

RESEARCH ARTICLE

톱밥배지 침공처리에 따른 표고 ‘화담’의 균사배양 및 자실체 생산성

김정한*, 최준영, 김연진, 문지영, 하태문, 정구현
경기도농업기술원 친환경미생물연구소

Cultural Characteristics and Fruiting-body Productivity of New Cultivar ‘Hwadam’ (*Lentinula edodes*) by Punching Treatments on the Sawdust Medium

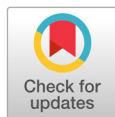
Jeong-Han Kim*, Jun-Yeong Choi, Yeon-Jin Kim, Ji-Young Mun, Tai-Moon Ha, and Gu-Hyun Jung
Eco-friendly Agriculture & Microorganism Research Institute, Gyeonggi-Do Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea

*Corresponding author: kjh75@gg.go.kr

ABSTRACT

The effect of punching treatment on bags containing sawdust medium for the stable production of fruiting bodies of *Lentinula edodes* 'Hwadam' was investigated. After spawn inoculation, the sawdust medium temperature and CO₂ concentration reached 27.0–28.8°C on the 23rd day of incubation, and 14.0–15.6% on the 16th day of incubation, respectively, decreasing thereafter. The O₂ concentration showed an opposite pattern to the CO₂ concentration. As the number of punching treatments on the medium increased during the incubation period, the lightness value decreased, and conversely, the color difference and weight loss rate increased. There was no difference in the cultivation period according to the punching treatment. As the punching treatment increased on the sawdust medium, the fruiting body yield increased; a three-time punching treatment produced the best yield with 605.7 g. Thus, proper punching treatment on a sawdust medium during the incubation period can increase the number of fruiting bodies and yield.

Keywords: Fruiting body, *Lentinula edodes*, Punching treatment, Sawdust cultivation, Yield



OPEN ACCESS

pISSN : 0253-651X
eISSN : 2383-5249

Kor. J. Mycol. 2021 September, 49(3): 295-302
<https://doi.org/10.4489/KJM.20210026>

Received: July 16, 2021

Revised: September 3, 2021

Accepted: September 17, 2021

© 2021 THE KOREAN SOCIETY OF MYCOLOGY.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

국내 표고 생산량은 2019년 기준 20,207 MT으로 느타리(48,327 MT), 새송이(46,816 MT), 팽이버섯(31,818 MT), 양송이(21,913 MT) 다음으로 생산량이 많으며, 생산액은 2,018억원으로 단일 품목 가운데 가장 높다[1,2]. 표고는 수요에 비하여 공급이 부족한 실정으로, 2020년은 16,069 MT, 평균 접종 배지는 44,659 MT이 중국에서 수입되었다[3].

표고는 참나무류(*Quercus* spp.)를 이용하여 원목에 구멍을 뚫어 종균을 접종하여 재배해왔으나, 원목가격의 상승, 노동력 부족, 고령화 등의 영향으로 최근에는 봉지를 이용하여 참나무 톱밥에 미강, 밀기울 등의 영양원을 첨가하여 혼합한 톱밥배지로 전환되고 있다.

우리나라의 표고 톱밥재배는 원통형의 배지를 세워 배지 윗부분에서 버섯을 발생시키는 상면재배(지면재배)와 배지를 넓혀 재배하는 봉형 균상재배로 구분되는데 최근에 생산효율을 높이기 위해 냉난방 시설을 활용하는 봉형 균상재배 방식이 늘어나고 있다[4]. 봉형재배 방식은 배양과정 중 톱밥배지의 통기성과 갈변 완성율을 높이기 위하여 톱밥 봉지에 침공처리를 하는데, 처리방법에 대한 연구결과나 매뉴얼 등 농가에서 활용할 수 있는 자료가 없는 실정으로, 생산효율을 높이고, 안정생산을 위해서 침공처리 효과를 구명하고자 수행한 결과를 보고하고자 한다

재료 및 방법

접종원 및 종균제조

표고 균주는 경기도농업기술원 친환경미생물연구소에서 육성한 ‘화담(Hwadam, 출원번호 2019-47)’을 PDA (potato dextrose agar) 배지에 증식시키면서 톱밥배지용 접종원으로 사용하였다. 종균용 톱밥배지의 조성은 참나무톱밥과 미강을 80:20 (v/v)으로 제조하였으며 수분함량은 60%로 조정하고 121°C에서 90분간 멸균한 후 약 30일간 배양하여 종균으로 사용하였다.

