

잎새버섯 균주의 균사체 생육 최적조건

지정현¹ · 김정한^{2*} · 원선이² · 서건식³ · 주영철²

¹경기도농업기술원 작물연구과, ²경기도농업기술원 버섯연구소, ³한국농업대학 특용작물학과

Optimal Condition of Mycelial Growth of *Grifola frondosa*

Jeong-Hyun Chi¹, Jeong-Han Kim^{2*}, Sun-Yee Won², Geon-Sik Seo³ and Young-Cheoul Ju²

¹Division of Crop. Research, GARES, Hwasung 445-300, Korea

²Mushroom Research Station, GARES, Gwangju 464-873, Korea

³Department of Industrial Crop., Korea National Agricultural College, Hwaseong 445-893, Korea

(Received September 10, 2007)

ABSTRACT: This study was carried out to obtain basic data on mycelial growth characteristics for an artificial cultivation of *Grifola frondosa*. Ten strains of *G. frondosa* were collected from Korea, China and Japan and investigated its optimal culture condition. Among four kinds of mushroom culture media, PDA medium was selected as the suitable culture medium. The optimal conditions for the mycelial growth of *G. frondosa* in PDA medium were 25°C and 4~5 of pH, respectively. The carbon and nitrogen sources for the optimum mycelial growth were fructose and peptone, respectively, and the highest mycelial growth was observed when the C/N ratio was 10~20.

KEYWORDS: Artificial cultivation condition, *Grifola frondosa*, Mycelial growth

잎새버섯(*Grifola frondosa*)은 민주름버섯목 구멍장이버섯과(Poyporaceae)에 속하는 담자균으로서 가을에 줄참나무, 물푸레나무의 뿌리 근처에 사물기생하여 다발로 발생하는 백색 목재부후균으로 한국, 동아시아, 유럽, 북미 등에 분포되어 있다. 잎새버섯은 은행나무잎처럼 생긴 것들이 여러겹 겹쳐 자실체 다발을 이루고 있으며 색은 밤색 계통과 백색계통이 있고 은은한 참나무 향이 난다.

잎새버섯은 식용이면서 약리작용이 뛰어난 기능성 버섯으로 인체의 면역세포를 조절하여 면역력을 증가시키고(Wu *et al.*, 2006), 암세포에 대하여 기존의 화학치료제와 병행시 부작용을 줄이면서 효과적으로 암세포를 억제하였으며(Kodama *et al.*, 2005) 그 밖에도 AIDS 원인균인 HIV에 대한 억제작용(Nanba *et al.*, 2000), 혈당강하작용(Talpur *et al.*, 2002), 혈압강하작용(Choi *et al.*, 2001), 콜레스테롤 억제작용(Fukushima *et al.*, 2001), 항산화작용(Mau *et al.*, 2002) 등이 있는 것으로 알려져 있다. 한편, 기존 버섯유래의 항암제(표고버섯; *Lentinan*, 치마버섯; *Shizophyllan*)들은 경구투여보다는 주사제에 의해 효과가 있다고 알려져 있으나, 잎새버섯 유래의 항암제(MD fraction)는 특이한 분자 고리에 의해 경구투여로도 효과가 있다고 알려지면서 식용으로서의 가치와 그 기능성이 더욱 주목 받게 되었다(Mark, 2001).

한편, 우리나라에서도 1985년부터 잎새버섯에 대한 인공재배법을 개발하기 위한 연구가 수행되어 1986년에 재배법과 더불어 “잎새1호”가 육성 되었다(정과 주, 1989). 그러나 배양기간이 길고 수량성이 낮아 농가에 보급되지는 못하였다. 따라서 느타리버섯, 팽이버섯 등 일부품종의 편중재배를 해소하고 잎새버섯이 새로운 농가소득원으로 개발보급 될 수 있도록 하기 위해 국내외에서 다양한 균주를 수집하여 이들의 균사체 생육 최적 배양조건을 검토하였다.

