

배지 pH, 배지함수율 및 종균접종량에 따른 꽃송이버섯의 재배 특성 및 수량

허병수* · 최규환 · 조영민 · 김희준

전라북도농업기술원

Cultivation characteristics and yield of *Sparassis crispa* according to medium pH, medium moisture content, and inoculum volume of liquid spawn

Byong-Soo Heo*, Kyu-Hwan Choi, Yeong-Min Jo, and Hee-Jun Kim

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan, 54591, Korea

ABSTRACT: The cultivation of *Sparassis crispa* in the beginning of the 2000s in South Korea, and the cultivar 'Neowul' bred in the Chonbuk Agricultural Research and Extension Service were registered first in 2016. However, there is no manual for the cultivation of *Sparassis crispa*, and therefore, there remains a big difference in its harvest rate across farms. Herein, we aimed to study the primordium formation conditions of *Sparassis crispa* 'Neowul' according to the medium pH, medium moisture content, and inoculum volume of liquid spawn and develop a stable production technology. We found the annual yield per bottle relating to the cultivation period, harvest rate, and the weight of fruiting body to be the highest at 363.6 g in the area cultivated at pH 3.8. However, it is thought that cultivation by adjusting the pH to 3.9 ± 1 would be necessary for stable production, considering that at pH 3.6, the yield sharply reduced to 189.5 g. Moreover, the culture period was shorter at pH 4.0 compared with that at pH 3.8, and the cultivation period at pH 4.0 was the same as that at pH 3.8. No significant difference in the weight of the fruiting body at different conditions was recognized. Additionally, it is difficult to regulate the pH precisely in practical applications in the farms. It is thought that 341.8 g *Sparassis crispa* will be produced per bottle annually if the medium moisture content is adjusted to 65%, liquid spawn inoculum volume is equivalent to 4% of the medium volume, and the humidity in the culture room is set to below 50%.

KEYWORDS: Bottle culture, Cauliflower, Fruiting body, *Sparassis crispa*

서론

꽃송이버섯(*Sparassis crispa*)은 민주름버섯목, 꽃송이버섯과, 꽃송이버섯속에 속하는 심재갈색부후균으로 백색이나 미색을 띠며, 꽃양배추를 닮아 cauliflower mushroom으로도 불린다. 한국을 비롯한 일본, 중국 북아메리카, 유럽 등에서 자생하며(Yu *et al.*, 2010), 국내에서는 8~9월 낙엽송, 전나무, 잣나무 등의 근주부위에서 주로 발견된다(Park *et al.*, 2009). 과거 경기도에 위치한 광릉수목원 내의 80년생 낙엽송 밑동에서는 40 cm 정도로 크게 자라는 것이 발견되었으며, 드물게는 지상 1.5 m의 수간부에서도 발견된다. 꽃송이버섯에 들어있는 1,3-β-D-glucan은 항종양 활성을 나타내며(Harada *et al.*, 2004), 베타글루칸은 세포 면역기능 향상으로 다양한 생리활성 기능이 뛰어난

J. Mushrooms 2020 September, 18(4):303-310
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2020.18.4.303>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Byong-Soo Heo(Resercher), Kyu-Hwan Choi(Resercher),
 Yeong-Min Jo(Resercher), Hee-Jun Kim(Senior resercher)
 *Corresponding author
 E-mail : hbs7658@korea.kr
 Tel : +82-63-290-6032

Received November 26, 2020
 Revised December 15, 2020
 Accepted December 21, 2020

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.

것으로 보고되어 있다(Ohno *et al.*, 2002). 꽃송이버섯의 베타글루칸 함량은 배지조성에 따라 달라질 수 있으며, 갓 보다는 대 부분에 많고, 대에서는 최대 59.5% 까지 함유하고 있다(Wang *et al.*, 2014). 이러한 베타글루칸의 기능성으로 인해 우리나라에서는 2000년대 초반부터 재배를 시작하였고, 국내에서는 전라북도농업기술원이 육성한 '너울'이 2016년에 최초로 등록되어 있다. 그러나, 꽃송이버섯에 대한 재배매뉴얼이 없어 여전히 농가마다 수확률 차이가 큰 실정이다. 이에 국내 꽃송이버섯 농가를 자체 조사한 결과, 일본품종과 '너울'이 주로 재배되고 있었으며, 2품종 모두 배양기간이 60~90일 정도로 길고, 균사세력이 약해 배양 중 오염률이 높게 조사되었다. 또한, 발이율이 극히 낮아 수확률은 0~10% 내외로 조사되었다. 최근 공조시설을 이용한 버섯재배사에서는 배양실 내 양압유지를 통해 오염률은 낮아졌으나, 발이율이 저조한 문제는 해결되지 못하였다. 따라서 꽃송이버섯 '너울'의 발이조건을 구명하고 안정생산 기술을 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

시험균주

본 시험에 사용된 꽃송이버섯(*Sparassis crispa*)은 전라북도농업기술원에서 육성한 '너울'을 시험재료로 사용하였다. 원균은 PDA(potato dextrose agar) 평판배지에 접종하여 25°C에서 30일간 배양한 후 계대배양하면서 시험에 이용하였다. 입구 직경이 45 mm인 5리터 광구병에 4리터의 PDB(potato dextrose broth)를 넣고 멸균하여 준비하고, 평판배지상에서 배양이 완료된 시험균주 4점을 멸균된 PDB 240 ml에 넣어 마쇄한 후 4리터 PDB에 접종하고, 25°C에서 14일간 통기 배양한 액체종균을 접종원으로 이용하였다.

