

공기분사에 의한 양송이 버섯 세척기 개발

박희만 조광환 홍성기 이선희

Development of Air-jet Washer for the Agaricus Bisporus

H. M. Park K. H. Cho S. G. Hong S. H. Lee

Abstract

This study was conducted to develop an agaricus bisporus washing machine which uses compressed air to remove foreign materials attached on the surface of agaricus bisporus. A prototype of the washing machine was constructed, and performance of removing foreign materials was tested.

Research results are as follows:

1. Several transferring methods including PE roller rotation, brush roller rotation, PE screw rotation, vibration plate, and belt conveyor were evaluated. Roller, screw, and vibration methods caused damages on the surface of the products, but belt conveyor method caused the least damages.
2. For air jet, a stationary nozzle type and a rotational type were evaluated. The best air jet nozzle was the jet-type nozzle, and the rotational type was more effective than stationary type nozzle.
3. With the conveyer belt, box type moving method and the rotational air jet nozzle, the washing machine showed the best performance when higher than 5.4×10^5 Pa of air jet pressure and lower than 0.047 m/s of moving speed was used. Working performance of the system was 650 kg/h, and the damaging rate was 1.2 %.

Keywords : Air-jet washer, Agaricus bisporus, Mushroom

1. 서론

버섯은 다른 농산물에 비해 친환경적으로 재배되고 있어 소비자에게 건강식품으로 인식되어 꾸준한 생산 및 소비가 이루어지고 있다. 특히 양송이 버섯은 90년대 말부터 평균 19,000톤 정도의 생산량을 유지하여 전체 버섯 생산량의 10% 이상을 차지하는 중요한 품목으로 충남 부여군이 국내 생산량의 45%를 차지하는 최대 주산지로서 자리 잡고 있다.

시설재배에 의한 양송이 버섯은 생육특성상 높은 습도 유지가 필요하여 재배상에 물을 자주 뿌려 퇴비층인 벚짚과 복토된 흙이 항상 젖어 있어 수확시 칼로 뿌리를 자를 때 뿌리에 붙은 흙, 벚짚 조각이 떨어지면서 끈적끈적한 특성이 있는 것이나 자루에 쉽게 부착된다. 소비자의 청결 안전농산물 선

호에 따라 식자재 업체, 대형마트로 출하되는 양송이 버섯에 이물질이 부착되어 있으면 출하가 불가능하므로 수확 후 표면에 부착된 이물질을 제거하여야 한다.

양송이 버섯에 붙어있는 이물질의 제거 작업은 산물로 PP 박스에 담아 압축공기를 에어건으로 분사하여 이물질을 제거하고 있어 작업능률과 제거정도가 낮아 이의 개선을 위해서는 기계화가 요구되고 있다. 표면 이물질 제거를 위한 기계적 방법으로 고정식 노즐을 이용한 압축공기 분사식 양파 박피 (Min et al., 2002)와 전해수를 이용한 엽채류 세척 살균 (Hong et al., 2007)에 대한 연구가 있었으나 양파 및 엽채류는 양송이 버섯과 물성 차이가 커 적용이 곤란한 실정으로 양송이 버섯 표면 이물질 제거를 위한 요인 구명이 먼저 요구되고 있는 실정이다.

현재 부여군 동부여농협의 양송이 버섯 처리장에서의 수확 후 처리작업은 ‘에어건을 이용한 1차 이물질 제거 → 예냉 → 저온저장 → 붓을 이용한 2차 이물질 제거 → 포장 → 저온저장 및 출하’의 공정으로 인력에 의존하여 이루어지고 있다. 에어건을 이용한 1차 이물질 제거작업은 예냉실 입고 전에 재배 농민이 고압의 공기를 직접 분사하여 이물질을 제거하고 있으며 이때 제거율은 23.2%, 손상률은 4.3% 정도로 이물질 제거정도 향상과 손상을 감소시키기 위한 기계화가 추진 중에 있다.

따라서 본 연구는 부여군 동부여농협에 설치할 양송이 버섯의 공기 세척 장치에 대한 설계요인인 이송방법, 공기분사 노즐의 형식 등을 구명하고 시작품을 제작하여 작동인자인 이송속도 및 공기분사압력을 구명하고 성능평가를 실시하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 요인 시험장치 제작 및 요인시험

1) 요인 시험장치 제작

양송이 버섯은 표면이 연약하여 취급 중 작은 충격이나 마찰에 의하여도 미세한 손상을 입어 육안으로는 보이지 않지만 저장 중이나 유통 중에 표면이 변색되어 상품성이 떨어지고, 쉽게 부패되므로 취급 중에 표면에 미세한 손상이라도 입지 않도록 하여야 한다. 요인시험장치는 표면손상을 최소화하면서 압축공기로 표면에 부착된 이물질을 제거하기 위한 이송장치와 공기분사 장치로 구분하여 제작하였다.

