

## 반원형발효조식 느타리버섯 배지제조기 개발

# Development of semicircle fermentation container type one-stop substrate composting machine for oyster mushroom

최광재\*    유병기\*    오권영\*    박환중\*    이동철\*\*    심종철\*\*\*  
정회원    정회원    정회원    정회원

K.J. Choe B.G. Ryu, K.Y. Oh H.J. Park D.C. Lee and J.C. Shim

### 1. 서론

느타리버섯 재배의 배지원료는 방울쭈, 면실피 펠릿 그리고 옥수수껍, 왕겨, 절단벼짚 등이며, 1회 버섯재배에 투입하는 배지원료의 양은 건물기준으로 약 3톤 내외이나 배지원료를 물에 침수 발효하여 버섯배지를 만드는 작업은 매우 번거롭고 고역작업이다.

한편, 느타리버섯 배지재료의 침수작업은 버섯농사의 성패를 좌우하므로 완벽해야 한다. 느타리버섯 배지를 만드는 버섯 솜은, 일반적으로 솜의 섬유질 사이로 수분이 침투하기 어려운 구조이므로, 콘크리트 마당에서 폐면 덩이에 물을 뿌리며 트랙터 로터베이터로 털고 트랙터 바퀴로 밟아 약 3일간 침수작업을 반복해야 한다. 일부분이라도 솜에 수분이 완전히 침투되지 않은 곳이 있을 경우 그 후에 아무리 잘 발효, 살균하여 균사배양이 된다 하더라도 정상적인 버섯수확에 실패하게 된다.

본 연구는 느타리버섯 배지를 만드는 배지재료의 침수 세척 살균 및 발효과정을 보다 완전하고 능률적으로 하기 위하여 반원형발효조 및 1축2열 양방향스크류를 설계, 제작하여 버섯배지제조 성능, 배지제조 노력 및 발효 살균 열에너지 절감을 도모코자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 시작기 설계

버섯 배지재료는 전체적으로 잘 뒤집어지고 배지재료에 호기성균의 원활한 발효를 위한 충분한 공기를 골고루 공급하고 배출시킬 수 있어야 한다. 또한, 배지원료에 버섯 균의 발육 억제물질이 포함되어 있으므로 충분히 세탁할 수 있어야 하며, 배지재료의 발효 살균을 위한 가온 열에너지가 적게 들어야 한다.

위 조건을 만족시키기 위하여 버섯배지제조기의 발효조 하부를 반원형으로 제작하고 1축 2열 양방향스크류를 창안하여 배지재료가 균일하게 교반 발효되게 하였다. 그리고 급기용 부로워의 공기는 수분함량이 많은 배지재료 내부를 통과할 수 있게 하였으며, 발효조에 공기공급량을 조절하여 적정 발효조건을 유지시킬 수 있게 하였다. 공기탱크 밑에 설치한 퇴수 밸브를 열어주면 발효조내 배지재료가 갖고 있는 과잉의 물이 배출되어 재료의 수분을 쉽게 조절할 수가 있다. 배지재료의 침수 발효 및 살균이 끝나면 발효조 밑 부분의 배출구

\* 농업공학연구소 생산기계공학과, \*\* 농촌진흥청 친환경기술과, \*\*\* (주)아린

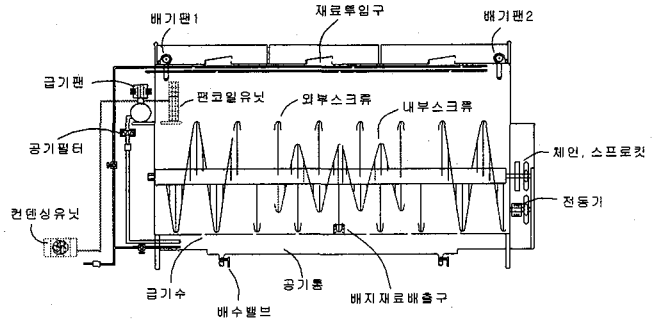
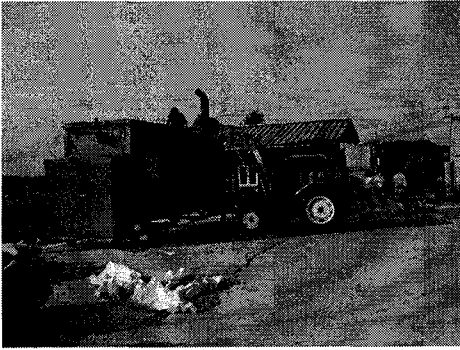


Fig. 1 시작기 구조

로 완성된 버섯배지를 반출시킬 수 있다. 발효 및 살균을 위한 열에너지 공급방식은 스크루실 하부의 공기탱크에 증기를 공급하고 아울러 발효조 상부에도 스팀을 공급하는 관을 설치하였다.

