

반밀폐형 스크류교반식 버섯배지 발효·살균기 개발

Development of fermentation and sterilization machine for the mass production of substrate of oyster mushroom

최광재* 오권영* 유병기* 이성현* 박환중* 장현유** 장만규***
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원

K.J. Choe K.Y. Oh B.G. Ryu S.H. Lee H.J. Park H.Y. Jang M.K. Jang

1. 서론

우리 나라의 느타리버섯 재배는 70년대 후반 농촌진흥청에서 벗짚다발재배기술을 개발 보급하면서 느타리버섯 재배기술이 보편화하였으나 80년대 후반부터 점차 노동력을 절감 할 수 있는 폐면을 이용한 재배 방법으로 변화되었다. 그런데 이 폐면재배 방법은 해외에서 폐면을 대량 수입하여 사용하고 있으므로 외화낭비와 더불어 식물병균, 곤충, 잡초 등이 반입 될 수도 있으며 재배기술면에서도 벗짚다발재배에 비하여 까다롭고 버섯병 발생이 쉬워 버섯재배에 실패하는 농가가 많은 실정이다.

또한 배지원료를 물에 침수하여 발효하는 작업은 노동력이 많이 요구되며, 1회 버섯재배에 투입해야하는 배지원료의 양은 건물기준으로 3톤 가량 투입해야 하므로 배지원료의 구입 비용 부담도 적지 않은 실정이다.

한편 일부에서는 중국 등 해외로부터 발효·살균한 버섯배지를 수입하는 사례도 있어 느타리버섯 생력 기계화재배와 우량배지생산기술의 향상은 시급히 해결되어야 할 과제로 늘 지적되어 왔다.

본 연구는 느타리버섯 배지제조용 퇴비제조작업을 생력화하고, 혼합배지 제조를 통한 버섯배지 원자재비 절감의 가능성을 검토키 위하여 반밀폐식 발효조에 스크류혼합기를 구비한 느타리버섯 배지 발효·살균기를 개발하고 그 성능을 평가하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 설계

배지원료를 노천에서 발효하는 방법은 주변 환경을 더럽힐 우려가 있으므로 밀폐된 발효조를 제작하고 배지재료를 발효시키는 방안을 고려하였으며, 배지원료는 현재 주로 해외에서 수입한 폐면을 이용해 왔으나 국내의 부존자원을 최대한 이용하는 동시에 가격이 저렴하며 전국 어디에서나 구입이 용이한 왕겨와 벗짚을 주로 사용하고 폐면의 장점도 이용할 수

· 본 연구는 2000년도 농림부 농림기술관리센터의 현장애로 기술개발과제로 수행되었음

* 농업기계화연구소 생물생산기계과

** 한국농업전문학교 특작과

*** 임마누엘 기계

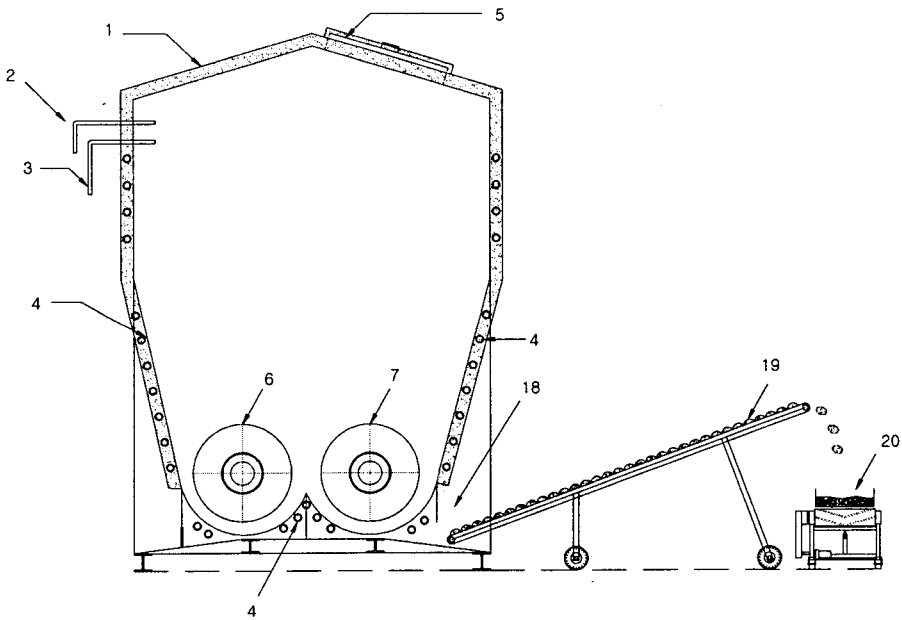
있도록 3가지 배지원료를 혼합하여 사용하는 구조로 하였다.

