한 국 균 학 회 지 The Korean Journal of Mycology Research Article

큰느타리버섯 수확후배지의 재활용 효과

정종천* · 이찬중 · 문지원

농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과

Recycle Effect of Post-harvest Medium of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii*)

Jong-Chun Cheong*, Chan-Jung Lee and Ji-Won Moon

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea

ABSTRACT : This study was conducted to test whether post-harvest medium of king oyster mushroom can be recycled for its bottle cultivation. Physical properties of the post-harvest medium and the resulting yield of fruit bodies revealed no significant difference compared with control. Recycling post-harvest medium can be replaced to 15% of the basal medium, thus decreasing the cost of raw materials up to 15%.

KEYWORDS : King oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, Post-harvest medium

서 론

버섯은 자연 생태계에서 유기물을 무기물로 분해하면서 생성되는 에너지를 이용하는 분해자 역할을 하는 점에서 친환경적으로 매우 유익하다. 버섯균은 섬유소 분해능이 뛰어나 일반세균이나 효모균이 분해하기 어려운 리그닌복합체도 포도당 등 단당형태로 분해함으로써 토양미생물의 증식을 조장하기도 한다[1]. 또한 버섯은 다른 작물에서 합성이 적은 나이신 등 필수아미노산이나 무기질이 비교적 고루 함유되어 있으며, 항혈전, 항고혈압, 항고지혈증 등으로 작용하는 기능성 식품으로 인식됨[2]에 따라 느타리버섯, 큰느타리버섯, 팽이버섯, 표고버섯, 양송이 등 몇 종은 농가 소득원으로 중요한 작목이다. 국내의 버섯 생산량은 병재배법이 본격적으로 보급된 1990년대 이후 팽이버섯, 큰느타리버섯, 느타리버섯 등이 연중 20만 톤 정도 생산되고 있다[3]. 버섯 병재배 배지 재료로는 톱밥류, 콘코브, 비트펄프, 면실피, 미강, 밀기울, 면실박, 케이폭박, 건비지, 패화석 등이 쓰이고 있다. 2000년대 이후 병재배를 통한 대량생산으로 버섯 가격은 계속 하락해 왔으나 설비비, 인건비, 재료비 등 비용은 계속 상승하여 버섯 재배농가의 불안정한 경영여건이 지속되고 있는 실정이다. 이에 큰느타리버섯 병재배에 사용했던 배지를 큰느타리버섯 배지 제조로 재활용하여 생산비 절감을 알아보기 위해 본 시험을 수행하였다.

Kor. J. Mycol. 2016 March, **44**(1): 31-35
http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2016.44.1.31
pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249
© The Korean Society of Mycology

***Corresponding author**
E-mail: jccheong@korea.kr

Received January 13, 2016
Revised March 2, 2016
Accepted March 17, 2016

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

재료 및 방법

시험품종

본 시험에 사용된 품종은 큰느타리버섯2호(ASI2394) 보존균주를 이용하였다. 균의 증식을 위해서 potato dextrose agar (PDA) 배지(Difco-213400 39 g, DW 1,000 mL)에서 25°C에 10일간 petri-dish에 배양하여 사용하였다.

혼합배지의 입병량과 병내 3상

큰느타리버섯 병재배용 기본배지로 미송톱밥 25%, 콘코브 19%, 비트펄프 15%, 미강 12%, 밀기울 23%, 면실박 4%, 패화석 2%(중량비)에 큰느타리버섯 수확후배지를 시험용 재배병수의 20%에 해당하는 양(건조량으로 환산한

무게 비율 15%)을 첨가한 후 배지수분함량(%) [4], 1,100 mL 병당 배지의 입병량(수분을 포함한 배지 무게), 건조중량(건조한 배지 무게), 수분량(병당 배지의 입병량에서 건조중량을 뺀 값)을 조사하였다. 그리고 병내 3상조건 중 고상(solid phase)은 병당 배지의 건조량을 polypropylene (PP)병의 용량 1,100으로 나눈 값인 가비중[5]에 대하여 식물체에서 유래한 유기물의 진비중 1.1~1.3 [6, 7]의 중앙값인 1.2로 나누어서 백분율을 구하였다. 액상(liquid phase)은 수분량을 1,100으로 나눈 백분율을 구하였고, 기상(air phase)은 백분율 100에서 고상과 액상을 뺀 값으로 하였다.