톱밥배지의 적정 pH 구명

꽃송이버섯의 발이조건 구명을 위해 생육배지(v/v, %)는 낙엽송톱밥:비트펄프:과쇄옥수수(80:15:5)를 이용하였다. 각 보관재료의 함수율, 부피비 무게, 함수율 65%에서의 부피팽창률을 조사한 후 부피비를 무게비로 환산하고 배합하였으며, 수돗물을 이용하여 함수율을 65%로 조절하였다. 2019년 1월부터 3반복으로 121°C, 150분 조건에서 멸균 후 최종 배지 pH 수준이 4.0, 4.5, 5.0, 5.5가 되도록 시트르산($C_6H_8O_7$)과 탄산칼슘($CaCO_3$)을 첨가하여 처리별로 2시간씩 배합하였다. 자동입병기를 이용하여 920 ml PP병에 457±4 g씩 처리별로 720병을 입병하고 상부 4 cm 지점까지 타공 압축하였다. 이때의 배지밀도는 0.62 g/cm³였다. 배지는 스템보일러를 이용한 살균솥에서 121°C에서 150분간 멸균 후 17°C로 냉각하였다. 12시간

냉각 후 각 PP병에 액체종균을 정량토출기로 30 ml씩 접종하고, CO₂ 450 ppm으로 설정하여 23.5°C로 암배양하였으며, 이 때 배양실은 헤파필터를 통한 연속적인 공기 공급으로 양압상태를 유지하였다. 배양이 완료된 처리구는 생육실로 이동시켜 1,000 lx 수준으로 광조사하고, 21°C 조건에서 초음파가습기를 이용해 3분 가습, 9분 정지 조건으로 설정하였으며, 원기가 4 cm 이상 형성되면 병 뚜껑을 제거하여 발이를 유도하였다. 자실체의 수확 시기는 색이 변하기 직전으로 하였으며, 자실체의 크기는 기부를 아래로 향하여 가로, 세로, 높이로 구분하여 조사하고, 자실체중은 기부 5 mm를 잘라내고 측정하였다. 수량은 처리조건에 따른 오염률, 발이율과 재배일수의 차이를 반영하기 위해 자실체중, 재배일수, 수확률을 곱하여 연간 병당 수량으로 계산하였다.

꽃송이버섯의 최적 발이조건 구명을 위해 2020년 1월부터 3반복으로 121°C, 150분 조건에서 멸균 후 최종 배지 pH 수준이 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2가 되도록 시트르산($C_6H_8O_7$)을 첨가하여 처리별로 2시간씩 배합하였다. 그 외의 모든 방법은 앞서 기술한 방법과 동일하게 하였다. 또한 오염요인을 제거한 배지 pH에 따른 배양특성을 조사하기 위해, 같은 방법으로 직경 30 mm의 시험관을 이용해 56 g의 배지를 80 ml씩 넣고 멸균 후 1 ml씩 접종하고, 54일간 배양 후 균사생장량을 조사하였다.

적정 배지함수율 및 배양실 습도 조건

톱밥배지 적정 함수율과 배양실 내 습도조건 구명을 위해 2019년 4월부터 3반복으로 배지함수율을 60, 65, 70, 75%로 조절하고, 최종 배지 pH가 3.9±0.5가 되도록 시트르산($C_6H_8O_7$)을 첨가하여 처리별로 2시간씩 배합하였다. 자동입병기를 이용하여 920 ml PP병에 457±4 g씩 처리별로 720병을 입병하고 상부 4cm 지점까지 타공 압축하였다. 처리별 배지는 121°C, 150분 조건에서 멸균 및 냉각하고, 액체종균을 30 ml씩 접종 후 4개의 배양실을 이용하여 실내습도를 50, 60, 70, 80%로 조절하였다. 그 외의 모든 방법은 앞서 기술한 방법과 동일하게 하였다.

액체종균 적정 접종량

액체종균의 적정 접종량 구명을 위해 2020년 4월부터 3반복으로 멸균 후 최종 배지 pH가 3.9±0.5가 되도록 시트르산($C_6H_8O_7$)을 첨가하여 처리별로 2시간씩 배합하였다. 자동입병기를 이용하여 920 ml PP병에 457±4 g씩 처리별로 720병을 입병하고 상부 4 cm 지점까지 타공 압축하였다. 처리별 배지는 121°C, 150분 조건에서 멸균 및 냉각하고, 액체종균을 배지 입병부피인 740 ml의 2, 3, 4, 5, 6%인 14.8, 22.2, 29.6, 37.0, 44.4 ml를 각 처리별로 접종하였다. 그 외의 모든 방법은 앞서 기술한 방법과 동일하게 하였다.

