

팽나무버섯의 균사배양 중 배양기 내부 통기성 개선

심규광^{1*}, 유영진², 구창덕³, 김영석⁴, 김명곤⁵

¹(주)팔오테크, ²전북농업기술원, ³충북대학교 산림학과, ⁴전북대학교 농화학과, ⁵전북대학교 바이오식품공학과

Studies on the aeration improvement of inner bottle culture system during the mycelial culture of *Flammulina velutipes*

Kyu-Kwang Shim^{1*}, Young-Jin Yoo², Chang-Duck Koo³, Young-Seok Kim⁴ and Myung-Koon Kim⁵

¹ParoTech, Deokjeol-ri Jeongnam-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi-do 445-960, Korea

²Jeollabuk-do Agricultural Research and Crop-Management, Iksan, 570-704, Korea

³Chungbuk National Univ., Gaesin-dong, Heungdeok-gu, Cheongju, Chungbuk 631-763, Korea

⁴Jeonbuk National Univ., Department of Agriculture, Agrochimie., Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea

⁵Jeonbuk National Univ. Iksan Campus, Bio Food Technology, Iksan, 570-704, Korea

(Received March 4, 2012, Revised March 18, 2012, Accepted March 21, 2012)

ABSTRACT: Ventilation effects of bottles(1,100ml) for culturing *Flammulina velutipes* on its mycelial growth and mushroom production were investigated. The degree of ventilation were controlled with hole positions, upper and under, and hole sizes in the bottle lids. The ventilation effects were measured with the contents of carbon dioxide, free sugars, chitin, moisture in the bottles and with the amount of produced mushrooms from the bottles. Carbon dioxide concentrations within the culturing bottles at exponential mycelial growth period vertex were relatively high in the bottles with lids without both a sponge and an aeration hole, and in those with a smaller hole. Free sugar contents in the mycelia were the highest in those with a 47mm hole on both sides, and in those with 26~33mm holes only underside. Chitin content was the highest in those with a 26mm hole only underside. On the other hand, the lids with 42mm~47mm holes on the both sides greatly lost water and decreased the mushroom production. In conclusion, the most efficient ventilation hole sizes on the lids for bottle(1,100ml) cultivation of *Flammulina velutipes* using 1,100ml polypropylene bottle were 19mm on both sides of the lid and 26mm on only underside. They produced more mushrooms than the control by 6~9 %.

KEYWORDS : Aeration improvement, Carbon dioxide, Cap, *Flammulina velutipes*

서론

팽나무버섯(*Flammulina velutipes*(Curt. ex Fr.) Singer)은 담자균류 주름버섯목(Agaricales) 송이과(Tricholomataceae)에 속하는 백색목재부후균(Donk, 1971)의 일종으로 자실체는 자연 상태에서 늦가을부터 초겨울까지 활엽수의 그루터기에 발생되어 winter mushroom 이라고도 하며(성 등, 2000; 김, 1995) 야생상태의 자실체 형태는 대가 짧고 갓이 큰 특징을 가지고 있으나(古川, 1992) 온도가 낮은 곳에서 인공재배를 할 경우 생육에서 이산화탄소 농도를 높이고 광량을 줄여주면 야생상태는 달리 대가 길어지고 갓이 매우 작아지는 분화특성을 갖고 있다(Stamets, 1993).

팽나무버섯의 대량 인공 병 재배는 PP(polypropylene)병의 배양병(850ml, 1,100ml, 1,200ml 등)을 이용하여 기계화된 시스템을 이용하고 있으며, 배양완료 후 균균기를 실시한 뒤에 12~15℃, 습도 90~98%로 조절된 발이실에서 자

