

곡물별 담자균 배양물의 효소활성

박효숙, 김보현¹, 최한석², 김종만, 김명곤^{3*}

원광대학교 농화학과, ¹전북대학교 식품공학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ³전북대학교 바이오식품공학과

Enzyme activity of *Basidiomycetes* products in each cereals

Hyo-Suk Park, Bo-Hyun Kim¹, Han-Seok Choi², Joong-Man Kim, Myung-Kon Kim^{3*}

Department of Agricultural Chemistry, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

²Department of Agro-food Resources, NAAS, RDA, Suwon 441-853, Korea

³Department of Bio Food Technology, Chonbuk National University, Iksan 570-752, Korea

(Received August 4, 2010, Revised September 10, 2010, Accepted September 13, 2010)

ABSTRACT : In this study, growth rates and enzyme activities of mushroom mycelium were investigated in each cereals. Cultivation on hulled barley resulted in slightly faster mycelial growth as compared to other substrates. Enzyme activities were measured in different periods. In result, α -amylase activity was higher in *Pleurotus ostreatus* and *Phellinus linteus* cultured cereals, whereas β -amylase activity was higher in *Pleurotus ostreatus* and *Fomitella fraxinea* cultured. Protease level did not affect kinds of cereal except *Phellinus linteus*. The color values lightness decrease by *Basidiomycetes* cultivation and redness and yellowness increased.

KEYWORDS : *Basidiomycetes*, Cereal, Enzyme activity, Mushroom, Mycelium

서론

버섯은 고등균류중 담자균아강(Basidiomycetina)과 자낭균아강(Ascomycotina) 및 불완전 균류에서 균사체가 영양 대사를 한 결과로 대사산물이 축적된 자실체의 형태이다. 현재 지구상에 300,000여종이 존재하고 있으며 미국에는 5,000여 종, 우리나라에는 1554종이 존재한다고 하였다(박, 2002). 버섯의 영양성분으로는 단백질, 아미노산, 당류, 비타민, 무기염류 등 인체에 풍부한 영양소를 다량 함유하고 있고 독특한 향과 맛을 가지는 동시에 식용 및 약용으로 널리 이용되며 기능성 자원으로 활용되고 있다(Ji 등, 2000; Han 등, 2003; Lee 등, 2004; Joo, 2008). 또한 담자균 균사체는 자실체와 유사한 생리적 기능을 가지는 것으로 보고되었으며(Jung 등, 1997; 정 등, 2002) 식용이나 의료용으로 복용하여도 독성 및 부작용이 나타나지 않아 인체에 손상을 주지 않는 이점이 있다(Jung 등, 1997; Han 등, 2003; Jung 2006). 현재까지 기능성 버섯자원 활용(Kim 등, 1999 박, 2002; Han 등, 2003)은 균사체의 경우 액체탱크배양 또는 고체배양으로 대량생산 후 유용성분을 분리, 정제하여 의약

품 또는 기능성 음료로 개발되고 있으며, 식용이 가능한 곡물재료 등에 직접 배양하면 별도의 추출공정 없이 기능성 식품 개발에 충분히 활용될 수 있다(Jung 등, 1996; 정 등, 2002; Choi 등, 2007). 그러나 아직까지 곡물배지를 이용한 버섯균의 균사에서 담자균을 배양한 후 식품 소재로 이용한 사례는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구 목적은 곡류에 따라 담자균 균사체에서 분비하는 효소의 활성을 측정하여 곡물의 산업적 이용에 적용하여 담자균 균사체의 기능적 생리활성을 증진시킨 식품 개발과 장류 및 주류와 같은 발효 식품이나 전식 또는 그밖에 다양한 식품첨가제 등의 용도로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

담자균 및 곡물

본시험에 사용한 공시균주는 전북대학교 바이오식품공학과 미생물실험실에서 분리 보관중인 느타리버섯(*Pleurotus ostreatus*), 장수버섯(*Fomitella fraxinea*), 영지버섯(*Ganoderma lucidium*) 및 상황버섯(*Phellinus linteus*) 균주를 사용하였으며, 담자균 배양용 곡물(현미, 현소맥, 제영귀리, 현맥, 도정보리)은 전라북도 농업 기술원에서 분양받아 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