배지 및 시험처리

배지재료는 참나무발효톱밥 85%에 밀기울을 15% (v/v) 혼합하고, 부피비로 1%의 패화석분을 첨가하여 수분함량을 55-60%로 조절한 다음, 원통형 봉지에 혼합배지를 3 kg씩 충전하여 121°C에서 90분간 고압살균을 실시하였다. 살균이 완료되면 냉각실에서 배지를 15°C 아래로 식힌 후 자동접종기(Jaeil Machine, Asan, Korea)를 이용하여 배지당 4구의 접종구에 톱밥종균을 각각 12-15 g씩 접종하고 접종부위는 투명 접착테이프로 봉한다. 균사배양은 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, CO_2 농도 5,000 ppm 이하의 암실에서 배양하였다. 모든 처리구는 배양 20일차에 접착테이프를 제거하였다. 무처리구 접종 테이프만을 제거한 상태로 침공처리없이 갈변까지 실시하였고 1회 침공 처리는 배양 20일차에 접종구 주위의 봉지에 침공을 실시하되 침공구의 직경은 3 mm, 깊이는 30 mm로 접종구당 10개씩해서 배지당 총 40개의 침공을 실시하였다. 2회 침공처리는 배양 30일차에 실시하는데, 1회 침공처리가 완료된 봉지에 침공 직경 5 mm, 깊이 90 mm로 원통형 배지의 측면에 각 4개씩 해서 배지당 총 8개의 침공을 실시하였다. 3회 침공처리는 배양 40일차에 2회의 침공처리와 동일한 방법으로 진행하였다

균사배양이 완료된 배지는 200 lux 이상의 명조건으로 전환하고 전체적으로 배지 표면이 갈변 될 때까지 배양하였다. 갈변이 완료된 배지는 냉난방과 공조시설을 갖춘 생육재배사로 옮겨 버섯 발생을 유도하는데, 18°C에서 환기를 시키지 않고 발이를 유도한 다음 발이가 시작되면 그 이후부터 온도를 15°C까지 서서히 낮추어 관리를 하고, CO₂농도는 800 ppm이하로 유지하였다. 버섯 발생은 1주기는 배지 자체의 수분을 통해 버섯 발생을 유도하고 2주기, 3주기는 침봉기로 관수하였다.

배양 및 생육특성 조사

배양일수는 종균을 접종 후 배지의 하단까지 균사 배양이 완료된 기간이고, 갈변기간은 균사 배양이 완료일부터 갈변이 완료될 때까지의 기간을 산출하였다. 발이기간은 생육실에 입상한 날부터 1 cm이상의 자실체가 발이된 날까지 기간이고, 생육기간은 자실체 발생일로부터 첫수확 까지의 기간을 산출하였다. 또한 배양기간, 갈변기간, 발이기간, 생육기간을 합쳐 1주기 재배기간을 산출하였다. 자실체 특성 조사는 국립산림품종관리센터의 '표고버섯 특성조사 요령'에 준하여 실시하였으며[5], 그 결과의 통계처리는 SAS Enterprise Guide 7.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 Duncan의 다중범위검정(Duncan's-multiple range test)을 통하여 평균값들에 대한 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

배양기간 중 봉지내부의 CO₂와 O₂의 측정은 Dansensor Checkmate 3 (Mocon Europe A/S., Ringsted, Denmark)를 이용하여 봉지에 지름 2 mm의 구멍을 뚫어 PTFE/silicone septum (Dansensor, Ringsted, Denmark)을 부착한 뒤 0.2 U gas 필터와 플라스틱 실린지(0.8×40 mm)를 이용하여 측정하였다. 배양기간중 배지의 갈변정도를 확인하기 위해 균사배양이 완료된 배양 30일부터 Colorimeter (CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)을 이용하여 lightness (L값), redness (a값), yellowness (b값)을 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 색차(ΔE)는 배양 30일차의 톱밥배지를 기준으로 배양기간에 따른 색도를 측정하여 아래 식과 같이 산출하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

결과 및 고찰

침공처리에 따른 표고 봉형 톱밥배지 내부 온도변화는 Fig. 1과 같다. 톱밥배지의 품온은 배양기간이 경과함에 따라 서서히 상승하였으며 특히, 배양20일차 접종 테이프를 제거한 후 급상승하여 배양 23일차에 무처리는 27.0°C, 1회 침공처리구는 28.2-28.8°C로 침공처리 배지 온도가 더 높았다.