실체를 발이 유기시키고 이후에는 3~4℃에서 억제과정을 거치면서 자실체가 병위로 2~3cm일 때에 봉지 씌우기를 하여 6~8℃에서 나머지 생육 실시하며 접종 후 수확까지는 평균 50~60일 정도의 시간을 소요 하게 된다. 팽나무버섯 재배에서 1995년 이후 기존의 접종원인 고체종균에서 액체종균으로 점진적으로 대체하여 왔다. 액체종균은 균사배양 배양속도가 확연하게 빠르게 진행(류 등, 1998)되는 등의 잇점이 있다. 하지만 균사가 기벽을 타고 올라와 뚜껑의 필터부위까지 잘 침투되어 상부와 하부사이의 삽입된 필터(스폰지)의 구멍을 막게 되는 부작용이 있다. 이러한 뚜껑관리상의 문제로 비통기성 무필터형의 뚜껑을 많이 사용하고 있는 바, 균사 배양 중의 호흡에 의하여 병 안에는 제한된 산소의 농도와 과도한 이산화탄소의 농도가 유지되어 재배의 방법을 개선하고 싶어도 오히려 부작용이 더 커지는 결과를 유발하게 된다.

이를 해결하기 위하여 상부측과 하부측에 천공된 뚜껑 유형과 하부측에만 천공된 뚜껑 유형에서 각각의 천공구를 달리하여 배양 병 외부와의 가스 치환이 잘 되어 균사의 활력

* Corresponding author (microgaba@naver.com)

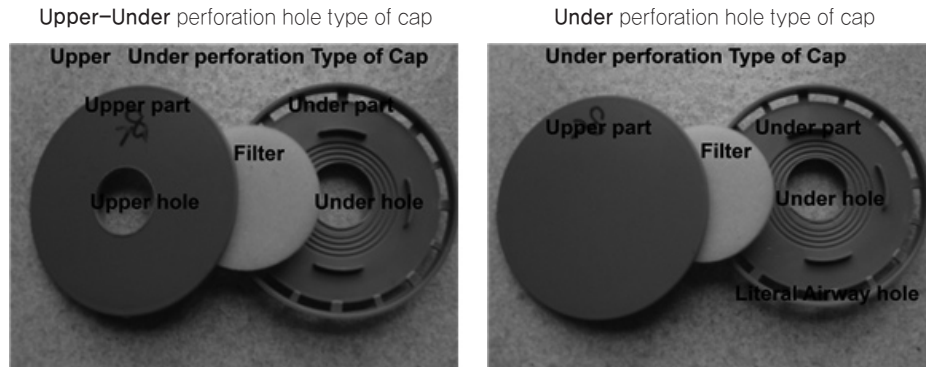


Fig. 1. Upper-Under and Under perforation hole type of cap.

을 유지하고 과도한 수분의 증발이 되지 않는 최적의 통기구 크기를 갖는 뚜껑을 선별하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 1,100ml PP(polypropylene)병의 대조구로 스폰지 없는 뚜껑이며, 상하 및 하 천공의 2부류이고 각각 14, 19, 26, 33, 38, 42, 47mm 천공 뚜껑이고, 1,200ml PP(polypropylene)병의 대조구로 스폰지 없는 뚜껑과 하 25mm천공을 각각 사용하였다. 또한 덮개인 상부측과 병과 결합되는 하부측 중간에 필터(스폰지)를 삽입하였다. 통기구의 표식은 상부측과 하부측에 천공한 뚜껑은 상하(upper-under perforation hole type) 천공, 하부측에만 천공한 뚜껑은 하(under perforation hole type)천공으로 명명하였다(Fig. 1).

액체종균 제조

실험에 사용된 품종은 팽나무버섯(일명 고사 품종) 균주를 사용하였다. 종균 계대에서 petri dish에 PDA(potato dextrose agar) 42g/1l의 비율로 조제하여 고압 살균 후에 사면이나 평면 배지를 만들었다. 대용량 배양은 140l에 설탕 3.45kg, 대두박 0.98kg, MgSO₄ 70g, K₂HPO₄ 70g, 목초액(상품명; 유기칼) 100ml(1/1500X), antiform 204(Sigma, A-6426) 5ml를 넣었고 pH는 조정하지 않았다. 밀폐한 다음 고압살균 처리하였고 배양은 밤새도록 냉각수를 흘려보내면서 실시하였다. 접종원은 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.) 3개를 직렬로 연결하여 공기를 여과하면서 폭기 배양을 실시하였다.

