

버섯 균사체를 이용한 발효 식초 제조 및 이화학적 특성

김정한* · 백일선 · 신복음 · 이용선

경기도농업기술원 버섯연구소

Preparation of fermented vinegars using mushroom mycelial cultures and characterization of their physicochemical properties

Jeong-Han Kim*, Il-Sun Baek, Bok-Eum Shin, and Yong-Seon Lee

Mushroom Research Institute, Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Gwangju 12805, Korea

ABSTRACT: This study was conducted to prepare healthy vinegars using the mycelia of various mushrooms (*Cordyceps militaris*, *Phellinus baumi*, *Pleurotus cornucopiae*, and *Ganoderma lucidum*). Analyses of the bioactive components of these vinegars revealed that those prepared using mushroom mycelial cultures on fermented brown rice had increased bioactive component levels compared to those cultured on unfermented brown rice. The highest beta-glucan contents (78.7 mg/g) were found in *P. baumi* cultures and 0.34mg/g of cordycepin was detected in *C. militaris* cultures. Regarding the chemical properties of these mushroom mycelia vinegars (MMVs), those prepared using *C. militaris* and *P. cornucopiae* cultures showed higher acidity and reduced sugar content. Sensory assessments of *C. militaris* and *P. cornucopiae* MMVs yielded scores of 7.3 and 6.6, respectively. Analyses of bioactive components revealed that *C. militaris* MMV contained high levels of polyphenols and 786 mg/L of cordycepin. *P. cornucopiae* MMV contained the highest amount of beta-glucan (20.9 mg/g).

KEYWORDS: Acidity, Brown rice, Cultures, Mushroom Mycelia, Vinegar

서 론

버섯은 담자균 중 자실체를 형성하는 고등균류로 그 자체의 독특한 맛과 향기로 인해 기호성이 높은 식품으로 이용되어 왔다. 또한 당질, 단백질, 비타민, 아미노산, 무기질 등과 같이 인체에 필요한 각종 영양소를 다량 함유하고 있다고 알려져 있다. 일반적으로 버섯에는 다양한

유용성분들이 함유되어 있으며, 그중에서도 대표적인 생리활성 성분은 베타글루칸과 같은 다당류와 펩타이드, 단백질 등이 다당류에 결합된 당단백질이다(Kwon *et al.*, 2003). 또한 버섯에 많이 함유되어 있는 식이섬유는 칼로리가 낮아 다이어트에 효과가 있고 담즙산 흡착능, 양이온교환능, 콜레스테롤 감소효과 및 당뇨병과 깊은 관련이 있는 혈당 강하효능 등이 있는 것으로 알려져 있다(Rhee *et al.*, 2000).

식초는 동서양의 대표적 발효식품으로 조미료뿐만 아니라 식욕과 소화 흡수촉진, 항산화 활성 등의 생리활성이 보고되어 건강식품으로도 이용되고 있다. 식초는 크게 주정을 희석하여 무기염류를 첨가한 양조식초와 곡류, 과일류, 주류 등을 주원료로 하여 발효시켜 제조하는 양조식초로 등으로 분류된다(Jeung and Lee, 2000). 최근 식초가 단순 조미료에서 기능성이 증진된 건강용 식초로 소비 패턴이 변화되면서 100% 과즙 원료 식초와 유기산 및 아미노산이 풍부한 생쌀발효 흑초 등 고품질 발효식초가 개발되고 있다. 식초는 동맥경화, 고혈압 등의 성인병 예방 효과, 식중독균의 살균효과, 콜레스테롤저하 효과, 체지방

J. Mushrooms 2019 December, 17(4):230-234
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2019.17.4.230>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : kjh75@gg.go.kr
 Tel : +82-31-229-6126

Received July 29, 2019
 Revised September 16, 2019
 Accepted December 19, 2019

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.

