

버섯 기능성 물질의 산업화

박기문

성균관대학교 식품생명공학과

Industrialization of mushroom functional substances

Ki Moon Park

Department of Food Science and Biotechnology, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

ABSTRACT : Mushroom is well known for a safe food for a long time and, what is more, has a lot of useful characteristics related on the pharmacological activities. It is expected to be one of the most important functional food due to its diverse bioactive compounds. Especially, medical potentiality on immunomodulator and antitumor continues to be focused. Recent research trend and commercialization of functional healthy food using mushroom and its bioactive compounds will be herein introduced. Industrialization of mushroom functional substances will be also discussed.

KEYWORDS : Mushroom functional substances, industrialization, pharmacological activities, bioactive compounds

1. 서 론

버섯은 분류학상 고등균류 (Higher fungi) 중 담자균아강 (Basidiomycotina) 과 자낭균아강 (Ascomycotina) 및 불완전균류 (Imperfect fungi) 에 속하며 대사산물이 축적된 자실체 (fruiting body) 를 주로 이용하고 있다¹⁾. 자실체에는 식물성 단백질과 아미노산, 효소, 지방, 철분, 섬유소, 비타민, 미네랄 등과 같이 인체에 중요한 각종 영양성분을 함유하고 있으며 특유의 향과 맛 때문에 예로부터 사람들이 즐겨 먹었고, 지방질이 적고 식이 섬유와 단백질이 풍부한 저칼로리 식품으로 알려져 있다²⁾.

동양의학에서는 BC 3,000년경부터 질병의 치료에 버섯류를 사용해 왔으며 Fungi로부터 penicillin (1929년) 이 발견된 후 천연의 항체 및 생리활성물질의 풍부한 자원으로 알려지기 시작하였다. 특히 영지버섯 (*Ganoderma lucidum*), 표고버섯 (*Lentinus edodes*), 흰목이버섯 (*Tremella fuciformis*), 말굽버섯 (*Fomes fomentarius*), 말굽잔나비버섯 (*Fomitopsis officinalis*) 등 많은 버섯류가 중국 및 한국, 일본, 슬라브 지역에서 수백년간 질병의 치료에 사용되어왔다³⁾. 현재 버섯의 특정성분 및 2차대사산물의 생리활성물질들이 밝혀지고 있으며 지금까지 알려진 것들은 다음의 표 1과 같다.

이러한 버섯류는 오래전부터 식용으로 섭취하였기 때문에 안전하고 음식물로도 섭취하면서 질병을 치료할 수 있는 특징을 가지고 있다.

Table 1. Bioactive compounds isolated from macrofungi⁴⁾

| Main compound group | Example | Medical potentiality |
|--------------------------|---|---|
| Polysaccharides | Grifolan Lentinan | Schizophyllan Immunomodulator Antitumor Antiviral, Antimicrobial |
| Polysaccharide-peptide | PSP PSK | Antitumor Antiviral, Antimicrobial Cytotoxic |
| Proteins | Fips Ganoderic acids Ganoderiol Ganoderenic acids Lucidenic acids | Immunomodulator Anti-HIV activity Antitumor Cytotoxic |
| Terpenoids | Ganolucidic acids Lucidumols Ganoderols Applanoxidic acids | Histamine release inhibitor Antihypertension (ACE inhibitor) Anti-inflammatory |
| Steroids | Polyoxygenated derivatives of ergosterol | Cytotoxic Antitumor Antibacterial |
| Fatty acids | Linoleic acid Palmitic acid Octadecanoic acid | Antimutagenic Antibacterial |
| Organic germanium | Bis- β -carboxyethyl germanium sesquioxide | Antitumor Immunomodulator |
| Nucleotides | Adenisine | Platelet aggregate inhibition |
| Polyacetylenic compounds | Biformyne, Agrocybin Nemotinic acid Marasmin, Quadrifidins | As antibiotics |

*Corresponding author: <pkm1001@skku.edu>

버섯의 생리활성물질은 자실체 이외에, 균사체, 포자 그리고 배양액에도 존재한다. 이 중 면역증강 및 항암효과를 보이는 중요한 물질인 polysaccharide류, glycopeptide/protein 복합물, proteoglycan류, protein, triterpenoid 류가 분리되었다. 이상과 같은 버섯의 생리활성물질을 이용한 의약품 및 건강기능식품 등이 개발되어 사용되고 있으며 최근에는 기능성화장품의 원료로도 활용되고 있다.

이런 점에서 인류의 건강유지를 위하여 버섯 생리활성 물질을 이용한 산업화는 버섯 산업의 활성화 및 건강기능 식품 및 화장품분야에도 많은 기여를 할 것으로 판단된다.

2. 의약품 및 건강기능식품으로의 활용

1) 면역증강 및 항암작용

Basidiomycetes 버섯류의 생리활성은 Lucas(1957)⁵⁾에 의해 처음으로 그물버섯(*Boletus edulis*)으로부터 Sarcoma S-180의 증식을 저해하는 물질을 분리하였고 1966년 Gregory⁶⁾는 200종 이상의 자실체와 7,000종의 액체배양액을 이용하여 생리활성 물질을 분리하였다. 그 결과 22개의 버섯으로부터 추출한 다당체가 동물 모델에서 항암효과를 나타냈으며 50개의 배양액에서 3종의 암세포

Table 2. Source, type and bioactivity of some macrofungal polysaccharides

| Fungi source | References | Polysaccharide source | Type | Main bioactivity |
|----------------------------------|--|---------------------------------------|---|---|
| <i>Grifola frondosa</i> | Cun et al., 1994; Zhuang et al., 1994; Zhuang, Mizuno, Ito, Shimura, & Sumiya, 1993 | Fruiting body | Proteoglycan, glucan, galatomannan, heteroglycan, grifolan ^a | Immunomodulating, antitumor, antiviral, hepatoprotective |
| <i>Inonots obliquus</i> | Kim et al., 2005 | Fruiting body, mycelium | Glucan | Antitumor, immunomodulating |
| <i>Agaricus blazei</i> | Mizuno, 1992; Mizuno, 1998 | Fruiting body, mycelium | Glucan, heteroglycan, glucan proetin Glucomannan-protein complex | Antitumor |
| <i>Flammulina velutipes</i> | Zeng, 1990 | Fruiting body, mycelium | Glucan-protein complex, glycoprotein | Antitumor, anti-inflammatory, antiviral, immunomodulating |
| <i>Ganoderma applanatum</i> | Nakashima, Umeda, & Kanada, 1979 | Fruiting body | Glucan | Antitumor |
| <i>Polypours umbellatus</i> | Yang et al., 2004 | Mycelium | Glucan | Antitumor, immunomodulating |
| <i>Clitopilus caespitosus</i> | Liang, Miao, & Zhang, 1996 | Fruiting body | Glucan | Antitumor |
| <i>Pleurotus citrinopileatus</i> | Wang, Hu, Liang & Yeh, 2005 | Fruiting body | Galactomannan | Antitumor |
| <i>Trametes robiniophila</i> | Zhang, 1995 | Mycelium | Proteoglycan | Immunomodulating hepatoprotective, anticancer |
| <i>Tremella fuciformis</i> | Huang, 1982 | Fruiting body, mycelium, culture both | Heteroglycan | Hyperlipidemia, hyperglycemia, immunomodulating, antitumor, anti-decrepitude, anti-thrombus |
| <i>Tremella aurantialba</i> | Liu, Xie, Su, Han, & Liu, 2003 | Fruiting body, mycelium | Heteroglycan | Immunomodulating, hyperglycemia |
| <i>Pleurotus tuber-regium</i> | Zhang, Cheung & Zhang, 2001; Zhang, Chiu, Cheung & Ooi, 2006; Zhang, Zhang, & Cheung, 2003 | Sclerotium, mycelium | β -D-glucan | Hepato-protective, anti-brease cancer |
| <i>Ganoderma lucidum</i> | Miyazaki & Nishijima, 1981; Mizuno, 1997 | Fruiting body, culture broth | Heteroglycan, mannoglucan, glycopeptide | Hyperglycemia, immunomodulating, antitumor, antioxidative, anti-decrepitude |
| <i>Auricularia auricula</i> | Ukai et al., 1983; Ukai et al., 1982 | Fruiting body | Glucan | Hyperglycemia, immunomodulating, antitumor, anti-inflammatory, antiradiative |
| <i>Schizophyllum commune</i> | Yamamoto, 1981 | Mycelium | Glucan, schizophyllan ^a | Antitumor |