입병, 접종 및 배양

팽나무버섯의 배지 조제는 미송 발효 톱밥 36.5%(330kg), 포플러 톱밥 36.5%(330kg), 미강 18.2%(165kg), 면실박 6.6%(60kg), 조개껍질 가루 2.5%(23kg)의 중량 비율로 혼합하고, 배지수분을 65%로 조절한다음 입병하고 1100(1200)ml PP병에 1병당 순수 습 배지를 각각 712~786g(평균 749g/1,100ml), 800~850g(평균 825g)/1200ml가 되도록 충전하였다. 1바구니에 16병을 담아 뚜껑을 닫은 후 이를 적재하여 즉시 고압살균을 실시하였다. 배지 병 방랭은 살균 후 청결한 냉각실에서 하룻밤 동안 유지하여 배지 품온이 15℃ 이하가 되도록 방랭한 후, 상부와 타공한 2곳에 병당 15ml정도 접종하였다. 배양은 통상 재배사에서 행해지는 방법에 따라 배양실의 온도는 16~17℃, 배양실의 이산화탄소 농도는 1,000~2,000ppm 범위이고 별도의 가습은 하지 않고, 접종일부터 27일째까지 배양하였다.

배양 중 병 내부의 이산화탄소 농도 측정

배양 중에 각각의 1개 병에서 배양이 종료되는 때까지 병안의 이산화탄소 농도를 검지관으로 매일 측정하였다. 방법으로 토치 램프로 코크 보러를 가열하고 뚜껑의 상부 중앙부 천공하였으며, 측정용 검지관의 흡입 용량과 병 내부의 공기의 공간 용적(예; 1,100ml의 경우 타공 수의 면적에 따라 95~130ml 공간) 등을 고려하여 주로 1strock의 20%량을 흡입하여 검지관(1strock=100ml)을 흡입하여 측정값의 변색된 값에 희석비(5배)를 곱하여 측정값을 %로 표기하였다. 측정 후에는 삽입관 구멍은 상하 천공에서는 구멍을 면전 솜으로 끼워두었고 하 천공에서는 테이프로 밀봉하였다.

균상 상부의 배지 수분 측정

팽나무버섯 톱밥재배에서 배지의 통기성이 자실체 수량에 미치는 영향이 크다고 지적된 바(Kent 등, 1965) 있고, 발

이 유기 과정부터 버섯 수확까지는 물론 전 재배기간 동안 균상의 표면을 건조되지 않도록 관리(차 등, 1989)해야 한다고 발표한 바 있다. 배지 균상의 상부 수분을 측정하기 위하여 배양이 종료되는 27일의 균균기에 일정량을 채취하여 100℃의 dry oven에서 항량이 될 때까지 건조시켰다. 건조 전후의 중량 차이로 상부 배지의 수분량을 측정하였다.

시료의 화학적 특성 분석

유리당은 Im 등(1998), 정(2004)의 시험방법을 준용하여 분석하였다. 팽나무버섯 시료를 분쇄한 후 20g을 칭량하여 80% 에탄올 100ml를 넣은 후 85℃ 수욕조에서 30분간 초음파 추출을 실시하였다. 그 후 80% 에탄올 100ml를 가하여 0.45um 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℃ water bath에서 4시간 동안 가수분해 시켰다. 실온에서 30분간 방치 후 110mm filter paper(No2)로 여과한 액을 증류수를 사용하여 50ml로 정용하였다. 5N NaOH를 사용하여 pH 5.75~5.79범위까지 조정된 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 균균기 작업을 실시하였고, 생육의 균일성을 위하여 선반이 없는 바닥에 바구니를 전개하여 팽나무버섯 1,100(1,200)ml병의 생육을 실시하였다. 접종부터 첫 수확까지의 생육 과정에서 작업 시간 이외에는 빛을 조사하지는 않았다. 발이실의 온도는 14℃ 전후에서 초음파를 사용하여 초기의 수분은 자육한 안개 상으로 하고 시간의 흐름에 따라 발이 단계에 따라서 발이 말기에는 80%가 유지되도록 하였다. 발이실에서 환기는 어린 버섯의 발생을 유도할 때 이산화탄소의 농도가 1,000ppm 정도로 관리하였다. 발이 9일 동안 유지한 후 억제 과정으로는 이산화탄소의 농도 1,000ppm, 습도 78~84%로 유지하면서 자실체가 균일하도록 하였고 종이감기는 자실체가 병목에서 2~5cm 일 때 실시하였으며, 생육 후기 과정은 온도 7.5~9.0℃, 습도 70~75%, 이산화탄소 농도 2,000~4,000ppm 범위로 관리 하였고, 첫 수확은 63일째에 이루어졌다.

