

## C57BL/6 마우스에서 나노밀 가공된 초미세분말 (상황버섯)의 식이 안전성 연구

김동희, 등영건, 윤양숙, 최주봉, 정현석<sup>1</sup>, 주경복<sup>2</sup>, 이규재<sup>3,\*</sup>  
연세대학교 원주의과대학 환경의생물학교실, 기초의학연구소, <sup>3</sup>평생건강사업단  
<sup>1</sup>주식회사 이제마, <sup>2</sup>초당대학교 안경광학과

## The Food Safety of Superfine Powder (*Phellinus linteus*) Processed by Nanomill in C57BL/6 Mice

Dong-Heui Kim, Yung-Chien Teng, Yang-Sook Yoon, Xu-Feng Qi,  
Hyun-Seok Jeong<sup>1</sup>, Kyung-Bok Joo<sup>2</sup> and Kyu-Jae Lee<sup>3,\*</sup>

Department of Environmental Medical Biology, Institute of Basic Medical Science, and  
<sup>3</sup>Institute of Lifelong Health, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju,  
Gangwon 220-701, Korea

<sup>1</sup>Leejema Ltd., Hongcheon Life Health Research Center, Yeonbong-ri, Hongcheon,  
Gangwon 250-930, Korea

<sup>2</sup>Department of Ophthalmic Optics, Chodang University, Muan, Jeonnam 534-701, Korea  
(Received April 16, 2009; Accepted June 22, 2009)

### ABSTRACT

A officinal mushroom, *Phellinus linteus* (PL) has been known to exhibit potent biological activities including antioxidative and anticancer effect. PL is consumed as a type of powder or extract for the purpose of health promotion and disease treatment. Recently superfine PL products was commercialized according to the development of pulverizing technology such as nanomill, so the evaluation of food safety is suggested. This study was conducted to evaluate the food safety of superfine PL (SPL) through hematological, biochemical and histological examination in mice as compared with fine PL (FPL). In the particle size distribution in volume after nanomill processing, the mean diameter of SPL and FPL particles was 11.78  $\mu\text{m}$  and 216.1  $\mu\text{m}$ , and d (0.5), the particle diameter measured at 50% of distribution was 5.5  $\mu\text{m}$  and 147.9  $\mu\text{m}$ , respectively. As the result of body weight, food intake and the weight of organs, SPL group didn't show any statistical difference compared with FPL group and normal group (N). Hematological and biochemical values were also involved in the normal range, although ALT (N vs. FPL,  $P < 0.001$ ) and BUN (N vs. FPL,  $P < 0.01$ ; N vs. SPL,  $P < 0.01$ ) showed significance compared with N group but there are no significance between FPL and SPL group. In the result of histological examination with liver, kidney, spleen, and small and large intestine, abnormal findings such as inflammatory reaction and histological changes were not observed. Our results suggest that the oral intake of SPL diet is not harmful to the animal in the hematological, biochemical and histological aspects although particle size was reduced to the level of superfine. However, further study will be necessary to confirm the histological safety in relation to the gastrointestinal contact of superfine particles in the case of large amount and long-term intake.

**Keywords** : *Phellinus linteus*, Food safety, Superfine, *In vivo*

본 연구는 2008년 연세대학교 학술연구비에 의해 이루어졌음 (YUWCM-2008-42).

\* Correspondence should be addressed to Dr. Kyu Jae Lee, Department of Environmental Medical Biology, Wonju College of Medicine, Yonsei University, 162, Ilsan-dong, Wonju, Gangwon-do 220-701, Korea. Ph.: (033) 741-0331, Fax: (033) 731-6953, E-mail: medbio@yonsei.ac.kr

## 서 론

나노기술(초미립화 기술)은 1~100 nm 사이의 원자나 분자 수준의 나노물질을 이용하여 유용한 물질을 생산하거나 신소재를 생성하는 첨단 기술로서, 공학 분야에서 뿐만 아니라 식품분야에도 도입되어 제품개발에 응용되고 있다. 일반적으로 나노식품에 적용되는 입자는 수 나노미터에서 수백 나노미터 사이의 크기를 가지며, 입자크기의 감소로 인해 독특한 특성을 나타내기도 한다. 식품소재로 사용되는 나노물질은 크게 재료나 원료의 크기를 작게 만드는 톱다운(Top Down) 방식과 분자나 원자 수준의 물질을 나노 크기로 만드는 보텀 업(Bottom Up) 방식에 의해 생성되며, 현재 식품산업 분야에서는 저렴한 생산비와 대량생산의 용이성 때문에 미세캡슐화, 나노에멀전 기술, 나노복합체 기술 등을 포함하는 보텀 업 기술을 주로 개발, 적용하고 있다. 한편 톱다운 방식은 적은 설비로 부가가치가 높은 제품을 생산할 수 있다는 장점을 갖는다. 현대인의 바쁜 생활패턴은 식품의 선택에 있어서 건강상의 유익과 편리함을 우선시하고 있고, 인공적인 가공식품 보다는 자연식품을 선호하는 사회적인 분위기로 인해 천연식품 재료를 이용한 건강기능식품의 시장성은 날로 확대 추세에 있다(Roizin et al., 2004).