시작기의 배지 혼합방식은 왕겨, 볏짚 등의 교반에 적합한 스크류방식을 채택하여 이 장치를 반밀폐식 발효조 하부에 설치하였다. 배지원료는 상부 투입구에 공급 할 수 있으며, 발효 및 살균한 배지는 하부 스크류실 옆면에 배출구로 배출된다.

발효 및 살균을 위한 열에너지 공급방식은 스크류실 하부의 공간에 증기를 공급하고 아울러 발효조 상부에도 스팀을 공급하는 관을 설치하였다.

시작기의 동력전달방식은 입력축 → V벨트 및 V-풀리 → 체인 및 스프로킷 → 스퍼기어 → 스크류축의 전동방식을 채택하여 토오크가 커짐에 따라 전동축의 크기를 확대하였다.

동력원은 6극 전동기를 부착하여 5차례 감속하여 스크류축의 회전속도는 분당 1회전 수준의 초저속으로 운전할 수 있게 하였다.



- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. 발효조케이스 | 6. 7 교반 · 이송스크류 1 |
| 2. 급수관 | 10. 스크류축 반송 겸 배출관 |
| 3. 스팀공급관 | 18. 배출구 |
| 4. 가열 증기 및 온수공급관 | 19. 경사식 벨트콘베이어 이송기 |
| 5. 투입구 | 20. 수평식 벨트콘베이어 이송기 |

Fig. 1 시작기 구조

나. 시험방법

공시재료는 건물 총량 2,000kg로 하였으며 배지재료의 원료는 왕겨40%, 볏짚은 혼합하기 쉽도록 볏짚절단기에 투입하여 4-5cm 크기로 절단한 볏짚을 30% 사용하였으며, 방울숨 30%를 투입하였다. 시작기의 스크류 회전수는 0.88rpm이었고, 초기에 왕겨, 볏짚, 폐면 등의

Table 1 시작기 제원

구 분		사 양
본 체	형식	배지재료 혼합·세탁·발효·살균 일관작업형
	크기:L×W×H)	6,770×2,000×2,875mm
세탁,살균 발효조	크기(L×W×H)	6,000×2,000×2,875mm
	배지수용량	3,500kg(풍건물)
	탈수장치	세탁·살균·발효조 하부 배수
교반장치	왼쪽스크류(D×L)	600×6,000mm
	오른쪽스크류(D×L)	600×6,000mm
살균장치	수증기주입 가열	하부스크류실 하부 및 발효조 상부
전동방식		V-벨트 → 체인 및 스프로킷 → 스퍼기어

원료를 투입한 후에는 2-3시간 이상 연속 가동하였으나 발효작업 기간 중에는 12시간 간격으로 1시간씩 가동하였으며 살균작업 중에는 매 20분마다 간헐적으로 가동하였다.

보일러 규격은 50,000kcal/h 인 스팀보일러를 이용하였으며, 발효조에 온도센서를 설치하여 온도조절기에 의해 발효기간 중에 $50 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 내외로, 살균작업에는 $65 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 로 조절되게 하였다. 시작기의 시험시기는 2001. 10-11월 이었으며 충북 보은소재 느타리버섯재배 전업농가에 설치하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 느타리버섯 혼합배지 제조시스템 개발

시작기의 버섯배지재료 혼합, 세탁, 발효, 살균작업은 다음과 같은 순서로 하였으며 이와 같은 방법으로 우량한 배지를 제조할 수 있었다. 다만 계절이나 버섯재배 여건에 따라 발효기간의 신축은 별 문제가 없다.

