

팽이버섯의 배지조성에 따른 균사 배양 및 자실체 수량 비교

정종천* · 이찬중 · 문지원

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

Comparison of mycelial growth and fruiting bodies yield according to substrate in *Flammulina velutipes*

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

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Eumseong 369-873, Korea

ABSTRACT: The experiments were conducted to provide information on the chemical concentrations and cultural characteristics in the periods of hyphal incubation, primordial formation, and fruiting bodies yield of winter mushroom, *Flammulina velutipes* at the mixture ratio of the raw materials. Substrates were analyzed for pH, total carbon (T-C), total nitrogen (T-N), and C/N ratio. In case of *Flammulina velutipes*, yield of fruiting bodies were 190.5 g/850 ml in the substrates, [Corn-cob + Rice bran + Soybean curd residue (75:20:5)], which was increased 20.4% more than the control, [Douglas fir sawdust + Rice bran (75:25)]. But the periods of hyphal incubation took 28 days, which was 7 days longer than the control. Also, in the substrates [Douglas fir sawdust + Rice bran + Soybean curd residue (75:20:5)], the yields was 172.7 g/850 ml and the periods of hyphal incubation was 21 days.

KEYWORDS: *Flammulina velutipes*, Mushroom cultivation, Mushroom substrates, Raw materials

서론

팽이버섯 병재배 규모는 본격적인 보급단계이었던 90년대에 1일 입병량을 기준으로 농가당 약 3천병에서 현재는 2~10만병으로 확대되었다. 재배 규모의 대형화로 질 좋은 배지재료의 안정적인 대량 공급이 요구되었는데, 국내 부존자원만으로는 수집 및 공급에 한계가 있어서 초기의 미송톱밥과 미강 위주의 배지재료에서 벗어나 최근에는 콘코브, 면실박, 면실피, 비트펄프 등 다양한 재료를 수입하

여 사용하고 있다. 이와 같이 다양한 배지재료들은 각각 영양성분이 다르므로 그 특성을 파악한 후 사용해야 할 것이나 이와 관련한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다. 이에 농가에서는 대체재료의 특성을 파악하지 않은 채로 농장마다 경험적으로 배지재료를 혼합하여 재배하고 있으며, 특히 수입배지의 경우 수입국 및 부산물의 처리공정에 따라 성분함량이 차이가 있으나, 공급되는 명칭에 따라 동일한 유효성분을 포함하는 것으로 취급되는 문제점을 안고 있다(Cheong *et al.*, 2010).

버섯 재배용 배지재료로는 볏짚, 폐송, 톱밥, 원목 등이 사용되고 있으며, 재배시설 또는 재배방법에 따라서 균상재배, 상자재배, 톱밥병재배, 톱밥봉지재배, 원목매몰재배, 원목임간재배 등으로 구분한다. 느타리버섯은 볏짚 또는 폐송을 이용한 균상재배와 톱밥, 면실박, 비트펄프 등을 혼합하여 병재배, 비닐봉지재배, 상자재배 등 다양한 방법으로 재배하고 있다. 양송이, 신령버섯은 볏짚을 퇴비화하여 균상재배를 하고 있으며, 표고버섯은 원목임간재배, 원목비가림시설재배, 톱밥봉지재배법을 이용하고 있다. 병재배 버섯으로는 팽이버섯, 큰느타리, 느타리, 버들송이, 만가닥, 잎새, 노루궁뎅이, 아위느타리, 꽃송이버섯 등이 재배되고 있다. 약용버섯으로써 영지, 상황, 천마 등은 원

J. Mushrooms 2014 June, 12(2):117-121
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2014.12.2.117>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : jccheong@korea.kr
 Tel : +82-43-871-5710, Fax : +82-43-871-5702

Received June 1, 2014
 Revised June 27, 2014
 Accepted June 28, 2014

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.

