

최 종
연구보고서

폐지류를 이용한 식용버섯 재배법 개발에 관한 연구

Studies on Utilization of Waste Papers
for Edible Mushroom Cultivation

연구기관 : 충남대학교

농 립 부

제 출 문

농림부장관 귀하

본 보고서를 “폐지류를 이용한 식용버섯 재배법 개발에 관한 연구” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1998. 12. 22

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 이 종 신
연구원 : 신 종 순
연구원 : 이 희 덕
연구원 : 김 홍 규
연구원 : 유 성 준
연구원 : 윤 선 미
연구원 : 이 택 의
연구원 : 김 성 준
연구원 : 조 미 선
연구원 : 오 은 영

요 약 문

I. 제 목

과 제 명	폐지류를 이용한 식용버섯 재배법 개발에 관한 연구		
주관연구기관	충 남 대 학 교	총괄연구책임자	(소속) 충 남 대
			(성명) 이 종 신

II. 연구개발의 목적 및 중요성

높은 경제성장과 국민 소득수준의 향상에 따른 식생활 문화의 변화로 무공해 천연식품인 버섯의 소비가 크게 증가함에 따라 식용버섯 재배는 우리 농촌의 주요 소득 작목으로 크게 각광을 받아 재배 농가 및 생산량이 증가하고 있다. 또한 우리 서민들의 식탁에 자주 오르는 식용버섯은 다양한 미량원소와 미네랄 성분들을 함유하고 있어 특유의 맛과 향을 지닌 식품으로, 섭취시 체중증가와 같은 부작용이 전혀 없는 저 칼로리 식품이다. 따라서 최근 지방과 단백질이 다량 함유되어 있는 고 칼로리 식품의 과다섭취로 인한 고혈압, 비만, 당뇨병과 같은 선진국형 병중에 대한 국민의 관심과 우려가 높아질수록 식용버섯의 소비는 날로 증가할 것으로 예상된다.

우리 나라의 느타리버섯 생산동향을 살펴보면(1996년 통계), 8,420호 농가, 1,933천 평의 재배면적에서 총 70,554톤이 생산되어, 현재 우리 식용버섯 생산량의 3/4이상을 차지하고 있으며 연평균 증가율

이 약 15%전후에 이르는 매우 빠른 증가추세를 보이고 있다. 이와 같이 다른 식용버섯에 비하여 느타리버섯의 재배농가 및 생산량이 증가하게 된 것은 1974년 농촌진흥청에서 벗짚을 이용한 인공재배법이 개발되어 널리 보급된 이후 꾸준한 시험 및 연구와 전문화를 추구해 온 일부 농가들의 끊임없는 노력의 결과라 할 것이다.

그러나 급속한 경제성장과 더불어 도시와 농촌간의 소득격차가 커짐에 따라 농촌인구의 대도시로의 대거이동으로 농촌의 일손이 부족하게 되었다. 이러한 이농현상에 따른 농촌 노동력의 부족을 타개하기 위하여 농업 기계화가 추진되었고, 콤바인을 이용한 벼수확의 자동화로 신선한 벗짚의 회수가 어려워져 벗짚가격이 상승됨에 따라 느타리버섯의 벗짚재배는 개발초기에 얻을 수 있었던 경제적 효과를 기대하기 어렵게 되었다. 이에 따라 보다 저렴한 배지원료의 개발이 진행되어 폐면(폐습)이 벗짚의 대체원료로 등장하게 되었으며, 현재 느타리버섯 재배에 있어 폐면을 이용한 재배가 널리 확산 보급되고 있다. 폐면은 신선도가 벗짚에 비하여 높고 신선도를 육안으로 쉽게 판별할 수 있을 뿐만 아니라 작업의 기계화가 용이하여 성력화 할 수 있기 때문에 폐면재배 농가는 날로 증가하고 있다. 그러나 우리나라에서는 면 생산이 전혀 안되고 있어 느타리버섯 재배용 폐면마저도 전량 외국으로부터 수입되어 농가에 공급하고 있는 실정이다.

폐면을 이용한 느타리버섯 재배농가의 증가로 폐면의 수요가 급증함에 따라 폐면 수입상들의 무분별한 수입과 산지에서의 국내 업체들간의 과다경쟁 구매 등은 국내 폐면 가격의 상승요인으로 작용하여 재배농가의 생산비 부담을 증가시키고 있으며, 저질의 수입 폐면을 사용한 농가에서는 재배실패를 초래하는 등 이중으로 막대한 경제적 손실을 입는 경우가 발생하고 있다. 이런 중에 국내 외환사정

의 악화로 최근 IMF의 국가경제 관리 체제하에 들어감에 따라 농촌에서도 농작물 재배에 있어 생산비용의 급등으로 농가 또한 막대한 타격을 입고 있다. 몇몇 농가를 대상으로 폐면의 구입가격을 조사한 결과, 1997년도에는 300-310원/kg 이었던 것이 1998년 초 IMF 직후에는 450원/kg까지 급등하였으며 조사시점인 1998년 6월에는 어느 정도 가격이 안정되어 340원/kg을 유지하는 것으로 나타났으나 전년대비 약 10%의 가격상승을 보였다.

농산물의 수입개방화에 대처하고 우리 농촌의 경쟁력을 키우기 위해서는 저 생산원가로 고품질의 농산물을 생산할 수 있는 새로운 농법의 개발이 시급한 실정에 있다. 농촌의 고소득 작목 중에 하나로 자리잡고 있는 느타리버섯 재배에 있어서도 부존자원이 부족한 우리 나라의 현실을 감안하면 배지원료의 부족현상은 날로 심화될 것이며, 이것은 원료의 가격상승을 가져와 농가의 소득감소와 직결될 것으로 예상된다. 따라서, 느타리버섯 재배에 있어서 현재 사용하고 있는 볏짚 및 폐면을 대체할 수 있는 새로운 대체배지의 개발이 요구되고 있다.

종이는 목재섬유로부터 생산되며 식용버섯 균의 주영양원이 되는 셀룰로오스로 구성되어 있으며 문화가 발달함에 따라 종이의 소비량도 급속히 증가하고 있어 94년도에는 688여만 톤의 종이가 생산되어 소비되었다. 대량으로 소비되고 있는 종이들이 최근 국민의 자원 재활용에 대한 관심도가 높아지고 쓰레기 종량제의 실시로 재활용도가 높은 폐지의 분리수거가 정착되어 높은 수거율을 보이고 있다. 최근에는 자원의 재활용 정책의 일환으로 폐지를 사용하여 생산된 재생용지 사용의 활성화를 위해 정부 및 환경운동연합 등과 같은 단체에서 3R(REDUCE, REUSE, RECYCLE)운동을 전개하고 있다. 그러나

소비자들의 인식부족과 고급종이 선호경향이 강하여 재생용지의 수요가 일정치 않고 수요량마저 적어 폐지 재활용의 활성화에 큰 어려움을 겪고 있는 것이 현실이며, 1994년도에는 320여만 톤의 종이가 재활용되지 못하고 쓰레기로 분류되어 소각되었다.

본 연구에서는 느타리버섯 재배에 있어 배지 원료 난을 타개하기 위하여 볏짚 및 폐면을 대체할 수 있는 새로운 배지원료의 개발에 주요 목표를 두고 셀룰로오스가 풍부한 폐지를 재활용한 느타리버섯 재배 가능성에 대하여 조사하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 제 1 차년도

가. 배지원료용 최적 폐지 선별

- 폐지 종류별 물리적 특성 조사 : 흡수성 및 기공도, 펄프의 종류 및 구성비 등
- 폐지 종류별 화학적 특성 조사 : 제지 첨가제의 종류 및 첨가량, 인쇄잉크의 조성 등

나. 배지 제조법 개발

- 최적 폐지 가공법 조사 : 고해법, 세절법 등에 의하여 가공된 배지에서의 느타리버섯 생육상태 조사
- 최적 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량 조사 : 미강, 밀기울 등 첨가 영양원의 종류 및 첨가량별 느타리버섯 생육상태 조사

다. 버섯의 안전성 검사

- 버섯 중에 인쇄 잉크성분의 집적여부 조사

2. 제 2 차년도

가. 최적 재배양식 선별 및 입병작업의 기계화 검토

- 재배양식 : 병재배, 봉지재배
- 병재배 : 폐지와 톱밥의 혼합재배법 검토, 입병작업의 기계화 가능성 조사
- 봉지재배 : 폐지와 폐송의 혼합재배법 검토

나. 버섯의 인체 무해성 조사

- 인쇄 잉크성분이외에 발암물질(수은, 납 등) 등 유해성분 함유 여부 조사

다. 폐지가공의 기계화 검토

- 배지의 대량생산을 위한 폐지 가공의 기계화 공정 검토

라. 재배기술의 확립 및 경제성 검토

- 농가재배를 통한 재현성 조사
- 기존의 재배법과 비교하여 경제성 검토

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 제 1 차년도(1996-1997)

1) 배지 원료용 최적 배지 선발

가) 종류별 폐지 수집

1996년도 우리 나라의 지류 수급상황을 조사한 결과, 전체 지류생산량 3,773,217 M/T중에서 신문용지가 1,183,322 M/T, 백상지를 비롯한 인쇄용지가 1,487,986 M/T이 각각 생산, 소비되어 전체 약 71%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 배지 원료용 최적의 배지를 선발하기 위하여 지류 중에서 비교적 대량으로 생산되어 소비되고 있으며, 또한 대량으로 분리수거가 용이한 폐신문지와 백상지(폐복사지 및 폐프린터용지)를 수집하여 물리 및 화학적 성질을 조사하였다.

나) 폐지 종류별 물리적 특성

상법에 준하여 수집한 폐신문지 및 백상지를 대상으로 수분의 흡수량 및 흡수속도를 비롯한 물리적 특성을 조사하였다. 지류의 물리적 성질중에서 특히 배지원료로서 갖추어야 할 가장 중요한 성질중에 하나인 수분에 대한 흡수량 및 흡수속도를 비교하면 폐신문지가 백상지에 비하여 매우 우수하였다. 특히 배지의 수분조절시 수분의 균일한 분포속도와 밀접한 관계가 있는 흡수속도에 있어서는 폐신문

지가 백상지에 비하여 약 4배 빠른 것으로 나타났다. 이것은 신문용지의 경우 일반 지류와는 달리 내수성 향상을 위하여 첨가하는 사이즈제를 첨가하지 않기 때문에 수분과의 친화력이 백상지에 비하여 우수하다는 것을 나타내며, 따라서 폐신문지가 배지원료로 사용하기에는 백상지에 비하여 매우 적합하다는 사실을 알 수 있다.

현재 국내 제지회사에서 생산하고 있는 신문용지 및 백상지의 원료펄프의 종류 및 구성비를 조사한 결과, 신문용지의 경우에는 90% 이상을 수입 폐신문지, 국산 폐신문지, 잡지 등 재생펄프를 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 백상지의 경우에는 100% 표백 크라프트 펄프 즉, 버진펄프를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

다) 폐지 종류별 화학적 특성

국내 제지회사에서 적용하고 있는 제지 첨가제의 종류 및 첨가량을 조사한 결과, 고급지인 백상지의 경우에는 지력을 증가시키고 미세섬유의 보류 및 흡수성을 개선시키기 위하여 filler, 보류제, 사이즈제 등의 약품을 첨가하여 제조하고 있으나, 신문용지의 경우에는 전혀 첨가제를 사용하지 않고 100% 재생펄프만을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 폐신문지의 경우 배지의 원료로 사용하였을 경우 버섯 균사의 생육에 미치는 제지 첨가제의 영향이 전혀 없을 것으로 판단되며, 따라서 백상지에 비하여 폐신문지가 배지원료로서 적합함을 알 수 있었다.

신문 인쇄용 잉크의 조성을 조사하였다. 잉크 조성성분중에서 가장 높은 비율을 차지하고 있는 광물유는 석유를 350℃ 이상에서 증류하여 얻어지는 스피들유, 머신유, 모빌유 등으로 주로 신문이나 주간지 등의 윤전인쇄용 또는 등사판용 잉크에 사용되고 있다. 최근

국내 일간지중에는 이들 광물유 대신에 대두유와 같은 식물유를 사용하고 있는 것으로 알려져 있다. 흑색안료인 카본블랙은 천연가스를 불완전 연소시켜 얻어지는 흑색의 미세한 분말이며, 길소나이트는 탄소와 탄화수소가 주성분인 천연산의 흑색의 석탄상 물질이다. 그밖에 흑색잉크의 보색을 위하여 알카리 블루 토너와 같은 보색안료가 소량 첨가되고 있다. 이상과 같이 신문 인쇄용 잉크는 주로 C, H, O로 이루어진 성분들로 구성되어 있으며 중금속류는 전혀 함유되어 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 잉크의 건조성을 향상시키기 위하여 망간, 납, 아연, 칼슘 등을 함유한 건조제를 소량 첨가하는 경우가 있으나, 이전에 널리 사용되었던 납은 현재 사용이 금지되어 있다.

라) 배지원료용 최적 배지 선발

이상의 조사결과와 함께 기타 다른 종이류에 비하여 단일 紙種으로서 신문용지의 생산 및 소비량이 많고, 특히 최근 자원의 재활용 운동에 힘입어 일반 단독주택뿐만 아니라 대단위의 아파트 단지를 중심으로 동질의 폐신문지가 대량으로 분리수거되고 있는 점 등을 고려하여 지속적이고 안정적인 공급측면에서 폐신문지를 가장 적합한 느타리버섯 재배를 위한 배지원료용 폐지로 선발하였다.

2) 배지 제조법 개발

폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배용 배지 제조법을 개발하기 위하여 공시종균으로 느타리버섯중에서 여름시기를 제외하고 일반 재배농가에서 연중 주로 재배하고 있는 저온성 품종인 원형느타리버섯을 이용한 병재배를 통하여 조사하였다.

가) 최적 폐지 가공법 조사

수집한 폐신문지를 고해법과 세절법에 의해 2종류의 형상으로 가공하여 사용하였다. 고해법에 의한 가공은 먼저 폐신문지를 벨리비터(valley beater)를 사용하여 약 10분간 섬유상태로 해리시킨 후, 탈수시켜 젖은 상태에서 윌리 밀로 작은 섬유덩어리 상태로 만들어 배지제조에 사용하였다. 세절법에 의한 가공은 제본용 대형 절단기를 사용하여 폭 약 5mm가 되도록 절단하여 사용하였다. 배지는 각각의 가공 폐신문지에 영양원으로서 미강을 폐신문지 기건중량의 50%를 첨가하고 함수율을 습량기준 65%로 조정하여 제조하였으며, 이들 배지를 배양병(850ml)당 450g이 되도록 입병하였다. 그리고 가공된 폐신문지별 배지상에서의 균사의 생육일수, 초발이 일수, 자실체 수확일수(갓직경 2cm이상의 자실체가 50%이상이 되는 시기), 자실체 수량(갓직경 2cm이상), 자실체 생중량 등의 차이를 조사하여 최적의 폐신문지 가공방법을 조사하였다.

폐신문지의 가공방법에 따른 느타리 버섯의 균사 생육일수, 초발이 일수 및 자실체 수확일수를 조사·비교하였다. 그 결과, 먼저 배양병 전체에 균사가 만연하는 데 소요된 균사의 생육일수를 비교하면, 고해법의 경우 약 11.4일, 세절법의 경우 약 13.2일을 나타내어 고해법으로 가공한 배지에서 균사의 생육속도가 빠른 것으로 나타났다. 반면에 자실체 수확일수에 있어서는 고해가공이 32.4일, 세절가공이 31.0일을 각각 나타내어 균사 생육일수와는 달리 세절가공에서 다소 빠른 경향을 보였다.

폐신문지 가공 방법 별 배양병당 발생한 자실체의 총 개수 및 갓 직경이 2cm이상인 자실체 개수를 조사하였다. 고해가공 배지에서는 배양병당 평균 32.3개의 자실체가 발생하여 그중에서 갓 직경이

2cm 이상이 되는 것이 약 11.7개로 약 36%를 차지하였다. 세절가공 배지에서는 자실체의 총발생수 22.8개, 갓직경 2cm이상이 약 8.4개로 약 37%를 차지하여 자실체 총발생수 및 갓직경 2cm이상의 자실체수는 세절가공에 비하여 고해가공 배지에서 좋은 결과를 보였다. 한편, 갓직경 2cm이상의 자실체가 차지하는 비율은 2종류의 배지에서 거의 동일하였다.

버섯의 수확량과 직결되는 자실체의 생중량을 조사한 결과, 배양병당 자실체의 평균 생중량은 평균 52.4g을 보인 세절가공 배지에 비하여 자실체의 발생수가 많은 고해가공 배지에서 약 44% 증수된 평균 75.2g을 보였다.

이상의 결과로부터 폐신문지를 이용한 느타리 버섯 재배에 있어 폐신문지의 가공방법으로서는 버섯의 수확일수에서는 약 1.4일 늦은 것으로 나타났으나, 자실체 발생수, 자실체 수확량 등에서 좋은 결과를 보인 고해가공이 최적의 가공방법임이 밝혀졌다. 이와 같이 세절가공에 비하여 고해가공 배지에서 좋은 결과가 얻어진 것은 고해가공 폐신문지의 경우 미세한 섬유상태로 해리된 섬유 덩어리의 배지 형상을 나타내어 동일 배지중량에 있어 세절가공에 비하여 공극율이 높고 통기성이 양호하여 버섯균사의 생육에 좋은 조건을 갖추었기 때문으로 판단된다.

나) 최적 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량

가공 폐신문지를 이용한 배지제조시 첨가할 영양원으로는 대량으로 생산되어 구입이 용이할 뿐만 아니라 일반 병재배시 주로 첨가하고 있는 미강 및 밀기울에 대하여 조사하였다. 첨가량으로는 가공폐지의 기건중량에 대하여 각각 40, 50, 60, 70, 80%를 적용하여 가공

폐신문지별로 배지를 제조하였으며, 이들 배지중에서의 버섯의 생육 상태를 조사하여 최적의 첨가제 및 첨가량을 검토하였다.

가공 폐신문지 및 영양원의 종류, 영양원의 첨가량별 균사의 생육 일수를 조사한 결과를 비교하면, 먼저 폐신문지의 가공방법과 영양원의 종류 및 첨가량과의 관계에서는 고해가공 배지에서 영양원의 종류 및 첨가량과는 관계없이 모두 세절가공 배지에 비하여 빠른 균사의 생육속도를 보여 가)항에서 검토한 바와 같이 폐신문지의 가공 방법은 고해가공이 최적임이 입증되었다. 영양원 종류별 균사의 생육 일수를 비교하면 전체적으로 밀기울에 비하여 미강에서 짧은 생육 일수를 보였으나 고해가공 배지의 경우 영양원 첨가율 80%에서는 미강에 비하여 밀기울에서 균사의 생육이 평균 약 2.2일 빠른 경향을 보였다.

영양원 첨가량과의 관계를 살펴보면, 첨가량이 증가할수록 균사의 생육일수가 짧아지는 경향을 보였으나 미강을 첨가한 고해가공 배지에서는 전 첨가량 범위에 걸쳐 최소 11일에서 최대 11.4일의 일정한 생육일수를 보였다.

영양원의 종류 및 첨가량과 초발이 일수와의 관계를 나타낸 것으로 밀기울에 비하여 미강을 영양원으로 첨가한 배지에서 빠른 원기 발생을 보였다. 영양원 첨가량과의 관계를 살펴보면, 첨가량이 증가할수록 원기발생도 빠른 경향을 보였으나 미강첨가의 경우 첨가율 60% 부터는 세절가공 배지에서 평균 24일, 고해가공 배지에서 평균 25일의 일정한 초발이 일수를 보여 첨가량 증가에 따른 초발이 일수의 단축은 보이지 않았다. 한편 미강 및 밀기울 첨가 고해가공 배지에 비하여 늦은 균사의 생육일수를 나타내었던 미강 첨가 세절가공 배지에서는 이들 고해가공 배지에 비하여 약 1일 정도 빠른 원기 발

생을 보였다.

자실체의 수확일수는 초발이 일수와 같은 경향을 나타냈다. 즉, 가장 빠른 원기발생을 보였던 미강 첨가 세절가공 배지에서 종균 접종 후 약 30일째에 갖직경이 2cm이상인 자실체가 전체 자실체 발생수의 50%를 넘는 가장 빠른 자실체 생육을 보였다.

첨가 영양원별로 자실체 수를 비교하면 밀기울에 비하여 미강에서 많은 수의 자실체가 발생한 것을 알 수 있으며, 폐신문지의 가공방법에서도 차이가 나타나 고해가공 배지에서 세절가공 배지에 비하여 자실체의 발생이 많았다. 특히 자실체의 발생이 많았던 고해가공 배지에서의 미강 첨가량과 자실체 발생수와의 관계를 살펴보면 첨가량의 증가와 함께 자실체의 발생수도 증가하여 첨가율 40%에서는 배양병당 평균 12.8개였던 것이 80%에서는 평균 약 41.3개의 자실체가 발생하였다.

수확된 자실체의 생중량을 조사한 결과, 자실체의 발생수가 많았던 미강 첨가 고해가공 배지에서 다른 배지에 비하여 배양병당 수확량이 현저하게 많은 것을 알 수 있으며 첨가량이 많을수록 생중량 역시 증가하였다. 특히 같은 미강을 영양원으로 첨가하더라도 배지의 형상에 따라 차이가 현저하게 나타나 세절가공 배지에 비하여 고해가공 배지에서 최소 28%(첨가율 40%)에서 최대 153%(첨가율 70%)의 증수효과를 보였다.

