

Pleurotus ostreatus 영양원의 수입국별 재배 가능성 검토*

조용구** · 박윤진*** · 오태석** · 김창호** · 오민교** · 이영수**** · 장명준**

Possibility of Cultivation of *Pleurotus ostreatus* Nutrition by Importing Country

Cho, Young-Koo · Park, Youn-Jin · Oh, Tae-Seok · Kim, Chang-Ho ·
Oh, Min-Kyo · Lee, Young-Soo · Chang, Myung-Jun

This Research was the standardization of nutrient sources by reviewing the possibility of cultivation and analysis of imported nutrient sources used in *Pleurotus ostreatus* culture. As a first result, the concentration of heavy metals was not detected or trace, and the total nitrogen content of cotton seed pomace was 6.22% in Australia, which was higher than that of Chinese or USA. As a second result of physical properties of nutrient sources, the water holding capacity of beet pulp from Egypt was higher with increasing pressure. The volume water content of US was highest at 400hpa and 500hpa in case of cottonseed meal. Third, the content of total nitrogen was the highest at pH 5.51 and the total nitrogen content was the highest at 2.45, and the C/N ratio was the highest at 28.18. Last result shows that first germination day, yield and biological efficiency of all treatments were not significant different except T2. These results shows that australian cotton was inappropriate to *Pleurotus ostreatus* culture. Nevertheless, the safety and standardization of the *Pleurotus ostreatus* culture medium should be assured by reviewing the media low material importing season, mushroom yield and nutrient sources.

Key words : heavy metals, importing country, nutrient sources, *oryza sativa*,
Pleurotus ostreatus

* 이 논문은 2016년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

** 공주대학교 식물자원학과

*** 공주대학교 두과농비자원센터

**** Corresponding author, 경기도 농업기술원 환경농업연구과, 공주대학교 식물자원학과(plant119@kongju)

I. 서 론

느타리버섯(*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Quel.)은 참나무나 버드나무 같은 활엽수에 자라나는 식용버섯으로 인공재배가 가능하게 됨에 따라 생산량이 가장 많으며 우리나라 국민에게 기호성이 매우 높고 가장 많이 소비되는 대표적인 버섯이다. 느타리버섯은 40여 종이 거의 온대 및 열대지역에서 널리 분포되어 있으며, 현재 재배면적과 생산량이 가장 많은 버섯 중의 하나이다.

버섯의 이용이 증가하고 관심이 높아짐에 따라 버섯에 대한 유효성분 및 효능에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다(Park et al., 1995; Song et al., 2003a, 2003b; Kwon et al., 2011). 또한, 2012년 현재 우리나라 농산버섯생산량 중 *Pleurotus ostreatus*류 총생산량은 51,991톤으로 전체 버섯생산량의 약 30%를 차지하고 있는 버섯이다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2012, 2013). 최근 친환경농산물에 대한 관심과 요구가 급증하면서 소비자들은 고품질 농산물을 선호하고 있다. 이에 버섯을 안정적으로 재배하기 위해서는 배지의 이화학적 특성이 적합하여야만 하고 배지의 물리적 특성은 공극과 배지량, 용적밀도 등이 중요한 요인이며, 화학적 특성은 pH, 수분함량, 영양원 조성 등이 중요한 요인이 된다(Wainwright, 1992; Lee et al., 2002; Kim et al., 2013). 국내에서는 *Pleurotus ostreatus* 병 재배를 위한 적정 배지개발(Park et al., 1995)은 톱밥에 비트 펄프와 면실박을 혼합한 배지를 개발함으로써 *Pleurotus ostreatus* 재배에 대한 적정 기준을 마련하였으며, 이후 여러 농림부산물을 활용한 연구가 지속적으로 추진되어 왔다. 기존 포플러 톱밥을 대체할 수 있는 주재료에 대한 것으로서 미송톱밥(Park et al., 1995), 코코피트(Jang et al., 2010) 및 감태나무(Lee et al., 2012) 등이 보고되었고, 영양원에는 야자박과 코코넛 박(Kim et al., 2005), 케이폭 박(Won et al., 2010), 홍삼박(Lee et al., 2011) 케나프(Kang et al., 2015) 등이 보고되었다. 그러나 지속적인 국제곡물가격의 변동과 이에 따른 농림부산물의 급격한 가격변화로 여러 영양원들의 가격상승 시 버섯 농가에서는 적정 배지를 찾기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 지속적인 병 재배용 *Pleurotus ostreatus*의 배지재료의 수입국별 성분분석 및 재배 가능성을 검토 및 다변화를 통해 배지재료의 재배 가능성을 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 영양원 수입국별 무기염류 및 중금속함량 분석