Table 1. Cultivation characteristics by the medium pH 4.0-5.5

Medium pH	Incubation period (days)	Primordium formation period (days)	Growth period of fruiting body (days)	Cultivation period (days)	Pinheading rate (%)	Contamination rate (%)	Harvest rate (%)
4.0	62	18	31	111	99.0	0.6	98.4
4.5	77	16	31	124	98.0	4.9	93.2
5.0	130	1	28	159	46.3	67.9	14.9
5.5	-	-	-	-	-	100	0

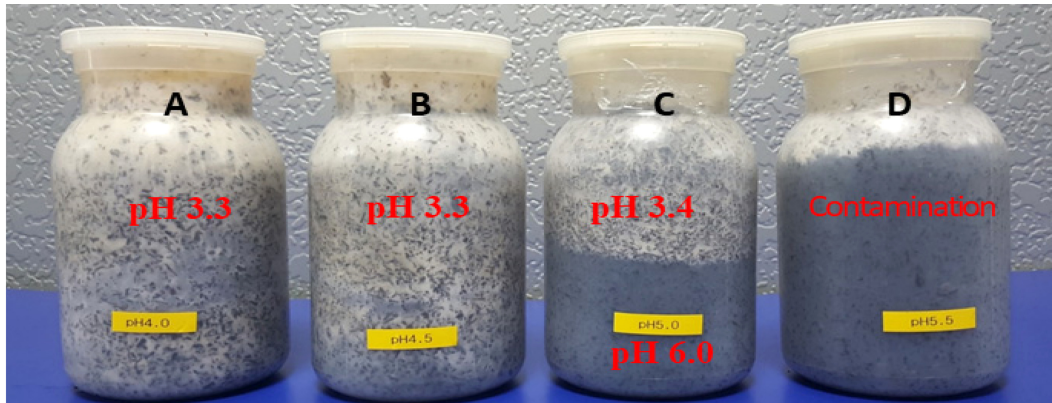


Fig. 1. pH in the medium for controlling the pH after 80 days of inoculation. A : pH 4.0. B : pH 4.5. C : pH 5.0. D : pH 5.5.

통계분석

모든 과정은 통계프로그램 R(4.0.3)을 이용하였으며, 평균±표준편차로 표시하였다. 실험구별 유의성 검정은 일원 배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 p<0.05의 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정을 하였다.

결과 및 고찰

톱밥배지의 적정 pH 구명

꽃송이버섯의 발이조건 구명을 위해 배지 pH를 4.0, 4.5, 5.0, 5.5로 조절하여 재배한 결과, 배양일수는 pH 4.0 처리구가 62일로 가장 짧았고, pH 4.5 처리구에서는 77일로 나타났으며, pH 5.0 처리구는 130일로 pH 4.0 대비 2배 이상 느리게 배양되었다(Table 1). pH 5.5 처리구는 균사배양이 재배병 하단부로 진전되지 않았으며, 배양 중 전량 오염되어 조사가 불가하였다(Fig. 1). Heo *et al.* (2006)은 꽃송이버섯 균사배양 최적조건으로 pH 4.0을 보고한 바 있는데, 이와 같은 결과로 볼 때 톱밥배지에서도 같은 조건이 적합할 것으로 판단된다. pH 5.0 처리구에서 배양이 50% 진행되었을 때 균사생장부위는 pH 3.3~3.4로 측정된 반면, 균사 생장이 이루어지지 않은 아래쪽의 배지는 pH 6.0으로 측정됨에 따라 균사의 성장조건은 더욱 악화되어 배양기간이 길어지므로 배지의 초기 pH 영향이 크다는 것을 알 수 있었다(Fig. 1).

발이일수는 pH 4.0 처리구가 18일, pH 4.5 처리구가

Table 2. Change in pH in the region of mycelial growth in growth stage by the medium pH 4.0-5.5

	Medium pH			
	Before inoculation	Incubation completed	Initial primordium formation	Harvest completed
4.0±0.05	3.3±0.05	3.3±0.05	3.3±0.05	2.7±0.1
4.5±0.05	3.3±0.05	3.3±0.05	3.3±0.05	2.7±0.1
5.0±0.05	3.4±0.05	3.3±0.05	3.3±0.05	2.7±0.1
5.5±0.05	-	-	-	-