Table 2. (Continued)

| Fungi source | References | Polysaccharide source | Type | Main bioactivity |
|---------------------------------|---|--|--|---|
| <i>Hericum erinaceus</i> | Kawagishi, Ando, & Mizuno, 1990; Mizuno, 1992; Mizuno, 1998 | Fruiting body, mycelium | Heteroglycan, heteroglycanpeptide | Hyperglycemia, immunomodulating, antitumor |
| <i>Lentinus edodes</i> | Chihara, 1969; Chihara et al., 1970; Hobbs, 2000 | Culture broth, fruiting body | Mannoglucan, polysaccharide-protein complex glucan, lentinan ^a | Immunomodulating, antitumor antiviral |
| <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> | Palleschi, Bocchinfuso, Coviello, & Alhaique, 2005 | Sclerotium | Glucan, scleroglucan (SSG) ^a | Antitumor |
| <i>Polystictus versicolor</i> | Cui & Chisti, 2003 | Fruiting body, culture broth, mycelium | Heteroglycan glycopeptide, krestin (PSK) ^a | Immunomodulating, antitumor, antiradiative, hyperglycemia, antiinflammatory |
| <i>Pleurotus ostretus</i> | Solomko, 1992 | Fruiting body | Glycoprotein | Antitumor, hyperglycemia, antioxidant |
| <i>Morchella esculenta</i> | Duncan et al., 2002 | Fruiting body | Heteroglycan | Hyperglycemia, antitumor |
| <i>Omphalia lapidescens</i> | Saito, Nishijima, Ohno, Yadomae, & Miyazaki, 1992 | Fruiting body | Glucan | Antiinflammatory, immunomodulating |
| <i>Phellinus linteus</i> | Kim, Choi, Lee, & Park, 2004 | Fruiting body | Glucan | Antitumor |
| <i>Armillariella tabescens</i> | Kiho, Shiose, Nagai, & Ukai, 1992 | Mycelium | Heteroglycan | Antitumor |
| <i>Dictyophora indusiata</i> | Hara et al., 1991 | Fruiting body | Heteroglycan, mannan, glucan | Antitumor, hyperglycemia |
| <i>Peziza vericulosa</i> | Mimura, Ohno, Suzuki, & Yadomae, 1985 | Fruiting body | Proteoglycan, glucan | Immunomodulating, antitumor |
| <i>Tricholoma mongolium</i> | Wang, Ooi, Ng, Chiu, & Chang, 1996 | Fruiting body | Glucan | Antitumor |
| <i>Cordyceps sp</i> | Hsu, Shiao, Hsieh, & Chang, 2002 | Fruiting body, mycelium, culture broth | Glucan, heteroglycan | Antitumor, immunomodulating, antitumor, hyperglycemia |

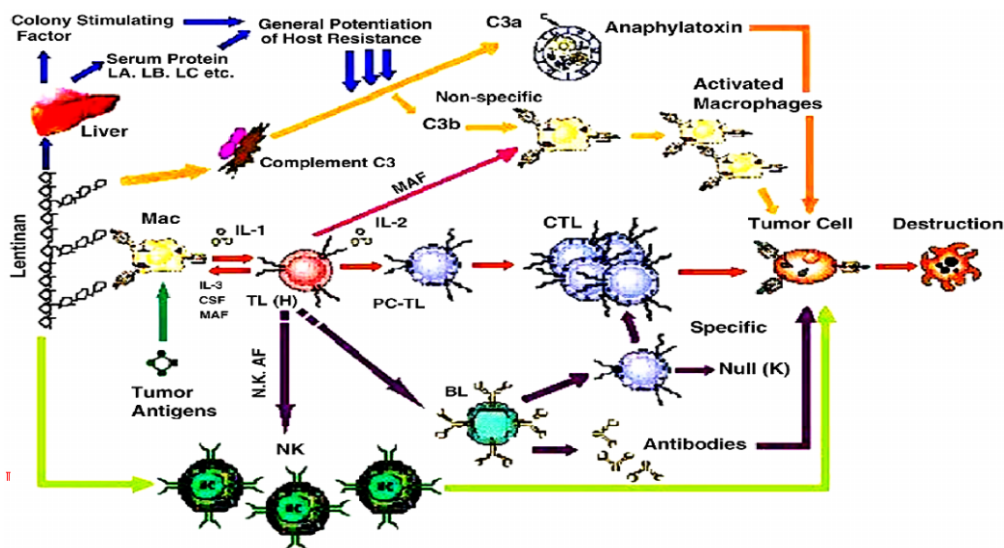


Fig. 1. Mechanism of antitumor activity of lentinan as a β -D-glucan. Mar, Macrophages; TL(H), T-lymphocyte(helper); NK, natural killer cells; IL-1, 2 and 13, interleukin; CFS, colony stimulating factor; BL, B lymphocyte; MAF, macrophage activating factor; PC-TL, precytolytic T lymphocyte; CTL, cytotoxic(cytotoxic) T-lymphocyte

(Sarcoma S-180, adenocarcinoma 755, leukemia L-1210)에 대해 저해를 나타냈다. 그 후 영지버섯(*Ganoderma lucidum*), 복령(*Poria cocos*), 표고버섯(*Lentinus edodes*), *Coriolas versicolor*, 잎새버섯(*Grifola frondosa*), 목이버섯(*Auricularia auricula-judae*) 등으로부터 항암활성을 가지는 다당체를 분리하였다. 지난 30년 동안 연구되어진 28종 버섯의 다당체들은 다음의 표 2와 같다⁷⁾. 이들 중 면역증강 및 항암치료에 사용하기 위해 상업화되어 있는 것으로는 schizophyllan과 lentinan, grifolan, krestin(polysaccharide-peptide complex), PSK(polysaccharide-protein complex)가 있다. 이러한 버섯 추출물들은 다당체에 단백질이나 peptide가 결합되어 있거나 다당체의 1차 및 고차결합구조에 따라 항암활성에 큰 영향을 미치게 된다⁸⁾. 대부분의 다당체들은 항암작용이 명확하게 밝혀져 있지 않기 때문에 비특이성 활성 물질로 분류되어 있으며 활성물질의 결합상태도 불명확하다. 표고버섯의 다당체 추출물인 lentinan의 면역증강을 통한 항암 작용은 다음의 그림 1과 같다⁴⁾.