톱다운 방식의 기술은 원료의 생체이용효율을 높이고, 유효성분의 활성과 식품의 기능성을 높일 수 있다는 점에서 매우 유용한 기술로 사용될 수 있다. 식품소재의 입자를 감소시키기 위해서는 압착(compression), 충격(impact), 전단력(shear force)의 원리가 주로 사용되며, 그 중 충격과 전단력은 나노입자의 형성에 중요한 역할을 한다. 기능성식품에 주로 사용되는 건조식품재료는 나노기술을 적용할 경우 입자 크기의 감소와 함께 재료의 성질이 변할 수 있다. 입자의 크기 감소는 일반적으로 식품소재의 기능성과 관련되어진다. 입자의 크기가 감소할수록 표면적은 넓어지며 그 결과 흡수성, 맛, 질감 및 생체이용률 등의 기능성에 영향을 미친다(Sanguansri & Augustin, 2006).

아직까지는 기술적인 한계로 인해 엄격한 의미의 나노분체화가 실현되고 있지는 않지만 분쇄기기의 발달로 1 $\mu$ m 이하의 입자를 상당량 포함하는 단계에 와 있고 천연재료의 초미세화 가공을 이용한 제품도 이미 상용화되고 있다. 그러나 제품개발과 나노분체 기술개발에 비해 안전성에 대한 연구는 거의 없는 실정이며, 나노입자의 안전성과 관련된 연구는 풀러렌(fulleren), 단일벽 또는 다중벽 탄소튜브(singl- or multi-walled carbon nanotube)와 같은 공학적인 나노물질의 인체독성과 환경에 미칠 유해성에 주로 초점이 맞추어져 있다(Lam et al., 2004; Oberdorster, 2004; Monteiro-Riviere et al., 2005; Ryman-Rasmussen et al., 2006). 나노식

품은 인간의 건강이나 생명과 직결되는 부분이기 때문에 일어날 수 있는 인체 유해성을 확인하는 일은 매우 중요하다. 또한 소비자들의 나노제품에 대한 인식의 정도는 나노기술의 발전에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 안전성에 대한 소비자들의 믿음은 기술 발달의 초기에 구축될 필요가 있다(Macoubrie, 2006).

따라서 본 연구는 기능성식품의 소재로 사용되는 상황버섯(*Phellinus linteus*)을 초미세 가공하여 마우스에게 경구투여한 후 기존의 분쇄법으로 생산된 상황버섯 미세분말과 비교함으로써 혈액학, 생화학, 조직학적 관점에서 입자크기의 감소에 따른 생체 안전성을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물

5주령 된 평균체중  $25 \pm 2$  g인 ICR 마우스 수컷을 중앙실험동물(주)로부터 구입하여 실험에 사용하였다. 모든 실험동물들은  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 와 12시간 명암주기 조건 하에서 일주일 동안 순화시켰다. 실험군은 생쥐용 고품사료(Mouse E.P., Superfeed Co. Ltd., Korea)를 먹인 정상군(Normal), 일반분쇄된 상황버섯 사료를 먹인 실험군(FPL), 초미분화 상황버섯 사료를 먹인 실험군(SPL) 총 3군으로 나누어 각각 8마리씩 배정하였다. 물은 역삼투압 방식의 정수물을 사용하였고, 먹이와 물은 6일 동안 충분히 공급하였다.

### 2. 재료의 분쇄, 입도분석, 입자의 형태학적 관찰

상황버섯 재료는 (주)이제마로부터 구입하여 사용하였다. 상황버섯 미세분말(FPL)은 압착, 충격, 전단력을 원리로 하는 일반분쇄기(Food Mill KFM-10, Koreamedia Co. Ltd., Daegu, Korea)를 이용하여 1,000 rpm으로 분쇄하였다. 초미세분말(SPL)은 건조식품 재료의 분쇄에 적합하도록 제작된 터브라이저 HKP-05(Korea Energy Technology Co., Ltd., Chuncheon, Korea)를 이용하여 분쇄하였으며 모든 분쇄과정은 냉각기(냉매: R-22)가 장착된 밀폐식 분쇄기 내에서 이루어졌다. 로터의 속도는 10,500 rpm이었고, grinding media의 지름은 210 mm였다. 분쇄된 각 상황버섯 분말의 입자분포는 한국화학시험연구소(서울, 한국)에 의뢰하여 분석하였다.

### 3. 실험용 사료의 제작

실험용 고품사료는 일반분쇄된 미세상황버섯 분말과 나노밀 가공된 초미세상황버섯 분말을 일반사료 분말의 10% 비율로 혼합, 반죽하여 일반 고품사료와 비슷한 형태로 만든 후  $50^\circ\text{C}$ 에서 건조시켰다.