이상의 결과를 종합적으로 검토해 본 결과, 폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배에서 최적 영양원 첨가제는 미강이며 첨가량은 가공 폐신문지의 기건중량에 대하여 60-70%가 적절한 것으로 판단되었다. 미강 첨가량을 일본에서 느타리버섯 톱밥 병재배에 적용하고 있

는 수치와 비교하면, 일본에서는 850ml 병재배(입병량 약 460g)시 미강을 약 100g을 혼합하고 있으며, 이것은 습량기준 함수율 63%인 습윤배지 460g의 약 22%에 해당하는 양이다. 본 실험에서 밝혀진 최적 미강 첨가량인 가공폐지 기건중량 기준 60%는 습윤배지 450g의 약 13%에 해당하는 양으로 톱밥 병재배에 비하여 적은 양임을 알 수 있으며, 버섯 수확량은 일본에서 느타리버섯 톱밥 병재배시 기준으로 삼고 있는 배양병당 약 100g에 가까운 95-110g 전후의 자실체가 수확되어 매우 양호한 결과를 얻었다.

다) 배지의 특성 및 최적 살균법

배지의 특성중에서 배지제조시 가장 중요한 수분에 대한 흡수성을 조사하였다. 폐신문지의 가공형상별 흡수성을 조사하기 위하여 배지제조시 첨가한 물의 흡수상태를 관찰한 결과 고해법으로 가공한 배지에서 빠른 흡수속도를 보였다. 이것은 고해가공한 폐신문지의 경우 미세한 섬유상태로 해리되어 있어 수분과 접촉하는 비표면적이 넓어짐과 동시에 섬유덩어리 상태로 되어 있어 수분 통도성이 세절법으로 가공한 것에 비하여 향상되었기 때문으로 판단된다. 또한 영양원 첨가제인 미강과의 혼합성을 조사하기 위하여 입병작업 후에 외부로부터 배양병 측면을 관찰한 결과, 세절가공 폐신문지에 비하여 미강의 분포가 균일한 것을 알 수 있었다.

최적 살균법의 검토는 느타리버섯의 병재배를 통하여 고품질의 버섯생산을 위한 폐지의 이용에 주요 연구목적을 두고 연구를 수행하였기 때문에 현재 일반 병재배시 적용하고 있으며 살균시간이 짧고 잡균의 오염을 최대한 방지할 수 있는 고압살균법을 적용하여 연구를 수행한 결과, 온도 120℃, 압력 1-1.5kg/cm², 시간 30분의 살균조

건에서 잡균오염을 충분히 방지할 수 있었다.

3) 버섯의 안전성 조사

버섯의 유해성 여부를 조사하기 위하여 고해가공 폐신문지에 미강 70%를 첨가한 배지상에서 재배한 원형느타리버섯의 자실체를 수확한 후, 즉시 동결건조시켜 상법에 준하여 분석시료를 조제한 후 잉크의 건조제 성분으로 함유되어 있을 가능성이 높은 Mn, Zn, Ca, Cr, Pb 등을 대상으로 ICP분석을 실시하였다. 또한 일반 재배농가에서 벗짚재배한 동일 품종의 버섯을 구입하여 동일 조건하에서 분석하여 비교하였다.

분석 결과, Zn의 경우 일반 재배농가에서 재배한 버섯에 비하여 폐신문지로 재배한 버섯에서 약간 높은 수치를 보였으나, Mn, Ca, Cr, Pb 등은 오히려 낮은 수치를 나타내었다. 이들 결과로 부터 폐신문지상의 잉크성분들이 느타리버섯의 자실체 내부로 흡착되어 잔류되어 있을 가능성은 전혀 없는 것으로 생각되며, 식용에는 어떤 문제도 없을 것으로 판단된다.

나. 제 2 차년도(1997-1998)

1) 최적 재배양식 선발

가) 병재배

(1) 입병량의 차이에 따른 느타리버섯의 생육상태 조사

가공 폐신문지를 이용한 병재배에 있어 입병량의 차이에 따른 느타리버섯의 생육상태를 검토하기 위하여 균사의 생육일수, 초발일수, 수확일수, 생중량 등을 조사하였다. 일반 톱밥 병재배시 입병

량이 평균 500-550g인 점, 가공폐신문지의 중량당 용적비가 톱밥에 비하여 높은 점 등을 고려하여 가공폐신문지 배지의 입병량을 450, 500, 550g의 3종류로 분류하여 조사하였다. 또한 폐신문지의 가공방법, 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량별로 조사하였으나 가장 양호한 생육상태를 보인 고해가공 배지의 미강 첨가율 60, 70, 80%에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

입병량과 군사의 생육일수와의 관계는 입병량이 증가할수록 배양병 전체에 군사가 만연하는데 소요된 군사의 생육일수도 증가하여 미강 첨가율 60%의 경우를 비교하면 입병량 450g에서는 평균 11.4일이 소요되었으나 입병량 550g에서는 평균 15일이 소요되었다. 이와 같이 입병량의 증가와 함께 군사의 생육이 둔화되는 것은 섬유덩어리 상태인 가공 폐신문지의 경우 중량 당 용적비가 높아 입병량이 많아질수록 배지간의 공극 및 통기성이 줄어들어 군사의 신장생장이 억제되었기 때문으로 판단된다. 영양원 첨가율과의 관계를 살펴보면, 입병량 450g의 경우에는 거의 차이가 없었으나 입병량 500g과 550g에서는 영양원 첨가율이 증가할수록 군사의 생육일수도 증가하였다. 이것은 일반 병재배의 경우 영양원 첨가량이 많으면 오히려 군사의 생육속도가 저하된다고 알려져 있는 사실과 일치하고 있다.

군사 만연 후 1주일간 후배양시킨 다음 균검기를 실시한 배지에서 초발이일수를 조사한 결과, 입병량 및 영양원 첨가량이 많아질수록 종균접종일을 기준으로 하면 군사 생육일수가 증가한 만큼 초발이에 소요된 일수 일수 역시 증가하였으며 입병량 450g에서 가장 빠른 원기발생을 보였다. 영양원 첨가량 별에 있어서는 입병량 450g에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 입병량 500g과 550g의 경

우에는 첨가량 80%에서 가장 늦은 원기 발생을 보였다.

전체 자실체중에서 갓직경 2cm이상인 자실체가 50%이상이 되는 시점을 기준으로 자실체 수확일수를 조사하였다. 종균 접종일을 기준으로 하여 입병량과의 관계를 보면 미강 첨가율 70%일 때 450g의 경우 31.6일, 550g의 경우 34.7일을 보여 입병량이 적을수록 자실체 수확이 빨랐다. 또한 미강 첨가율과의 관계를 보면 입병량 500g일 때 첨가율 60%의 경우 31.3일, 80%의 경우 33.2일을 보여 첨가량이 적을수록 자실체의 수확일이 짧았다. 한편 초발이일을 기준으로 자실체의 수확일수를 살펴보면, 원기발생 후 최소 6일에서 최대 7.3일만에 전체 자실체중에서 50%이상이 갓직경 2cm이상에 달했으며 입병량과는 어떤 일정한 경향을 보이지 않았으나 영양원 첨가량과는 첨가율 80% 배지에서 60% 배지에 비하여 평균 약 0.6일에서 1일 빠른 자실체의 생육을 보였다.

입병량과 배양병당 자실체 발생수와의 관계에서는 입병량이 많을수록 배지량이 많기 때문에 최종 자실체 수확까지의 기간은 길었으나 발생한 자실체의 수는 증가하였다. 또한 미강 첨가량과의 관계를 살펴보면 다소 이상치를 보였으나 60%를 첨가한 배지에 비하여 70% 및 80%를 첨가한 배지에서 자실체의 발생이 많았다. 입병량 450g에서와는 달리 500g과 550g에서 미강 첨가율 70% 및 80% 사이에 역의 관계가 나타난 것은 배지의 입병량이 많아 배양병당 자실체의 생육에 필요한 영양원이 충분하여 첨가율 70% 및 80% 사이에 자실체의 생육에 영향을 미칠 정도로 영양원의 양에 큰 차이가 없었기 때문으로 판단된다.

배양병당 수확된 자실체의 평균 생중량을 조사하였다. 먼저 입병량과의 관계를 살펴보면, 미강 첨가율이 작은 60%에서는 입병량의

증가와 함께 자실체의 생중량도 증가하여 450g에서 배양병당 평균 약 95g의 자실체가 수확되었으나 550g에서는 평균 약 114.8g의 수확량을 보였다. 그러나 비교적 미강 첨가량이 많은 70% 및 80%의 첨가율에서는 입병량사이에 뚜렷한 자실체 생중량의 증가를 보이지 않았다. 미강 첨가량과의 관계를 보면 입병량이 적은 450g에서는 미강 첨가율의 증가와 함께 자실체의 생중량도 뚜렷한 증가를 보였으나 입병량이 많은 500g과 550g에서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이것은 전술한 바와 같이 입병량이 많아짐에 따라 자실체 생육에 필요한 영양원이 충분하여 60-80%사이의 미강 첨가율의 차이가 자실체의 생육에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 판단된다.

이상의 느타리버섯 균사의 생육일수, 초발이 일수, 자실체 수확일수, 자실체 수, 자실체 생중량 등의 결과를 종합적으로 검토해 볼 때, 폐신문지를 이용한 느타리버섯 병재배에 있어 폐신문지 가공방법은 고해법, 영양원 첨가제는 미강, 첨가율은 가공폐신문지의 기건중량에 대하여 약 60-70%, 입병량은 약 450-500g 등이 가장 적합한 재배방법이라고 판단된다.

(2) 가공 폐신문지와 톱밥 혼합배지의 병재배법 검토

고해가공한 폐신문지와 톱밥을 일정 비율로 혼합한 배지를 이용하여 느타리버섯의 병재배법을 검토하였다. 영양원으로는 미강을 첨가하였으며 배지와 미강의 혼합비율은 일반 톱밥 병재배시 적용하고 있는 배지 : 미강 = 80 : 20과 미강 혼합비를 증가시킨 배지 : 미강 = 70 : 30의 2종류에 대하여 검토하였다. 입병작업은 입병기에 의한 기계화 가능성 조사를 위하여 충청남도 농촌진흥원에서 보유하고 있

는 진동식 입병기를 사용하여 입병작업을 실시하였다.

(가) 입병기에 의한 입병작업의 기계화 검토

고해가공 폐신문지에 미강을 첨가한 배지 및 고해가공 폐신문지에 일정 비율로 톱밥을 혼합하고 미강을 첨가한 배지에 대하여 입병기에 의한 입병작업을 실시한 결과, 모두 일반 톱밥배지의 입병작업시와 마찬가지로 입병작업이 순조롭게 진행됨을 알 수 있었다.

그러나, 폐신문지와 톱밥의 혼합비율 및 미강 첨가율에 따라 입병량에 차이가 있음이 밝혀졌으며, 톱밥 혼합비율 별로 입병량을 측정 한 결과, 톱밥만의 배지에서는 일반 병재배의 입병량과 거의 동일한 입병량(500-550g/병)을 나타냈으나 폐신문지의 비율이 증가할수록 입병량은 감소하여 폐신문지만의 배지에서는 평균 450g/병 전후를 나타내어 1차년도에 검토했던 최소 입병량과 거의 일치함을 알 수 있었다. 이와 같이 동일한 방법으로 입병기에 의해 입병작업을 해도 가공 폐신문지의 비율이 증가함에 따라 입병량이 작아지는 것은 성유 덩어리 상태인 가공 폐신문지가 톱밥에 비하여 비중이 낮아 동일 중량당 용적비가 크기 때문이다. 또한 미강 혼합비가 증가할수록 입병량이 증가한 것은 미강이 톱밥에 비하여 비중이 크기 때문에 나타난 결과라고 할 수 있다.

(나) 가공 폐신문지와 톱밥의 혼합배지에서의 느타리버섯 생육상태 조사

고해가공 폐신문지에 톱밥을 일정비율로 혼합하고 영양원으로서 미강을 20% 첨가한 배지에서의 버섯의 생육상태를 조사하였다.

먼저 균사의 생육일수를 살펴보면, 톱밥만으로 제조한 배지에서는

군사가 배양병 전체에 만연하는데 평균 약 18일이 소요되었으나 고해가공 폐신문지 배지에서는 평균 약 24.5일이 걸려 톱밥배지에 비하여 약 1주일가량 늦게 군사가 만연되었다. 고해가공 폐신문지만의 배지의 경우 입병량이 평균 약 450.3g으로 가), (1)항에서 설명하였던 입병량과 거의 동일하나 군사의 생육상태에서는 다른 양상을 보여 가), (1)항의 실험결과에서는 군사의 생육일수가 평균 약 11 - 11.4일이었으나 이번 실험에서는 평균 24.5일로 약 2주일 가량 늦은 결과를 보였다. 이와 같이 고해가공 폐신문지 배지에서 군사의 생육이 늦어진 이유를 면밀히 검토한 결과, 다음과 같은 사실이 발견되었다. 입병작업을 완료한 배양병에 대하여 주의깊게 조사한 결과, 고해가공 폐신문지만으로 제조한 배지의 경우 진동식 입병기에 의한 입병작업은 일반 톱밥배지에서와 같이 순조롭게 이루어지지만, 입병된 배지상태에 있어 배양병의 목과 몸통부위 사이(폭이 좁은 부위에서 넓어지는 부위)에서 내부에는 배지가 균일하게 입병되어 있지만 배양병의 표면과 접하는 부위에서 균일한 입병이 이루어지지 못하고 일부 배지가 채워지지 않은 빈 공간이 발생되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 종균 접종 후, 초기에는 배양병 표면을 따라 군사의 신장생장이 빠르게 진행되다가 이 부분에 이르러 발생된 배지간의 간격때문에 신장생장이 일시 둔화되어 전체적으로 군사의 생육일수가 늘어나는 결과를 초래한 것으로 조사되었다. 그러나 군사의 생육이 이 부분을 넘어가면 군사의 신장생장이 다시 매우 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. 초발이 일수 및 자실체 수확일수도 군사의 생육일수가 길었던 고해가공 폐신문지 배지에서 톱밥배지에 비하여 길었다. 폐신문지를 이용한 병재배에 있어 입병작업시 발생하는 이러한 문제점은 진동식이 아닌 피스톤식 또는 스크류식의 입병기를 이용하

면 해결될 것으로 판단되며 앞으로 검토할 필요성이 있다고 생각된다.

고해가공 폐신문지에 톱밥을 혼합하여 제조한 혼합배지에서의 버섯의 생육상태를 살펴보면, 톱밥의 혼합비율 20%에서 이상 결과치가 나타났으나 톱밥의 혼합비율이 증가함에 따라 버섯의 생육상태도 좋아져 톱밥 혼합비율 60%에서는 각각 균사 생육일수 18.3일, 초발이 일수 31.4일, 자실체 수확일수 39.2일을 나타내어 톱밥 단독배지와 거의 같거나 약간 빠른 생육상태를 보여 고해가공 폐신문지만의 배지에서 나타났던 문제점이 해결되었다. 이와 같은 결과는 가공 폐신문지에 비하여 입자 크기가 작은 톱밥이 혼합됨에 따라 배지의 입병상태가 균일해졌기 때문으로 판단된다.

한편, 고해가공 폐신문지만을 사용하여 제조한 배지에서 톱밥단독배지에 비하여 균사의 생육일은 길지만 원기발생은 빠르다는 것을 알 수 있었다. 양 배지간에 균사의 생육일수의 차이는 약 6.5일로 고해가공 폐신문지 배지에서 늦은 균사생육을 보였으나, 초발이 일수의 차이는 약 1.5일로 좁아져 전체 버섯의 수확일수에서는 약 1.4일의 차이밖에 보이지 않았다. 이 관계를 좀더 명확하게 나타내기 위하여 균긋기 작업 후 초발이 및 자실체의 수확일까지 소요된 기간을 조사하였다. 먼저 초발이 일수를 비교하면 톱밥배지에서는 균긋기 작업 후 약 6.8일만에 원기발생을 보였으나, 고해가공 폐신문지 배지에서는 약 4.2일만에 원기가 발생되어 평균 약 2.6일의 빠른 경향을 보였다. 톱밥 혼합비율간에는 혼합비율 30%에서 약 7.8일로 톱밥배지에 비하여 늦었으나 다른 혼합비율에서는 같거나 빠른 원기발생을 보였다. 이와 같이 가공 폐신문지가 혼합되어 있는 배지에서 빠른 원기발생을 보인 것은 톱밥에 비하여 비표면적이 넓은 섬유 덩어리

상태의 가공 폐신문지의 입자사이에서 균사밀도가 매우 높은 균사체가 형성되어, 이 균사체로부터 원기발생이 유도되었기 때문으로 생각된다.

각 배지에서의 자실체 발생개수를 조사하였다. 고해가공 폐신문지 배지에서는 평균 31.8개의 자실체가 발생한 반면, 톱밥배지에서는 평균 18.3개가 발생하여 폐신문지 배지에서 많은 수의 자실체 발생을 보였다. 또한 혼합배지에서도 톱밥배지에서의 거의 같거나 많은 자실체의 발생을 보였다.

또한 배양병당 수확된 자실체의 생중량을 조사한 결과, 가공 폐신문지 배지의 경우 배양병당 평균 88.1g의 버섯이 수확되어 톱밥배지의 평균 82.3g에 비하여 약간 많은 버섯 수확량을 보였고, 다른 혼합배지에서는 톱밥 혼합비율 20% 및 30%에서 톱밥배지에 비하여 약간 낮은 수확량을 보였을 뿐 모두 수확량이 많았다. 그러나 톱밥 혼합비율별로 입병량에 차이가 있었던 것을 고려하여, 배지 100g당 수확량을 살펴보면 톱밥배지에 비하여 모든 혼합비율에서 수확량이 많은 것을 알 수 있었다. 예를 들면 가공 폐신문지 배지 100g으로 약 19.6g의 버섯을 수확한 반면 톱밥배지 100g으로는 약 15.7g의 버섯이 수확된 결과가 되어 가공 폐신문지에 의한 느타리버섯의 재배는 경제성면에서도 매우 밝은 전망을 기대할 수 있을 것으로 생각되며 다른 혼합배지에서도 모두 톱밥배지에 비하여 많은 수확량을 보였다.

미강 첨가비율을 30%로 하여 실험한 결과, 먼저 버섯의 생육상태를 살펴보면 미강 첨가비율을 20%로 하였을 경우와는 달리 가공 폐신문지 배지에서 다른 배지에 비하여 양호한 생육상태를 보였다. 이것은 가공 폐신문지 배지의 경우 작은 입자상태의 미강이 많이 첨가

됨에 따라 미강 첨가비율 20%에서 나타났던 배양병 목과 몸통부위 사이에 서의 배지의 불균일한 입병상태가 개선되어 균사의 신장생장이 원활하게 이루어졌기 때문으로 생각된다. 반면에 톱밥의 혼합비율이 증가함에 따라 생육상태가 불량해진 것은 일반적으로 톱밥 병재배에서 영양원 첨가량이 많으면 많을수록 버섯의 생육이 느려진다는 사실과 같은 결과라고 추측된다. 자실체 수확량에 있어서는 배지 100g을 기준으로 수확량을 비교하면, 배지 입병량이 톱밥만의 배지에 비하여 적었던 폐신문지와 톱밥의 혼합배지에서 다소 많은 수확량을 보였다.

(다) 폐신문지와 톱밥의 혼합배지를 이용한 느타리버섯의 최적 병재배법

이상의 결과를 통하여 고해가공 폐신문지와 톱밥의 혼합배지를 이용한 느타리버섯의 병재배에 있어서 최적 재배방법을 검토해 보면 다음과 같다.

가공 폐신문지만을 이용한 재배의 경우 입병작업시 배양병 목부위에서 균일한 입병이 이루어지지 않아 균사의 생육이 지연되는 문제점을 야기시킬 수 있으나, 원기의 발생이 톱밥배지에 비하여 빨라 버섯 수확시기가 거의 동일하게 될 뿐만 아니라 버섯 수확량면에 있어서도 배지중량당 톱밥배지에 비하여 양호하기 때문에 폐신문지만을 이용한 느타리버섯의 병재배의 가능성은 매우 높다고 판단된다. 영양원 첨가량은 폐신문지 : 미강을 80 : 20으로 첨가하는 것이 70 : 30으로 첨가하는 것에 비하여 버섯 수확일수, 수확량면에서 유리한 것으로 조사되었다. 또한 톱밥을 혼합할 경우에는 폐신문지 : 톱밥 : 미강의 비율을 40-20 : 40-60 : 20으로 하는 것이 버섯의 생육이나

수확량면에서 바람직할 것으로 판단된다.

나) 봉지재배

폐신문지를 이용한 느타리버섯의 봉지재배를 검토하기 위하여 폐솜과의 혼합재배를 실시하였다. 폐솜의 혼합비율은 각각 중량기준 30%, 50%, 70%, 100%(폐솜만의 배지, 비교구)로 하였으며 가공 폐신문지와 폐솜 혼합배지에는 영양원은 첨가하지 않았다. 배지는 40×60cm크기의 폴리에틸렌제의 비닐봉지에 습량기준 함수율 약 75%로 조정된 배지 5kg을 넣고 온도 121℃, 압력 1-1.5kgf/cm²의 멸균 조건하에서 60분간 증기멸균하여 제조하였다. 제조한 배지를 냉각시킨 후 배지 표면에 톱밥중균을 균일하게 산포하여 봉지배지 전체에 균사가 만연될 때까지의 기간(균사생육일수), 초발이 일수, 자실체 수확일수 등을 비교하여 각 배지에서의 균사의 생육상태를 조사하였다. 균사의 배양은 25±1℃, 습도 80%이상의 항온항습실에서 하였으며 버섯발생 유도는 균사만연 후 배지에 수분을 충분히 공급하고 15±1℃, 습도 90%이상의 조건을 갖춘 재배사에서 실시하였다.