(가) 이송장치

이송장치는 이송 중 표면손상을 최소화할 수 있는 방법을 구명하기 위하여 PE롤러 회전이송, 브러시롤러 회전 이송, PE스크루롤러 회전 이송, 진동판 이송, 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송 등 5종류를 제작하였다.

① PE 롤러 회전 이송 장치

PE 롤러 회전 이송장치를 그림 1과 같이 PE 롤러, 모터, 프레임, 체인, 컨트롤러로 구성하여 제작하였다. PE 롤러는 롤러사이에 위치한 버섯이 회전하여 표면이 골고루 반전되면서 이송되도록 하였으며 롤러의 자전 및 공전 속도는 모터를 컨트롤러로 제어하여 조절할 수 있게 하였다.

② 브러시 롤러 회전 이송 장치

브러시 롤러 회전 이송장치는 그림 2와 같이 프레임, 브러시 롤러, 모터, 체인, 컨트롤러로 구성하여 제작하였다. 브러시 롤러의 형식은 축 표면에 브러시를 일정량씩 심은 식모형 롤러로써 브러시모의 길이는 20 mm, 모경은 0.3 mm로 하였

다. 브러시 롤러도 PE 롤러 처럼 양송이 버섯이 회전 되면서 이송 하도록 하여 양송이 버섯의 표면이 골고루 반전될 수 있게 하였다. 브러시 롤러의 회전속도는 모터를 컨트롤러로

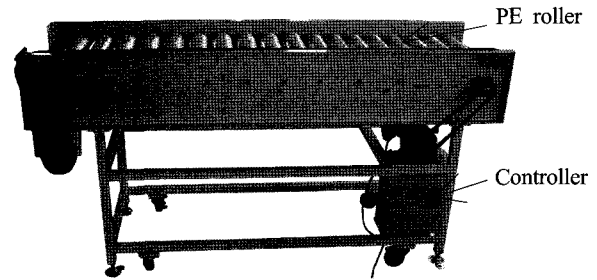


Fig. 1 PE roller based conveyer.

Table 1 Specification of the PE roller based conveyer

Item		Specification
Size		2,000(L)×600(W)×900(H) mm
Roller	Material	Polyethylene
	Diameter	75 mm
	Length	500 mm
Motor		220 V, 180 W
Controller	Type	Inductance
	Speed range	0~0.25 m/s

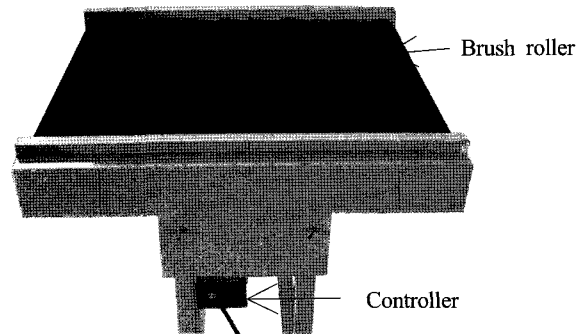


Fig. 2 Brush roller based conveyer.

Table 2 Specification of the brush roller based conveyer

Item		Specification
Size		850(L)×900(W)×800(H) mm
Roller	Type	Brush roller
	Material	Nylon
	Diameter	80 mm
	Length	800 mm
	Hair Length	20 mm
Motor		220 V, 180 W
Controller	Type	Inductance
	Speed range	0~0.35 m/s

제어하여 조절하도록 하였다.

③ PE 스크루 롤러 회전 이송 장치

PE 스크루 롤러 회전 이송장치는 브러시롤러 회전이송장치와 같이 프레임, PE 스크루 롤러, 컨트롤러, 모터, 체인으로 구성되어 브러시롤러 위치에 그림 3과 같은 스크루롤러를 붙여 제작하였다. PE 스크루 롤러는 나선방향이 반대인 2개의 스크루를 상호 반대방향으로 회전하도록 하였으며 회전 속도는 모터를 컨트롤러로 제어하여 조절하도록 하였다.

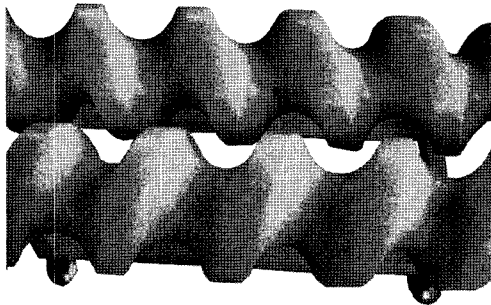


Fig. 3 PE screw roller based conveyor.