균사배양 중 배지 온도의 상승은 균사가 배지 내 양분을 흡수, 분해하면서 발생하는 에너지로 [6], 침공 처리의 온도가 더 높은 이유는 봉지내부의 산소 공급이 무처리보다 원활하여 균사 내부 대사활동이 더 활발하게 진행되어 나타난 결과로 판단된다.

2회 침공처리는 배양 30일차에 실시하였고, 이때의 온도는 무처리 25.9°C, 1회 침공처리 28.4°C, 2회 침공처리 27.0-27.3°C이었고, 침공처리구의 온도가 무처리구보다 높았다.

3회 침공처리는 배양 40일차에 실시하는데, 이때의 온도는 무처리 23.4°C, 1회 침공처리 25°C,

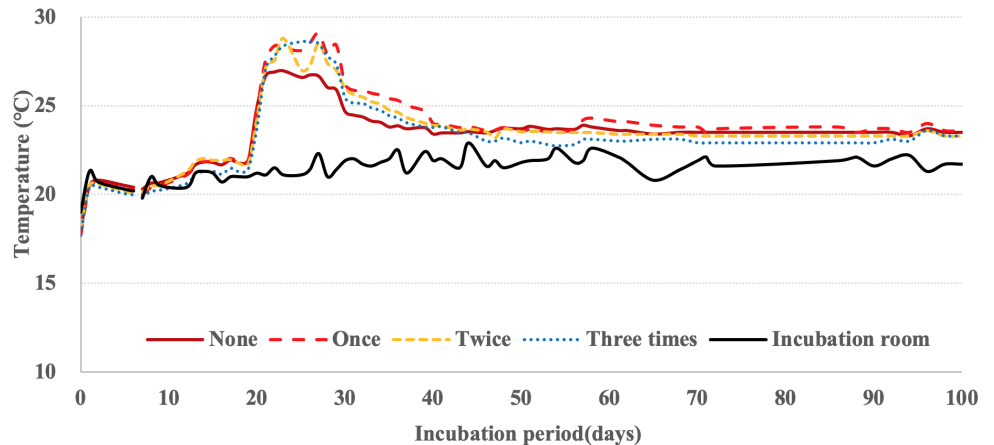


Fig. 1. Changes of temperature during incubation of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation.

2회 침공처리 23.9°C, 3회 침공처리 23.8°C로 처리간의 큰 차이를 보이지 않았으며 전체적으로 배양 100일까지 유지하는 경향이었다.

침공처리에 따른 톱밥배지 내부의 CO₂농도는 Fig. 2와 같다. 봉지 내부의 CO₂농도는 온도와 같은 경향으로 배양기간이 경과함에 따라 모든 처리구의 CO₂농도가 상승하여 배양 16일차에 무처리구 14.4%, 1회 침공처리구 15.1%, 2회 침공처리구 15.6%, 3회 침공처리구 14.0%로 최고치에 도달했다가 그 이후부터 감소하는 경향이었다. 배양 20일 1회 침공처리 후 CO₂ 농도는 침공처리구가 8.48.6%로 무처리구의 13.2%에 비해 낮게 나타났고 배양 30일차 2회 침공처리 후 CO₂농도는 무처리구 11.6%, 1회 침공처리구 8.3%, 2회 침공처리구 9.0-9.1%로 나타났다. 배양 40일차 3회 침공처리 후 CO₂농도는 무처리구 6.6%, 1회 침공처리 4.7%, 2회 침공처리 4.4%, 3회 침공처리 4.3%로 침공횟수가 늘어날수록 낮아지는 경향이었는데 이는 봉지의 통기성이 증가된 결과에 따른 것으로 판단된다.

