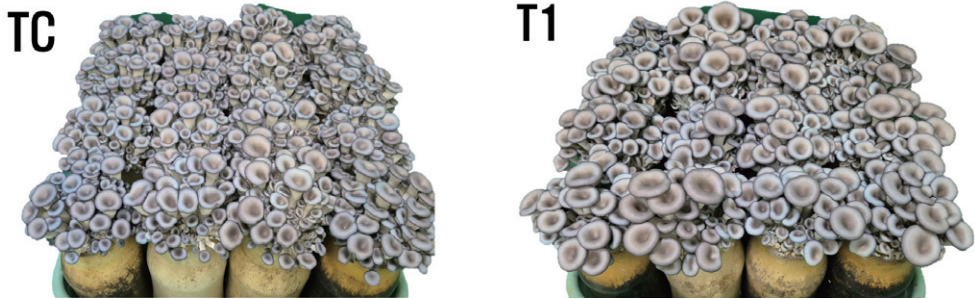


그림 3. A 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 재배 자실체

2) B 농가 실증

양평균 소재 B농가(850cc 규격 병 사용)에서 관행 배지(TC)와 교차 입병하여 이화학적 특성 및 「흑타리」 자실체 생육 양상을 비교 분석하였으며, 그 결과는 ‘표 14, 15’ 및 ‘그림 4’ 에 나타난 바와 같다.

B 농가의 관행 배지(TC)와 선발 혼합배지(T1)의 이화학적 특성을 분석한 결과, 병당 건조배지 중량은 TC 150g, T1 187g으로 커피박 혼합 시 배지의 물리적 밀도가 다소 증가하는 것으로 나타났다. 배지의 주요 물리적 환경 지표인 수분함량은 TC 69.8%, T1 64.4%로 혼합배지가 소폭 낮았으나, 공극률은 TC 87.5%, T1 84.7%로 두 처리구 모두 버섯 생육에 적합한 양호한 수준을 유지하였다. 반면, 화학적 특성에서는 원료 대체에 따른 명확한 차이가 확인되었다. 커피박을 20% 배합한 T1 배지의 전질소(T-N) 함량은 2.09%로 TC(1.65%)에 비해 높게 분석되었으며, 이에 따라 배지의 영양 밸런스를 나타내는 C/N은 T1(22.6)이 TC(28.3) 대비 뚜렷하게 감소하는 경향을 나타냈다.

표 14. B 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 이·화학적

구분	수분 함량(%)	pH (1:20)	T-N (%)	T-C (%)	C/N	공극률 (%)	건조배지중량 (g/850cc)
1-TC (활톱:비트:면실, 5:3:2)	69.8	4.94	1.65	46.5	28.3	87.5	150
1-T1 (활톱:비트:면실:커피, 5:2:1:2)	64.4	4.92	2.09	47.3	22.6	84.7	187

병 재배 시스템을 통한 자실체 생육 특성 및 생산성을 총 2회차에 걸쳐 검정한 결과, 균사 배양 기간과 초발이 소요일수는 1차(배양일수 30일, 초발이소요일수 3일) 및 2차(배양일수 29일, 초발이소요일수 4일) 모두 TC와 T1 배지 간에 동일하게 소요되어 커피박 혼합에 따른 성장 속도의 차이나 지연 현상은 발생하지 않았다. 수확기 자실



체의 갯 직경, 대 길이, 대 굵기, 병당 유효경수 등 형태적 특성에서도 두 배지 간에 전반적으로 유사한 생육 양상을 나타냈으며, ‘그림 4’의 수확기 자실체 생육 비교에서도 관행 배지와 대등하고 균일한 생육 상태가 관찰되었다.

생산성의 핵심 지표인 병당 수확 수량은 1차 실증에서 TC 183g/850cc, T1 172g/850cc이었으며, 2차 실증에서는 TC 126g/850cc, T1 138g/850cc로 조사되었다. 수집된 데이터에 대한 독립표본 t-검정($p > 0.05$) 결과, 두 배지 간의 수량 차이는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되어 T1 배지가 관행 배지와 대등한 생산 효율을 지님을 확인하였다.

표 15. B 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 재배 생육 특성

구분	배양기간 (일)	초발이 소요일수(일)	유효경수 (개/병)	갯직경 (mm)	대길이 (mm)	대굵기 (mm)	수량 (g/850cc)	회수율 [↓] (%)	
1차	TC	30	3	35	32	85	8.9	183 ^{ns}	122
	T1	30	3	28	33	91	9.5	172 ^{ns}	93
2차	TC	29	4	21	30	81	8.6	126 ^{ns}	84
	T1	29	4	24	29	84	9.6	138 ^{ns}	75

[↓](수량 ÷ 건조배지무게) × 100

^{ns}t-test 결과($p > 0.05$)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없음을 의미

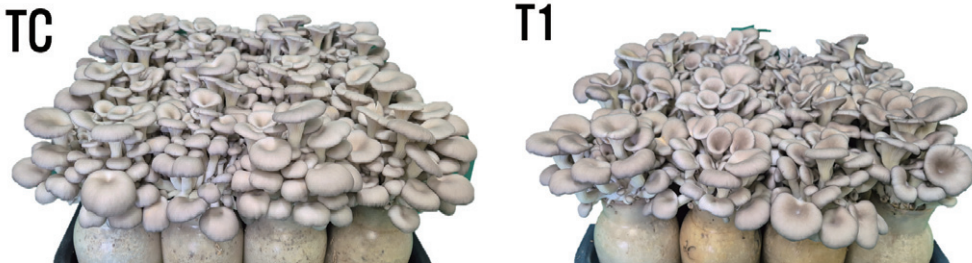


그림 4. B 농가 관행 및 선발 혼합배지(T1) 재배 자실체

결론적으로 커피박 20% 혼합배지(T1)는 실제 농가 현장에서 관행 배지와 대등한 생육 품질 및 수량성을 안정적으로 발현함으로써 실용적인 자원순환형 배지 소재임이 입증되었다.

