

느타리의 균사 배양 중 배양기 내부 통기성 개선

유영진^{1*}, 심규광², 구창덕³, 김명곤⁴

¹전북농업기술원, ²(주)팔오테크, ³충북대학교 산림학과, ⁴전북대학교 바이오식품공학과

Studies on the aeration improvement of inner bottle(850ml) culture system during the mycelial culture of *Pleurotus ostreatus*

Young-Jin Yoo^{1*}, Kyu-Kwang Shim², Chang-Duck Koo³ and Myung-Koon Kim⁴

¹Jeonbuk Agricultural Technology Administration, Sinheung-dong, Iksan-si, Jeonbuk, Korea,

²ParoTech, 463, Deokjeol-ri Jeongnam-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea,

³Chungbuk National Univ., Gaesin-dong, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungbuk, Korea,

⁴Jeonbuk National Univ. Iksan Campus, Bio Food Technology Ma-dong, Iksan-si, Jeonbuk, Korea

(Received June 7, 2012, Revised June 18, 2012, Accepted June 20, 2012)

ABSTRACTS: The plastic culture bottle cap types and accumulated concentration of carbon dioxide, media humidity in the process of medium culture, chitin content and yield were observed in *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle in Iksan, Jeollabuk-do, Korea, during 2011. The concentration of carbon dioxide in the process of medium culture was the highest after 8~9 days cultivation irrespective of cap sizes and types. The accumulated concentration of carbon dioxide in size cap of 29~41mm was 6.5~4.0% in the upper-under perforation hole of cap and 9.0~6.5% in the under perforation hole of cap. The upper-under 23~33mm perforation hole and under 29mm perforation hole of caps in the 850ml bottle were best condition for cultivation of mushroom and increased fruit body, 15.8~21.2% and 20%, respectively. However, the upper-under & under 41mm perforation hole of fruit body were decreased 60.7% and 23.6%, respectively. Also it was weak, lose vitality and the lower of biologically activity substance because the upper medium humidity was too dry.

KEYWORDS : Carbon dioxide(CO₂), Cap, Moisture, *Pleurotus ostreatus*, Ventilation

서론

느타리버섯[Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Kummer)]은 분류학상 담자균류에 송이버섯과(Tricholmataceae) 느타리속(*Pleurotus* spp.)에 해당한다. 느타리버섯은 목재부후균 중의 하나로 셀룰로오스 보다는 리그닌을 우선 분해하는 백색부후균(white rot fungus)의 일종으로서 포플러, 버드나무 등의 고사목을 기주로 하며 재질 내의 cellulous, lignin 등을 분해하여 성장하는 버섯이다.(Kent, 1965)

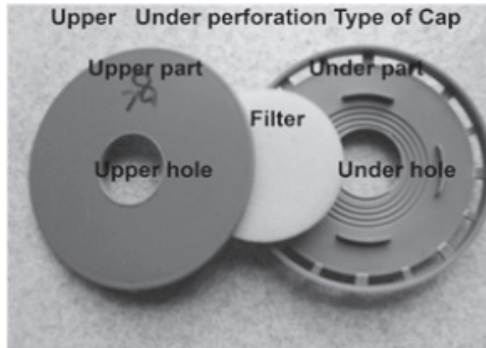
Zadrazil(1973)는 느타리 균사 성장의 기간 동안에 비교로 볼 때에 느타리 품종의 자실체 형성은 실제로 호기적인 과정이며, 어떤 것은 미생물의 종에 연관되어 선택적인 요인으로 생태계에서 이산화탄소의 서로 다른 농도에 영향을 받는다고 언급하였다. Zadrazil(1974; 1975)은 영양원 배지에서 산소의 감소와 균사 성장사이의 관

계를 확인하였고, 공기와 혼합된 전체의 이산화탄소 농도가 16%와 22% 사이에서 3품종의 느타리의 균사 생육에 최적 상태이고, 이산화탄소 농도 37.5%에서는 위 3종 모두 성장이 저해되었다고 하였으며, 이산화탄소에 대한 느타리류의 균사생장의 내성은 기질의 가스 상이 이산화탄소 농도가 높은 반 혐기성(semi-anaerobic) 조건하에서 영향을 주기 시작한다고 하였다. 또한 Miles 등(1997)은 버섯 재배사에서 산소와 이산화탄소는 중요한 인자임을 밝혔으며, Sung 등(1999)은 느타리버섯 균사 성장을 위해 이산화탄소 농도를 15% 이하에서 좋았다고 보고하였다.

