

버섯의 Ergocalciferol(Vit D₂)과 Cholecalciferol(Vit D₃)의 함량 측정

이진실 · 안령미* · 최희숙**

동덕여자대학교 식품영양학과, *보건관리학과, **건국대학교 동물자원연구센터

Determinations of Ergocalciferol and Cholecalciferol in Mushrooms

Jinsil Lee, Ryoung-Me Ahn* and Hee-Sook Choi**

Department of Food and Nutrition, *Health Science, Dongduk Women's University

**Animal Resources Research Center, Kon-Kuk University

Abstract

The contents of ergocalciferol (vit D₂) and cholecalciferol (vit D₃) in mushrooms (*Lentinus edodes*, *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Auricularia auricular*, *Gyropora esculenta*, *Romaria botrytis*, *Coriorus versicolor*, *Ganoderma lucidum*) were determined by high-performance liquid chromatography (HPLC), using external standard method. The methods included saponification, extraction, drying, filtering and quantification with analytical HPLC (Waters Inc.). The contents of vit D₂ and D₃ found in different mushroom species. *A. auricular*, and *L. edodes* contained high amounts of vit D, 167.8, 72.6 µg/100 g of edible portion, respectively. On the other hand *A. bisporus* showed the lowest contents of vit D among analyzed mushrooms.

Key words: Vit D₂, Vit D₃, HPLC, Mushroom

I. 서 론

버섯은 곰팡이의 일종으로 대부분은 담자균류에 속하는 고등균류로서 지구상에는 수천 종의 버섯이 있는 것으로 알려졌으며 국내에는 800여종이 자생하고 있다. 버섯은 식용버섯(약 700여종), 약용버섯(50여종), 독버섯 등으로 분류된다¹⁾.

우리 나라에서 많이 애용되는 식용버섯으로는 표고(*Lentinus edodes*), 송이(*Tricholoma matsutake*), 양송이(*Agaricus bisporus*), 느타리(*Pleurotus ostreatus*), 팽이(*Flammulina velutipes*), 목이(*Auricularia auricular*), 석이(*Gyropora esculenta*), 짜리버섯(*Romaria botrytis*) 등이 있으며 약용 버섯류로는 영지(*Ganoderma lucidum*), 운지(*Coriorus versicolor*), 상황버섯(*Phellinus Linteus*) 등이 있다. 버섯은 수분, 단백질, 지질, 탄수화물의 함량이 적어 에너지원으로는 가치가 적지만 비타민 B₂와 나이아신에 비교적 다른 채소에 비해 많이 들어 있으며 특히 비타민 D의 전구체인 ergosterol이 많은 양 존재한다¹⁾.

Ergosterol과 cholesterol은 자외선 조사에 의해 각각 비타민 D₂(ergocalciferol)와 비타민 D₃(cholecalciferol)

로 전환되며 이들은 신장에서 비타민 D의 활성형인 1, 25-dihydroxyvitamin D(1,25-(OH)₂D)로 전환되어 체내의 칼슘 및 골격 대사를 조절하여 골격의 성장 및 유지에 필수적인 생리적 역할을 하는 것으로 알려졌다²⁾. 비타민 D는 칼슘과 인의 항상성 유지에 중요한 역할을 하는 유기화합물로서 비타민 D₂, D₃, D₄, D₅, D₆, D₇ 등 적어도 10개 이상의 물질들이 발견되었다. 이 중에서도 식품에 존재하는 비타민 D는 주로 비타민 D₂와 비타민 D₃이다. 이스트나 식물성 식품에 존재하는 ergosterol은 자외선 조사에 의해 ergocalciferol(비타민 D₂)로 전환된다. 동물의 경우에는 피부와 털에 7-dehydrocholesterol이라는 비타민 D₃의 전구체가 들어 있고 이 물질도 자외선을 받게되면 cholecalciferol(비타민 D₃)로 전환된다. 이들 두 형태는 비타민 D로서 인체에 동일한 효과를 나타낸다^{2,3)}.