16일로 비슷했으나, pH 5.0 처리구에서는 1일로 나타났는데, 이는 오랜 배양기간에 따른 배지상부의 pH 변화로 배양완료 전 이미 원기가 형성되고 발이가 시작되어 나타난 결과로 판단된다. 처리별 원기형성 및 발이가 시작되는 시기에 균사생장 부위의 pH를 측정한 결과, 모두 pH 3.3~3.4로 나타났으며(Fig. 1, Table 2), 수확 후 배지 pH 2.7인 조건에서도 3주 재배양 후 자실체가 발생하는 것이 관찰(Data not shown)됨에 따라 병 내부에서 꽃송이버섯 원기형성 및 발이에 적합한 조건은 pH 3.3 이하로 판단된다. Park *et al.*(2009)은 꽃송이버섯 발생지의 토양 pH가 4.6~5.2라 보고한 바 있는데, 이는 경우와 같은 자연조건, 발생목의 항상성 유지, 토양의 완충능에 의해 인위적인 톱밥배지와는 조건이 달라 그 결과가 다르게 나타난 것으로 판단된다. 생육일수는 pH 4.0 처리구와 pH 4.5 처리구에서 동일하게 31일로 나타났으며, pH 5.0 처리구에서는

Table 3. Fruiting body characteristics and yield by the medium pH 4.0-5.5

Medium pH	Pileus diameter (mm)		Height (mm)	Weight of fruiting body (g/bottle)	Yield* (g/bottle/year)
	Major axis	Minor axis			
4.0	132.7±8.5	94.9±19.4	114.6±10.3	121.3 ^a	392.5 ^a
4.5	133.7±12.4	106.0±10.6	110.3±10.6	124.9 ^a	342.6 ^b
5.0	125.4±14.9	86.1±6.0	103.9±6.9	105.1 ^b	35.9 ^c
5.5	-	-	-	-	0

*Yield : 365/Incubation period(days) × Harvest rate(%) × Weight of fruiting body(g/bottle)

^{a-c}Values with different superscript within a same row are significantly different (p<0.05) by DMRT.

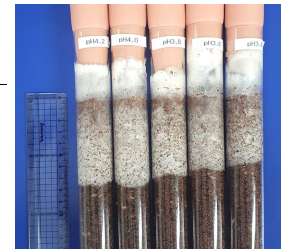
28일부터 자실체의 침상조직 발생 및 끝부분의 갈변이 시작됨에 따라 생육일수가 짧게 나타났다. 배양일수, 발이일수, 생육일수를 합한 재배일수는 pH 4.0 처리구가 111일로 나타났으며, pH 4.5 처리구는 이보다 13일 긴 124일로 나타났고, pH 5.0 처리구는 pH 159일로 나타났다. 발이율은 pH 4.0 처리구와 pH 4.5 처리구가 각각 99%와 98%로 나타났으며, pH 5.0 처리구에서는 46.3%로 나타났다. 오염률은 pH 4.0 처리구에서 0.6%로 가장 낮았고 적었고, 배지 pH가 높아질수록 증가하는 경향이었으며, 특히 pH 5.5에서는 전량 오염되었다. 따라서, 발이율과 오염률을 고려한 수확률은 pH 4.0 처리구가 98.4%로 가장 우수하였으며, 다음으로 pH 4.5 처리구가 93.2%로 나타났다.

배지 pH 수준별 자실체를 수확하여 조사한 결과, pH 4.5 처리구가 124.9g, pH 4.0 처리구가 121.3g으로 나타났으나, 유의성은 인정되지 않았고, pH 5.0 처리구에서는 105.1 g으로 적게 나타났다(Table 3). 따라서 재배일수, 발이율과 수확률을 고려한 수량은 pH 4.0 처리구가 392.5g으로 가장 높음에 따라, 꽃송이버섯 재배에 적합한 배지 pH는 4.0으로 판단된다.

그러나 그 이하의 조건에서도 재배특성 구멍이 필요함에 따라 2020년에 배지 pH를 4.2, 4.0, 3.8, 3.6, 3.4로 조절하여 균사생장 및 재배특성을 검정한 결과, 시험관 내 성장속도는 pH 4.0 처리구가 54일 배양 후 69.3 mm로 가장 우수하였고, 다음으로 pH 4.2 처리구가 68.6 mm로 우수하였으나, 이들 간의 유의성은 인정되지 않았다(Table 4). pH 4.0 이하 조건에서는 배지 pH가 낮을수록 배양속도는 느리게 나타났다. 시험관 내에서 54일간 배양 후 측

Table 4. Hyphal growth and changes in medium pH by the medium pH 3.4-4.2

Medium pH		Hyphal growth (mm)
Before inoculation	After 54 days	
4.2	3.28	68.6 ^a
4.0	3.19	69.3 ^a
3.8	3.19	65.9 ^b
3.6	3.16	63.4 ^c
3.4	3.11	56.6 ^d



^{a-d}Values with different superscript within a same row are significantly different (p<0.05) by DMRT.

정한 배지 pH는 모든 처리에서 pH 3.28 이하였으며, 접종부위의 균사는 원기형성이 시작된 것이 관찰되어 모든 처리구에서 발이는 정상적으로 이루어질 것으로 추측할 수 있었다.