전처리에는 HNO₃(질산) 1% 용액을 이용하여 15배 희석(시료 1 mg + HNO₃ 1% 용액 14 mg) 후 분석하였다. 영양원은 6,750배 희석하여 사용하였다. 시료의 분해에 사용한 nitric acid은

Wako사 제품(for Analysis of Poisonous Metals, Wako Pure Chemical Industries, Ltd. Japan)을 사용하였으며, 증류수는 Thermo Scientific Barnstead NANO pure Diamond (Reverse Osmosis, Model D126611/D11911, Banstead, U.S.A.)를 이용하여 18.2 M Ω 수준으로 정제하여 사용하였다. 표준액 및 분석 시료액 여과에 사용된 membrane syringe filter (PTFE, 25 mm, 0.45 μ m)는 ADVANTEC (Toyo Roshi Kaisha, Ltd, Japan)를 사용하였다. 무기질류 분석 시 분해 장치는 Microwave Digestion System (Ethos 1, Milestone, USA)을 이용하였으며 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer, Optima 5300 DV, Perkin Elmer, USA)를 사용하였다.

2. 수입국별 영양원의 화학성 및 일반성분 분석

시험에 사용된 면실박은 중국산, 미국산, 호주산을 비트 펄프는 중국산, 이집트산에 대하여 단일재료 성분을 조사하였고, 미송톱밥 90%에 각각 10%씩 혼합하여 121 $^{\circ}$ C에서 90분간 살균한 후 각각의 혼합배지를 수거하여 이화학성 조사를 위한 시료로 이용하였다. 단일재료 및 혼합재료의 수분함량은 80 $^{\circ}$ C에서 2일간 건조하여 조사하였으며, pH는 배지 재료와 증류수를 1:10의 무게비로 혼합하여 1시간 동안 정치시킨 후 pH meter (Radiometer Co.)로 측정하였다. 그리고 성분분석을 위해 단일재료와 혼합재료를 건조한 후 분쇄하여 총 탄소 함량 및 조회분함량은 회화법으로, 총 질소함량 및 조단백은 Kjeldahl법(Buchi B-324)으로, 조지방 함량은 Soxhlet법(Soxtherm 416)으로, 조섬유 함량은 조섬유분석기(Fibertec 2010 system, Foss com)를 이용하여 건식 회화법으로 분석하였다.

3. 배지 재료별 보수력 측정

보수력(water holding capacity, WHC)은 원심분리법으로 측정을 하였다. 측정을 위해 시료 0.1 g을 원심 분리관 50 ml에 취하고 여기에 증류수 25 ml를 가하여 잘 섞은 후 교반(30 $^{\circ}$ C, 2 hr, 200 rpm)하여 평형화시켰다. 평형화된 시료를 원심분리(15,000 rpm, 20 min)한 후 상등액은 버리고 원심 분리관을 흡수 종이에 거꾸로 세워 2시간 동안 방치하였다. 시료 내 수분을 제거하고 무게를 잰 후 105 $^{\circ}$ C에서 건조한 다음 함량을 구하여 시료 1 g당 잔류하는 수분의 양을 ml/g 단위로 측정하였다.

$$\text{수력}(\%) = \frac{\text{전수분}(\%) - \text{유리수분}(\%)}{\text{전수분}(\%)} \times 100$$

4. 혼합배지에 따른 경시적 균사 생장량

영양원에 따른 *Pleurotus ostreatus* 재배 배지 성분 및 균사 배양특성시험에 사용한 균주는 버섯연구소에서 보유하고 있는 춘추느타리 2호(*P. ostreatus*)를 PDA 평판배지에서 5일간 배양 후 톱밥과 미강이 80:20(v/v)으로 혼합된 삼각플라스크에서 20일 배양시킨 다음 톱밥과 미강이 80:20(v/v)으로 혼합된 900 ml PP (polyethylene)병에서 25일간 배양하여 종균으로 사용하였다.