Table 3 Specification of PE screw roller based conveyor

Item	Specification	
Size	900(L)×300(W)×750(H) mm	
Roller	Material	Polyethylene
	Diameter	O. D. = 80 mm, I. D. = 40 mm
	Pitch	80 mm
	Length	800 mm
Motor	220 V, 180 W	
Controller	Type	Inductance
	Speed range	0~0.35 m/s

④ 진동판 이송 장치

진동판 이송장치는 그림 4와 같이 프레임, 진동판, 스프링, 컨트롤러, 진동 모터로 구성되어 제작하였다. 진동판은 골(깊이 25 mm)과 산(피치 60 mm)이 있는 모양으로 진동 모터 상부에 1° 경사지게 올려져 있으며 양송이 버섯에 직접 진동



Fig. 4 Vibration board based conveyor.

Table 4 Specification of vibration board based conveyor

Item	Specification	
Size	500(L)×600(W)×500(H) mm	
Vibration plate	500(L)×600(W)×500(H) mm	
Vibration Motor	1.5 VA/146 Hz	
Controller	Type	Inductance
	Range	0~146 Hz

을 가하여 이송한다. 진동모터 및 상부프레임을 지지하고 진동모터에서 발생된 진동이 베이스 프레임에는 전달되지 못하도록 4개의 스프링을 설치하였다. 진동수는 진동모터를 컨트롤러로 제어하여 조절하도록 하였다.

⑤ 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송 장치

벨트 컨베이어에 의한 상자 이송장치는 프레임, 그물형 벨트, 상자, 컨트롤러, 모터로 구성되어 그림 5와 같이 제작하였다. 컨베이어 벨트의 메시는 사각 모양으로 크기는 5 mm × 5 mm로 하여 양송이 버섯에서 제거된 이물질이 아래로 빠지기 용이하도록 하였다. 상자는 시중에서 사용하고 있는 8 mm × 8 mm의 사각형 개공이 있는 PE상자로 개공율이 38%이었다. 벨트 컨베이어의 속도는 모터를 컨트롤러로 제어하여 조절되도록 하였다.

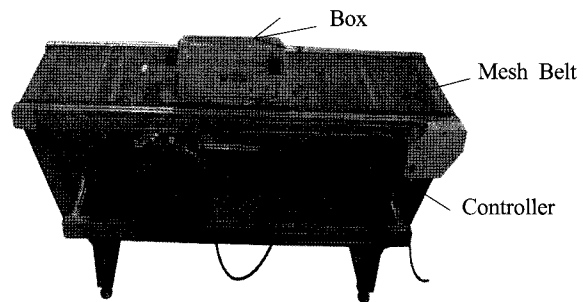


Fig. 5 Box conveying assembly.

Table 5 Specification of box conveying assembly

Item	Specification	
Size	2,000(L)×700(W)×800(H) mm	
Conveyor	Belt	Net type
	Mesh size	5(L)×5(W) mm
Box	Type	PE box
	Mesh size	8(L)×8(W) mm
	Size	430(L)×320(W)×70(H) mm
Motor	220V, 180W	
Controller	Type	Inductance
	Speed range	0~0.25 m/s

(나) 공기분사 장치

공기분사 장치는 공기분사에 의한 표면손상을 최소화하고 표면부착 이물질을 최대한 제거할 수 있는 방법을 구명하기 위하여 고정노즐 분사방식과 회전노즐 분사방식을 채용한 2 종류의 공기분사 세척장치를 제작하였다

① 고정노즐 공기분사 장치

고정노즐 공기분사 장치는 그림 6과 같이 컨베이어에 의한 상자 이송장치에 노즐, 압축기, 공기탱크, 공기관 등을 부착하여 제작하였다. 노즐은 소켓에 직선형 분사 노즐, 플랫형 분사노즐, Jet형 분사 노즐 등을 교환하여 장착할 수 있도록 하였다. 노즐의 설치 수는 이송하는 양송이 버섯에 충분한 공기를 분사하도록 노즐의 형식에 따라 표 6에서와 같이 하였으며 균일한 분사압력을 위해 레귤레이터를 부착하였다. 분사높이는 버섯 상단으로부터 노즐까지 높이로, 이송되는 상자에 노즐이 걸리지 않는 90 mm로 하였다.

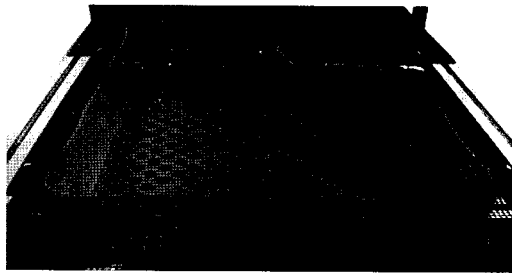


Fig. 6 Fixed nozzle based injection assembly.

Table 6 Specification of fixed nozzle based injection assembly

Item	Specification	
Nozzle Type	Solid	Orifice 5 mm, 3 ea
	Flat	Throat 0.33 mm, 4 ea
	Jet	Orifice 1 mm (10 piece), 2 ea
Compressor	Plunger type, 7.5 kW	

② 회전노즐 공기분사 장치

회전노즐 공기분사 장치는 고정노즐 공기분사 장치에서와 같이 컨베이어에 의해 이송되는 상자 상부에 회전체를 설치하고 회전체의 양단에 노즐을 설치한 형태로 노즐을 5° 경사지게 설치하여 압축 공기가 분사되면 반발력에 의해 노즐이 회전되도록 하여 공기분사면적을 고정노즐에 비해 크게 하였다.