수확 생육 중간에 실시한 권지를 빼내고 수량 측정시에는 1병 중의 자실체를 채취하여 떨어져 나온 상태로(하부 톱밥 배지가 있는 상태) 측정하였다. 1,200ml병의 수확은 1,100ml

병의 시험구 보다는 4일 늦게 수확하여 대조 뚜껑과 하 천공 25mm를 비교하였다.

결과 및 고찰

팽나무버섯 병 배양 중 이산화탄소 농도 측정

팽나무버섯 1,100ml병의 실험에서 얻어진 Fig. 2, Fig 3, 그리고 1,200ml병의 Fig. 4에서와 같이 상하 천공 및 하 천공된 뚜껑을 사용하였을 경우 모두 통기구가 큰 구에서는 병 안에 존재하는 이산화탄소 농도는 낮게 검출된 반면 통기구가 작은 구에서는 농도가 높게 검출되었고 하 천공 뚜껑에서보다는 상하 천공 뚜껑 구에서 전반적으로 검출된 량이 적었다. Fig. 9의 수량결과에서와 같이 균사가 호흡 반응에 의하여 배출된 이산화탄소 농도이기는 하나 그 농도가 적게 검출되었다고 해서 균사의 호흡 반응이 적게 된 것이 아니라 오히려 호흡 반응이 잘 이루어졌으며 통기구에서의

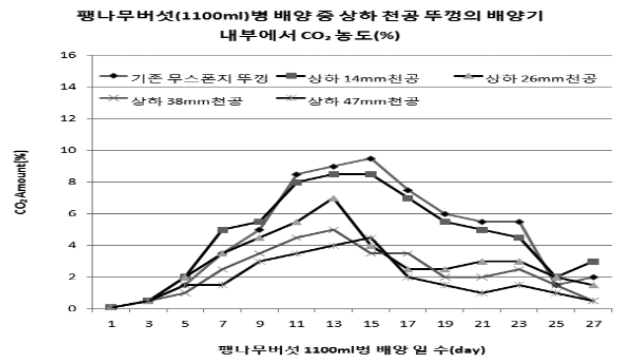


Fig. 2. The summary that some of control group about that concentration of carbon dioxide in the inner the bottle culture of upper-under perforation hole in the *Flammulina velutipes* 1,100ml bottle.

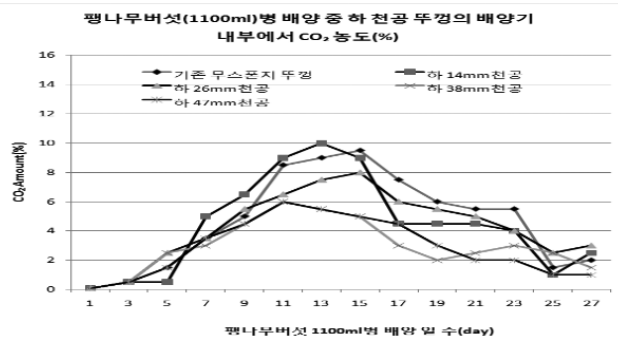


Fig. 3. The summary that some of control group about that concentration of carbon dioxide in the inner the bottle culture of under perforation hole in the *Flammulina velutipes* 1,100ml bottle.