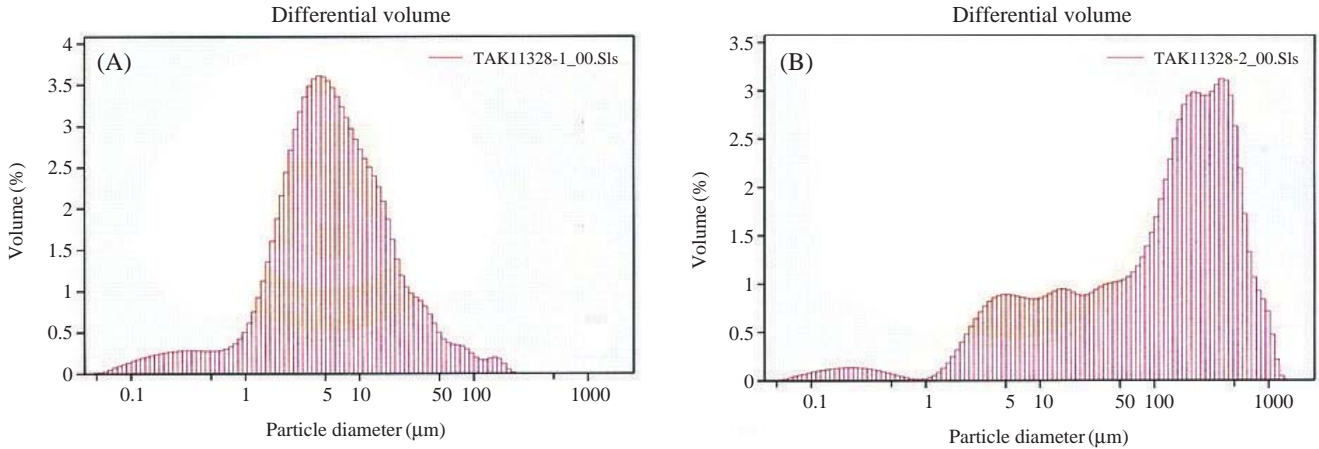


Fig. 1. Particle analysis of superfine (A) and fine (B) *Phellinus linteus*.

#### 4. 사료 섭취량, 체중, 각 기관의 무게 측정

사료 섭취량은 6일 동안 매일 같은 시간에 측정하였고, 마우스의 체중은 실험 첫날과 6일 동안 실험식이를 공급한 후 7일째에 각각 한 번씩 측정하여 평균값을 계산하였다. 각 기관의 무게는 실험동물을 경추도살 한 후 심장, 간, 위, 신장, 췌장, 소장, 대장을 적출하여 측정하였고, 실험군별 평균값으로 나타내었다.

#### 5. 혈액학 및 생화학적 검사

Ethyl ether로 마우스를 마취시킨 후 안와혈관총(orbital plexus)에서 혈액샘플을 채취하였다. 혈액학적 검사는 혈액자동분석기(HEMAVET HV950 FS, Drew Scientific Inc., USA)를 이용하여 total WBC, 호중구(neutrophil), 림프구(lymphocyte), 단핵구(monocyte), 호산구(eosinophil), 호염기구(basophil)의 수를 측정하였다. 생화학적 검사를 위해 혈청은 3,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상층액을 취하였고, 혈청자동분석기(Fuji Dry/Chem 3500, Fuji Photo Film Co., Ltd., Japan)를 이용하여 Na, K, Cl, Ca, inorganic phosphate, aspartate amino transferase (AST), alanine amino transferase (ALT), total cholesterol, albumin, creatinine, blood urea nitrogen (BUN)을 측정하였다.

#### 6. 조직학적 검사

적출된 간, 소장 및 대장을 적출하여 10% 포르말린에 24시간 고정하였다. 에탄올 농도 순으로 탈수한 후 xylene으로 투명과정을 거치고 파라핀으로 포매하였다. 4 μm 두께로 파라핀 절편을 만들어 통상적인 파라핀용 광학현미경의 시료처리법에 따라 처리한 후 hematoxyline-eosin으로 이중염색하여 광학현미경으로 관찰하였다.

Table 1. Particle analysis and mean diameter

Group	d(0.1)	d(0.5)	d(0.9)	Mean diameter
SPL (μm)	1.420	5.570	25.18	11.78 ± 20.31
FPL (μm)	4.872	147.9	532.9	216.1 ± 231.2

FPL: Fine powder of *P. linteus*, SPL: Superfine powder of *P. linteus*

#### 7. 통계분석

통계학적 분석은 Prism 4.0(Graphicpad Software Inc., USA) 통계프로그램을 이용하여 ANOVA (non-parametric) test를 실시하였으며, 실험결과는 실험군 별로 평균±표준편차(S.D)로 제시하였다. 통계학적 유의성은  $P < 0.05$ 일 때 유의한 것으로 판단하였고, 각 실험군 간의 평균값의 차이에 대한 유의성은 Dunn's multiple comparison test를 이용하여 평가하였다.

## 결 과

#### 1. 상황버섯 초미세분말의 입도분석

상황버섯을 나노밀 가공과 기존의 분쇄 방식으로 분말화한 후 입도분석 한 결과에 의하면 상황버섯 초미세분말(SPL)과 미세분말(FPL) 입자의 평균지름은 각각 11.8 μm와 216.1 μm였고, 부피분포가 50%일 때의 입자 지름(d(0.5))은 각각 5.5 μm와 147.9 μm였다(Fig. 1, Table 1).