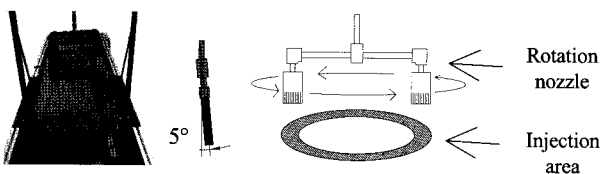


Fig. 7 Rotation nozzle based injection assembly.

Table 7 Specification of rotation nozzle based injection assembly

Item	Specification
Nozzle type	Jet
Orifice	1.0 mm (10 piece)
Rotation diameter	440 mm

2) 요인 시험

(가) 공시재료

공시재료는 2007년도 부여에서 생산된 양송이 버섯으로 전체 높이가 28.8 mm(Std. 2.4 mm), 갓의 직경이 42.6 mm(Std. 2.8 mm), 갓의 높이가 20.9 mm(Std. 2.1 mm) 이었다. 수확당시의 함수율은 88.5 %이었으며 갓의 압축강도는 2.53 MPa(Std. 0.41 MPa)이었다. 수확당시의 양송이 버섯에 부착된 이물질은 흙 알갱이, 벚짚 조각, 버섯 파리 등으로 버섯 1개당 1.6~7.9개 정도 붙어 있었다. 시험 시료는 농가에서 산지처리장으로 반입하는 상자에서 무작위로 요인별 각 처리당 80개씩을 사용하였다

(나) 이송방법 구명시험

이송방법을 구명하기 위하여 롤러 회전속도별, 진동수, 상자이송 속도별로 시험하였다. PE 롤러 회전 이송방식, 브러시 롤러 회전 이송방식, 스크루 롤러 회전이송 방식은 롤러의 원주 속도를 0.047~0.070 m/s 범위로 하고, 진동판 이송방식의 진동수는 73~131 Hz, 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송방식은 상자 이송 속도(컨베이어속도)를 0.047~0.071 m/s 로 하였으며 시료는 상자 바닥면에 1층으로 담았다. 시험은 각 이송방법에 따른 요인별로 4반복, 반복별 20초씩 실시하였다.

(다) 공기분사 방법 구명시험

노즐에 분사되는 공기의 형태에 따라서 버섯 표면에 부딪치는 효과가 달라 표면에 부착된 이물질 제거에 영향을 미칠 것으로 판단하여 고정형 노즐의 형식을 직선형, 플랫형, 제트형으로 시험하였으며 각 노즐에 대한 시험조건은 분사압력을 4.9×10^5 Pa로 하고, 이송속도를 0.059 m/s로 하였으며 시험 요인별 4반복으로 시험하였다.

(라) 조사내용

양송이 버섯은 수확후 시간이 지나면 갈변이 진행되므로 Kim 등(2007)은 L값으로 저장품위를 나타내바에 따라 본시험에서도 시험후 저장기간별 L값(Hunt 색채값)을 측정하여 대비구와 비교하여 이송방법을 선정하였다. L값의 측정은 시험 후 비닐재질의 시료봉투에 넣어 그늘진 곳에서 상온저장하면서 저장일수별로 색채색차계(CR-200, minolta, Japan)를 갓 중앙부위에 밀착시켜 버섯 갓 중앙부의 L값(Hunt 색채값)

을 측정하였다(Ahn and Park, 1995; Lim et al., 2004). 또한 손상율은 시험 후 육안으로 표면을 확인하여 손상부위가 나타난 개체를 이송 중에 손상된 것으로 간주하여 투입개수로 손상된 개수를 나누어 계산하였다.

공기분사 시험은 시험 후 버섯표면에 부착된 이물질의 제거 정도를 조사하였다. 부착된 이물질의 종류는 흙 알갱이, 지푸라기, 버섯 파리 등이 있으나 가장 많은 흙 알갱이를 기준으로 시험 전·후에 부착개수 차이 값을 시험전 부착개수로 나누어 백분율로 제거율을 계산하였다.

나. 시작품 제작 및 성능평가

시작품은 요인시험에서 구명된 이송방법과 공기분사 방법 등의 결과를 적용하여 제작하였으며 성능평가는 제작된 시작품을 부여군 동부농협 양송이 버섯 종합처리장에 설치하여 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 이송 방법 구명

1) PE 롤러 회전 이송

PE 롤러 회전 이송장치를 이용하여 롤러의 속도 0.048 m/s, 0.058 m/s, 0.070 m/s에서 시험하여 저장기간별 L값(색차계의 Hunt 값)의 변화를 그림 8에 나타냈다. 그림에서 알 수 있듯이 롤러의 회전속도가 빠를수록 L값은 작아지는 경향이 있으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났으며 대비구인 원료와는 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 이송시 회전하는 롤러와 양송이 버섯 표면과의 마찰로 버섯의 표면에 사람 눈에 보이지 않지만 미세하게 상처가 발생하여 시간이 지남에 따라 변색이 빠르게 진행되었기 때문인 것으로 사료되었다. 또한 육안으로 확인한 손상률은 표 8에서와 같이 회전속도가 빠를수록 증가하는 것으로 나타났다.