시작기 동력전달은 감속모터 → 체인 및 스프로킷 → 스크루축의 전동방식을 채택하여 토오크가 커짐에 따라 전동축 직경을 확대하고 체인 및 스프로킷 규격을 크게 하였다. 동력원은 6극 전동기를 설치하고 축회전수를 5회 감속하여 스크루축의 회전속도를 0.5rpm의 저속으로 작동되게 하였다.

Table 1 시작기 제원

구 분		사 양
본 체	형식 크기(L×W×H, mm)	1축 2열 양방향스크루 교반 6,700×2,000×2,800
발효조	크기(L×W×H, mm) 건배지 수용량(kg) 탈수장치	6,000×2,000×2,500 22,000~2,500 발효조 하부 중력배수
교반장치	외부스크루(D×L, mm) 내부스크루(D×L, mm)	2,000×6,000 1,000×6,000
가온장치	발효조바닥 금기공(mm) 바닥 전열면적(m <sup>2</sup> )	D6, 설치간격 200×200 18.8
환기장치	금기부로어 풍량(m <sup>3</sup> /분)	루츠송풍기 2.25(3.75kw)
	" 금기압(kg/cm <sup>2</sup> )	0.4
배기팬	" 풍량(m <sup>3</sup> /분)	실로코 팬 5.7(0.2kw)
	" 정압(mmAq)	18
동력전달장치	원동기	3상전동기 380V, 7.5kw

#### 나. 시험방법

배지제조기 발효조내에 물을 공급하고, 1일 8시간마다 3회에 걸쳐서 배수밸브를 열어 배지재료에 혼합된 오물을 배출시켰다. 배지재료를 모두 투입한 후에 타임스위치로 가동시간을 정하여 매일 8시간 마다 20분씩 기계를 가동하고 배지재료 발효온도를 50~55℃로 유지되게 하였다. 발효조에 공기공급은 타임스위치로 매시간 마다 30분씩 금기 및 배기 송풍기를 가동하여 발효공기를 공급하고 발효가스를 배출시키도록 하였다. 공시재료는 건물 총량 2,500kg를 투입 하였으며 배지재료 원료별로 방울솜 80%, 면실피 펠릿 15%, 옥수수껍 5%를 사용하였다. 시작기의 교반스크루 회전수는 0.5rpm로 하였으며, 발효조 배지온도 측정

은 RTD센서와 디지털온도계를 사용하였다.

가온용 보일러는 증발량 200kg/h의 관류식 스팀보일러 이었으며, 발효조에 RTD온도센서를 설치하고 온도조절기에 의해 발효기간 중에  $50\pm 2^{\circ}\text{C}$  내외로, 살균기간에는  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 15시간 경과되도록 하였다. 배지제조 시험 시기는 2004. 9~12. 이었고, 천안 및 보령소재 버섯농장에서 시험하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 느타리버섯 배지제조시스템

시작기의 버섯배지재료 침수, 세척, 발효, 살균작업은 다음과 같은 순서로 배지를 제조할 수 있도록 하였으며, 계절이나 버섯재배 여건에 따라 발효기간을 7~9일 범위에서 조절될 수 있게 하였다.