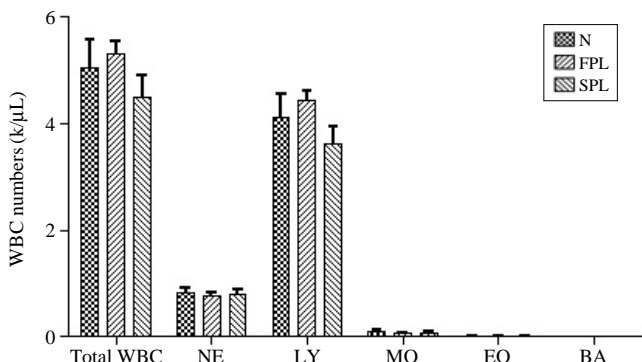
#### 2. 사료 섭취량, 체중, 각 기관의 무게 측정

6일 동안의 사료 섭취량은 SPL군 FPL군이 각각  $3.1 \pm 0.6$  g,  $3.8 \pm 0.7$  g로서 정상군( $3.5 \pm 0.7$  g)과 비교하여 통계학적 차이를 나타내지 않았으며, 체중은 SPL군( $22.5 \pm 1.5$  g)과 FPL군( $25.0 \pm 1.7$  g)이 정상군( $28.7 \pm 1.9$  g)보다 약간 낮게

**Table 2.** The weight of organs

Group	Heart	Liver	Stomach	Kidney	Spleen	Small intestine	Large intestine
N	0.15±0.02	1.05±0.07	0.28±0.06	0.35±0.03	0.07±0.02	1.07±0.19	0.38±0.04
FPL	0.13±0.02	1.28±0.13	0.31±0.06	0.34±0.02	0.07±0.02	0.94±0.11	0.37±0.10
SPL	0.11±0.01	1.03±0.10	0.26±0.07	0.30±0.01	0.06±0.01	0.82±0.11	0.32±0.08

N: Normal group, FPL: 10% fine *P. linteus* feeding group, SPL: 10% superfine *P. linteus* feeding group



**Fig. 2.** The number of white blood cells (WBC) by hematological examination. All kinds of WBC showed no significant difference among groups. N: Normal group, FPL: 10% fine *P. linteus* feeding group, SPL: 10% superfine *P. linteus* feeding group, NE: Neutrophil, LY: Lymphocyte, MO: Monocyte, EO: Eosinophil, BA: Basophil

측정되었지만 그룹 간 유의성은 관찰되지 않았다. 또한 실험 종료 후 각 장기를 적출하여 무게를 측정된 결과에서도 유의한 차이는 발견되지 않았다(Table 2).

### 3. 혈액학 및 생화학적 검사

혈액학적 검사 결과 전체 백혈구수, 단핵구, 림프구, 중성구, 호산구, 호중구, 호염기구의 수는 모두 그룹 간 통계학적 차이를 나타내지 않았다(Fig. 2).

혈청을 이용한 생화학적 검사에서, FPL군의 ALT는 대조군(N) 비해 유의하게 높은 수치를 보여주었으나( $P < 0.001$ ) SPL군은 FPL군이나 N군과 비교하여 통계학적 차이가 없었다. BUN은 FPL군( $P < 0.01$ )과 SPL군( $P < 0.01$ )의 수치가 N군과 비교하여 유의하게 낮았으나 FPL군과 SPL군 사이의 통계학적 유의성은 없었다. 그 밖에 전해질을 포함한 다른 생화학적 검사항목들은 모두 그룹 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Tables 3~4).

### 4. 조직학적 검사

상황버섯을 동물에게 6일 동안 식이한 후 간, 신장, 비장, 심장, 소장 및 대장을 적출하여 조직학적 검사를 한 결과, 모든 장기들은 비정상적인 소견을 나타내지 않았다. 핵과 세포질을 포함한 조직의 형태학적 변화가 없었고, 염증, 괴사

**Table 3.** The level of electrolytes in serum

Group	Na	K	Cl	Ca	IP
N	150.8±2.4	4.7±0.3	115.6±1.5	9.1±0.3	7.1±1.1
FPL	138.4±6.3	4.3±0.4	106.4±7.9	7.9±0.3	6.5±0.6
SPL	144.3±3.2	4.8±0.4	112.2±2.2	8.5±0.3	6.3±0.3

The level of all the electrolytes were involved in the normal range. IP: inorganic phosphate. N: Normal group, FPL: 10% fine *P. linteus* feeding group, SPL: 10% superfine *P. linteus* feeding group

및 섬유화와 같은 병리학적 변화도 발견되지 않았다(Fig. 3).

