

## 영지버섯중의 중금속 함량

하영득 · 이인선

계명대학교 자연과학대학 식품가공학과

### Investigation of Heavy Metal Contents in *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst

Young-Duck Ha and In-Seon Lee

Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu, 704-701, Korea

#### Abstract

*Ganoderma lucidum* has been widely used not only as ingredients in herbal medicine but also in pharmacological soft drinks. The author collected for analysis of content of 8 kinds of heavy metal (Cd, Pb, Hg, Cu, Mn, Fe, As) in soil and culture soil in an around the Taegu area including Sang Ju, Non Gong, Keum Ho, and Weol Bae. The toxic content in *Ganoderma lucidum* showed relatively low level as in cadmium, lead, mercury, arsenic : 0.8~0.13ppm, 0.17~1.43ppm, 0.02~0.32ppm, 0.01~0.19ppm, respectively : in copper, manganese, zinc and iron : 0.93~4.29ppm, 0.37~2.18ppm, 1.02~1.65ppm, 4.57~11.04ppm. Those grown in soil showed higher percentages of content than those grown on logs in lead, copper, zinc and iron by 43.2%, 68.6%, 20.3% and 43.2%, respectively. The content of heavy metals in those grown in soil and culture soil tended to be higher in the areas near factories of industrial complexes, especially in manganese and iron. The content of heavy metals in soil and culture soil appeared lower than the mean values of Korean soil. No interrelationship was found in the content of heavy metals between those of *Ganoderma lucidum* grown on logs and those grown in soil. In case of pot cultivation, however, the mushroom spawns are grown originally in soil, which seems to influence the degree of content of heavy metals of media.

#### 서 론

영지는 활엽수, 특히 참나무, 밤나무, 매화나무등의 그루터기에 자생하는 1년생 버섯으로서 담자균류에 속한다. 현재 우리나라에서는 자연산보다는 원목재배법과 포토재배법을 이용하여 주로 적지(赤芝, *Ganoderma lucidum*(leyss. ex. Fr.)Karst)가 생산되고 있다.

영지는 옛부터 일반에서 영약으로 일컬어져 왔고, 그 약리성에 대한 부분적인 연구결과가

최근에 와서 보고되고 있다<sup>1~4)</sup>. 보간, 강장, 혈압조절, 정신안정 등의 약효 뿐만 아니라 영지 자체의 항암성 물질에 관한 보고도 나와 있다<sup>5~6)</sup>. 이와 같은 효능때문에 영지에 대한 관심도 커져서 한약제로서만 인식되었던 영지를 약탕기에 다려서 그 즙을 커피나 차 대신에 상용하고, 영지 엑기스를 건강식품이나 약효성 청량음료의 생산에 사용하는 등 용도가 커지고 있다. 그럼에도 불구하고 국내에는 미곡을 비롯하여 곡류 및 기타 식품의 중금속 함량에 관한 연구발표는

몇편 있었으나<sup>7-10)</sup> 환경오염과 관련된 버섯류의 중금속 함량에 관한 논문은 찾아보기 힘들다. Seeger 등<sup>11)</sup>에 따르면 버섯류는 상당량의 금속을 농축함유할 수 있어서 극단적인 경우 cadmium과 수은을 토양중의 전체농도의 300~500배를 축적할 수 있다. 그러므로 버섯류는 수은에 대한 예민한 환경오염 지표가 될 수 있고, 또 cadmium과 수은의 함량 역시 모든 식품중에서 가장 높다고 하였다. Schellmann 등<sup>12)</sup>은 양송이의 cadmium 함량이 높은 것은 아연이온에 대한 친화력이 큰 버섯의 mycellium이 아연이온과 cadmium이온을 구별하지 못하고 cadmium이온을 축적하는 결과로 보았으며, 반면에 납의 축적량은 비교적 낮다고 하였다. 실제로 오물처리에서 얻은 배양토에서 재배된 양송이에서는 중금속함량이 뚜렷이 증가됨을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 영지버섯의 중금속함량을 재배방법, 배지의 중금속함량 및 재배지역의 환경여건등과 관련지어 알아 보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 영지버섯은 대구직할시 지역을 중심으로 상주, 논공, 금호 그리고 월배지역에서 수거하여 사용하였다. 또한, 영지버섯의 재배 토양, 톱밥 그리고 배양토를 동시에 채취하여 다음과 같이 나타내었다.