본 연구는 느타리 균사 배양 중의 세포호흡 문제를 해결하여 느타리버섯의 다수확 및 고품질을 위하여 배양 병의 외부와 가스 치환이 잘 되도록 하면서도 균사의 활력을 유지하기 위하여 과도한 수분의 증발이 되지 않는 최적의 통기구 크기를 선발하고자 실시하였다.

* Corresponding author (jin1959@korea.kr)

Upper-Under perforation hole type of cap



Upper perforation hole type of cap

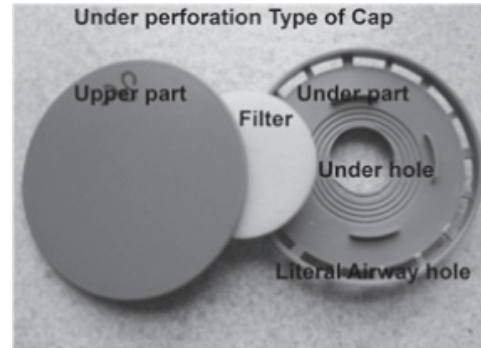


Fig. 1. Upper-Under and Under perforation hole type of cap.

재료 및 방법

뚜껑 재료

Kenjiro(1993)는 균사의 배양에서 배양기 내부의 가스 환경에 대하여 언급한 바 있다. 이를 해결하기 위하여 본 실험에 사용된 850ml 뚜껑은 상하, 하 천공의 2종류이고 각각 12, 16, 23, 29, 33, 37, 41mm 천공 뚜껑을 사용하였다. 또한 덮개인 상부측과 병과 결합되는 하부측 중간에 필터(스폰지)를 삽입하였다. 뚜껑의 통기구 표시는 상부측과 하부측에 천공한 구는 상하 천공(upper-under perforation hole), 하부측에만 천공한 구는 하 천공(under perforation hole)으로 명명하였고(Fig. 1), 대조구는 기존 스폰지 뚜껑을 사용하였다.

액체종균 제조

실험에 사용된 품종은 느타리버섯(일명 장안 8호 품종) 균주를 사용하였다. 종균계대에서 페트리디쉬에 PDA(potato dextrose agar) 42g/1l의 비율로 조제하여 고압 살균 후에 사면이나 평면 배지를 만들었다. 대용량 배양은 140l에 2.5%설탕 3.45kg, 대두박 0.98kg, MgSO₄ 70g, K₂HPO₄ 70g, 목초액(상품명; 유기칼) 100ml(1/1500X), antiform 5ml를 첨가하고, 121℃, 90분간 고압살균 하였으며, 살균이 끝난 후 냉각수를 흘려보내면서 배지의 온도를 상온까지 낮추었다. 접종원량(1/400비율)은 액용량 350ml를 고속 균질기로 12,000rpm에서 40~60초 동안 파쇄하여 접종하였다. 배양실 온도는 20~22℃, 폭기 압력 2.0kg.f/cm²의 공기압, 직경 50mm×0.2μm의 필터(Pall Co.)를 3개 직렬로 연결하여 공기를 여과하면서 폭기 배양을 실시하였다. 액체종균의 접종 전 오염검사는 진한 giemsa Sol.의 단독처리에 의한 현미경 검경으로 확인 하였다.

입병, 접종 및 배양

배지 조제에서 재료로는 미송 발효 톱밥 47.6%, 면실펠릿 35.7%, 비트펄프 7.1%(165kg), 면실박 7.1%(총 N원 함량=42%, 호주산), 조개껍질 가루 2.4%의 중량 비율로 혼합하고 배지 수분을 65.0%로 조절한 다음 입병을 하였다.