* Corresponding author <전북 익산시 마동 194-5 전북대학교 바이오 식품공학과, 570-752, 전화번호 : 063-850-0732, Fax : 063-850-0747, E-mail : kmyuko@chonbuk.ac.kr>

배지의 조제

보관용 배지는 2.5% malt extract, 2%(w/v) agar를 첨가한 배지를 pH 6.0으로 조절하여 사용하였으며, 3개월 주기로 계대배양 하여 냉장보관 하였다. 종균 배양용 맥아 배지는 시장에서 구입한 엿기름에 4배의 증류수를 첨가하여 60℃에서 6시간 동안 당화한 후 11 Brix°, pH 6.0으로 조절한 것을 사용하였으며, 시험관(Ø21×200mm)에 50ml씩 분주한 다음 121℃, 1시간 고압 살균하여 종균 배양용 배지로 사용하였다.

액체종균제조

종균 배양용 배지에 2%(w/v) agar를 첨가한 배지에 2회 계대배양 하여 활성화시킨 4종의 버섯균주를 5×5 mm 크기의 균총을 멸균된 종균 배양용 배지에 접종하고 100rpm, 25℃에서 진탕 배양 하였다. 대수증식기에 도달된 균을 무균대에서 Homogenizer (Omni mixer, USA)로 1,000 rpm에서 균질화하여 분시험에 사용하였다.

균사체의 성장 측정

곡물 종류별로 약 15분 정도로 삶아서 물 빼기를 한 후 영양원으로써 미강 10%(v/v)을 혼합한 다음 Ø21×200mm 시험관에 15cm 높이로 분주하고 121℃에서 1시간동안 고압 살균하였다. 살균된 배지에 1cm 두께로 곡립종균을 접종하고, 25℃ 항온기에서 정치배양하면서 균사체를 25일동안 증식시켜 성장 길이(mm)를 측정하였다.

색도측정

버섯 균사체가 배양된 곡물을 동결 건조한 후 분쇄하고 Model X-777(Color Techno Co. LTD, Japan)를 사용하여 색도를 측정하였다. 색도는 L(Lightness)값의 명도로 0(흑색)~100(백색), a값은 적색도(Redness)로 -80(녹색)~+100(적색), b값은 황색도(Yellowness)로 -50(청색)~+70(황색)의 범위로 표현하였다. ΔE는 색차(color difference)로 각종 순수 곡물류와 버섯균사체 배양물 간의 색도를 비교하였다. ΔE의 값에 따라 0~0.5: 색차 거의 없음, 0.5~1: 근소한 차이, 1.5~3.0: 감지할 수 있는 정도의 차이, 3.0~6.0: 현저한 차이, 6.0~12.0: 극히 현저한 차이, 12.0이상: 다른 계통의 색으로 판단하였다.

효소활성 측정

가) 효소액 조제

배양이 끝난 배양물에 5배의 NaCl 1%용액을 가한 후 Waring blender로 3분간 마쇄하고 4℃, 3000rpm, 30분간 원심분리 한 다음 상등액을 Whatman filter paper No.2로 여과하여 효소액으로 사용하였다.

나) 효소활성 측정

α-Amylase는 Park과 Oh(1995)의 방법을 변형하여 측정하였다. 1% soluble starch 용액(0.2 M phosphate 완충용액, pH 6.8) 2ml에 효소액 1ml를 첨가하여 40℃에서 20분간 반응시킨 후, 0.4 M TCA(Trichloroacetic Acid)용액(w/v) 3ml로 반응을 정지시킨 후 30분간 정지하였다. 반응액을 여과(Whatman filter paper No. 2)하여 얻은 여액 1ml에 요오드화 용액(0.05% I + 0.5% KI) 10ml를 넣고 발색시킨 후 660nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 blank의 흡광도값을 10% 감소시키는 활성을 1unit로 하였으며, 시료 1g에 대한 활성으로 환산하여 표시하였다.

β-Amylase는 Namgung과 Hong(1973)의 방법을 변형하여 측정하였다. 2% 전분액(0.1 M acetic acid완충용액, pH 5.0) 0.5ml를 시험관에 취하여 50℃ 항온수조에서 5분간 예열한 다음 효소액 0.5 ml를 가하여 50℃에서 30분간 반응시켰다. 1% DNS(3,5-dinitrosalicylic acid)용액 1ml를 첨가하고 수조에서 5분간 끓여 상온까지 식힌 다음 540nm에서 흡광도를 측정하였다. 1 unit는 1분당 1μg의 glucose를 생성하는 능력으로 하였다.