### 시료수거지역

A<sub>1</sub>: 상주지역 원목 A<sub>2</sub>: 상주지역

Table 1. Analytical condition of instrument

	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	As	Hg
Hollow cathode lamp	Cd HCL	Cu HCL	Fe HCL	Mn HCL	Pb HCL	Zn HCL	As HCL	Hg HCL
Lamp current	3mA	5mA	8mA	5mA	5mA	5mA	8mA	3mA
Wavelength	228.8nm	324.7nm	248.3nm	279.5nm	217.0nm	213.9nm	193.7nm	253.7nm
Bandwidth	1.0nm	1.0nm	0.3nm	0.5nm	1.0nm	1.0nm	1.0nm	1.0nm
Burner head	Single slot	Single slot						
Flame description	Air-Acetylene	Argon						

재배 영지	재배 토양
B <sub>1</sub> : 논공지역 포토	B <sub>2</sub> : 논공지역
재배 영지	재배 톱밥
C <sub>1</sub> : 논공지역 원목	C <sub>2</sub> : 논공지역
재배 영지	재배 토양
D <sub>1</sub> : 덕성지역 원목	D <sub>2</sub> : 덕성지역
재배 영지	재배 톱밥
E <sub>1</sub> : 오계지역 포토	E <sub>2</sub> : 오계지역
재배 영지	재배 배양토
F <sub>1</sub> : 월배지역 포토	F <sub>2</sub> : 월배지역
재배 영지	재배 톱밥

### 분석방법

영지버섯은 갓과 자루를 마쇄하여 건조기(model 368A, Sargent Welch Co., U.S.A.)에서 105°C, 16시간 건조한 후 Schuphan법<sup>13)</sup>에 따라 처리하였다. 토양의 분석은 환경오염 공정시험법에 따라 건조시료 10g을 0.1N HCl 50ml로 용해하여 1시간동안 진탕한 후 동양여지 No. 5B로 여과하여 분석시료로 사용하였다. 재료중에 함유된 cadmium, 납, 구리, 망간, 아연, 철, 비소등 7개의 중금속 함량은 시료를 550°C에서 2시간동안 회화시킨 후 6M HNO<sub>3</sub>용액으로 녹여 원자흡광광도계(model 551, 11, Co., U.S.A.)로 측정하였으며, 수은의 분석은 60~80°C에서 건조시킨 시료를 석영관 속의 자제 boat에 담아 O<sub>2</sub>기류속에서 완전연소시키고 이때 발생한 수은의 증기를 KMnO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액에 흐립, hydroxylamine, dithizone-chloroform용액으로 추출, 0.1% BAL 0.1ml를 첨가한 자제 boat에 받아 원자흡광장치에 연결된 가열장치내에서 가열, 원자흡광분석 하였다<sup>13)</sup>.