버섯 병재배 수확후배지

수확후배지의 2차 배지재료로 재활용 시험을 위하여 음성 소재 인삼특작부 버섯과의 병재배시험동에서 수행하였으며, 큰느타리버섯을 위의 기본배지에 재배하여 탈병한 수확후배지를 사용하였다.

수확후배지 첨가량

큰느타리버섯 병재배시 큰느타리버섯 수확후배지를 첨가하여 배양기간, 버섯 발생 및 생육 기간 등 총 재배기간과 자실체 수량을 조사하였다. 큰느타리버섯 기본배지는 미송톱밥 25%, 콘코브 19%, 비트펄프 15%, 미강 12%, 밀기울 23%, 면실박 4%, 패화석 2% (중량비)로 혼합하였으며 수확후배지의 첨가비율은 재배병수의 20%(건조량으로 환산한 무게비율 15%)로 하였다. 배지의 수분함량은 65~67% 정도가 되도록 조절하였다. 입병은 용량이 1,100 mL, 병 입구 직경이 75 mm인 PP병에 16구 진동식자동입병기(Segae Precision Co., Seoul, Korea)를 이용하였으며, 살균은 3,000병들이 고압살균기(Je Woo Plant Co., Gwangju, Korea)에서 살균솥 온도 121°C를 95분간 유지하였다. 톱밥종균을 PP 병당 10 g 정도씩 접종한 후 병 외부에서 관찰하여 균이 다 자랄 때까지의 배양기간, 균긁기일로부터의 초발이 소요일수, 버섯 생육기간 등을 비교하였다.

큰느타리버섯 수확후배지 재활용의 경제성 분석

큰느타리버섯 병재배시 수확후배지의 재활용에 따른 배지조성 비용을 산출하기 위하여 적용한 배지재료별 구입단가와 수확후배지의 판매 가격은 2014~2015년도에 큰느타리버섯 병재배 농장 9개소에서 조사한 평균값을 사용하였다. 그리고 시험구와 대조구의 병당 배지 건조량과 배합비율에 따른 가중치를 적용하여 1,100 mL들이 PP병에 1만 병 입병 시의 배지재료비를 산출하였다. 조수익은 병당 수량에 1만 병과 큰느타리버섯 kg당 가격을 1,500원으로 하여 계산하였다. 포장 및 운송비는 앞에서 계산한 1만 병 총 수량을 2 kg으로 나누어서 상자수로 하였으며 상자당 포장재료비와 운송비를 800원으로 계산하였다. 또한 Table 2의 생물학적 효과(biological effects, B.E.)는 병당 자실체 수량을 Table 1의 병당 배지의 건조중량으로 나누어서 구하였다.

결과 및 고찰

혼합배지의 입병량과 병내 3상

큰느타리버섯 병재배용 기본배지인 미송톱밥 25%, 콘코브 19%, 비트펄프 15%, 미강 12%, 밀기울 23%, 면실박 4%, 패화석 2% (중량비)에 대한 각 재료 총량의 85%(미송톱밥 24, 콘코브 16, 비트펄프 12, 미강 9, 밀기울 18, 면실박 4, 패화석 2)와 큰느타리버섯 수확후배지를 재배병수의 20%를 탈병한 양(건조량으로 환산한 무게비율 15%)을 첨가하였다. 처리별 배지는 입병하여 살균한 후 3병씩을 시료로 선발하였다. 시료 각 병의 배지 수분함량, 입병량, 건조중량, 수분량과 병내3상(고상, 액상, 기상)을 조사한 결과, 큰느타리버섯 수확후배지 처리구는 평균 수분함량 66.9%, 입병량 694.3 g/1,100mL, 건조중량 229.8 g, 수분량 464.5 mL, 가비중 0.21, 고상 17%, 액상 42%, 기상 41%이었다. 대조구인 수확후배지를 첨가하지 않은 기본배지는 수분함량 66.3%, 입병량 707.4 g/1,100mL, 건조중량 239.1 g, 수분량 468.3 mL, 가비중 0.22, 고상 18%, 액상 43%, 기상 39%이었다(Table 1).