목을 이용하고 있으며 기타 곡물을 이용한 상황, 동충하초 등의 균사체 배양도 이루어지고 있다. 특히 병재배와 봉지재배는 연중생산이 가능한 냉난방 재배사에서 기계화 생산라인을 갖추고 배지제조, 입병(봉), 살균, 종균접종, 균균기, 버섯발생, 수확, 포장, 탈병 작업이 매일 반복적으로 이루어진다. 따라서 재배환경 조절이 자동화시스템에 의하여 이루어지고 있으나 계절에 따른 많은 요인들에 제약이 따르므로 세심한 관찰을 통한 반복적인 재배관리 경험의 필요하다. 그리고 무엇보다도 재배사의 청결을 유지하여 잡균발생을 최소화하고 기계설비의 유지관리가 잘되어야 한다(Cheong *et al.*, 2005, 2011). 또한 병재배용 배지는 질소 등 양분 함량이 많은 재료를 포함하여 여러 가지 재료를 일정한 비율로 혼합하고 수분함량을 조절하여 제조하므로 배지의 조합이 다양하고, 버섯의 종류 및 품종에 따라서 사용하는 재료가 다르기도 하다. 따라서 본 시험에서는 버섯재배 농장에서 사용하는 몇 종 배지재료의 탄소함량과 질소함량 등을 파악하고, 각 재료들의 배합비율에 따른 40종의 배지조성에 대한 팽이버섯 균의 배양기간, 버섯 발생기간 및 생육기간과 자실체 수량을 비교하였다.

재료 및 방법

시험균주

본 시험에 사용된 균주는 팽이(*Flammulina velutipes*; MKACC 51953) 보존균주를 이용하였다. 균의 증식을 위해서 PDA배지(potato dextrose agar<Difco-213400> 39 g, DW 1,000 ml)를 이용하여 25°C에서 10일간 petri-dish에 배양하여 사용하였다.

배지의 이화학적 분석

원소자동분석기(Leco, CHN-1000)를 이용하여 미송발효톱밥, 포플러톱밥, 콘코브, 미강, 밀기울, 건비지 등 배지재료와 이들을 일정비율로 혼합한 배지의 전탄소와 전질소 함량을 분석하고 전탄소량을 전질소량으로 나누어서 C/N율을 구하였다(LECO, 1996). 배지의 pH는 시료 5 g을 증류수 25 ml에 1시간동안 침출하고 수소이온농도측정기(Precisa PH-900)를 사용하여 측정하였다.

재배적 특성조사

배지 조제가 끝난 처리별로 자동입병기(세계정밀, 16구 진동식)를 사용하여 850 ml, 직경 60 mm PP병에 2상자(32병)씩 입병하고, 고압살균기(제우프렌트, 900병용)를 사용하여 121°C에서 90분간 살균하였다. 살균 후 배지의 온도가 20°C정도로 식은 후 팽이버섯 톱밥종균을 6±1 g(2접종스푼)씩 접종하였다. 접종 후 18±1°C의 배양실에 두고 배양기간을 조사하였다. 배양이 끝난 배지는 바로 균균기를 하여 14±1°C 조절된 발이실에서 초발이소요일수를

조사하였다. 그 후 버섯 갓이 형성되고 대길이가 5~8 mm 정도 자랐을 때, 3~4°C로 조절된 억제실로 옮겨 6~7일간 버섯의 발생을 고르게 하여, 7~8°C의 생육실로 옮기고 버섯이 병위로 2 cm 정도로 자랐을 때 종이봉지를 씌워서 수확기까지 생육시킨 후 병당수량을 조사하였다. 배양기간은 접종후 PP병을 관찰하였을 때 균사생장이 병 표면과 밑 부분까지 완전히 진행되어 배지의 색깔이 백색으로 보이는 날에 접종한 날로부터의 기간을 산정하였다. 버섯 발생기간은 균균기한 날로부터 배지 윗면에 어린 버섯이 형성되어 갓이 형성되는 날까지의 기간으로 하였다. 자실체 수량은 버섯포기의 밑부분에 톱밥배지가 조금 붙어 있는 상태로 무게를 측정하였다. 기타 팽이버섯의 재배관리는 Park *et al.*(1978)과 Chang(1976)의 방법에 준하였다.

결과 및 고찰

배지재료 혼합비율에 따른 배지의 화학성

팽이버섯 병재배용 배지 선발을 위하여 주재료로 미송톱밥, 포플러톱밥, 콘코브를, 영양원 첨가제로 미강, 밀기울, 건비지를 사용(Table 1)하여 각각의 혼합비율을 달리하고, 탄산칼슘 급원으로 패화석분말을 1병당 1 g 수준으로 첨가한 40처리의 배지를 조제한 후 수분함량, pH, 전탄소, 전질소 함량을 조사하였다(Table 2).