비타민 D에 관련된 연구로는 주로 대사, 생리 효과, 분석법, 등에 관한 것들이 주종을 이루며, 식품에 존재하는 비타민 D의 양에 대한 연구, 특히 버섯에 존재하는 비타민 D의 함량에 관한 연구는 아주 미미한 상황이다^{2,3)}. 1935년에 Scheunert 등⁶⁾이 식용버섯의 비타민 D 함량을 측정하였으며, 그 이후로는 1980년대에 들

어서 Holland 등⁷⁾, Souci 등⁸⁾, Takamura 등⁹⁾, Takeuchi 등¹⁰⁾이 버섯의 비타민 D 함량을 측정하였으나 그 측정치가 서로 많은 차이를 보였다. 비타민 D에 관한 분석이 가장 많이 이루어진 국가는 일본으로 일본식품성분표¹¹⁾에는 일본에서 많이 이용되고 있는 버섯의 비타민 D₃ 함량치가 나와있으며 우리 나라의 식품 성분표¹²⁾에는, 팽이버섯과 표고섯에는 비타민 D가 전혀 존재하지 않는 것으로 보고되고 있다.

이와 같이 식품의 비타민 D 함량에 대한 연구가 부진했던 이유는 피부가 자외선을 받음으로써 비타민 D가 합성 될 수 있기 때문에 비타민 D의 중요성에 대해 관심이 적었을 것이라는 것과 식품에 존재하는 비타민 D의 함량이 매우 적어 분석에 어려움이 많았기 때문으로 생각된다.

그러나 최근엔 비타민 D의 중요성이 강조되면서 식품, 특히 우유나 유제품에 비타민 D를 강화시키거나 골다공증의 예방을 위한 칼슘제에 비타민 D를 첨가하는 등 칼슘의 흡수율을 증가시키기 위해 여러 방면으로 노력을 기울이는 것으로 보아 앞으로는 식품에 존재하는 비타민 D의 함량에도 관심을 기울일 것으로 예측된다^{4,13)}.

앞서 언급된 바와 같이 비타민 D에 대한 관심은 높아지고 있지만 아직도 식품중에 들어있는 비타민 D 함량에 관한 자료는 매우 제한되어 있는 것이 현실이다. 식품 중에 들어있는 비타민 D의 정확한 양을 제공할 수 있다면 한국인을 위한 국민 영양 조사시 비타민 D의 섭취량을 보다 정확하게 계산할 수 있을 뿐 아니라 단체급식소와 가정에서의 식단 작성시 중요한 지침이 될 수 있을 것이라고 사료된다. 그러므로 본 연구는 high performance liquid chromatography(HPLC)를 이용해 식물성 식품 중에서 비타민 D가 비교적 많이 존재한다고 알려진 버섯들의 비타민 D 함량을 측정함으로써 우리 나라 실정에 맞는 연구 자료를 제공하고자 수행되었다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 표고버섯중 생동고는 경기도산, 乾동고와 乾화고는 제주도산, 생느타리버섯은 충청북도산, 생팽이버섯은 경상북도산, 생양송이버섯은 한국산(지역 불명), 乾목이버섯은 중국산, 乾석이버섯은 강원도산, 乾운지버섯은 충청북도산, 乾영지버섯은 한국산(지역 불명)이었다. 버섯들은 1996년 12월부터 1997년 2월 사이에 서울에 소재한 경동 시장과 월곡 시장에서 구입하였다.

HPLC의 표준 시약인 비타민 D₂(ergocalciferol), 비타민 D₃(cholecalciferol)는 Sigma Chemical Co.에서 구입하여 사용하였다. 이외에 비타민 D 분석에 사용된 시약들은 모두 특급 시약이었다.

2. 실험 방법

(1) 수분함량 측정

수분 함량은 상법에 의하여 측정하였다. 무게를 알고 있는 평량병에 5g의 시료를 첨가하여 100°C에서 2시간 동안 가열한 후 데시케이터로 옮겨 방냉을 30분간 시켰다. 방냉 시킨 시료를 정량하여 무게의 오차가 1mg이 될 때까지 3번 반복하였다. 수분 함량은 수분 무게를 시료 무게로 나눈 후 이 값에 100을 곱하여 % 값을 구하였다.