## 결과 및 고찰

영지버섯과 토양, 톱밥 및 배양토의 중금속 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 영지버섯의 경우 포토재배영지(B<sub>1</sub>, E<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>)가 원목재배영지(A<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>)보다 대부분의 중금속 함량이 다소 높은 것으로 나타났다. 그러나 cadmium과 비소는 비슷한 수준이었고, 망간은 포토재배영지에서 다소 낮게 나타났다. 문제시되고 있는 독성 중금속인 경우 원목재배에서 cadmium 0.08~0.11ppm, 납 0.17~0.25ppm, 수은 0.02~0.15 ppm 및 비소 0.01~0.13ppm이었고, 포토재배에서는 cadmium 0.10~0.13ppm, 납 0.34~0.43ppm, 수은 0.19~0.32ppm 및 비소 0.10~0.19ppm으로 나타났다. 아직 각 식품이나 약제에 대한 이들 중금속의 허용함량이 규정되어 있지는 않으나 WHO의 권장이나 각국에서 일부 식품에 대한 기준치로 삼고 있는 수치를 적용한다면 별 문제가 없다고 볼 수 있다. Cadmium을 제외한 모든 중금속의 함량이 배양토(F<sub>2</sub>)나 톱밥(B<sub>2</sub> 및 F<sub>2</sub>)에서 보다 토양(A<sub>2</sub> 및 C<sub>2</sub>)에서 훨씬 높게 나타났으며, 특히 망간(250ppm 및 265.6ppm)과 철(76.75ppm 및 104.74ppm)의 함량이 많았다. 그러나 이 지역에서 생산된 영지버섯(A<sub>1</sub> 및 C<sub>1</sub>)은 다른 지역과 비슷한 수준의 중금속 함량을 보여 영지와 토양의

중금속 함량간의 상관관계를 찾아볼 수 없었다. 이와 같은 결과는 Seeger 등<sup>11)</sup>과 Schellmann 및 Opitz<sup>12)</sup>가 양송이에 대해서 설명한 바와는 잘 일치하지 않는다.

Fig. 1에서는 시료영지(A<sub>1</sub>~F<sub>1</sub>)의 중금속 함량과 시료간의 각 중금속들의 함량을 비교할 수 있도록 나타내었다. 독성 중금속인 cadmium(0.13 ppm이하), 납(0.43ppm이하), 수은(0.32ppm이하) 및 비소(0.19ppm이하)등의 함량은 낮은 편이었고, 시료간의 차이도 크지 않았다. 그러나 구리와 철은 F<sub>1</sub>이 4.49ppm 및 11.04ppm, B<sub>1</sub>이 3.19 ppm 및 10.27ppm으로 다른 시료에서 보다 높았다. 망간 함량은 2.18ppm을 보인 C<sub>1</sub>이 가장 많았지만 그밖에는 망간과 아연함량의 시료간 격차가 별로 뚜렷하지 않았다. Fig. 2~9에 각각의

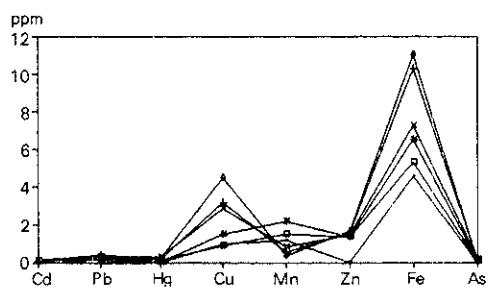


Fig. 1. Heavy metal contents in *Ganoderma lucidum*.  
— A<sub>1</sub>, + B<sub>1</sub>, \* C<sub>1</sub>, □ D<sub>1</sub>, \* E<sub>1</sub>, ◆ F<sub>1</sub>

Table 2. Contents of heavy metals(ppm)

Sample	Cd	Pb	Hg	Cu	Mn	Zn	Fe	As
A <sub>1</sub>	0.08	0.17	0.02	0.97	1.19	1.02	4.57	0.01
B <sub>1</sub>	0.10	0.43	0.19	3.19	0.55	1.61	10.27	0.17
C <sub>1</sub>	0.10	0.25	0.04	1.52	2.18	1.37	6.51	0.13
D <sub>1</sub>	0.11	0.22	0.15	0.93	1.51	1.38	5.31	0.11
E <sub>1</sub>	0.10	0.34	0.32	2.88	0.83	1.49	7.25	0.19
F <sub>1</sub>	0.13	0.34	0.25	4.49	0.37	1.65	11.04	0.10
A <sub>2</sub>	0.11	2.55	0.38	1.75	250.00	17.50	76.75	0.42
B <sub>2</sub>	0.09	0.19	0.01	0.65	1.49	0.39	7.58	0.02
C <sub>2</sub>	0.07	3.90	0.42	6.85	265.60	14.90	104.74	0.44
D <sub>2</sub>	0.12	0.53	0.27	1.18	2.48	0.60	10.30	0.08
E <sub>2</sub>	0.13	0.92	0.10	0.66	3.50	1.69	20.78	0.10
F <sub>2</sub>	0.10	0.29	0.08	0.66	0.61	0.79	7.53	0.16