2) 관절염과 통풍 치료 작용

관절염은 매우 흔한 만성질환으로 영국의 경우 50명 중 1명이 류머티스 관절염을 앓고 있고, 통풍은 200명 중 1명이 앓고 있을 정도로 흔한 질병으로 Diclofenac, Indomethacin 등의 비 스테로이드성 소염진통제(NSAIDs)가 치료제로 사용되고 있다. 일반적으로 NSAIDs는 Cyclooxygenase(COX)를 저해함으로써 arachidonic acid가 prosta-

glandin으로 전환되는 염증발생 과정을 차단할 수 있다. 그러나, COX는 COX-1과 COX-2의 서로 다른 아형이 존재하며, 기존 NSAIDs는 이들을 구별하지 않고 모두 저해하기 때문에 위장관 장애와 같은 부작용을 나타내는 문제점을 가지고 있어 선택적 COX-2 저해제가 신약이 출시되고 있다. 통풍도 염증성 질환으로 요산이 체외로 배출되지 않아 체내에 축적되면서 결정화되면서 염증이 유발되는 질병이기 때문에 요산의 배출 촉진제나 요산의 생합성을 저해하는 Xanthine oxidase(XO) 등이 치료제로 사용되고 있다. 하지만 임상에서 사용되고 있는 XO 저해제로는 Allopurinol이 유일한 물질로 알려져 있다. 시루뻔 버섯(*Inonotus sp.*)에서 분리, 정제한 Inotilone은 COX-2와 XO 효소 모두를 저해하여 관절염과 통풍 치료효과가 있으며 기존 치료제와 유사한 것으로 나타났다⁹⁾. 그밖에 관절염 및 통풍예방효과를 보이는 버섯류는 표 3과 같다.

3) 항고혈압 활성 작용

상황버섯 에탄올 추출물이 항고혈압활성을 나타내었고, 비늘버섯 자실체추출물에서 ACE 저해활성을 나타내는 414 Da의 pentapeptide (IC 50 : 0.45mg)를 분리하였으며 새송이버섯도 항고혈압활성을 나타내었다.

4) 혈전용해 활성 작용

혈전증은 활성화된 트롬빈이 피브리노겐을 피브린으로 전환시켜 중합체를 형성하여 생성되는 혈전에 의해 동맥경화 등을 일으키게 된다. 따라서, 혈소판 응집 억제나 혈

표 3. 관절염 및 통풍 치료효과를 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|--------------------------------|-----------|------------|------|
| <i>Inonotus sp.</i> (시루뻔버섯) | Inotilone | 관절염 및 통풍치료 | 9 |
| <i>Phelinus linteus</i> (상황버섯) | 에탄올추출물 | 통풍예방 | 10 |
| <i>Fomes omentarius</i> (말굽버섯) | 유기계르마늄 | 항관절염 | 11 |

표 4. 항고혈압 활성을 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|----------------------------------|---------|----------|------|
| <i>Phelinus linteus</i> (상황버섯) | 에탄올 추출물 | 항고혈압활성 | 12 |
| <i>Pholiota adiposa</i> (비늘버섯) | 자실체추출물 | ACE 저해활성 | 13 |
| <i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯) | 열수추출물 | 항고혈압활성 | 44 |

표 5. 혈전용해 및 혈소판 응집억제 활성을 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|--------------------------------------|------------------------|----------|------|
| <i>Pholiota sp.</i> (비늘버섯) | 물, 에탄올 추출물 | 혈전용해 활성 | 14 |
| <i>nonotus obliquus</i> (차가버섯) | 에탄올추출물(314 Da peptide) | 혈소판 응집저해 | 13 |
| <i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯) | triterpene | 혈소판 응집조절 | 15 |
| <i>Armillaria mellea</i> (뽕나무버섯) | | 혈전분해효소생산 | 16 |
| <i>Pisolithus tinctorius</i> (모래발버섯) | 자실체 추출물 | 혈전용해활성 | 17 |

전 용해활성을 가진 버섯을 확인한 결과는 다음의 표 5와 같다.

5) 항 당뇨병 활성 작용

당뇨는 우리나라의 대표적인 성인병으로 발병 예측환자 혹은 미인지 상태를 포함할 경우 약 400만명 이상으로 추정하고 있으며, 당뇨병 환자의 약 85% 이상이 인슈린 비 의존성 환자로 노령화 사회로 들어선 우리나라에서는 당뇨병 환자의 발생은 급격히 증가하리라 판단된다. 따라서 당뇨병 환자의 혈당을 조절하여 만성 합병증을 개선 또는 지연시키기 위한 기능성 식품의 개발이 필요하며 버섯류 중에서 혈당강하 효과를 보이는 버섯류는 다음의 표 6과 같다.

6) 항바이러스 작용

인체 면역결핍 바이러스인 HIV는 T 임파구속에 역전사 효소를 갖고 있어서, 자기의 RNA정보를 사람의 임파구의 DNA에 전사하여 T 임파구를 파괴하기 때문에 인체의 면역체계를 파괴시킵니다. 따라서 이러한 HIV 역전사 효소

의 활성을 저해하는 물질을 함유한 버섯류와 인플루엔자 등 기타 바이러스의 증식을 억제하는 버섯류는 다음의 표 7과 같다.

7) 알츠하이머병 억제 작용

뇌신경 세포를 보호하거나 nerve growth factor(NGF) 합성을 자극하여 알츠하이머병을 억제하는 것으로 알려진 버섯 및 그 추출물에 대해 표 8에 나타내었다.

8) 비만 및 지질대사 개선, 콜레스테롤 저하 효과

심혈관계 질환 위험성을 감소시키기 위해 지질대사 개선이나 콜레스테롤 저하 작용 그리고 항 비만 효과를 보이는 버섯은 다음의 표 9와 같다.

9) 항산화 작용

지방의 산화를 억제하여 노화를 지연시키고, 인체 내 대사과정에서 발생하는 free radical을 제거하여 항암 등의 효과를 나타내는 버섯류는 다음의 표 10과 같다.

표 6. 항당뇨 활성을 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|---------------------------------------|--------------------------|----------------------------|------|
| <i>Lentinus edodes</i> (표고버섯) | β -glucan | 항당뇨활성 | 18 |
| <i>Phelinus baumii</i> | exopolysaccharides (EPS) | 항당뇨활성 | 19 |
| <i>Inonotus obliquus</i> (차가버섯) | 균사체 추출물 | 항당뇨활성 | 20 |
| <i>Lentinus edodes</i> (표고버섯) | 다당체 | 항당뇨활성 | 21 |
| <i>Paecilomyces japonica</i> (눈꽃동충하초) | 균사추출물 | 항당뇨활성 | 22 |
| <i>Fomes omentarius</i> (말굽버섯) | 유기게르마늄 | 항관절염 | 11 |
| <i>Grifola frondosa</i> (잎새버섯) | 열수추출 후 EtOH추출 | 항당뇨 활성 | 23 |
| <i>Tremella fuciformis</i> (흰목이버섯) | 에탄올추출 다당체 | 항당뇨 활성 | 24 |
| <i>Elfvigina applanata</i> (잔나비겉상버섯) | 자실체, 균사체 추출물 | 혈당저하 | 61 |
| <i>Phellinus gilvus</i> (마른진흙버섯) | 자실체추출물 | α -glucosidase 활성억제 | 64 |

표 7. 항 바이러스 및 HIV 역전사효소 활성 저해를 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------|
| <i>Cordyceps militaris</i> (번데기동충하초) | cordycepin(3'-deoxyadenosine) | antivirus | 25 |
| <i>Russula paludosa</i> | 열수추출물 | HIV-1 억제 | 26 |
| <i>Inonotus obliquus</i> (차가버섯) | | Anti-influenza, 에이즈에 효과 | 27 |
| <i>Microphorus affinis</i> | 자실체 메탄올 추출물 | Anti-influenza활성 | 28 |