병내 배지의 입병량은 배지를 조성하는 재료의 종류와 비율에 따라서 수분 흡수량과 팽창 정도 등 물리성에 따른 영향이 크다. 배지재료 중 미강과 밀기울은 비트펄프나 면

Table 1. Filling volume of the medium and 3-phase in the bottle according to mixing post-harvest medium for the king oyster mushroom bottle cultivation

Medium composition[a]	Moisture content (%)	Filling volume of the medium (g/1,100mL)				3-phase in the bottle (%)		
		Total	Dry-wet	Water	Bulk density	Solids	Liquids	Air
Treatment	66.9	694.3	229.8	464.5	0.21	17	42	41
Control	66.3	707.4	239.1	468.3	0.22	18	43	39

[a]Medium composition

Treatment: Douglas fir sawdust 24%, corn-cob 16%, beet pulp 12%, rice bran 9%, wheat bran 18%, cotton seeds meal 4%, oyster shell powder 2%, and Post-harvest medium of king oyster mushroom bottle cultivation 15%.

Basal medium (control): Douglas fir sawdust 25%, corn-cob 19%, beet pulp 15%, rice bran 12%, wheat bran 23%, cotton seeds meal 4%, oyster shell powder 2% (w/w).

Solid phase = Bulk density ÷ 1.2 (Medium of 1.1~1.3; real density of organic materials).

실박에 비하여 수분 흡수량이 적고 팽창계수도 낮은 것이 특징이다[8].

수확후배지 재활용 배지의 재배적 특성

큰느타리버섯 병재배용 기본배지 85%에 큰느타리버섯 수확후배지를 15%(건조량 환산) 첨가하고 입병, 살균한 배지에 재배하면서 배양기간, 균긁기 후 초발이 소요일수, 발이 후 수확일까지의 생육기간과 자실체 수량을 조사하였다. 큰느타리버섯 수확후배지를 첨가한 재활용배지에서 큰느타리버섯 균 배양기간은 종균접종 후 27일이 소요되었으며, 초발이 소요일수 12일과 버섯 생육일수 7일 등 재배기간은 대조구와 차이가 없었다. 또한 자실체 수량은 수확후배지 처리구에서 217.5 g/1,100mL으로 대조구의 212.0 g보다 5.5 g(2%)이 많았으나 대조구와 처리구간의 차이는 없었다 (Table 2).

큰느타리버섯 수확후배지 재활용에 따른 경제성

큰느타리버섯 병재배시 수확후배지의 재활용에 따른 경제성을 분석하기 위하여 Table 2의 큰느타리버섯 수확후배지 15% 첨가구에서 병당 자실체 평균 수량 217.5 g과 대조구의 212.0 g에 대한 조수익 및 배지재료비에 대한 차액을 Table 5와 같이 이익적 요소에 넣고, 포장운송비에 대한 차액을 손실적 요소에 넣어 두 항의 차액으로 손익을 결정하였다. 또한 병당 자실체 수량을 Table 1의 병당 배지의 건조중량으로 나누어서 생물학적 효과(B.E.)를 구하였다.

Table 1과 2에서 수확후배지를 첨가한 시험구는 병당 자실체 수량 217.5 g을 배지 건조중량 229.8 g으로 나누어 94.6%, 수확후배지를 첨가하지 않은 대조구는 자실체 수량

Table 2. Cultivation period and fruiting bodies yields of the king oyster mushroom according to mixing ratio of the post-harvest medium

Medium composition[a]	Moisture content (%) <post-sterilize>	Cultivation periods (day) and yields (g/1,100mL)					
		Spawn running (Extension day)	Primordia formation	Fruitbody growth	Total	Yields of fruiting bodies	B. E.
Treatment	67 <66.9>	27 (14)	12	7	60	217.5 ± 20.2	94.6
Control	67 <66.3>	27 (14)	12	7	60	212.0 ± 24.3	88.7

[a]Medium composition

Treatment: Douglas fir sawdust 24%, corn-cob 16%, beet pulp 12%, rice bran 9%, wheat bran 18%, cotton seeds meal 4%, oyster shell powder 2%, and post-harvest medium of king oyster mushroom bottle cultivation 15% (w/w).