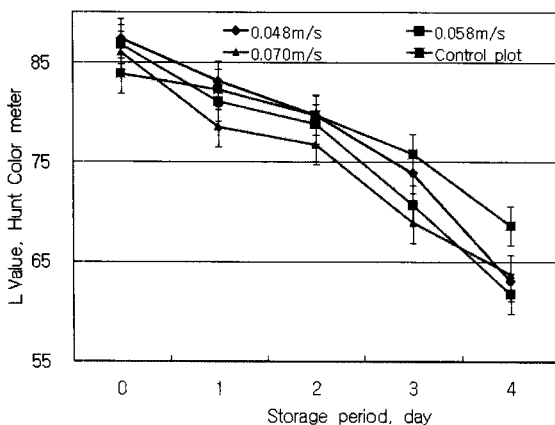


Fig. 8 L value change of the agaricus bisporus with storage days after transferring with PE roller based conveyer.

Table 8 Damage rate of agaricus bisporus by visual inspection according to the rotational speed of PE roller

Speed of revolution (m/s)	0.048	0.058	0.070
Damage rate (%)	6.8	9.7	10.9

2) 브러시 롤러 회전이송

브러시 롤러 회전이송장치를 이용하여 롤러의 원주속도 0.05 m/s, 0.06 m/s에서 시험하였다. 시험 후 저장 일수별 L값의 변화는 그림 9에서 보는바와 같이 회전속도가 크면 작아지는 경향이 있으나 큰 차이는 없었으며 대비구인 원료와는 차이가 있는 것으로 나타났다. PE 롤러 회전이송에서처럼 브러시 롤러 회전이송에서도 롤러의 회전에 의하여 버섯 표면에 손상이 발생하는 것으로 사료되었다.

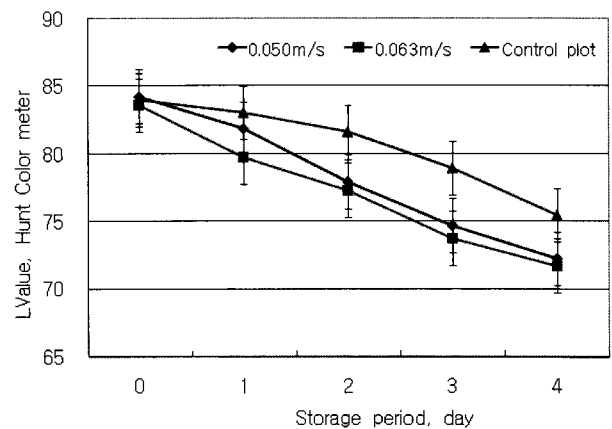


Fig. 9 L value change of the agaricus bisporus with storage days after transferring with brush roller based conveyer.

Table 9 Damage rate of agaricus bisporus by visual inspection according to the rotational speed of brush roller

Rotational speed (m/s)	0.050	0.063
Damage rate (%)	10.6	13.3

3) PE 스크루 롤러 회전 이송

PE 스크루 롤러 회전 이송장치를 이용하여 롤러 회전 속도 0.047 m/s, 0.061 m/s에서 시험 후 시료의 경과일수별 L값을 측정한 결과는 그림 10에서와 같이 나타났다. L값의 변화는 회전속도 간에는 차이가 없었으나 원료와 비교하면 차이가 있어 PE 롤러, 회전 브러시 롤러와 같이 양송이 버섯 표면이 스크루 롤러의 회전에 의한 마찰로 손상이 발생하는 것으로 사료되었다.

4) 진동판 이송

진동판 이송시험은 진동수 73 Hz, 102 Hz, 131 Hz에서 실시하였으며 그 결과를 그림 11에 나타냈다. 시험 후 시료의

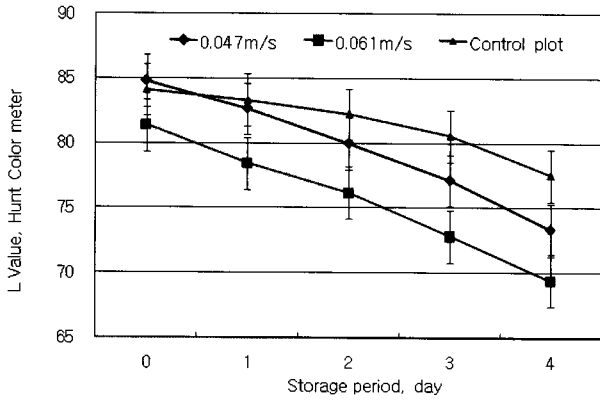


Fig. 10 L value change of the agaricus bisporus with storage days after transferring with PE screw roller based conveyer.