Protease 활성은 Uhm 등(1989)의 방법을 변형하여 측정하였다. 40℃ 항온수조에서 5분간 예열한 0.6% casein용액(0.2 M acetic acid 완충용액, pH 5.5) 1ml에 효소액 1 ml를 가하여 40℃에서 10분간 반응시켰다. 반응액에 0.4 M TCA(Trichloroacetic Acid)용액 2 ml를 가한 다음 상온에서 20분간 방치하여 반응을 중지시키고 4℃, 5,000rpm, 10분간 원심분리 하였다. 상등액 0.5ml에 0.4 M Na₂CO₃용액 2.5ml를 넣은 다음 folin시약 0.5ml를 가하여 40℃에서 10분간 정색시키고 660nm에서 흡광도를 측정하였다. Tyrosine으로 표준곡선을 작성하였으며, 1 unit는 1분당 1μg의 tyrosine을 생성하는 능력으로 하였다.

데이터 분석

통계처리는 SAS program (version 9.1)을 이용하여 ANOVA를 수행하여 유의성을 검증하였다. 데이터는 95% 신뢰도 범위에서 표현되었다.

결과 및 고찰

곡물의 종류가 담자균의 증식속도에 미치는 영향

균사체 증식은 배양기간 동안 균체의 성장 길이로 1차식을 구하여 산출한 결과를 Table 1에 나타내었다. 균체의 증식은 곡물 및 버섯균의 종류에 따라 유의적인 차이가 나타났다. 곡물의 종류별로는 길쭉질만을 벗겨낸 현맥에서 배양속도가 다소 높았으며, 현미에서의 증식속도가 비교적 낮은 것으로 조사되었다. 느타리, 영지, 상황버섯의 경우 각각 5.13~6.1,

Table 1. Growth rate of *Basidionmycet*es mycelial on different cereals

Strains	Growth rate(mm/day)				
	Hulled				Polished
	Rice	Wheat	Oat	Barley	Barley
<i>Pleurotus ostreatus</i>	5.13±0.03a1)	5.56±0.00a	5.87±0.02a	6.18±0.02b	5.37±0.05ab
<i>Fomitella fraxinea</i>	3.61±0.03b	5.24±0.01b	4.90±0.01c	5.28±0.01c	5.08±0.01b
<i>Ganoderma lucidum</i>	5.12±0.04a	5.47±0.02ab	5.36±0.02b	6.42±0.00a	5.65±0.01a
<i>Phellinus linteus</i>	2.34±0.01c	2.29±0.00c	2.44±0.01d	2.86±0.01d	2.78±0.00c

1) Data represents the mean±SD.

Means with the different letters are significantly different(p(0.05) by Duncan's multiple range test.

Table 2. α -Amylase activity of *Basidionmycet*es cultured cereal

Grains	Strains	α -Amylase activity(unit)				
		5days	8days	11days	15days	20days
Rice	<i>P. ostreatus</i>	91.74	89.47	60.15	59.30	78.20
	<i>F. fraxinea</i>	42.33	39.73	39.23	43.47	63.17
	<i>G. lucidum</i>	40.77	62.71	59.83	46.45	77.09
	<i>P. linteus</i>	46.16	61.00	69.71	71.46	66.78
Wheat	<i>P. ostreatus</i>	63.89	50.44	46.92	45.17	43.32
	<i>F. fraxinea</i>	39.39	40.48	46.94	52.12	43.25
	<i>G. lucidum</i>	57.94	41.35	50.85	53.11	58.47
	<i>P. linteus</i>	33.16	54.78	51.60	68.20	45.59
Hulled Oat	<i>P. ostreatus</i>	92.82	86.93	88.39	40.44	62.85
	<i>F. fraxinea</i>	75.07	83.01	76.40	56.03	29.28
	<i>G. lucidum</i>	76.29	68.88	67.57	33.33	83.63
	<i>P. linteus</i>	69.22	82.44	87.97	139.35	94.03
Hulled Barley	<i>P. ostreatus</i>	90.85	40.93	39.26	29.97	69.69
	<i>F. fraxinea</i>	34.36	55.65	44.16	43.96	39.68
	<i>G. lucidum</i>	48.59	29.71	55.82	48.48	81.75
	<i>P. linteus</i>	52.59	78.78	75.79	49.64	56.24
Polished barley	<i>P. ostreatus</i>	81.17	64.66	59.47	58.33	58.94
	<i>F. fraxinea</i>	37.27	39.95	45.70	53.88	63.04
	<i>G. lucidum</i>	68.76	46.31	54.35	64.70	50.69
	<i>P. linteus</i>	63.80	68.74	83.95	81.24	59.64