느타리버섯의 병재배에 있어서는 850ml병 용량의 병에 입병하였다. 병에 골고루 배지를 충전하여 입병하고 가운데 1구를 타공 하였으며 1병당 순수 습 배지량은 각각 487~502g(평균중량 495g)/850ml가 되도록 하였다. 1바구니에 16병을 담아 뚜껑을 닫은 후 이를 적재하여 즉시 고압 살균을 실시하였다. 배지 병 방랭은 살균 후 청결한 방랭실에서 하룻밤 동안 유지하여 접종시에 느타리버섯 병 내부의 배지 품온이 15℃ 이하가 되도록 냉각한 후, 상부와 타공한 2곳에 병당 15ml정도 접종하였다. 배양은 통상 재배사에서 행해지는 방법에 따라 배양실의 온도는 21~22℃, 배양실의 이산화탄소 농도는 1,000~1,700ppm 범위이고 별도의 가습은 하지 않았다. 느타리버섯 850ml병은 접종일부터 17일째까지 배양을 실시하며 접종 후 수확까지는 평균 25일째부터 29일째까지 5일간 자실체를 수확하여 누적량으로 표시하였다.

배양 중 병 내부의 이산화탄소 농도 측정

배양 중에 각각의 1개 병에서 배양이 종료되는 때까지 병안의 이산화탄소 농도를 검지관(GASTEC, Carbon Dioxide Detector Tube, Made in Japan)으로 매일 측정하였다. 방법으로 토치 램프로 코크보러를 가열하고 뚜껑의 상부 중앙부 천공하였으며, 측정용 검지관의 흡입 용량과 병 내부의 공기의 공간 용적(예 ; 850ml의 경우 타공의 면적에 따라 100~120ml 공간) 등을 고려하여 주로 1stroke의 20% 량을 흡입하여 검지관(1stroke=100ml를 흡입하여 측정한 값)의

변색된 값에 희석비(5배)를 곱하여 측정값을 %로 표기하였다. 측정 후에는 삽입관 구멍을 테이프로 밀봉하였다.

균상 상부의 배지 수분 측정

팽이 톱밥재배에서 배지의 통기성 양부(良否)가 자실체 수량에 미치는 영향이 크다고 지적된 바(Kent 등, 1965) 있고, 발이 유기 과정보부터 버섯 수확시까지는 물론 전 재배기간 동안 균상의 표면을 건조되지 않도록 관리(차 등, 1989)해야 한다고 발표한 바 있다. 따라서 배지 균상의 상부 수분을 평가하기 위하여 배양이 종료되는 17일의 균굽기시에 일정량을 채취하여 55℃의 건조기에서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 건조 전후의 중량 차이로 상부 배지의 수분량을 측정하였다.

시료의 화학적 특성 분석

유리당은 Im(1998), 정(2004)의 시험방법을 준용하여 분석하였다. 느타리버섯 시료를 분쇄한 후 20g을 칭량하여 80% 에탄올 100ml를 넣은 후 85℃ 수욕조에서 30분간 초음파 추출을 실시하였다. 그 후 80% 에탄올 100ml를 가하여 0.45µm membrane filter로 여과한 후 fructose, glucose, maltose, sucrose, lactose를 HPLC로 분석하였다.

chitin 분석은 현(2006)의 시험방법을 준용하였다. 동결된 시료 0.16g을 칭량하여 6N HCl 5ml를 넣고 100℃ wath bath에서 4시간 동안 가수분해 시켰다. 실온에서 30분간 방치 후 110mm filter paper(No2)로 여과한 액을 증류수를 사용하여 50ml로 정용하였다. 5N NaOH을 사용하여 pH 5.75~5.79범위까지 조정하고 다음 시험관에 피검물 2ml와 4% acetylacetone 0.5ml를 혼합하였다. 혼합액이 들어있는 시험관을 90℃ shaking water bath(110rpm)에서 1시간 반응시켰다. 시험관을 실온에서 10분간 방치 한 후 95% ethanol 4ml, ehrlich reagent 0.5ml와 증류수 3ml를 첨가하여 530nm에서 흡광도를 측정하였다.