(2) 비타민 D₂와 비타민 D₃의 추출

비타민 D₂와 비타민 D₃의 stock solution(10 mg/10 ml)를 0.1 mg/10 ml의 농도로 희석하여 10 µl씩 HPLC에 투입하였다. 비타민 D₂, 비타민 D₃의 함량은 external standard 방법으로 정량하였고 Brubacher와 Southgate¹⁴⁾의 방법을 응용하여 Fig. 1과 같은 방법으로 실시하였다. 먼저 버섯을 균질화시킨 후 10g의 시료를 250 ml 환류용 플라스크에 넣었다. 40 ml의 에탄올, 50% potassium hydroxide 용액 10 ml, 항산화제인 hydroquinone 100 mg, sodium sulfide 2 ml를 함께 넣고 환류 장치에서 90°C에서 25분간 검화시켰다. 검화가 완료된 시료는 약 40°C로 냉각 시켜 500 ml 분액 여두로 옮긴 후 120 ml의 diethyl ether를 2차례 첨가해 비타민 D₂와 D₃를 추출하였다. 추출된 시료는 50 ml의 10% NaCl 용액, 50 ml의 증류수, 50 ml의 ethanol 용액, 50 ml의 증류수 순으로 ether 용액을 세척하였다. Ether 층을 250 ml의 정량 플라스크에 옮기고 산화 방지제 dibutyl hydroxy toluene(BHT) 100 mg을 넣고 다시 ether로 250 ml 표시 선까지 맞추었다. 이 용액으로부터 50 ml의 시료를 취해 질소 가스로 진공 증발시킨 다음 5 ml의 methanol에 녹여 filter(Acrodisc, LCB, PVDF, Gelman Sci.)를 이용하여 여과시킨 후 20 µl를 취해 HPLC(Waters Inc.)에 주입시켰다.

HPLC의 조건은 Waters Inc.의 Waters 510 pump, 486 UV 검출기, U6K 주입기 및 746 Data module로서, 분석 조건중 column은 Lichrospher 100RP-18(4×244 mm, 5 µm; Merck & Co., Inc.), 이동상은 95% methanol, 유속은 1.2 ml/min, column oven 온도는 60°C, 시료 주입량은 20 µl, 검출기 파장은 280 nm에서 분석하였다.

버섯시료의 비타민 D₂와 D₃의 농도는 다음 식을 이

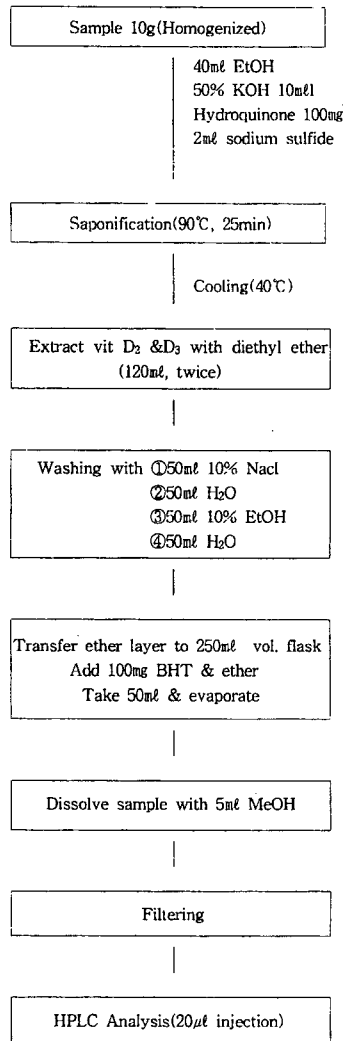


Fig. 1. Scheme for procedure for determination of vit D₂ and D₃ in mushroom.

용하여 계산하였다.

$$\begin{aligned} & \text{버섯 시료의 비타민 D}_2(\text{D}_3)\text{의 농도}(\mu\text{g}/100 \text{ g 가식부}) \\ &= \frac{\text{버섯 시료의 peak 면적}}{\text{비타민 D}_2(\text{D}_3)\text{ standard의 peak 면적}} \\ & \quad \times \text{비타민 D}_2(\text{D}_3)\text{의 standard 농도} \times 12500^* \end{aligned}$$