<느타리버섯 재배용 배지 혼합, 세탁, 발효, 살균시스템 >

왕겨투입 → 급수 → 발효 5일(50℃) → 배수 → 절단벗짚 투입 → 급수 → 발효 1일(50℃) → 배수 → 폐면 투입 → 급수 → 발효 1일(50℃) → 배수 → 발효 4일(50℃) → 살균 1일(65℃) → 하온 1일(30℃) → 발효배지 반출

왕겨는 다른 배지재료와 혼합이 용이하며 분해속도가 매우 낮은 것으로 알려져 있으나 발효 3일 후에는 배지재료간의 마찰에 의해 분쇄되어 왕겨의 형태를 알기 어렵게 변화되었다. 배지원료의 투입순서는 왕겨, 절단벗짚, 폐면의 순서가 적당하다고 판단되며, 침수 및 발효 중에 발효조 내의 세탁용수를 배수 할 수 있으므로 왕겨나 폐면에 함유되어 있는 버섯균의 성장억제 물질을 제거하는 효과가 있을 것으로 생각된다.

수차 시험과정에서 달관조사 한 배지혼합 상태는 버섯배지원료의 혼합시 균일하게 혼합되는 시점은 원료투입 후 3시간 정도 경과하면 거의 균일하게 혼합되는 경향이었다.

나. 발효조의 살균작업 온도변화

배지재료를 세탁 후 배수한 다음 증기보일러의 증기로 공급한바 발효조내 배지의 온도는 거의 직선적으로 상승하였다. 이는 발효조내 재료의 교반이 원활하게 이루어지기 때문인 것으로 보인다. 특히 발효기간중에 배지온도는 50C° 내외로 유지하다가 살균온도 60C° 에 도달하는 시간은 2시간 소요되어 관행 버섯재배사의 공간 살균방법이 비해 매우 빠르고 효과적인 것으로 평가된다.

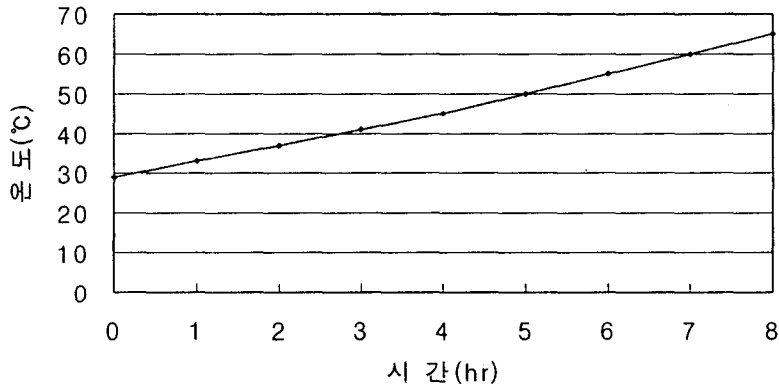


Fig. 2 가운데 따른 발효조의 배지온도 변화

아울러 관행 버섯재배사의 공간살균 가열시에는 버섯재배사 1동에 봄, 가을의 경우 약 600 l 내외의 경유가 소모되는데 비해 본 시험에서는 표준버섯재배사 1동에 소요되는 10-11월 기간중 배지의 발효 및 살균작업시 경유소모량은 200 l로서 관행 살균작업에 비해 1/3 정도로 에너지소모량이 낮았다. 이와 같이 연료소모량이 낮은 원인은 발효조 구조가 거의 밀폐식이므로 발효기간 중 버섯 균의 자체 호흡열이 발생하므로 외부에 빼앗기는 열만을 일부 보충하여도 발효에 적합한 온도로 일정하게 유지될 수 있어 에너지소모가 낮은 것으로 생각된다.