감소 및 피로회복 효과 등이 밝혀지면서 식초의 고급화, 다양화 등 시장 규모가 늘어나는 추세이다. 따라서 본 연구에서는 기능성이 우수하고, 산업적 활용도가 높은 버섯 균사체를 현미에 배양시켜 식초를 제조하였고, 그에 따른 품질 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

현미배지 제조 및 버섯균사체 배양

본 실험에 사용된 버섯균주는 경기도농업기술원 버섯연구소에 보유중인 동충하초 (GMCM45007, *Cordyceps militaris*), 상황버섯(장수, *Phellinus baumii*), 노랑느타리(순정, *Pleurotus cornucopiae*), 영지(장생녹각, *Ganoderma lucidum*)를 이용하였다. 버섯 균사체 배양을 위하여 현미 1.3 kg에 물 1 L를 첨가하여 5 h 침지시켜 수분함량을 55%로 조절하였다. 그리고 121°C에서 20분간 고압살균한 후 무균상에서 버섯균을 접종한 다음 20°C에서 20일 동안 배양하여 버섯 균사체 배양물을 제조하였다.

버섯 균사체 배양물의 분석

배양이 완료된 현미균사체는 분석을 위해 45°C에서 48 h 건조한 후 분쇄기를 이용하여 분말화 한 다음 실험에 이용하였고, 조단백, 조지방, 조회분 등 일반성분 분석은 AOAC 방법에 준하였다. 수분 함량은 식품공전에 준하여 상압가열 건조법, 회분은 회화법, 조단백은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법으로 분석하였다. 베타글루칸은 식약처 건강기능식품공전 시험법(2012)에 준하여 측정하였다. 코디세핀 분석은 Cunningham 등(1951)의 방법에 의거 동충하초 균사체 배양물을 90°C에서 6 h 동안 가열 후 추출 여과 하여 2배량의 acetone을 가한 후 4°C에서 24 h 동안 정치하였다. 그리고 3,000 rpm에서 10분 동안 원심분리한 후 상등액만을 취해 농축기를 사용하여 용매를 완전히 증발시키고, 증류수를 가하여 용해시킨 후 0.45 µm의 membrane filter로 여과한 다음 HPLC로 분석하였다.

버섯 균사체 배양 현미 식초의 제조

현미 균사체 배양물은 건조시료와 생시료로 나누어 각 200 g에 시판되는 막걸리(알콜 6%) 1 L를 가하여 밀봉 시

킨 후 20°C에서 알코올 함량 12% 될 때까지 배양시켰다. 초산발효를 위해 현미 알코올 발효액을 알코올함량 6%로 희석한 후 초산균(*Acetobacter pasteurianus*) 100 mL를 접종하여 30°C에서 정치 배양하여 사용하였다.

식초의 품질특성 및 기능성분 분석

버섯 균사체 배양 현미 식초는 20명의 일반 패널에 의해 평가되었다. 평가항목은 색, 향, 맛 및 전반적인 기호도를 9점 척도법(매우 나쁘다 1점 ↔ 매우 좋다 9점)으로 평가하였다. 적정산도는 시료 1 mL에 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울 떨어뜨린 다음 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 acetic acid(%)로 환산하였으며, pH는 pH meter로 실온에서 측정하였다. 식초의 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Gutfinger, 1981)에 따라 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에 Na₂CO₃용액 1 mL를 가하여 3분간 방치한 후, 50% Folin-ciocalteu 시약 0.2 mL를 가하여 반응시켜 30분간 상온에서 방치하였다. 이 혼합물을 10분간 12,000 rpm에서 원심분리한 후, 상등액 1 mL를 취하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 폴리페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로 환산하여 나타내었다. 식초의 베타글루칸과 코디세핀 함량은 식초와 그 잔사를 농축하여 버섯 균사체 배양물 분석법과 동일하게 실시하였다.