* HPLC에 주입된 시료 20 µl에는 버섯시료 0.008 g에 존재하는 비타민 D₂(D₃)가 녹아있으므로 버섯시료 100 g에 존재하는 양으로 환산하기 위해 12500을 곱해 주었음.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서는 버섯에 존재하는 비타민 D₂와 비타민 D₃의 함량을 HPLC를 통해 측정하였으며 비타민 D₂와 비타민 D₃의 함량을 합한 값을 비타민 D로 표시하였다. 비타민 D의 분석법 중에서 paper chromatography, thin layer chromatography를 이용한 방법들은 분석시간과 분석력 측면에서는 그 기능이 떨어지지만 기기가 제대로 발달되지 않았던 때에는 중요한 분석법으로 사용이 되었으며, 그 이후로는 ultraviolet adsorption, colorimetry, fluorescence spectroscopy, gas chromatography를 이용한 방법들이 이용이 되었으며 최근엔 소량의 시료로도 여러 가지 비타민 D 대사물질의 분석이 가능한 competitive binding assay법, HPLC법이 많이 이용이 되고있다⁹⁾. 이들 분석방법들 중에서 HPLC법은 식품에 존재하는 비타민 D의 측정에 가장 알맞은 방법으로 판단되어 이 방법을 이용하여 비타민 D를 분석하였다. 비타민 D₂와 비타민 D₃의 standard, 시료인 건 동고의 chromatogram은 Fig. 2와 Fig. 3에 제시하였다. 비타민 D₂는 retention time이 14.54분, 비타민 D₃는 15.34분대에서 분리되었다. 건 동고의 비타민 D₂와 비타민 D₃는 각각 14.88, 15.76분대에서 분리되었다. 비타민 D₂와 비타민

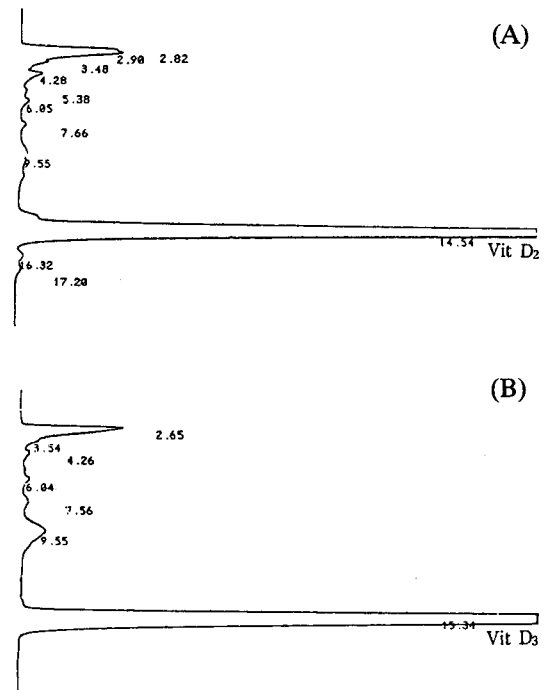


Fig. 2. Analytical HPLC chromatograms for standards of vit D₂ (A) and D₃ (B).

*Numbers represent retention time.

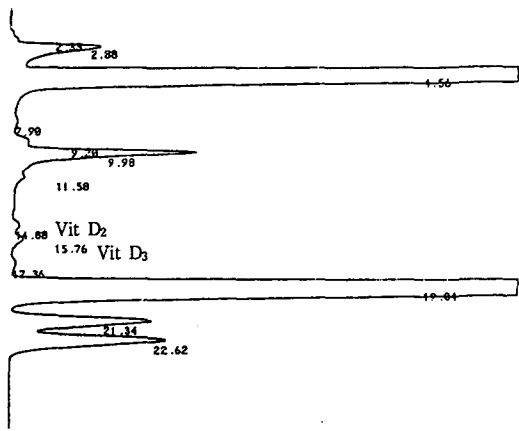


Fig. 3. Analytical HPLC chromatogram of vit D₂ and D₃ in *L. edodes* (Dry Donko).

*Numbers represent retention time.