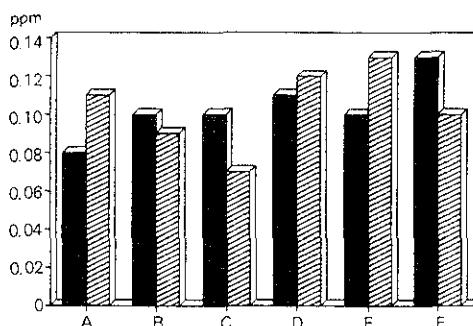


Fig. 2. Cadmium content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Cd in *G. lucidum*, ▨ Cd in media

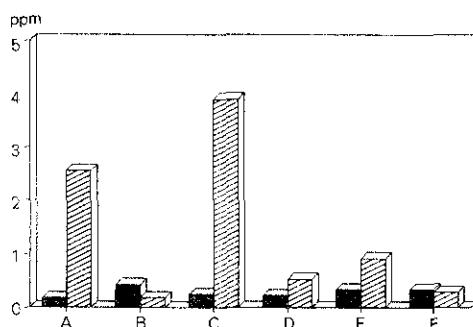


Fig. 3. Lead content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Pb in *G. lucidum*, ▨ Pb in media

중금속함량을 영지버섯과 토양, 톱밥 또는 배양토별로 비교하여 나타내었다. Cadmium의 함량은 모든 영지시료에서 0.1ppm수준으로 비슷하였으며, 토양 및 톱밥에 있어서도 비슷한 경향이었다 (Fig. 2). 이는 환경보전법상에서 정하고 있는 혈미증의 1ppm보다 현저히 낮은 값을 나타내고 있으며, 쑥의 0.5ppm, 고사리 0.4ppm보다도 낮았고 미나리의 0.08ppm과는 비슷한 수치이다. 납함량은 전반적으로 0.5ppm이하를 나타내었는데 B<sub>1</sub>이 0.43ppm으로 포토재배 영지에서 비교적 높은 경향이었다. 반면에 배지에서는 C<sub>2</sub>(토양)가 3.90 ppm으로 가장 높았고 A<sub>2</sub>(토양)가 2.55ppm으로 그 다음이었다(Fig. 3). 농작물중의 중금속 함량은 토양으로부터의 흡수와 대기로부터의 침적에 영향을 받는다고 한다<sup>14)</sup>. 그러나 양송이의 경우 납은 cadmium보다 축적성이 낮은 것으로 보고되어 있으며, cadmium과 납의 함량은 분명히

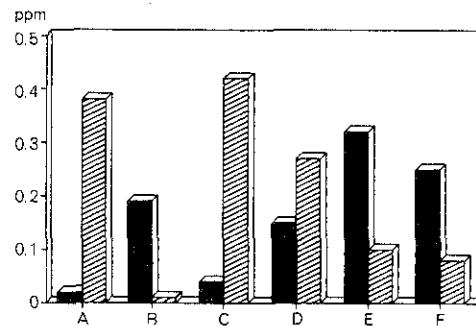


Fig. 4. Mercury content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Hg in *G. lucidum*, ▨ Hg in media



Fig. 5. Copper content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Cu in *G. lucidum*, ▨ Cu in media