5. 혼합배지에 따른 생육특성 및 수량성

*Pleurotus ostreatus*의 생육특성을 조사하기 위해 초발이 소요 일수, 생육일수, 유효경수, 갓 크기, 대굵기, 대길이 등의 자실체 특성과 수량 등을 조사하였다. 유효경수는 갓 크기 15 mm이상의 개체수를 나타내었고 갓 크기는 자실체의 넓은 쪽의 지름을 측정, 대 길이는 기저부에서 갓 끝부분까지의 길이, 대굵기는 갓 주름 형성부위부터 10 mm 밑 부분의 굵기를 측정하였고, 병당 수량은 병 입구에서 기저부 10 mm를 남기고 절단 후 총 무게를 측정하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

공주대학교 식물자원학과에서 수입국별 배지 원료 성분에 대한 특성 및 수량성을 검정하였고 주재료는 면실박에서 중국산, 미국산, 호주산을 선정하였으며, 비트 펄프는 중국산 이집트산을 선정하여 영양원의 이화학적 특성과 수량성과의 상관관계를 확인하였다.

버섯의 품질과 저장성은 배지원료의 성분에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 2013). 영양원별 이화학적 특성은 영양원 수입국별 무기염류 및 중금속 함량 분석은 Table 1과 같다. 수입국별 영양원의 성분 분석결과 중금속 농도는 불검출 되거나 미량 조사되었다. 5가지의 배지 중 Fe의 함량은 중국산 면실박이 868.06 mg/kg으로 가장 높았고 Zn은 호주산 면실박이 68.948 mg/kg으로 가장 높았으며, Mn은 중국산 비트 펄프에서 103.15 mg/kg으로 가장 높았다. 그리고 Cu는 중국산 면실박이 13.373 mg/kg으로 가장 높았고, Pb는 중국산 비트 펄프에서 0.259 mg/kg으로 가장 높았으며, 중국산 면실박에서는 검출되지 않았다. Cd는 중국산 비트 펄프에서 0.174 mg/kg으로 가장 높았고 호주산 면실박과 이집트산 비트 펄프에서는 검출되지 않았다. 2004년 식약청 보고에 따르면 *Pleurotus ostreatus* As 평균 함량이 0.008 mg/kg이었는데 중국산 비트 펄프에서 178배 높은 1.424 mg/kg으로 가장 높았다. 호주산 면실박에서는 검출되지 않았고 Cr은 이집트산 비트 펄프에서 2.273 mg/kg으로 가장 높았다. Ni는 이집트산 비트 펄프에서 4.772 mg/kg으로 가장 높았으며, 2004년 식약청

보고에 따르면 *Pleurotus ostreatus*의 Hg 평균 함량이 0.004 mg/kg이었는데 미국산 면실박에서 3.3배 높게 분석되었다.

Table 1. Imports by country nutrient analysis of minerals and heavy metal content

(unit : mg/kg)

Material culture medium	Importing country	Fe	Zn	Mn	Cu	Pb	Cd	As	Cr	Ni	Hg
Cotton seed meal	China	868.06	50.092	25.483	13.373	N.Da	0.041	0.052	0.797	2.801	0.0026
	America	230.82	61.070	22.239	7.992	0.179	0.041	0.021	0.100	0.934	0.0131
	Australia	128.07	68.948	19.373	10.566	0.040	N.D	N.D	0.037	2.278	0.0015
Beet pulp	China	507.33	15.452	103.15	5.042	0.259	0.174	1.424	1.743	1.970	0.0017
	Egypt	674.32	13.127	42.822	4.515	0.010	N.D	0.052	2.273	4.772	0.0038

^a Not detected

수입국별 영양원의 화학성 및 일반성분을 분석한 결과 Table 2와 같았다. pH의 경우 면실박은 pH 6대의 결과를 나타내었고, 비트 펄프는 pH 4대의 결과를 나타내었다. 총 탄소는 면실박에서 51.5% 내외로 유사한 결과를 나타내었고, 중국산 비트 펄프에서 53.24%로 가장 높았다. 총질소는 호주산 면실박에서 6.22%로 가장 높았고, C/N율은 중국산 면실박에서 9.8로 가장 높았다. 조회분은 호주산 면실박에서 7.30%로 가장 높았고, 조단백도 호주산 면실박에서 38.9% 가장 높았으며, 조지방도 호주산 면실박에서 2.64%로 가장 높았다. 조섬유는 중국산 비트 펄프에서 22.10%로 가장 높았고, 가용성 무질소물에서는 이집트산 비트 펄