표 8. 알츠하이머병 억제 효과를 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|-------------------------------------|--|---------------------|------|
| <i>Polyozellus multiplex</i> (까치버섯) | 에탄올추출물-Kynapin-12, 13, 24, 28 테레포린산 | 노화방지, 치매치료 및 성인병 예방 | 29 |
| <i>Daldinia concentrica</i> (콩버섯) | 자실체 메탄올추출물 | 뇌신경세포 보호활성 | 30 |
| <i>Hericium erinaceum</i> (노루궁뎅이버섯) | Hericenone A-F(자실체), Erinacines A-I(균사체) | 알츠하이머병 억제 | 31 |

표 9. 비만 및 지질대사 개선, 콜레스테롤 저하 효과를 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|--|-----------|-----------------|------|
| <i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯) | 분말 | 지질대사개선효과 | 32 |
| <i>Phelinus linteus</i> (상황버섯) | 메탄올추출물 | 지질대사개선효과 | 33 |
| <i>Inonotus obliquus</i> (차가버섯) | | 체내지질농도개선 | 34 |
| <i>Inonotus obliquus</i> | 자실체 발효추출물 | 혈중지질 농도저하 | 35 |
| <i>Agaricus blazei</i> | 액체배양액 | 지질대사 촉진 | 36 |
| <i>Coriolus versicolor</i> (구름버섯) | 액체배양액 | 지질대사 촉진 | 37 |
| <i>Gyrophora esculenta</i> (석이버섯) | 자실체 분말 | 혈청 및 간 콜레스테롤 저하 | 38 |
| <i>Rhizopus microsporus</i> | SOD | 지질분해 | 39 |
| <i>Flammulina velutipes</i> (팽이버섯) | 건조분말 | 콜레스테롤 저하기능 | 40 |
| <i>Fomitopsis pinicola</i> (Fr.)Karst.(소나무잔나비버섯) | 추출물 | 비만예방효과 | 41 |
| <i>Ganoderma lucidum</i> (영지) | 분말 | 항비만효과 | 42 |

표 10. 항산화작용을 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|-------------------------------------|--|-------------------|------|
| <i>Sarcodon aspratus</i> (능이버섯) | diketopiperazine 계 회합물 | 항산화활성 | 43 |
| <i>Pleurotus eryngii</i> (새송이버섯) | 에탄올추출물 | 항산화활성 | 44 |
| <i>Pholiota</i> sp. (비늘버섯) | 물 & 에탄올 추출물 | 항산화활성 | 45 |
| <i>Lentinus edodes</i> (표고버섯) | 부탄올 추출물 | 항산화활성 | 46 |
| <i>Phelinus linteus</i> (상황버섯) | 에탄올추출물 | 항산화효과 | 47 |
| <i>Ganoderma lucidum</i> (영지버섯) | diethylether 및 부탄올 추출물 | 항산화활성 | 48 |
| <i>Agaricus bisporus</i> (양송이) | 부탄올 추출물 | 항산화활성 | 48 |
| <i>Inonotus xeranticus</i> (기와층버섯) | methylinoscavin D & 3,4-dihydroxybenz-aldehyde | 항산화활성 | 49 |
| <i>Inonotus obliquus</i> (차가버섯) | 4-(3,4-dihydroxy-ph enyl)-but-3-en-2-on | 항산화활성 | 50 |
| <i>Paxillus panuoides</i> (은행잎우단버섯) | 메탄올 추출물 - leucomentin-2,4 및 6 | 지질 과산화 저해효과 (항산화) | 51 |
| <i>Inonotus xeranticus</i> (기와층버섯) | inoscavin A, B | 활성산소 소거 | 52 |
| <i>Stereum ostium</i> (갈색꽃구름버섯) | stearin A, B | 활성산소 소거 | 52 |

10) 기타 생리활성 작용

이외에 항균작용, 전립선비대증 치료, 진통완화, 간 독성 해독, 헬리코박터균 위벽부착 억제, 유산균 증식 촉진, 소화효소제 등으로 활용 가능한 버섯은 표 11과 같다.

3. 기능성 소재 전이버섯의 개발

액체배지나 고체배지에 기능성 소재나 기능성 성분을 함유한 원료를 첨가하여 균사체 및 자실체를 생산하게 되면 그 기능성 성분이 버섯으로 전이되어 높은 기능성을 갖는 버섯을 인위적으로 생산하는 연구가 진행되고 있다(표 12). 즉, 칼슘 및 세레늄, 게르마늄 등의 무기질을 첨가하여 기능성 미네랄이 다량 함유된 버섯 자실체가 개발되었고, 은행잎 및 마늘추출물, 인삼엑기스 등을 첨가한 배지를 사용하여 그 약효 성분이 자실체로 전이되도록 함으로써

기능성이 추가된 버섯이 개발되었다. 그 외에 두뇌발달에 도움이 되는 것으로 알려진 GABA 함량이 높은 버섯, 그리고 항암 및 비만예방 효과가 있는 CLA가 함유된 균사체 등이 연구되어 있다.

4. 식품원료 및 일반 식품류에 활용

버섯의 기능성을 활용하여 식품 원료 및 일반 식품류에 활용하여 산업화 하거나 연구 수행한 결과는 다음의 표 13과 같다. 주로 항암 및 면역활성이 있는 것으로 밝혀진 상황버섯 이외에 영지버섯, 잔나비겉상버섯, 동충하초, 차가버섯, 신령버섯, 구름버섯, 표고버섯, 느타리버섯, 노루궁뎅이버섯 등을 활용하여 쌀 등의 곡류에 균사체를 배양한 기능성 쌀의 제조와 주류 및 음료류, 숙취해거제, 과자 및 빵류, 국수류, 된장 등의 장류, 두부, 요구르트 등에 활용되고 있다.

표 11. 기타 생리활성을 보이는 버섯

| 사용버섯 | 활성물질 | 생리활성 | 참고문헌 |
|--|-----------------------|--------------------------------|------|
| <i>Ganoderma lucidum</i> (영지) | ganodermin | antifungal protein | 53 |
| | 메탄올추출물 | 진립선비대증 치료 | 54 |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> (애느타리버섯) | 메탄올추출물 | 항균활성 | 55 |
| <i>Schizophyllum commune</i> (치마버섯) | 다당체 | 상처치유효과, 항균, 항염효과 | 56 |
| <i>Coriolus versicolor</i> (구름버섯) | 균사체 추출물 | 항균활성 | 57 |
| | polysaccharo-peptides | 진통완화 효과 | 58 |
| <i>Hericium erinaceum</i> | 수용성물질 | 항암, 항균활성, 면역활성 | 59 |
| | 자실체메탄올 추출물 | B(a)P에 의한 간독성 해독 | 60 |
| <i>Elfvigina applanata</i> (잔나비겉상버섯) | 자실체 및 균사체 추출물 | Glutathione-S-transferase 활성증가 | 61 |
| <i>Auricularia auricula-judae</i> (목이버섯) | 다당류 추출물 | 헬리코박터균의 위벽부착 억제 | 62 |
| <i>Tylophilus neofelleus</i> (제주쓴맛 그물버섯) | tylopeptin A, B | 항균활성 (G(+)) 선택적작용 | 63 |
| <i>Lentinus edodes</i> (표고버섯) | trehalose | 유산균증식 촉진 | 65 |
| <i>Agrocybe aegerita</i> (버들송이버섯) | 균사체 | 식용단백질 생산 | 66 |
| <i>Sarcodon aspratu</i> (능이버섯) | protease | 소화효소 | 67 |