버섯의 종에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다<sup>12)</sup>. 그럼에서 보는 바와 같이 영지버섯의 cadmium 및 납 함량과 배지에 함유된 이를 중금속 함량간의 상관 관계는 찾아볼 수 없었다. 한국의 경우 비오염토양의 평균 납 함량은 12.29ppm으로 알려져 있으며<sup>15)</sup>, 이보다 추가적으로 오염되었을 때에는 영향이 있을 것으로 믿어진다. 영지버섯의 수은함량은 E<sub>1</sub>에서 0.32ppm으로 가장 높았고 F<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>순으로 포토재배 영지가 모두 원목재배 영지에서 보다 높게 나타났다(Fig. 4). 이와 같은 결과는 원목재배에서는 영지가 참나무 등치에서 자라는 반면에 포토영지는 톱밥과 사토를 섞은 배양토에서 생육하므로 오염된 배양토로부터 흡수, 농축이 가능할 것으로 사료된다. 구리함량은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 버섯의 경우 F<sub>1</sub>시료에서 4.49ppm으로 가장 많았고 A<sub>1</sub>과 D<sub>1</sub>에서는 1ppm 이하였다. 배지의 경우 토양에서 높게 나타났는데

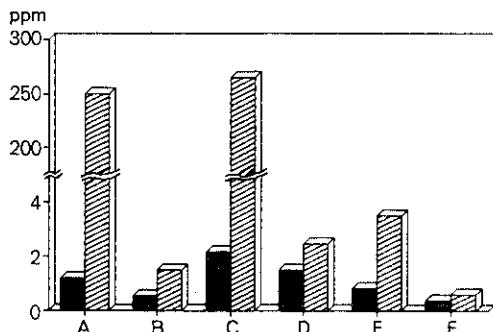


Fig. 6. Manganese content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Mn in *G. lucidum*, ▨ Mn in media

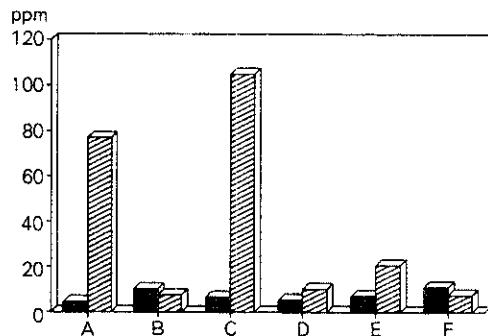


Fig. 8. Iron content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Fe in *G. lucidum*, ▨ Fe in media

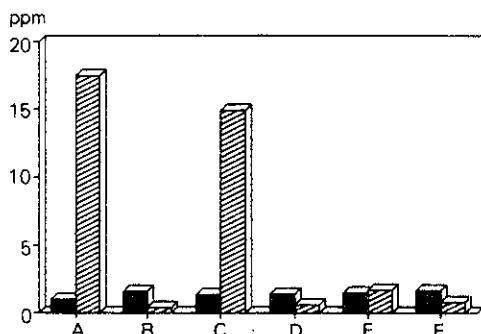


Fig. 7. Zinc content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ Zn in *G. lucidum*, ▨ Zn in media

특히 C<sub>2</sub>에서 6.85ppm으로 높았다. 그러나 식물의 생장저해 농도인 20ppm에는 미치지 못했다. 구리는 조혈작용을 가진 필수 무기질로서 평균 섭취량을 1.6ppm정도로 보지만 대량섭취는 간세포의 괴사 및 간경변등의 중독증을 나타낼 수 있다. 망간의 함량은 영지버섯의 경우 C<sub>1</sub>에서 2.18ppm으로 가장 높았으며 F<sub>1</sub>이 0.37ppm으로 낮게 나타났다. 토양의 경우는 A<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>가 250ppm, 265.6ppm으로 현저히 높게 나타났으며 다른 시료는 비교적 낮은 편이었다(Fig. 6). 망간은 인체내 필수원소로서 결핍증상은 알려져 있으나 망간중독으로 인해 문제된 경우는 거의 없다. 아연함량은 각 시료간에 비슷한 수준이었으며 F<sub>1</sub>이 1.65ppm, B<sub>1</sub>이 1.61ppm으로 다소 높은 편이었다. 이는 백미 13ppm보다 낮았으며 다른 야채류의 함량보다는 낮은 수준이었다<sup>9)</sup>. 토양에서는 A<sub>2</sub>시료와 C<sub>2</sub>시료가 각각 17.5ppm 및 14.90ppm이었는