재료 및 방법

균주 및 기본배지 선발

본 실험에 사용한 균주는 국내외에서 수집 분리되어 경기도농업기술원 버섯연구소에 보관중인 균주(KME44001~44010)를 공시균주로 사용하였다. 각 균주는 potato dextrose agar(PDA) 평판배지에 접종한 후 25 ± 1°C 항온기에서 배양하여 실험에 접종원으로 사용하였다. 균사생육에 적합한 기본배지를 선발하기 위하여 Table 1의 배지조성을 갖는 합성배지를 121°C에서 15분간 고압살균(1.5 kg/cm²) 후 살균된 petri-dish(87Ø × 15 mm)에 15~20 ml씩 분주하여 조제한 배지에 PDA 배지에서 미리 배양된 공시균주의 균사 선단부분을 직경 5 mm cork borer로 잘라 낸 다음 petri-dish의 중앙에 옮겨 25 ± 1°C의 항온기에서 배양

*Corresponding author <E-mail: kjh75@gg.go.kr>

Table 1. The composition of various media

Ingredients	Concentration (g/l)			
	PDA ^a	MCM	MEA	YMA
Potato dextrose	24			
K ₂ HPO ₄		1		
KH ₂ PO ₄		0.46		
MgSO ₄ ·7H ₂ O		0.5		
Dextrose		20	20	10
Peptone		2	1	5
Dried compost				
Malt extract			20	3
Yeast extract		2		3
Agar	20	20	20	20

^aPDA: Potato dextrose agar, MCM: Mushroom complete medium, MEA: malt extract agar, YMA: Yeast malt extract agar.

하면서 균사 생장정도 및 균체중량을 측정하였다.

균사생장 최적 온도와 pH

균사생장을 위한 최적온도를 조사하기 위하여 PDA 배지에 공시균주를 접종한 후 15, 20, 25, 30 및 35°C로 설정된 항온기에서 배양하면서 균사 생장정도 및 균체중량을 조사하였다. 균사생육을 위한 최적 수소이온농도(pH) 선별을 위해 PDA와 potato dextrose broth(PDB) 배지를 제조하여 0.1 N-HCl과 0.1 N-NaOH를 이용하여 pH를 4, 5, 6, 7 및 8로 조절한 후 공시균주를 접종한 후 항온기에서 배양하였다. 배양 후 평판배지에서 자란 균사체의 크기를 측정하였으며, PDB 배지는 여과(Whatman No. 2)한 후 80°C의 건조기에서 24시간 건조 후 균체량을 측정하였다.

균사생장 최적 배지와 C/N

잎새버섯 균주의 균사생장에 적합한 영양원을 선별하기 위하여 PDA를 기본배지로 하여 탄소원은 glucose 등 8종과 질소원은 yeast extract 등 7종을 탄소원과 질소원 함량이 동일하도록 조절하여 배지를 제조하였다. 각 영양원

별로 조제된 배지는 직경 5 mm 균사체를 접종하여 25°C 항온기에서 배양해서 균사의 생장정도, 균체중량을 조사하였다.

탄소원과 질소원의 함량비(carbon/nitrogen)시험은 탄소원으로 glucose, 질소원으로 peptone을 사용하였다. 질소원의 양을 고정하고 탄소원인 glucose의 농도를 조절하여 C/N ratio를 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 및 70으로 조정하여 사용하였다.

평균값들에 대한 유의성 검정은 ANOVA 및 Duncan의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 통하여 실시하였다.

결과 및 고찰

균사생육에 미치는 배지의 영향

잎새버섯은 우리나라에서 3균주, 중국에서 1균주, 일본에서 6균주를 수집하여 총 10균주를 본 실험에 사용하였으며 담자균류가 잘 자라는 PDA 등 4종의 배지를 제조하여 균사배양을 측정한 결과(Table 2), PDA 배지에서 균사생장 정도와 균체중량이 가장 우수한 것으로 나타났다. 계통간의 균사생장 정도는 PDA 배지에서 44006 균주가 71 mm로, 균체중량은 MEA 배지에서 44002 균주가 147 mg으로 각각 가장 높게 나타났다. 정과 주(1989) 등도 잎새버섯 우량계통 육성 연구에서 ASI-9002, 9003, 9006 (잎새1호), 9008의 적합배지로 PD(potato dextrose) 배지를 선발하였으며 9001, 9004 균주는 ME(malt extract) 배지를 적합배지로 선발하였다. 본 시험결과 44002 균주는 ME 배지에서 균사생장이 우수하였으며, 기타 균주들은 PDA 배지에서 전반적으로 균사생장이 우수한 것으로 나타났다.