Table 2. Imports by country and general component chemical analysis of nutrient

Material culture medium	Importing country	pH (1:20)	T-C (%)	T-N (%)	C-N	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	NFE (%)	NFE/CP
Cotton seed meal	China	6.27	51.5	5.27	9.8	7.27	32.9	1.09	15.22	43.5	1.32
	America	6.77	51.6	5.72	9.0	7.08	35.8	2.36	12.53	42.3	1.18
	Australia	6.82	51.5	6.22	8.3	7.30	38.9	2.64	8.86	42.3	1.09
Beet pulp	China	4.70	53.24	2.97	17.90	4.18	18.6	0.46	22.10	54.7	2.95
	Egypt	4.55	52.99	2.77	19.11	4.61	17.3	0.48	20.15	57.4	3.32

※ NFE = 100-(Crude ash + Crude protein + Crude fat + Crude fiber)
 NFE/CP = NFE/Crude protein

프가 높았으며, 가용성물질소물/조단백은 이집트산 비트 펄프에서 3.32로 가장 높았다. 김은 참나무톱밥과 참나무칩의 pH가 각각 4.8, 4.0으로 차이가 있었으며 미루나무톱밥은 pH 7.8로 참나무류에 비해 높았다고 하였다. 조지방 함량은 미강이 17.1%로 가장 높고 질소함량은 건비지가 5.16%로 높았다고 하였다.

배지 재료별 보수력을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 용적수분함량에서 미국산 면실박이 가장 높았고, 비트 펄프는 압력이 증가할수록 이집트산 비트펄프의 보수력이 중국산보다 높았으며, 면실박의 경우 400 hPa 및 500 hPa에서 미국산의 용적수분함량이 가장 높았다. 그리고 배지 재료별 압력에 따른 가비중의 변화는 나타나지 않았다.

Table 3. Measured by the material substrates WHC

Material culture medium	Importing country	Moisture volume percentage (% v/v)				Bulk density (g/cm ³)			
		200 hPa	300 hPa	400 hPa	500 hPa	200 hPa	300 hPa	400 hPa	500 hPa
Cotton seed meal	China	94.5	91.6	86.4	84.5	1.27	1.30	1.23	1.21
	America	99.9	98.3	93.6	90.9	1.34	1.33	1.30	1.28
	Australia	99.6	97.1	89.4	83.4	1.34	1.33	1.28	1.24
Beet pulp	China	73.5	68.9	68.1	64.1	1.12	1.08	1.07	1.07
	Egypt	71.9	72.8	68.0	66.8	1.09	1.13	1.07	1.07

혼합배지의 화학적 특성을 조사한 결과 Table 4와 같았다. pH의 경우 T2 처리구에서 pH 5.51로 가장 높고, 총 탄소도 53%대로 유사한 결과를 나타내었으며, 총질소는 T2 처리구에

Table 4. General component analysis of mixed medium

Information processing	pH (1:20)	T-C (%)	T-N (%)	C-N	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	NFE (%)	NFE/CP	
Control (Chinese cotton seed meal and beet pulp)	5.30	53.64	1.91	28.18	3.45	11.9	0.47	45.60	38.5	3.23	
Cotton seed meal diversification	T1 (American)	5.33	53.63	2.01	26.68	3.46	12.6	0.80	45.52	37.6	3.00
	T2 (Australian)	5.51	53.45	2.45	21.80	3.50	15.3	0.88	41.13	38.9	2.53
Beet pulp diversification	T3 (Egyptian)	5.28	53.60	2.06	26.06	3.51	12.9	0.58	42.36	40.7	3.15

* Control: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T1: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + American Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T2: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Australian Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T3: Sawdust cottonwood + Egyptian beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

서 2.45%로 가장 높았다. 그리고 C/N율은 대조구 28.18로 가장 높았다. 조회분은 T2 처리구에서 3.80%로 가장 높았고, 조단백도 T2 처리구가 15.3% 가장 높았으며, 조지방도 T2 처리구가 0.88%로 가장 높았다. 조섬유는 대조구에서 56.3%로 가장 높았고, 가용성 무질소물에서는 T3 처리구가 높았으며, 가용성물질소물/조단백은 대조구에서 3.23으로 가장 높았다.

다음으로는 균사 성장량을 확인하였다(Table 5). *Pleurotus ostreatus*의 생육에 적합한 영양원을 선별하기 위한 시험용 배지조합은 대조구(미루나무톱밥+중국산 비트펄프+중국산 면실박 : 50:30:20, v/v), T1 (미루나무톱밥+중국산 비트펄프+미국산 면실박 : 50:30:20, v/v), T2 (미루나무톱밥+중국산 비트펄프+호주산 면실박 : 50:30:20, v/v), T3 (미루나무톱밥+이집트산 비트펄프+중국산 면실박 : 50:30:20, v/v)이었다.

