

자외선 B파 조사가 표고버섯의 비타민 D₂ 함량, 색도 및 향기패턴에 미치는 영향

이진실 · 윤갑희* · 신원선**

상명대학교 외식영양학 전공, *임업연구원 화학미생물과, **한국식품개발연구원 식품안전연구소

Effect of UV-B Irradiation on the content of vitamin D₂, color and flavor pattern in *Lentinus edodes*

Jinsil Lee, Kab-Hee Yoon*, Weon-Sun Shin**

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung Univ.,

*Div. of Wood Chemistry & Microbiology, Korea Forest Research Institute

**Food Safety Lab, Korea Food Research Institute

Abstract

Lentinus edodes were irradiated with Ultraviolet-B(UV-B) at 0, 2.5, 5.0 J/cm² levels while culturing in sawdust medium, and the changes in vitamin D₂ content, color and flavor of the mushroom were analysed by high-performance liquid chromatography (HPLC), Hunter-Lab Chromatometer and Gas Chromatography-Surface Acoustic Wave (GC-SAW) electric nose, respectively. Irradiation of 0, 2.5, 5.0 J/cm² doses of UV-B increased the content of vitamin D₂ in the mushroom significantly, which was 157~206% higher than the control group. There was a significant difference in L value between the control group and UV-B irradiated (2.5 and 5.0 J/cm²) groups. The changes of flavor pattern were detected by GC-SAW electric nose. But the color and flavor changes were not detrimental to the quality of the mushroom. The results suggested that UV-B irradiation is a good way to increase the vitamin D₂ content of *Lentinus edodes* during cultivation.

Key words : UV-B, vitamin D₂, color, flavor, electric nose, *Lentinus edodes*

1. 서 론

버섯은 곰팡이의 일종으로 주로 담자균류에 속하는 고등균류로서 지구상에는 수천종의 버섯이 있는 것으로 알려졌으며 국내에는 800여종이 자생하고 있다. 버섯은 식용, 약용, 독버섯 등으로 분류되며 기호성과 생리활성 효과가 뛰어나 유망한 기능성 식품의 자원으로 연구되고 있다¹⁻¹¹⁾. 영양학적 측면에서 버섯은 단백질, 지질, 탄수화물의 함량이 적어 에너지원으로는 가치는 적지만 비타민 B₂와 나이아신이 비교적 다른 채소에 비해 많이 존재하며 특히 식물성 식품에는 거의 존재하지 않는 비타민 D의

전구체인 ergosterol 이 풍부히 들어 있다. Ergosterol 은 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 분류되며 자외선 B파는 ergosterol이나 cholesterol을 비타민 D₂와 D₃로 전환시킬 수 있는 기능이 있다¹²⁾. 여름철에 얼굴과 손에 햇빛을 10분간만 쬐이면 1일 비타민 D의 요구량인 10 μ g가 생합성이 된다¹³⁾. 이러한 특수성 때문에 식이로서만 공급되어야 하는 다른 영양소들과 달리 비타민 D의 중요성이 간과되어 왔다. 그러나 최근 오존층의 파괴로 사람들은 자외선 차단 기능이 있는 옷을 입거나 욕의 활동을 줄이는 등 자외선에 노출되는 시간을 제한하기 때문에 피부에

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@smu.ac.kr

서의 비타민 D 생합성이 방해받고 있고, sunscreen의 장시간 사용으로 혈청 25-hydroxyvitamin D의 저장량이 줄었다는 연구 결과가 발표된 바 있다¹⁴⁾. 이러한 결과는 보통 사람에게도 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 버섯에 풍부한 ergosterol을 비타민 D₂로 전환시킨다면 버섯은 비타민 D₂의 급원으로서 무한한 잠재력을 지닌 식품이 될 가능성이 높다고 하겠다.