통계 분석

모든 측정은 3회 반복하여 행하여졌으며, 그 결과의 통계 처리는 SAS Enterprise Guide 7.1.(SAS Institute INC., Cary NC, USA)을 이용하여 Duncan의 다중범위검정(Duncan's-multiple range test)을 통하여 평균값들에 대한 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

버섯 균사체 배양물의 성분분석 결과(Table 1), 조지방 함량은 동충하초 균사체 배양물(이하 동충하초, *P. cornucopiae*)이 2.58%로 다른 균사체 배양물에 비해 높았고, 베타글루칸 함량은 동충하초 34 mg/g, 영지 균사체 배양물(이하 영지, *G. lucidum*) 25.3 mg/g, 노랑느타리 균사체 배양물(이하 노랑느타리, *P. cornucopiae*)이 20.1 mg/g 순으로 함유되어 있고 현미(brown rice)에도 7.6 mg/g 함유되어 있는 것으

Table 1. Chemical property of various mushroom mycelial cultures in brown rice

Mushroom mycelial cultures	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	β-glucan (mg/g)	Cordycepin (mg/g)
<i>Pleurotus cornucopiae</i>	6.7	8.31	1.93	1.36	20.1	-
<i>Cordyceps militaris</i>	6.7	8.61	2.58	1.42	34.0	0.34
<i>Ganoderma lucidum</i>	7.8	7.87	1.59	1.40	25.3	-
control ^a	6.9	8.21	1.96	1.18	7.6	-

^aControl: brown rice

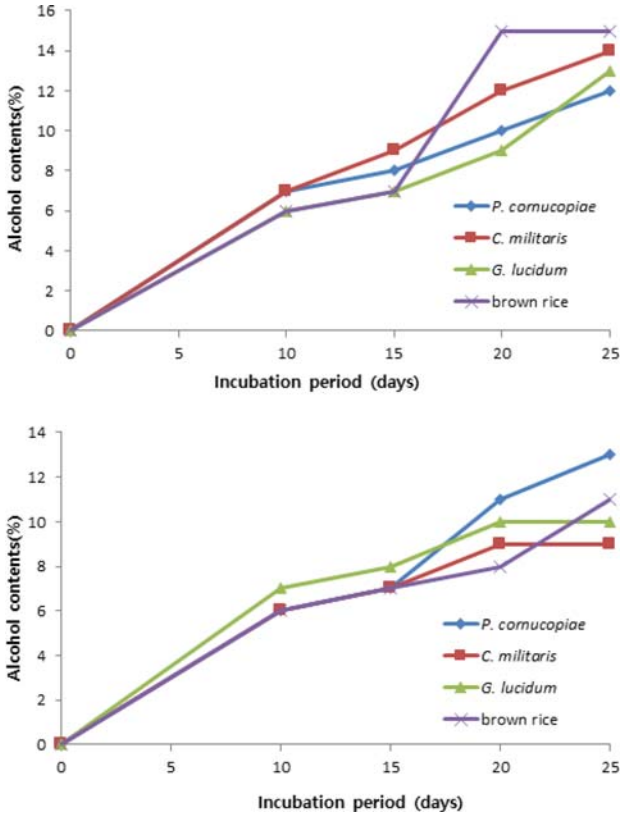


Fig 1. Changes of alcohol contents during alcohol fermentation of mushroom mycelial cultures in Makgeolli (Left: Dried, Right: Raw).

로 나타났다. 한편, 동충하초에는 코디세핀이 0.34 mg/g 함유되어 있는 것으로 나타났다.

알코올 발효에 따른 균사체 배양물의 알코올 함량 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 건조시료를 이용 알코올 발효 시 배양 20일경에 현미(건조시료), 동충하초, 노랑느타리, 영지 순으로 현미의 알코올 함량이 가장 높게 나타났고, 생시료로 발효 시에는 노랑느타리, 동충하초, 장생녹각영지, 현미(생시료) 순으로 나타났다.

버섯 균사체 배양물의 초산발효 시 산도 변화는 Fig. 2와 같다. 건조시료로 이용 시에는 노랑느타리가 산 생성능이 가장 우수하고 동충하초, 영지, 현미(건조시료) 순으로 나타났으며, 생시료 처리구에서는 현미의 산 생성능이 가장 우수하고, 동충하초, 노랑느타리, 영지 순으로 나타났다. 산 생성능에서 버섯별 건조시료와 생시료가 차이가 났는데, 이는 시료의 수분함량이 초산발효에 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다.