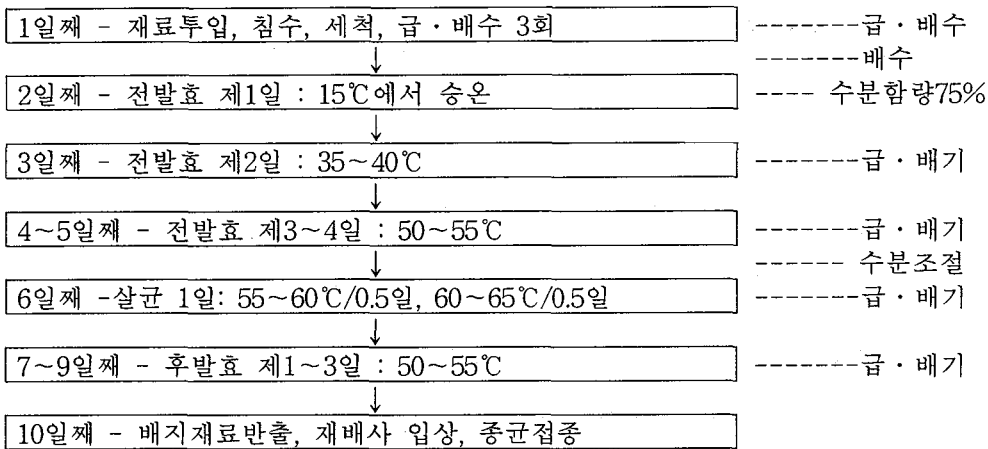


Fig. 2 느타리버섯 배지재료 세척, 발효, 살균시스템

버섯배지재료의 원료에 혼합되어있는 불순물, 소독약 잔류성분, 흙 먼지 등의 이물질을 제거하기 위하여 초기 1일간 세척작업을 하였다. 초기의 수차 시험과정에서 조사한 재료의 침수상태는 약 12시간 후 거의 종료되는 것으로 판단되어 관행 침수기간이 3일인데 비해 신속하였다. 버섯배지 제조방법은 초기에 발효를 시작하여 재료의 온도가  $50^{\circ}\text{C}$  이상으로 높아지면 일단 전발효 단계를 유지시키다가 온도를  $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 로 높여 재료를 살균한 다음 다시  $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 로 낮추어 재료를 후발효 시킨다.

#### 나. 배지재료의 자연발효 온도변화

배지재료를 세척, 배수한 다음 발효조 하부에 공기를 공급하여 배지재료의 온도를 그림 3. 및 그림 4와 같이 상승시켰다. 이는 발효조내 재료의 호기성발효가 원활하게 이루어지기 때문이며, 여름철에는 재료의 온도를 적정 발효온도인  $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 로 유지시키기 용이하였다. 재료의 전발효 후에 재료온도를  $60^{\circ}\text{C}$  이상으로 상승시키기 위하여 그림 3. 에서는 보일러로 가온하였으나, 그림 4. 에서는 무가온으로 발효적은  $50\sim 55^{\circ}\text{C}$  및 살균적은  $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 로 온도를 높일 수 있었다.

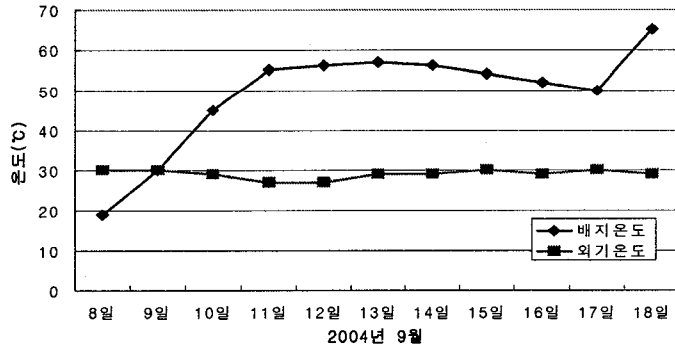


Fig. 3 여름철 버섯 배지온도 변화(급기량45m<sup>3</sup>)

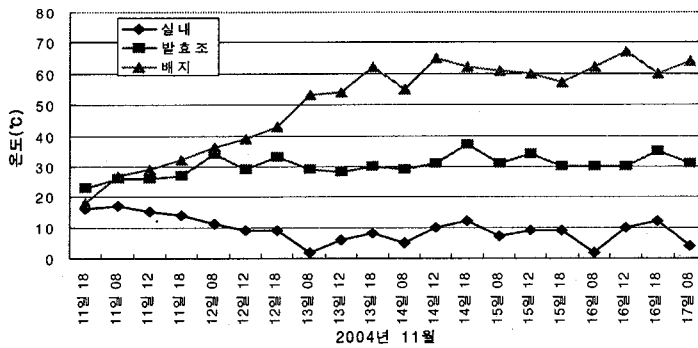


Fig. 4 가을철 버섯 배지온도 변화(급기량67m<sup>3</sup>)

관행 버섯재배사의 공간살균 가온시에는 버섯재배사 1동에 여름철 경우 400ℓ가 소요되었으나 시작기의 경우 보령의 시험은 80ℓ, 천안의 시험은 무가온으로 재료를 발효 살균 할 수 있었다. 이와 같이 연료소모량이 낮은 원인은 발효조 구조가 거의 반 밀폐식이어서 발효기간 중 버섯 균의 자체 호흡열 발생량이 많았으며, 발효조 외부 열전달에 소모되어도 발효살균 적정온도를 유지시킬 수 있으므로 에너지 절감형 버섯배지제조시스템으로 판단된다.