5.12~6.42 및 2.34~2.86mm/day의 범위로 곡물별로 차이가 크지 않았던 반면 장수버섯은 현미(3.61mm/day)에서와 다른 곡물들(4.9~5.28mm/day)에서의 차이가 상당히 많이 나타나는 것으로 드러났다. 이는 Kim 등(1999) 및 Jung 등(1996)의 연구와 유사한 결과로 버섯균의 영양요구성과 통기성의 차이로 판단된다. 즉, 일반적으로 버섯균의 증식을 양호하게 하기 위해서 질소원으로 미강을 첨가하는데, 각 곡물별 단백질 함량은 현미(멥쌀) 7.6, 밀(현소맥) 13.2, 통귀리 11.4, 통보리 10.6, 도정보리 9.4%로(이, 2006, 식품성분표(제7개정판)) 현미의 질소원이 비교적 낮다. 또한, 곡물을 수침하고 살균하는 과정에서 전분질이 용출되어 서로 영

겨 붙는 현상(Jung, 1997; Kim 등 1999)이 발생하나 보리는 할맥으로 인해 형태적으로 통기가 다른 곡물에 비해 양호했을 것으로 생각된다.

담자균 발효곡물의 효소활성

1) α -amylase

담자균 발효곡물의 α -amylase활성을 Table 2에 나타내었다. 곡물의 종류와 균주의 배양기간별로 효소활성이 다소 차이가 있었다. 특히, 균체의 증식속도와 많은 상관관계를 가졌는데, 균체의 성장속도가 비교적 높은 느타리, 영지, 장수버섯의 경우 배양초기의 효소활성이 높았던 반면, 성장속

Table 3. β -Amylase activity of *Basidiomycetes* cultured cereal

Grains	Strains	β -Amylase activity(unit)				
		5days	8days	11days	15days	20days
Rice	<i>P. ostreatus</i>	8.85	6.53	8.38	8.91	15.51
	<i>F. fraxinea</i>	13.40	11.29	12.87	17.10	29.57
	<i>G. lucidum</i>	9.44	17.89	6.79	4.68	9.59
	<i>P. linteus</i>	5.47	19.21	9.17	8.87	10.70
Wheat	<i>P. ostreatus</i>	19.61	16.70	12.21	11.42	19.21
	<i>F. fraxinea</i>	17.76	12.34	14.59	14.59	20.14
	<i>G. lucidum</i>	18.42	16.31	9.04	8.38	3.89
	<i>P. linteus</i>	11.81	19.21	20.40	27.83	13.93
Hulled Oat	<i>P. ostreatus</i>	25.82	23.44	18.42	13.53	19.74
	<i>F. fraxinea</i>	21.72	17.89	16.04	15.65	21.72
	<i>G. lucidum</i>	18.16	20.80	20.93	8.11	2.30
	<i>P. linteus</i>	9.70	13.18	8.11	2.46	0.66
Barley	<i>P. ostreatus</i>	11.81	7.06	12.21	14.99	18.66
	<i>F. fraxinea</i>	8.91	8.25	13.14	22.52	26.98
	<i>G. lucidum</i>	11.15	4.02	5.74	7.74	9.04
	<i>P. linteus</i>	10.23	13.14	12.21	10.71	27.54
Polished barley	<i>P. ostreatus</i>	16.04	13.14	12.87	12.87	13.40
	<i>F. fraxinea</i>	8.91	8.91	7.85	9.70	14.72
	<i>G. lucidum</i>	5.21	8.11	6.79	6.79	8.64
	<i>P. linteus</i>	8.64	8.80	3.51	13.14	21.06

도가 낮은 상황버섯의 경우는 배양 15일 이후에 효소활성이 증가되는 것으로 나타났다.