표 12. 기능성 소재 전이 버섯

| 사용버섯 | 기능성 소재 | 참고자료 |
|--------------------------------------|----------------------------|--|
| 새송이버섯 | 칼슘첨가 배양 약 6배 Calcium 증가 | Lee, Nanhee et al., 2006. Calcium absorption by the fruitbody of Saesongi(<i>Pleurotus eryngii</i>) mushroom, Food Science and Biotechnology, 15 : 308-311 |
| | 인삼엑기스 | 인삼엑기스를 이용 재배한 새송이 버섯, 박철동, 특허출원10-2005-0063015 |
| 팽이버섯 | 마늘추출물로 배양 | 마늘을 이용한 기능성 팽이버섯의 재배용 배지 조성물 및 팽이버섯 재배방법, 조계연, 특허출원 10-2002-0071590 |
| | 인삼엑기스 | 인삼(홍삼 포함)엑기스를 이용 재배한 기능성 팽이버섯 배지 조성물, 이남교, 특허출원 10-2005-0059513 |
| 표고버섯 | 자외선 조사에 의한 비타민 D2 함량 증가 | 자외선을 조사하여 비타민 D의 함량을 증가 시킨 표고버섯의 제조방법, 조은경 등, 특허출원 10-2002-0025172 |
| 영지버섯 | 크롬, 셀레늄, 게르마늄(균사체) | 고함량의 미량 무기물이 함유된 버섯균사체를 포함하는 당뇨병 치료용 음료, 송재만, 특허출원 10-2001-0035250 |
| 표고, 팽이, 목이, 상황, 노루궁뎅이, 동충화초, 등 | 은행잎 | 은행잎배지에 버섯균사체를 배양해서 그 배지와 버섯균사체로부터 엑기스를 추출하는 방법 및 그 산물, 임정준, 특허출원, 10-2005-0035683 |
| 버들송이 | 미네랄 | 미네랄을 함유하는 버들송이버섯의 재배방법 및 그 부산물을 이용한 비료, 김성준 등, 특허출원 10-2005-0012551 |
| 상황버섯 | 유기셀레늄 | 버섯을 이용한 유기셀레늄 함유 농작물의 재배방법, 김성준 등, 특허출원 10-2004-0099915 |
| 동충하초, 상황, 신령등 | GABA | GABA이 강화된 버섯배양물의 제조방법, 이인경, 특허출원 10-2005-0060009 |
| 신령, 먹물, 느타리버섯 | CLA 생산 | CLA 생산 방법 및 이를 함유하는 버섯 균사체 및 배양물, 김정옥, 특허출원 10-2000-0042024 |
| | 손바닥 선인장 | 손바닥 선인장을 이용한 버섯균사체의 대량 배양 및 그 버섯균사체, 김세재 등, 10-2003-0022140 |

표 13. 기능성 버섯의 식품원료 및 일반 식품류에 활용

| 식품 | 사용 버섯 | 참고자료 |
|--------------------|---|---|
| 주류 및 알코올 음료 | 상황버섯, 영지버섯, 잔나비겉상버섯, 동충하초, 차가버섯 등 | 각종 버섯의 자실체 또는 균사체로부터 얻은 추출물을 함유한 기능성 소주 및 그 제조방법, 영광학원, 특허출원 10-2004-0006934 |
| | 상황버섯 | 버섯으로부터 유래한 알코올 가수분해효소 활성을 갖는 균사체를 알코올 음료 또는 주류 생산에 사용하는 방법 및 그 균사체, (주)천년약속, 특허출원 10-2006-0080835 |
| 숙취해소 음료 | 말굽버섯 | 말굽버섯 추출물을 응용한 기능성 숙취해소용 음료의 제조 방법과 그 제품, 신용달, 특허출원 10-2004-0032873 |
| | 느타리버섯 | 느타리버섯 추출물을 함유하는 음료원료의 제조방법, 내츨컬커뮤니티신약(주), 특허출원 10-2001-0015031 |
| 음료, 과자, 주류, 빵 등 | 영지버섯 | 영지버섯을 이용한 건강음료의 제조방법, 장석수 등, 특허출원 10-1999-0030157 |
| | 차가버섯 | 차가버섯을 이용한 기능성식품, 김풍년등, 특허출원 10-2003-0005540 |
| | 말굽버섯 | 말굽버섯 추출물을 응용한 기능성 향 당료, 식음료 제조방법과 그 제품, 신용달, 특허출원 10-2003-0069748 |
| 곡류 | 말굽버섯 | 말굽버섯을 응용한 기능성 게르마늄 쌀과 그 제조방법, 신용달, 특허출원 10-2004-0094391 |
| | 동충하초, 상황버섯 | 약용버섯류의 균사체를 배양한 기능성 쌀의 생산방법, (주)덕승바이오, 특허출원 10-2001-0058344 |
| | 노루궁뎅이버섯 | 노루궁뎅이버섯 자실체 추출물을 함유하는 기능성 쌀 및 그 제조방법, (주)뉴트리바이오, 특허출원 10-2001-0074966 |
| 곡물 | 송이버섯 | 송이버섯 균사체를 이용한 기능성 곡물 및 그 제조방법, (주)에코웨이브텍, 특허출원 10-2002-0033726 |
| | 상황버섯 | 상황버섯균사가 배양된 곡물 제조방법, 김영길, 특허출원 10-2004-0003486 |
| 국수 등 면류 | 표고버섯 | 표고버섯 추출물을 이용한 국수 및 그 제조 방법, 장홍균 등, 특허출원 10-2005-0014807 |
| | 차가버섯 | 차가버섯 및 차가버섯 분말, 뽕잎분말을 첨가 한 냉면제조, 박영환, 특허출원 10-2004- 0052792 |
| 장류 | 상황버섯 | 상황버섯자실체 추출물 및 이를 포함하는 항암면역 증강활성용 기능성 된장, 서진피엘텍(주), 특허출원 10-2004-0036050 |
| | 영지버섯, 상황버섯, 눈꽃동충하초 등 | 버섯 청국장 및 그 제조방법, (주)코시스 바이오, 특허출원 10-2004-0069802 |
| 비스킷 등 | 팽이버섯 | 콜레스테롤 저하 기능을 갖는 음식물의 제조 방법, 롯데제과, 특허출원 10-1991-0002 267 |
| 요구르트 | 느타리버섯 등 | 버섯을 이용한 기능성 요구르트 및 그 제조방법, 신갑균 등, 특허출원 10-2000-0030876 |
| 기능성 두부 | 차가버섯 | 기능성 두부의 제조방법(차가버섯 추출물 이용), 박상재, 특허출원 10-2004-0014635 |
| 프리믹스 | 말굽버섯 | 말굽버섯을 응용한 기능성 향당료 프리믹스 제품과 그 제조방법, 황용만, 특허출원 10-2004-0094386 |

5. 기능성 화장품 소재로의 활용

'Cosmeceutical', 즉 Cosmetic(화장품)과 Pharmaceutical(의약품)의 합성어로, 우리나라의 법률상으로는 기능성 화장품을 뜻하는 피부의 미백 및 주름개선에 도움을 주는 제품, 피부를 곱게 태워주거나 자외선으로부터 피부를 보호하는데 도움을 주는 제품으로 국한되어 있으나, 'Cosmeceutical'이라 불리는 화장품과 의약품의 접목영역에 속하는 제품 군들의 법적 기준과 규제들은 국가적으로 차이가 있다(화장품법 제 2조2항). 이러한 기능성 화장품은 미용 효과뿐만 아니라 신체의 구조나 기능에 영향을 주고 치료, 예방 작용을 하는 화장품으로 해석되어 있다.

지난 몇 년 동안의 전세계 기능성 화장품 시장은 2001년 28억 달러 규모이며, 연평균 15% 성장하여 2006년에는 약 57억 달러에 달할 것으로 예상하고 있다(Data monitor, 2006).

기능성 화장품의 연구는 주로 피부미백과 항노화 등에 관한 연구로 세포독성이 거의 없고, 안전하게 사용할 수 있는 신개념의 물질을 개발하고자 천연물과 약용식물을 대상으로 상당히 유용한 성과를 얻고 있다(Chung et al, 1997).

