

자외선 B파 조사와 열풍건조가 표고버섯의 비타민 D₂ 함량에 미치는 영향

이진실·*김선주·**안령미·최희숙·*최희령·*윤석권·홍완수·*김명애·황혜선·***권대중·김여진
상명대학교 외식영양학 전공, *동덕여자대학교 식품영양학 전공,
동덕여자대학교 보건관리학 전공, *연세대학교 식품영양학전공

The Effect of UV-B Irradiation and Hot-Air Drying on the Vitamin D₂ Content of Shiitake Mushroom (*Lentinus edodes*)

J. Lee, S. J. Kim, R. M. Ahn, H. S. Choi, H. R. Choi, S. K. Yoon, W.S. Hong,
H. S. Whang, D. J. Kwon, Y. J. Kim

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung Univ.

*Department of Food and Nutrition, Dongduk Women's Univ.

**Department of Health Science, Dongduk Women's Univ.

***Department of Food and Nutrition, Yonsei Univ.

Abstract

Fresh Shiitake mushrooms were irradiated by UV-B or dried by using hot air to increase the vitamin D₂ content. Vitamin D₂ content was determined by high-performance liquid chromatography. Irradiating the inside of the mushroom cap was more effective in increasing vitamin D₂ content than irradiating the outside of the mushroom cap. Irradiation of UV-B at 0, 2.5, 5.0, 7.5 and 10 J/cm² increased the content of vitamin D₂ in the mushroom to 21.51, 120.78, 144.38, 168.08, and 187.69 µg/g, respectively. Vitamin D₂ content of Shiitake mushrooms with irradiation of 10 J/cm² decreased from 187.69 to 98.78 µg/g by 6 hours of hot-air drying. When three kinds of drying method (UV-B irradiation followed by hot-air drying, hot-air drying, and sunlight drying) were compared, the combination of UV-B irradiation and hot-air drying was the most effective in terms of increasing the vitamin D₂ content in the mushroom.

Key words: Vitamin D₂, Hot-air drying, UV-B irradiation, HPLC, Shiitake mushroom

1. 서 론

곰팡이의 일종인 버섯은 대부분 담자균류에 속하며 식용, 약용, 독버섯 등으로 분류되며 기호성과 생리활성 효과(항암, 항산화, 혈액 점도 저하, 혈중 콜레스테롤 저하, 혈압 강하, 항바이러스 효과 등)가 뛰어나 유망한 기능성 식품의 자원으로 연구되고 있다¹⁻¹¹⁾. 영양학적 측면에서 버섯은 단백질, 지질, 탄수화물의 함량이 적어 에너지원으로는 가치는 적

지만 비타민 B₂와 나이아신이 비교적 다른 채소에 비해 많이 존재하며 특히 식물성 식품에는 거의 존재하지 않는 비타민 D의 전구체인 ergosterol 이 풍부히 들어 있다¹⁾. Ergosterol은 자외선 조사에 의해 비타민 D₂(ergocalciferol)로 전환되어 신장에서 비타민 D의 활성형인 1, 25-dihydroxyvitamin D로 전환되어 소장에서 calcium-binding-protein의 합성을 촉진시켜 칼슘의 흡수를 돕는 중요한 역할을 한다⁹⁻¹¹⁾.

자외선은 파장 길이에 따라 C파는 190-290nm, B파는 290-320nm, A파는 320-400nm로 분류된다. 특히 자외선 B파는 ergosterol이나 cholesterol을 비타민 D₂와 D₃로 전환시킬 수 있는 기능이 있다¹²⁾. 자외선 B파의 역할로 여름철 얼굴과 손에 햇볕을 10분간만 쬐이면 1일 비타민 D의 요구량인 10µg가 생합성이

Corresponding author: Jinsil Lee, Sangmyung University, 7
Hongjidong, Chongroku, Seoul 110-743, Korea
Tel : 82-2-2287-5353
Fax : 82-2-396-5705
E-mail : jsleefn@sangmyung.ac.kr