폐신문지와 폐솜의 혼합배지에서의 느타리버섯의 생육상태를 조사한 결과, 폐솜 혼합비율간에 배지전체에 균사가 만연될 때까지의 균사생육일수를 비교하면, 폐솜의 혼합비율이 증가할수록 균사생육일수가 짧아져 혼합비율 70%에서 가장 짧은 평균 27일의 생육일수를 나타냈으며 비교구인 폐솜만의 배지에서의 균사생육일수 44일에 비하여 약 17일의 빠른 균사생육을 보여 폐솜에 폐신문지를 혼합함으로써 균사의 생육일수가 짧아짐을 알 수 있었다. 그러나 모든 배지에서의 균사의 생육일수는 폐솜 균상재배에서 가장 바람직한 균사생육일수로 권장되고 있는 15-20일에 비하면 매우 느리다는 것을 알

수 있다. 이와 같이 군사의 생육일수가 길어진 것은 일반 군상재배의 경우 군상의 높이를 약 20-30cm로 하고 종균재식에 있어 층별 또는 혼합재식을 하여 종균의 접종량이 많은 반면에 본 실험에서는 높이 20cm, 직경 18cm로 제조한 봉지배지의 표면에만 종균접종을 실시하였기 때문에 군상재배에 비하여 군사의 생육에 많은 기간이 필요했던 것으로 판단된다. 원기발생 및 자실체 수확까지의 기간 역시 군사의 생육일수와 같은 경향을 보여 폐신문지에 폐송을 70% 혼합한 배지에서 가장 빨랐으며 특히, 폐송만을 이용하여 제조한 배지에 비하여 초발이일수는 20일, 자실체 수확일수는 19일 빠른 경향을 보였다. 폐신문지에 폐송을 30% 혼합한 배지의 경우 군사생육 및 원기발생에 있어서는 대조구인 폐송만의 배지에 비하여 빠른 경향을 보였으나 자실체 수확일수는 길어져 원기발생 후 자실체 생육에는 부적합한 혼합비율임을 알 수 있다. 폐신문지와 폐송을 50%씩 혼합한 배지의 경우에는 폐송을 70% 혼합한 배지에 비하여 다소 늦은 버섯의 생육상태를 보였으나 폐송만의 배지에 비해서는 전체적으로 약 10일의 빠른 생육상태를 나타내었다. 한편, 이러한 결과를 원형느타리버섯의 일반적 생육상태와 비교를 하면 45일 내외로 알려져 있는 초발이 일수의 경우 폐송 혼합비율 50%와 70%의 배지에서는 각각 42일과 35일로 다소 빠른 초발이 일수를 보였으며 버섯 수확시기 역시 일반적으로 알려져 있는 52일에 비하여 각각 50일과 42일만에 수확이 되어 빠른 생육상태를 보인 것을 알 수 있다. 반면에 폐송만의 배지에서는 초발이 및 수확에 있어 일반적 기간에 비하여 10일 정도 늦은 것으로 나타났다.

각 봉지배지에서 수확된 자실체의 생중량을 수확 주기별로 조사하였다. 폐송 30% 혼합배지에서는 3주기, 50% 혼합배지에서는 4주기,

70% 혼합배지 및 100% 폐송만의 배지에서는 5주기에 걸쳐 수확되어 폐송의 혼합비율이 감소할수록 수확주기도 감소하였다. 먼저 폐송 혼합비율별로 주기별 수확량을 비교하면 1주기째에는 30% 혼합배지에서 가장 좋은 수량을 보였으나 2주기째 부터의 수확량에 있어서는 폐송의 혼합비율의 증가와 함께 수확량도 많아져 100% 폐송만의 배지에서 가장 많은 수확량을 보였다. 총 수확량을 비교하면 100% 폐송배지에서 가장 많은 평균 약 1,156.6g/봉지의 수확량을 보였으며, 이어서 70% 폐송 혼합배지에서 1095.6/봉지, 50% 폐송 혼합배지에서 803.6g/봉지 이 각각 수확되었다.

이상의 수확량을 농가에서 재배하고 있는 원형느타리의 벚짚 균상재배의 수확량과 비교하면, 벚짚 배지량이 평당 60kg일 경우 버섯은 평당 약 55.2kg이 수확(농촌진흥청-한국방송공사 공동주최, '95하반기 영농공개강좌, 느타리버섯 재배 교재 참고)되어 벚짚 배지 기건중량 1kg당 약 920g의 버섯이 수확되는 것이 된다. 본 실험에서 수행한 폐송 단독 또는 폐신문지-폐송 혼합배지의 경우에는 습량기준 함유율 75%인 5kg의 봉지 당 각각 1156.6g(폐송 100%배지), 1095.6g(폐송 70%혼합배지)이 수확되어 이것을 기건중량(배지 제조 전 기건 함유율 5.2%) 배지 1kg 당 수확량으로 환산하면 각각 879.5g, 833.1g이 되어 벚짚 균상재배에 비하여 다소 감소한 수확량을 보였으나 새로운 폐지-폐송 혼합배지에 의한 느타리버섯 재배 가능성은 매우 높은 것으로 판단된다.

2) 버섯의 인체 무해성 조사

1차년도에 조사했던 버섯내로의 폐신문지중의 인쇄 잉크성분의 집적여부 이외에 폐신문지를 이용하여 재배한 느타리버섯의 식용으로

서의 안전성을 보다 명확하게 밝히기 위하여 발
암물질로 취급되고 있는 수은과 납에 대하여 공인 분석기관인 한국
화학시험연구원에 분석을 의뢰하였다. 분석은 폐신문지 단독, 폐신문
지 : 톱밥 = 50 : 50, 톱밥 단독의 3종류의 배지에서 병재배한 버섯
에 대하여 실시하였다. 분석 결과, 3종류의 배지에서 재배한 버섯에
서는 수은 및 납이 전혀 검출되지 않아 식용에는 어떠한 문제도 없
음이 밝혀졌다.

3) 폐신문지 가공의 기계화 검토

느타리버섯 재배용 배지의 대량생산을 위한 폐지 가공의 기계화를
위해 습식법과 건식법의 2종류의 가공법을 검토하였으며 기계화 가
능성은 매우 높은 것으로 밝혀졌다. 현재 (주)신동방에서 건식법에
의한 섬유상태의 가공폐지의 대량생산이 이루어지고 있어 배지원료
로서 가공폐지의 대량공급은 가능하다.

4) 재배기술의 확립 및 경제성 검토

가) 농가재배를 통한 재현성 조사

가공 폐지를 이용한 느타리버섯 재배의 재현성을 조사하기 위하여
버섯 재배농가(충남 공주시 반포면, 이유찬)의 재배사내에서 현장재
배를 실시하였다. 배지는 폐지 단독배지, 폐지와 톱밥의 혼합 배지,
톱밥 단독배지의 3종류에 대하여 병 재배를 실시한 후 동일한 종류
의 배지에서 얻어졌던 실험실에서의 결과와 비교하여 현장에서의 재
현성을 조사하였다.

현장재배에서 얻어진 결과를 실험실에서의 재배 결과인 2차년도
(2)의 (나)항(가공 폐지와 톱밥의 혼합배지에서의 느타리버섯 생육상

태 조사)의 결과와 비교해 보면, 먼저 자실체 수확일수의 경우에는 실험실 재배에서는 각각의 배지에서 평균 39.9일(툽밥배지), 39.8일(폐지와 툽밥 혼합배지), 41.3일(폐지배지)을 보였으나 현장재배에서는 3종류의 배지에서 평균 38.6일에서 39.4일을 보여 다소 빠른 수확이 가능하였다. 특히 폐지만으로 제조한 배지에서는 현장재배에서 평균 2.7일의 빠른 수확을 보였다. 또한 자실체 수확량에서는 실험실에서의 재배에 비하여 현장재배에서 병 당 평균 약 10-20g 많은 수확량을 보였으며, 특히 폐지의 배지에서 가장 많은 수확량을 보여 실험실에서 재배한 결과와 같은 경향을 보였다.

따라서 이상의 결과로부터 실험실 재배사에서 얻어진 결과가 일반 재배농가에서의 현장재배에서도 동일하게 나타나 폐지를 이용한 느타리버섯 재배의 현장 적용 가능성은 매우 높다고 판단된다.

나) 경제성 검토

폐지를 이용한 느타리버섯 재배법의 경제성을 검토하기 위하여 일반 재배농가에서 구입하여 사용하고 있는 배지원료의 가격을 조사하여 폐지의 가격과 비교하였다. 현재 느타리버섯 재배농가에서 가장 많이 배지 원료로 사용하고 있는 폐쇄 및 볏짚과 폐지의 원료가격을 비교하면 폐지 가격이 폐쇄이나 볏짚의 약 1/10에 지나지 않아 단순히 원료가격만을 비교해도 경제성은 충분히 있을 것으로 생각된다. 그러나 폐지의 경우에는 그대로 배지로 사용할 수 없기 때문에 가공 단계를 거쳐야 하는 점에서 가공비용을 고려하면 다소 원료가격이 상승할 것으로 판단되나, 현 단계에서 가공비용을 산출하기에는 어려움이 있어 앞으로 폐지를 이용한 느타리버섯 재배를 위해서 좀더 검토해야 할 과제라고 생각된다.

생산면에서 경제성을 검토해 보면, 앞으로 재배농가의 경쟁력을 확보하기 위해서는 느타리버섯의 量産보다는 良質의 버섯 생산으로 전환해야 할 시점에 와 있다. 농산물 시장에서 판매되고 있는 원형 느타리 버섯의 가격을 조사한 결과, 갓직경 약 2cm 정도의 양질의 버섯의 경우에는 200g 팩으로 포장되어 1,200원에 판매되고 있는 반면에 동일한 원형느타리 버섯일지라도 갓이 크고 대가 길어 질이 떨어지는 버섯의 경우에는 2kg의 비닐봉지 포장되어 8,000원에 판매되고 있어 버섯 품질에 따라 kg 당 약 2,000원의 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 앞으로 느타리버섯 재배에 있어서 기존의 벗짚이나 폐송을 이용한 균상재배만을 고집하기 보다는 버섯재배에 있어 우리나라보다 선진국이라 할 수 있는 일본의 예에서 볼 수 있듯이 병재배로의 전환을 서둘러야 할 것으로 판단된다. 일본의 경우 병재배만을 고수하고 있는 것은 벗짚이나 폐송을 이용한 재배법이 개발되어 있지 않기 때문이 아니라 양보다는 질을 우선시하는 재배농민 및 소비자의 의식 때문이라고 할 수 있다. 이러한 상황에서 앞으로 우리나라의 느타리버섯 생산에 있어서 병재배를 통한 양질의 버섯 생산으로 전환해야 할 시기를 눈앞에 두고 가공폐지는 수확기간이나 수확량 면에서 톱밥배지에 비하여 우수한 결과를 보여 톱밥을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 경제적으로도 충분한 가치가 있는 병재배용 배지 원료로 본 연구를 통하여 밝혀졌다. 또한 폐송을 이용한 균상재배에 있어서도 폐송과 혼합하여 사용할 경우에 폐송만의 배지에 비하여 초발이 일수가 빨라져 전체적으로 수확기간을 단축할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

이상 느타리버섯의 재배측면에서의 단순한 경제성뿐만 아니라 폐지를 재활용함으로써 얻어질 수 있는 가장 큰 경제적인 이점은 수거

되고 있는 폐지의 재활용도를 높혀 국가의 자원절약 정책에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 문화 발달에 비례하여 종이의 소비량이 증가하고 이에 따라 발생하는 폐지량도 증가함에 따라 이들 폐지를 느타리버섯 재배용 배지원료로 안정적이고 지속적으로 재배농가에 공급함으로써 농가의 경제적인 안정을 도모할 수 있는 이점 또한 매우 클 것으로 판단된다.

2. 활용에 대한 건의

앞으로 느타리버섯 재배농가의 소득증대를 위해서는 대량생산보다는 양질의 버섯 생산으로 전환해야 할 시점에 와 있다. 현재의 벚짚이나 폐솜을 이용한 균상재배의 경우에는 열악한 재배환경으로 인하여 많은 농가에서는 병충해에 의한 피해로 경제적 타격을 입고 있을 뿐만 아니라 배지 원료인 벚짚이나 폐솜의 가격상승 등으로 2중고를 겪고 있는 실정이다.

따라서 버섯 재배농가의 정부지원 사업에 있어서 양질의 버섯을 생산할 수 있는 느타리버섯의 병재배로의 전환을 유도해야 할 것으로 생각된다. 이렇게 함으로서 본 연구개발 결과 새로운 느타리버섯 재배용 배지로의 가능성이 밝혀진 폐신문지 등 폐지를 활용한 재배가 보급될 수 있고, 더불어 국가의 폐자원의 재활용 정책의 활성화 및 재배농가의 소득증대를 동시에 성취할 수 있을 것으로 생각된다.

SUMMARY

The edible mushroom cultivation to be one of the important income sources of farmhouses increases. Because the consumption of the pollution-free natural mushroom is largely increased with altering dietary culture according to an economical growth and the improvement of life style.

Rice straw and waste cotton were mainly used for medium materials of the *Pleurotus ostreatus*(*P. ostreatus*) cultivation. However, the fact is that development of substitute for medium materials of mushroom is urgently required because a rise in their price caused by a rise in farmhouse and a scarcity of the goods.

A paper is made from wooden fiber and composed of cellulose which is used as a major nutrient for a fungus of edible mushroom. In addition, the amount of produced waste paper is largely increased according as the consumption of paper is rapidly increased with an advanced of culture.

This study was conducted for re-application of waste paper and for evaluation to develop new medium materials to substitute for rice straw and waste-cotton to overcome the problem of medium shortage. The results are followed.

The 1st year

1. The selection of optimum waste paper for medium materials

The old news paper was much better than fine paper for the amount and rate of the moisture absorption as key properties for the medium material. It showed especially that the moisture absorption rate of the old newspaper was 4 times faster than that of fine paper. As the investigation for additives of various kinds of waste papers, fine paper was found that chemicals such as fillers, retention aid and sizing agents were added in the manufacturing of fine paper but no chemicals were added in the making of newsprint. Therefore, old newspaper was selected for optimum medium of the *P. ostreatus* cultivation from above results.

2. Development of medium preparation

The collected old newspapers were processed by beating and cutting methods, and the difference of mycelial growth of the *P. ostreatus* examined. Days required for mycelial growth of the *P. ostreatus* was about 11.4 days in beating processed old newspaper and 13.2 days in cutting processed old newspaper, respectively. The growing rate of the *P. ostreatus* was faster by beating method than by cutting method. The beating processed old newspaper had a better producibility of the fruiting body than in cutting processed old newspaper to be shown that the numbers of the produced fruiting body per cultivation bottle as a mean value was 32.3 in beating processing and 22.8 in cutting processing, respectively. The mean weight of the fruiting body per cultivation bottle was shown 75.2g in beating processed old newspaper and 52.4g in cutting processed old newspaper. It was 44%

more heavier in beating than in cutting method. From above the results, the beating method was verified as the optimum processing of old newspaper for this research.

3. The optimum nutrients and the amount of addition

The mycelial growth, fruiting body formation and yield with various kinds of nutrients was better in rice bran than wheat bran. The more addition of the rice bran, the faster growth of the mushroom. The amount of addition of the rice bran was suitable 60~70% of the weight of the old newspaper as dry base.

4. The optimum sterilization of media

Autoclaving was the optimum method to prevent contamination and to short sterilization processing.

5. Safety of the mushroom

By ICP analysis, the contents of manganese, zinc, calcium, chromium and lead as the component of drying agent of printing ink in newspapers of the mushroom were shown lower value than those of the mushroom in cultivation of rice straw. Therefore, it is an conclusion that there are no problems to be edible usage.

The 2nd year

1. Selection of optimum cultivation

1) Cultivation in bottle

(1) Mechanization of bottling

It was concluded that bottling could be mechanized with the beating processed old newspaper medium as the same as sawdust medium.

(2) The optimum weight in bottling process

The period of mycelial growth, fruiting body formation and yield and fresh weight of mushroom was examined to investigate growing state of mushroom with different weight of bottling such as 450g, 500g and 550g. From the results, 450-500g in bottling was the optimum value which can have the same yields as 500-550g in sawdust bottle cultivation.

(3) Bottle cultivation with the beating processed old newspaper and sawdust mixture media

The bottle cultivation was tested for the growing state of the mushroom with the mixture of sawdust and beating processed old newspaper at certain levels. The mixture ratio of 40 : 40 : 20 or 20 : 60 : 20 for old newspaper, sawdust and rice bran showed good results in growing and yields of mushroom.

2) Vinyl bag cultivation

The mixture cultivation of beating processed old newspaper and waste cotton was conducted to evaluate the vinyl bag cultivation of the old newspaper. Addition of 70%(w/w) of waste cotton to processed old newspaper showed little lower amount of yield but showed better mycelial growth, fruiting body formation and period of yield than cultivation in waste cotton medium only. Therefore, it was found that vinyl bag cultivation of the mixture of old newspaper and waste cotton showed highly capability for mushroom cultivation.

2. Innoxiousness of mushroom

For all cultivated mushroom with processed old newspaper media, lead and hydrargyrum known as a carcinogenesis agent was analyzed to clearly verified as edible mushroom. Those were not detected so that cultivated *P. ostreatus* with old newspaper media was no problem for food.

3. The mechanization of waste paper processing

The waste paper processing to be scale up for the medium of the cultivation of the *P. ostreatus* was verified to be mechanized by wetting and drying method and the processed waste paper by drying method was already produced from Shin-dongbang Ltd.

4. Farmhouse cultivation

The farmhouse cultivation with processed old newspaper were practically conducted to investigate repeatability. The results from the farmhouse were the same as those from the lab. Therefore, the practical application of the *P. ostreatus* cultivation using old newspaper was highly recommended.

5. Economical benefits

To estimation of economical benefits of mushroom cultivation using old newspaper, price of medium materials was investigated. The prices of rice straw, waste cotton and waste paper were 330-350won, 310-340won and 30-40won per kg, respectively. It showed that the price of waste paper was about 10 times lower than that of rice straw and waste cotton were mainly used for medium materials of *P. ostreatus* cultivation. Therefore, It is expected that *P. ostreatus* cultivation using old newspaper is more economical than that using rice straw or waste cotton. Furthermore, in the economical aspect of national resources, re-application of waste matters is very desirable.

CONTENTS

Korean summary	2
Objective and importance	2
Research contents and scope	5
Results and recommendation	7
English summary	31
English contents	35
Contents	37
I. Introduction	39
II. Subject	42
1. Selection of optimum waste paper for medium material	42
2. Development of medium preparation	47
3. Investigation of adsorption of ink ingredient in fruiting body	60
4. Selection of optimum method of cultivation	61
5. Investigation of innocuousness for food	82

6. Investigation of mechanization for old newspaper processing	83
7. Establishment of cultivation and economic analysis	86
III. Conclusion	90
Reference	95

목 차

제출문	1
요약문	2
연구개발의 목표 및 중요성	2
연구내용 및 범위	5
연구개발 결과 및 활용에 대한 건의	7
영문요약	31
영문목차	35
목차	37
제 1 장 서 론	39
제 2 장 본 론	42
제 1 절 배지 원료용 최적 폐지 선발	42
제 2 절 배지 제조법 개발	47
제 3 절 버섯의 안전성 조사	60
제 4 절 최적 재배양식 선발	61
제 5 절 버섯의 인체 무해성 조사	82
제 6 절 폐신문지 가공의 기계화 검토	83
제 7 절 재배기술의 확립 및 경제성 검토	86

제 3 장 결 론	90
참고문헌	95

제 1 장 서 론

높은 경제성장과 국민 소득수준의 향상에 따른 식생활 문화의 변화로 무공해 천연식품인 버섯의 소비가 크게 증가함에 따라 식용버섯 재배는 우리 농촌의 주요 소득작목으로 크게 각광을 받아 재배농가 및 생산량이 증가하고 있다. 또한 우리 서민들의 식탁에 자주 오르는 식용버섯은 다양한 미량 원소와 미네랄 성분들을 함유하고 있어 특유의 맛과 향을 지닌 식품으로, 섭취시 체중증가와 같은 부작용이 전혀 없는 저칼로리 식품이다. 따라서 최근 지방과 단백질이 다량 함유되어 있는 고칼로리 식품의 과다섭취로 인한 고혈압, 비만, 당뇨병과 같은 선진국형 병증에 대한 국민의 관심과 우려가 높아질수록 식용버섯의 소비는 날로 증가할 것으로 예상된다.

우리나라의 느타리버섯 생산동향을 살펴보면(1996년 통계), 8,420호 농가, 1,933천평의 재배면적에서 총 70,554톤이 생산되어, 현재 우리 식용버섯 생산량의 3/4이상을 차지하고 있으며 연평균 증가율이 약 15%전후에 이르는 매우 빠른 증가추세를 보이고 있다. 이와 같이 다른 식용버섯에 비하여 느타리버섯의 재배농가 및 생산량이 증가하게 된 것은 1974년 농촌진흥청에서 벗짚을 이용한 인공재배법이 개발되어 널리 보급된 이후 꾸준한 시험 및 연구와 전문화를 추구해 온 일부 농가들의 끊임없는 노력의 결과라 할 것이다.