버섯 균사체 배양식초의 이화학적 특성 분석결과(Table 2), 건조시료중에서는 노랑느타리, 동충하초 식초의 산도가 각각 6.0, 5.6으로 우수하였다. Na 등(2013)의 연구에 따르면 시판 발효식초의 총산 함량을 분석한 결과, 현미식초, 사과식초, 매실식초가 6.33~6.57, 감식초, 양조식초, 쌀식초, 무화과식초는 4.38~5.48의 범위를 보여 원료에

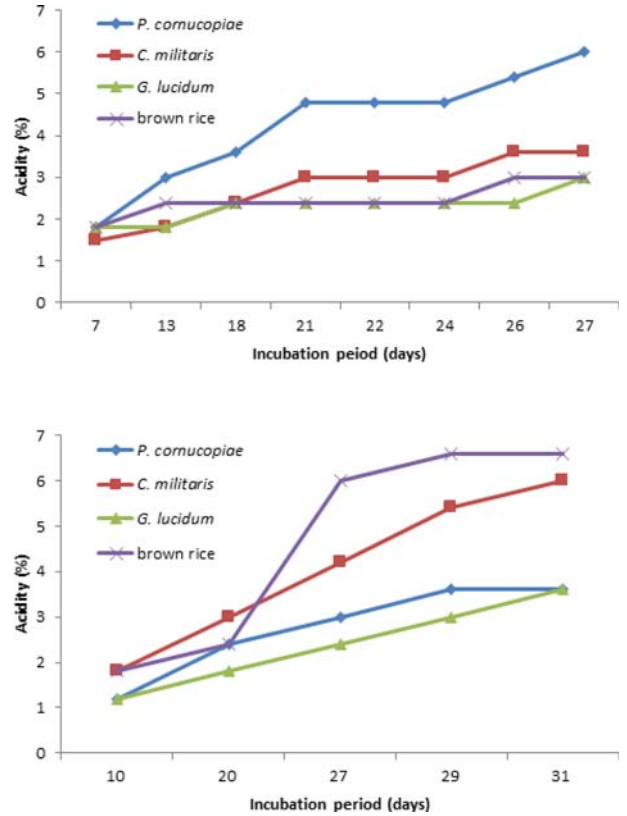


Fig 2. Changes of acidity during acetic acid fermentation of mushroom mycelial culture(Left: Dried, Right: Raw).

따라 산생성능이 차이가 있었다. 또한, Kim 등(2013)의 연구에서는 현미식초의 산도가 4.51~6.39로 보고 하였는데, 본 시험의 버섯 균사체 배양 현미식초의 경우 버섯균 종류에 따라 산도 차이가 낮고 환원당 함량도 현미와 영지에 비해 높게 나타났다. 생시료 중에서는 동충하초와 현미가 각각 6.0, 6.6으로 우수하고 노랑느타리, 영지는 상대적으로 낮았다.

버섯 균사체 배양식초의 기호도를 9점 척도법으로 평가한 결과(Table 3), 건조시료에서는 노랑느타리, 동충하초 식초가 색상에는 차이는 없지만 맛, 향에서 기호도가 높고, 이취는 낮은 것으로 나타나 종합적 기호도에서 높은 점수를 받았다. 생시료에서는 동충하초가 현미(대조구)와 비슷하게 맛, 향, 자극취 강도가 우수하고 이취는 낮아 종합적 기호도가 우수하였다. 이상의 결과는 앞서 버섯 균사체 배양식초의 산도와 일치하는 것으로 산도가 높아 산생성능이 우수한 식초들이 기호도도 우수한 것으로 나타났다.