## 고 찰

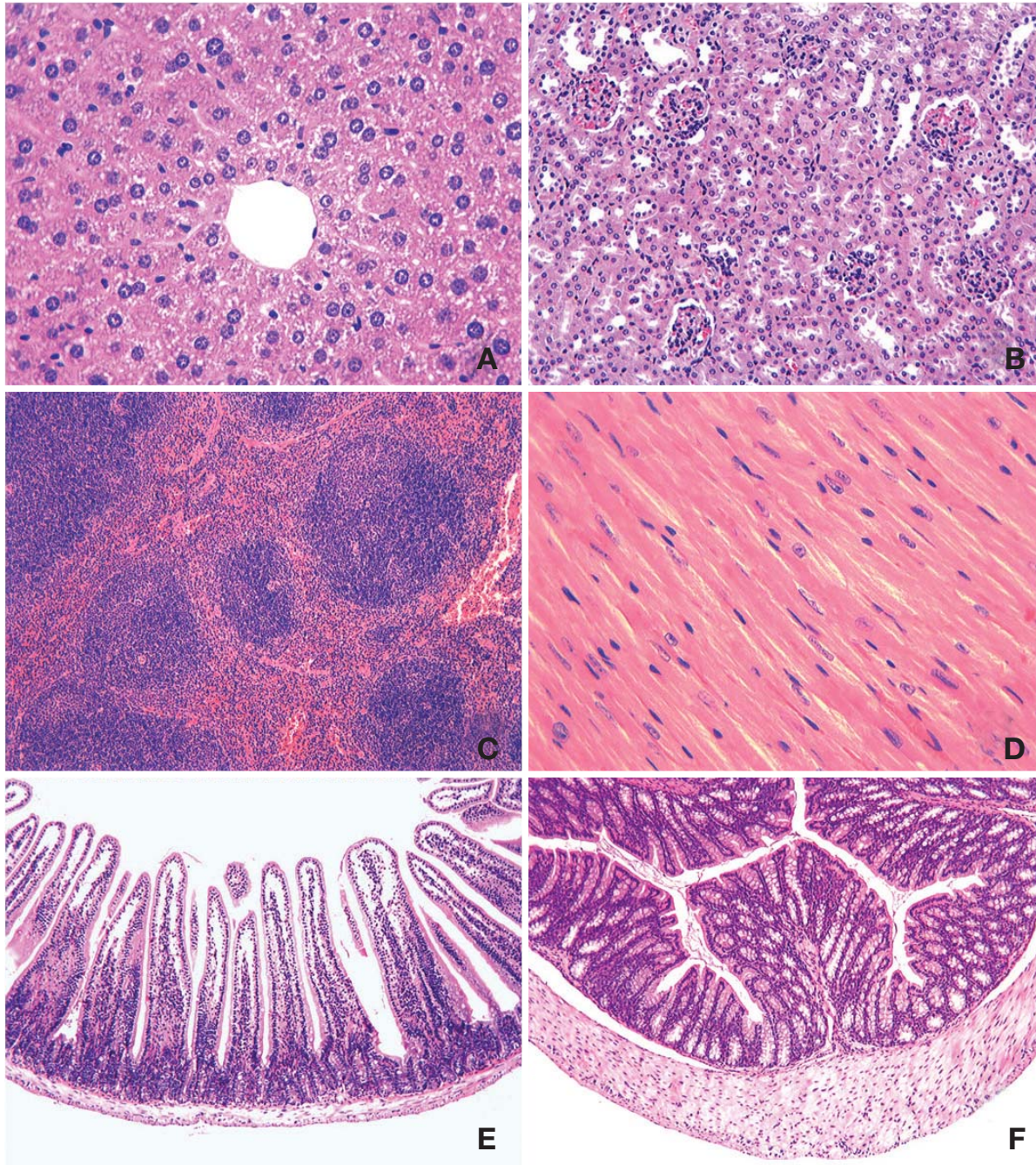
상황버섯(목질진흙버섯, *Phellinus linteus*)은 소나무비늘과(Hymenochaetaceae)에 속하는 황색의 약용버섯으로서 주로 뿔나무줄기에서 자생하며 전체적으로 조직이 치밀하고 매우 단단하다. 담자균류의 버섯은 대부분 영양생장단계의 균사체와 포자를 형성하는 생식생장단계인 자실체로 나누어지는데, 상황버섯 또한 포자를 품고 있는 자실체 상태가 가장 영양성분이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 상황버섯은 전통적인 민간요법으로 사용되어 왔고 최근 연구를 통해 면역증강(Matsuba et al., 2007), 항암(Ohno et al., 2007), 항고지혈증(Zou et al., 2008), 항염증(Kim et al., 2007), 항산화효과(Song et al., 2003) 및 간보호효과(Kim et al., 2004) 등을 포함한 생물학적 활성이 입증되고 있다. 상황버섯은 자연계에서의 분포 수가 매우 적어 시중에서 고가에 판매되고 있다. 이를 보완하기 위해 인공재배기술나 균사체의 인공배양법을 통해 대량 재배를 시도하고 있지만 인공재배 및 배양기술, 양질의 균주 확보, 재배방법의 과학화 및 표준화, 유효성의 검증 등은 대량생산기술 개발과 관련되어 더 연구되어야 할 문제로 남아있다(Sohn et al., 2008). 특히 항암활성을 포함한 의학적 효능 부분에서는 자연산과 인공재배 또는 배양균사체의 비교연구가 매우 부족한 실정이다. 그러므로, 한정된 소재 안의 유효성분을 극대화할 수 있는 가공기술을 개발하는 것은 자연산 상황버섯의 희귀성과 관련되어 중요한 의미를 갖는다.