다. 시작기의 소요동력

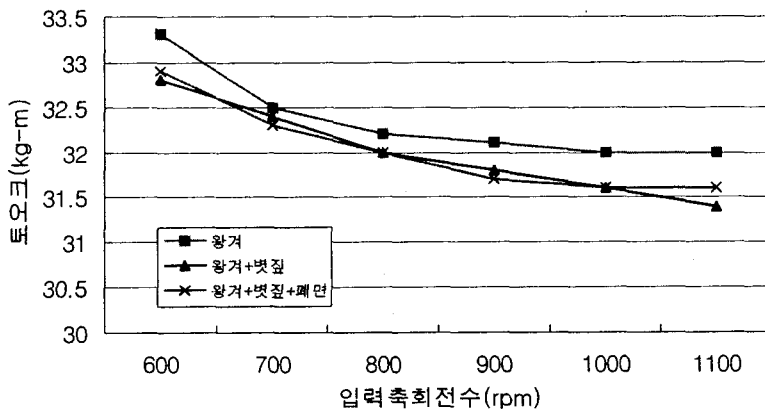


Fig. 3 시작기 입력축의 토오크

시작기의 소요동력을 분석하기 위하여 트랙터 PTO출력축과 시작기의 입력축 사이에 토오크메터를 설치하여 배지원료의 투입에 따른 토오크를 측정하였다. 공시재료로서 왕겨 단일(■), 왕겨+벚짚재료(▲), 왕겨+벚짚+폐면(×)으로 하여 발효과정중 측정한 것이다.

시작기(길이4m형)의 토오크는 입력축의 회전속도가 초기 600rpm 수준에서 1100rpm 까지 증가시켰을 때 600rpm 수준에서는 33kg-m 수준으로 높았으나 축의 회전수가 증가함에 따라 점차로 토오크가 감소하여 1100rpm 수준에서는 31.5~32kg-m 수준으로 저하하였다. 축의 토오크는 왕겨 단일재료를 처음 투입하였을 때 다소 높았으나 왕겨+벚짚재료와 왕겨+벚짚+폐면재료 간에는 토오크의 크기에 차이가 나타나지 않았다.

라. 시작기 이용 버섯배지제조 및 배지 입·폐상 작업노력 비교

트랙터 로터베이터를 이용한 폐면재료의 타면 침수, 야외 발효방법은 78시간 소요되었으나 시작기를 이용한 버섯배지제조 작업은 25.5시간이 소요되어 작업노력을 67% 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 버섯배지를 상자에 담아 고밀도배양실에서 배양하여 입상하여 재배하고 폐상하는 작업까지 포함한 작업체계를 개발한 바 버섯배지 입상노력을 관행 84시간에서 27시간으로 노력을 68% 줄일 수 있었으며, 폐상작업의 경우도 관행 16.5시간에 비해 새로운 작업방법은 3.8시간으로 77% 절감시킬 수 있었다.