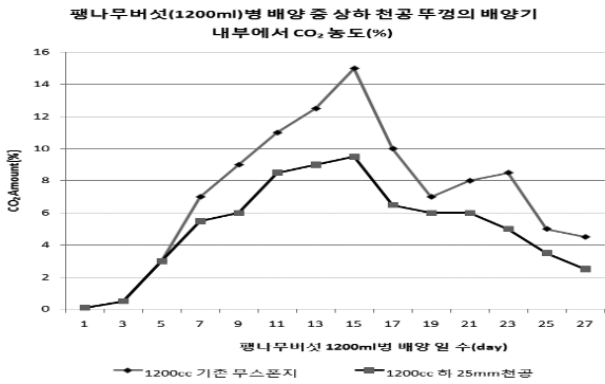


Fig. 4. The concentration of carbon dioxide in the inner the bottle culture during the aeration, in the existing (non sponge) cap of the *Flammulina velutipes* 1,200ml bottle and under perforation hole of 25mm(%).

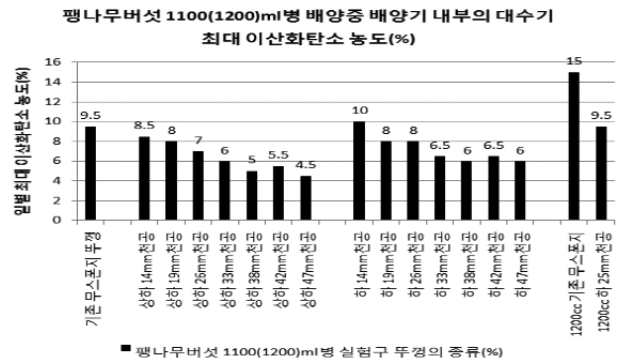


Fig. 5. The concentration of carbon dioxide of maximum peak in the inner the bottle culture during the aeration in the *Flammulina velutipes* 1,100(1,200)ml bottle(%).

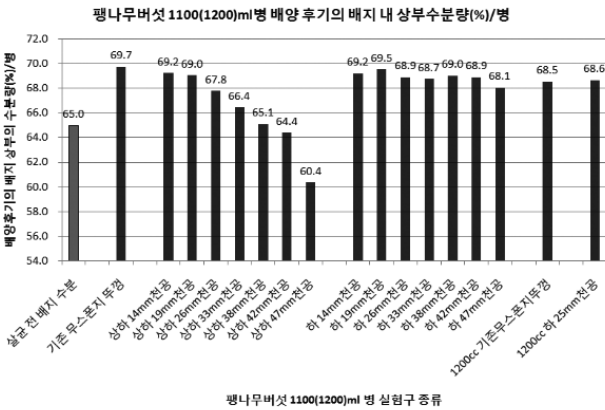


Fig. 6. The average moisture of upper medium bottle in the incubator after ending of culture of *Flammulina velutipes* 1,100(1,200)ml bottle(%).

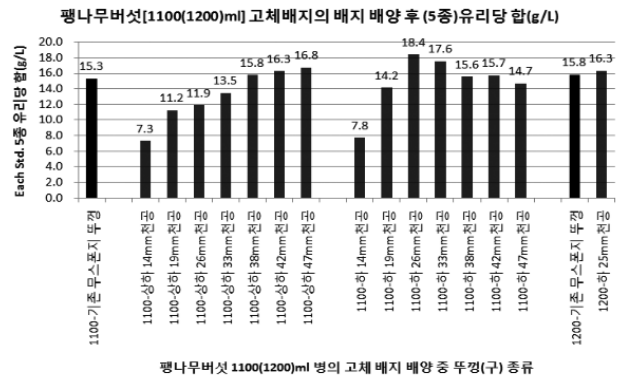


Fig. 7. The quantity of free sugar contents in *Flammulina velutipes* 1,100(1,200)ml, solid bottle by HPLC.

통기량이 양호하여 배양병 외부로의 배출이 잘 되었음을 의미하게 된다. Fig. 5와 같이 통기구가 적은 뚜껑에서의 최대 이산화탄소는 높은 농도로 검출되고 있었으며 누적된 이산화탄소 농도는 높았다. 호흡에 의하여 배출된 이산화탄소가 높다는 것은 상대적으로 호흡에 필요한 산소가 부족하여 호흡의 반응은 상대적으로 제약을 받게 되는 것을 의미하게 된다. 배양이 진행되면서 균사 배양기간 중 특히 대수기 정점을 지날 때에 배양기 내부는 제한된 산소량과 과도한 이산화탄소 량에 큰 영향을 받게 된다.