연구에 사용된 천연물질들은 다양한 생리활성 효과를 가지고 있어, 건강식품의 형태로 섭취될 수도 있지만 화장품에 응용함으로써 미백 및 자외선 차단, 항노화, 항균, 항염 등의 다양한 효과를 기대할 수 있다(Park,1999).

최근에는 화장품분야에서도 버섯류가 새로운 천연소재로 주목을 받고 있어, 기능성화장품에서 여러 가지 효능을 보여주고 있다. 그 예로 *Schizophyllum commune* (치마버섯)은 버섯내의 다당체가 보습화장료로 알려져 있으며 (Lee, 2005), *Grifola frondosa*(잎새버섯)는 식약용으로 항암, 콜레스테롤 저하, 항균, 비만 치료, 이노작용 등에 효과가 있는 버섯이면서, 화장품에서는 잎새버섯의 다당체를 이용한 피부 보습, 자극완화 그리고, 광노화 억제 효과, 미백 효과를 가지고 있다(Lee et al, Sim, 2005). 자작나무의 수액으로 자라는 *Inonotus obliquus* (차가버섯)은 피부 노화 방지용 화장료와 미백 화장료로 사용되고 있다(Choi et al,2005), (Han, 2005). 또한 *Dictyophora echinvolvata*(망태버섯)은 천연방부제로서 피부염증억제, 피부 안정면에서 효능과 안전성 효과가 있으며(Chun, 2004), *Agaricus blazei* (아가리쿠스 버섯)은 화장품에 적용함으로써 항암, 면역증강, 생체 항산화 작용에 필수적인

표 14. 화장품 이용 버섯류

| 사용버섯 | 작용 물질 | 효능 |
|---|--|--|
| 1. 버들송이(<i>Agocybe cylindracea</i>) | 6-hydroxyindol-3-carboxyaldehyde | 미백 (Tyrosinase 저해, Melanin 생성억제) |
| 2. 송이버섯(<i>Tricholoma matsutake</i>) | 복합 항산화물질 | 미백, 자외선차단제인 Leucomelanin 형성 촉진 |
| 3. 상황버섯(<i>Phellinus linteus</i>) | 물 및 용매추출물 | 피부손상방지, 미백효과 |
| 4. 치마버섯 (<i>Schizophyllum commune</i> Fr.) | β -1,6-branched- β -1,3 -glucan) | 보습 |
| 5. <i>Agaricus blazei</i> Muril | 물 및 용매 추출물 | 항 부종 (피부 노화억제) |
| 6. 잎새버섯(<i>Grifola frondosa</i>) | 균사체추출물, 다당체(GF-glucan) | 피부세포증식 및 콜라겐생성 촉진, 멜라닌생성억제 (피부노화 및 미백효과), 보습 |
| 7. 노루궁뎅이버섯 (<i>Hericium erinaceum</i>) | 물추출물 | 피부세포증식 및 콜라겐생성 촉진, 멜라닌생성억제 (피부노화, 미백효과) |
| 8. 차가버섯 (<i>Inonotus obliquus</i>) | 자실체 및 균사체 추출물 | elastase 및 collagenase 활성억제, collagen 합성 촉진을 통한 주름개선 |
| 9. 석이버섯(<i>Umbliicaria escuenta</i> Minks) | 물 및 용매추출물 | cyclooxygenase활성억제를 통한 항염작용 |
| 10. 전복느타리버섯(<i>Pleurotus abalonus</i>) 비늘버섯(<i>Pholiota squarrosa</i>) 단추버섯(<i>Onnia orientalis</i>) 먼지버섯(<i>Astraeus hygrometricus</i>) 느타리속(<i>Pleurotus nebrodensis</i>) | 자실체 추출물 | 항산화작용 및 melanin 생성억제를 통한 미백작용 |
| 11. 표고버섯 (<i>Lentinus edodes</i>) | provitamin D ₂ | 보습 및 노화방지 |
| 12. 흰구름버섯(<i>Coriolus hirsutus</i>) | 균사 다당체, 추출물 | melanin 생성억제(미백작용) |
| 13. 망태버섯(<i>Dictyophora echinvolvata</i>) | 용매추출물 | 주름방지, 천연방부제 및 피부염증 억제 |

셀레늄의 효과를 상승적으로 작용할 수 있게 하는 화장료의 조성물로 사용되고 있다(lee et al, 2005). *Phellinus Linteus*(상황버섯)은 항암, 그리고 피부 주름 방지 효과, 기미, 주근깨 개선 등의 미백 효과, 항여드름, 항산화효과가 있는 것으로 알려져 있고 (Lee, et al, 2002) (Kim et al, 2002), 그 외 *Cordyceps sp.*(동충화초), *Coriolus hirsutus* (흰용털구름버섯) 등과 같이 식용, 또는 약용으로 사용하는 버섯들 중에서 주름과 미백 효과를 보이고 있는 버섯들이 알려지고 있다. (Lee et al, 2005). 이외에 화장료의 기능성 소재로 연구된 버섯류는 표 14와 같다.

6. 사료첨가제로의 활용

닭과 돼지를 포함하는 가축류 및 해수 및 담수어 등의 면역력을 증가시켜 질병을 예방하고 바이러스 감염을 방지하기 위한 목적으로 상황버섯 및 상황버섯 박을 이용한 사료첨가제(68) 및 표고버섯, 노루궁뎅이 버섯, 아가리쿠스 등 인체에 면역활성을 보이는 버섯의 균사체 추출물을 이용한 기능성 사료(69) 등이 연구되어져 있다.

7. 기타

노루궁뎅이버섯 및 운지버섯, 치마버섯, 또는 큰느타리버섯 등 내염성 버섯을 활용하여 음식물쓰레기를 재활용하는 방법이 알려져 있다(70).

8. 결론 및 앞으로의 전망

1989년 미국의 국립암연구소(NCI)의 piason 박사에 의해 명명된 designer food라는 새로운 식품군은 암 예방을 목적으로 design된 식품을 적극적으로 개발되기 시작하였으며 1990년에 NCI를 중심으로 한 designer food program이 발족되었다. 이 계획 중에 약 40여종의 식용식물군이 발표 되었으며 여기에는 주로 향신료 및 과일, 채소, 곡류 등으로 구성되어 있어 전 세계적으로 관심이 집중되어 있다.

그러나, 미주지역의 경우 동양권 특히 우리나라를 포함하여 중국, 일본과 같이 다양한 버섯을 섭취한 식경험이 부족하며 버섯류의 항암성에 관한 연구도 주로 동양권에서 1990년대 이후 집중적으로 연구되어져 왔기 때문에 암 예방 식품으로 포함되어 있지 않다.

따라서 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있는 버섯류가 앞으로는 가장 중요한 암 예방 및 억제 식품류에 포함될 것으로 판단되며 특히 버섯의 생리활성 기능 중에서 면역증강 및 항암에 관심이 집중될 것으로 생각된다.

1) 의약품 및 건강기능식품

현재 개발되어 시판되고 있는 면역증강 및 항암제품 이외

에 국내 건강기능식품법에 따라 혈행개선 및 건강증진 및 유지 목적으로 영지 및 운지, 표고버섯 균사체 및 자실체를 이용한 건강기능식품이 판매되고 있다. 이외에 차 후 산업화가 가능한 제품류로 다음의 제품류가 가능하리라 사료된다.