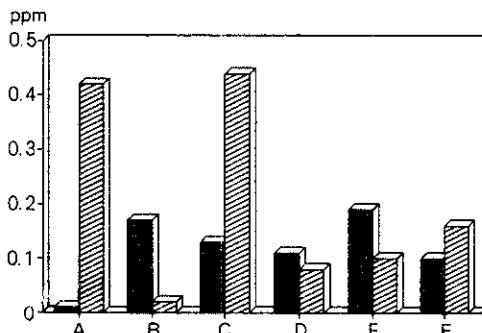


Fig. 9. Arsenic content in *Ganoderma lucidum* and media.

■ As in *G. lucidum*, ▨ As in media

데 식물의 생육저해농도인 200ppm에는 미치지 못하는 수치였다(Fig. 7). 아연은 뼈의 형성, 효소활성화 등 인체에 필요한 필수원소로서 성인의 1일 아연 섭취량은 10~15ppm이므로 보통식품에 함유된 양은 위생상의 문제를 일으키지 않는다. 이등<sup>8)</sup>에 의하면 자연환경에서 아연함량을 측정함으로써 cadmium의 오염도를 간접으로 추정할 수 있으며 그 비는 200:1이라 하였다. 철은 포토재배영지인 B<sub>1</sub>과 F<sub>1</sub>이 각각 10.27ppm 및 11.04ppm으로 높게 나타났으며 A<sub>1</sub>은 4.57ppm으로 낮았다(Fig. 8). 토양에 있어서는 A<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>가 76.75ppm 및 104.74ppm으로 높았다. 이것은 토양과 영지버섯의 철 함량간에는 상관관계가 없다는 것을 보여준다. 비소는 E<sub>1</sub>이 0.19ppm으로 가장 많은 함량을 보였으나 모든 시료에서 비슷하게 낮은 수치를 보였다(Fig. 9). 배지중에서는 토양인 A<sub>2</sub>와 C<sub>2</sub>가 0.42ppm 및 0.44ppm으로 둘다

배양토에 비해서 높았다. 분석결과 종합하여 볼 때 시료영지의 독성 중금속 함량은 아직 설정된 기준치는 없으나 육류나 어패류등 다른 식품에 통용되는 허용한계보다 낮았다. 중금속 함량의 재배방법에 따른 차이는 포토재배영지에서 원목 재배에서 보다 전반적으로 높게 나타났다. 이런 결과는 cadmium과 수은의 경우 배지(배양토)로부터 흡수, 축적한 결과로 본다면 다른 연구보고와 일치한다.

재배지역의 특성면에서는 공업단지로부터 멀지 않은 곳이나 교통량이 많은 도로에서 가까운 곳에서 재배된 영지에서 다소 높은 중금속 함량을 찾아 볼 수 있었다.

## 요 약

한방약재 및 약리성 청량음료로 널리 이용되고 있는 영지버섯의 중금속 오염상황을 조사하기 위하여 대구직할시를 중심으로 상주, 논공, 금호 그리고 원배지역에서 영지버섯과 토양 및 배양토를 수거하여 중금속 함유량을 측정한 결과 영지버섯에서 중독에 관련되는 중금속인 cadmium, 납, 수은, 비소는 각각 0.8~0.13ppm, 0.17~1.43 ppm, 0.02~0.32ppm, 0.01~0.19ppm정도로 비교적 낮게 나타났으며 그외에 구리, 망간, 아연, 철은 0.93~4.29ppm, 0.37~2.18ppm, 1.02~1.65ppm, 4.57~11.04ppm이었다. 납, 구리, 아연, 철 등은 포토재배가 원목재배보다 각각 43.2%, 68.6%, 20.3%, 43.2%가 높았으며 토양 및 배양토에서는 공장이나 공단에서 가까운 위치에 있는 지역이 대체로 중금속 함량이 높은 경향이었고 망간과 철은 현저히 높게 나타났다. 토양 및 배양토의 중금속 함량은 한국토양 평균치 보다 낮았다. 원목재배한 영지버섯의 중금속 함량과 토양중의 중금속 함량간에는 상관관계를 찾아 볼 수가 없었다. 그러나 포토재배에서는 버섯의 균사가 직접 배양토에서 자라게 되므로 배지의 중금속 함량에 영향을 받는 것으로 보였다.