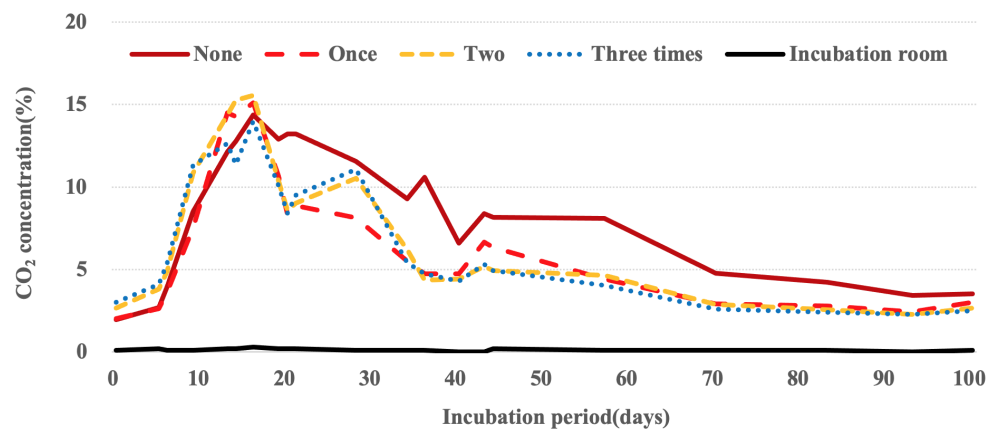


Fig. 2. Changes of CO₂ concentration during incubation of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation.

침공처리에 따른 톱밥배지 봉지내부의 O_2 농도 변화는 Fig. 3에 나타내었다. O_2 농도는 CO_2 농도와 반대의 경향으로 배양기간이 경과됨에 따라 O_2 농도는 급격히 낮아져 배양 16일경에 최저치에 도달하다 그 이후 다시 상승하는 경향이였다. 배양 20일차 1회 침공 후 O_2 농도는 침공처리가 12.2-12.8%로 무처리구의 7.5%에 비해 높았다. 배양 30일차 2회 침공처리 후 O_2 농도는 무처리 11.3%, 1회 침공처리 15.7%, 2회 침공처리 15.2-15.8%로 침공처리구의 O_2 농도가 무처리에 비해 높았다. 배양 40일차 3회 침공처리 후 O_2 농도는 무처리 14.1%, 1회 침공처리 16.5%, 2회와 3회 침공처리 16.6%로 무처리구에 비해 침공처리구의 O_2 농도가 높았으나, 침공처리 횟수에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

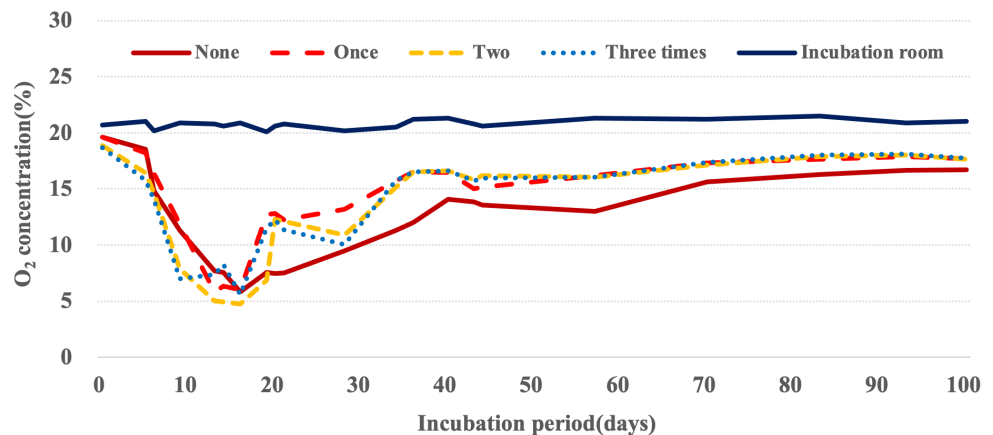


Fig. 3. Changes of O_2 concentration during incubation of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation.