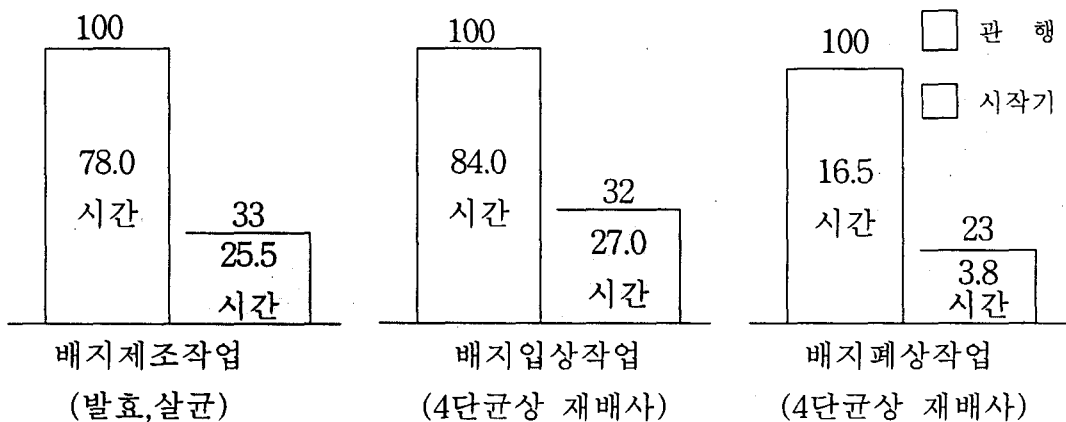


Fig. 4 시작기체계의 작업노력 비교

마. 시작기로 제조한 배지의 버섯수확량(균상 65m², 장안3호 품종)

관행 폐면재배 방법과 왕겨, 벚짚, 폐면을 혼합한 혼합배지를 이용한 버섯재배 방법과의 버섯 수확량을 비교한 결과 관행 폐면재배는 버섯 수확량이 적었으며 3주기 수확 후 갈반병이 발생하여 수확하지 못하였으나 시작기를 이용한 혼합배지는 버섯 병의 발생이 없이 8주기 까지 지속적으로 버섯을 수확하여 시장에 출하할 수 있었다. 버섯 재배시 병이 발생하지 않았던 이유는 시작기의 사용으로 배지의 발효가 잘 되었기 때문으로 판단되며 왕겨의 영양분을 오래 이용할 수 있어 8주기까지 장기간 수확할 수 있었던 것으로 생각된다.

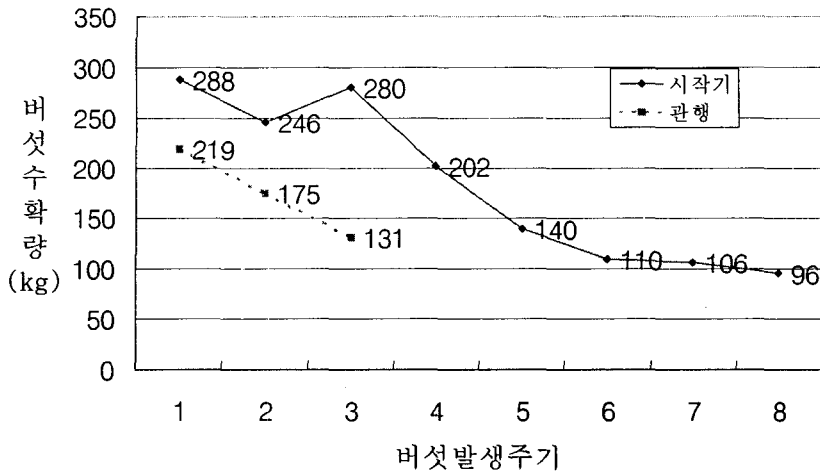


Fig.. 5 시작기를 이용한 혼합배지의 버섯수확량 비교

4. 요약 및 결론

1. 반밀폐식 발효조와 스크류 교반·발효장치에 의한 혼합배지제조 작업체계를 개발하였다.
2. 시작기 발효조 내부의 발효열을 이용할 수 있어 살균·발효 가열 연료소비량을 동당 관행 550 l 를 200 l 로 절감할 수 있었다.
3. 시험장치의(발효조길이 4m)의 교반발효 작업 토크는 31~33kg·m 범위이었으며 재료의 량과 종류에 따라 별 차이는 없는것으로 판단되었다.
4. 농가에서 배지용 원자재로 주로 사용하고 있는 해외수입 폐면을 왕겨, 볏짚 등 국내산 부존자원으로 대체 하므로써 원자재 비용을 약 40% 절감할 수 있었다.
5. 버섯배지 제조를 위한 침수, 세탁, 발효, 살균 등 전과정을 반밀폐식 발효조에서 일괄 제조하므로 작업이 용이하고 동당 관행 78.0시간 에 비해 25.5시간으로 절감할 수 있었다.
6. 시작기를 이용하여 제조한 혼합배지의 버섯 생산성은 관행 폐면배지에 비해 높은 것으로 판단되었다.

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.