5일부터 10일 사이에는 T1 (미국산) 면실박 다변화가 다른 영양원을 첨가한 처리구에 비해 균사 성장속도가 가장 빨랐으며, 10일부터 15일까지는 균사 생장이 줄어들었다. 15일부터 20일까지 수량성 및 생물학적 효율은 T2 (호주산) 면실박 다변화를 제외한 처리구에서 모두 대등하였다.

Table 5. Longitudinal hyphae amount of growth of the mixed medium

Information processing		Vhypha growth (mm/day)			
		5 days	10 days	15 days	20 days
Control (Chinese cotton seed meal and beet pulp)		17.6a	33.1a	31.9b	38.6b
Cotton seed meal diversification	T1 (American)	18.6a	37.2b	34.3a	35.6a
	T2 (Australian)	19.4b	34.3a	34.2a	34.8a
Beet pulp diversification	T3 (Egyptian)	18.2a	35.5a	33.3a	36.9b

* Control: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T1: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + American Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T2: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Australian Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T3: Sawdust cottonwood + Egyptian beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

* a, b: DMRT at 5% level

Pleurotus ostreatus 재배에 가장 적합한 혼합배지를 이용한 재배방법을 찾기 위해서 수량성과의 관계를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 혼합배지에 따른 생육특성 및 수량 조사결과 초발이소요일수는 T1 (미국산) 면실박 다변화가 5일, T2 (호주산) 면실박 다변화가 6일, T3 (이집트산) 비트 펄프 다변화가 5일로 나타났고, 생육일수는 T1 (미국산) 면실박 다변화가 4일, T2 (호주산) 면실박 다변화가 5일, T3 (이집트산) 비트 펄프 다변화가 4일로 조사되었다. 수량 조사에서는 T2 (호주산) 면실박 다변화가 145g/병으로 가장 낮은 수치였고, 유효경

수도 T2 (호주산) 면실박 다면화가 가장 낮게 수치였으며, 카크기는 T2 (호주산) 면실박 다면화가 31.1 mm로 가장 크게 나타났고 나머지 배지는 비슷한 수치였다. 대굽기도 T2 (호주산) 면실박 다면화가 8.6 mm로 가장 가늘었고, 대길이도 T2 (호주산) 면실박 다면화가 86.3 mm로 짧았으며, 생물학적 효율에서도 T2 (호주산) 면실박 다면화가 79.8%로 가장 낮은 수치를 보였다.

Table 6. Growth characteristics and yield in accordance with the mixed medium

Information processing		Primordia formation period (days)	Fruit body growth period (days)	Yield (g/ bottle)	Population number (each)	Pileus size ()	Stipe thickness (mm)	Stipe length (mm)	Biological efficiency (%)
Control (Chinese Cotton seed meal and Beet pulp)		5	4	158a	43b	28.8b	9.6a	90.0a	88.4
Cotton seed meal diversification	T1 (American)	5	4	158a	50a	28.3b	9.5a	89.5a	88.6
	T2 (Australian)	6	5	145b	38a	31.1a	8.6b	86.3b	79.8
Beet pulp diversification	T3 (Egyptian)	5	4	152a	44b	28.5b	9.4a	89.1a	86.0

* Control : Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T1: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + American Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T2: Sawdust cottonwood + Chinese beet pulp + Australian Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

T3: Sawdust cottonwood + Egyptian beet pulp + Chinese Cotton seed meal (50:30:20, v/v)

* a, b: DMRT at 5% level

* Yield/Medium weight dry × 100

IV. 결 론

본 연구에서는 *Pleurotus ostreatus* 재배에 사용되는 영양원의 수입국별 성분분석 및 재배 가능성을 검토하였다. 우선 수입국별 영양원의 성분분석결과 중금속 농도는 불검출되거나 미량 조사되었고, 면실박의 총질소 함량은 호주산에서 6.22%로 중국산이나 미국산보다 높았으며, 비트 펄프는 수입국별 pH 및 화학성이 모두 대등하였다. 두 번째로 수입국별 영양원의 물리성을 조사한 결과 압력이 증가할수록 이집트산 비트 펄프의 보수력이 높았고, 면실박의 경우 400 hpa 및 500 hpa에서 미국산의 용적수분함량이 가장 높았으며, 배지 재료별 압력에 따른 가비중의 변화는 나타나지 않았다. 세 번째로 영양원 재료별 혼합 배지의 성분분석을 실시한 결과 T2에서 pH 5.51로 가장 높고, 총질소 함량도 2.45로 가장 높았으며, C/N율은 대조구가 28.18로 가장 높았다. 마지막으로 혼합배지에 따른 생육특성 및 수량성