D₃의 함량은 Table 1에 제시하였다. 표고버섯류에서는 건 동고, 생 동고와 건 화고를 분석하였다. 건조된 버섯들의 수분 함량은 6.8~10.7%, 생 버섯들은 83.0~90.5%로 측정되었다. 건 동고, 생 동고, 건 화고, 느타리, 팽이, 양송이, 목이, 석이, 운지, 영지의 비타민 D₂의 양은 각각 34.6, 28.9, 7.9, 27.1, 25.3, 3.1, 51.5, 11.4, 5.4, 9.9 µg/100 g로 측정되었다. 건 버섯중에서는 목이버섯이 51.5 µg/100 g로 비타민 D₂의 양이 가장 많았으며 그 다음은 동고, 석이, 영지, 화고, 운지 순이었다. 생 버섯인 동고, 느타리, 팽이의 비타민 D₂ 함량은 각각 28.9, 27.1, 25.3 µg/100 g로 서로 비슷한 수준이었으며 양송이는 3.1 µg/100 g로 다른 버섯에 비해 함량이 매우 낮았다. Souci 등⁸⁾은 양송이의 비타민 D₂ 함량이 1.94 µg/100 g로 본 연구의 함량의 2/3정도가 된다고 보고하였으며 Holland 등⁷⁾은 0 µg/100 g, Sondergaard와 Leerbeck¹⁹⁾은 1 µg/100 g 이하, Mat-

tila 등¹⁶⁾은 0.21 µg/100 g로 보고하였다. 이와 같이 버섯에 존재하는 비타민 D의 함량치는 연구자에 따라 서로 많은 차이를 보이는데 이는 같은 종류의 버섯이라도 기후, 재배장소 등이 다르기 때문에 나타날 수 있는 결과라고 Mattila 등¹⁰⁾은 해석했다. 이러한 경향은 Takamura 등¹⁰⁾의 표고버섯을 이용한 연구에서도 나타났다. 그들은 품질수준이 다른 3가지 표고버섯을 건조시켜 HPLC로 1년에 한 번씩 3년간 분석한 결과 비타민 D의 함량이 가장 낮은 시료는 21.8 µg/100 g, 가장 높은 시료는 109.6 µg/100 g로 그 값의 차이는 5배 이상이었다. 본 연구자들이 분석한 건 동고와 화고는 각각 34.6, 7.9 µg/100 g로 건 동고의 경우는 Takamura 등⁹⁾의 함량치중 낮은 편에 속하였으며 화고의 경우는 그 함량이 매우 낮아 그들의 분석치에는 훨씬 못 미치는 수준이었다. Takamura 등⁹⁾도 역시 표고버섯의 비타민 D₂의 함량은 수확시기, 버섯의 품질, 재배조건 등에 의해 많은 영향을 받아 그 함량의 차이가 크게 나타난 것으로 분석했다.

앞서 언급된 버섯의 비타민 D₂ 함량에 영향을 줄 수 있는 조건들 외에 중요한 요인으로 건조 조건을 들 수 있겠다. 버섯에는 비타민 D₂의 전구체인 ergosterol이 많이 존재하므로 버섯이 적당량의 햇빛을 받게되면 즉 자외선을 쬐이게 되면 ergosterol이 비타민 D₂로 전환될 가능성이 높아 버섯내의 비타민 D₂의 함량이 높아질 확률이 커진다고 할 수 있겠다. 그러나 최근에는 자연건조법 보다는 열풍건조법을 많이 이용하기 때문에 자외선에 의한 비타민 D₂의 생성 효과는 기대할 수 없을 뿐 아니라 고온을 이용하므로 비타민 D₂의 파괴가 일어났기 때문인 것으로 사료된다. 이는 본 연구 결과로부터도 유추할 수 있다. 건 동고의 경우 수분함량이 생 동고의 1/8정도밖에 안되었음에도 불구하고 비타민 D₂의 함량은 건 동고가 34.6, 생 동고는 28.9 µg/100 g