그러나 급속한 경제성장과 더불어 도시와 농촌간의 소득격차가 커짐에 따라 농촌인구의 대도시로의 대거이동으로 농촌의 일손이 부족하게 되었다. 이러한 이농현상에 따른 농촌 노동력의 부족을 타개하기 위하여 농업 기계화가 추진되었고, 콤바인을 이용한 벼수확의 자동화로 신선한 벗짚의 회수가 어려워져 벗짚가격이 상승됨에 따라 느타리버섯의 벗짚재배는 개발초기에 얻을 수 있었던 경제적 효과를 기대하기 어렵게 되었다. 이에 따라 보다

저렴한 배지원료의 개발이 진행되어 폐면(폐습)이 벚짚의 대체원료로 등장하게 되었으며, 현재 느타리버섯 재배에 있어 폐면을 이용한 재배가 널리 확산 보급되고 있다. 폐면은 신선도가 벚짚에 비하여 높고 신선도를 육안으로 쉽게 판별할 수 있을 뿐만 아니라 작업의 기계화가 용이하여 성력화 할 수 있기 때문에 폐면재배 농가는 날로 증가하고 있다. 그러나 우리나라에서는 면생산이 전혀 안되고 있어 느타리버섯 재배용 폐면마저도 전량 외국으로부터 수입되어 농가에 공급하고 있는 실정이다.

폐면을 이용한 느타리버섯 재배농가의 증가로 폐면의 수요가 급증함에 따라 폐면 수입상들의 무분별한 수입과 산지에서의 국내 업체들간의 과다 경쟁 구매 등은 국내 폐면가격의 상승요인으로 작용하여 재배농가의 생산비 부담을 증가시키고 있으며, 저질의 수입폐면을 사용한 농가에서는 재배 실패를 초래하는 등 이중으로 막대한 경제적 손실을 입는 경우가 발생하고 있다. 이런 중에 국내 외환사정의 악화로 최근 IMF의 국가경제 관리체제하에 들어감에 따라 농촌에서도 농작물 재배에 있어 생산비용의 급등으로 농가 또한 막대한 타격을 입고 있다. 몇몇 농가를 대상으로 폐면의 구입가격을 조사한 결과, 1997년도에는 300-310원/kg 이었던 것이 1998년 초 IMF 직후에는 450원/kg까지 급등하였으며 조사시점인 1998년 6월에는 어느 정도 가격이 안정되어 340원/kg을 유지하는 것으로 나타났으나 전년대비 약 10%의 가격상승을 보였다.

농산물의 수입개방화에 대처하고 우리 농촌의 경쟁력을 키우기 위해서는 저생산원가로 고품질의 농산물을 생산할 수 있는 새로운 농법의 개발이 시급한 실정에 있다. 농촌의 고소득 작목중에 하나로 자리잡고 있는 느타리버섯 재배에 있어서도 부존자원이 부족한 우리나라의 현실을 감안하면 배지원료의 부족현상은 날로 심화될 것이며, 이것은 원료의 가격상승을 가져와 농가의 소득감소와 직결될 것으로 예상된다. 따라서, 느타리버섯 재배에 있

어서 현재 사용하고 있는 벗짚 및 폐면을 대체할 수 있는 새로운 대체배지의 개발이 요구되고 있다.

종이는 목재섬유로 부터 생산되며 식용버섯균의 주영양원이 되는 셀룰로오스로 구성되어 있으며 문화가 발달함에 따라 종이의 소비량도 급속히 증가하고 있어 94년도에는 688여만톤의 종이가 생산되어 소비되었다. 대량으로 소비되고 있는 종이들이 최근 국민의 자원 재활용에 대한 관심도가 높아지고 쓰레기 종량제의 실시로 재활용도가 높은 폐지의 분리수거가 정착되어 높은 수거율을 보이고 있다. 최근에는 자원의 재활용 정책의 일환으로 폐지를 사용하여 생산된 재생용지 사용의 활성화를 위해 정부 및 환경운동연합 등과 같은 단체에서 3R(REDUCE, REUSE, RECYCLE)운동을 전개하고 있다. 그러나 소비자들의 인식부족과 고급종이 선호경향이 강하여 재생용지의 수요가 일정치 않고 수요량마저 적어 폐지 재활용의 활성화에 큰 어려움을 겪고 있는 것이 현실이며, 1994년도에는 320여만톤의 종이가 재활용되지 못하고 쓰레기로 분류되어 소각되었다.

본 연구에서는 느타리버섯 재배에 있어 배지원료난을 타개하기 위하여 벗짚 및 폐면을 대체할 수 있는 새로운 배지원료의 개발에 주요 목표를 두고 셀룰로오스가 풍부한 폐지를 재활용한 느타리버섯 재배 가능성에 대하여 조사하였다.

제 2 장 본 론

제 1 절 배지 원료용 최적 배지 선발

1. 종류별 폐지 수집

1996년도 우리나라의 지류 수급상황을 조사한 결과를 표 1에 나타내었다. 전체 지류생산량 3,773,217 M/T중에서 신문용지가 1,183,322 M/T, 백상지를 비롯한 인쇄용지가 1,487,986 M/T이 각각 생산, 소비되어 전체 약 71%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 배지 원료용 최적의 배지를 선발하기 위하여 지류중에서 비교적 대량으로 생산되어 소비되고 있으며, 또한 대량으로 분리수거가 용이한 폐신문지와 백상지(폐복사지 및 페프린터용지)를 수집하여 물리 및 화학적 성질을 조사하였다.

2. 폐지 종류별 물리적 특성

상법에 준하여 수집한 폐신문지 및 백상지를 대상으로 수분의 흡수량 및 흡수속도를 비롯한 물리적 특성을 조사한 결과를 표 2에 나타내었다.

지류의 물리적 성질중에서 특히 배지원료로서 갖추어야 할 가장 중요한 성질중에 하나인 수분에 대한 흡수량 및 흡수속도를 비교하면 폐신문지가 백상지에 비하여 매우 우수함을 알 수 있다. 특히 배지의 수분조절시 수분의 균일한 분포속도와 밀접한 관계가 있는 흡수속도에 있어서는 폐신문지가 백상지에 비하여 약 4배 빠른 것으로 나타났다. 이것은 신문용지의 경우

일반 지류와는 달리 내수성 향상을 위하여 첨가하는 사이즈제를 첨가하지 않기 때문에 수분과의 친화력이 백상지에 비하여 우수하다는 것을 나타내며, 따라서 폐신문지가 배지원료로 사용하기에는 백상지에 비하여 매우 적합하다는 사실을 알 수 있다.

표 1. 우리나라의 지류 수급상황(1996년도)

품 명	생 산	출 하			재 고	
		내 수	수 출	계		
신 문 용 지	1,183,322	1,100,917	47,102	1,148,019	44,696	
인 쇄 용 지	백 상 지	480,592	427,893	36,132	464,025	49,629
	중 성 지	215,558	191,683	-	191,683	30,821
	편면아트지	65,919	44,165	24,259	68,424	8,953
	양면아트지	725,917	397,412	333,296	730,708	45,319
	소 계	1,487,986	1,061,153	393,687	1,454,840	134,722
크라프트지	243,259	224,528	-	224,528	24,189	
기 타 지	화 장 지	281,124	279,462	234	279,696	8,871
	박 엽 지	49,150	48,429	38	48,467	1,503
	기 타	528,376	501,496	26,000	527,496	50,566
	소 계	858,650	829,387	26,272	855,659	60,940
총 이 합 계	3,773,217	3,215,985	467,061	3,683,046	264,547	

현재 국내 제지회사에서 생산하고 있는 신문용지 및 백상지의 원료펄프의 종류 및 구성비를 조사한 결과, 신문용지의 경우에는 90% 이상을 수입 폐신문지, 국산 폐신문지, 잡지 등 재생펄프를 사용하고 있는 것으로 나타났으며, 백상지의 경우에는 100% 표백 크라프트 펄프 즉, 버진펄프를 사용하고 있는 것으로 조사되었다(표 3참조).

표 2. 폐지별 물리적 특성

	폐신문지	백상지
흡수량(g/m ²)	58.4	42.0
흡수속도(mm/10min)	188.3	48.3
기공도(sec/100cc)	49.9	13.6
밀도(g/cm ²)	1.17	1.08
평균량(g/m ²)	46.7	75.7

표 3. 지류별 펄프의 종류 및 구성비

펄프의 종류	구 성 비(%)	
	신문용지	백상지
CTMP(화학 열기계 펄프)	8	-
AONP(수입 폐신문지)	40	-
KONP(국산 폐신문지)	35	-
Magazine(잡지)	10~15	-
표백 크라프트 펄프	-	100

3. 폐지 종류별 화학적 특성

국내 제지회사에서 적용하고 있는 제지 첨가제의 종류 및 첨가량을 조사한 결과를 표 4에 나타내었다. 고급지인 백상지의 경우에는 지력을 증가시키고 미세섬유의 보류 및 흡수성을 개선시키기 위하여 filler, 보류제, 사이

즈제 등의 약품을 첨가하여 제조하고 있으나, 신문용지의 경우에는 전혀 첨가제를 사용하지 않고 100% 재생펄프만을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 이에 따라 폐신문지의 경우 배지의 원료로 사용하였을 경우 버섯 균사의 생육에 미치는 제지 첨가제의 영향이 전혀 없을 것으로 판단되며, 따라서 백상지에 비하여 폐신문지가 배지원료로서 적합함을 알 수 있다.

표 4. 지류별 제지첨가제의 종류 및 첨가량(전건펄프 중량당)

첨 가 제	첨 가 량(%)	
	신 문 용 지	백 상 지
Filler(탈크, 탄산칼슘)	0	25.0
보류제(PAM류)	0	0.1
사이즈제(AKD)	0	0.5 - 0.1
습 량 제	0	0.5

신문 인쇄용 잉크의 조성을 조사한 결과를 표 5에 나타내었다. 잉크 조성 성분중에서 가장 높은 비율을 차지하고 있는 광물유는 석유를 350℃ 이상에서 증류하여 얻어지는 스피들유, 머신유, 모빌유 등으로 주로 신문이나 주간지 등의 운전인쇄용 또는 등사판용 잉크에 사용되고 있다. 최근 국내 일간지 중에는 이들 광물유 대신에 대두유와 같은 식물유를 사용하고 있는 것으로 알려져 있다. 흑색안료인 카본블랙은 천연가스를 불완전 연소시켜 얻어지는 흑색의 미세한 분말이며, 길소나이트는 탄소와 탄화수소가 주성분인 천연산의 흑색의 석탄상 물질이다. 그밖에 흑색잉크의 보색을 위하여 알카리 블루 토너와 같은 보색안료가 소량 첨가되고 있다. 이상과 같이 신문 인쇄용 잉크는 주로 C, H, O로 이루어진 성분들로 구성되어 있으며 중금속류는 전혀 함유되어 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 잉크의 건조성을 향상시키기 위하여 망간, 납, 아연, 칼슘 등을 함유한 건조제를 소량 첨가하는 경

우가 있으나, 이전에 널리 사용되었던 납은 현재 사용이 금지되어 있다.

표 5. 신문 인쇄용 잉크의 조성

성 분	구 성 비(%)
카 본 블랙	13
보 색 안 료	3
수 지, 길소나이트	8
광 물 유	76

이상의 조사 결과와 함께 기타 다른 종이류에 비하여 단일 紙種으로서 신문용지의 생산 및 소비량이 많고, 특히 최근 자원의 재활용 운동에 힘입어 일반 단독주택뿐만 아니라 대단위의 아파트 단지를 중심으로 동질의 폐신문지가 대량으로 분리수거되고 있는 점 등을 고려하여 지속적이고 안정적인 공급측면에서 폐신문지를 가장 적합한 느타리버섯 재배를 위한 배지원료용 폐지로 선발하였다.

제 2 절 배지 제조법 개발

폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배용 배지 제조법을 개발하기 위하여 공시종균으로 느타리버섯중에서 여름시기를 제외하고 일반 재배농가에서 연중 주로 재배하고 있는 저온성 품종인 원형느타리버섯을 이용한 병재배를 통하여 조사하였다.

1. 최적 폐지 가공법 조사

수집한 폐신문지를 고해법과 세절법에 의해 2종류의 형상으로 가공하였으며, 각각의 가공된 폐신문지의 형상을 사진 1에 나타내었다.

고해법에 의한 가공은 먼저 폐신문지를 밸리비터(valley beater)를 사용하여 약 10분간 섬유상태로 해리시킨 후, 탈수시켜 젖은 상태에서 율리 밀로 작은 섬유덩어리 상태로 만들어 배지제조에 사용하였다. 세절법에 의한 가공은 제본용 대형 절단기를 사용하여 폭 약 5mm가 되도록 절단하여 사용하였다. 배지는 각각의 가공 폐신문지에 영양원으로서 미강을 폐신문지 기건중량의 50%를 첨가하고 함수율을 습량기준 65%로 조정하여 제조하였으며, 이들 배지를 배양병(850ml)당 450g이 되도록 입병하였다. 그리고 가공된 폐신문지별 배지상에서의 균사의 생육일수, 초발이 일수, 자실체 수확일수(갓직경 2cm이상의 자실체가 50%이상이 되는 시기), 자실체 수량(갓직경 2cm이상), 자실체 생중량 등의 차이를 조사하여 최적의 폐신문지 가공방법을 조사하였다.

폐신문지의 가공방법에 따른 느타리 버섯의 균사 생육일수, 초발이 일수 및 자실체 수확일수를 그림 1에 나타내었다. 먼저 배양병 전체에 균사가 만

연하는 데 소요된 균사의 생육일수를 비교하면, 고해법의 경우 약 11.4일, 세절법의 경우 약 13.2일을 나타내어 고해법으로 가공한 배지에서 균사의 생육속도가 빠른 것으로 나타났다.

반면에 자실체 수확일수에 있어서는 고해가공이 32.4일, 세절가공이 31.0일을 각각 나타내어 균사 생육일수와는 달리 세절가공에서 다소 빠른 경향을 보였다.

그림 2는 폐신문지 가공 방법 별 배양병당 발생한 자실체의 총 개수 및 갓직경이 2cm이상인 자실체 개수를 나타낸 것이다. 고해가공 배지에서는 배양병당 평균 32.3개의 자실체가 발생하여 그중에서 갓 직경이 2cm 이상이 되는 것이 약 11.7개로 약 36%를 차지하였다. 세절가공 배지에서는 자실체의 총발생수 22.8개, 갓직경 2cm이상이 약 8.4개로 약 37%를 차지하여 자실체 총발생수 및 갓직경 2cm이상의 자실체수는 세절가공에 비하여 고해가공 배지에서 좋은 결과를 보였다. 한편, 갓직경 2cm이상의 자실체가 차지하는 비율은 2종류의 배지에서 거의 동일하였다.

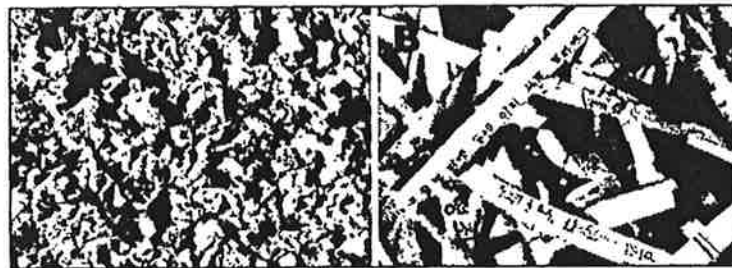


사진 1. 가공 폐신문지의 형상 (A: 고해가공, B: 세절가공)

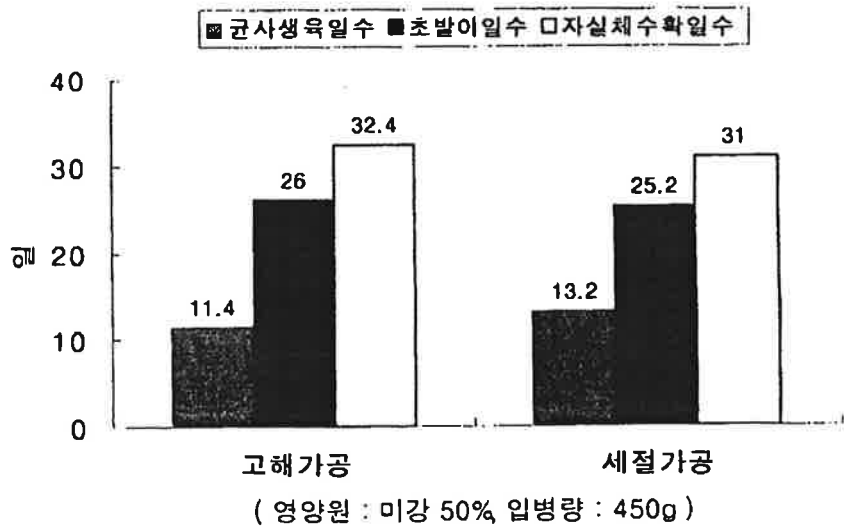


그림 1. 폐신문지의 가공방법 별 느타리 버섯의 생육상태

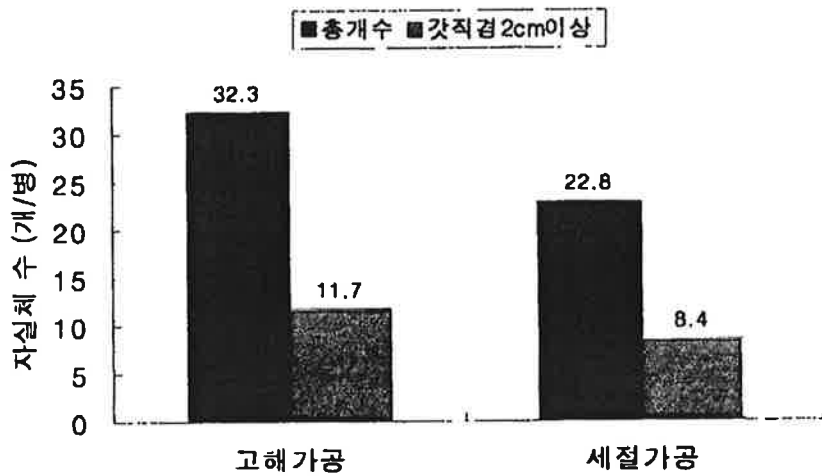


그림 2. 폐신문지의 가공방법 별 느타리 버섯의 자실체 수

버섯의 수확량과 직결되는 자실체의 생중량을 조사한 결과를 그림 3에 나타내었다. 배양병당 자실체의 평균 생중량은 평균 52.4g을 보인 세절가공 배지에 비하여 자실체의 발생수가 많은 고해가공 배지에서 약 44% 증수된 평균 75.2g을 보였다.

이상의 결과로부터 폐신문지를 이용한 느타리 버섯 재배에 있어 폐신문지의 가공방법으로서는 버섯의 수확일수에서는 약 1.4일 늦은 것으로 나타났으나, 자실체 발생수, 자실체 수확량 등에서 좋은 결과를 보인 고해가공이 최적의 가공방법임이 밝혀졌다. 이와 같이 세절가공에 비하여 고해가공 배지에서 좋은 결과가 얻어진 것은 고해가공 폐신문지의 경우 미세한 섬유상태로 해리된 섬유 덩어리의 배지형상을 나타내어 동일 배지중량에 있어 세절가공에 비하여 공극율이 높고 통기성이 양호하여 버섯균사의 생육에 좋은 조건을 갖추었기 때문으로 판단된다.

2. 최적 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량

가공 폐신문지를 이용한 배지제조시 첨가할 영양원으로는 대량으로 생산되어 구입이 용이할 뿐만 아니라 일반 병재배시 주로 첨가하고 있는 미강 및 밀기울에 대하여 조사하였다. 첨가량으로는 가공폐지의 기건중량에 대하여 각각 40, 50, 60, 70, 80%를 적용하여 가공 폐신문지별로 배지를 제조하였으며, 이들 배지중에서의 버섯의 생육상태를 조사하여 최적의 첨가제 및 첨가량을 검토하였다.

가공 폐신문지 및 영양원의 종류, 영양원의 첨가량별 균사의 생육일수를 그림 4에 나타내었다. 먼저 폐신문지의 가공방법과 영양원의 종류 및 첨가

량과의 관계를 살펴보면 고해가공 배지에서 영양원의 종류 및 첨가량과는 관계없이 모두 세절가공 배지에 비하여 빠른 균사의 생육속도를 보여 제 2 절 1항에서 검토한 바와 같이 폐신문지의 가공방법은 고해가공이 최적임이 입증되었다. 영양원 종류별 균사의 생육일수를 비교하면 전체적으로 밀기울에 비하여 미강에서 짧은 생육일수를 보였으나 고해가공 배지의 경우 영양원 첨가율 80%에서는 미강에 비하여 밀기울에서 균사의 생육이 평균 약 2.2일 빠른 경향을 보였다.

영양원 첨가량과의 관계를 살펴보면, 첨가량이 증가할수록 균사의 생육일수가 짧아지는 경향을 보였으나 미강을 첨가한 고해가공 배지에서는 전 첨가량 범위에 걸쳐 최소 11일에서 최대 11.4일의 일정한 생육일수를 보였다.

그림 5는 영양원의 종류 및 첨가량과 초발이 일수와의 관계를 나타낸 것으로 밀기울에 비하여 미강을 영양원으로 첨가한 배지에서 빠른 원기발생을 보였다. 영양원 첨가량과의 관계를 살펴보면, 첨가량이 증가할수록 원기발생도 빠른 경향을 보였으나 미강첨가의 경우 첨가율 60% 부터는 세절가공 배지에서 평균 24일, 고해가공 배지에서 평균 25일의 일정한 초발이 일수를 보여 첨가량 증가에 따른 초발이 일수의 단축은 보이지 않았다. 한편 미강 및 밀기울 첨가 고해가공 배지에 비하여 낮은 균사의 생육일수를 나타내었던 미강 첨가 세절가공 배지에서는 이들 고해가공 배지에 비하여 약 1일 정도 빠른 원기발생을 보였다.