병 재배 결과, 배양일수는 pH 4.0 처리구가 58일로 가장 짧았으며, 다음으로 pH 4.2와 3.8이 각각 63일과 64일로 짧았다. pH 3.6 처리구는 76일, pH 3.4 처리구는 80일로 배양일수가 길게 나타남에 따라, pH 3.6 이하에서는 균사생장이 어려운 것으로 판단되었다(Table 5). 발이일수는 pH 3.8 처리구가 11일로 가장 짧았으며, 다음으로 pH 4.0과 pH 3.6이 각각 17일과 18일로 짧음에 따라, 최적 배양조건은 배양일수와 발이일수의 합이 75일로 가장 짧은 pH 4.0과 pH 3.8 조건으로 판단된다. 생육일수는 모든 처리구에서 31일로 동일함에 따라 재배일수는 pH 4.0과

Table 5. Cultivation characteristics by the medium pH 3.4-4.2

Medium pH	Incubation period (days)	Primordium formation period (days)	Growth period of fruiting body (days)	Cultivation period (days)	Pinheading rate (%)	Contamination rate (%)	Harvest rate (%)
4.2	63	20	31	114	98.0	27.6	71.0
4.0	58	17	31	106	99.0	16.6	82.6
3.8	64	11	31	106	99.0	15.0	84.2
3.6	76	18	31	125	99.0	44.3	55.1
3.4	80	20	31	131	99.0	76.4	23.4

Table 6. Fruiting body characteristics and yield by the medium pH 3.4-4.2

Medium pH	Pileus diameter (mm)		Height (mm)	Weight of fruiting body (g/bottle)	Yield* (g/bottle/year)
	Major axis	Minor axis			
4.2	130.5±9.5	95.0±10.2	112.0±8.5	117.3 ^{bc}	266.7 ^b
4.0	132.2±8.1	105.2±6.5	114.6±7.8	125.8 ^a	357.8 ^a
3.8	131.7±7.2	105.2±6.0	114.5±7.1	125.4 ^a	363.6 ^a
3.6	125.2±9.0	102.2±7.4	109.0±8.1	117.8 ^b	189.5 ^c
3.4	125.0±9.2	101.5±8.2	105.5±8.3	114.0 ^c	74.3 ^d

*Yield : 365/Incubation period(days) × Harvest rate(%) × Weight of fruiting body(g/bottle)

^{a-d}Values with different superscript within a same row are significantly different (p<0.05) by DMRT.

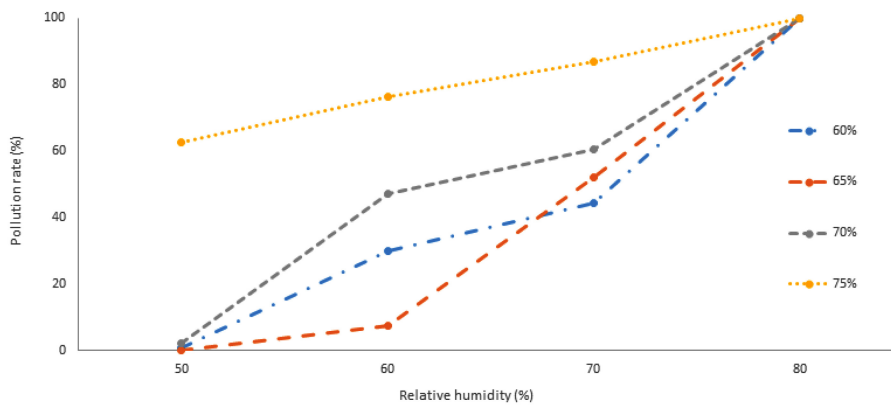


Fig. 2. Contamination rate by the moisture content of medium and the relative humidity of culture room.

pH 3.8 처리구가 106일로 동일하게 가장 짧았고, 다음으로 pH 4.2 처리구가 114일로 나타났다. 발이율은 pH 4.2 처리구가 98%였고, 나머지 처리구는 모두 99%로 나타남에 따라, pH 4.0 이하에서는 발이가 안정적으로 이루어지는 것으로 판단된다. 오염률은 pH 3.8 처리구에서 15.0%로 가장 낮았고, 다음으로 pH 4.0 처리구가 16.6%였다. pH 3.6 처리구에서는 오염률이 44.3%로 크게 증가하였고 pH 3.4 처리구는 76.4%로 오염률이 가장 높았다. 이러한 결과로 볼 때 배지 pH가 3.8까지 낮아질수록 꽃송이버섯의 배지 내 균사생장은 양호하여 오염률이 낮아진 것으로 판단되고, 그 이하로 내려가면 균사생장이 느려져 배양기간이 길어지고 잡균에 오염될 확률이 크게 증가하는 것으로 판단된다. 따라서 발이율과 오염률을 고려한 배지의 적정 pH 수준은 pH 3.8 ~ 4.0으로 판단된다.