Table 2. 시작기의 관행작업과 특성비교(균상면적 165m<sup>2</sup>)

구분	관행	시작기
- 폐면탈기	트랙터로터베이터 교반	발효조 침수·교반
- 침수, 예비발효	야외 침수·발효	발효조 교반·송풍발효
- 배지특성	공극률 낮음	공극률 높고 탄력이 큼
- 연료소모량(여름, ℓ/동)	400	0~80
- 작업노력(시간)	40	17
- 작업비용(천원/165m <sup>2</sup> )	348	569

관행 트랙터 로터베이터를 이용한 재료의 타면 침수 야외발효 방법은 40시간 소요되었으나 시작기를 이용한 버섯배지제조 작업은 17시간 소요되어 작업노력을 57% 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 작업비용의 경우는 관행 569천원/동에 비해 시작기 이용 배지제조는 348

천원/동으로 경비를 39% 절감할 수 있었다.

라. 버섯배지의 버섯수확량

시작기 이용 배지제조에 의해 재배한 여름철 버섯수확량은 10m<sup>2</sup>당 5주기 동안 99kg 생산되어 버섯수확량에는 별 문제가 없었으며, 특히 재배시기가 여름철임에도 불구하고 버섯재배에 병이 발생되지 않고 7주기까지 지속적으로 버섯을 수확할 수 있었으므로 시작기로 제조한 버섯배지는 우량배지로 간주된다.

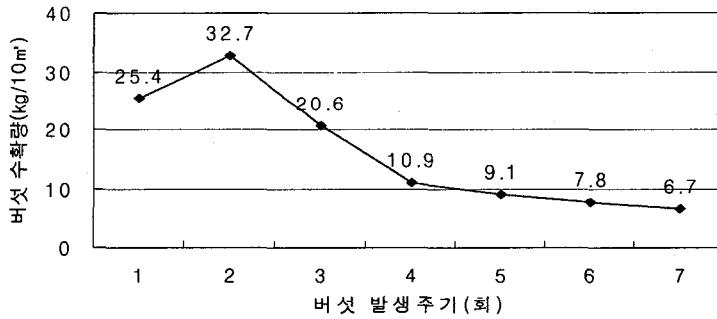


Fig. 5 시작기로 제조한 배지의 버섯수확량(균상165m<sup>2</sup>, 흑평) 비교

반원형발효조식 버섯배지제조기를 보령, 부안, 이천, 해남, 천안 등의 농업현장에 투입하여 버섯재배 농가에서 느타리버섯 배지생산 및 버섯재배 실태를 조사한 바, 이용농가로부터 이 기종의 침수, 발효기능이 우수하다는 평가를 받고 있다. 이 반원형발효조식 버섯배지제조기는 느타리버섯 재배에 필요한 장비로 인식되고 있으나 기계가격이 높아 개별 구입이 어려우므로 버섯작목반에서 구입하여 공동 이용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

- 가. 관행 버섯배지제조에 침수, 살균, 발효 작업노력 40시간/회/동 에 비해 시작기는 17시간 /회/동 으로 작업노력을 57.5%절감할 수 있었음.
- 나. 관행 버섯배지재료의 침수, 살균, 발효 작업비용 569.5천원/회/동 에 비해 시작기는 348.6천원 소요되어 작업비용을 38.7% 절감할 수 있었음.
- 다. 관행 버섯재배의 살균·발효 가온 연료소모량 400ℓ/회/동 에 비해 시작기의 연료소모량은 0~80ℓ/회/동 으로 연료소모량을 80~100% 절감할 수 있었음.
- 라. 배지원료의 흙, 오염물질 등을 세척할 수 있어 양질 배지생산이 가능할 것으로 판단됨.

5. 참고 문헌

1. 농촌진흥청, 1998, 표준영농교본-92 버섯재배기술
2. 차동열 외, 1989, 최신버섯재배기술, 농진회
3. 최광재, 1992 느타리버섯 재배 기계화실태 조사연구, 농시논문
4. Peter Oei 1991, Manual mushroom cultivation, Tool Publication, Amsterdam.