Table 10 Damage rate of agaricus bisporus by visual inspection according to the rotational speed of PE screw roller

Rotational speed (m/s)	0.047	0.061
Damage rate (%)	5.5	6.4

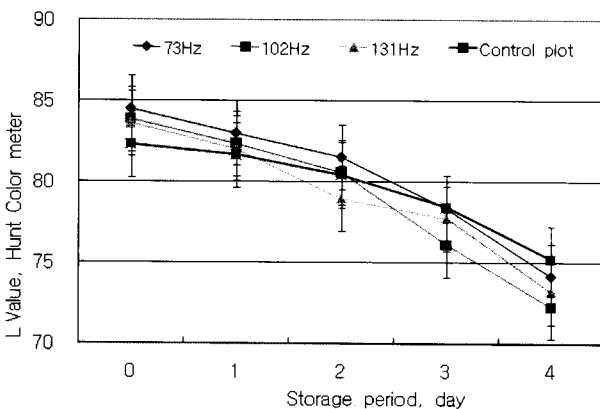


Fig. 11 L value change of the agaricus bisporus with storage days after transferring with vibration board.

Table 11 Damage rate of agaricus bisporus by visual inspection according to the frequency of vibration plate

Frequency (Hz)	73	102	131
Damage rate (%)	3.2	4.1	5.3

경과일수별 L값 변화는 시험조건인 진동수간에는 차이가 없었으나 대비구인 원료와는 차이가 있어 양송이 버섯 표면이 이송판의 진동에 의하여 충격 손상을 받은 것으로 사료되었다.

5) 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송

양송이 버섯은 PE 롤러, 브러시 롤러, PE 스크루 롤러, 진동판식으로 이송시 손상이 발생하여 품위가 나빠지는 것으로 나타나 이송시에 이송기구에 의한 마찰이나 충격의 최소화가 필요한 것으로 판단되었다. 따라서 상자에 양송이 버섯을 담

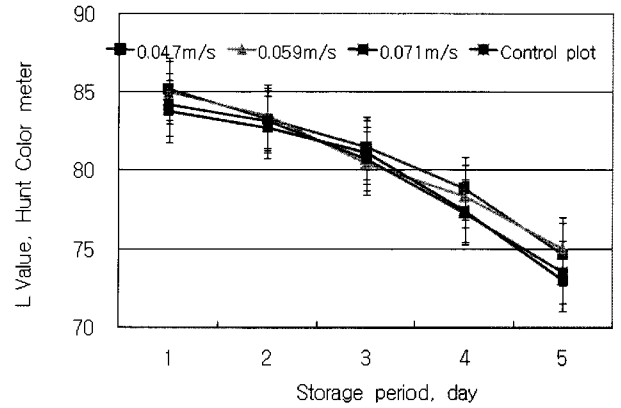


Fig. 12 L value change of the agaricus bisporus with storage days after transferring with different box conveying speeds.

Table 12 Damage rate of agaricus bisporus by visual inspection according to the box conveying speeds

Box conveying speed (m/s)	0.047	0.059	0.071
Damage rate (%)	0	0	0

아 벨트 컨베이어로 이송하는 방식을 도입하여 컨베이어의 이송속도 0.047 m/s, 0.059 m/s, 0.071 m/s에서 시험하였다. 시험 후 경과일수별 L값은 그림 12에서와 같이 경과일수가 증가할수록 작아졌다. L값은 벨트의 이송 속도 간에는 차이가 없었으며 원료와 비교하여도 차이가 없는 것으로 나타나 벨트 컨베이어에 의한 상자이송 방식이 이송 중 표면손상이 적은 것으로 나타났다.

나. 공기분사 방법 구명

1) 고정 노즐

이물질 제거에 가장 효과적인 노즐을 선정하기 위해 직선형 분사 노즐, 플랫폼 분사 노즐, 제트형 분사 노즐로 분사압력 4.9×10^5 Pa, 이송속도 0.059 m/s에서 시험하였다. 시험결과 표 13에서와 같이 이물질이 직선형 분사노즐은 6.8%, 플랫폼 분사노즐은 9.9%, 제트형 분사노즐은 12.4%가 제거되어 제트형 분사 노즐이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 제트형 노즐은 직경 1 mm인 오리피스 10개가 1열로 배열된 형태로써 10개의 압축공기 분사구가 1열로 한꺼번에 분사를 하기 때문에 다른 형식보다 이물질 제거에 효과적인 것으로 나타났다.