배지 pH별 병당 자실체 중량은 pH 4.0 조건에서 125.8 g, pH 3.8 조건에서 125.4 g으로 나타났으나, 이들간의 유의성은 인정되지 않았다(Table 6). pH 3.4 조건에서는 114.0g으로 131일간의 가장 긴 재배일수에도 불구하고 가장 적게 나타났다. 재배일수, 수확률과 자실체 중량을 고려한 수량은 pH 3.8 처리구가 363.6g으로 가장 높게 나타났으나 pH 3.6 조건에서는 수량이 189.5g으로 급감하는 점, pH 4.0 조건이 배양일수가 짧으며, pH 3.8 조건과 비교하여 재배일수가 같고, 자실체 중량 차이의 유

의성이 인정되지 않는 점, 농가에서 정밀한 pH 조절이 어려운 점을 고려하여 pH 3.9±1로 조절하여 재배해야 안정 생산이 가능할 것으로 판단된다.

적정 배지함수율 및 배양실 습도 조건

꽃송이버섯 재배를 위한 적정 배지함수율 및 배양실 내 습도조건 구명을 위해 배지함수율을 60%부터 75%까지 5% 간격으로 조절하여 배지를 조제하고, 배양실 내 습도를 50%부터 80%까지 10% 간격으로 조절하여 배양한 결과는 다음과 같다. 모든 처리구에서는 배지함수율이 높을수록, 배양습도가 높을수록 오염률이 증가하였으며, 특히 배양습도가 80%일 때는 모든 처리구에서 오염률이 100%로 나타남에 따라 배양습도는 50% 이하로 설정하여 배양하는 것이 양호할 것으로 판단된다(Fig. 2). 배양습도 50% 일 때의 오염률은 배지함수율이 75%일 때 62.8%로 가장 높게 나타났으며, 70% 조건에서는 2.2%로 급격하게 낮아졌다. 또한 배지함수율 60~65%에서는 오염률이 매우 낮아 양호하였다. 따라서, 오염률만을 고려했을 때는 배양 습도를 50% 이하로 낮추고 배지함수율을 70% 이하로 낮추어 배양해야 할 것으로 판단된다. 배양습도에 따른 배양일수의 차이는 없었으며, 배지함수율이 75% 일 때 배양일수는 51일로 가장 짧았고, 다음으로 70%, 65%, 60%가 각각 60일, 61일, 64일로 배지함수율이 낮을수록 배양

Table 7. Characteristics of culture by the moisture content of the medium

Moisture content of medium (%)	Incubation period (days)	Primordium formation period(days)	Growth period of fruiting body (days)	Cultivation period (days)	Pinheading rate (%)
60	64	30	31	125	99.0
65	61	32	31	124	99.0
70	60	32	31	123	99.0
75	51	7	31	89	99.0

Table 8. Characteristics of fruiting body by the moisture content of the medium

Moisture content of medium (%)	Pileus diameter (mm)		Height (mm)	Weight of fruiting body (g/bottle)
	Major axis	Minor axis		
60	121.5	101.7	106.9	124.7 ^a
65	112.4	92.2	110.1	125.2 ^a
70	127.6	95.7	113.0	116.5 ^b
75	95.5	79.5	101.2	77.2 ^c

^{a-c}Values with different superscript within a same row are significantly different ($p < 0.05$) by DMRT.

기간이 길어지는 경향이였다(Table 7). 그러나 배지함수율 75% 처리구는 병 외부의 표면으로 보이는 균사체의 밀도가 낮게 보임에 따라, 배지전체보다는 병과 접한쪽의 빠른 생장으로 배양일수가 짧다고 생각될 수 있으며, 내부의 균사발달정도는 이보다 덜할 것으로 판단된다. 발이일수는 배지함수율 60%에서 30일, 65%와 70% 조건에서 32일로 동일하였고, 75%에서 7일로 가장 짧게 나타났다. 75% 배지함수율 처리구에서는 배양 중 배지 내 높은 수분함량으로 인해 발이가 조기 유도되어 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 추측된다. 재배일수는 배지함수율이 75% 일 때 89일로 가장 짧았으며, 배지함수율 70%일 때 123일이었고, 배지함수율 60%까지 5% 낮아질수록 1일씩 길어졌다.

배지함수율별 자실체 중량은 60%와 65% 처리구에서 각각 124.7g, 125.2g이었으나 이들 간의 유의성은 인정되지 않았다(Table 8). 70% 처리구에서는 116.5 g이었으며, 75% 배지함수율에서는 77.2 g으로 가장 작게 나타났다. 이는 앞서 설명한 바와 마찬가지로 배지 내 높은 수분함

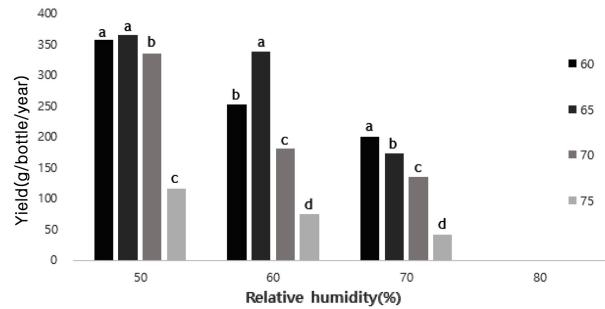


Fig. 3. Yield by the moisture content of medium and the culture condition. Different small letters in each bar show significant difference each treatment ($p < 0.05$ by DMRT).