팽나무버섯 재배방법에 의한 배지 수분의 영향

Fig.6에서와 같이 상하 14mm, 19mm, 26mm천공구 등에서 균사 상부의 수분 함량은 67.8~69.2%였고, 상하 천공 구에서 통기구가 커짐에 따라 급격한 감소를 보였으며, 상하 47mm천공은 배지 상부 수분이 60.4% 현저히 감소되어 극심

한 발이불량으로 이어졌다. 1,100ml의 하 천공과 1,200ml의 실험구에서는 대조구 뚜껑의 69.7% 보다는 낮았지만 통기구가 커지더라도 68.1~69.5%로 완만한 감소를 보였다. 팽나무버섯 병재배에서 수분함량이 67~72%일 때 자실체 수량이 높다는 장(1976)의 내용에서 배지수분의 내용은 거의 일치하였으나 특히 하 14mm 천공에서는 자실체 수량이 대조구에 비하여 84.0%로 낮았다(Fig.10). 이는 배지 상부 수분이 적정하더라도 균사 배양 중의 산소 부족에 의한 영향으로 수량이 16%나 감소되었는데 균사 상부의 수분 유지도 중요하지만 배양병 내부의 과도한 이산화탄소 농도와 제한적인 산소 농도가 중요함을 의미한다. 이는 호흡 반응식(C₆H₁₂O₆ + 6O₂ → 6CO₂ + 6H₂O + energy(kcal/mol))에서 알 수 있듯이 반응식에 열거된 모든 요인이 독립적인 변수가 아니라 서로 연관되어 반응 속도에 영향을 주는 것으로 판단되었다.

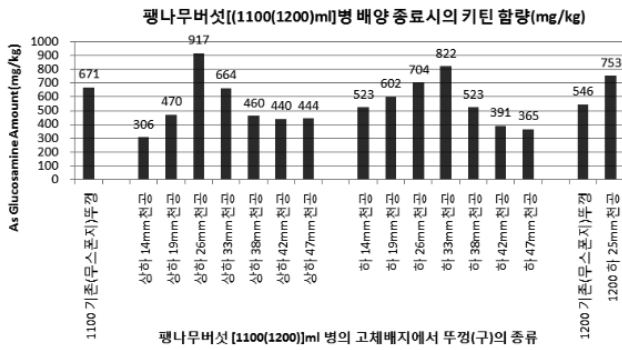


Fig. 8. The chitin(as Glucosamine) amount examination in the each control group at the ending culture of *Flammulina velutipes* 1,100(1,200)ml bottle.

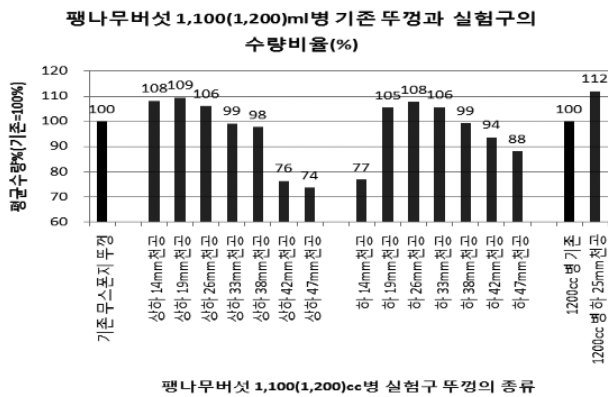


Fig. 9. The comparison of control group quantity based on quantity(100%) of existing cap of containing sponge of *Flammulina velutipes* 1,100(1,200)ml bottle yield(The average rate in the first harvest)