4. 적요

본 연구는 국내 유기성 부존자원인 커피박, 한약재박, 과자박의 느타리 배지 소재화 가능성을 평가하고 농가 현장 실증을 통해 최적 활용 방안을 도출하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

가. 배지 자원의 기초 특성 및 경제성

- 1) 수집 자원 단가는 커피박 320원/kg, 한약재박 350원/kg, 과자박 360원/kg으로 관행 재료 대비 경제적이었으며, 전질소(T-N) 함량은 한약재박(3.17%), 커피박(2.62%), 과자박(1.76%) 순으로 나타나 영양원 가치가 확인됨
- 2) 입경 분포에서 커피박은 2mm 미만 미세 입자가 주를 이룬 반면, 한약재박은 8mm 초과 거친 입자가 50.7%를 차지하여 자원별 물리적 특성 차이가 뚜렷함

나. 균사생장 특성 및 생물 검정

- 1) 배양 시험 결과, 과자박 처리구(90.1mm/25일)와 커피박의 면실박 대체 처리구(88.4mm/25일)가 대조구 대비 안정적인 성장을 보임
- 2) 한약재박 혼합배지의 자실체 미발이 원인 규명을 위한 생물 검정 결과, 원료 내 특정 수용성 저해 물질이 「흑타리」 균사체뿐만 아니라 대장균(*Escherichia coli*) 및 푸른곰팡이(*Trichoderma longibrachiatum*)의 생육을 광범위하게 억제함을 확인함

다. 생산성 검정 및 최적 배합 선발

- 1) 6종 혼합배지(T1~T6) 시험 결과, '활엽수 톱밥 50% + 비트펄프 20% + 면실박 10% + 커피박 20%(v/v)' 조성의 T1 배지가 수량 224g/병, 생물학적 회수율 108%를 기록하여 대조구(214g/병, 100%) 대비 가장 우수한 생산성을 나타냄

라. 농가 현장 실증 및 실용성 검증

- 1) 2개 농가(A, B) 실증 결과, 선발 배지(T1)는 관행 대비 수량 및 자실체 품질에서 통계적 유의차($p > 0.05$) 없이 안정적인 생산이 가능하였음
- 2) 실증 배지의 공극률은 82.8~84.7%로 유지되어 버섯 생육에 적합한 물리성을 형성하였으며, 커피박 혼합 시 입병 중량은 다소 증가하는 경향을 보임

마. 종합 결론 및 제언

- 1) 커피박은 기존 배지 영양원의 20%를 대체하여도 관행 수준의 품질과 수량성을 확보할 수 있는 실효성 있는 자원순환형 소재임이 입증됨
- 2) 현장 실증을 통해 커피박의 안정적인 품질 확보를 위한 혼합 전 미생물 발효 공정 도입의 필요성이 제안됨

5. 인용문헌

Bae, M.-S. (2012, March 2). Localization of oyster mushroom media generates 40 million won in annual income for farmers. Agri-Food & Livestock News. <http://www.amnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=3618>

Lee, S.-J., Kang, S.-G., Kang, C.-W., & Kang, H.-Y. (2012). FSP measurement of heat-treated hardwoods using volumetric swelling method. Journal of the Korea Furniture Society, 23(2), 163-168.

National Institute of Horticultural and Herbal Science. (2023). Production and consumption process(value chain) and market analysis for mushroom varieties.

Rural Development Administration. (2000). Methods of soil and plant analysis(Publication No. 11-1390093-000055-01).

Rural Development Administration. (2012). Standard of research, investigation, and analysis for agricultural science and technology(Publication No. 11-1390000-003149-01).

Rural Development Administration. (2024). 2024 income data of agricultural products by region(Publication No. 11-1390000-100058-10).

Wasser, S. P. (2004). [Review of the book Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact, by S.-T. Chang & P. G. Miles]. International Journal of Medicinal Mushrooms, 6(4), 299.

6. 연구결과 활용제목

- 가. 커피박을 활용한 느타리 생육 배지(영농활용, 2023년)
- 나. 커피박을 활용한 느타리 혼합배지 조성 방법(영농활용, 2025년)
- 다. Coffee Grounds as a Sustainable Alternative Substrate for Oyster Mushroom(Pleurotus ostreatus) Cultivation(학술발표, 2025년)

7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도		
						'23	'24	'25
국내 유가성 자원 느타리 배지 적합성 평가	책임자	친환경미생물연구소	농업연구사	박남원	세부과제총괄	-	○	○
	공동연구자	친환경미생물연구소	농업연구사	최준영	세부과제총괄	○	-	-
	〃	〃	〃	이채영	자료 수집	○	○	○
	〃	〃	〃	최현진	자료 분석	-	-	○
	〃	〃	농업연구관	이윤희	연구 자문	-	○	-
	〃	〃	〃	김정환	연구 자문	-	-	○
〃	〃	〃	하태문	연구 자문	-	-	○	