된다¹³⁾. 이러한 특수성 때문에 식이로서만 공급되어야 하는 다른 영양소들과는 달리 비타민 D의 중요성이 간과되어 왔다. 그러나 최근 오존층의 파괴로 사람들은 자외선 차단 기능이 있는 옷을 입거나 옥외 활동을 줄이는 등 자외선에 노출되는 시간을 제한하기 때문에 피부에서의 비타민 D 생합성이 방해받고 있고, sunscreen의 장시간 사용으로 혈청 25-hydroxyvitamin D의 저장량이 줄었다는 연구 결과가 발표된 바 있다^{14,15)}. 이러한 결과는 보통 사람들에게도 비타민 D를 보충해 주어야 한다는 것을 시사한다. 특히 갱년기 여성과 노인들은 자외선 조사를 덜 받을 경우 비타민 D 생합성이 극히 제한될 우려가 있다. 그러므로 이런 위험군에 속하는 사람들의 경우는 인위적인 비타민 D의 공급이 불가피하다. 따라서 미국 등 선진국에서는 우유나 유가공품에 비타민 D를 첨가해 비타민 D 결핍증의 치료와 예방을 위해 노력하고 있으나 우리 나라에서는 비타민 D를 강화한 식품은 아직 미진한 편이다.

이러한 현실로 보아 버섯내 풍부한 ergosterol을 비타민 D₂로 전환시킨다면 버섯은 비타민 D의 급원으로서 무한한 잠재력을 지닌 식품이 될 가능성이 높다고 하겠다.

버섯류의 비타민 D 관련 연구로는 주로 함량에 관한 것¹⁶⁻¹⁹⁾들이며 Mau 등²⁰⁾과, Ono 등²¹⁾은 버섯에 자외선을 조사하여 비타민 D의 함량을 높일 수 있다고 보고한 바 있다.

표고버섯은 수확 후 시간이 지남에 따라 상품성이 쉽게 떨어지기 때문에 대부분 건조시켜 이용하고 있다. 표고버섯은 전통적으로 천일 건조법이 이용되어 왔으나 최근에는 열풍건조법이 주를 이룬다. 그러나 버섯을 열풍건조 시킬 경우 천일 건조시 생성 가능한 ergosterol로부터 비타민 D₂로의 전환이 매우 제한적일 것으로 예측되지만 이러한 것에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 표고버섯에 자외선 B파를 조사하여 비타민 D₂ 함량이 풍부한 버섯을 생산함과 동시에 열풍건조시 자외선 조사조건을 달리하여 비타민 D₂ 함량이 높은 버섯을 만들어 표고버섯의 기능성을 높이기 위해 본 실험을 수행하였다.

II. 실험방법

1. 실험재료

1) 시료

표고버섯은 경동시장에서 충청도 공주산 동고를

신선한 것으로 구입하였고, 갓의 크기는 지름 4~6 cm, 두께 0.5cm 정도 되는 것을 실험 재료로 사용하였다. 시료는 구입 즉시 4°C 냉장고에 보관하면서 24시간 안에 사용하였다.

2) 시약

표준시약은 비타민 D₂(ergocalciferol-SIGMA Chemical Co. 99.9%, St. Louis, USA), methanol(Tedia, Fairfield, USA), ether(J.T. Baker, Phillipsburg, USA)는 HPLC급을 사용하였다. Ethanol(99.9%), potassium hydroxide, sodium chloride, sodium sulfide, hydroquinone, butylated hydroxytoluene 은 특급시약을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 버섯의 비타민 D₂ 추출 및 분석

비타민D₂의 함량은 Brubacher²²⁾ 등의 방법을 응용하여 정량 하였다. 먼저 버섯을 균질화 시킨 후 10g의 시료를 250ml 환류용 플라스크에 넣었다. 40ml의 에탄올, 50% potassium hydroxide 용액 10ml, 항산화제인 hydroquinone 100mg, sodium sulfide 2ml를 함께 넣고 환류 장치에서 90°C에서 25분간 검화시켰다. 검화가 완료된 시료는 약 40°C로 냉각 시켜 500ml 분액 여두로 옮긴 후 120ml의 diethyl ether를 2차례 첨가해 비타민 D₂를 추출하였다. 추출된 시료는 50ml의 10% NaCl 용액, 50ml의 증류수, 50ml의 ethanol용액, 50ml의 증류수 순으로 ether용액을 세척하였다. Ether 층을 250ml의 정량 플라스크에 옮기고 산화 방지제 dibutyl hydroxy toluene(BHT) 100mg을 넣고 ether를 첨가하여 250ml 정용하였다. 이 용액으로부터 50ml의 시료를 취해 질소 가스로 진공 증발시킨 다음 5ml의 methanol에 녹여 filter(Acrodisc, LCB, PVDF, Gelman Sci., Ann Arbor, USA)를 이용하여 여과시킨 후 20μl를 취해 HPLC(Waters Inc., Milford, USA)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(4×244mm, 5μm; Merck & Co., Inc., Whitehouse Station, USA), 이동상은 95% methanol, 유속은 1.2ml/min, column oven 온도는 60°C, 시료 주입량은 20μl, 검출기 파장은 280nm에서 분석하였다. 모든 결과는 3회 반복하였으며 건물 1그램당 μg 비타민 D₂로 계산하였다