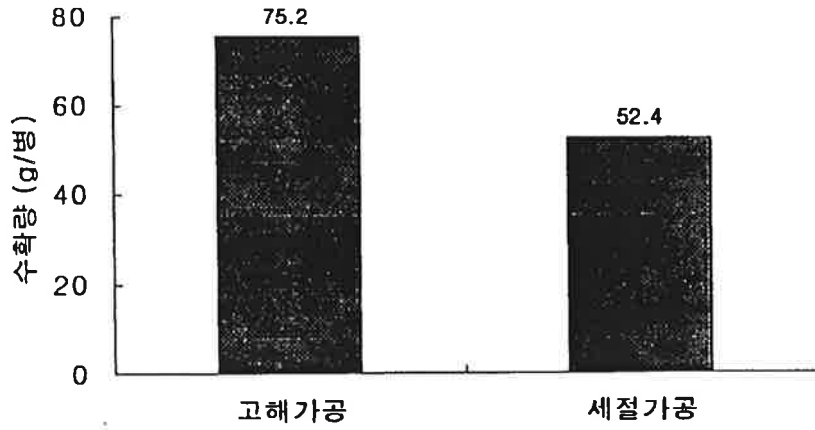


그림 3. 폐신문지의 가공방법 별 느타리 버섯의 수확량

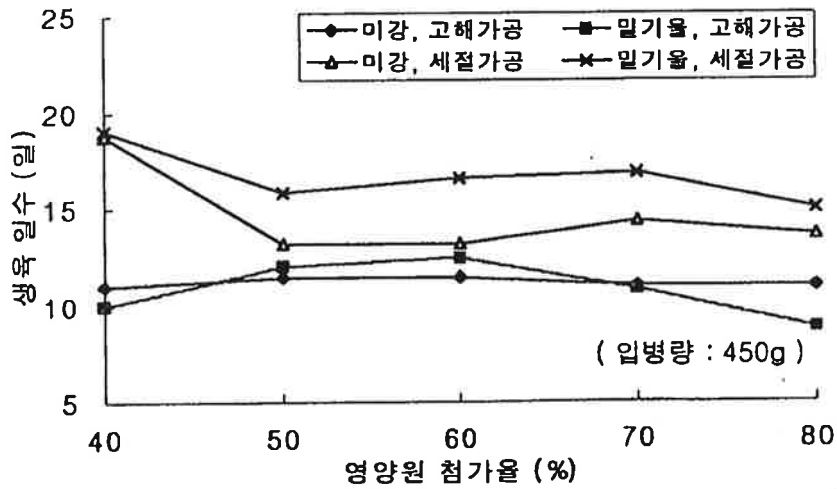


그림 4. 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량과 균사의 생육일수와의 관계

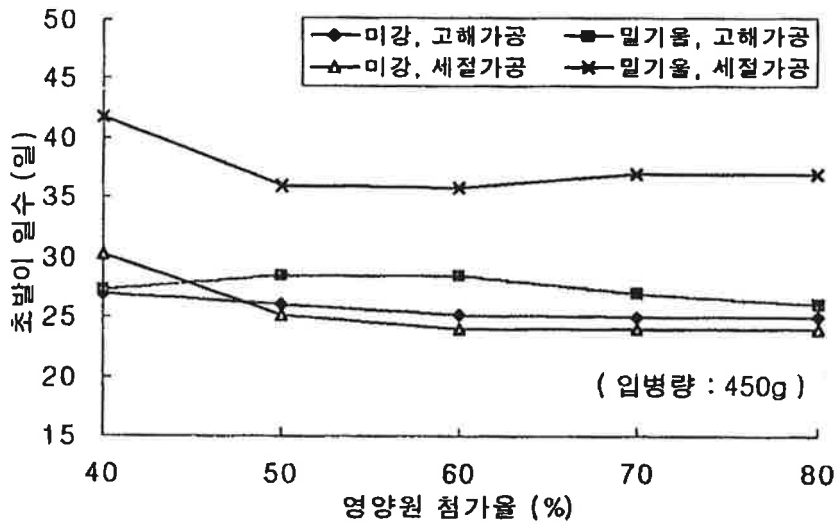


그림 5. 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량과 초발이 일수와의 관계

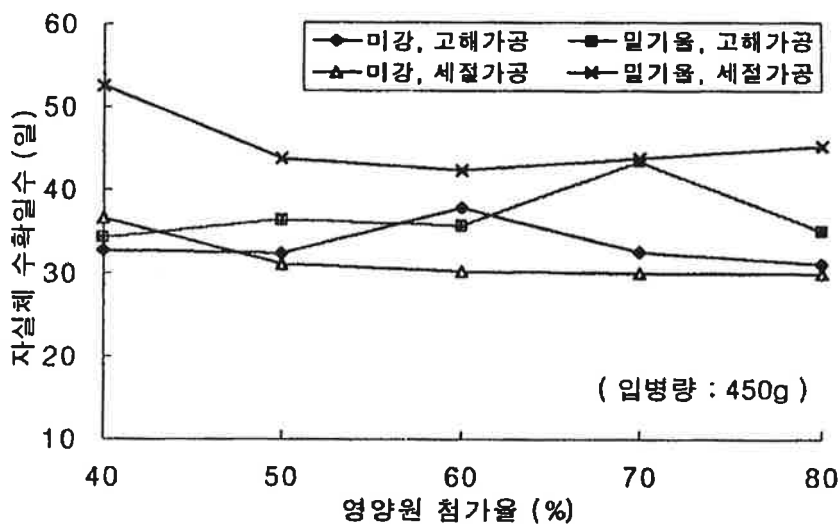


그림 6. 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량과 자실체 수확일수와의 관계

그림 6은 자실체의 수확일수를 나타낸 것으로 초발이 일수와 같은 경향을 나타냈다. 즉, 가장 빠른 원기발생을 보였던 미강 첨가 세절가공 배지에서 종균 접종 후 약 30일째에 갓직경이 2cm이상인 자실체가 전체 자실체 발생수의 50%를 넘는 가장 빠른 자실체 생육을 보였다.

배양병당 수확된 자실체의 수를 조사한 결과를 그림 7에 나타내었다. 첨가 영양원별로 자실체 수를 비교하면 밀기울에 비하여 미강에서 많은 수의 자실체가 발생한 것을 알 수 있으며, 폐신문지의 가공방법에서도 차이가 나타나 고해가공 배지에서 세절가공 배지에 비하여 자실체의 발생이 많았다. 특히 자실체의 발생이 많았던 고해가공 배지에서의 미강 첨가량과 자실체 발생수와의 관계를 살펴보면 첨가량의 증가와 함께 자실체의 발생수도 증가하여 첨가율 40%에서는 배양병당 평균 12.8개였던 것이 80%에서는 평균 약 41.3개의 자실체가 발생하였다.

수확된 자실체의 생중량을 조사한 결과를 그림 8에 나타내었다. 자실체의 발생수가 많았던 미강 첨가 고해가공 배지에서 다른 배지에 비하여 배양병당 수확량이 현저하게 많은 것을 알 수 있으며 첨가량이 많을수록 생중량 역시 증가하였다. 특히 같은 미강을 영양원으로 첨가하더라도 배지의 형상에 따라 차이가 현저하게 나타나 세절가공 배지에 비하여 고해가공 배지에서 최소 28%(첨가율 40%)에서 최대 153%(첨가율 70%)의 증수효과를 보였다. 폐신문지의 가공방법, 영양원 첨가제의 종류 및 첨가율 별로 자실체의 발생상태를 사진 2 - 5에 나타내었다.

이상의 결과를 종합적으로 검토해 본 결과, 폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배에서 최적 영양원 첨가제는 미강이며 첨가량은 가공 폐신문지의 기건중량에 대하여 60-70%가 적절한 것으로 판단되었다. 미강 첨가량을 일본에서 느타리버섯 톱밥 병재배에 적용하고 있는 수치와 비교하면, 일본에서

는 850ml 병재배(입병량 약 460g)시 미강을 약 100g을 혼합하고 있으며, 이것은 습량기준 함수율 63%인 습윤배지 460g의 약 22%에 해당하는 양이다. 본 실험에서 밝혀진 최적 미강 첨가량인 가공폐지 기건중량 기준 60%는 습윤배지 450g의 약 13%에 해당하는 양으로 톱밥 병재배에 비하여 적은 양임을 알 수 있으며, 버섯 수확량은 일본에서 느타리버섯 톱밥 병재배시 기준으로 삼고 있는 배양병당 약 100g에 가까운 95-110g 전후의 자실체가 수확되어 매우 양호한 결과를 얻었다.

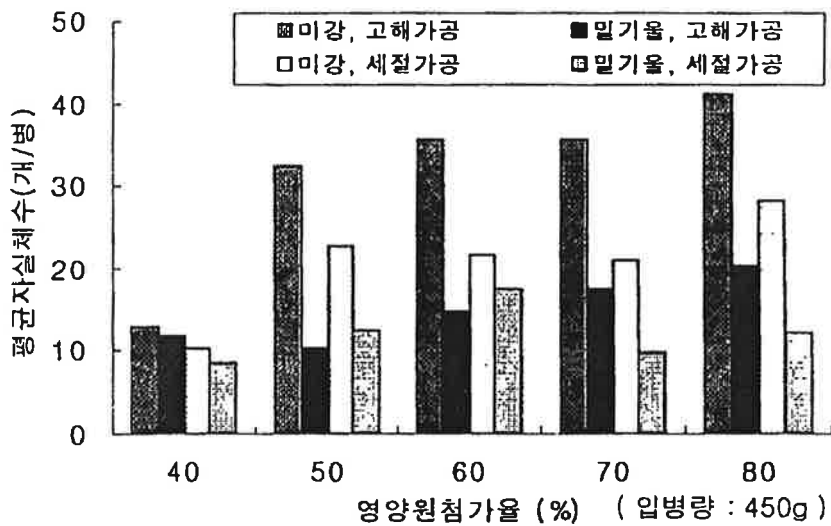


그림 7. 영양원첨가제의 종류 및 첨가량과 자실체충수와의 관계

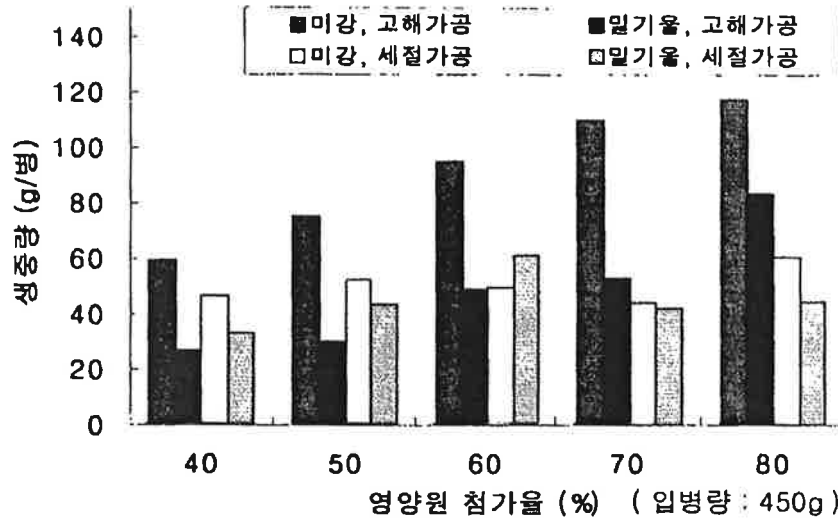


그림 8. 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량과 자실체 생중량과의 관계

3. 배지의 특성 및 최적 살균법

배지의 특성중에서 배지제조시 가장 중요한 수분에 대한 흡수성을 조사하였다. 폐신문지의 가공형상별 흡수성을 조사하기 위하여 배지 제조시 첨가한 물의 흡수상태를 관찰한 결과 고해법으로 가공한 배지에서 빠른 흡수속도를 보였다. 이것은 고해가공한 폐신문지의 경우 미세한 섬유상태로 해리되어 있어 수분과 접촉하는 비표면적이 넓어짐과 동시에 섬유덩어리 상태로 되어 있어 수분 통도성이 세절법으로 가공한 것에 비하여 향상되었기 때문으로 판단된다. 또한 영양원 첨가제인 미강과의 혼합성을 조사하기 위하여 입병작업 후에 외부로부터 배양병 측면을 관찰한 결과, 세절가공 폐신문지에 비하여 미강의 분포가 균일한 것을 알 수 있었다.

최적 살균법의 검토는 느타리버섯의 병재배를 통하여 고품질의 버섯생산을 위한 폐지의 이용에 주요 연구목적을 두고 연구를 수행하였기 때문에 현재 일반 병재배시 적용하고 있으며 살균시간이 짧고 잡균의 오염을 최대한 방지할 수 있는 고압살균법을 적용하여 연구를 수행한 결과, 온도 120℃, 압력 1-1.5kg/cm², 시간 30분의 살균조건에서 잡균오염을 충분히 방지할 수 있었다.

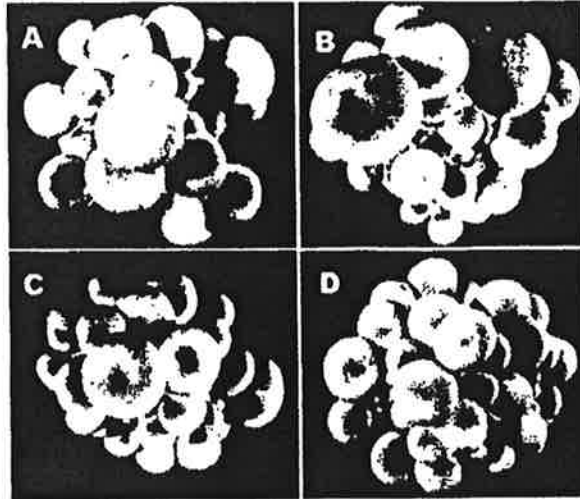


사진 2. 수확 직전의 자실체

(고해가공, 미강첨가율 A: 50%, B: 60%, C: 70%, D: 80%)

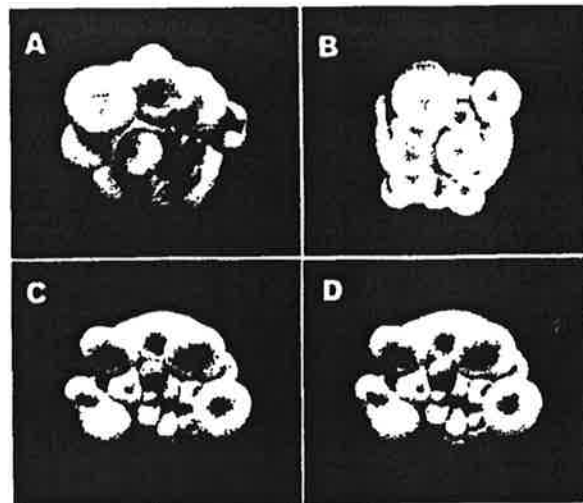


사진 3. 수확 직전의 자실체

(세절가공, 미강첨가율 A: 50%, B: 60%, C: 70%, D: 80%)

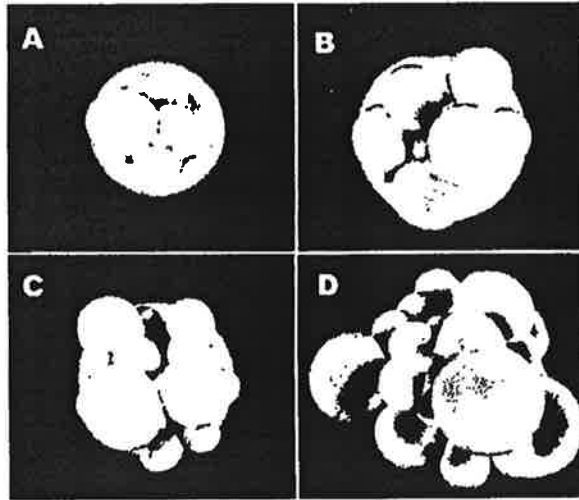


그림 4. 수확 직전의 자실체

(고해 가공, 밀기울 첨가율 A: 50%, B: 60%, C: 70%, D: 80%)

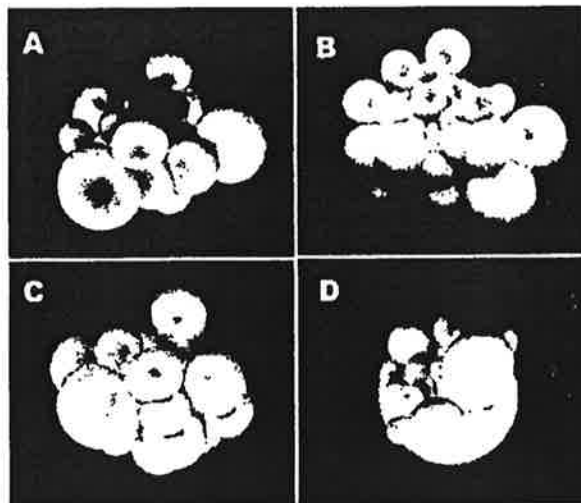


그림 5. 수확 직전의 자실체

(세절 가공, 밀기울 첨가율 A: 50%, B: 60%, C: 70%, D: 80%)

제 3 절 버섯의 안전성 조사

버섯의 유해성 여부를 조사하기 위하여 고해가공 폐신문지에 미강 70%를 첨가한 배지상에서 재배한 원형느타리버섯의 자실체를 수확한 후, 즉시 동결건조시켜 상법에 준하여 분석시료를 조제한 후 잉크의 건조제 성분으로 함유되어 있을 가능성이 높은 Mn, Zn, Ca, Cr, Pb 등을 대상으로 ICP분석을 실시하였다. 또한 일반 재배농가에서 벗짚재배한 동일 품종의 버섯을 구입하여 동일 조건하에서 분석하여 비교하였다. ICP분석 결과를 표 6에 나타내었다.

분석 결과, Zn의 경우 일반 재배농가에서 재배한 버섯에 비하여 폐신문지로 재배한 버섯에서 약간 높은 수치를 보였으나, Mn, Ca, Cr, Pb 등은 오히려 낮은 수치를 나타내었다. 이들 결과로부터 폐신문지상의 잉크성분들이 느타리버섯의 자실체 내부로 흡착되어 잔류되어 있을 가능성은 전혀 없는 것으로 생각되며, 식용에는 어떤 문제도 없을 것으로 판단된다.

표 6. 자실체 중의 잉크성분 분석결과

재 배 법	성 분(µg/g)				
	Mn	Zn	Ca	Cr	Pb
벗 짚 재 배	10.3	82.1	35.1	1.1	<0.5
폐신문지 재배	9.8	88.2	30.5	0.8	<0.5

제 4 절 최적 재배양식 선발

1. 병 재 배

가. 입병량의 차이에 따른 느타리버섯의 생육상태 조사

가공 폐신문지를 이용한 병재배에 있어 입병량의 차이에 따른 느타리버섯의 생육상태를 검토하기 위하여 군사의 생육일수, 초발이 일수, 수확일수, 생중량 등을 조사하였다. 일반 톱밥 병재배시 입병량이 평균 500-550g인 점, 가공폐신문지의 중량당 용적비가 톱밥에 비하여 높은 점 등을 고려하여 가공폐신문지 배지의 입병량을 450, 500, 550g의 3종류로 분류하여 조사하였다. 또한 폐신문지의 가공방법, 영양원 첨가제의 종류 및 첨가량별로 조사하였으나 가장 양호한 생육상태를 보인 고해가공 배지의 미강 첨가율 60, 70, 80%에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

입병량과 군사의 생육일수와의 관계를 그림 9에 나타내었다. 입병량이 증가할수록 배양병 전체에 군사가 만연하는데 소요된 군사의 생육일수도 증가하여 미강 첨가율 60%의 경우를 비교하면 입병량 450g에서는 평균 11.4일이 소요되었으나 입병량 550g에서는 평균 15일이 소요되었다. 이와 같이 입병량의 증가와 함께 군사의 생육이 둔화되는 것은 섬유 덩어리 상태인 가공 폐신문지의 경우 중량 당 용적비가 높아 입병량이 많아질수록 배지간의 공극 및 통기성이 줄어들어 군사의 신장생장이 억제되었기 때문으로 판단된다. 영양원 첨가율과의 관계를 살펴보면, 입병량 450g의 경우에는 거의 차이가 없었으나 입병량 500g과 550g에서는 영양원 첨가율이 증가할수록 군사의 생육일수도 증가하였다. 이것은 일반 병재배의 경우 영양원 첨가량이 많으면 오히려 군사의 생육속도가 저하된다고 알려져 있는 사실과 일치하고 있다.

그림 10은 군사 만연 후 1주일간 후배양시킨 다음 균궤기를 실시한 배지에서 초발이일수를 조사한 결과이다. 입병량 및 영양원 첨가량이 많아질수록 종균접종일을 기준으로 하면 군사 생육일수가 증가한 만큼 초발이에 소요된 일수 일수 역시 증가하였으며 입병량 450g에서 가장 빠른 원기발생을 보였다. 영양원 첨가량 별에 있어서는 입병량 450g에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았으나, 입병량 500g과 550g의 경우에는 첨가량 80%에서 가장 늦은 원기 발생을 보였다.

전체 자실체중에서 갓직경 2cm이상인 자실체가 50%이상인 시점을 기준으로 자실체 수확일수를 조사한 결과를 그림 11에 나타내었다. 종균 접종일을 기준으로 하여 입병량과의 관계를 보면 미강 첨가율 70%일 때 450g의 경우 31.6일, 550g의 경우 34.7일을 보여 입병량이 적을수록 자실체 수확이 빨랐다. 또한 미강 첨가율과의 관계를 보면 입병량 500g일 때 첨가율 60%의 경우 31.3일, 80%의 경우 33.2일을 보여 첨가량이 적을수록 자실체의 수확일이 짧았다. 한편 초발이일을 기준으로 자실체의 수확일수를 살펴 보면, 원기발생 후 최소 6일에서 최대 7.3일만에 전체 자실체중에서 50% 이상이 갓직경 2cm이상에 달했으며 입병량과는 어떤 일정한 경향을 보이지 않았으나 영양원 첨가량과는 첨가율 80% 배지에서 60% 배지에 비하여 평균 약 0.6일에서 1일 빠른 자실체의 생육을 보였다.