배양 후 생육 및 수확

배양이 종료된 후에는 균굽기 작업을 실시하였고, 생육은 바구니에 16병을 담아서 느타리버섯 850ml병의 생육을 실시하였다. 접종부터 첫 수확까지의 생육 과정에서 작업 시간 이외에는 빛을 조사하지는 않았다. 균굽기 작업 후 물을 분무하였고 가슴에 의한 수침을 방지하기 위하여 병을 거꾸로 하여 초발이를 유도하였다. 발이실의 온도는 14℃ 전후에서 중앙가슴기(회전 분산형)를 이용 안개 상으로 하고 시간의 흐름에 따라 발이가 되도록 습도는 90~95%, 생육 후기에는 80%가 되도록 하였다. 발이실에서 환기는 어린 버섯의 발생을 유도할 때 이산화탄소의 농도가 1,000ppm 정도로 관리하고, 생육 기간은 9~12일(접종 후 26~29일) 동

안 유지하면서 연차적으로 자실체를 수확 하였다.

결과 및 고찰

느타리버섯 병 배양 중 이산화탄소 농도 측정

느타리버섯 850ml병의 실험에서 얻어진 Fig. 2, Fig. 3, 와 같이 배양중 이산화탄소 발생빈도는 배양 8~9일 경과에서 최대치를 보이다가 점차적으로 낮아졌고 배양뚜껑의 종류별 이산화탄소 변화는 Fig. 4와 같이 상하천공 12~23mm는 10~10.5%, 29~41mm 경우는 6.5~4.0%의 농도였고, 하천공의 경우는 12~23mm는 13.5~9.0%, 29~41mm는 9.0~6.5%의 농도를 보여 하 천공 뚜껑에서보다는 상하 천공 뚜껑 구에서 전반적으로 검출량이 적었다.

Zadrazil(1975)은 영양원 배지에서 산소의 감소와 균사 성장사이의 관계를 확인한 바, 공기와 혼합된 전체의 이산화

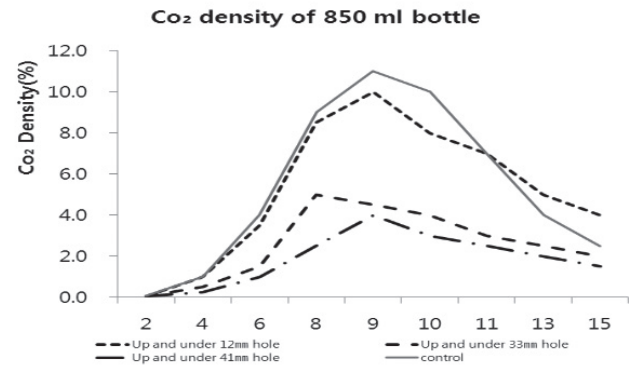


Fig. 2. The summary that some of control group about that concentration of carbon dioxide in the inner the bottle culture of upper-under perforation in the *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle.

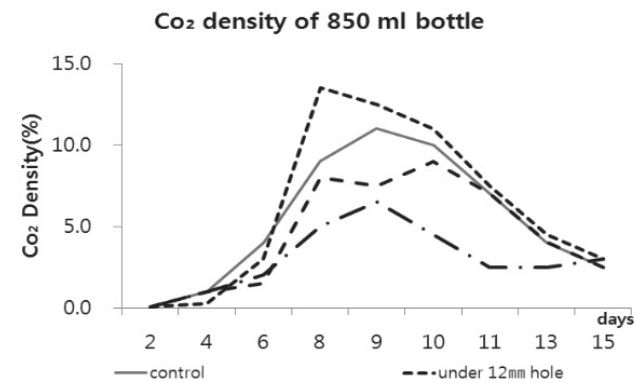


Fig. 3. The summary that some of control group about that concentration of carbon dioxide in the inner the bottle culture of under perforation in the *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle.

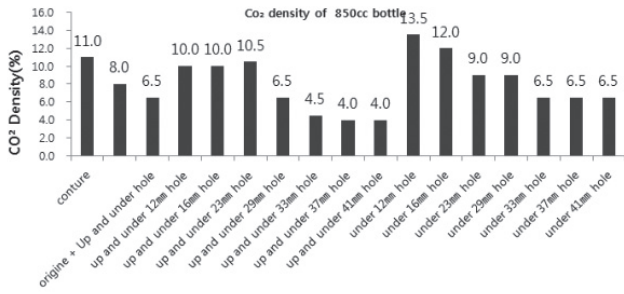


Fig. 4. The concentration of carbon dioxide of maximum peak(%) in the inner the bottle culture in the *Pleurotus ostreatus* 850 ml bottle.