이와 같이 조사한 결과, 탄소함량은 45~47%범위로서 주재료의 혼합비율 또는 영양원 첨가제 종류에 따른 차이는 적었다. 이것은 Table 1에서 주재료로 사용한 미송톱밥, 포플러톱밥, 콘코브의 탄소함량이 45~47%이고, 첨가제로서 사용한 미강이 47.0%, 밀기울이 43.6%, 건비지가 49.8%인 점과 각각의 처리에서 배지조성비율 중 주재료와 미강이 90~100%인 점에 기인하는 것으로 판단한다. 질소함량은 1.15~2.03%의 범위로 처리간에 차이가 많았다. 주재료를 달리한 처리간의 질소함량 평균치들은 1.19~1.88%로서 영양원 첨가제 처리간의 1.48~1.53%보다 차이가 많았다. Table 3에서 배지재료들의 질소함량이 영양원 첨가제인 미강과 밀기울은 각각 2.48%와 2.45%로 비슷하고, 건비지는 5.09%로 높으나 배지배합시 전체에서 건비지가 차지하는 비율이 5%이내이므로 영양원 첨가제

Table 1. Comparison of the total carbon(T-C) and total nitrogen(T-N) amounts of the raw materials

Materials	pH	T-C	T-N	C/N
Douglas fir sawdust fermented	6.1	47.7	0.17	281
Poplar sawdust	6.8	47.1	0.16	294
Corn-cob	5.6	45.1	0.42	107
Rice bran	6.8	47.0	2.48	19
Wheat bran	6.5	43.6	2.45	18
Soybean curd residue dried	6.3	49.8	5.09	11

Table 2. Physico-chemical properties of mushroom cultivation substrates at differing mixture of various materials

Combination of raw materials*	Mixture ratio (v/v, %)	Moisture (%)	pH (1:5)	T-C (%)	T-N (%)	C/N ratio
DouglasS+RiceB (Control)	75+25	62.6	5.69	46.4	1.17	39.7
DouglasS+RiceB+WheatB	75+20+5	65.3	6.18	46.4	1.26	36.9
DouglasS+RiceB+SoyBCR	75+20+5	64.9	6.22	46.4	1.26	36.7
DouglasS+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	64.4	6.21	46.3	1.25	37.1
PoplarS+RiceB	75+25	65.9	6.22	46.5	1.15	40.4
PoplarS+RiceB+WheatB	75+20+5	65.4	6.17	45.5	1.17	38.8
PoplarS+RiceB+SoyBCR	75+20+5	61.6	6.09	45.8	1.27	36.0
PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	61.9	6.18	45.3	1.22	37.2
CornCob+RiceB	75+25	63.3	6.37	46.8	1.28	36.6
CornCob+RiceB+WheatB	75+20+5	60.8	5.97	45.6	1.45	31.6
CornCob+RiceB+SoyBCR	75+20+5	61.7	6.62	45.9	1.27	36.2
CornCob+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	60.7	5.95	46.4	1.29	36.0
DouglasS+PoplarS+RiceB	50+25+25	66.6	6.00	46.8	1.23	37.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	50+25+20+5	65.3	6.37	46.1	1.16	39.8
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	68.9	5.88	46.5	1.38	33.7
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	64.8	6.19	46.0	1.19	38.8
DouglasS+PoplarS+RiceB	25+50+25	62.5	6.21	45.5	1.23	37.0
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	25+50+20+5	68.8	6.20	46.1	1.15	40.2
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	64.1	5.80	46.3	1.19	38.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	61.2	6.03	45.9	1.17	39.1
DouglasS+PoplarS+RiceB	50+25+25	63.6	5.42	45.2	1.62	27.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	50+25+20+5	64.1	5.55	46.4	1.75	26.4
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	65.2	5.78	46.9	1.72	27.3
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	64.6	5.90	46.4	1.76	26.4
DouglasS+PoplarS+RiceB	25+50+25	64.7	5.73	46.8	1.76	26.6
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	25+50+20+5	63.5	5.93	46.6	1.68	27.8
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	62.5	6.03	46.1	1.71	27.0
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	64.6	6.18	46.8	1.59	29.4
PoplarS+CornC+RiceB	50+25+25	61.6	5.86	47.1	1.78	26.5
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	50+25+20+5	60.1	5.90	45.9	1.82	25.2
PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	61.1	5.53	46.2	1.89	24.5
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	60.7	5.51	46.9	2.03	23.1
PoplarS+CornC+RiceB	25+50+25	60.0	5.92	46.6	1.85	25.2
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	25+50+20+5	61.1	5.88	46.3	1.78	26.0
PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	64.0	5.58	47.0	2.00	23.5
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	65.0	5.75	46.5	1.83	25.3
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB	25+25+25+25	63.5	5.84	46.2	1.70	27.2
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	25+25+25+20+5	66.1	5.99	46.4	1.59	29.1
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	25+25+25+20+5	60.3	5.91	45.8	1.65	27.8
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+25+25+15+5+5	63.5	5.66	45.5	1.78	25.6