## 문 헌

- 有地滋 : 紫忠人, 久保道徳, 松田秀秋, 吉村成年, 桐ヶ谷紀昌 : 영지(*Ganoderma lucidum*)자실체의 연구(제1보), 만년버섯 열수 추출액기스의 혈압강화 작용. 기초와 임상, 13, 175(1979)
- 久保道徳, 松田秀秋, 田中基晴, 木村善行, 紫忠人, 有地滋, 奥田拓道, 桐ヶ谷基昌 : 영지자실체의 연구(제3보), 만년버섯 열수출액기스의 실험적 고지혈증에 대한 작용. 기초와 임상, 14, 27(1980)
- Hanssen, H. P. : Ganoderma, eine pilzdroge der ostasiatischen Volksmedizin mit vielfältigen pharmakologischen Wirkungen. *Dtsch. Apoth. Ztg.* 128(15), 789(1988)
- 이문주 : 영지 엑기스가 흰쥐의 실험적 간장 중독 및 고지혈증에 미치는 영향. 조선대학교 박사학위논문(1985)
- Miyazaki, T. and Nishijima, M. : Studies in fungal polysaccharides(XXVII). Structural examination of a water soluble, antitumor polysaccharide of *Ganoderma lucidum*. *Chem. Pharm. Bull.*, 29, 3611(1981)
- Kang, C. Y., Shim, M. J., Choi, E. C., Lee, Y. N. and Kim, B. K. : Studies on antineoplastic components of Korean fasidiomycetes mycelial culture and an antineoplastic component of *Ganoderma lucidum*. *Kor. Biochem. J.*, 14 (2), 101(1980)
- 홍영숙, 신정래 : 곡류중의 미량원소에 관한 연구. 한국영양학회지, 8(1), 39(1975)
- 이동훈, 임경태 : 경남 일원의 논흙 및 쌀종의 중금속. 한국영양식량학회지, 6(1), 73(1977)
- 김명찬, 심기환, 하영래 : 미곡중의 중금속 함량에 관하여. 한국식품과학회지, 10(3), 299(1978)
- 유일수, 최창진, 황은희 : 만경강유역 농작물의 중금속 함량에 관한 연구. 한국영양식량학회지, 15(1), 1(1986)
- Seeger, R., Schleicher, G. and Schweinshaut, P. : Untersuchungen zum Berylliumvorkommen in Pilzen. *Dtsch. Lebensm. Rdsch.*, 80(6) 178(1984)
- Schellmann, B. and Opitz, O. : Cadmium-, Blei-und Kupfer Konzentrationen in Wiesenpilzen. *LM-Chem. u. gerichtl. Chem.*, 32, 97 (1978)

13. 喜田村正次, 近藤雅臣, 滝澤行雄, 藤井正美：  
水銀, 講談社(1977)
14. Lagaweriff, J. V. : Uptake of cadmium, lead  
and zinc by radish from soil and air. *Soil Sci.*,  
3, 129(1971)
15. 서인수, 문화희, 김인기, 김학화, 김성환：  
하천부지 토양중의 중금속 함유량에 관한  
조사. 국립과학연구소보, 4, 199(1982)

(1990년 2월 5일 접수)