Table 13 Removal rate of foreign material according to the type of fixed nozzle

Nozzle Type	Solid	Flat	Jet
Removal rate (%)	6.8	9.9	12.4
Damage rate (%)	0	0	0

2) 회전노즐

회전노즐을 이용한 양송이 버섯의 이물질 제거 시험 결과를 표 14와 같이 나타냈다. 시험조건은 분사압력 4.9×10^5 Pa, 이송속도 0.059 m/s로 하였으며 이때 이물질 제거 정도가 25.7 %로 나타나 고정식 노즐 제트형 12.4 % 보다 효과적이었다. 이는 노즐이 회전을 함으로 압축공기의 분사면적이 넓고 수차례 반복 분사를 하기 때문으로 생각된다. 고정노즐이 회전노즐처럼 넓은 분사면적을 갖기 위해서는 여러 단계로 설치가 되어야하고 필요한 압축공기를 공급하기 위한 부대시설 증가가 요구된다. 최소의 경비로 최대의 효과를 얻기 위해서는 소수의 노즐로 최대의 이물질을 제거 할 수 있는 회전노즐이 바람직한 것으로 생각된다.

Table 14 Removal rate of foreign material with rotational nozzle

Injection pressure (Pa)	Conveying speed (m/s)	Removal rate (%)	Damage rate (%)
4.9×10^5	0.059	25.7	1.25

다. 시작품 제작 및 성능평가

시작품은 요인시험에서 구명된 이송방법과 공기분사 방법 등의 결과를 적용하여 그림 13과 같이 제작하였으며 제원을 표 15에 나타냈다. 그림 13에서 보는바와 같이 시작품은 벨트 컨베이어에 의한 상자이송 장치, 회전노즐에 의한 공기분사 장치, 프레임, 모터, 컨트롤러, 이송상자, 공기 압축기 및 탱크로 구성되어 있으며 벨트 컨베이어는 양송이 버섯의 표 면에서 제거된 이물질이 아래로 빠지기 용이하도록 5 mm × 5 mm의 그물망으로 된 벨트를 사용하였다. 이송상자는 일반적으로 사용되고 있는 8 mm × 8 mm의 사각형 개공(개공율 38 %)이 있는 PE상자를 이용하였다.

이송상자의 이송속도(벨트 컨베이어 속도)는 모터의 속도를 컨트롤러로 제어하여 조절하도록 하였으며 공기분사 압력은 레귤레이터 밸브를 개폐하여 조절하도록 하였다.

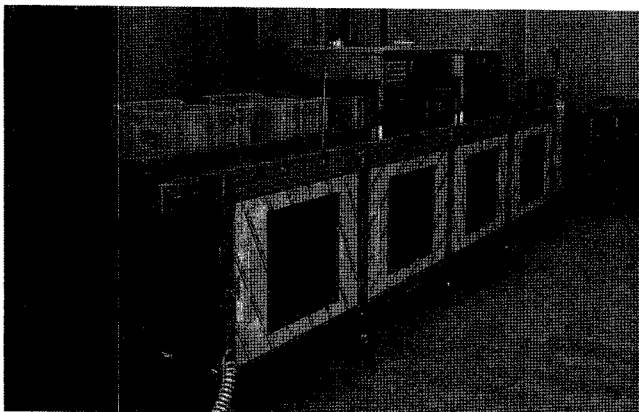


Fig. 13 Prototype of Air-jet Washer for Agaricus Bisporus.

Table 15 Specification of the Prototype Air-Jet Washer

Item	Specification	
Size (mm)	2,000(L)×700(W)×800(H)	
Conveyer	Belt	Net type
	Mesh size	8(L)×8(W) mm
Box	Type	PE Box
	Size	430(L)×320(W)×70(H) mm
	Mesh size	8(L)×8(W) mm
Nozzle	Type	Rotational
	Orifice	Diameter 1.0 mm(10 pieces)
Pressure valve	Dial	
Conveying Speed	0~0.25 m/s	
Power source	Motor (220 V, 180 W)	
Controller	Inductance type	

공기분사 압력과 이송속도별 이물질 제거율에 대한 성능평가 결과를 표 16에 나타냈다. 공기 분사 압력과 이송속도의 상호 작용 효과가 있는지를 보기위해 분산분석을 하여 표 17에 나타냈다. 표 17에서 보는바와 같이 이물질 제거율이 공기분사 압력, 이송속도에 대한 영향은 있으나 두 요인간의 상호작용은 없는 것으로 나타나 공기분사 압력, 이송속도 각각에 대해 5%의 유의수준에서 LSD 검증을 실시한 결과를 표 18과 표 19에 나타냈다. 이물질 제거율은 분사압력을 기준으로 하였을 때 공기 분사 압력 5.4×10^5 Pa 이상에서 가장 효과가 있었으며, 이송속도를 기준으로 하였을 때 이송속도 0.47 m/s 이하에서 효과가 있는 것으로 나타났으며 인력으로 에어

Table 16 Removal rate of foreign material according to air injection pressures and conveying speeds