- (1) 관절염 등의 염증 치료제
- (2) ACE 저해활성을 가진 고혈압 예방 및 치료제
- (3) 혈전 용해 및 혈소판 응집억제, 지질대사 개선 등을 통한 혈액순환 개선제
- (4) 혈당 저하를 통한 항 당뇨제
- (5) 항바이러스제
- (6) 치매 예방 및 뇌신경 보호제
- (7) 항산화력을 이용한 노화억제제 등

2) 자실체 및 균사체로의 생리활성 전이를 통한 기능성 버섯

생리활성 성분을 배지에 첨가하여 균사체 및 자실체로 전이시킴으로써 새로운 기능성을 갖는 버섯류를 개발하고 건강기능식품으로 개발 가능한 식품류는 다음과 같다.

- (1) 칼슘, 게르마늄, 셀레늄과 같은 생리활성 미네랄 함유버섯
- (2) GABA 및 CLA 등이 다량 함유된 균사체 및 자실체
- (3) 은행잎 및 인삼 등의 생리활성 성분이 전이된 자실체
- (4) 아토피 및 비만 예방 또는 성장촉진 물질을 함유하는 버섯 또는 전이 버섯 등

3) 기능성 버섯류가 함유된 인스턴트식품 (스프 및 죽류)

- (1) 회복기 환자를 위한 병원식 및 환자식
- (2) 노화 및 치매억제를 위한 노인식
- (3) 청소년용 두뇌발달 및 성장촉진 식품 등

4) 기능성 사료

- (1) 사료곡물에 균사체 배양을 통한 면역증강 사료
- (2) 애완동물용 질병예방 방지 사료 첨가제 등

5) 기능성 화장품

- (1) 피부노화, 미백, 주름억제용 기능성 화장품 소재
- (2) 신경독을 이용한 주름제거제 등

참고문헌

- 1) Hawlsworth, D.L. 1998. The tropical fungal biota: census, perti-nence, prophylaxis, and prognosis. In S. Issac, J.C, Frankland, R. Watling & A.J.S. Whalley (Eds.), Aspects of tropical mycology, Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press
- 2) 水野 卓, 川合正允, 1992,キノコの化學と生化學, 新日本印刷株式會社, 東京, 日本 (1992)
- 3) Wasser, S.P., 2002, Medicinal mushrooms as a source of

- antitumor and immunomodulating polysaccharides, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 60:258-274
- 4) Moradali, M.F., Mostafavi, H., Ghods, S. and Hedjaroude, G.A., 2007, Immunomodulating and anticancer agents in the realm of macro-mycetes fungi(macrofungi), *International Immunopharmacology*, in press.
 - 5) Lucas, E.H. 1957, Tumor inhibition in *Boletus edulis* and other holobasidiomycetes, *Antibiotic Chemotherapy*, 7:1-15
 - 6) Gregory, F.J. 1966, Studies on antitumor substances produced by basidiomycetes, *Mycologia*, 58:80-91
 - 7) Zhang, M., Cui, S.W., Cheung, P.C.K. and Wang, Q., 2007, Antitumor polysaccharides from mushrooms: a review on their isolation process, structural characteristics and antitumor activity, *Trends in Food Science and Technology*, 18:4-19
 - 8) Ooi, V.E.C. and Liu, F, 1999, A review of pharmacological activities of mushroom polysaccharides, *International J. Medicinal Mushrooms*, 1:195-206
 - 9) Hilaire V. Kemami Wangun, Albert Hartl, Trinh Tam Kiet and Christian Hertweck, 2006, Inotilone and related phenylpropanoid polyketides from *Inonotus* sp. and their identification as potent COX and XO inhibitors)(*Org. Biomol. Chem.*, 4 : 2545 - 2548
 - 10) 이경환, 권효정, 천성숙, 김정환, 조영제, 차원섭, 2006, 상황버섯 (*Phellinus linteus*)추출물의 생리활성, 49 : 298-305
 - 11) 신용달, 말굽버섯을 응용한 기능성 게르마늄쌀과 그 제조방법, 특허출원 10-2004-0094391
 - 12) 상황버섯(*Phellinus linteus*)추출물의 생리활성, 이경환; 권효정; 천성숙; 김정환; 조영제; 차원섭 2006 49(4) pp.298-304
 - 13) 유창현 등, 2004, 고부가가치 창출을 위한 기능성 버섯의 개발 및 이용 연구, 농림부
 - 14) 비늘버섯으로부터 생리기능성 물질의 탐색 유형은; 조수목; 서건식; 이병석; 이대형; 이종수; 한국균학회지 2006 34(1) pp.15-21
 - 15) 영지의 생리활성 물질 배우철; 김용석; 이준우; 2005 한국미생물생명공학회지, 33(2) pp.75-83
 - 16) 버섯에서 혈전분해효소 생산 및 유전자 크로닝, 김성준; 김명곤; 김성준, 조선대학교 연구보고서 2003
 - 17) 최낙식 등, 1999, 혈전용해능을 갖는 버섯류의 탐색, 한국식품과학회지, 31:553-557
 - 18) 송지영, 윤기주, 윤혜경, 구성자, 2001, 표고버섯과 보리에서 추출한 -glucan이 Alloxan 유발 당뇨 마우스의 혈당 및 지질 성분에 미치는 영향, 한국식품과학회지 33: 802-807
 - 19) Hwang HJ, Kim SW, Lim JM, Joo JH, Kim HO, Kim HM, Yun JW., 2005, Hypoglycemic effect of crude exopolysaccharides produced by a medicinal mushroom *Phellinus baumii* in streptozotocin-induced diabetic rats, *Life sciences* 76: 3069-80
 - 20) 양병근, Kai Yip Cho, Micheal A Wilson, 송치현, 2005, 차가버섯 균사체가 Streptozotocin으로 유발된 당뇨환위의 혈장 포도당과 지질 농도에 미치는 영향, 한국균학회, 33 : 64-68
 - 21) 윤종원, 김영표, 항당뇨활성이 있는 식용 및 약용버섯을 이용한 당질 임형 기능성 식품 및 그 제조방법, 특허출원, 10-2005-0054632
 - 22) 한국식품연구원, 혈당조절효과를 나타내는 버섯배양보리, 특허출원 10-2003-0088211
 - 23) 풀무원건강생활(주), 2004, 잎새버섯 및 흰목이를 이용한 당뇨조절용 기능성식품 개발
 - 24) 풀무원건강생활(주), 2005, 잎새버섯 및 흰목이를 이용한 당뇨조절용 기능성식품 개발
 - 25) Kim HG, Shrestha B, Lim SY, Yoon DH, Chang WC, Shin DJ, Han SK, Park SM, Park JH, Park HI, Sung JM, Jang Y, Chung N, Hwang KC, Kim TW., 2006, Cordycepin inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by the suppression NF-kB through Akt and p3 inhibition in RAW 264,7 macrophage cells, *Eur J Pharmacol*, 545(2-3):192-9
 - 26) Wang J, Wang HX, Ng T, 2007, A peptide with HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activity from the medicinal mushroom *Russula paludosa* Jianbin Wang, *Peptides* 28(3):560-5
 - 27) 김연풍, 최성휴, 차가버섯을 이용한 기능성 식품, 특허출원 10-2003-0005540
 - 28) Kim, Kyungbum, 2003, Neuraminidase inhibitors from mushroom *Microphorus affinis*, *J. Microbiology and Biotechnology*, 13:778-782
 - 29) 송경식, 활성화합물이 함유된 까치버섯이 에칠알코올 추출물 추출방법과 추출물에서의 활성화합물 정제방법, 특허출원 10-1999-0041231
 - 30) Lee, Inkyoung et al., 2002, Two Neuroprotective compounds from mushroom *Daldinia concentrica*, *J. Microbiology and Biotechnology*, 12:692-694
 - 31) Hirokazu kawagishi, 2005, Body-Function regulating compounds from mushrooms
 - 32) 고진복, 이충언, 2005, 새송이버섯이 고지방식을 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향, 한국식품영양과학회지, 34 : 626-631
 - 33) 정차권, 함승시, 남상명, 강일준, 김수진, 2001, 상황버섯이 사염화탄소와 고지방을 투여한 흰쥐의 간지질 대사에 미치는 생화학적, 형태학적 연구, 한국식품영양과학회지, 30 : 331-337
 - 34) 박성혜, 신연환, 송유진, 한종현, 2005, 체내지질농도 개선에 미치는 차가버섯 음료의 효과, 동의생리병리학회지, 19 : 407-411
 - 35) Cha, Jaeyoung et al., 2006, Fermented Chaga mushroom(*Inonotus obliquus*) effect on hypolipidemia and hepatoprotection in Otsuka long-evans tokushima fatty(OLETF) rats, *Food Science and Biotechnology*, 15 : 122-127
 - 36) 이현정, 고진복, 2003, 신령버섯 균사체 액체배양액이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사 및 효소활성에 미치는 영향, 한국영양학회지, 36:352-358
 - 37) 문필상, 고진복, 2004, 운지버섯 균사체 액체배양액이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사 및 효소활성에 미치는 영향, 한국영양학회지, 37:88-94
 - 38) Kim, chonho et al., 1983, Plasma and liver cholesterol lowering substances in *Gyrophora esculenta*, *한국영양학회* 16:27-33