상황버섯은 2003년 식품안전청에서 상황버섯종의 독성자료를 검토한 결과 안전성에 문제가 없는 것으로 나타나, 식

**Table 4.** The level of biochemical parameters in serum

Group	AST	ALT	Albumin	TCHO	Creatinin	BUN
N	120.3 ± 19.2	36.6 ± 3.8	2.6 ± 0.2	96.8 ± 5.4	0.2 ± 0.0	30.6 ± 2.6
FPL	105.4 ± 15.6	57.0 ± 14.1 <sup>****</sup>	2.3 ± 0.1	101.5 ± 10.0	0.1 ± 0.0	23.7 ± 2.6 <sup>b**</sup>
SPL	120.4 ± 21.3	43.3 ± 8.7	2.7 ± 0.2	96.8 ± 9.7	0.2 ± 0.1	22.9 ± 3.0 <sup>c**</sup>

The level of all the biochemical parameters were involved in the normal range. N: Normal group, FPL: 10% fine *P. linteus* feeding group, SPL: 10% superfine *P. linteus* feeding group, AST: Aspartate amino transferase, ALT: Alanine amino transferase, TCHO: Total cholesterol, BUN: Blood urea nitrogen. \*\*\*\*: N vs. FPL ( $P < 0.001$ ), \*\*b: N vs. FPL ( $P < 0.01$ ), \*\*c: N vs. SPL ( $P < 0.01$ )



**Fig. 3.** Histological examination of liver (A), kidney (B), spleen (C), heart (D), small intestine (E), and large intestine (F) using light microscope in SPL. Abnormal findings were not observed. H-E stain ( $\times 200$ ).

폼칩가물 및 기능성물질로서 인증을 받았으며, 국내에서 식품원료로 허가됨에 따라 항암 및 면역활성강화 신소재 및 건강기능식품으로 개발되고 있다(Shon et al., 2008). 그러나 상황버섯 전체를 톱다운 방식에 의해 초미세가공하여 분말 형태로 복용하는 기능성식품이 상용화됨에 따라 입자의 감소에 따른 생체의 안전성을 확인할 필요성이 제기되고 있다. 상황버섯은 대부분 자실체와 균사체를 높은 온도로 가열하여 먹거나 열수추출물의 건조분말 또는 배양균사체의 추출물을 가공한 형태로 복용되지만 추출 시의 효율성이 떨어지는 단점이 있다. 그러므로 버섯 자체를 초미세가공하여 분말형태로 만드는 것은 추출 시의 효율을 높이기 위한 추출 전단계의 가공형태로서 의미를 갖거나 또는 버섯 전체를 복용함으로써 추출이 어려운 영양성분이나 기능성 성분의 생체이용효율을 향상시키는 효과를 가져다준다. 나노기술의 적용에 의한 입자크기의 감소는 입자의 표면적을 넓히고 식품소재에 포함된 기능성 물질의 활성을 높여줌으로써 기존의 방식에 의해 분쇄된 분말의 유효성을 향상시키는 효과를 나타낸다. 기존분쇄방식의 상황버섯 미세분말과 나노밀가공에 의한 초미세분말을 생쥐에게 일주일간 식이하고 사염화탄소에 의해 간독성을 유발시킨 후 관찰한 우리의 선행연구 결과에 의하면 상황버섯 초미세분말군은 일반분말군에 비해 뛰어난 간보호효과와 항산화효과를 나타내었다. 이 결과는 나노밀 가공에 의한 입자의 감소가 상황버섯의 생물학적 활성을 향상시킨다는 것을 의미하며 또한 초미세분말화는 기능성 건강식품의 가공법으로서 유용하게 적용될 수 있다는 것을 말해준다. 그러나 초미세분말 가공에 따른 건강상의 유익에도 불구하고 식품소재 입자의 감소에 따른 인체 유해성은 아직 확인된 바가 없다.

따라서 본 연구는 초미세가공된 상황버섯 사료를 동물에게 식이하고 기존의 미세분말사료와 정상사료를 식이한 동물과 비교함으로써 입자의 감소에 따른 식이안전성을 조사하였다. 실험식이 식이 후 사료섭취량과 체중 및 각 기관의 무게는 그룹 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 조직학적인 검사 결과, 간, 비장, 신장, 심장, 소장, 대장은 FPL군과 SPL군 모두에서 정상군과 비교하여 차이를 나타내지 않았다. 모든 조직에서 염증이나 괴사와 같은 병리학적인 소견이 관찰되지 않았고, 각 조직의 핵과 세포질을 비롯하여 장관의 점막층이나 신사구체 등의 조직형태학적 변화는 발견되지 않았다. 그러나 다른 연구자에 의하면, starch granule, cellulose particle, charcoal, silicate crystal, latex particle 등과 같은 마이크로미터 수준의 어떤 입자(macrocorpuscular particles)들은 소화기의 점막 상피층의 세포 사이를 통과하여(persorption) 림프관이나 장관정맥으로 이동한 후 온몸 순환을 통해 신장, 비장, 골수, 간, 심장, 폐, 태반 등의 이차 기관(secondary organ)으로 전달되며, 각 장기에 일정기간 머물다가 제거되는 것으로 보고되고 있다(Volkheimer, 1974;