*DouglasS(Douglas fir sawdust); PoplarS(Poplar sawdust); CornC(Corn-cob); RiceB(Rice bran); WheatB(Wheat bran); SoyBCR(Soybean curd residue)

Table 3. Cultural characteristics of *Flammulina velutipes* in the mixture of several materials used as bottle cultivation substrates

Combination of raw materials*	Mixture ratio (v/v, %)	Days of hyphal incubation	Days of premordial formation	Yields (g/850β℄)
DouglasS+RiceB (Control)	75+25	20	9	158.2±8.3
DouglasS+RiceB+WheatB	75+20+5	18	9	130.3±9.1
DouglasS+RiceB+SoyBCR	75+20+5	21	9	172.7±9.6
DouglasS+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	23	9	159.8±8.6
PoplarS+RiceB	75+25	20	9	122.3±4.6
PoplarS+RiceB+WheatB	75+20+5	18	9	112.4±5.9
PoplarS+RiceB+SoyBCR	75+20+5	20	9	143.2±6.1
PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	22	9	139.4±5.7
CornCob+RiceB	75+25	27	9	169.5±10.2
CornCob+RiceB+WheatB	75+20+5	26	9	152.4±10.9
CornCob+RiceB+SoyBCR	75+20+5	28	9	190.5±9.7
CornCob+RiceB+WheatB+SoyBCR	75+15+5+5	30	9	167.6±10.1
DouglasS+PoplarS+RiceB	50+25+25	20	9	143.0±6.7
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	50+25+20+5	20	9	129.8±7.2
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	20	9	153.4±5.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	20	9	150.4±6.8
DouglasS+PoplarS+RiceB	25+50+25	20	9	138.2±5.8
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	25+50+20+5	20	9	118.2±7.8
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	20	9	143.9±3.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	20	9	120.8±6.5
DouglasS+PoplarS+RiceB	50+25+25	22	9	146.1±5.2
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	50+25+20+5	22	9	150.9±6.0
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	23	9	138.4±5.8
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	25	9	111.7±6.3
DouglasS+PoplarS+RiceB	25+50+25	25	9	153.1±7.2
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB	25+50+20+5	23	9	119.3±4.9
DouglasS+PoplarS+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	26	9	114.5±6.3
DouglasS+PoplarS+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	28	9	120.6±5.7
PoplarS+CornC+RiceB	50+25+25	23	9	116.8±7.1
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	50+25+20+5	22	9	120.4±5.9
PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	50+25+20+5	25	9	113.1±7.4
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	50+25+15+5+5	26	9	109.0±8.3
PoplarS+CornC+RiceB	25+50+25	26	9	143.9±10.8
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	25+50+20+5	25	9	103.3±9.5
PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	25+50+20+5	26	9	132.4±10.9
PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+50+15+5+5	26	9	165.0±11.2
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB	25+25+25+25	20	9	124.1±4.9
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+WheatB	25+25+25+20+5	22	9	116.5±4.3
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+SoyBCR	25+25+25+20+5	23	9	122.0±5.9
DouglasS+PoplarS+CornC+RiceB+WheatB+SoyBCR	25+25+25+15+5+5	24	9	120.9±4.6

*DouglasS(Douglas fir sawdust); PoplarS(Poplar sawdust); CornC(Corn-cob); RiceB(Rice bran); WheatB(Wheat bran); SoyBCR(Soybean curd residue)

종류에 따른 배지의 질소함량에는 미강 또는 밀기울과 건비지의 질소함량 차이 2.61에 대한 5%(건비지의 첨가수준)인 0.13% 이내로 영향을 미칠 것이다. 따라서 Table 2에서 보이는 배지의 질소함량 차이는 Table 1에서 질소함량이 미송톱밥 0.17%, 포플러톱밥 0.16%, 콘코브 0.42%인 주재료 종류간의 단용 또는 혼합처리에 기인하는 것으로 본다. 탄소함량과 질소함량의 비로 표시하는 C/N율도 영양원 첨가제 간의 평균치는 31~33의 범위로 차이가 적었으나, 주재료간의 평균치는 25~39의 범위로 차이가 많았다.