2) 자외선 B파 조사 부위를 달리한 표고버섯의 비타민 D₂ 생성률 비교 실험

예비 실험 결과 자외선 조사 부위에 따라 비타민

D₂의 생성률이 달랐으므로 비타민 D₂의 생성률이 높은 조사부위를 선택하기 위하여 본 실험을 수행하였다. 버섯의 자실체 안쪽과 바깥쪽에 각각 1J/cm²의 자외선 B파를 조사시킨 후 비타민 D₂ 함량을 측정하여 비타민 D₂의 생성률이 높은 부분을 조사 부위로 택하기로 하였다. 자외선 B파의 조사량은 Radiometer(Vilber Loumat CX-312, France)로 측정하였다.

3) 자외선 B파 조사량에 따른 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 측정

자외선 B파 조사량에 따른 비타민 D₂ 함량의 변화를 보기 위하여 갖의 안쪽에 자외선 B파를 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0J/cm² 조사한 후 비타민 D₂ 함량을 측정하였다.

4) 열풍건조 시간에 따른 자외선 B파가 조사된 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 측정

자외선이 조사된 표고버섯 내 비타민 D₂ 함량이 열풍에 의해 변화되는 양을 측정하기 위해 본 실험을 행하였다. 10J/cm²의 자외선 B파가 조사된 버섯을 열풍건조를 0, 3, 6시간 실시한 후 비타민 D₂의 함량 변화를 살펴보았다. 열풍건조는 Snackmaster dehydrator(Model FD 50/30, American Harvest, Chaska, USA)로 45°C에서 실시하였다.

5) 열풍건조와 자외선 B파 조사시기를 달리한 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 측정

표고버섯은 천일건조시 자외선에 의해 비타민 D₂ 생성을 높일 수 있다는 장점이 있지만 자외선 양은 날씨에 크게 영향을 받고, 대량 건조에는 부적당하다. 한편 열풍 건조법은 빠른 시간에 많은 양의 버섯을 건조시킬 수 있으며 기후에 영향을 받지 않지만 천일 건조시 얻을 수 있는 비타민의 D₂ 생성에 제한을 받는 단점이 있다. 그러므로 본 연구에서는 천일건조법과 열풍건조법의 장점을 살리기 위해 열풍건조(45°C, 6시간)와 자외선 B파(10J/cm²)를 복합적으로 처리하여 열풍건조의 단점을 보완하였다. 열풍건조와 자외선 B파 복합군은 자외선 조사 시기를 초기(열풍 건조 시작부터), 중기(열풍건조 시작 후 3시간부터), 후기(열풍 건조가 완료된 6시간 후부터)로 나누어 처리한 후 열풍 건조(45°C, 6시간)만 시킨 버섯과 천일 건조된 버섯의 비타민 D₂ 함량을 비교하였다. 천일 건조 버섯은 통풍이 잘되는 옥상에서 자외선 B파 조사량이

10J/cm²가 될 때까지 건조시킨 후 비타민 D₂ 함량을 측정하였다.

6) 자료 분석

조사된 모든 자료는 SAS(Statistical Analysis System) package를 이용하여 ANOVA 및 Duncan의 다범위 검정으로 각 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 자외선 조사 부위에 따른 표고버섯의 비타민 D₂ 함량

자외선 B파를 자실체 안쪽과 바깥쪽에 각각 1.0J/cm²조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 즉 대조군의 비타민 D₂ 함량은 21.51µg/g(100%)인 반면, 1.0J/cm²의 자외선 B파가 조사된 버섯의 비타민 D₂ 함량은 자실체 안쪽 조사군은 106.56µg/g(495%), 바깥쪽 조사군은 24.92µg/g(116%)였다. 따라서 버섯의 자실체 안쪽에 자외선을 조사할 경우 비타민 D₂ 함량을 효과적으로 증가시킬 수 있었다(p < 0.05). Mau 등²⁰⁾은 생표고에 자외선 B파를 0.986J/cm²를 조사한 결과 비타민 D₂ 함량이 305%(2.16→6.58 µg/g) 증가하였음을 보고하였으나 조사 부위에 관한 언급은 없었다.