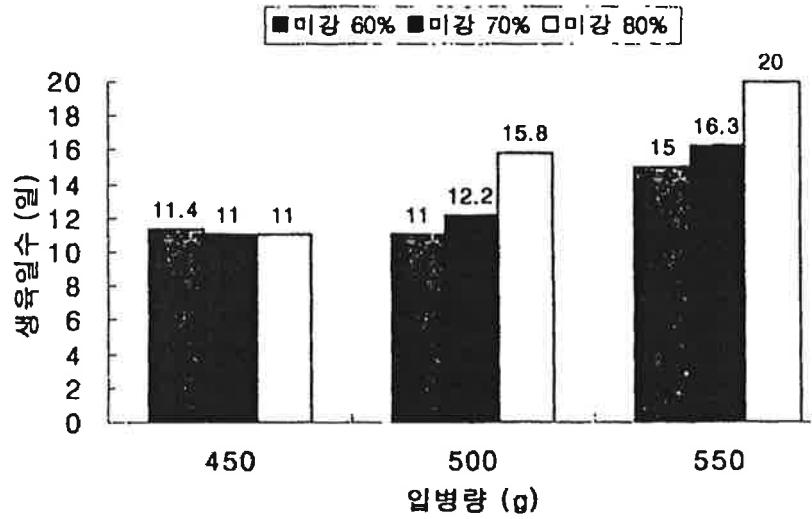


그림 9. 입병량과 군사의 생육일수와의 관계

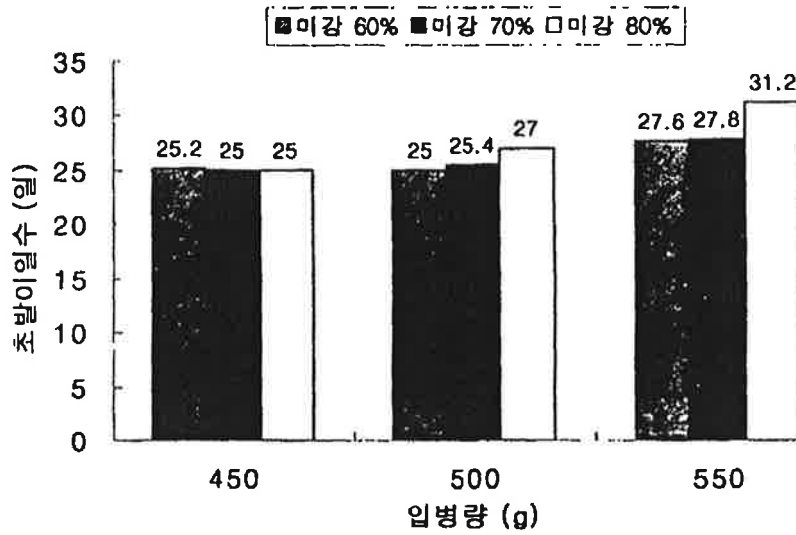


그림 10. 입병량과 초발이일수와의 관계

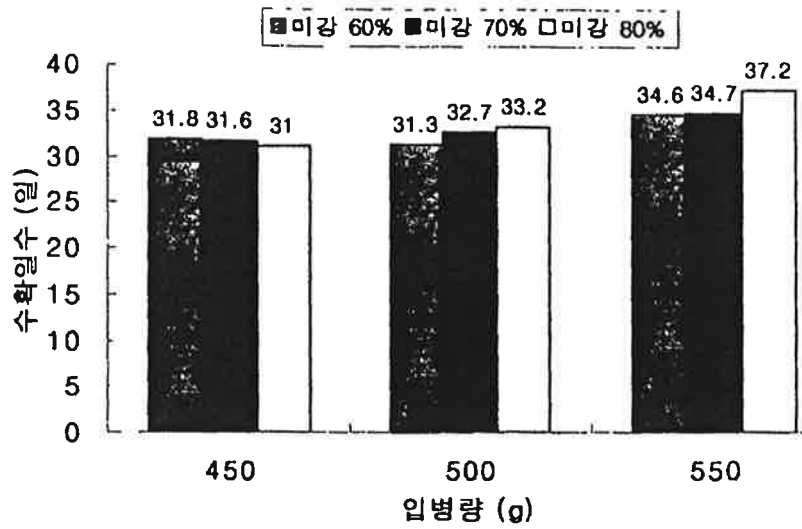


그림 11. 입병량과 자실체 수확일수와의 관계

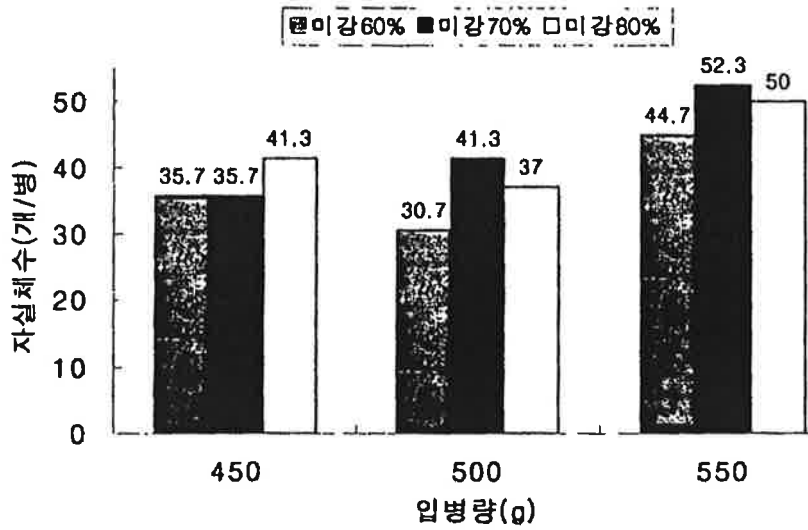


그림 12. 입병량과 자실체수와의 관계

입병량과 배양병당 자실체의 발생수와의 관계를 그림 12에 나타내었다. 입병량이 많을수록 배지량이 많기 때문에 최종 자실체 수확까지의 기간은 길었으나 발생한 자실체의 수는 증가하였다. 또한 미강 첨가량과의 관계를 살펴보면 다소 이상치를 보였으나 60%를 첨가한 배지에 비하여 70% 및 80%를 첨가한 배지에서 자실체의 발생이 많았다. 입병량 450g에서와는 달리 500g과 550g에서 미강 첨가율 70% 및 80%사이에 역의 관계가 나타난 것은 배지의 입병량이 많아 배양병당 자실체의 생육에 필요한 영양원이 충분하여 첨가율 70% 및 80% 사이에 자실체의 생육에 영향을 미칠 정도로 영양원의 양에 큰 차이가 없었기 때문으로 판단된다.

배양병당 수확된 자실체의 평균 생중량을 그림 13에 나타내었다. 먼저 입병량과의 관계를 살펴보면, 미강 첨가율이 작은 60%에서는 입병량의 증가와 함께 자실체의 생중량도 증가하여 450g에서 배양병당 평균 약 95g의 자실체가 수확되었으나 550g에서는 평균 약 114.8g의 수확량을 보였다. 그러나 비교적 미강 첨가량이 많은 70% 및 80%의 첨가율에서는 입병량사이에 뚜렷한 자실체 생중량의 증가를 보이지 않았다. 미강 첨가량과의 관계를 보면 입병량이 적은 450g에서는 미강 첨가율의 증가와 함께 자실체의 생중량도 뚜렷한 증가를 보였으나 입병량이 많은 500g과 550g에서는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 이것은 전술한 바와 같이 입병량이 많아짐에 따라 자실체 생육에 필요한 영양원이 충분하여 60-80%사이의 미강 첨가율의 차이가 자실체의 생육에 큰 영향을 미치지 않았기 때문으로 판단된다.

이상의 느타리버섯 균사의 생육일수, 초발이 일수, 자실체 수확일수, 자실체 수, 자실체 생중량 등의 결과를 종합적으로 검토 해 볼 때, 폐신문지를 이용한 느타리버섯 병재배에 있어 폐신문지 가공방법은 고해법, 영양원 첨가제는 미강, 첨가율은 가공폐신문지의 기건중량에 대하여 약 60-70%, 입병

량은 약 450-500g 등이 가장 적합한 재배방법이라고 판단된다.

나. 가공 폐신문지와 톱밥 혼합배지의 병재배법 검토

고해가공한 폐신문지와 톱밥을 일정 비율로 혼합한 배지를 이용하여 느타리버섯의 병재배법을 검토하였다. 영양원으로는 미강을 첨가하였으며 배지와 미강의 혼합비율은 일반 톱밥 병재배시 적용하고 있는 배지 : 미강 = 80 : 20과 미강 혼합비를 증가시킨 배지 : 미강 = 70 : 30의 2종류에 대하여 검토하였다. 고해가공 폐신문지와 톱밥의 혼합비를 표 7에 나타내었다. 입병작업은 입병기에 의한 기계화 가능성 조사를 위하여 충청남도 농촌진흥원에서 보유하고 있는 진동식 입병기를 사용하여 입병작업을 실시하였다.

표 7. 고해가공 폐신문지와 톱밥의 혼합비율(%)

	폐신문지	: 톱밥	: 미강
실험 1	80	0	20
	60	20	20
	50	30	20
	40	40	20
	20	60	20
	0	80	20
실험 2	70	0	30
	50	20	30
	40	30	30
	35	35	30
	0	70	30

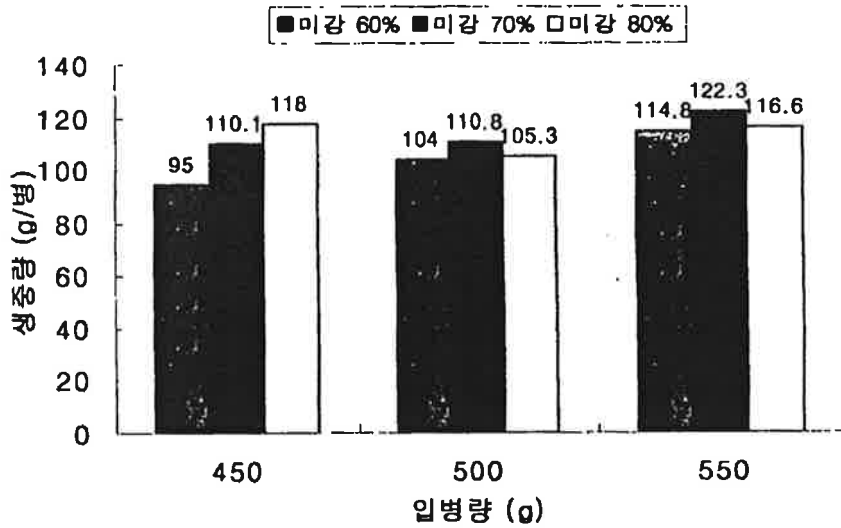


그림 13. 입병량과 자실체 생중량과의 관계

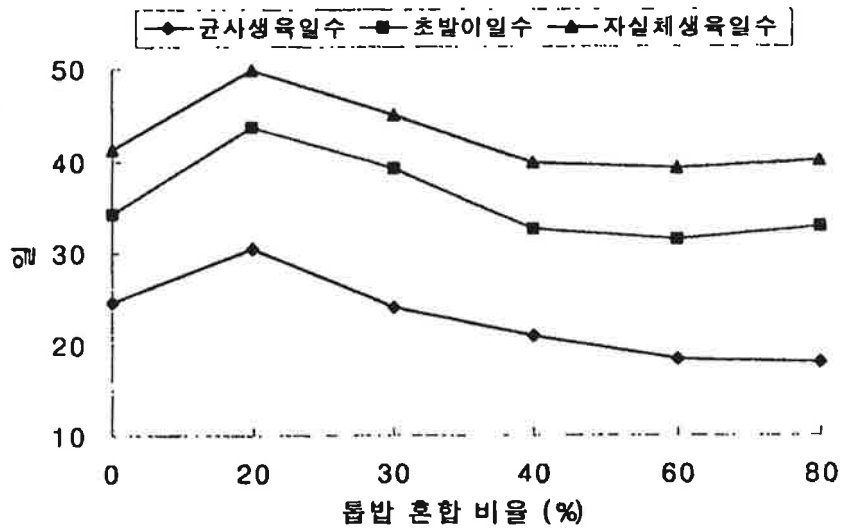


그림 14. 톱밥 혼합 비율 별 느타리버섯 생육상태 (미강 20%첨가)

1) 입병기에 의한 입병작업의 기계화 검토

고해가공 폐신문지에 미강을 첨가한 배지 및 고해가공 폐신문지에 일정 비율로 톱밥을 혼합하고 미강을 첨가한 배지에 대하여 입병기에 의한 입병 작업을 실시한 결과, 모두 일반 톱밥배지의 입병작업시와 마찬가지로 입병 작업이 순조롭게 진행됨을 알 수 있었다(사진6 참조).

그러나, 폐신문지와 톱밥의 혼합비율 및 미강 첨가율에 따라 입병량에 차이가 있음이 밝혀졌으며, 톱밥 혼합비율별로 입병량을 측정한 결과를 표 8에 나타내었다. 표 8에서 알 수 있듯이 톱밥만의 배지에서는 일반 병재배의 입병량과 거의 동일한 입병량을 나타냈으나 폐신문지의 비율이 증가할수록 입병량은 감소하여 폐신문지만의 배지에서는 평균 450g전후를 나타내어 1차년도에 검토했던 최소 입병량과 거의 일치함을 알 수 있었다. 이와 같이 동일한 방법으로 입병기에 의해 입병작업을 해도 가공 폐신문지의 비율이 증가함에 따라 입병량이 작아지는 것은 성유 덩어리 상태인 가공 폐신문지가 톱밥에 비하여 비중이 낮아 동일 중량당 용적비가 크기 때문이다. 또한 미강 혼합비가 증가할수록 입병량이 증가한 것은 미강이 톱밥에 비하여 비중이 크기 때문에 나타난 결과라고 할 수 있다.



사진 6. 폐신문지 가공배지의 입병기에 의한 입병작업

표 8. 가공 폐신문지와 톱밥의 혼합비율간 입병량의 차이

혼 합 비 율(%)		입병량(g)	혼 합 비 율(%)		입병량(g)
폐신문지 : 톱밥 : 미강			폐신문지 : 톱밥 : 미강		
80	: 0 : 20	450.3±17.7	70	: 0 : 30	457.6±21.0
60	: 20 : 20	470.9±15.3	50	: 20 : 30	500.6±18.4
50	: 30 : 20	467.9±11.9	40	: 30 : 30	519.8±23.2
40	: 40 : 20	483.3±20.8	35	: 35 : 30	526.4±19.0
20	: 60 : 20	506.9±19.2	0	: 70 : 30	553.0±22.5
0	: 80 : 20	525.4±19.8			

2) 가공 폐신문지와 톱밥의 혼합배지에서의 느타리버섯 생육상태

조사

고해가공 폐신문지에 톱밥을 일정비율로 혼합하고 영양원으로서 미강을 20% 첨가한 배지에서의 버섯의 생육상태를 조사한 결과를 그림 14에 나타내었다.

먼저 균사의 생육일수를 살펴보면, 톱밥만으로 제조한 배지에서는 균사가 배양병 전체에 만연하는데 평균 약 18일이 소요되었으나 고해가공 폐신문지 배지에서는 평균 약 24.5일이 걸려 톱밥배지에 비하여 약 1주일가량 늦게 균사가 만연되었다. 고해가공 폐신문지만의 배지의 경우 입병량이 평균 약 450.3g으로 제 4 절 1, 가 항에서 설명하였던 입병량과 거의 동일하나 균사의 생육상태에서는 다른 양상을 보여 제 4 절 1, 가 항의 실험결과에서는 균사의 생육일수가 평균 약 11 - 11.4일이었으나 이번 실험에서는 평균 24.5일로 약 2주일 가량 늦은 결과를 보였다. 이와 같이 고해가공 폐신문지 배지에서 균사의 생육이 늦어진 이유를 면밀히 검토한 결과, 다음과 같은 사실이 발견되었다. 입병작업을 완료한 배양병에 대하여 주의깊게 조사한 결과, 고해가공 폐신문지만으로 제조한 배지의 경우 진동식 입병기에 의한 입

병작업은 일반 톱밥배지에서와 같이 순조롭게 이루어지지만, 입병된 배지상태에 있어 배양병의 목과 몸통부위 사이(폭이 좁은 부위에서 넓어지는 부위)에서 내부에는 배지가 균일하게 입병되어 있지만 배양병의 표면과 접하는 부위에서 균일한 입병이 이루어지지 못하고 일부 배지가 채워지지 않은 빈 공간이 발생되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 종균 접종 후, 초기에는 배양병 표면을 따라 균사의 신장생장이 빠르게 진행되다가 이 부분에 이르러 발생된 배지간의 간격때문에 신장생장이 일시 둔화되어 전체적으로 균사의 생육일수가 늘어나는 결과를 초래한 것으로 조사되었다. 그러나 균사의 생육이 이 부분을 넘어가면 균사의 신장생장이 다시 매우 빠르게 진행됨을 알 수 있었다. 초발이 일수 및 자실체 수확일수도 균사의 생육일수가 길었던 고해가공 폐신문지 배지에서 톱밥배지에 비하여 길었다. 폐신문지를 이용한 병재배에 있어 입병작업시 발생하는 이러한 문제점은 진동식이 아닌 피스톤식 또는 스크류식의 입병기를 이용하면 해결될 것으로 판단되며 앞으로 검토할 필요성이 있다고 생각된다.

고해가공 폐신문지에 톱밥을 혼합하여 제조한 혼합배지에서의 버섯의 생육상태를 살펴보면, 톱밥의 혼합비율 20%에서 이상 결과치가 나타났으나 톱밥의 혼합비율이 증가함에 따라 버섯의 생육상태도 좋아져 톱밥 혼합비율 60%에서는 각각 균사 생육일수 18.3일, 초발이 일수 31.4일, 자실체 수확일수 39.2일을 나타내어 톱밥 단독배지와 거의 같거나 약간 빠른 생육상태를 보여 고해가공 폐신문지만의 배지에서 나타났던 문제점이 해결되었다. 이와 같은 결과는 가공 폐신문지에 비하여 입자 크기가 작은 톱밥이 혼합됨에 따라 배지의 입병상태가 균일해졌기 때문으로 판단된다.

한편, 고해가공 폐신문지만을 사용하여 제조한 배지에서 톱밥단독 배지에 비하여 균사의 생육일은 길지만 원기발생은 빠르다는 것을 알 수 있었다. 양 배지간에 균사의 생육일수의 차이는 약 6.5일로 고해가공 폐신문지 배지

에서 늦은 군사생육을 보였으나, 초발이 일수의 차이는 약 1.5일로 좁아져 전체 버섯의 수확일수에서는 약 1.4일의 차이밖에 보이지 않았다. 이 관계를 좀더 명확하게 나타내기 위하여 균류기 작업 후 초발이 및 자실체의 수확일 까지 소요된 기간을 그림 15에 나타내었다.

먼저 초발이 일수를 비교하면 톱밥배지에서는 균류기 작업 후 약 6.8일만에 원기발생을 보였으나, 고해가공 폐신문지 배지에서는 약 4.2일만에 원기가 발생되어 평균 약 2.6일의 빠른 경향을 보였다. 톱밥 혼합비율간에는 혼합비율 30%에서 약 7.8일로 톱밥배지에 비하여 늦었으나 다른 혼합비율에서는 같거나 빠른 원기발생을 보였다. 이와 같이 가공 폐신문지가 혼합되어 있는 배지에서 빠른 원기발생을 보인 것은 톱밥에 비하여 비표면적이 넓은 섬유 덩어리상태의 가공 폐신문지의 입자사이에서 군사밀도가 매우 높은 군사체가 형성되어, 이 군사체로부터 원기발생이 유도되었기 때문으로 생각된다. 군사가 만연된 상태의 배양병의 상태를 사진 7에 나타내었다. 톱밥배지에 비하여 가공 폐신문지 배지의 배양병의 색이 백색으로 나타나 군사의 생육밀도가 매우 높음을 알 수 있다.

각 배지에서의 자실체 발생개수를 그림 16에 나타내었다. 고해가공 폐신문지 배지에서는 평균 31.8개의 자실체가 발생한 반면, 톱밥배지에서는 평균 18.3개가 발생하여 폐신문지 배지에서 많은 수의 자실체 발생을 보였다. 또한 혼합배지에서도 톱밥배지에서의와 거의 같거나 많은 자실체의 발생을 보였다.

배양병당 수확된 자실체의 생중량을 조사한 결과를 그림 17에 나타내었다. 가공 폐신문지 배지의 경우 배양병당 평균 88.1g의 버섯이 수확되어 톱밥배지의 평균 82.3g에 비하여 약간 많은 버섯 수확량을 보였고, 다른 혼합배지에서는 톱밥 혼합비율 20% 및 30%에서 톱밥배지에 비하여 약간 낮은 수확량을 보였을 뿐 모두 수확량이 많았다.