또한, 곡물의 종류에 따라서도 효소활성에 많은 차이가 있었는데, 느타리버섯균은 α -amylase 효소활성이 현미의 경우 배양 5일에 91.74unit로 분석되었고, 상황버섯균은 귀리에서 α -amylase 효소활성이 배양 15일에 139.35unit로 효소활성이 가장 높게 나타났다. α -amylase 생성 미생물들은 장류 및 주류 등의 발효식품 제조에 있어서 전분질 원료의 당화와 향미부여 등의 중요한 역할을 한다. 하지만 본 실험의 결과로 볼 때 담자균 배양 발효곡물을 발효식품에 단독으로 사용하는 것보다 효소를 병용하여 사용한다면, 버섯균이 가지고 있는 기능성 향상, 아미노산 및 향기성분에 의한 관능개선 등의 효과(Choi 등, 1999; 박, 2002; Park 등, 2003; Yu 등, 2006)를 볼 수 있다고 하였다.

2) β -amylase

담자균발효곡물에서의 β -amylase 활성을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. β -amylase의 활성은 α -amylase 효소 활성과 유사하게 미생물의 증식이 왕성한 시기에 효소 활성이 증가하였으며, 느타리 버섯균과 장수 버섯균을 귀리에 증식시켰을 경우가 배양 5일째 각각 25.82와 21.72

unit로 비교적 우수한 것으로 확인할 수 있었다. Kim(1999) 등은 벼 품종별 담자균 배양 쌀누룩 중 느타리 버섯균이 증식된 누룩의 β -amylase 활성이 137.3-259.0unit라고 보고 하였는데, 본 연구와 직접적인 비교를 할 수 없지만 상당한 차이를 보였다.

3) protease

담자균 발효 곡물에서의 protease 활성을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 상황 버섯균을 제외하고 모든 균주는 곡물의 종류와 상관없이 시간이 지날수록 효소 활성이 높아지는 경향을 보였으나, 곡물에 관계없이 비교적 유사한 활성을 지니는 것으로 나타났다. 그런데 영지버섯은 보리 배지, 장수 버섯은 현미배지에서 20일 배양 때 각각 42.47unit, 42.18unit로 가장 높았다. 하지만 Kim(1999) 등의 연구결과에서는 영지 버섯균이 증식된 쌀누룩에서 protease의 활성이 11.2-16.6unit로 본 연구 결과에서 약 3-4배정도 높았으며 느타리 버섯균은 25.04-39.33unit로 Chang 등(1996)의 톱밥 배양시 3.23-9.95unit라고 보고한 결과보다 월등히 높았다. 이는 기질과 배양조건에 따른 효소활성의 증가로 생각된다. 담자균이 생성하는 protease는 혈전분해활성과 상당한 관계를 가지고 있는 것으로 알려져 있는데, Choi 등

Table 4. Protease activity of *Basidiomycetes* cultured cereal

Grains	Strains	Protease activity(unit)				
		5days	8days	11days	15days	20days
Rice	<i>P. ostreatus</i>	31.72	30.79	25.77	30.95	39.33
	<i>F. fraxinea</i>	21.99	18.31	16.12	29.05	42.18
	<i>G. lucidum</i>	13.29	16.34	23.58	28.13	38.93
	<i>P. linteus</i>	6.11	9.22	13.61	17.80	24.70
Wheat	<i>P. ostreatus</i>	20.74	20.12	21.07	28.62	31.72
	<i>F. fraxinea</i>	15.13	14.08	17.66	22.82	30.84
	<i>G. lucidum</i>	7.55	11.59	18.12	25.60	34.26
	<i>P. linteus</i>	2.23	9.37	9.48	18.37	19.18
Hulled Oat	<i>P. ostreatus</i>	19.74	21.31	25.62	21.79	30.44
	<i>F. fraxinea</i>	15.32	46.64	20.55	26.63	30.84
	<i>G. lucidum</i>	4.71	12.54	13.35	15.75	30.76
	<i>P. linteus</i>	1.90	10.56	13.50	13.86	22.87
Barley	<i>P. ostreatus</i>	21.63	19.64	19.06	21.15	30.57
	<i>F. fraxinea</i>	16.63	16.67	17.15	25.76	31.57
	<i>G. lucidum</i>	12.72	16.90	21.01	24.81	42.47
	<i>P. linteus</i>	0.74	1.84	5.89	10.19	14.60
Polished barley	<i>P. ostreatus</i>	31.11	23.14	20.02	23.71	25.04
	<i>F. fraxinea</i>	14.40	17.64	17.74	26.44	27.59
	<i>G. lucidum</i>	3.79	11.13	14.21	20.15	22.34
	<i>P. linteus</i>	1.12	6.78	10.87	17.15	16.21