이와 같이 조사 부위에 따라 비타민 D₂ 생성률이 차이가 나는 이유로는 버섯 자실체의 구조에 따른 결과로 예측되기는 하지만 정확한 이유에 대해서는 연구를 더 해야 할 것으로 사료된다. 본 실험의 결과는 전통적으로 표고버섯은 자실체 안쪽을 햇볕에 노출시켜 건조해온 조상의 습기를 확인시켜주는 결과라고 생각된다.

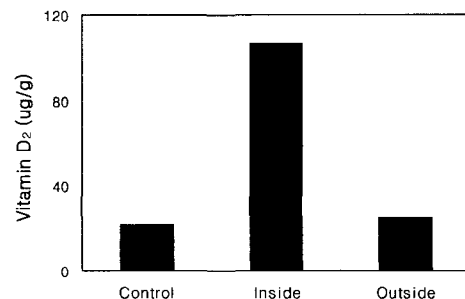


Fig. 1. Vitamin D₂ content of UV-B irradiated Shiitake mushrooms depending on the irradiation site.

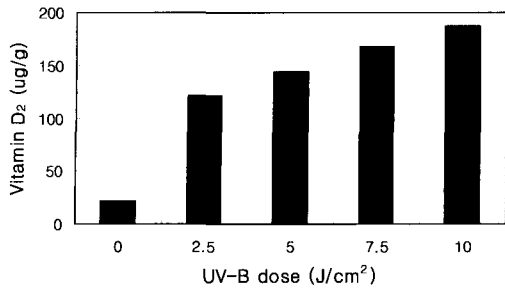


Fig. 2. The effect of UV-B irradiation doses on the contents of vitamin D₂ in Shiitake mushrooms.

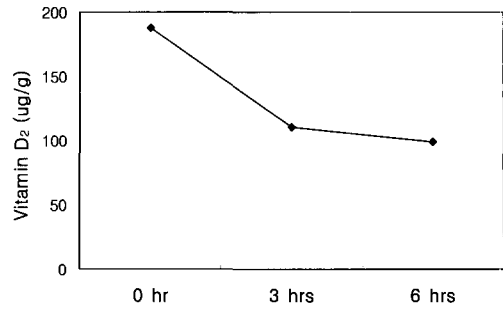


Fig. 3. The effect of HAD on vitamin D₂ content of UV-B irradiated Shiitake mushrooms.

HAD: Hot Air Drying

2. 자외선 B파 조사량에 따른 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 변화

자외선 B파 조사량에 따른 비타민 D₂의 함량은 Fig. 2에 제시하였다. 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0J/cm²의 자외선 조사로 비타민 D₂ 함량은 각각 21.51(100%), 120.78(562%), 144.38(671%), 168.08(781%), 187.69ug/g(803%)로 측정되었다. 즉 자외선 B파 조사량에 의해 비타민 D₂ 함량도 유의적으로 증가하였다(p < 0.05). 이러한 결과로 보아 표고버섯은 자외선 조사 효과가 매우 큼을 알 수 있었다. 특히 2.5J/cm²에서의 증가율은 대조군의 562%로 그 효과가 뛰어났으며 그 이상에서도 유의적인 차이는 있었으나 증가율은 둔화되었다.

본 연구에서는 대조군의 비타민 D₂ 함량이 g 건물 중량 당 21.53ug으로 Takamura 등¹⁷⁾이 제시한 21.8-109.6ug/100g보다는 높게 나왔다. 버섯의 경우 배양 조건, 계절, 품종에 따라 그 함량이 다르기 때문인 것으로 해석된다.

비타민 D 부족과 결핍이 영유아기, 청소년기 및 노년기 집단에게 많이 나타난다는 연구 결과^{20, 23)}로 보아 비타민 D₂가 증강된 표고버섯은 그 이용도가 다양하다고 하겠다. 특히 표고버섯은 생리활성 물질을 다량 함유하고 있어 건강식품으로의 가치가 더욱 상승될 것으로 사료된다.

3. 자외선 B파가 조사된 표고버섯의 열풍건조 시간에 따른 비타민 D₂ 함량 변화

표고버섯은 주로 열풍 건조 후 유통이 되지만 열풍 건조가 표고버섯의 비타민 D₂ 함량에 미치는 영향에 대한 연구가 존재하지 않으므로 자외선 B파가 조사된 표고버섯의 열풍건조 과정 중 비타민 D₂의

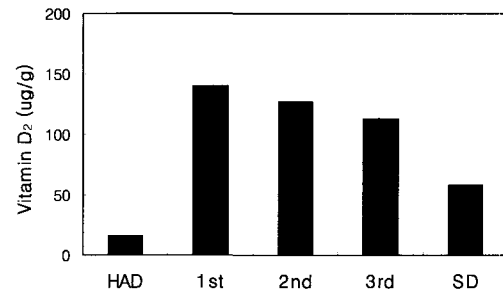


Fig. 4. The effect of HAD on the vitamin D₂ content of Shiitake mushrooms in conjunction with variations in UV-B irradiation starting time.