배양 온도와 배지의 초기 pH

잎새버섯 균사체에 대한 최적온도를 구명하기 위하여,

Table 2. Effect of different medium on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Collecting source	Colony diameter (mm/14 days)				Dried weight (mg/14 days)			
		PDA ^a	MCM	MEA	YMA	PDA	MCM	MEA	YMA
Yipsae 1ho	Korea	56	41	41	3	109	28	27	25
44001	China	58	46	46	37	116	78	75	66
44002	Korea	65	61	54	51	130	69	147	87
44003	Japan	61	51	47	42	92	65	70	40
44004	Korea	66	49	53	35	75	24	51	40
44006	Japan	71	55	53	34	82	30	78	25
44007	Japan	53	50	45	39	114	45	112	37
44008	Japan	65	54	56	47	87	65	78	63
44009	Japan	62	49	52	42	101	60	56	65
44010	Japan	62	54	48	40	111	58	85	69
Average		62 ^a	51 ^b	49 ^b	40 ^c	102 ^a	52 ^b	77 ^{ab}	51 ^b

^aPDA: potato dextrose agar, MCM: mushroom complete medium, MEA: malt extract agar, YMA: yeast extract malt extract agar.

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 3. Effect of temperature on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Colony diameter (mm/14 days)				Dried weight (mg/14 days)			
	15°C	20°C	25°C	30°C	15°C	20°C	25°C	30°C
	15°C	20°C	25°C	30°C	15°C	20°C	25°C	30°C
Yipsae lho	28	49	57	65	80	88	110	55
44001	28	51	56	22	79	90	116	76
44002	37	57	68	66	73	74	140	67
44003	26	48	61	66	66	68	106	50
44004	24	47	60	51	36	56	61	41
44006	27	56	70	54	47	56	89	90
44007	27	47	56	54	56	65	115	84
44008	25	52	60	60	73	99	123	85
44009	24	50	59	60	64	86	124	93
44010	25	50	59	59	74	111	117	78
Average	27 ^c	51 ^b	60 ^a	53 ^b	65 ^b	79 ^b	110 ^a	72 ^b

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

최적배지로 선발된 PDA배지에 균사를 접종한 후 15~35°C의 항온기에서 균사를 배양해서 균사생장 정도와 균체중량을 측정하였다(Table 3). 전반적으로 잎새계통들의 균사생장은 25°C에서 가장 우수하였으나, 잎새1호 및 44003 등의 일부균주는 30°C에서 균사생장이 우수하였다. 계통중에서는 44002 균주의 균사생장(균사생장: 68.0 mm, 균체중량: 140 mg)이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 35°C 이상에서는 모든 균주들의 균사생장이 이루어지지 않았다. 잎새버섯의 균사생장 적온에 대한 연구로는 정과 주(1989)가 25°C, 정(1996)은 28°C, 차 등(1989)은 20~25°C로 각각 보고하였는데, 위의 결과를 종합하면 계통에 관계없이 25°C 전후에서 균사생장이 우수한 것으로 판단된다.

잎새버섯 균사생장에 적합한 pH를 구명하기 위한 실험 결과(Table 4), 시험에 사용된 계통 모두 pH 4~5에서 균

Table 4. Effect of pH on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Colony diameter (mm/14 days)				Dried weight (mg/14 days)			
	4	5	6	7	4	5	6	7
	4	5	6	7	4	5	6	7
Yipsae lho	36	45	29	9	35	35	36	20
44001	32	30	25	9	39	25	28	23
44002	57	61	34	8	37	42	39	8
44003	32	29	24	9	30	26	29	14
44004	23	21	18	8	45	27	36	21
44006	40	39	27	9	23	37	27	21
44007	42	35	31	—	29	22	22	20
44008	33	31	26	9	31	26	27	21
44009	50	45	35	—	47	38	38	23
44010	32	30	25	9	38	35	32	20
Average	38 ^a	37 ^a	27 ^b	9 ^c	35 ^a	31 ^{ab}	31 ^{ab}	20 ^b