Table 1. Vit D₂ and vit D₃ contents of mushrooms (µg/100 g edible portion)

| Name of mushroom | % Water | Vitamin D ₂ | Vitamin D ₃ | Vitamin D |
|-------------------------------------|---------|------------------------|------------------------|-----------|
| <i>Lentinus edodes</i> Donko (Dry) | 10.3 | 34.6±0.36 | 38.0±0.16 | 72.6 |
| Donko (Fresh) | 83.0 | 28.9±0.22 | 21.6±0.11 | 50.5 |
| Whago (Dry) | 6.8 | 7.9±0.41 | 19.6±0.01 | 27.5 |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> (Fresh) | 90.0 | 27.1±3.05 | 29.7±3.91 | 56.8 |
| <i>Flammulina velutipes</i> (Fresh) | 89.7 | 25.3±0.50 | 27.5±1.04 | 52.8 |
| <i>Agaricus bisporus</i> (Fresh) | 90.5 | 3.1±0.15 | 4.1±0.46 | 7.2 |
| <i>Auricularia auricular</i> (Dry) | 10.7 | 51.5±1.41 | 116.3±4.52 | 167.8 |
| <i>Gyropora esculenta</i> (Dry) | 8.2 | 11.4±0.12 | 18.0±0.61 | 29.4 |
| <i>Coriorus versicolor</i> (Dry) | 7.5 | 5.4±0.11 | 7.6±0.10 | 13.0 |
| <i>Ganoderma lucidum</i> (Dry) | 9.4 | 9.9±0.83 | 14.3±0.32 | 24.2 |

Vitamin D=Vitamin D₂+Vitamin D₃, Mean ± S.D. (n=3)

로 차이가 크게 나지 않았던 것으로 보아 버섯이 건조되면서 비타민 D₂가 많은 양 파괴되었기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 본 실험에서 사용된 건 동고는 열풍 건조가 된 시료이었다. 이러한 현상은 건조된 상태에서 이용이 되고 있는 다른 버섯들에서도 나타날 수 있는 현상으로 버섯의 최적 건조 조건에 대한 연구가 하루 빨리 행하여져야 할 것으로 사료된다.

비타민 D₃ 함량은 건 동고, 생 동고, 건 화고, 느타리, 팽이, 양송이, 목이, 석이, 운지, 영지가 각각 38.0, 21.6, 19.6, 29.7, 27.5, 4.1, 116.3, 18.0, 7.6, 14.3 µg/100 g로 나타났다. 비타민 D₃ 역시 시료 버섯중 목이의 함량이 116.3 µg/100 g로 가장 높게 나타났다. 이 수치는 일본식품성분표¹⁰⁾에 보고된 400 µg/100 g보다는 훨씬 적은 수치이다. 그 다음으로 동고는 38.0 µg/100 g로 일본식품분석표¹¹⁾에 보고된 16 µg/100 g보다는 높은 수치를 보였다. 동고의 경우 목이에 비해 비타민 D₃의 함량은 적었지만 동고도 비타민 D₃의 급원으로 손색이 없다고 하겠다. 그 다음으로는 화고, 석이, 영지, 운지로 약용 버섯들은 식용버섯들 보다 비타민 D₃의 함량이 많지 않았다. 생 버섯의 비타민 D₃의 함량은 느타리가 29.7 µg/100 g로 일본분석치¹⁰⁾인 1.3 µg/100 g의 23배 높은 수치로 생 버섯 중에서는 가장 비타민 D₃의 함량이 높았다. 그 다음으로 동고는 21.6 µg/100 g, 양송이는 4.1 µg/100 g로 비타민 D₃의 함량을 보였다.

비타민 D₂와 D₃를 합한 비타민 D값 역시 목이가 167.8 µg/100 g로 분석된 버섯 중 가장 비타민 D의 함량이 많았다. 이러한 결과로 보아 목이버섯은 비타민 D의 좋은 급원체라고 생각된다. 표고버섯의 한 종류인 동고 역시 비타민 D의 함량 72.6 µg/100 g로 비타민 D의 훌륭한 급원체라고 사료된다.

버섯들은 비타민 D의 함량이 전무하다시피하는 식물성 식품(양배추, 시금치: 0.005 µg/100 g)에 비해 비타민 D의 함량이 월등히 많을 뿐 아니라 비타민 D₂의 전구체인 ergosterol이 많은 양 존재하는 것으로 보아 버섯은 비타민 D의 좋은 급원체이다⁹⁾. 특히 목이버섯과 동고는 칼슘의 필요량이 높은 시기인 유아기, 청소년기, 갱년기 여성에게 좋은 식품이 될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 대부분 한국산 버섯들을 분석하였으므로 외국에서 측정된 비타민 D의 함량치보다는 우리나라 실정에 맞는 결과치라고 사료되며 본 연구결과가 국민영양조사나 영양권장량 제정시 조금이나마 참고가 되었으면 하는 것이 본 연구자들의 바람이다.