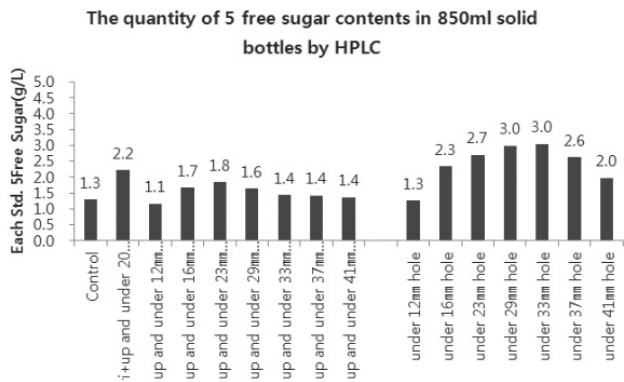


Fig. 6. The quantity of free sugar contents in *Pleurotus ostreatus* 850 ml solid bottle by HPLC.

탄소 농도가 16%와 22% 사이에서 3품종의 느타리의 균사 생육에 최적 상태라고 하였지만 이들의 실험은 접종 5일 후의 짧은 기간 동안에 균사의 증식된 직경의 비교이고, 공기와 이산화탄소 농도와와의 혼합 비율이었으므로 위와 같은 조건의 혼합공기의 조성에는 이산화탄소 농도가 16%와 22% 이더라도 실험으로 설정된 배양기의 내부에는 공기와 이산화탄소와의 일정비율 조성이었으므로 유입된 산소가 있었던 결과였으며, 병 재배에서의 3차원적인 공간이 아닌 페트리디쉬의 단면적에서의 비교를 한 결과였다. 하지만 본 연구는 접종 후 가장 많은 호흡반응이 진행되는 배양 대수기에서 위의 Zadrazil(1975)의 경우와는 달리 통기부족으로 인한 과도한 이산화탄소 농도와 제한된 산소 농도에 의하여 이루어지는 3차원적인 배양용기 내부에서의 왕성한 호흡반응과는 완전히 다르다고 할 수 있다. Sung 등(1999)은 느타리버섯 균사 생장을 위해 이산화탄소 농도를 15% 이하가 좋다 하였고 본 연구에서도 균사 배양 중의 이산화탄소 농도는 낮을수록 좋은 것으로 판단되었지만 과도한 이산화탄소 배출로 배지의 수분이 과도한 손실까지도 염두에 두어야 할 것으로 판단하였다. 최대 이산화탄소 농도에 비례하

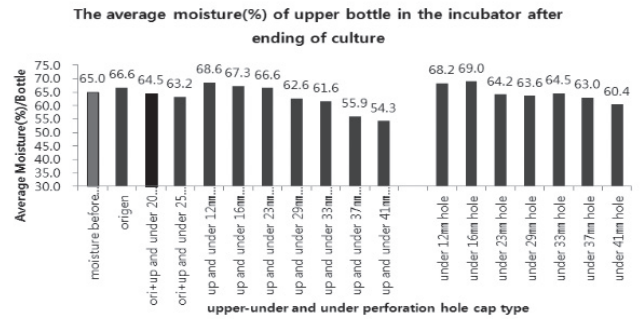


Fig. 5. The average moisture(%) of upper bottle in the incubator after ending of culture of *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle.

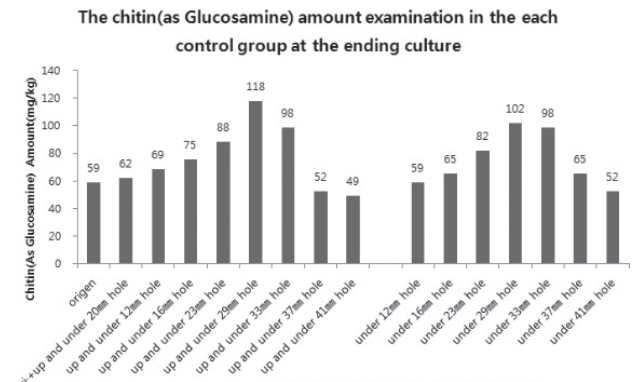


Fig. 7. The chitin(as Glucosamine) amount examination in the each group at the ending culture of *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle.