버섯 균사체 배양 식초의 기능성 성분 분석결과는 Table 4와 같다. 전반적으로 생시료보다는 건조시료에서, 현미 보다는 균사체 배양식초의 기능성분 함량이 높은 것으로 나타났다. 특히, 동충하초 균사체 배양식초는 건조시료, 생시료 모두 폴리페놀 함량이 다른 처리구보다 높았

Table 2. Chemical property of mushroom mycelial vinegar

	Vinegar	pH	Acidity (%)	Sugar contents (°Brix)	Reducing sugar (mg/mL)
Dried	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	3.3	6.0	7.8	1,209
	<i>Cordyceps militaris</i>	3.6	5.6	8.0	1,383
	<i>Ganoderma lucidum</i>	3.0	3.0	8.6	457
	control ^a	3.6	3.0	7.8	752
Raw	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	3.6	3.6	6.4	527
	<i>Cordyceps militaris</i>	3.5	6.0	6.5	450
	<i>Ganoderma lucidum</i>	3.6	3.6	6.6	41
	control	3.7	6.6	6.3	331

^aControl: brown rice**Table 3.** Sensory evaluation scores of mushroom mycelial vinegar

	Vinegar	Color	Taste	Flavor	off-odor	Overall
Dried	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	6.5 ^{ns}	7.1 ^a	6.4 ^a	4.2 ^b	7.3 ^a
	<i>Cordyceps militaris</i>	6.3	6.9 ^a	6.5 ^a	4.4 ^b	6.6 ^a
	<i>Ganoderma lucidum</i>	6.0	3.3 ^b	3.9 ^b	6.2 ^a	3.8 ^b
	control ^a	5.4	4.2 ^b	5.0 ^b	5.2 ^{ab}	4.4 ^b
Raw	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	6.1 ^{ns}	4.9 ^b	5.4 ^a	5.1 ^{ab}	5.0 ^b
	<i>Cordyceps militaris</i>	5.8	6.5 ^a	5.8 ^a	4.5 ^b	6.2 ^a
	<i>Ganoderma lucidum</i>	5.2	4.6 ^b	4.1 ^b	6.4 ^a	4.5 ^b
	control	5.9	6.8 ^a	5.5 ^a	4.4 ^b	6.5 ^a

^a Control: brown rice^{a, b} Different superscript letters within the same column indicate significant differences among treatments by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).**Table 4.** Bioactive contents of vinegar with mushroom mycelial culture

	Vinegar	Polyphenol content (mg/L)	β -glucan (mg/g)	Cordycepin (mg/L)
Dried	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	655 ^c	20.9 ^a	-
	<i>Cordyceps militaris</i>	689 ^a	3.5 ^c	786
	<i>Ganoderma lucidum</i>	672 ^b	10.2 ^b	-
	control ^a	613 ^d	4.5 ^c	-
Raw	<i>Pleurotus cornucopiae</i>	578 ^c	9.8 ^b	-
	<i>Cordyceps militaris</i>	640 ^a	11.8 ^b	353
	<i>Ganoderma lucidum</i>	580 ^b	17.4 ^a	-
	control	525 ^d	11.1 ^b	-

* DMRT at 5% level

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

고, 동충하초의 특이 성분인 코디세핀도 건조시료에서 786 mg/L, 생시료에서 353 mg/L 각각 검출되었다. 식초의 생리활성 연구에 따르면, 일반식초보다는 오이(Hong *et al.*, 2012), 양파(Cheun *et al.*, 2005), 녹차(Jo, 2013)를 첨가함으로써 기능성이 증가 된다는 연구가 있었는데, 본

연구에서는 현미에 버섯 균사체를 배양함으로써 식초의 기능성이 증가된 것으로 나타났다. 베타글루칸 함량은 건조시료 처리구의 노랑느타리가 20.9 mg/g으로 가장 높았고, 생시료에서는 영지가 17.4 mg/g으로 나타났다.