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

사생장이 우수한 것으로 나타났다. 또한 pH가 높아질수록 균사생장량이 감소하여 pH 8 이상에서 모든 계통의 균사생장이 이루어지지 않았다. 계통중에서는 44002 균주가 pH 5에서 균사생장정도가 61 mm로 가장 높게 나타났으며 균체중량은 44009 균주가 pH 4에서 47 mg으로 가장 높았다. 한편, 정 등(1991)은 유청을 이용한 잎새버섯 균사체 배양시 pH 5.2에서 가장 좋은 것으로 보고하였으며, Lee *et al.*(2004)은 세포외 다당체 및 균체생산을 위한 잎새버섯의 액체배양 최적조건이 pH 5.5라고 보고하였다. 또한 정(1996)은 pH 5에서 잎새버섯 9006 균주의 균사생장이 우수하다고 한 것으로 보아 잎새버섯 계통간 약간의 차이는 있었지만 pH 4~5 정도의 약산성에서 균사생장이 우수한 것으로 생각된다.

배지조성의 영향

잎새버섯 수집계통의 균사생장에 적합한 탄소원을 구명

Table 5. Effect of carbon source on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Colony diameter (mm/14 days)								Dried weight (mg/14 days)							
	Glu ^a	Fru	Xyl	Sor	Suc	Mal	Dex	Sta	Glu	Fru	Xyl	Sor	Suc	Mal	Dex	Sta
Yipsae lho	73.6	77.2	74.4	55.4	65.0	68.4	73.4	71.8	80	66	58	42	62	69	76	51
44001	69.0	73.4	44.8	47.0	52.8	61.4	64.0	59.4	88	70	63	52	51	56	79	74
44002	77.2	80.6	80.2	58.4	60.0	68.8	73.8	66.4	141	102	117	54	60	89	88	130
44003	69.8	74.4	28.8	46.6	58.4	63.6	65.6	60.8	114	97	108	57	62	131	150	119
44004	64.8	72.2	69.4	46.0	55.8	53.2	62.4	58.2	86	67	88	60	41	48	68	44
44006	79.0	80.0	79.8	78.2	73.0	77.6	79.2	75.0	128	107	76	67	54	75	81	72
44007	61.0	67.2	70.4	46.2	42.8	52.8	55.8	57.6	104	106	88	76	54	83	86	97
44008	70.2	70.0	48.6	44.4	41.8	58.2	57.8	57.2	108	107	98	53	56	84	75	100
44009	71.4	69.0	71.8	55.6	54.6	63.8	68.6	66.8	120	110	110	71	57	114	121	115
44010	72.8	74.8	74.8	44.4	51.4	64.0	65.8	59.6	105	114	95	85	66	80	82	93
Average	70.9 ^b	73.9 ^a	64.3 ^b	52.2 ^c	55.6 ^c	63.2 ^{bc}	66.6 ^b	63.3 ^b	107 ^a	94 ^a	90 ^{ab}	61 ^{bc}	56 ^c	82 ^{abc}	90 ^{ab}	89 ^{ab}

^aGlu: glucose, Fru: fructose, Xyl: xylose, Sor: sorbitol, Suc: sucrose, Mal: maltose, Dex: dextrin, Sta: starch.

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

한 결과 Table 5와 같다. 균사생장정도는 fructose, 균체중량은 glucose에서 각각 가장 우수한 것으로 나타나 이당(sucrose, maltose)과 다당(dextrin, starch)보다 단당류의 첨가가 균사생장에 더 유리한 것으로 생각된다. 계통중에서는 44002 균주가 fructose를 이용했을때 80.6 mm로 가장 우수하였고 균체중량은 44003 균주가 dextrose를 이용했을때 150 mg으로 가장 높았다. 한편, Lee *et al.*(2004)은 잎새버섯을 액체배양시 탄소원으로 glucose를 사용하는 것이 galactose, maltose, sucrose, starch를 사용하는 것보다 균체량 및 세포의 다당체량을 더 많이 증가시켰다고 보고하여 우리의 결과와 유사한 것으로 나타났다. 그러나 정(1996)은 malt extract를 2% 첨가한 배지에서 균사생장과 밀도가 우수하다고 하였으며, 유청배지(정 등, 1991)에서는 2% soluble starch와 xylose가 균사생육에 좋은 탄소원이라고 한 것과 약간 차이가 있는데 이는 기본배지 조성구와 균주의 계통간의 차이로 다르게 나타나는 것으로 생각된다.