*Yield : $365 / \text{Incubation period (days)} \times [100 - \text{Contamination rate} (\%)] \times \text{Pinheading rate} (\%) \times \text{Weight of fruiting body (g/bottle)}$

량으로 인한 조기 발이로 충분한 양분 흡수 전 자실체 발생에 따른 중량감소로 판단된다. 배지함수율별 배지특성과 자실체 회수율을 조사한 결과, 배지함수율이 65%일 때 용적밀도는 0.62 g/cm^3 였으며, 70%일 때는 0.72 g/cm^3 였다(Table 9). 이는 배지 내 수분함량의 차이로 모든 배지함수율별 처리의 건물중은 160g 으로 동일하다. 이 때 자실체 회수율은 중량 기준 배지함수율이 60%일 때 31.2%로 가장 높았으나, 건물중을 기준으로 하였을 때는 65%에서 78.3%로 가장 높음에 따라 자실체 생산효율은 배지함수율 65%일 때 가장 우수한 것으로 판단된다. Park *et al.*(2011)은 꽃송이버섯의 최적배지밀도가 0.76 g/cm^3 으로 보고한 바 있는데, 이는 65% 배지함수율 조건하에서 배지밀도를 달리한 경우로, 본 시험의 배지함수율에 따른 배지밀도와는 차이가 있다. 배양실 내 상대습도와 배지함수율에 따른 오염률, 재배일수, 발이율, 자실체중량

Table 9. Characteristics of medium and productivity by the moisture content of the medium

Moisture content of medium (%)	Density of medium (g/cm^3)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Productivity (%)	
				Weight basis (%)	Dry weight basis (%)
60	0.54	400	160	31.2	77.9
65	0.62	457	160	27.4	78.3
70	0.72	533	160	21.9	72.8
75	0.86	640	160	12.1	48.3

Table 10. Yield and cultural characteristics by the inoculum volume of liquid spawn

Inoculum volume (%)	Incubation period (days)	Primordium formation period (days)	Growth period of fruiting body (days)	Cultivation period (days)	Pinheading rate (%)	Contamination rate (%)	Harvest rate(%)	Weight of fruiting body (g/bottle)	Yield* (g/bottle/year)
2	70	35	31	136	99.0	20.5	78.8	119.4 ^d	252.5 ^d
3	70	35	31	136	99.0	5.7	93.5	131.6 ^a	330.2 ^{bc}
4	61	36	31	128	99.0	6.1	93.0	128.9 ^{ab}	341.8 ^a
5	56	43	31	130	99.0	5.7	93.4	127.5 ^{bc}	334.4 ^b
6	58	42	31	131	99.0	5.7	93.5	124.8 ^c	325.1 ^c

*Yield : 365/Incubation period(days) × Harvest rate(%) × Weight of fruiting body(g/bottle)

^{a-d}Values with different superscript within a same row are significantly different (p<0.05) by DMRT.

을 고려한 수량은 상대습도 50% 조건에서 배지함수율이 65%일 때 364.5 g으로 가장 우수하였고, 다음으로 60%일 때 357.2 g이었으나, 유의성은 인정되지 않았다. 그러나 상대습도 60% 조건에서 배지함수율이 65%일 때 수량은 337.6 g이고, 60%일 때 252.4 g으로 크게 감소함에 따라, 상대습도 50% 이하, 배지함수율 60~65% 조건이 꽃송이버섯 생산의 최적 조건으로 판단된다(Fig. 3). 추가로 본 시험은 920 ml 병을 이용하여 65% 배지함수율 조건에서 배지입병량이 457 g일 때 125.2 g을 생산하였으나, 농가에서 주로 사용하는 1,100 ml 병을 이용하여 재배할 시에는 배지입병량 증가에 따른 수량 증가가 예상된다.