침공처리에 따른 표고 봉형 톱밥배지의 중량감모율 변화는 Fig. 4와 같다. 모든 처리구는 배양 기간이 경과함에 따라 배지 중량이 감소하였고 특히, 톱밥배지로부터 접종용 테이프를 제거한 배양 20일 이후부터 중량 감소가 급격하게 일어났다. 또한, 배양 40일차 3회 침공처리가 완료된 시점부터는 침공 횟수가 많을수록 중량 감모율도 뚜렷하게 증가되었다. 갈변이 완료된 배양 100일차의 중량감모율은 3회 침공처리구 18.4%, 2회 침공처리구 17.0%, 1회 침공처리구 15.0%, 무처

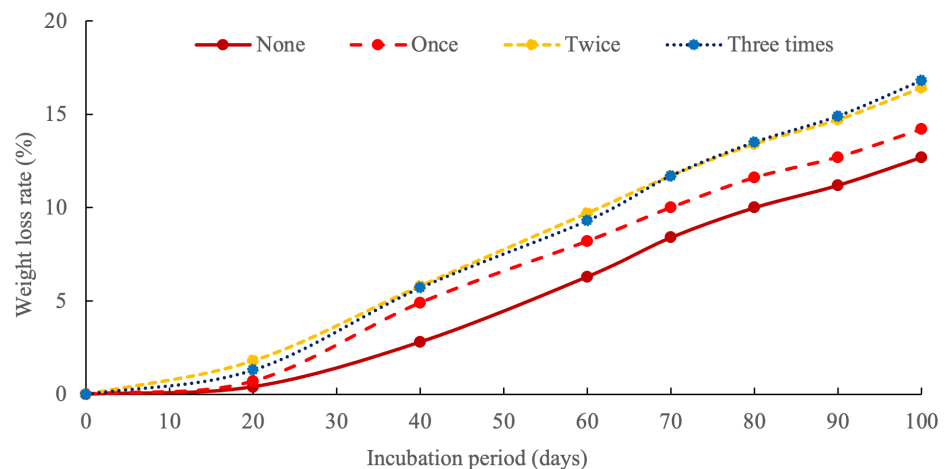


Fig. 4. Changes of weight loss rate during incubation of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation.

리 11.2% 순으로 각각 나타났는데, 이는 침공횟수가 늘어날수록 봉지의 침공수가 증가되어 톱밥 배지의 수분 손실이 더 늘어났기 때문이다.

침공처리에 따른 배양기간별 톱밥배지의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 및 색차(ΔE)변화는 Fig. 5와 같다. 배양기간이 경과할수록 톱밥배지의 명도는 낮아지고 색차는 증가하는 증가하였다. 이는 배양기간이 경과함에 따라 백색의 균사가 빛과 산소와의 접촉을 통해 갈변이 진행됨에 따라 명도는 낮아지고, 색차는 증가되는 것으로, 표고 재배에 있어서 배지 갈변화는 톱밥배지 내부의 수분유지와 병원균 침입 방지 등의 중요한 역할을 한다고 알려져 있다[7,8]. 배양 100일차에 명도는 무처리 47.2, 1회 침공처리 44.2, 2회 침공처리 42.5, 3회 침공처리 41.7이었고 색차는 무처리 32.4, 1회침공처리 35.4, 2회 침공처리 37.1, 3회 침공처리 38.0으로 침공횟수가 늘어날수록 명도는 감소하고 색차는 증가하였다.