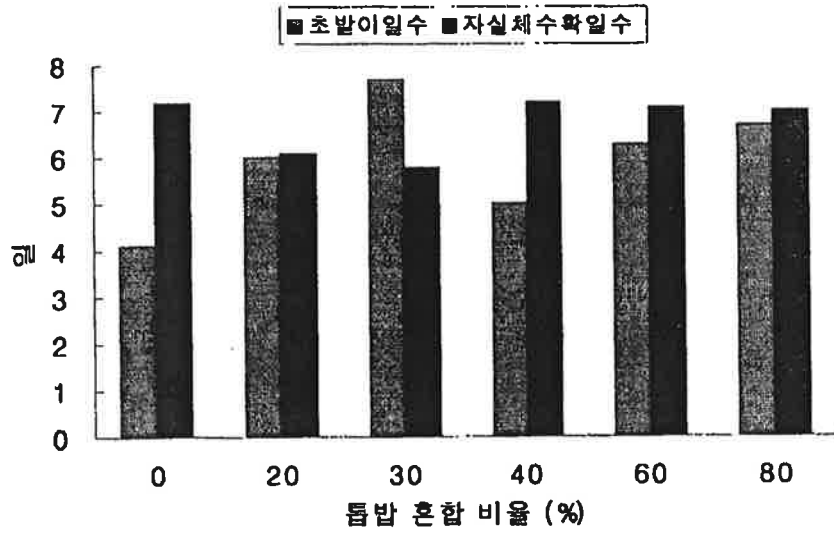


그림 15. 관류기 작업 후 초발이 및 자실체 수확일수

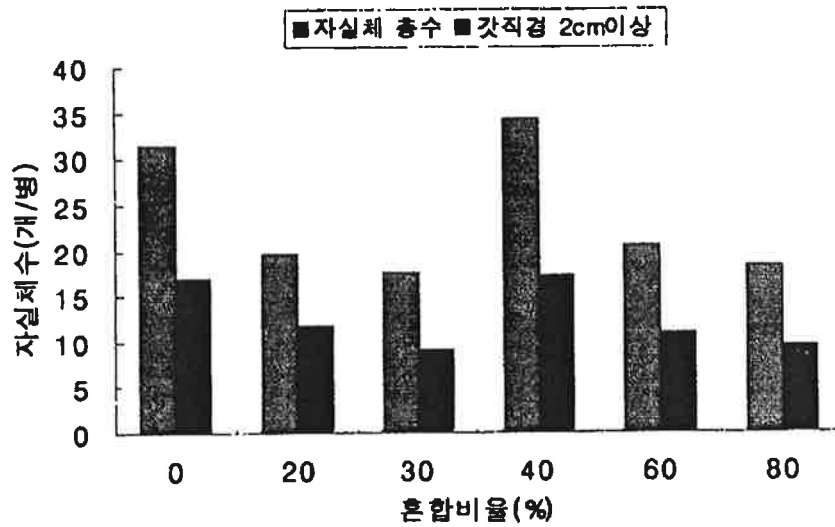


그림 16. 톱밥 혼합비율과 자실체수의 관계(미강20%)

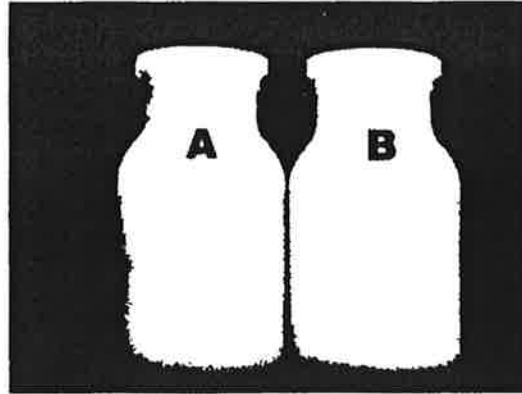


사진 7. 균사가 만연된 배양병 (A: 가공 폐신문지배지, B: 톱밥배지)

그러나 톱밥 혼합비율별로 입병량에 차이가 있었던 것을 고려하여(표 8참조) 배지 100g당 수확량을 살펴보면 톱밥배지에 비하여 모든 혼합비율에서 수확량이 많은 것을 알 수 있다. 예를 들면 가공 폐신문지 배지 100g으로 약 19.6g의 버섯을 수확한 반면 톱밥배지 100g으로는 약 15.7g의 버섯이 수확된 결과가 되어 가공 폐신문지에 의한 느타리버섯의 재배는 경제성면에서도 매우 밝은 전망을 기대할 수 있을 것으로 생각되며 다른 혼합배지에서도 모두 톱밥배지에 비하여 많은 수확량을 보였다.

미강 첨가비율을 30%로 하여 실험한 결과를 표 9에 나타내었다. 먼저 버섯의 생육상태를 살펴보면 미강 첨가비율을 20%로 하였을 경우와는 달리 가공 폐신문지 배지에서 다른 배지에 비하여 양호한 생육상태를 보였다. 이것은 가공 폐신문지 배지의 경우 작은 입자상태의 미강이 많이 첨가됨에 따라 미강 첨가비율 20%에서 나타났던 배양병 목과 몸통부위사이에서 배지의 불균일한 입병상태가 개선되어 균사의 신장생장이 원활하게 이루어졌기 때문으로 생각된다. 반면에 톱밥의 혼합비율이 증가함에 따라 생육상태가 불량해진 것은 일반적으로 톱밥 병재배에서 영양원 첨가율이 많으면 많

을수록 버섯의 생육이 느려진다는 사실과 같은 결과라고 추측된다. 자실체 수확량에 있어서는 배지 100g을 기준으로 수확량을 비교하면, 배지 입병량이 톱밥만의 배지에 비하여 적었던 폐신문지와 톱밥의 혼합배지에서 다소 많은 수확량을 보였다.

표 9. 고해가공 폐신문지와 톱밥혼합 배지에서의 버섯의 생육상태

(미강 첨가율 30%)

혼 합 비 폐신문지:톱밥:미강	균 사 생육일수	초발이 일 수	자 실 체 수확일수	자실체 생증량	
				g/병	g/배지100g
70 : 0 : 30	22.5±3.4	34.2±3.3	40.5±3.5	84.9±7.0	18.1±1.3
50 : 20 : 30	24.6±2.9	35.9±2.4	42.8±2.5	92.8±7.6	18.4±1.7
40 : 30 : 30	26.1±2.4	38.4±2.6	43.1±3.3	83.1±4.6	16.2±1.0
35 : 35 : 30	25.0±4.9	37.0±4.4	42.3±5.2	84.1±10.4	15.8±2.4
0 : 70 : 30	25.8±5.9	41.6±3.4	47.8±1.7	86.3±11.6	15.6±2.0

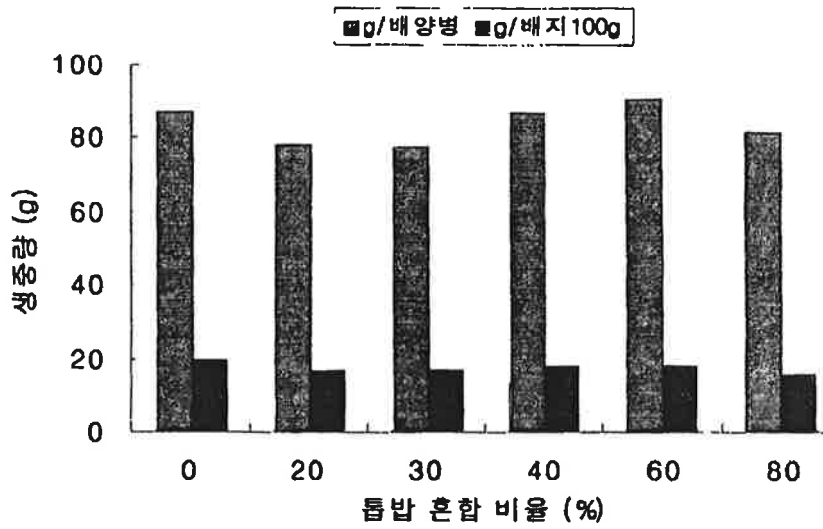


그림 17. 톱밥 혼합 비율과 자실체 생중량의 관계 (미강 20%)

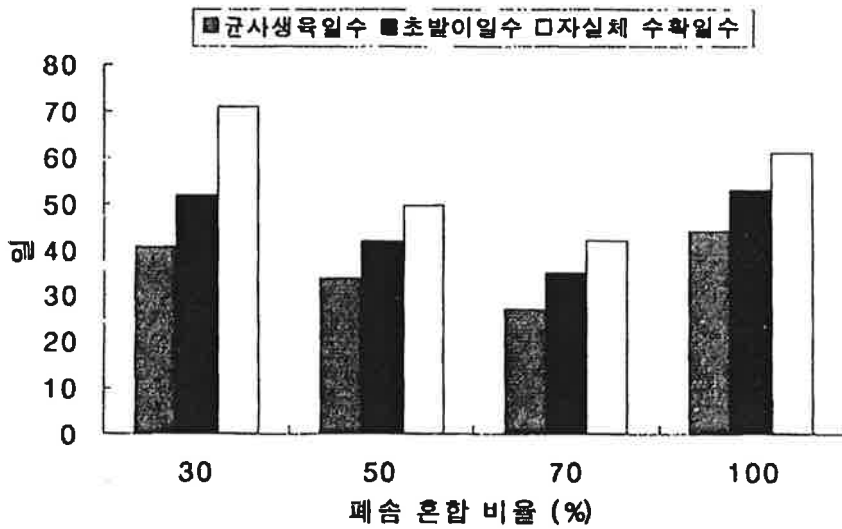


그림 18. 가공폐신문지와 폐쇄 혼합 배지에서의 느타리버섯 생육 상태

3) 폐신문지와 톱밥의 혼합배지를 이용한 느타리버섯의 최적 병재배법

이상의 결과를 통하여 고해가공 폐신문지와 톱밥의 혼합배지를 이용한 느타리버섯의 병재배에 있어서 최적 재배방법을 검토해 보면 다음과 같다.

가공 폐신문지만을 이용한 재배의 경우 입병작업시 배양병 목부위에서 균일한 입병이 이루어지지 않아 균사의 생육이 지연되는 문제점을 야기시킬 수 있으나, 원기의 발생이 톱밥배지에 비하여 빨라 버섯 수확시기가 거의 동일하게 될 뿐만 아니라 버섯 수확량 면에 있어서도 배지중량 당 톱밥 배지에 비하여 양호하기 때문에 폐신문지만을 이용한 느타리버섯의 병재배의 가능성은 매우 높다고 판단된다. 영양원 첨가량은 폐신문지 : 미강을 80 : 20으로 첨가하는 것이 70 : 30으로 첨가하는 것에 비하여 버섯 수확일수, 수확량면에서 유리한 것으로 조사되었다. 또한 톱밥을 혼합할 경우에는 폐신문지 : 톱밥 : 미강의 비율을 40-20 : 40-60 : 20으로 하는 것이 버섯의 생육이나 수확량면에서 바람직할 것으로 판단된다.

2. 봉 지 재 배

폐신문지를 이용한 느타리버섯의 봉지재배를 검토하기 위하여 폐쇄과의 혼합재배를 실시하였다. 폐쇄의 혼합비율은 각각 중량기준 30%, 50%, 70%, 100%(폐쇄만의 배지, 비교구)로 하였으며 가공 폐신문지와 폐쇄 혼합배지에는 영양원은 첨가하지 않았다. 배지는 40×60cm크기의 폴리에틸렌제의 비닐봉지에 습량기준 함수율 약 75%로 조정된 배지 5kg을 넣고 온도 121℃, 압력 1-1.5kgf/cm²의 멸균조건하에서 60분간 증기멸균하여 제조하였다.

제조한 배지를 냉각시킨 후 배지 표면에 톱밥중균을 균일하게 산포하여

봉지배지 전체에 균사가 만연될 때까지의 기간(균사생육일수), 초발이 일수, 자실체 수확일수 등을 비교하여 각 배지에서 균사의 생육상태를 조사하였다. 균사의 배양은 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 80%이상의 항온항습실에서 하였으며 버섯발생 유도는 균사만연 후 배지에 수분을 충분히 공급하고 $15\pm 1^{\circ}\text{C}$, 습도 90%이상의 조건을 갖춘 재배사에서 실시하였다(사진 8참조).

폐신문지와 폐숨의 혼합배지에서의 느타리버섯의 생육상태를 그림 18에 나타내었다. 폐숨 혼합비율간에 배지전체에 균사가 만연될 때까지의 균사생육일수를 비교하면, 폐숨의 혼합비율이 증가할수록 균사생육일수가 짧아져 혼합비율 70%에서 가장 짧은 평균 27일의 생육일수를 나타냈으며 비교구인 폐숨만의 배지에서의 균사생육일수 44일에 비하여 약 17일의 빠른 균사생육을 보여 폐숨에 폐신문지를 혼합함으로써 균사의 생육일수가 짧아짐을 알 수 있었다. 그러나 모든 배지에서의 균사의 생육일수는 폐숨 균상재배에서 가장 바람직한 균사생육일수로 권장되고 있는 15-20일에 비하면 매우 느리다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 균사의 생육일수가 길어진 것은 일반 균상재배의 경우 균상의 높이를 약 20-30cm로 하고 종균재식에 있어 층별 또는 혼합재식을 하여 종균의 접종량이 많은 반면에 본 실험에서는 높이 20cm, 직경 18cm로 제조한 봉지배지의 표면에만 종균접종을 실시하였기 때문에 균상재배에 비하여 균사의 생육에 많은 기간이 필요했던 것으로 판단된다. 원기발생 및 자실체 수확까지의 기간 역시 균사의 생육일수와 같은 경향을 보여 폐신문지에 폐숨을 70% 혼합한 배지에서 가장 빨랐으며 특히, 폐숨만을 이용하여 제조한 배지에 비하여 초발이일수는 20일, 자실체 수확일수는 19일 빠른 경향을 보였다. 폐신문지에 폐숨을 30% 혼합한 배지의 경우 균사생육 및 원기발생에 있어서는 대조구인 폐숨만의 배지에 비하여 빠른 경향을 보였으나 자실체 수확일수는 길어져 원기발생 후 자실체 생육에는 부적합한 혼합비율임을 알 수 있다. 폐신문지와 폐숨을 50%씩 혼합한

배지의 경우에는 폐숨을 70% 혼합한 배지에 비하여 다소 늦은 버섯의 생육 상태를 보였으나 폐숨만의 배지에 비해서는 전체적으로 약 10일의 빠른 생육상태를 나타내었다. 한편, 이러한 결과를 원형느타리버섯의 일반적 생육상태와 비교를 하면 45일 내외로 알려져 있는 초발이 일수의 경우 폐숨 혼합비율 50%와 70%의 배지에서는 각각 42일과 35일로 다소 빠른 초발이 일수를 보였으며 버섯 수확시기 역시 일반적으로 알려져 있는 52일에 비하여 각각 50일과 42일만에 수확이 되어 빠른 생육상태를 보인 것을 알 수 있다. 반면에 폐숨만의 배지에서는 초발이 및 수확에 있어 일반적 기간에 비하여 10일 정도 늦은 것으로 나타났다.

각 봉지배지에서 수확된 자실체의 생중량을 수확 주기별로 그림 19에 나타내었다. 폐숨 30% 혼합배지에서는 3주기, 50% 혼합배지에서는 4주기, 70% 혼합배지 및 100% 폐숨만의 배지에서는 5주기에 걸쳐 수확되어 폐숨의 혼합비율이 감소할수록 수확 주기도 감소하였다. 먼저 폐숨 혼합비율별로 주기별 수확량을 비교하면 1주기째에는 30% 혼합배지에서 가장 좋은 수량을 보였으나 2주기째 부터의 수확량에 있어서는 폐숨의 혼합비율의 증가와 함께 수확량도 많아져 100% 폐숨만의 배지에서 가장 많은 수확량을 보였다. 총 수확량을 비교하면 100% 폐숨배지에서 가장 많은 평균 약 1,156.6g/봉지의 수확량을 보였으며, 이어서 70% 폐숨 혼합배지에서 1095.6/봉지, 50% 폐숨 혼합배지에서 803.6g/봉지 이 각각 수확되었다.

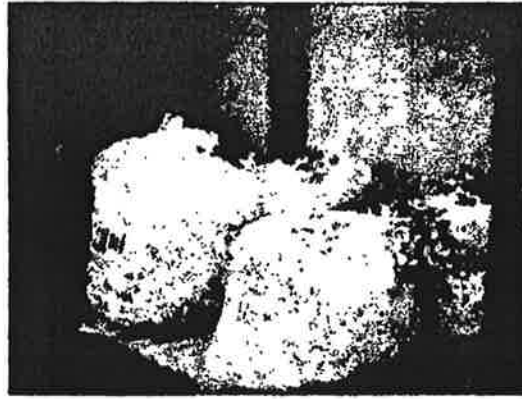


사진 8. 폐신문지와 폐습 혼합배지에서의 붕지재배

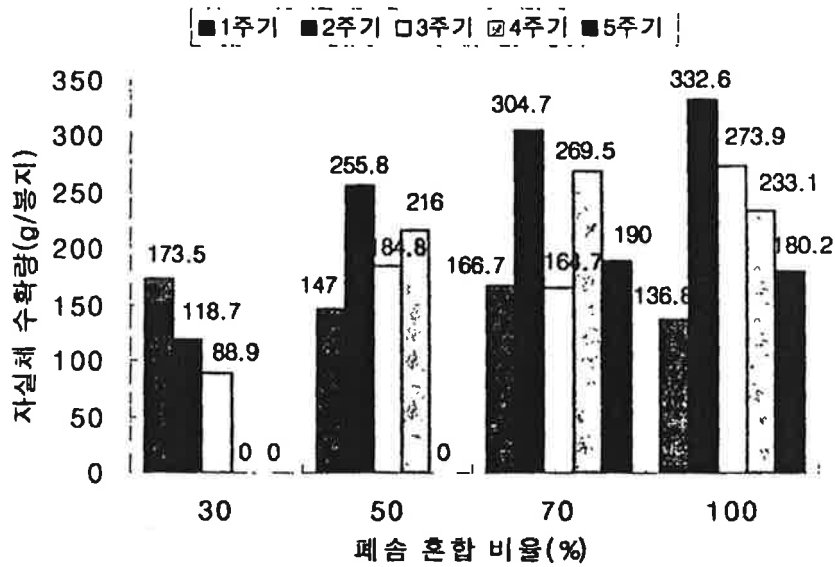


그림 19. 가공폐신문지와 폐습 혼합 배지에서의 자실체 수확량

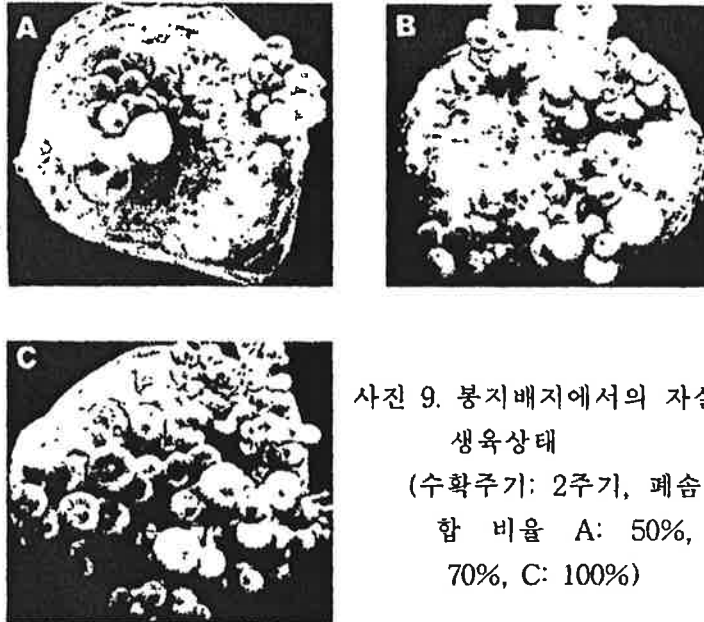


사진 9. 봉지배지에서 자실체
 생육상태
 (수확주기: 2주기, 폐쇄 혼
 합 비율 A: 50%, B:
 70%, C: 100%)

이상의 수확량을 농가에서 재배하고 있는 원형느타리의 벗짚 균상재배의 수확량과 비교하면, 벗짚 배지량이 평당 60kg일 경우 버섯은 평당 약 55.2kg이 수확(농촌진흥청-한국방송공사 공동주최, '95하반기 영농공개강좌, 느타리버섯 재배 교재 참고)되어 벗짚 배지 기건중량 1kg당 약 920g의 버섯이 수확되는 것이 된다.

본 실험에서 수행한 폐쇄 단독 또는 폐쇄문지-폐쇄 혼합배지의 경우에는 습량기준 함수율 75%인 5kg의 봉지 당 각각 743.3g(폐쇄 100%배지), 636.1g(폐쇄 70%혼합배지), 587.6g(폐쇄 50% 혼합배지)이 수확되어 이것을 기건중량(배지 제조 전 기건 함수율 5.2%) 배지 1kg 당 수확량으로 환산하면 각각 565.2g, 483.7g, 446.8g이 된다. 이들 수확량은 3주기까지의 수확량

이므로 앞으로 수확이 예상되는 6주기까지의 수확량을 고려하면, 폐지-폐송 혼합배지의 경우 적어도 벚짚 균상재배와 거의 동일한 수확량을 얻을 수 있을 것으로 예상되어 새로운 폐지-폐송 혼합배지에 의한 느타리버섯 재배 가능성이 매우 높은 것으로 판단된다.