- 39) 주)에스에이치제약, 조부현, 콩버섯 및 이것의 생산방법, 특허출원10-2004-0022867
- 40) 롯데제과주식회사, 콜레스테롤저하기능을 갖는 음식물의 제조방법 특허출원 10-1991-0002267
- 41) 임강현, 김미자, 김혜경, 정주호, 소나무잔나비버섯 추출물을 포함하 지방 축적억제 또는 비만예방 및 치료용 조성물과 이를 포함하는 약학적 제제 및 식품, 특허출원 10-2005-0034804
- 42) 김종연, 2003, 비만의 예방 및 치료를 위한 한국식품 유래 생리활성 물질의 개발, 영남대학교
- 43) 윤경영, 이숙희, 신승렬, 2006, 능이버섯(*Sarcodon aspratus*)추출물의 항산화성과 항균성, 한국식품영양과학회지, 33 : .967-972
- 44) 안명수, 김현정, 서미숙, 2006, 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*) 부위별 추출물의 이화학적 특성, 한국식생활문화학회지, 21 : .297-302
- 45) 유형은, 조수목, 서진식, 이병석, 이대형, 이종수, 2006, 비늘버섯으로부터 생리기능성 물질의 탐색, 한국균학회지, 34 : .15-22
- 46) 이기동, 장학길, 김현구, 1997, 버섯류의 항산화성 및 아질산염 소거 작용, 한국식품과학회지, 29 : .432-436
- 47) 이경환, 권효정, 천성숙, 김정환, 조영제, 차원섭, 2006, 상황버섯 (*Phellinus linteus*)추출물의 생리활성, 49 : 298-303
- 48) 이기동, 장학길, 김현구, 1997, 버섯류의 항산화성 및 아질산염 소거작용, 한국식품과학회지, 29 : .432-436
- 49) In-Kyoung Lee., Jin-Young Jung, Soon-Ja Seok, Wan-Gyu Kim and Bong-Sik Yun, 2006, Free radical scavengers from the medicinal mushroom *Inonotus xeranticus* and their proposed biogenesis, *Biologanic & Medicinal Chemistry Letters*, 16(21): 5621-5624
- 50) 한국생명공학연구원, 차가버섯에서 4-(3,4-dihydroxyphenyl)- but- 3-en-2-on의 분리방법, 특허출원 10-2004-026085
- 51) Yun, Bongsik et al., 2000, Two ρ -terphenyls from mushroom *Paxillus panuoides* with free radical scavenging activity, *J. Microbiology and Biotechnology*, 10:233-237
- 52) 유익동 등, 2000, 세포증식제어 활성산소 소거물질 탐색 및 개발연구, 과학기술부, BSGC1030-2000075-2
- 53) Hexiang Wang and T. B. Ng, 2006, Ganodermin, an antifungal protein from fruiting bodies of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum*, *Peptides*, 27(1):27-30
- 54) Rumi Fujita, Jie Liu, Kunjyoshi Shimizu, Fumiko Konshi, Kiyoshi Noda, Shoichiro Kumamoto, Chie Ueda, Hisatoshi Tajiri, Shuhei Kaneko, Yoshitaro Suimi and Ryuichiro Kondo, 2005, Anti-androgenic activities of *Ganoderma lucidum*, *Journal of Ethnopharmacology*, 102(1):107-112
- 55) 김현정, 배준태, 이인선, 2005, 식용버섯 추출물의 식중독균 및 암세포 증식에 대한 저해 효과, 한국식품저장유통학회지, 12 : 637-643
- 56) 치마버섯 유래 다당체의 화상 및 상처 치료 효과 김민경; 홍억기
- 57) 이정선, 김택, 이윤희, 김성민, 김현걸, 김우중, 오덕철, 박용일, 2006, 구름버섯 균사체 배양 추출물의 복합내성 세균에 대한 항균활성 및 활성물질의 정제, 한국균학회, 34 : .92-97
- 58) T.B. and W.Y. Chan, 1997, Polysaccharopeptide from the mushroom *Coriolus versicolor* possesses analgesic activity but does not produce adverse effects on female reproductive or embryonic development in mice, *Elsevier Science Inc.* 29 :269-273
- 59) Chang Gue Son, Jang Woo Shin, Jung Hyo Cho, Cong Kwan Cho, Cheol-Heui Yun, Wantae Chung and Seung Hyun Han, 2006, Macrophage activation and nitric oxide production by water soluble components of *Hericium erinaceum*, *International Immunopharmacology*, 6(8):1363-1369
- 60) 박선희 등, 2001, 노루궁뎅이 버섯 추출물의 벤조필렌 유발간 독성에 대한 보호작용, 한국식품영양과학회지, 30: 928-932
- 61) 김성훈 등, 1998, 잔나비겉상버섯 자실체 및 균사체의 생리활성 탐색, *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 26:331-337
- 62) 주)마이오벤, 목이버섯으로부터 유래한 식품첨가물 및 그의 제조방법 특허출원 10-2003-0040348
- 63) 유익동, 조덕현, 2000, 한국 자생 버섯의 다양성 및 자원화 이용기술 개발연구, 한국생명공학연구원
- 64) 박승준 등, 마른진흙버섯(*Phellinus gilvus*) 자실체 추출물을 유효성분으로 함유하는 조성물, 출원번호 10-2003-0061937)
- 65) 한명주, 1998, 버섯으로부터 유산균 증식제의 분리, 한국과학재단
- 66) 최신양 등, 2002, 고등균류를 이용한 신기능 식품소재 개발 및 응용연구, 농림부
- 67) 김홍은 등, 2002, 능이 임지재배 기술 및 기능성 개발, 농림부
- 68) (주)이노바이오텍, 상황버섯막, 상황버섯 그리고 활성탄을 이용한 닭과 돼지 사료첨가제, 특허출원 10-2002-0062180
- 69) 엔씨바이오텍(주), 버섯균사체를 이용한 가축 및 해수어, 담수어, 대하의 기능성 사료제조방법 및 첨가물질, 특허출원10-2002-0072167
- 70) (주) 에이비아이, 내염성 버섯을 이용하는 음식물쓰레기의 재활용방법, 특허출원 10-2003-0064349