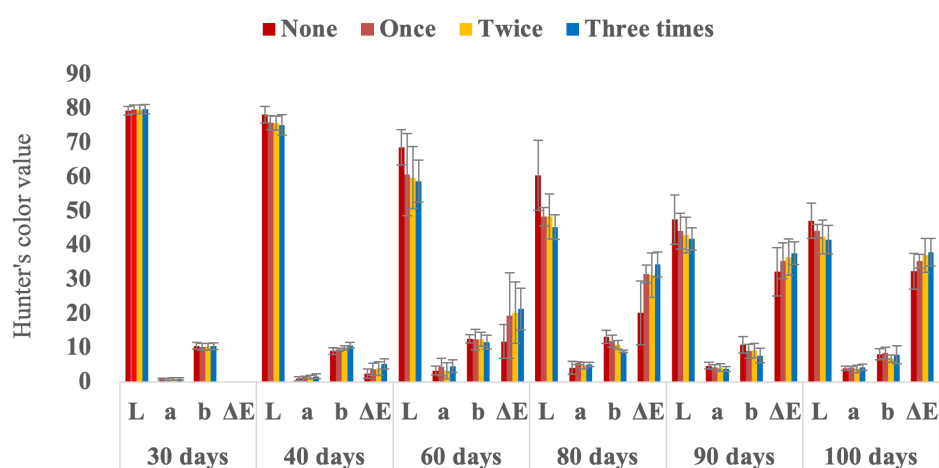


Fig. 5. Changes of Hunter's color L, a, b and ΔE value during incubation of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation. L, lightness; a, redness; b, yellowness; ΔE , color difference.

톱밥배지의 적색도와 황색도는 배양기간이 경과됨에 따라 증가되다 배양 80일 이후부터 낮아지는 경향이였다. 이때의 적색도는 무처리 4.2, 1회 침공처리 5.6, 2회침공처리 4.8. 3회 침공처리 5.2로 무처리에 비해 침공 처리구의 적색도는 높았고, 침공횟수에 따른 경향성은 볼 수 없었다. 또한, 황색도는 무처리 13.2, 1회 침공처리 12.0, 2회 침공처리 10.9, 3회 침공처리 9.0으로 침공횟수가 늘어날수록 황색도는 감소하는 경향이였다.

침공처리에 따른 표고 재배기간은 Table 1과 같다. 군사 배양기간 31일, 갈변기간 72일 전체 103일 배양하여 생육한 결과, 2회 및 3회 침공처리가 4일, 1회 침공처리가 5일로 무처리의 6일에 비해 1-2일 단축되어 침공횟수가 늘어날수록 발이일수가 단축되는 경향이였다.

Table 1. Cultural period of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation.

Punching	(unit: days)				
	Spawn running	Browning	Primordia formation	Fruiting body development	Total
None	31	72	6	8-13	117-122
Once	31	72	5	8-14	116-122
Twice	31	72	4	9-15	116-122
Three times	31	72	4	9-13	116-121

자실체 생육기간은 무처리 8-13일, 1회 침공처리 8-14일, 2회 침공처리 9-15일, 3회 침공처리 9-13일로 나타났으며, 전체 재배기간은 무처리가 117-122일, 1회와 2회 침공처리 116-122일, 3회 침공처리는 116-121일로 3회 침공처리구의 수확기간이 1일 단축된 것으로 나타났다.

침공처리에 따른 자실체 수량은 Table 2와 같다. 1주기 수량은 3회 침공처리가 366.1 g으로 가장 많고, 2회와 1회 침공처리가 각각 279.7, 271.4 g으로 같았으며 무처리 173.1 g으로 가장 낮았다(Fig. 6). 2주기 수량은 3회 침공처리 122.9 g, 2회와 1회 침공처리 각각 61.4, 52.5 g, 무처리 33.0 g 순으로 침공횟수가 늘어날수록 수량성도 증가하는 경향이였다. 3주기 수량은 1회 침공처리와 3회 침공처리가 각각 120.7, 116.7 g으로 유의차 없었고, 2회 침공처리 61.4 g, 무처리 31.6 g 순으로 나타났다. 3주기 평균 개체중은 44.6-50.5 g으로 침공 처리에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나, 평균 발이수는 3회 침공처리 5.6개, 1회 침공처리 3.7개, 2회 침공처리 3.3개, 무처리 1.8개 순으로 침공처리가 늘어날수록 평균 발이수가 많았다. 3주기 총수량은 3회 침공처리가 605.7 g으로 가장 우수하였고, 1, 2회 처리가 402.5-444.6 g, 무처리 237.7 g 순으로 나타났다.

Table 2. Total yield and individual weight of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to various punching treatments on the substrate in polypropylene bags.