제 5 절 버섯의 인체 무해성 조사

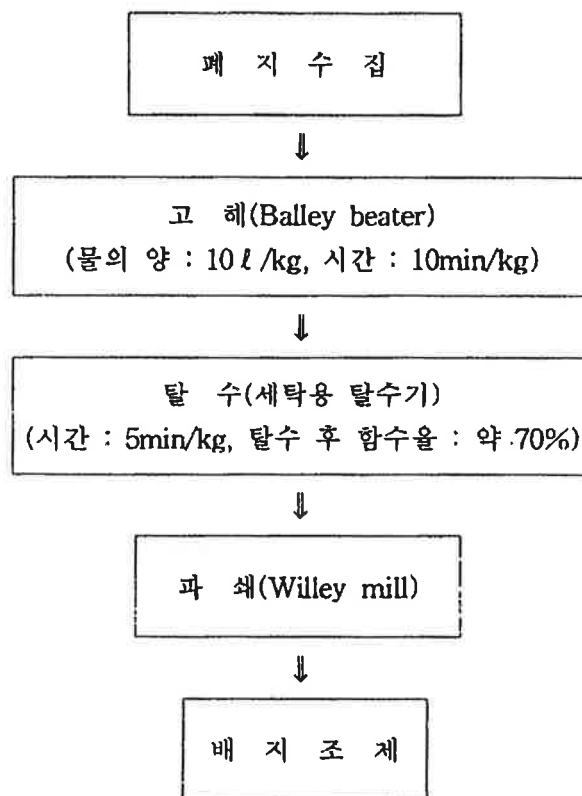
제 3절에서 조사했던 버섯 내로의 폐신문지중의 인쇄 잉크성분의 집적여부 이외에 폐신문지를 이용하여 재배한 느타리버섯의 식용으로서의 안전성을 보다 명확하게 밝히기 위하여 발암물질로 취급되고 있는 수은과 납에 대하여 공인 분석기관인 한국화학시험연구원에 분석을 의뢰하였다. 분석은 폐신문지 단독, 폐신문지 : 톱밥 = 50 : 50, 톱밥 단독의 3종류의 배지에서 병재배한 버섯에 대하여 실시하였다. 분석 결과, 3종류의 배지에서 재배한 버섯에서는 수은 및 납이 전혀 검출되지 않아 식용에는 어떠한 문제도 없음이 밝혀졌다.

제 6 절 폐신문지 가공의 기계화 검토

느타리버섯 재배용 배지의 대량생산을 위한 폐지 가공의 기계화를 위해 습식법과 진식법의 2종류의 가공법을 검토하였다.

1. 습식 가공법

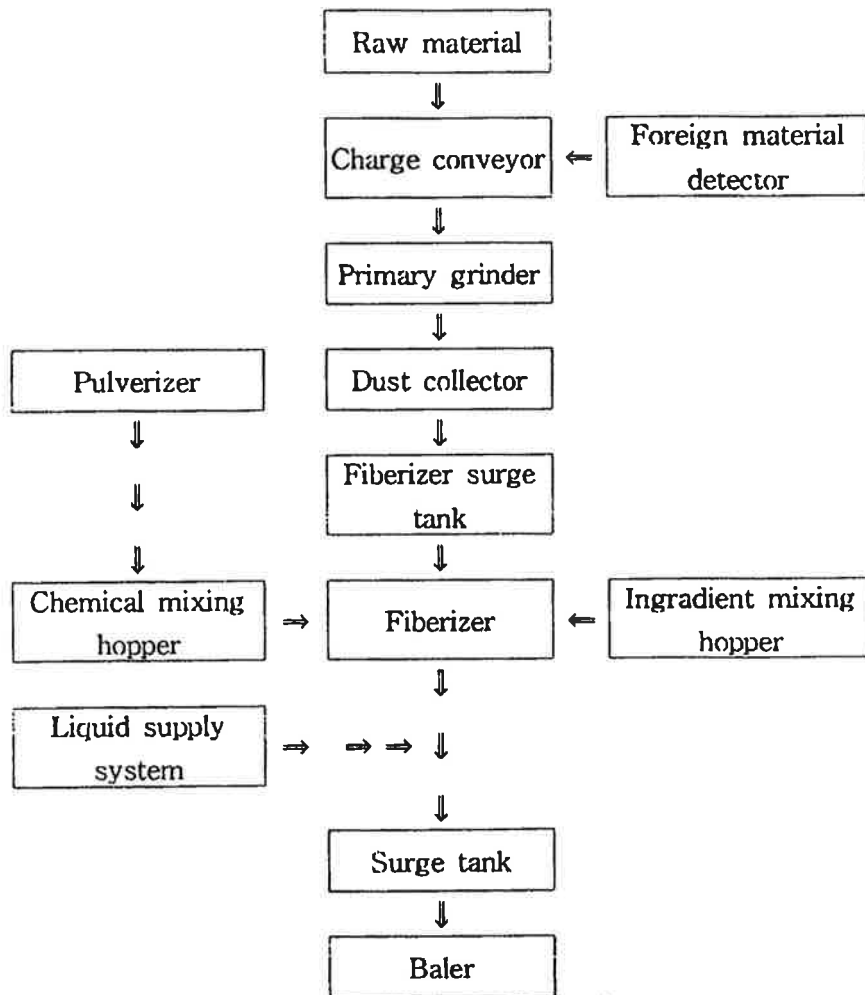
본 실험에서 폐신문지의 가공법으로 사용하였던 고해법에 의한 습식 가공 공정은 다음과 같다.



< 습식법에 의한 폐신문지의 고해 가공공정 >

2. 건식 가공법

(주) 신동방에서 폐지물 육계사의 깔짚으로 재활용하기 위하여 1998년 3월에 준공하여 현재 대량생산체제(생산량 20톤/일)에 들어간 음성공장의 폐지의 건식 가공 공정은 다음과 같다.



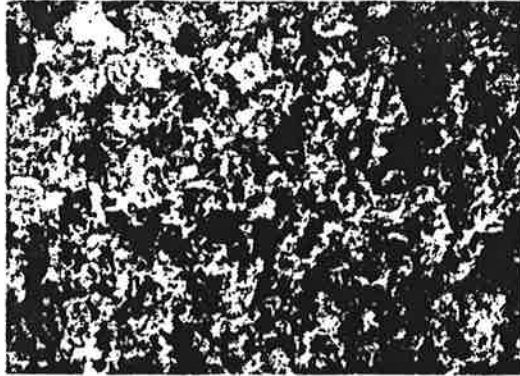


사진 10. 건식법에 의해 가공된 폐지의 형상

이상과 같이 배지의 대량생산을 위한 가공공정을 검토하여 보았으나 버섯 재배농가에서 농가별로 이와 같은 가공 플랜트를 세워 운영하기에는 초기 시설 투자비용 부담이 매우 클 것으로 판단된다. 따라서 현재 건식법에 의해 폐지를 가공하여 대량 생산하고 있는 공장으로부터 구입하여 재배하는 대체방안을 생각할 수 있다. 이 공정에 의해 생산된 제품의 형상은 섬유 덩어리 상태로 되어 있어(사진 10참조) 느타리버섯 재배용 배지에 매우 적합할 뿐만 아니라 가공 형상을 자유로이 조절할 수 있기 때문에 앞으로 폐지를 이용한 느타리버섯 재배의 실용화에 있어 배지의 대량생산 공급 가능성이 매우 밝으며, 현재 이 제품을 이용한 시험 재배를 계획하고 있다.

제 7 절 재배기술의 확립 및 경제성 검토

1. 농가재배를 통한 재현성 조사

가공 폐지를 이용한 느타리버섯 재배의 재현성을 조사하기 위하여 버섯 재배농가(충남 공주시 반포면, 이유찬)의 재배사내에서 현장재배를 실시하였다(사진 11참조).

배지는 폐지 단독배지, 폐지와 톱밥의 혼합 배지, 톱밥 단독배지의 3종류에 대하여 병 재배를 실시한 후 동일한 종류의 배지에서 얻어졌던 실험실에서 결과와 비교하여 현장에서의 재현성을 조사하였다. 그 결과를 표 10에 나타낸다.

표 10. 농가 현장재배에서의 느타리버섯의 생육상태

혼 합 비 율(%) 폐신문지:톱밥:미강	배지 입병량 (g/병)	자실체 수확일수	자실체 수확량	
			g/병	g/배지100g
0 : 80 : 20	557.3±23.1	39.4±6.4	94.4± 6.4	17.2±1.5
40 : 40 : 20	463.5±21.3	39.1±0.9	104.6±12.0	20.6±2.5
80 : 0 : 20	435.1±18.7	38.6±0.8	109.9±12.6	26.1±2.8

현장재배에서 얻어진 결과를 실험실에서 재배 결과인 2차년도(2)의 (나)항(가공 폐지와 톱밥의 혼합배지에서의 느타리버섯 생육상태 조사)의 결과와 비교해 보면, 먼저 자실체 수확일수의 경우에는 실험실 재배에서는 각각의 배지에서 평균 39.9일(톱밥배지), 39.8일(폐지와 톱밥 혼합배지), 41.3일(폐지배지)을 보였으나 현장재배에서는 3종류의 배지에서 평균 38.6일에서 39.4일을 보여 다소 빠른 수확이 가능하였다. 특히 폐지만으로 제조한 배

지에서는 현장재배에서 평균 2.7일의 빠른 수확을 보였다. 또한 자실체 수확량에서는 실험실에서의 재배에 비하여 현장재배에서 병 당 평균 약 10-20g 많은 수확량을 보였으며, 특히 폐지만의 배지에서 가장 많은 수확량을 보여 실험실에서 재배한 결과와 같은 경향을 보였다.

따라서 이상의 결과로부터 실험실 재배사에서 얻어진 결과가 일반 재배 농가에서의 현장재배에서도 동일하게 나타나 폐지를 이용한 느타리버섯 재배의 현장 적용 가능성은 매우 높다고 판단된다.



사진 11. 농가 현장재배(→ : 폐신문지와 톱밥의 혼합배지)

2. 경제성 검토

폐지를 이용한 느타리버섯 재배법의 경제성을 검토하기 위하여 일반 재배농가에서 구입하여 사용하고 있는 배지원료의 가격을 조사하여 폐지의 가격과 비교하였다(표 11).

표 11. 느타리버섯 재배용 배지원료와 폐지의 가격

(’98. 6월 현재)

원 료 명	유통가격(천원/톤)	비 고
폐 솜	310 - 340	재배농가 구입가격
벗 짚	330 - 350	
툽 밥	50 - 60	
폐 지	30 - 40	폐지 수집상 가격

현재 느타리버섯 재배농가에서 가장 많이 배지 원료로 사용하고 있는 폐 솜 및 벗짚과 폐지의 원료가격을 비교하면 폐지 가격이 폐솜이나 벗짚의 약 1/10에 지나지 않아 단순히 원료가격만을 비교해도 경제성은 충분히 있을 것으로 생각된다. 그러나 폐지의 경우에는 그대로 배지로 사용할 수 없기 때문에 가공단계를 거쳐야 하는 점에서 가공비용을 고려하면 다소 원료가 격이 상승할 것으로 판단되나, 현 단계에서 가공비용을 산출하기에는 어려 움이 있어 앞으로 폐지를 이용한 느타리버섯 재배를 위해서 좀더 검토해야 할 과제라고 생각된다.

생산면에서 경제성을 검토해 보면, 앞으로 재배농가의 경쟁력을 확보하기 위해서는 느타리버섯의 量産보다는 良質의 버섯 생산으로 전환해야 할 시 점에 와 있다. 농산물 시장에서 판매되고 있는 원형느타리 버섯의 가격을 조사한 결과, 갓직경 약 2cm 정도의 양질의 버섯의 경우에는 200g 팩으로 포장되어 1,200원에 판매되고 있는 반면에 동일한 원형느타리 버섯일지라도 갓이크고 대가 길어 질이 떨어지는 버섯의 경우에는 2kg의 비닐봉지 포장 되어 8,000원에 판매되고 있어 버섯 품질에 따라 kg 당 약 2,000원의 차이가 있는 것으로 조사되었다. 따라서 앞으로 느타리버섯 재배에 있어서 기존의 벗짚이나 폐솜을 이용한 균상재배만을 고집하기 보다는 버섯재배에 있어

우리나라보다 선진국이라 할 수 있는 일본의 예에서 볼 수 있듯이 병재배로의 전환을 서둘러야 할 것으로 판단된다. 일본의 경우 병재배만을 고수하고 있는 것은 벚짚이나 폐송을 이용한 재배법이 개발되어 있지 않기 때문이 아니라 양보다는 질을 우선시하는 재배농민 및 소비자의 의식 때문이라고 할 수 있다. 이러한 상황에서 앞으로 우리나라의 느타리버섯 생산에 있어서 병재배를 통한 양질의 버섯 생산으로 전환해야 할 시기를 눈앞에 두고 가공 폐지는 수확기간이나 수확량 면에서 톱밥배지에 비하여 우수한 결과를 보여 톱밥을 대체할 수 있을 뿐만 아니라 경제적으로도 충분한 가치가 있는 병 재배용 배지 원료로 본 연구를 통하여 밝혀졌다. 또한 폐송을 이용한 균상재배에 있어서도 폐송과 혼합하여 사용할 경우에 폐송만의 배지에 비하여 초발이 일수가 빨라져 전체적으로 수확기간을 단축할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

이상 느타리버섯의 재배측면에서의 단순한 경제성뿐만 아니라 폐지를 재활용함으로써 얻어질 수 있는 가장 큰 경제적인 이점은 수거되고 있는 폐지의 재활용도를 높혀 국가의 자원절약 정책에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 문화 발달에 비례하여 종이의 소비량이 증가하고 이에 따라 발생하는 폐지량도 증가함에 따라 이들 폐지를 느타리버섯 재배용 배지원료로 안정적이고 지속적으로 재배농가에 공급함으로써 농가의 경제적인 안정을 도모할 수 있는 이점 또한 매우 클 것으로 판단된다.

제 3 장 결 론

경제성장과 국민 소득수준의 향상에 따른 식생활 문화의 변화로 무공해 천연식품인 버섯의 소비가 크게 증가함에 따라 식용버섯 재배는 우리 농촌의 주요 소득원이 되어 재배농가 및 생산량이 증가하고 있다.

느타리버섯 재배의 주요 배지원료는 볏짚 및 폐송이 사용되어 왔으나 재배농가의 증가와 함께 배지원료 품귀현상이 나타나 원료의 가격상승 요인으로 작용하게 되었으며 대체 배지원료의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

종이는 목재섬유로부터 생산되며 식용버섯균의 주영양원이 되는 셀룰로스로서 구성되어 있다. 문화의 발달과 함께 종이의 소비량이 급속히 증가함에 따라 폐지의 발생량도 증가하고 있다.

본 연구에서는 느타리버섯 재배에 있어 배지원료난을 타개하기 위하여 볏짚 및 폐면을 대체할 수 있는 새로운 배지원료의 개발에 주요 목표를 두고 폐지의 재활용 방법을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 배지 원료용 최적 폐지 선발

원료용 최적의 배지를 선발하기 위하여 지류중에서 비교적 대량으로 생산되어 소비되고 있으며, 분리수거가 용이한 폐신문지와 백상지를 수집하여 물리 및 화학적 성질을 조사하였다.

배지원료로서 갖추어야 할 가장 중요한 성질인 수분의 흡수량 및 흡수속도를 조사한 결과 폐신문지가 백상지에 비하여 매우 우수하였다. 특히, 수분의 흡수속도는 폐신문지가 백상지에 비하여 약 4배 빠른 것으로 나타났다.

폐지 종류별 첨가제를 조사한 결과, 백상지의 경우에는 filler, 보류제, 사이즈제 등의 약품을 첨가하나, 신문용지의 경우에는 전혀 약품을 첨가하지

않고 제조하는 것으로 밝혀졌다. 이상의 결과로부터 폐신문지를 가장 적합한 느타리버섯 재배용 배지원료로 선발하였다.

2. 배지 제조법 개발

수집한 폐신문지를 고해법(beatting)과 세절법(cutting)에 의해 2종류의 형상으로 가공하여 느타리버섯 균사의 생육상태의 차이를 조사하였다.

균사의 생육일수는 고해법의 경우 약 11.4일, 세절법의 경우 약 13.2일을 나타내어 고해법으로 가공한 배지에서 균사의 생육속도가 빨랐다.

배양병 당 자실체의 발생개수는 고해가공 배지에서 평균 32.3개, 세절가공 배지에서 평균 22.8개가 발생되어 고해가공 배지에서 좋은 결과를 보였다.

배양병 당 자실체의 생중량에 있어서는 평균 52.4g을 보인 세절가공 배지에 비하여 고해가공 배지에서 약 44% 증수된 평균 75.2g을 보였다.

이상의 결과로부터 폐신문지의 최적 가공방법은 고해법으로 밝혀졌다.

3. 최적 영양원 및 첨가량

영양원 종류별 균사의 생육은 밀기울에 비하여 미강에서 양호하였으며, 초발이 일수 및 수확량도 좋은 결과를 보였다. 미강 첨가량은 첨가량이 증가할수록 버섯의 생육도 빨랐으나 가공 폐지의 기건중량에 대하여 60-70%가 적절한 것으로 판단되었다.

4. 배지의 최적 살균법

살균시간이 짧고 잡균의 오염을 최대한 방지할 수 있는 고압살균법이 가장 적합한 것으로 밝혀졌다.

5. 버섯의 안전성

신문 인쇄 잉크의 건조제 성분으로 함유되어 있을 가능성이 높은 Mn, Zn, Ca, Cr, Pb 등을 대상으로 ICP분석을 실시한 결과, 벗짚 재배한 버섯에 비하여 낮은 분석치를 나타내어 잉크 성분들의 자실체 내부로의 흡착 가능성은 전혀 없는 것으로 생각되며, 따라서 식용에는 어떤 문제도 없을 것으로 판단된다.

6. 최적 재배양식 선별

1) 병재배

(1) 입병작업의 기계화

폐신문지 배지의 입병기에 의한 입병작업을 검토한 결과, 톱밥 배지에서와 마찬가지로 입병작업의 기계화가 가능한 것으로 밝혀졌다.

(2) 최적 입병량

입병량의 차이에 따른 버섯의 생육상태를 검토하기 위하여 배지 입병량 450g, 500g, 550g별로 균사의 생육일수, 초발이 일수, 수확일수, 생중량 등을 조사한 결과, 약 450-500g이 최적의 입병량임이 밝혀졌다. 이것은 톱밥 병재배의 입병량 500-550g에 비하여 적은 양의 배지를 가지고 동일한 수확량을 얻을 수 있다는 점에서 매우 경제적이다.

(3) 폐신문지와 톱밥 혼합배지의 병재배

고해가공한 폐신문지와 톱밥을 일정 비율로 혼합한 배지를 이용하여 병재배법을 검토하였다. 버섯의 생육상태를 조사한 결과, 폐신문지, 톱밥, 미강의 혼합비율을 40 : 40 : 20, 또는 20 : 60 : 20으로 하는 것이 버섯의 생육이

나 수확량에서 우수한 결과가 얻어졌다.

2) 봉지재배

폐신문지를 이용한 느타리버섯의 봉지재배를 검토하기 위하여 폐송과의 혼합재배를 실시하였다. 폐신문지에 폐송을 약 70%(중량비) 혼합하였을 경우, 폐송만의 배지에 비하여 수확량은 다소 저조하였으나, 균사의 생육, 초발이, 수확일에서 좋은 성적을 보여 폐신문지와 폐송의 혼합 봉지재배의 가능성은 매우 높은 것으로 생각된다.

7. 버섯의 인체 무해성

폐신문지를 이용하여 재배한 느타리버섯의 식용으로서의 안전성을 보다 명확하게 밝히기 위하여 발암물질로 취급되고 있는 수은과 납에 대하여 분석을 실시한 결과, 모든 시료에서 이들 성분은 검출되지 않아 식용에는 어떠한 문제도 없음이 밝혀졌다.

8. 폐신문지 가공의 기계화

느타리버섯 재배용 배지의 대량생산을 위한 폐지 가공은 습식법과 건식법에 의한 기계화가 가능한 것으로 밝혀졌으며, 현재 (주)신동방에서 건식법에 의한 대량생산이 이루어지고 있다.

9. 농가재배

폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배의 재현성을 조사하기 위하여 농가에서의 현장재배를 실시한 결과, 농가재배에서도 실험실에서와 같은 결과가 나타나 폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배의 현장 적용 가능성은 매우 높다고 판단된다.

10. 경제성

폐신문지를 이용한 느타리버섯 재배법의 경제성을 검토하기 위하여 배지 가격을 비교한 결과, 폐습(310-340원/kg)과 볏짚(330-350원/kg)에 비하여 폐신문지(30-40/kg)의 가격이 매우 저렴한 것으로 조사되어 경제성은 매우 높다고 할 수 있다. 또한 폐신문지의 재활용은 자원절약 측면에서 경제성 이상의 가치가 있음은 명확하다.

참 고 문 헌

1. Badham, E. R. : *Mycologia*, 81, 464-468(1989)
2. Bradford, M. M. : *Anal. Biochem.*, 72, 248-254(1976)
3. Braid, G. H. : *Holzforschung*, 35, 10-15(1981)
4. 古川久彦. 1992.きのこ學. 共立出版株式會社
5. Hashimoto, K. : *Mushroom Sci.* IX, 585-593(1974)
6. 堀越孝雄. 1990.きのこの一生. 築地書館
7. Ikegaya, N. : *Trans. Mycol. Soc. Japan*, 29, 401-411(1988)
8. Ishikawa, H. : *J. Agric. Lab.*, 8, 1-57(1967)
9. 衣川堅二郎. 1990.きのこの遺傳と育種. 築地書館
10. 川合正允. 1988.きのこの利用. 築地書館
11. Koji Takabatake : *Mokuzai Gakkaishi*, Vol. 40, No. 10, 1147-1151(1994)
12. Klaus Brabbe, Oswald Hilber. 1989. *Mushroom Science*. Braunschweig
13. Leatham, G. F. : *Mycologia*, 75, 905-908(1983)
14. 이지열. 1985. 균학·버섯재배. 대광출판사
15. Matcham, S. E. : *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 21, 108-112(1985)
16. Michael J. Maher. 1991. *Science and Cultivation of Edible Fungi*(Volume 1). Balkema
17. Michael J. Maher. 1991. *Science and Cultivation of Edible Fungi*(Volume 1). Balkema
18. Ohga, S. : *J. Fac. Agr. Kyusyu Univ.*, 34(4), 405-412(1990)
19. Royse, D. J. : *Mycologia*, 77, 756-762(1985)

20. 最新バイオテクノロジー-全書編集委員会. 1992.きのこの増殖と育種
農業図書
21. 高橋旨象. 1989.きのこ木材. 築地書館