팬나무버섯 시료의 화학적 특성

1,100ml 병에서 5종의 총(유리)당 함량은 상하 천공에서는 47mm > 42mm > 38mm > 33mm > 26mm > 19mm > 14mm 천공의 순으로 줄었으며 하 천공에서는 26mm > 33mm > 42mm, 38mm > 47mm, 19mm > 14mm 천공 순으로 줄었다. 상하 및 하 14mm 천공에서 가장 적었다. 기존 뚜껑과 비교시 상하 38~47mm 천공에서 높았고, 하 26mm, 33mm 천공구에서 높게 나타났다(Fig. 7) 하지만 균사 배양 중의 호흡기작은 양호하여 균사의 생리활성은 높더라도 균상 상부가 건조하여 발이가 불량하며, 균사 호흡기작으로 축적된 영양원이 많다 하더라도 초기 어린버섯발생은 균상 상부의 건조 상태에 따라 발이에 영향이 있었다. 키틴은 균사의 세포막 구성성분으로 톱밥이나 첨가물 등 배지의 구성 성분에는 존재하지 않기 때문에 균체량의 개산치(概算值)를 알기 위하여 실제로 가장 넓게 사용하는 일반적인 방법이다(Matcham 등, 1985).

chitin 함량은 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 수행한다(Smmits 등, 1999)고 하였다. 본 연구에 의한 Fig. 8과 같이 키틴 함량은 1,100ml의 기존 뚜껑에 대하여 상하 26mm천공과 하 26mm천공 그리고 하 33mm천공에서 높았고, 상하 26mm천공구에서 가장 높았다. 상하 및 하 38mm천공구 이상에서는 오히려 기존 뚜껑보다 키틴량이 감소하였는데 이는 통기구가 커질수록 상부 균상이 건조되어 균사의 생리활성 등이 감소한 것으로 판단되었다. 하지만 상하 26mm천공과 하 26mm, 하 33mm천공 뚜껑에서는 대조구에 비하여 키틴량이 높아 배양 중의 호흡반응도 양호하고 수분증발도 억제하는 유용한 천공크기였다. 1,200ml는 대조구에 비하여 하 25mm천공 뚜껑에서 키틴 함량이 높게 나타나 통기성 배양조건이 균사세포의 밀도와 생리활성 등이 높아지는 것으로 판단되었다.

팬나무버섯 배양 후 생육 및 수확

생육 중간 시기에서 발이량이 많고 빨리 자란 자실체는 결국 수확 종점에서 빨리 수확이 이루어질 뿐 만 아니라 품질도 양호하고 자실체 수량도 증가하는 것이 확인되었으며 자실체 수량은 상하 천공뚜껑에서 상하 14mm, 상하 19mm, 상하 26mm천공구에서 좋았고 하천공 뚜껑에서 하 19mm, 하 26mm, 하 33mm천공구에서 좋았다(Fig. 9). 1,100ml 병 팬나무버섯 수량은 상하 천공 뚜껑에서 19mm > 14mm > 26mm > 33mm > 38mm >> 42mm > 47mm천공 순으로 수량이 적었으며, 하 천공 뚜껑에서 26mm > 33mm > 19mm > 38mm > 42mm > 47 >> 14mm 천공 순으로 수량이 적었다. 1,100ml 병 재배에서 기존 무스폰지 뚜껑의 수량과 비교하여 상하 14mm~26mm천공구에서 수량이 6~9% 증가하였고, 하 19mm~33mm천공구에서 수량이 6~8% 증가하였다. 상하 42mm, 47mm천공구는 기존 뚜껑과 비교하여 24~26%의 큰 수량 감소는 통기구가 너무 크게 되어 외부로 증발되는 수분량이 많아 배지의 상부 표면에 존재하는 균사는 활력이 약해지거나 균사의 생리활성이 저하된 원인으로 판단되었다. 한편 하 14mm천공구에서는 23%로 높은 수량의 감소를 보였는데 이는 상부수분이 유지(Fig. 6)되었음에도 불구하고 배양대수기에 통기부족에 의한 호흡반응의 저하 문제로 판단되었다. 1,200ml 병 재배에서도 기존 무스폰지 뚜껑의 수량을 기준으로 할 때보다는 하부 25mm천공구에서 12% 수량이 높게 나와 배지상부수분의 적절한 유지와 통기개선의 효과가 있었다(Fig. 9). 본 실험에 최적인 통기구의 뚜껑 선발 결과는 1,100ml 병에서 상하 14mm~26mm천공 뚜껑과 하 19mm~33mm천공 뚜껑으로 나

타났고 1,200mℓ의 하 25mm천공구는 유용하였다.