앞으로의 연구과제로는 버섯에 존재하는 비타민 D

의 함량뿐만 아니라 ergosterol의 함량 측정도 의미가 있을 것으로 보이며 버섯이외의 식품에 존재하는 비타민 D의 함량도 측정하여 식품분석표에 등재시켜야 보다 더 정확한 영양조사 및 그 외 영양에 관련된 자료를 보다 정확하게 분석을 할 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요 약

HPLC를 이용하여 표고(동고, 화고), 팽이, 양송이, 목이, 석이, 운지, 영지버섯에 존재하는 비타민 D₂와 비타민 D₃의 양을 측정했다. HPLC는 external standard 방법을 이용하였다. 검화, 추출, 건조, 거름, 과정을 거친 시료 20 µl를 HPLC에 투입해 비타민 D₂와 비타민 D₃의 양을 측정했다. 버섯들 중에 비타민 D₂와 비타민 D₃의 양이 가장 많은 것은 목이버섯(167.8 µg/100 g)이었으며 가장 적은 것은 양송이로(7.2 µg/100 g)로 분석됐다.

버섯에 존재하는 비타민 D의 함량이 연구자에 따라 많은 차이가 있는데 이는 버섯의 수확시기, 재배조건, 재배종자, 건조 조건에 기인한 것으로 보인다.

참고문헌

1. 김병각, 김양섭, 석순자, 성재모, 신재용, 안영남, 한정혜: 버섯 건강요법. 가림출판사,(1995).
2. Friedeich, W.: Vitamins. pp. 143-216, de Gruyter, (1988).
3. Norman, A.W.: Vitamin D: The Calcium Homeostatic Steroid Hormone. Academic Press, (1979).
4. Collins, D. Elaine and Norman, Anthony W.: Vitamin D in Handbook of Vitamins edited by Machlin Lawrence J., 2nd ed. pp. 59-98 (1991).
5. 김숙희, 유춘희, 강명희, 김선희, 김경진, 이종미, 이현옥: 영양학. 이화여자대학교출판부, pp. 269-275 (1991).
6. Scheunert, A., Reschke, J., Schieblich, M.: About the vitamin D contents in some edible mushrooms. Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem., **235**: 91 (1935).
7. Holland, B., Welch, A.A., Unwin, I.D., Buss, D.H., Paul, A.A., Southgate, D.A.T.: McCance and Siddowson's The composition of foods; The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Richard Clay Ltd. (1991).
8. Souci, S.W., Fachman, W., Kraut, H.: Food Composition and Nutrition Tables 1986/87: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. (1986).
9. Takamura, K., Hoshino, H., Sugahara, T., Amano, H.: Determination of vitamin D₂ in shiitake mushroom by high performance liquid chromatography. *J. Chro-*

- matogr.*, **545**(20): 2041 (1991).
10. Takeuchi, A., Okano, T., Teraoka, S., Murakami, T.: High-performance liquid chromatographic determination of vitamin D in foods, feeds and pharmaceuticals by successive use of reversed-phase and straight-phase columns. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**(11): 25 (1984).
 11. 齒醫學出版株式會社: 日本食品成分表 第4版 (1996).
 12. 농촌생활연구소: 식품분석표. 제 5개정판. 농촌진흥청 (1996).
 13. 김정현: 한국여성의 vitamin D 영양 상태와 골밀도에 관한 생태학적 연구. 연세대학교 대학원 박사학위 논문 (1996).
 14. Brubacher, G.W. Muller-Mulot and Southgate D.A.T. Methods for the determination of vitamins in food. Elsevier. pp. 23-32, 97-106 (1991).
 15. Sondergaard, H., and Leebeck, E.: Vitamin D-indholdet i danske levedsmidler (the content of vitamin D in Danish Foods): Publication 69, Status Levnedsmiddelinstitut (National Food Institute) (1982).
 16. Mattila, Pirjo H., Piironen, Vieno I., Unsi-Rauva Esko J., and Koivistoinen, Pekka E.: Vitamin D Contents in Edible Mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* **42**(11): 2449 (1994).
-
- (1997년 4월 22일 접수)