(2005)도 균사체의 경우 느타리, 장수버섯, 영지버섯에서도 혈전분해활성을 가지는 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 담자균 발효 곡물에 의한 높은 protease활성으로 보아 혈전분해 활성도 상당히 높을 것으로 사료된다.

담자균 발효곡물의 색도 변화

담자균 발효곡물을 가공식품에 이용하면 색도가 큰 영향을 줄 것으로 생각되어 곡물의 종류와 담자균 배양 유·무에 따른 색도변화를 살펴본 결과는 Table 5와 같다. 균사체가 증식하면서 명도는 감소하였고 적색도와 황색도가 증가하여 대체적으로 원료 곡물에 비하여 진한색으로 변했는데, 색도의 차이는 균사체의 특성에 의해서 영향을 받았다. 즉, 상황 버섯균은 자체가 가지는 노란빛에 의해서 색상의 변화도 비교적 크게 나타났다.

이상의 결과로부터 담자균 발효곡물은 식품의 특성에 맞게 다양한 소재로 접목할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, β -amylase 효소활성을 이용하는 발효식품인 식초는 느타리 버섯과 장수버섯 배양물이 적합하고, protease 강화식품 장류인 된장, 고추장 및 간장 등은 느타리버섯 배양물이 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 곡류별 버섯 균사체의 성장률과 효소활성을 측정하였다. 현맥 배양물이 다른 곡류와 비교했을때 균사체 성장 속도가 빨랐다. 효소 활성은 기간별로 측정하였으며 그 결과, α -amylase 효소 활성은 느타리와 상황버섯균이 우수하였으며, β -amylase활성은 느타리와 장수버섯균이 우수하였다. Protease활성은 상황버섯균을 제외하고는 곡물에 관계없이 비교적 고른 생산을 보였다. 담자균 배양에 의해서 명도는 감소하고 적색도와 황색도가 증가하였다.

감사의 말씀

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 연구결과입니다.

참 고 문 헌

박영도, 2002. 버섯균을 배양한 기능성 식품소재 개발, 한국균학회 Special Lecture 1-3 균학회 소식, 14(1) : 41-49.

Table 5. Color values of *Basidiomycetes* cultured cereal

Sample		L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
Rice	<i>P. ostreatus</i>	82.88	3.56	22.08
	<i>F. fraxinea</i>	80.92	3.49	22.95
	<i>G. lucidum</i>	70.10	6.76	25.96
	<i>P. linteus</i>	64.93	6.09	30.03
Wheat	<i>P. ostreatus</i>	76.63	5.41	24.85
	<i>F. fraxinea</i>	77.52	7.03	29.19
	<i>G. lucidum</i>	75.83	6.50	25.39
	<i>P. linteus</i>	61.31	7.83	33.98
Oat	<i>P. ostreatus</i>	83.04	4.09	21.92
	<i>F. fraxinea</i>	79.14	3.76	27.59
	<i>G. lucidum</i>	65.61	8.73	30.92
	<i>P. linteus</i>	55.37	7.53	32.87
Barley	<i>P. ostreatus</i>	74.92	5.48	21.06
	<i>F. fraxinea</i>	75.57	5.17	24.96
	<i>G. lucidum</i>	64.63	8.19	23.89
	<i>P. linteus</i>	58.97	6.69	32.18
Polished barley	<i>P. ostreatus</i>	87.17	2.33	19.14
	<i>F. fraxinea</i>	72.22	6.68	28.00
	<i>G. lucidum</i>	71.10	6.80	28.69
	<i>P. linteus</i>	51.15	6.80	33.40

이한기. 2006. 식품성분표(제7개정판). pp. 18-57. 농촌진흥청 농촌자원개발연구소.

정인창, 하효철, 광희진. 2002. 담자균이 배양된 곡물의 유리당 조성변화. 한국관광식품료학회 관광 식품료경영연구. 13(1) : 69-80.