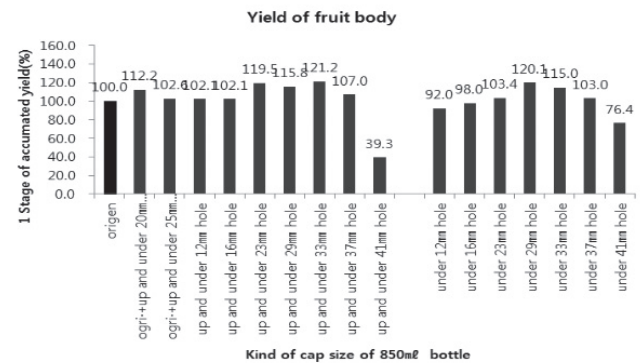


Fig. 8. The comparison of control(100%) based on the average rate in the cumulative harvest of *Pleurotus ostreatus* 850ml bottle yield.

여 배양기간 중의 배양기 내부에 지속적인 영향을 주기 때문에 배양이 진행되면서 균사 배양기간 중에서도 특히 배양 대수기의 정점기간을 지내게 될 때에 배양기의 내부는 제한된 산소량과 과도한 이산화탄소 량에 너무나 큰 영향을 받는다는 것이 입증되었다.

느타리버섯 재배방법에 의한 배지 수분의 영향

본 실험에서도 배지수분을 65%로 조제하였으며 배양종료 후 배지 상부의 수분량을 측정하여 비교하였다. 상하 천공에서 기존 무스폰지 뚜껑에서는 통기는 부족하였지만 배지상부의 수분의 유지는 양호하였으며 통기구가 적은 실험구 또한 배지상부의 수분유지는 양호하였다. 상하 천공에서는 상하 12mm, 16mm, 23mm천공 뚜껑에서 배지 상부의 수분량이 66.6~68.6%로 살균 전 배지 수분량 보다 높게 유지하였지만 통기구가 큰 상하 29~41mm천공 뚜껑에서는 배지상부의 수분량이 54.3~62.6%로 수분 증산량이 호흡반응의 생성량보다 많았다. 상하 천공 실험구에서는 다른 버섯 품종의 배양기간보다 짧았음에도 불구하고 상대적으로 가파른 감소를 보인 반면 하천공 뚜껑구에서 상대적으로 배지상부의 수분은 잘 유지되었다. 느타리버섯 병재배에서 수분 함량이 67~72%일 때 자실체 수량이 가장 높았다(장, 1976)는 내용과 일치하였으나 하 천공 뚜껑류(Fig. 5)에서와 같이 배지의 상부 수분이 높게 유지되었다 하더라도 수량(Fig. 8)이 적게 나온 것은 역시 배양 대수기에서의 이산화탄소 농도의 과도한 양(역비례 관계인 산소량의 부족)이 가장 큰 원인으로 판단되었다.

균상 상부의 영향이 주된 원인 중의 호흡 중의 과도한 이산화탄소 농도와 제한적인 산소 농도와 아울러서 또 하나의 주요 인자로 균상 상부의 수분이 중요하다. 이러한 근거는 세포호흡반응식[C₆H₁₂O₆+6O₂→6CO₂+6H₂O+Energy(kcal/mol)]과 같이 반응식에 열거된 모든 요인(항목)이 독립적인 변수가 아니라 서로 연관되어 균사의 세포호흡 반응에 영향을 주는 것을 이해해야 한다.

느타리버섯 시료의 화학적 특성

850ml병에서 뚜껑별 5종의 유리당 함량은 상하 천공에서는 23mm > 16mm > 29mm > 33mm, 37mm, 41mm천공의 순으로 줄었으며 하 천공에서는 29mm, 33mm > 23mm > 37mm > 16mm > 41mm > 12mm천공 순으로 줄었다. 상하 및 하 12mm천공 그리고 대조구에서 5종의 유리당은 적었다. 기존 뚜껑과 비교시 상하 16~29mm천공에서 비교적 높았고, 하 16mm~37mm천공 구 등의 모든 실험구에서 높게 나타났다(Fig. 6). 하지만 통기구가 큰 뚜껑구에서 균사 배양 중의 호흡기작은 양호하여 균사의 생리활성은 높더라도 균상 상부의 건조증상(Fig. 5)으로 발이불량이 되며, 균사 호흡기작으로 축적된 영양원이 많다 하더라도 균상 상부의 건조상태에 따라서 자실체의 생산량은 영향을 받는 것으로 확인되었다.