Florence, 1995). 그러나 체내에서 제거되기 전에 사구체 정맥이나 폐포의 정맥에서 일시적인 색전 증상(embolization)을 나타내며 태반을 통과하여 태아에게 까지도 전달된다는 것을 고려할 때 다량의 입자가 상피층을 통과할 경우 입자의 경로와 제거 과정을 추적해볼 필요가 있다.

백혈구의 종류별 수와 혈청을 이용한 전해질의 수치는 통계학적 차이를 나타내지 않았고, 생화학적 검사 항목에서 간기능의 지표 중 ALT는 SPL군은 FPL군이나 정상군과 비교하여 유의한 차이를 나타내지 않았으나 FPL군은 정상군과 비교하여 유의하게 높은 수치를 나타내었다. 다른 연구자에 의하면 발아현미에서 자란 상황버섯의 추출물(Jeon et al., 2003)과 배양된 균사체의 추출물(Kim et al., 2004)은 각각 동물실험과 배양된 간세포에서 간보호효과가 있는 것으로 보고되었고, Kim 등(2008)은 고지방식이를 식이한 흰쥐에게 상황버섯 자실체 분말 2%와 5% 사료를 먹인 결과 GOT의 활성은 차이가 없었으나 GPT는 각각 43%와 45% 감소함으로써 간조직의 손상에 대한 억제효과를 보고하였다. 10% 상황버섯 사료를 식이한 본 실험의 결과에서도 AST(GOT)의 유의성은 발견되지 않았으나 기존의 방식으로 분쇄된 FPL군의 경우 ALT(GPT)가 유의하게 증가한 것으로 나타났다( $P < 0.001$ ). 반면 SPL군은 AST와 ALT 모두 정상군에 비해 증가하였지만 그룹 간 유의성은 발견되지 않았다. 또한 BUN의 검사결과는 FPL군과 SPL군 모두 유의하게 낮은 수치를 보여주었지만 정상범위 내에 포함되었다. BUN은 아미노산의 탈 아미노반응으로 생성된 암모니아로 주로 간의 요소회로를 거쳐 생성되며, 급만성 간염이나 간암 또는 심한 탈수의 경우 약간 감소할 수 있다. 이와 같이 ALT 증가와 BUN 감소는 비록 조직학적 검사와 혈액학적 검사를 포함한 다른 생화학적 검사들이 정상이라고 하여도 상황버섯 분말을 다량으로 복용하였을 때 생체에 영향을 미칠 가능성이 있음을 배제할 수 없다. 그러므로 입자의 크기 감소에 따른 효능평가와 함께 가공된 재료가 인체 내에서 유해하게 작용할 수 있는 부분을 찾아 안전성을 확립해야 한다.

나노분쇄 가공식품의 안전성평가는 가공된 입자가 소화기조직과 직접적으로 접촉한다는 것과 대량으로 인체에 유입된다는 점을 고려할 때 중요성을 갖는다. 일반적으로 건강기능성 식품 종류는 과학적인 효능과 권장 섭취량 및 안전성의 확립이 입증되지 않고는 소비자들에게 신뢰를 줄 수 없으며, 이로 인해 시장 창출의 제약을 받는 경우가 많다. 나노기술의 발달은 인류에게 새로운 가능성을 제시하며 발전하고 있으나 현재 나노물질과 관련된 안전성의 연구는 공학적인 나노입자에 한정되어 있다. 아직까지 나노식품의 상용화는 초기단계에 머물러 있지만 식품의 개발과 소비가 대중화되기 전에 식품에 대한 안전성은 우선적으로 검증되어야 한다. 그런 의미에서 본 연구는 나노분쇄 가공법을 적