HAD: Hot Air Drying

1st: UV-B was irradiated when HAD started

2nd: UV-B was irradiated 3 hrs after HAD started

3rd: UV-B was irradiated 6 hrs after HAD was completed

SD: Sunlight Drying

함량 변화를 살펴보았다. 10J/cm²의 자외선 B파가 조사된 버섯을 열풍 건조 3시간과 6시간 후의 비타민 D₂의 함량 변화하여 비교한 결과는 Fig. 3에 제시하였다. 비타민 D₂ 함량은 0시간, 3시간, 6시간 열풍 건조군이 각각 187.69(100%), 110.24(59%), 98.78(46.8%)ug/g로 유의적으로 감소하였다(p < 0.05). 예측대로 열풍건조시 열과 산소에 의해 산화작용이 일어난 것으로 사료된다. 결과와 같이 표고버섯을 열풍건조시킬 경우는 비타민 D₂외에도 비타민 B군 같이 열에 약한 물질도 함께 파괴될 것이므로 열풍건조 대신 감압 건조와 같은 건조법을 이용하는 것이 바람직하다고 생각하며 감압 건조시 비타민 D의 함량 변화에 대한 연구도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

4. 열풍건조시 자외선 B파 조사시기를 달리한 버섯의 비타민 D₂ 함량 변화

열풍건조군, 자외선 B파 조사 & 열풍건조 복합군과 천일건조군의 비타민 D₂ 함량의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 4에 제시하였다. 비타민 D₂ 함량은 열풍건조군, 자외선 B파 조사 & 열풍건조 복합군(초기조사군, 중기조사군, 후기조사군, 천일건조군)이 각각 16.20(100%), 138.81(857%), 132.08(815%), 116.77(721%), 77.85(481%) $\mu\text{g/g}$ 로 측정되었다. 이들 수치는 자외선 B파 조사 & 열풍건조 복합군들 간에는 유의적인 차이는 없었으나 열풍건조군, 자외선 B파 조사 & 열풍건조 복합군, 천일건조군들 간에는 서로 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이러한 결과로 보아 비타민 D₂가 생성되지 않는 열풍건조법은 인위적으로 자외선을 조사하여 줌으로써 천일건조법보다 더 효율적으로 비타민 D₂를 증가시킬 수 있는 효과적인 건조법이라고 할 수 있다.

본 연구 결과로 보아 열풍건조와 자외선 B파를 동시에 조사해 주는 방법은 표고버섯을 건조시키는 방법으로 매우 바람직한 것으로 보이며 이러한 원리를 이용하여 느타리나 양송이 버섯과 같은 여러 종류의 버섯 가공시 이용할 경우 버섯의 소비 증진 효과가 있을 것으로 사료된다. 또한 비타민 D가 강화된 버섯의 소비로 비타민 D결핍으로 초래될 수 있는 골다공증을 예방할 수 있는 식품의 생산이 용이할 것으로 기대된다.

IV. 요약

본 연구는 표고버섯의 비타민 D₂ 함량을 증가시키기 위해 표고버섯의 자실체 안쪽에 자외선 B파를 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 J/cm² 조사하여 버섯내 비타민 D₂ 함량 변화를 측정하였으며 열풍건조시 자외선 B파 조사 시기를 달리하여 천일건조 버섯과 열풍건조 버섯의 비타민 D₂ 함량의 변화를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 자외선 B파 조사 부위(자실체 안쪽과 바깥쪽)에 따른 표고버섯내 비타민 D₂ 함량은 각각 유의적인 차이가 있었다. 즉 버섯 자실체의 안쪽에 자외선 B파를 조사하였을 때 비타민 D₂ 함량이 더욱 증가하였다.
2. 0, 2.5, 5, 7.5, 10.0 J/cm²의 자외선 B파 조사로 비타민 D₂ 함량은 각각 21.51, 120.78, 144.38, 168.08, 187.69 $\mu\text{g/g}$ 로 측정되었다. 즉 자외선 조사

량에 의해 비타민 D₂ 함량도 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$).