배지재료 혼합비율에 따른 팽이버섯의 재배적 특성

팽이버섯 병재배용 배지 선발을 위하여 주재료로 미송톱밥, 포플러톱밥, 콘코브를, 영양원 첨가제로 미강, 밀기울, 건비지를 사용하여 각각의 혼합비율을 달리한 40처리의 배지에 톱밥종균을 접종하고 균배양기간, 버섯발생기간, 자실체 수량 등 재배적 특성을 조사하였다(Table 3).

팽이의 배양기간은 20~30일의 범위로 처리간에 차이가 많았으며, 영양원 첨가제간의 평균은 21.6~24.4일로 비교적 짧은 반면에 배지 주재료간의 평균은 20.0~27.8일로 처리간에 배양기간에 차이가 많았다. 자실체 수량은 110~190 g/850 ml의 범위이었으며 영양원 첨가제간의 평균은 125~142 g의 범위이고 주재료간의 평균은 115~170 g이었다. 그리고 콘코브75+미강20+건비지5 배지는 자실체의 병당 평균수량이 대조구보다 20.4%가 많은 190.5 g/850 ml로 가장 높았으나, 균 배양기간이 28일로 대조구보다 8일 지연되었다. 미송톱밥75+미강20+건비지5 배지에서는 자실체 수량이 대조구보다 9.1%가 많은 172.7 g이고, 균 배양기간이 21일로 대조구보다 1일이 지연되었다. 이때 대조구인 미송톱밥75+미강25 배지에서는 자실체 수량이 158.2 g, 배양기간이 20일이었다(Table 3). 영양원 첨가제로써 미강 단용에 비하여 미강에 밀기울을 4:1(v/v)로 첨가할 때 배양기간은 평균 21.6일로 1일 정도가 단축되었으나 자실체 수량은 오히려 감소하는 경향이였다. 미강에 건비지를 4:1로 첨가하였을 때 배양기간은 평균 23.2일로 1일 정도 지연되었으며, 자실체 수량은 주재료의 종류에 따라서 113~190 g으로 차이가 많았다. 특히 콘코브 또는 미송톱밥에서 미강과 건비지 첨가효과가 높았다.

적 요

본 시험은 팽이버섯 병재배용 배지의 혼합수준에 따른 전탄소(T-C), 전질소(T-N) 함량과 균배양기간, 버섯발생기간, 자실체 수량 등 재배적 특성을 조사하였다. 배지재료의 혼합비율을 달리하였을 때 팽이버섯의 경우 [콘코브75+미강20+건비지5] 배지에서 자실체 수량이 190.5 g/850 ml로 가장 높았으나(20.4% 증가), 균 배양기간이 28일로 대조구보다 8일 지연되었다(대조구 [미송톱밥75+미강25]: 수량 158.2g, 배양기간 20일). [미송톱밥75+미강20+건비지5] 배지는 팽이버섯의 자실체 수량이 172.7 g(9.1% 증가), 균 배양기간이 21일로 대조구보다 1일 지연되었다.

감사의 말씀

이 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호 : PJ01012901 2014)의 지원에 의해 이루어진 결과이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- LECO Corporation. 1996. CHN-1000 elemental analyzer instruction manual. Form No. 200-516.
- Park Y. H., Cang H. G., Go S. J., and Cha D. Y. 1978. Studies on the cultivation of winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Curl, ex Fr.) Sing. *The Research Reports of R.D.A.* 20:129-134.
- Chang H. G. 1976. Influence of nutritional supplementation to the substrate on vegetative and reproductive growth of winter mushroom, *Flammulina velutipes* (Curl, ex Fr.) Sing. and chemical changes of the substrates produced during growth of the fungus. *The Korean Journal of Mycology* 4(1):31-44.
- Cheong J. C., Jhune C. S., Kim S. H., Won H. Y., and Kwon J. G.. 2005. Effects of using cold water on mixing sawdust media for *Flammulina velutipes*. *Journal of Mushroom Science and Production* 3(4):140-144.
- Cheong J. C., Jhune C. S., Lee C. J., and Oh J. A. 2010. Physico-chemical characteristics and utilization of raw materials for mushroom substrates. *The Korean Journal of Mycology* 38(2): 136-141.
- Cheong J. C., Jhune C. S., Lee C. J., Oh J. A. and Shin P. G. 2011. Methods of temperature measurement of medium in bottle during sterilization. *Journal of Mushroom Science and Production* 9(2):74-79.