Basal medium (control): Douglas fir sawdust 25%, corn-cob 19%, beet pulp 15%, rice bran 12%, wheat bran 23%, cotton seeds meal 4%, oyster shell powder 2% (w/w).

B. E., biological effects.

Table 3. Cost on the medium composition for the king oyster mushroom bottle cultivation (1,100 mL/10,000 bottles)

	Raw materials	D.S.	C.C.	B.P.	R.B.	W.B.	C.S.	O.S.	P.H.	Total
	Moisture content (%)	54.1	11.4	11.6	10.0	11.6	10.0	2.5	58.7	
	Price (won)	180	245	480	320	420	580	125	40	
Treatment	Mixing ratio (%)	24	16	12	9	18	4	2	15	100
	Medium of 10,000 bottles (kg)	1,200	420	320	235	475	100	40	820	3,610
	Cost of medium (won)	216,000	102,900	153,600	75,200	199,500	58,000	5,000	32,800	843,000
Control	Mixing ratio (%)	25	19	15	12	23	4	2	0	100
	Medium of 10,000 bottles (kg)	1,300	520	400	310	630	120	40		3,320
	Cost of medium (won)	234,000	127,400	192,000	99,200	264,600	69,600	5,000		991,800

Dry-wet of the medium per bottle: Treatment 229.8 g, Control 239.1 g.

Amount of the media 10,000 bottles: Treatment 3,610 kg, Control 3,320 kg.

Basal medium (control)

- Volume ratio of the medium for king oyster mushroom bottle cultivation: Douglas fir sawdust 25, corn-cob 19, beet pulp 15, rice bran 12, wheat bran 23, cotton seeds meal 4, oyster shell powder 2 (w/w, %).
- Weight ratio: Douglas fir sawdust (1,300 kg, 39.2%), corn-cob (520 kg, 15.7%), beet pulp (400 kg, 12.0%), rice bran (310 kg, 9.3%), wheat bran (630 kg, 19.0%), cotton seeds meal (120 kg, 3.6%), oyster shell powder (40 kg, 1.2%).

Treatment: Douglas fir sawdust 24% (1,200kg, 33.2%), corn-cob 16% (420kg, 11.6%), beet pulp 12% (320kg, 8.9%), rice bran 9% (235kg, 6.5%), wheat bran 18% (475kg, 13.2%), cotton seeds meal 4% (100kg, 2.8%), oyster shell powder 2% (40kg, 1.1%), and post-harvest medium of king oyster mushroom bottle cultivation 15% (820kg, 22.7%).

D.S., Douglas fir sawdust; C.C., corn-cob; B.P., beet pulp; R.B., rice bran; W.B., wheat bran; C.S., cotton seeds meal; O.S., oyster shell powder; P.H., post-harvest medium.

212.0 g을 배지 건조중량 239.1 g으로 나누어 88.7%의 생물학적 효과(B.E.)를 산출하였다. 수확후배지를 15% 첨가한 시험구는 대조구에 비하여 병당 배지 건조중량이 9.3 g 적음에도 자실체 수량이 평균 5.5 g 많고 생물학적 효과(B.E.)도 5.9% 높았다.