Item	Conveying speed (m/s)				
	0.035	0.047	0.059	0.071	
Injection pressure (105 Pa)	3.9	21.40	23.12	21.48	18.08
	4.4	25.33	24.04	22.11	18.42
	4.9	32.83	31.09	26.25	23.77
	5.4	35.78	34.08	31.07	27.97
	5.9	36.69	35.84	32.95	29.42

Table 17 Statistical analysis of foreign material removal rate according to air injection pressures and conveying speeds

Item	DF	SS	MS	F	Pr>F
Injection pressure	4	2068.27	517.07	96.23	<0.0001
Conveying speed	3	584.91	194.97	36.29	<0.0001
Injection pressure× Conveying speed	12	60.62	5.05	0.94	0.5142
Error	72	322.39	5.37		
Corrected total	79	3036.20			

Table 18 Statistical test of foreign material removal rate according to air injection pressures

Injection pressure (10 ⁵ Pa)	3.9	4.4	4.9	5.4	5.9	LSD (5%)
average	21.02a	22.47a	28.48b	32.22c	33.73c	1.64

Table 19 Statistical test of foreign material removal rate according to conveying speeds

Conveying speed (m/s)	0.035	0.047	0.059	0.071	LSD (5%)
average	30.41 a	29.63 a	26.77 b	23.53 c	1.47

Table 20 Statistical test of damage rate according to conveying speeds and injection pressures

Item		Damage rate (%)			
Conveying speed (m/s)		0.035	0.047	0.059	0.071
Injection pressure (10 ⁵ Pa)	3.9	1.25	0.00	1.25	1.25
	4.4	2.50	1.25	1.25	2.50
	4.9	1.25	1.25	0.00	1.25
	5.4	1.25	1.25	1.25	2.50
	5.9	2.50	2.50	1.25	3.75

건을 이용한 이물질 제거율 23.2 %보다 우수하였다. 손상률은 표 20에서와 같이 80개 중에서 1개 또는 2개로 나타나 이송속도별 및 분사압력별로 차이가 없는 것으로 나타났으며 인력으로 에어건을 이용한 이물질 제거시 발생하는 손상률 4.3 %보다 적게 나타났다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 부여군 동부농협 양송이 버섯 처리장에 설치할 양송이 버섯의 공기 세척 장치에 대한 설계요인인 이송방법, 공기분사 방법 등을 구명하여 제시하고자 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 이송방법을 구명하기 위하여 PE롤러 회전이송, 브러시롤러 회전 이송, PE스크루롤러 회전 이송, 진동판 이송, 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송 등의 방법을 채용한 요인시험장치를 제작하여 시험한 결과 롤러, 스크루, 진동 등에 의한 이송은 이송 중 마찰에 의한 표면

손상이 많은 것으로 나타났으며 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송방식이 이송 중 손상을 가장 적게 받는 것으로 나타났다.

- (2) 공기 분사방법을 구명하기 위하여 고정노즐 공기분사, 회전노즐에 의한 공기분사 방식을 채용한 요인시험장치를 제작하여 시험한 결과 고정노즐의 노즐형식별 시험에서는 제트식 노즐이 가장 효과적이었으며 고정식 보다는 회전식이 표면에 부착된 이물질을 제거하는데 보다 효과적인 것으로 나타났다.
- (3) 요인시험결과를 적용하여 벨트 컨베이어에 의한 상자 이송방식과 회전노즐 공기분사방식으로 시작품을 제작하여 성능을 평가한 결과 공기분사압력 5.4×10⁵ Pa, 이송속도 0.047 m/s에서 가장 효과적으로 이물질을 제거할 수 있었으며, 이때 작업성능은 650 kg/hr, 손상률은 1.2%로 나타났다.

참고 문헌

1. Ahn, B. K. and N. H. Park. 1995. Mushroom (*Agaricus bisporus*) pre-packaging by the rice straw pulp tray. *Korean Journal of Food Science and Technology* 27(3):353-357.
2. Hong, S. G., H. M. Park, K. W. Cho and D. I. Chang. 2007. Development of a washing, sterilization, dehydrating system for leaf vegetables. *Journal of Biosystems Engineering* 32(6): 408-415.
3. Kim, B. S., S. Y. Park, M. S. Jang and A. S. Kwon. 2007. Effect of prolongation by precooling treatment and improved packing of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Korean Journal of Food Preservation* 14(1): 109-112.
4. Lim, J. H., J. H. Choi, S. I. Hong, M. C. Jeong and D. M. Kim. 2004. Browning of minimally processed mushrooms (*Agaricus Bisporus* Sing.) as affected by picking season post-harvest holding time. *Korean Journal of Food Preservation* 11(3):313-318.
5. Min, Y. B., S. T. Kim, D. H. Kang, S. W. Choi and J. H. Yoo. 2002. Development of an onion peeler(Ⅱ): Air injection type peeling equipment. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 27(4)311-316.