3. 열풍건조시간에 따라 버섯내 비타민 D₂ 함량이 변화되어 열풍건조 시간이 길어질수록 비타민 D₂ 함량이 대조군에 비해 모두 유의적으로 감소하였다.
4. 자외선 B파 조사 & 열풍건조 복합군은 천일건조군과 열풍건조군 버섯에 비해 유의적으로 비타민 D₂ 함량이 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발과제 연구개발비의 지원에 의하여 수행된 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. 김병각, 김양섭, 석순자, 성재모, 신재용, 안영남, 한정해 : 버섯 건강요법, 가림출판사, 49, 1995
2. Chang, S. T. and Buswell, J. A. : Mushroom nutraceuticals. World J. Microbiol. Biotechnol., 12(5):473, 1996
3. Kawamura, Y., Manabe, M., Kitt, K. : Antitumor protein(AP) from a mushroom induced apoptosis to transformed human keratinocyte by controlling the status of pRb, c-MYC, cyclin E-cdk2 and p21 super(WAF1) in the G1/S transition. Bio Factors 12(1):157, 2000
4. Takehara, M., Kuida, K. and Mori, K.: Antiviral activity of virus like particles from *Lentinus edodes* (Shiitake). Arch. Virol., 59(3):269, 1979
5. 마상조 : 건조표고버섯의 각종 용매추출물의 항산화작용의 효과, 한국식품과학회지, 15(2):72, 1983
6. 안덕균 : 한국산 약용균류, 한국균학회지, 20(2):154, 1992
7. 정인창, 박신, 박경숙, 하효철, 김선희, 권용일, 이재성 : 느타리버섯 자실체 및 균사체 추출물의 항산화 효과, 한국식품과학회지, 28(3):464, 1996
8. 마상조 : 건조표고버섯의 각종 용매추출물의 항산화작용의 효과, 한국식품과학회지, 15(2):72, 1983
9. Friedeich W. : Vitamins 143 de Gruyter, 1988
10. Fraser D. R., Vitamin D. Lancet 345(14):104, 1995
11. Collins D. E. and Norman A. W. : Vitamin D in Handbook of Vitamins edited by Machlin Lawrence J., 2nd ed. 59, 1991.
12. World Health Organization: Environmental Health Criteria 14: Ultraviolet Radiation, 17, 1979
13. Dannenberg, M. J. Holick, M. F. Hollis, B. W. Lu, Z. Wortsman J.: Clothing prevents Ultraviolet-B Radiation-Dependent Photosynthesis of Vitamin D₃, Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, 75(4):1099, 1991
14. Holick, M. F. Matsuoka, L. Y. Wortsman, J. N. Hanifan: Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxy vitamin D, Arch Dermatol, 124(12):1802,

- 1988
15. Mattila, P. H., Piironen, V. I., Unsi-Rauva, E. J., and Koivistoinen, P. E. : Vitamin D Contents in Edible Mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* 42(11):2449, 1994
 16. Scheunert, A., Reschke, J., and Schieblich, M.: About the vitamin D contents in some edible mushrooms. *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.* 235:91, 1935
 17. Takamura, K., Hoshino, H., Sugahara, T., and Amano, H.: Determination of vitamin D₂ in Shiitake mushroom by high performance liquid chromatography. *J. Chromatogr* 545(20):2041, 1991
 18. Takeuchi, A., Okano, T., Teraoka, S., and 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
 19. 이진실, 안령미, 최희숙: 버섯의 Ergocalciferol(VitD₂)과 Cholecalciferol(VitD₃)의 함량측정, *Korean J. Soc. Food sci*, 13(2), 1997
 20. Mau, J. L., Chen, P. R, and Yang, J. H. : Ultraviolet irradiation increased vitamin D₂ content in edible mushrooms, *J. Agric. Food Chem.* 46(12):5269, 1998
 21. Ono, R., Arimoto, K., Kano, K., Matsuoka, K., Sugiura, W., Sadonte, H., and Mori, K., Vitamin D₂ formation in *Lentinus edodes*(Shiitake) by irradiation with fluorescent sunlamp. *Mushroom Science IX(Part I)*, Proceeding, 1974
 22. Brubacher, G. W. and Southgate D. A. T. : Methods for the determination of vitamins in food. Elsevier. p23, 97, 1991
 23. Holick N. F., Vitamin D-new horizons for the 21st century. *Am J Clin. Nutr* 60(4):619, 1994

(2001년 11월 20일 접수, 2002년 4월 17일 채택)