Table 3에서 배지재료별 수분함량과 kg당 단가는 미송발효 톱밥이 수분함량 54.1%이고 kg당 180원, 콘코브 11.4%와 245원, 비트펄프펠릿분쇄 11.6%와 480원, 미강 10.0%와 320원, 밀기울 11.6%와 420원, 면실박분쇄 10.0%와 580원, 패화석분말 2.5%와 125원, 그리고 수확후배지는 수분함량 58.7% 정도이고 kg당 40원으로 계산하였다. Table 3의 note에서 1,100 mL PP병당 건조배지 무게가 시험구 229.8 g, 대조구 239.1 g일 때 1만 병에 대한 혼합배지량은 시험구 3,610 kg, 대조구 3,320 kg이 소요된다. 큰느타리버섯 기본배지인 대조구의 건조 배지 재료별 비율은 미송톱밥 25%, 콘코브 19%, 비트펄프 14%, 미강 12%, 밀기울 23%, 면실박 4%, 패화석 2%이다. 이에 대하여 수분을 포함한 원재료의 무게로 환산하면 미송톱밥 1,300 kg, 콘코브 520 kg, 비트펄프 400 kg, 미강 310 kg, 밀기울 630 kg, 면실박 120 kg, 패화석 40 kg이다. 따라서 1만 병용 혼합배지 3,320 kg에 대하여 원재료별로 차지하는 비율은 미송톱밥 39.0%, 콘코브 15.7%, 비트펄프 12.1%, 미강 9.4%, 밀기울 19.0%, 면실박 3.6%, 패화석 1.2%이다. 이때 원재료별 각각의 무게와 단가를 곱하여 계산한 대조구의 배지 재료비는 991,800원으로 산출되었다. 시험구는 병당 배지량 229.8 g에 대하여 수분을 포함한 각 원재료 1만 병의 혼합배지 소요량은 3,610 kg이며, 수분함량이 58.7%인 수확후배지 재배병수의 20%를 탈병한 양은 820 kg이고 건조 중량으로 환산하면 처리구 전체 배지 건조무게의 15%이다. 이때 처리구 혼합배지의 총량 중 수확후배지를 제외한 나머지 2,790 kg은 수분을 포함한 원재료별로 미송톱밥 1,200 kg, 콘코브 420 kg, 비트펄프 320 kg, 미강 235 kg, 밀기울 475 kg, 면실박 100 kg, 패화석 40 kg이다. 따라서 1만 병용 큰느타리버섯 수확후배지 재활용 혼합배지 3,610 kg에 대하여 원재료별로 차지하는 비율은 미송톱밥 33.2%, 콘코브 11.6%, 비트펄프 8.9%, 미강 6.5%, 밀기울 13.2%, 면실박 2.8%, 패화석 1.1%와 큰느타리버섯 수확후배지 22.7%이다. 이때 원재료별 각각의 무게와 단가를 곱하여 계산한 시험구의 배지 재료비는 853,000원으로 산출되었다. 따라서 시험구의 배지 재료비 843,000원과 대조구의 991,800원에서 큰느타리버섯 수확후배지 20% 병수를 큰느타리버섯 병재배용 배지로 재활용하여 1만병당 148,800원(15.0%)의 배지재료비 절감효과가 있는 것으로 계산되었다.

Table 4에서 시험구의 조수익은 병당 수량 217.5 g에 대한 10,000병의 생산량 2,175 kg에 큰느타리버섯 kg당 가격 1,500원을 곱하여 3,262,500원을 산출하였으며, 대조구도 병당 수량 212.0 g에 대한 2,120 kg에서 3,180,000원을 계산해냈다. 또한 포장 및 운송비는 앞에서 계산한 10,000병의 총수량을 2kg으로 나누어서 시험구는 1,087상자, 대조구는 1,060상자가 되었으며, 상자당 포장 재료비와 운송비 800원을 곱하여 시험구는 869,600원, 대조구는 848,000원을 산출하였다. 이와 같이 계산된 포장운송비는 시험구 869,600원과 대조구 848,000원의 차액 21,600원을 증가되는 비용으로, 조수익의 시험구 3,262,500원, 대조구 3,180,000원의 차액 82,500원과 배지재료비의 대조구 991,800원, 시험구 843,000원의 차액 148,800원은 증가되는 이익으로 Table 5와 같이 정리하였다. 따라서 이익 231,300원과 손실 21,600원의 차액인 209,700원은 큰느타리버섯 수확후배지를 재배병수의 20% 첨가하여 1일 1만 병의 큰느타리버섯 재배에서 발생한 추정 수익액으로 보았으며, 연간 250일의 수확후배지 입병작업으로 약 52,425,000원의 소득 증가 효과가 있는 것으로 계산되었다.