조사 결과 초발이 소요일수 및 생육일수는 각각 5일과 4일로 T2보다 짧았고, 수량성 및 생물학적 효율은 T2를 제외한 나머지 처리구에서 모두 대등한 수량성을 확인하였다. 위의 연구 결과를 토대로 수입국별 *Pleurotus ostreatus* 재배에는 호주산 면실박을 제외한 나머지 수입국들의 재료들이 재배에 적정할 것으로 판단된다. 향후 수입국에 따른 계절별 수량성을 검토하여 배지의 안전성을 확보하여야 할 것으로 판단되었다.

[Submitted, July. 26, 2017 ; Revised, November. 9, 2017 ; Accepted, November. 20, 2017]

References

1. Jang, M. J., Y. H. Lee, and Y. C. Ju. 2010. Selection of an Substitute Sawdust Material in *Pleurotus ostreatus* by Bottle Cultivation. The Korean Journal of Mycology. 38(2): 142-145.
2. Kang, C. H., Y. J. Yoo, S. Y. Seo, K. H. Choi, K. K. Lee, Y. J. Song, and C. K. Kim. 2015. The physicochemical properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) as mushroom culture media source. Journal of Mushroom. 13(3): 207-211.
3. Kim, H. Y., Y. S. Sho, S. Y. Chung, E. J. Lee, J. H. Suh, Y. D. Lee, S. S. Park, W. J. Choi, Y. S. You, H. Y. Chang, and C. W. Lee. 2004. The study on the concentration of heavy metals in mushrooms. The annual report of KFDA.
4. Kim, J. H., T. M. Ha, and Y. C. Ju. 2005. Selection of substitute medium of cotton seed pomace on the oyster mushroom for bottle cultivation. Journal of Mushroom. 3.
5. Kim, S. Y., M. H. Jeong, M. K. Kim, C. H. Im, K. H. Kim, T. S. Kim, and J. S. Ryu. 2013. Composition analysis of raw material constituting the medium for mushroom cultivation. Journal of Mushroom. 11(4): 208-213.
6. Kwon, S. C. 2011. Biological activities of ethanol extracts from *Herichium erinaceus* mycelium on *Angelica keiskei* and *Angelica keiskei* pomace. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40: 1648-165.
7. Lee, C. J., H. S. Han, C. S. Jhune, J. C. Cheong, J. A. Oh, W. S. Kong, and Y. S. Shin. 2011. Development of new substrate using redginseng marc for bottle culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Journal of Mushroom. 9.
8. Lee, C. J., C. S. Jhune, J. C. Cheong, W. S. Kong, G. C. Park, J. H. Lee, and Y. S. Shin. 2012. Optimum mixture ratio of functional *Lindera glauca* for culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Journal of Mushroom. 10(1): 9-14.

9. Lee, Y. H., Y. J. Cho, and H. D. Kim. 2002. Effect on mycelial growth and fruit body development according to additives and mixing ratio in pot cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *The Korean Journal of Mycology*. 30(2): 104-108.
10. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013, 2012. Production performance of Industrial Crop. pp. 62-65. (in Korean)
11. Park, W. K., Y. H. Kim, and S. G. Son. 1995. Research of high quality mushroom by bottle cultivation for year-round stable production research. Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services. Report of testing and research. pp. 657-662. (in Korean)
12. Park, W. M., G. H. Kim, and J. W. Hyeon. 1995. New synthetic medium for growth of mycelium of *Pleurotus* species. *Korean J Mycol*. 23: 275-283.
13. Song, J. H., H. S. Lee, J. K. Hwang, T. Y. Chung, S. R. Hong, and K. M. Park. 2003. Physiological activities of *Phellinus ribis* extracts. *Korean J Food Sci Technol*. 35: 690-695.
14. Song, J. H., H. S. Lee, J. K. Hwang, J. W. Han, J. G. Ro, D. H. Keum, and K. M. Park. 2003. Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 23: 172-179.
15. Wainwright M. 1992. An introduction to fungal biotechnology. John Wiley & Sons. pp. 9-10.
16. Won, S. Y., Y. H. Lee, D. H. Jeon, Y. C. Ju, and Y. B. Lee. 2010. Development of new mushroom substrate using Kapok seedcake for bottle culture of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Kor. J. Mycol*. 38: 130-135.