용한 식품재료의 안전성을 평가할 때 기초적인 자료로 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 나노식품 시장의 확대가 예상되고 있는 현 시점에서 향후 개발되는 나노식품의 안전성 평가 가이드라인이 구축될 필요가 있으며, 나노물질에 대한 올바른 정보를 소비자들에게 전달하고 정부차원에서 법적인 규제 장치가 마련될 때 나노식품 산업은 더욱 발전할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- Florence AT, Hillery AM, Hussain N, Jani PU: Factors affecting the oral uptake and translocation of polystyrene nanoparticles: histological and analytical evidence. *J Drug Target* 3(1) : 65-70, 1995.
- Jeon TI, Hwang SG, Lim BO, Park DK: Extracts of *Phellinus linteus* grown germinated brown rice suppress liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. *Biotechnol Letter* 25 : 2093-2096, 2003.
- Kim JH, Son IS, Kim JS, Kim KH, Kwon CS: Lipase-inhibitory and anti-oxidative activity of the methanol extract and the powder of *Phellinus linteus*. *Korean Soc Food Sci Nutr* 37(2) : 154-161, 2008.
- Kim SH, Lee HS, Cho J, Ze K, Sung J, Kim YC: Mycelial culture of *Phellinus linteus* protects primary cultured rat hepatocytes against hepatotoxins. *J Ethnopharmacol* 95 : 367-372, 2004.
- Lam C, James JT, McCluskey R, Hunter RL: Pulmonary toxicity of single-wall carbon nanotubes in mice 7 and 90 days after intratracheal instillation. *Toxicol Sci* 77 : 126, 2004.
- Macoubrie J: Nanotechnology: Public concerns, reasoning and trust in government. *Public Underst Sci* 15 : 221-241, 2006.
- Matsuba S, Matsuno H, Sakuma M, Komatsu Y: *Phellinus linteus* extract augments the immune response in mitomycin C-induced immunodeficient mice. *Evid Based Complement Alternat Med* 5(1) : 85-90, 2007.
- Monteiro-Riviere NA, Nemanich RJ, Inman AO, Wang YY, Riviere JE: Multi-walled carbon nanotube interactions with human epidermal keratinocytes. *Toxicol Lett* 155(3) : 377-384, 2005.
- Oberdorster E: Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile largemouth bass. *Environ Health Perspect* 112(10) : 1058-1062, 2004.
- Ohno T, Takahashi Y, Tanabe H, Hirayama H, Mizukami H, Ogiwara Y: Inhibitory effect of oral intake of natural *Phellinus linteus* fruit body on growth and pulmonary metastasis of B16/BL6 melanoma. *J Nat Med* 61 : 438-442, 2007.
- Rozin P, Spranca M, Krieger Z, Neuhaus R, Surillo D, Swerdlin A: Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite* 43 : 147-154, 2004.
- Ryman-Rasmussen JP, Riviere JE, Monteiro-Riviere NA: Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol Sci* 91(1) : 159-165, 2006.
- Sanguansri P, Augustin MA: Nanoscale materials development-a food industry perspective. *Trends Food Sci Technol* 17 : 547-556, 2006.
- Sohn EH, Roh HS, Park YS, Sohn ES, Kang SC, Kang NS, Pyo SK: *Phellinus linteus*; market and technology trends analysis. *Korean J Biotechnol Bioeng* 23(2) : 109-117, 2008.
- Song YS, Kim SH, Sa JH, Jin CB, Lim CJ, Park EH: Anti-angiogenic, antioxidant and xanthine oxidase inhibition activities of the mushroom *Phellinus linteus*. *J Ethnopharmacol* 88 : 113-116, 2003.
- Volkheimer G: Passage of particles through the wall of the gastrointestinal tract. *Environmental health perspectives* 9 : 215-225, 1974.
- Zou X, Guo X, Sun M: pH control strategy in a shaken minireactor for polysaccharide production by medicinal mushroom *Phellinus linteus* and its anti-hyperlipemia activity. *Bioprocess Biosyst Eng* 32(2) : 277-281, 2008.

## < 국문 초록 >

상황버섯(*Phellinus linteus*)은 건강 증진 및 질병의 치료를 목적으로 널리 사용되는 약용버섯으로서 항산화효과와 항암효과를 비롯한 다양한 생물학적 활성을 갖는다. 상황버섯은 주로 추출물이나 분말의 형태로 복용되고 있으며, 최근 분쇄기법의 발달로 초미세분말 형태의 제품이 상용화되면서 식이 안전성에 대한 연구의 필요성이 제기되었다. 본 연구는 상황버섯 초미세분말과 일반 미세분말을 동물에게 먹인 후 입자의 크기에 따른 식이안전성을 평가하기 위해 실시되었다. 부피평균에 의한 입도분석 결과, 상황버섯 초미세분말(SPL)과 미세분말(FPL) 입자의 평균지름은 각각 11.8 $\mu$ m와 216.1 $\mu$ m였고, d(0.5)는 각각 5.5 $\mu$ m와 147.9 $\mu$ m였다. 동물의 체중, 사료 섭취량 및 각 기관의 무게를 관찰한 결과 SPL군은 정상군(N)이나 FPL군과 비교하여 통계학적 차이를 나타내지 않았다. 혈액학 및 생화학적 검사에서는 ALT(N vs. FPL, P<0.001)와 BUN(N vs. FPL, P<0.01; N vs. SPL, P<0.01)이 정상군과 비교하여 차이를 보였으나 FPL군과 SPL군 사이의 유의성은 발견되지 않았으며, 그 밖의 다른 검사항목들은 모두 정상범위 내에 포함되었다. 또한 조직학적 검사 결과에서도 비정상적인 소견은 관찰되지 않았다. 이 연구 결과는 초미세 가공된 상황버섯을 경구투여할 경우 혈액학, 생화학, 조직학적인 측면에서 동물에게 유해하지 않다는 것을 말해준다. 그러나 다량의 초미세입자가 소화기와 장기간 접촉할 경우 일어날 수 있는 조직학적 유해성에 대한 심도 깊은 연구는 필요할 것으로 판단된다.