본 시험의 결과를 통하여 큰느타리버섯 병재배 농장에서

Table 5. Economics on the recycling post-harvest medium for the king oyster mushroom bottle cultivation

Loss factor (A)	Profit factor (B)
• Increased costs – Packaging costs: 869,600 – 848,000 = 21,600	• Increased profits – Gross profit: 3,262,500 – 3,118,800 = 82,500 – Cost of the raw materials: 991,800 – 843,000 = 148,800
- Total (A): 21,600	- Total (B): 231,300
• Profits (B – A) = 209,700 per day (10,000 bottles) 52,425,000 per year (= 209,700 × 250 days)	

Treatment: Douglas fir sawdust 24, corn-cob 16, beet pulp 12, rice bran 9, wheat bran 18, cotton seeds meal 4, oyster shell powder 2 + post-harvest medium of king oyster mushroom bottle cultivation 15 (w/w, %).
Control: Douglas fir sawdust 25, corn-cob 19, beet pulp 15, rice bran 12, wheat bran 23, cotton seeds meal 4, oyster shell powder 2 (w/w, %).

Table 4. Income on the medium composition for the king oyster mushroom bottle cultivation

	Material costs of medium (won)	Yields of fruit body (g/1,100mL)	Total yield (kg/10,000 bottles)	Gross profit (won/day)	Box packing (Box/day)	Packing costs (won/day)
			① ×10,000	② ×1,500	② ÷2 kg	③ ×800
Treatment (A)	843,000	217.5	2,175	3,262,500	1,087	869,600
Control (B)	991,800	212.0	2,120	3,180,000	1,060	848,000
Difference (A-B)	148,800 (15.0%)	①	②	82,500 (2.6%)	③	21,600

는 매일 반복하여 자체 발생하는 수확후배지를 재배병수의 20%씩 탈병 즉시 배지혼합 작업장으로 옮겨, 당일의 배지 제조에 재활용함으로써 배지재료비 절감으로 소득증가 효과가 있을 것으로 판단한다. 유의할 사항은 배양 및 버섯의 발생, 생육 등 과정에 잡균 피해를 받지 않고 정상적으로 재배한 수확후배지를 사용해야 하고, 탈병 작업 후 바로 그 날의 큰느타리버섯 병재배용 배지 제조에 재활용하는 등 변질되지 않은 수확후배지를 사용하여야 한다.

적 요

큰느타리버섯 수확후배지를 재배병수의 20%(건조량으로 환산한 무게의 15%) 첨가한 결과, 배지의 물리성 및 수량성이 첨가하지 않은 배지와 큰 차이를 보이지 않았으며, 15%에 해당하는 배지재료비를 절감하여 1일 1만병 재배규모의 경우 연간 52,425천원 정도의 소득 증가 효과를 볼 수 있었다.

Acknowledgements

This study was supported a grant (Project No. PJ0101 2901) from Rural Development Administration, Republic of Korea.

REFERENCES

1. Kim HJ. Studies on the butt-rot disease of Japanese larch caused by *Sparassis crispa*, *Phaeolus schweinitzii* and *Laetiporus sulphureus* [dissertation]. Chuncheon: Kangwon National University; 1993.
2. Mizuno T. Bioactive biomolecules of mushrooms: food function and medicinal effect of mushroom fungi. Food Rev Int 1995;11:5-21.
3. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013 Production Performance of Industrial Crop. Sejong: Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs; 2014.
4. Kim YI. Fertilizer analysis commentary. Seoul: Central Culture Press; 1985. p. 748.
5. Rural Development Administration. Based on research and analysis of agricultural science and technology. Suwon: Rural Development Administration; 2003. p. 723.
6. Rural Development Administration. Agriculture glossary dictionary. Suwon: Rural Development Administration; 1997. p. 1612.
7. Jo BH. Soil science. Seoul: Hyangmunsa; 2002. p. 396.
8. Cheong JC, Jhune CS, Lee CJ, Oh JA. Physico-chemical characteristics and utilization of raw materials for mushroom substrates. Kor J Mycol 2010;38:136-141.