Chitin 함량은 Fig. 7과 같이 기존 뚜껑과 상하 천공 뚜껑 7개, 하 천공 뚜껑 7개에서 비교하였다. 맥주효모균(*Saccharomyces cerevisiae*)의 세포벽 구성 성분 비율은 각각 글루칸, 만노단백질 그리고 키틴이 약 60%, 40%, 그리고

1%를 차지하고 있다(Cabib 등, 2001). 이 중 키틴은 N-acetylglucosamine이 β-1,4 결합한 고분자 다당류로 세포벽을 구성하는 데 중요한 역할을 수행하고 있다(Smmitz 등, 1999). 본 연구에서의 키틴 함량은 850ml의 기존 뚜껑에 대하여 상하 12mm~33mm천공과 하 16mm~37mm천공의 시험구가 높았다. 상하 37mm천공과 하 41mm천공 뚜껑 이상에서는 오히려 기존 뚜껑보다 키틴량이 감소하였는데 이는 통기구가 커지므로서 상부 균상이 건조되어 균사의 생리활성이 감소한 것으로 판단되었다. 키틴 함유량은 상하 23mm~33mm천공과 하 23~33mm천공 뚜껑구에서 월등하게 높았다. 대조구에 비하여 상하 26mm천공과 하 26~33mm천공 뚜껑에서 높은 키틴량이 검출되어 이들 실험구가 호흡반응도 양호하고 수분증발도 억제하는 유용한 조건으로 판단되었다. 1200ml에서는 대조구에 비하여 하 25mm천공 뚜껑에서 키틴 함량이 높게 나타나 통기성 배양조건이 균사의 밀도와 생리활성 등이 높아지는 것으로 판단되었다.

느타리버섯 배양 후 생육 및 수확

생육 중간 시기에서 발이량이 많고 빨리 자란 자실체는 결국 수확 종점에서도 빨리 수확이 이루어질 뿐 만 아니라 품질도 양호하고 자실체 수량도 증가하는 것이 확인되었다. 통기가 불량한 구에서는 세포호흡에 산소의 부족으로 배양이 늦어졌고 이로 인하여 이후의 모든 과정에서 생리활성 저해를 겪었으며 수확이 종료되는 시점에서도 이러한 현상은 동일하게 유지되었다. 또한 통기량이 너무 크게 되면 겉보기 배양은 상대적으로 빨리 이루어졌더라도 이후의 균상상부가 건조되어 자실체의 발이가 현저히 저하되었으며, 수량의 감소로 이어졌다. 통기구가 동일한 크기에서는 상부 천공된 실험군에서는 특히 배양은 빨리 이루어졌다 하더라도 균상 상부의 건조 증상이 심하여 발이 불량으로 이어졌으며 하 천공구에 비하여 발이불량이 많았다.

850ml병 느타리버섯 수량은 상하 천공 뚜껑에서 33mm > 23mm > 29mm > 37mm > 12mm, 16mm >> 41mm천공 순으로 수량이 적었으며, 하 뚜껑에서는 29mm > 33mm > 23mm, 37mm > 16mm > 12mm > 41mm천공 순으로 수량이 감소되었다. 대조구(100%)에 비하여 가장 양호한 상하 23~33mm천공구와 하 29mm천공구는 각각 15.8~21.2%, 20.1%의 높은 증수효과를 나타내었다(Fig. 8). 하지만 상하 및 하 41mm천공 뚜껑에서는 각각 60.7%와 23.6%의 감소를 보였는데 이는 병재배의 특성상 균상 상부의 배지가 건조되었기 때문으로 판단되었다.