잎새버섯 균사생장에 적합한 질소원을 구명한 결과

(Table 6), peptone과 yeast extract를 첨가한 배지에서 균사생장정도와 균체중량이 우수하였으나, ammonium nitrate, ammonium tartrate, potassium nitrate, sodium nitrate 첨가구에서는 상대적으로 균사생장이 약한 것으로 조사되었다. 계통중에서 질소원으로 peptone을 사용했을 때 균사생장 정도는 44001 균주(78 mm), 균체중량은 44010 균주(137 mg)가 각각 가장 우수하였다. Lee *et al.*(2004)은 잎새버섯을 액체배양 시 질소원으로 polypeptone과 yeast extract를 사용할 때 균체 및 세포의 다당체 생산이 우수한 것으로 보고하여 우리의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 한편, 정 등(1991)은 유청배지에서는 potassium nitrate를, 정(1996)은 *G. frondosa* 9006의 균사체 배양 연구에서 Bacto soytone을 선발하여 본 연구결과 다소 상이하였는데 이는 계통간의 차이 때문일 것으로 판단된다.

균사체 생장을 위한 C/N율을 검정한 결과(Table 7), C/N율 20에서 균사생장이 가장 우수하여 질소요구도가 다소 높았으며, C/N율이 증가함에 따라 모든 균주의 균사생육은 감소하는 것으로 나타났다. C/N율 10에서는 5균주

Table 6. Effect of nitrogen source on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Colony diameter (mm/14 days)							dried weight (mg/14 days)						
	YE ^a	PT	TT	AN	AT	PN	SN	YE	PT	TT	AN	AT	PN	SN
Yipsae lho	62	69	57	20	12	22	56	107	119	102	30	26	33	42
44001	63	78	65	37	18	23	51	88	117	79	18	26	9	25
44002	69	72	75	34	26	11	48	130	131	119	24	20	37	32
44003	58	69	59	21	15	9	47	73	115	107	25	18	21	21
44004	61	71	58	26	12	13	48	64	113	98	19	27	13	37
44006	70	69	71	12	15	14	50	112	119	86	35	27	33	98
44007	54	73	61	26	17	10	50	89	111	109	27	10	22	66
44008	66	69	68	27	18	18	49	112	100	72	11	15	20	16
44009	60	69	64	33	18	13	61	115	116	101	17	20	25	30
44010	71	77	75	35	20	22	63	117	137	102	30	18	25	43
Average	63 ^b	72 ^a	65 ^b	27 ^d	17 ^c	16 ^c	52 ^c	100 ^a	117 ^a	97 ^{ab}	23 ^c	20 ^c	24 ^c	35 ^c

^aYE: yeast extract, PT: peptone, TT: tryptone, AN: ammonium nitrate, AT: ammonium tartrate, PN: potassium nitrate, SN: sodium nitrate.

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 7. Effect of C/N on mycelial growth of *Grifola frondosa*

KME strains	Colony diameter (mm/14 days)								Dried weight (mg/14 days)							
	5	10	20	30	40	50	60	70	5	10	20	30	40	50	60	70
Yipsae lho	63	68	72	62	60	65	54	46	56	125	85	101	98	65	31	16
44001	58	61	70	55	58	64	50	41	31	72	53	69	37	38	37	36
44002	71	71	125	64	66	62	54	45	74	106	125	55	53	42	27	41
44003	61	62	68	61	53	64	54	43	80	57	39	35	38	35	32	17
44004	59	62	65	58	58	64	53	36	32	33	51	54	40	26	25	18
44006	68	71	73	64	63	67	55	45	58	63	53	47	44	29	50	20
44007	58	54	56	50	48	57	44	32	42	67	69	78	28	42	60	56
44008	61	67	72	64	66	65	55	47	41	41	63	23	47	34	30	24
44009	57	62	65	61	61	63	51	41	64	57	103	58	56	28	27	27
44010	65	68	74	63	66	66	55	44	39	42	30	32	31	61	26	27
Average	62 ^b	65 ^{ab}	69 ^a	60 ^b	61 ^b	64 ^{ab}	52 ^c	42 ^d	51 ^{ab}	66 ^{ab}	67 ^a	55 ^{ab}	47 ^{ab}	50 ^{ab}	34 ^{ab}	28 ^b

^{a-c}Different superscript letters within the same row indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

(앞새1호, 44001, 44003, 44006, 44010), 20에서는 3균주 (44002, 44008, 44009), 30에서는 2균주(44004, 44007)의 균사생장이 우수하였으며, 계통중에서는 44002 균주가 균사생장이 125 mm, 균체중량이 125 mg으로 각각 나타나 가장 우수하였다.