Chang, H. Y., Kim, G. P. and Cha D. Y. 1996. Changes in activities of protease, phenoloxidase and cellulase during mycelium growth of *Pleurotus ostreatus* in sawdust cultures. 24(2) : 149-154

Choi, H. D., Seog, H. M., Park, Y. K., Park, Y. D. and Kim, J. A. 2007. Hypoglycemic Effects of *Basidiomycetes* Mycelia and Cereals fermented with *Basidiomycetes*. J Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36(10) : 1257-1262.

Choi, H. S., Kim, M. K., Park, H. S., Kim, J. S., Shen, M. H. and Kim, S.,J. 2005. Screening of Fibrinolytic Activities from Cultured Mushrooms. Kor. J. Food Sci. Technol. 37(6) : 1039-1041

Choi, N. S., Seo, S. Y. and Kim, S. H. 1999. Screening of mushrooms having fibrinolytic activity. Kor. J. Food Sci. Technol. 31 : 553-557.

Han, S. Y., Shon, M. Y., and Lee, S. W. 2003. Physiological

Activities of Mycelial *Flammulina velutipes* Cultured in Liquid Grain Media. Kor. Food industry and Nutrition 8(1) : 50-56.

Ji, J. H., Kim, M. N., Choi, K. P., Chung, C. k., and Ham, S. S. 2000. Antimutagenic and Cytotoxicity Effects of *Agaricus blazei* Murill Extracts. Kor. J. Food Sci. Technol. 32(6) : 1371-1378.

Joo, O. S. 2008. Chemical Components and Physiological Activities of *Neungee* Mushroom (*Sarcodon aspratus*). Korean J. Food Preserv. 15(6) : 864-871

Jung, I. C. 2006. Manufacturing and Sensory Characteristics of Jupjang Using Grains Fermented by *Basidiomycetes*, Korean J. Food Cookery Sci. 22(3) : 337-345

Jung, I. C., Kim, S. H., Kwon, Y. I. and Lee, J. S. 1996. Cultural Condition for the mycelial growth of *Ganoderma lucidum* on Cereals, The Korean Journal of Mycology. 24(1) : 81-88. Jung, I. C., Kim, S. H., Kwon, Y. I., Kim, S. Y., Lee, J. S., Park, S., Park, K. S., and Lee, J. S. 1997. Cultural Condition for the Mycelial Growth of *Phellinus igniarius* on Chemically

- Defined Medium and Graains, The Korean Journal of Mycology. 25(2) : 133-142.
- Kim, Y. D., Ha, K. Y., Kim, M. K., Shin, H. T., and Cho, S. Y. 1999. Varietal Difference of Enzyme Activity in Rice Koji Using *Basidionmycetes*, Korean J. Breed. 31(3) : 276-279.
- Lee, S. J., Lee K. I., Rhee S. H., and Park, K. Y. 2004. Physiological Activity in Doenjang Added with Various Mushrooms. Korean J. Food Cookery Sci. 20(4) : 365-370
- Namgung, H. and Hong J. S. 1973. Studies on the amylase formation of Koji-Molds. Bulletin of the Agri. Coll. Jeobug Natl. Univ. 4 : 61-67.
- Park, J. M. and Oh, H. I. 1995. Changes in microflora and enzyme activities of traditional kochujang *meju* during fermentation, Korean J. Food Sci. Technol. 27 : 56-62.
- Park, J. S., Hyun K. W., Seo, S. B., Cho, S. M., Yoo, C. H., and Lee J. S., 2003. Detection of Platelet Aggregation Inhibitors and Fibrinolytic Substances from Mushrooms. The Korean Journal of Mycology. 31(2) : 114-116.
- Uhm, T. B., Ryu, K. S., Kim, M. K., Yoo, J. S., Sohn, H. S., and Lee, T. K. 1989. Structural characteristics of protease from *Neungee*(*Sarcodon aspratus*(Berk.) S. Ito). Bulletin of the Agri. Coll. Jeobug Natl. Univ. 20 : 107-112.
- Yu, H.E., Cho, S.M. Seo, G.S. Lee, B.S. Lee, D.H. and Lee, J.S. 2006. Screening of bioactive compounds from mushroom *Pholiota sp.* Kor. J. Mycol. 34(1) : 15-21.