적 요

버섯 균사체 배양물을 이용한 식초개발 결과는 다음과 같다. 버섯 균사체 배양물의 베타글루칸 함량 분석결과 현미에서는 29.2 mg/g이었으나 버섯 균사체 배양물에서 함량이 증가하여 상향 78.7 mg/g, 동충하초 46.6 mg/g, 노랑느타리 19.9 mg/g 순으로 나타났다. 또한 동충하초 배양물은 조지방과 베타글루칸 함량이 상대적으로 높고, 코디세핀도 0.34 mg/g 함유되어 있었다. 버섯 균사체 배양물 첨가에 따른 알코올 발효특성은 건조시료 중에서는 현미, 동충하초가 생시료 중에서는 노랑느타리의 알코올 생성능이 높았으며, 초산발효 시 산도는 건조시료에서는 노랑느타리가, 생시료에서는 현미의 산도가 높았다. 버섯 균사체 배양식초의 이화학적 특성 분석결과 건조시료 중 노랑느타리와 동충하초 식초가 산도가 높고 환원당 함량이 높은 것으로 나타났으며 기호도 평가 결과 노랑느타리와 동충하초 균사체 식초가 현미식초에 비해 기호도가 높았고 이취는 낮은 것으로 나타났다. 버섯 균사체 식초의 기능성분 분석결과 동충하초 식초는 폴리페놀이 우수하였고 또한, 코디세핀이 786 mg/L 함유되어 있으며, 노랑느타리 식초는 베타글루칸 함량이 20.9 mg/g으로 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 버섯 균사체를 활용한 발효식초 제조에 적합한 균으로는 동충하초와 노랑느타리가 적합한 것으로 나타났으며, 향후 적정 초산 발효기간, 보존 방법 등의 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

Cheun KS, Kang SG, Kang SK, Jung ST, Park YK. 2005. Changes of the Flavonoids in Onion Vinegar Fermented with Onion Juice and Ethanol. *Korean J Food Preserv* 12: 650-655.
Cunningham KG, Hutchinson SA, Manson W, Spring FS. 1951.

Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link. Part 1. Isolation and characterization. *J Chem Soc* 51: 2299-2300.
Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *J Amer Oil Chem Soc* 58: 966-968.
Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, Seo KI. 2012. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 927-935.
Jeoung YJ, Lee MH. 2000. A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind Nutr* 5: 7-12.
Jo YL. 2013. Manufacturing of green tea-treated maggeolli and vinegar. Master's Thesis. Chonnam University. Gwangju, South Korea.
Kim KO, Kim SM, Kim SM, Kim DY, Jo D, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. 2013. Physicochemical Properties of Commercial Fruit Vinegars with Different Fermentation Methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 736-742.
Kwon SH, Kim, CN, Kim CY, Kwon ST, Park KM, Hwangbo S. 2003. Antitumor Activities of Protein-bound Polysaccharide Extracted from Mycelia of Mushroom. *Korean J Food Nutr* 16: 15-21.
Kwon EK, Kim YE, Lee CH, Kim HY. 2006. Screening of Nine Herbs with Biological Activities on ACE Inhibition, HMG-CoA Reductase Inhibition, and Fibrinolysis. *Korean J Food Sci Technol* 38: 691-698.
Lee SM, Choi YM, Kim YW, Kim DJ, Lee JS. 2009. Antioxidant Activity of Vinegars Commercially Available in Korean Markets. *Ind Food Eng* 48: 221-225.
Na HS, Cho GC, Yang SI, Lee JH, Cho JY, Ma SJ, Kim YJ. 2013. Comparison of characteristics in commercial fermented vinegars made with different ingredients. *Korean J Food Preserv* 20: 482-487.
Yoon SR, Kim GR, Lee JH, Lee SW, Jeong YJ, Yeo SH, Choi HS, Kwon JH. 2010. Volatile Compounds and Sensory Properties of Commercial Brown Rice Vinegars Fermented with and without Ethanol. *Korean J Food Sci Technol* 42: 527-532.
Rhee YK, Han MJ, Park SY, Kim DH. 2000. *In vitro* and *in vivo* Antitumor Activity of the Fruit Body of *Phellinus linteus*. *Korean J Food Sci Technol* 32: 477-480.