Punching	1st			2nd			3rd			Average		Total yield (g/substrate)
	Individual weight (g)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Individual weight (g)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Individual weight (g)	Fruiting body (No./substrate)	Yield (g/substrate)	Individual weight (g)	Fruiting body (No./substrate)	
Non	43.3	4.0	173.1c	66.0	0.5	33.0c	42.2	0.8	31.6c	50.5±13.43	1.8±1.94	237.7c
Once	36.2	7.5	271.4b	52.5	1.0	52.5b	46.4	2.6	120.7a	45.0±8.24	3.7±3.39	444.6b
Twice	37.3	7.5	279.7b	55.8	1.1	61.4b	43.9	1.4	61.5b	45.7±9.38	3.3±3.61	402.5b
Three times	29.8	12.3	366.1a	53.4	2.3	122.9a	50.7	2.3	116.7a	44.6±12.92	5.6±5.77	605.7a

a-c: Different letters within a column are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 6. Morphological properties of *Lentinula edodes* 'Hwadam' according to punching treatments in sawdust cultivation. A, none; B, once; C, twice; D, three times.

3주기 총수량에서 주기별 수량 비율은 3회 침공처리가 1주기 60.4%, 2주기 20.3%, 3주기 19.3%, 2회 침공처리가 1주기 69.5%, 2주기 15.3%, 3주기 15.3%, 1회 침공처리가 1주기 61.0%, 2주기 11.8%, 3주기 27.1%로 3회 침공처리의 수량이 주기별 수량차이가 적었다.

이상의 연구결과, 표고 ‘화담’의 봉형재배에 적합한 침공처리방법으로 배양 20일차에 1회(직경 3 mm, 깊이 3 cm, 접종구 주변 10개, 40개/봉지), 배양 30일차 2회(직경 5 mm, 깊이 6 cm, 봉지 측면 각4개, 8개/봉지), 배양 40일차 3회(2회 침공방법과 동일)를 실시하는 것이, 무처리구보다 군사갈 변을 촉진하고 3주기까지 수량이 약 2.5배 높은 것으로 나타났다.

적요

표고 ‘화담’의 톱밥배지 안정생산을 위해 침공처리가 군사배양 및 자실체 생산성에 미치는 영향을 조사하였다. 종균 접종후 배지 온도는 배양 23일에 27.0-28.8°C, CO₂농도는 배양 16일에 14.0-15.6%까지 높아진 후 감소하였고, O₂농도는 CO₂농도와 반대의 경향이었다. 배양기간중 침공횟수가 많을수록 배지의 명도(L값)는 감소하고, 색차(ΔE)와 중량감모율은 증가하였다. 침공처리에 따른 1주기 재배기간은 큰 차이를 보이지 않았지만, 침공처리 횟수가 늘어날수록 자실체 발이수가 증가하여 3회 침공처리구의 3주기 총수량이 605.7 g으로 가장 우수하였다.

REFERENCES

1. Horticulture Business Division. Minister of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2019 The production record of a special crop. Sejong: Minister of Agriculture, Food and Rural Affairs; 2020. p. 64-7.
2. Korea Forest Service. Statistical yearbook of forestry. Daejeon: Korea Forest Service; 2020. p. 290-310.
3. Korea Agricultural Trade Information, Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Searching import performance by period [Internet]. Naju: <https://www.kati.net/statistics/periodPerformance.do>, 2020 [cited 2020 Aug 2]
4. Kim JH, Shin BE, Baek IL, Choi JI, Ha TM, Jung GH. 2021. Breeding of a new cultivar ‘Dadam’ for *Lentinula edodes* sawdust cultivation. J Mushroom Sci Prod 2021;19:1-7.
5. National Forest Seed Variety Center. Guidelines for characterization of *Lentinula edodes*. Chungju: National Forest Seed Variety Center; 2020.
6. Kim JH, Choi JI, Chi JH, Won SY, Seo GS, Ju YC. Investigation on favorable substrate formulation for bag cultivation of *Grifola frondosa*. Kor J Mycol 2008;36:26-30.
7. Kim YH, You CH, Sung JM, Kong WS. Enzymatic activities related mycelial browning of *Lentinula edodes* (Berkeley) sing. J Mushroom Sci Prod 2007;5:91-7.
8. Koo CD, Lee SJ, Lee HY. Morphological characteristics of decomposition and browning of oak sawdust medium for ground bed cultivation of *Lentinula edodes*. Kor J Mycol 2013;41:85-90.