적 요

팽나무버섯 병재배(1,100mℓ)에서 배양기 내 통기성이 팽나무버섯의 균사생장과 버섯발생에 미치는 영향을 조사하였다. 배양병 내의 통기성은 배양병 뚜껑에서 천공의 상하 위치와 구멍 크기로 조절하였고, 통기성 처리의 효과로는 배양병 내 이산화탄소 농도, 수분함량 변화, 키틴 함량, 유리당 함량, 자실체 발생량을 조사하였다. 팽나무버섯 균사 배양 중 대수기 정점에서의 배양병 내 이산화탄소 농도는 대조구인 비통기성 무스폰지 뚜껑과, 천공 크기가 작은 뚜껑일수록 상대적으로 높았다. 팽나무버섯 균사 배양체 내 유리당 함량은 구멍 크기가 47mm로 상하로 천공된 뚜껑을 가진 병에서, 그리고 구멍 크기가 26~33mm로 하부만 천공 뚜껑을 가진 병에서 가장 많았다. 키틴 함량은 26mm 크기의 구멍을 하부에만 천공한 뚜껑을 가진 병에서 가장 많았다. 한편 뚜껑에서 천공의 위치가 상하 양쪽이고 천공크기가 42mm~47mm인 배양병에서는 수분 감소가 많아 발이가 불량하고 자실체 생산량도 적었다. 결론적으로 팽나무버섯 병재배 용기 1,100mℓ pp병에서 최고의 수량을 나타낸 배양병에서의 뚜껑은 상하 천공으로 19mm 구멍과 하부만의 천공은 26mm 구멍을 내고 통기성 스폰지를 넣은 것으로, 이 때 자실체 생산량은 대조구보다 6~9% 증가하였다.

감사의 글

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

참고문헌

김병각. 1995. 버섯 건강요법, 가람출판사.
 류영현, 윤영석, 조우식, 박선도, 최부술, 김종국. 1998. 팽이버섯 재배시 액체종균 사용 효과, 한국균학회지. 26 : 20-24.
 성재모, 유영복, 차동열. 2000. 버섯학. 교학사.
 장학길. 1976. 톱밥 培地에 對한 營養添加가 팽이버섯의 생

長 및 培地의 化學的 成分 變化에 미치는 影響. 한국균학회지. 4(1) : 31-44.
 정민욱. 2004. Fomitella fraxinea 균사체의 대량생산과 기능성 연구. 영남대학교 식품가공학과 석사학위논문.
 차동열. 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.
 古川久彦. 1992.きのこ學. pp450, 公立出版株式會社.
 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.
 Donk, M. A. 1971. Progress in the study of classification of the higher Basidiomycetes. An international Symposium. 3-25.
 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(Soy Sauce), Korean J. Food Sci Technol. 30 : 608-614.
 Kenjiro Kinugawa. 1993. CHAPTER5 Physiology and the Breeding of *Flammulina velutipes*. pp.87~109 (Genetics and Breeding of Edible Mushrooms, Edited by SHUT-ING CHANG JOHN A. BUSWELL, Department of Biology The Chinese University of Hong Kong Shatin New Territories and PHILIP G. MILES, Department of Biological Sciences State University of New York at Buffalo USA, Gordon and Breach Science Publishers.
 Kent, K. T. and A. Kelman. 1965. Lignin degradation as related to the phenoloxidases of selected wood-decaying Basidiomycetes. Phytopath. 55 : 739-744.
 Matcham, S. E., Jordan, B. R. and Wood, D. A. 1985. Method for assessment of fungal growth on solid substrates. pp. 5-19.
 Smits, 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.
 Paul Stamets. 1993. Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms, Ten speed press, pp146-150.