적 요

앞새버섯의 우량계통을 선발하여 농가에 보급하기 위하여 수집균주들의 균사체 생육 최적조건을 검토한 결과는 다음과 같다. 앞새버섯 수집균주의 생장에 적합한 배지는 PDA배지가 선발되었으며, 균사배양 적온은 25°C로 나타났다. 앞새버섯의 균사생장에 적합한 수소이온 농도는 pH 4~5로 약산성에서 균사생장이 우수하였다. 균사생장에 적합한 탄소원으로는 glucose와 fructose, 질소원으로는 peptone이 우수하였으며 C/N율은 10~20으로 질소 요구도가 다소 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구결과는 농촌진흥청 현장협력기술개발과제 연구비지원의 일부결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

정건섭, 구영조, 유진영, 최신양, 신동화. 1991. 유청을 이용한 영지버섯과 앞새버섯의 균사체 배양. 한국균학회지 **19**: 61-65.
정인창. 1996. 앞새버섯(*Grifola frondosa* 9006)의 균사체 배양조건. 서라벌대학 논문집 **19**: 95-109.

정환채, 주현규. 1989. 앞새버섯 우량계통 육성과 인공재배법 개발. 농사시험연구논문집 **31**: 43-47.
차동열, 유창현, 김광포. 1989. 최신 버섯 재배기술. 농진회.
Choi, H. S., Cho, H. Y., Yang, H. C., Ra, K. S. and Suh, H. J. 2001. Angiotensin I-converting enzyme inhibitor from *Grifola frondosa*. *Food Res. Intl.* **34**: 177-182.
Fukushima, M., Ohashi, T., Fujiwara, Y., Sonoyama, K. and Nakano, M. 2001. Cholesterol-lowering effects of maitake (*Grifola frondosa*) fiber, shitake (*Lentinus edodes*) fiber, and enokitake (*Flammulina velutipes*) fiber in rats. *Soc. Exp. Biol. Med.* **226**: 758-765.
Kodama, N., Murata, Y., Asakawa, A., Inui, A., Hayashi, M., Sakai, N. and Nanba, H. 2005. Maitake D-fraction enhances antitumor effects and reduces immunosuppression by mitomycin-C in tumor-bearing mice. *Nutrition* **21**: 624-629.
Lee, B. C., Bae, J. T., Pyo, H. B., Choe, T. B., Kim, S. W., Hwang, H. J. and Yun, J. W. 2004. Submerged culture conditions for the production of mycelial biomass and exopolysaccharides by the edible basidiomycete *Grifola frondosa*. *Enz. Microb. Technol.* **35**: 369-376.
Mark, M. 2001. Maitake extracts and their therapeutic potential - A review. *Altern. Med. Rev.* **6**: 48-60.
Mau, J. H., Lin, H. C. and Song, S. F. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res. Intl.* **35**: 519-526.
Nanba, H., Kodama, N., Schar, D. and Turner, D. 2000. Effects of maitake (*Grifola frondosa*) glucan in HIV-infected patients. *Mycoscience* **41**: 293-295.
Talpur, N. A., Echard, B. W., Fan, A. Y., Jaffari, O., Bagchi, D. and Preuss, H. G. 2002. Antihypertensive and metabolic effects of whole maitake mushroom powder and its fractions in two rat strains. *Mol. Cell. Biochem.* **237**: 129-136.
Wu, M. J., Cheng, T. L., Cheng, S. Y., Lian, T. W., Wang, L. and Chiou, S. Y. 2006. Immunomodulatory properties of *Grifola frondosa* in submerged culture. *J. Agric. Food Chem.* **54**: 2906-2914.