자실체 수량의 결과는 균사의 영양생장기 때의 균사배양에서 통기구가 너무 적으면 배양 대수기에서의 과도한 이산화탄소 농도와 제한된 산소 농도에의 영향으로 세포의 호흡반응에 영향이 있고 통기구가 너무 크면 균상상부

의 수분증발로 인하여 배지의 상부 표면에 존재하는 균사는 활력이 약해지거나 생리활성의 저하가 원인으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 느타리버섯 850ml 배양용기의 뚜껑종류 및 크기에 따른 배양중 이산화탄소농도변화, 수분함량, 유리당, 키친 함량 및 수량을 조사하였다. 배양중 이산화탄소 변화는 배양 뚜껑 종류와는 관계없이 배양 경과 8~9일경 이산화탄소발생량이 최고치에 도달하였고, 뚜껑종류별 이산화탄소누적 농도는 뚜껑 크기 29~41mm를 비교하였을 때 상하천공은 6.5~4.0%, 하부천공은 9.0~6.5%로 하부천공이 이산화탄소농도가 높게 측정되었다. 수분변화는 구멍크기가 클수록 배지 내 수분 보유량은 감소하였다. 유리당과 키친의 변화는 상하천공보다 하부천공에서 유리당 및 키친량이 많았고, 수량은 상하천공 23~33mm, 하천공 29mm에서 각각 15.8~21.2%, 20%가 증수되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산물식품기술기획평가원(IPET)의 2009년 4월~2012년 4월까지 수행된 결과로서 이를 수행할 수 있도록 지원하여 주신 모든 분께 감사드립니다.

참고문헌

장명준, 이윤혜, 주영철. 2008. pH 지시약을 이용한 느타리버섯 액체종균 오염 간이진단법 개발, *The Korean J. of Mycology*, 36 : 9-15.

장학길. 1976. 톱밥 배지에 대한 영양添加가 팽이버섯의 생장 및 배지의 化學的 成分 變化에 미치는 影響. *한국균학회지*, 4 : 31-44.

정민욱. 2004. *Fomitella fraxinea* 균사체의 대량생산과 기능성 연구. 영남대학교.

차동렬. 1989. 최신버섯재배기술. 상록사. 348-354.

현국현. 2006. Mode of expression of cell wall-related genes under cell wall stress condition in *Saccharomyces cerevisiae*. 충남대학교대학원 미생물학과 석사학위논문.

Cabib, E., Roh, D. H., Schmidt, M., Crotti, L. B. and Varma, A. 2001. The yeast cell wall and septum as paradigms of cell growth and morphogenesis. *J Biol Chem* 276 : 19679-19682.

Im, M. H., Choi, J. D., Chung, H. C., Lee, S. H., Lee, C. W., Choi, C. and Choi, K. S. 1998. Improvement of Meju preparation method for the Production of Korea traditional Kanjang. *Korean J. Food Sci Technol.* 30 : 608-614.

Kenjiro, K. 1993. CHAPTER 5 Physiology and the Breeding of *Flammulina velutipes*. *Genetics and Breeding of Edible Mushrooms* pp.87~109, ed chang, a. Buswell, and Philip G. Miles. Gordon and Breach Science Publishers.

Kent, K. T. and Kelman, A. 1965. Lignin degradation as related to the phenoloxidases of selected wood-decaying Basidiomycetes. *Phytopath.* 55 : 739-744.

Miles, P. G. and Chang, S. T. 1997. *Mushroom biology : Concise basics and current developments*. World scientific publishing Co. Pte. Ltd. p48.

Smmits, G. J., Kapteyn, J. C., Van den Ende, H. and Klis, F. M. 1999. Cell wall dynamics in yeast. *Curr Opin Microbiol* 2 : 348-352

Sung, J. M., Moon, H. W. and Okumura, S. 1999. Growth condition of liquid culture by *Pleurotus ostreatus*. *Kor. J. Mycol.* 27 : 1-9.

Zadrazil, F. 1973. Anbauverfahren für *Pleurotus florida* FovoSe. *Champignon* 13 : 3-4.

Zadrazil, F. 1974. The ecology and industrial production of *Pleurotus osteratus*, *Pleurotus floride*, *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eryngii*. *Mushroom Sci.* 4 : 621-652.

Zadrazil, F. 1975. Influence of CO₂ concentration on the mycelium growth of three *Pleurotus* species. *European J. Appl. Microbiol.* 1 : 327-335.