액체종균 적정 접종량

액체종균의 적정 접종량 구명을 위해 배지 pH를 pH 3.9로 조절하고 배지입병부피의 2%에서 6%까지 1% 간격으로 접종량을 달리하여 재배한 결과, 배양일수는 접종량 5%일 때 56일로 가장 짧았으며, 다음으로 6%일 때 58일, 4%일 때 61일로 짧았고, 2%와 3%일 때는 70일로 동일하였다(Table 10). 이는 접종량이 많을수록 배지표면과 접할 수 있는 면적이 넓어 배양일수가 빠른 것으로 판단되나, 과도한 경우 배지함수율과 공극률에 영향을 끼쳐 호흡 방해와 균사체 발달을 위한 공간부족 등으로 배양일수가 늘어날 것으로 보인다. 발이일수는 2%와 3%일 때 35일로 가장 짧았으나 배양일수와 발이일수를 합한 일수는 4%일 때가 97일로 가장 짧고 다음으로 5%일 때가 99일로 나타났다. 생육일수는 31일로 모두 동일하였으며, 재배일수는 4% 처리구가 128일로 가장 짧고, 5%가 130일, 6%가 131일, 2%와 3%는 136일로 동일하였다. 발이율은 99%로 접종량에 따른 발이율의 차이는 없었다. 오염률은 접종량 2%일 때 20.5%로 가장 높게 나타났으며, 3~6%에서는 오염률이 5.7~6.1%로 그 차이는 크지 않았다.

자실체 중량은 접종량 3%일 때 131.6 g으로 가장 우수하였고, 다음으로 4%일 때 128.9 g, 5%일 때 127.5 g으로 역시 그 차이는 크지 않았다(Table 10). 재배일수, 수확률, 자실체 중량을 고려한 수량은 4%일 때가 341.8 g으로 가

장 우수하였고, 5%일 때 334.4 g, 3%일 때 330.2 g으로 나타남에 따라, 최적 종균접종량은 재배일수가 가장 짧은 4%로 판단된다.

적 요

꽃송이버섯은 우리나라에서 2000년대 초반부터 재배를 시작하였고, 국내에서는 전라북도농업기술원이 육성한 ‘너울’이 2016년에 최초로 등록되어 있다. 그러나, 꽃송이버섯에 대한 재배매뉴얼이 없어 여전히 농가마다 자실체 생산성의 차이가 큰 실정이다. 이에 꽃송이버섯 ‘너울’의 발이조건을 구명하고 안정생산 기술을 개발하고자 배지 pH, 배지함수율, 종균접종량 조건에 따른 연구를 수행한 결과, 재배일수, 수확률과 자실체 중량을 고려한 연중 병당 수량은 pH 3.8 처리구가 363.6 g으로 가장 높게 나타났으나 pH 3.6 조건에서는 수량이 189.5 g으로 급감하는 점, pH 4.0 조건이 배양일수가 짧고 pH 3.8 조건과 비교하여 재배일수가 같으며, 자실체 중량 차이의 유의성이 인정되지 않는 점, 농가에서 활용 시 정밀한 pH 조절이 어려운 점을 고려하여 pH 3.9±1로 조절하여 재배해야 안정생산이 가능할 것으로 판단된다. 아울러 배지함수율을 65%로 조절하고, 배지부피의 4%에 해당하는 액체종균을 접종 후 배양실 내 습도조건을 50% 이하로 설정하면 연중 병당 341.8 g을 생산할 것으로 판단된다.

REFERENCES

Harada T, Miura NN, Adachi Y, Nakajima M, Yadomae T, Ohno N. 2004. Granulocyte-macrophage colony-stimulating factor (GM-CSF) regulates cytokine induction by 1,3-β-D-glucan SCG in DBA/2 mice in vitro. *J Interferon Cytokine Res* 24: 478-489.

Heo BS, Lee KS, Lee YS. 2006. Cultural conditions for the mycelial growth of *Sparassis crispa*. *Bulletin of the Agricultural College, Chonbuk National University*. 37: 13-20.

Ohno N, Harada T, Masuzawa S, Miura N, Adachi Y, Yadomae T,

- Nakajima M. 2002. Antitumor activity and hematopoietic response of a beta-glucan extracted from an edible and medicinal mushroom *Sparassis crispa* Wulf: Fr. (Aphyllphoromycetideae). *Int J Med Mushrooms* 4: 13-26.
- Park H, Oh DS, Ka KH, Ryu SY, Park JS, Hwang JH, Park JM. 2009. Environmental condition for the butt-rot of conifers by cauliflower mushroom (*Sparassis crispa*) and wood quality of *Larix kaempferi* damaged by the fungus. *J Korean For Soc* 98: 16-25.
- Park H, Ryu SY, Ka KH. 2011. Cultivation of *Sparassis crispa* on several kinds of medium density and particle size of sawdust based medium made of *Larix kaempferi*. *J Korean Wood Sci Technol* 39: 64-74.
- Wang SJ, Kim HS, Wi AJ, Yoon BS, Park WS, Park HH, Oh DS. 2014. Optimal medium composition of cauliflower mushroom (*Sparassis latifolia*) cultivation using douglas-fir wood chip and comparison of the β -glucan contents of the fruiting body. *J Korean Wood Sci Technol* 42: 428-434.
- Yu YJ, Seo SY, Seo KW, Choi DC, Jo HK, Yu YB, Soung YJ, Ryu J. 2010. Technical development for the short-log bag cultivation of *Sparassis crispa*. *J Mushroom Sci Prod* 8: 16-21.