식품의 색과 냄새는 질을 평가하는 지표들이다. 식품의 색과 냄새에 대한 판단은 관능검사도 많이 이용되지만 객관적인 검사장비도 자주 이용이 되는데 색은 색도계, 냄새성분은 gas chromatography(GC)나 전자코가 주로 사용된다. 특히 전자코는 식품의 냄새 성분은 인지할 수 있도록 1990년대 초 고안된 기계로 후각세포의 역할을 하는 센서와 뇌세포 역할을 하는 컴퓨터와 소프트웨어로 구성되어 있다¹⁵⁾. 전자코는 여러 단계의 발전을 거듭하여 현재에는 2세대 전자코라 불리는 GC-SAW 전자코의 개발에 까지 이르렀다. GC-SAW 전자코는 기존의 GC에 전자코의 가장 최신 센서인 SAW 센서가 검출기로 사용되기 때문에 1세대 전자코 센서로 사용되는 metal oxide, conducting polymer 센서로는 감지하기 어려운 모든 휘발성 유기화합물에 반응할 수 있다. 또한 GC-SAW 전자코는 검출 감도가 허용되는 범위내의 모든 성분에 대한 정성, 정량분석이 초단위로 가능해 종합적인 데이터를 제공할 수 있으므로 식품분야에서는 아주 유용한 기계이다¹⁶⁾. 또한 GC-SAW 전자코는 이동이 간편해 시간과 장소를 가리지 않고 분석에 임할 수 있다는 잇점이 있다. 전자코를 이용한 식품관련 연구들로는 육류, 곡류, 커피, 맥주, 생선류, 주스 등에 관한 것들이 있으며 점점 그 이용 분야가 확대되고 있는 실정이다¹⁵⁾. 이와 같이 GC-SAW 전자코는 초단위의 빠른 시간에 분석이 가능하기 때문에 식품의 원산지 확인, 신선도, 가공 정도 등 많은 분야에서 쉽게 이용될 수 있다. 우리나라의 경우 전자코에 대한 연구는 초보적인 단계라 할 수 있으며 자외선기 식품의 향기패턴에 미치

는 영향에 대해서는 전혀 이루어진 바 없다^{17,18)}.

버섯류의 비타민 D₂ 관련 연구로는 주로 함량에 관한 것들이며 자외선 B파가 조사된 버섯의 비타민 D₂의 함량에 관한 연구는 매우 미진한 편이다¹⁹⁻²⁴⁾. Lee 등²⁴⁾은 수확된 표고버섯에 자외선 B파를 조사해 비타민 D₂ 함량을 대조군의 9배까지 늘릴 수 있었다고 보고했으며 Mau 등²⁵⁾과, Ono 등²⁶⁾도 버섯에 자외선을 조사하여 비타민 D의 함량을 높일 수 있다고 보고한 바 있다.

그러나 이들 연구들은 주로 자외선 B파가 조사된 버섯들의 비타민 D₂ 함량을 측정된 것들로 자외선 조사로 인해 일어날 수 있는 색이나 향기패턴의 변화에 관한 언급은 전혀 없는 실정이다. 또한 이들 연구에 사용된 버섯들은 수확 후 자외선이 처리된 것들이며 재배과정 중에 자외선이 조사된 연구는 행해진 바 없다. 원복재배 표고버섯의 경우는 재배 중에 자외선 B파 조사의 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 자외선 조사가 용이한 톱밥배지 표고버섯을 시료로 사용하여 자외선 B파를 조사한 후 시료 버섯의 비타민 D₂ 증강 효과, 색도 및 향기 패턴에 미치는 영향을 분석하고자 시행되었다.

II. 실험방법

1. 실험재료

1) 시료

공시 버섯 균주로 사용한 표고 품종은 산립5호(중고온성)이었다. 톱밥배지 제조용 공시톱밥은 임업연구원 중부임업시험장 시험림(광릉)에서 벌채한 신갈나무로 입경 1~2mm의 톱밥을 제조한 후 야외에서 완전히 기건(氣乾)하여 사용하였다. 표고 재배용 톱밥배지 조성은(중량비) 톱밥 80%에 밀기울 20%를 혼합한 다음 CaCO₃ 0.6%, KNO₃ 0.4%, sugar 1.5%를 첨가하였으며 배지 함수율은 60~65%로 하였다. 배지는 중량 2.0kg으로서 체적은 가로 20cm, 세로 15cm, 높이 10cm의 블록배지 형태로 제조하였다. 이렇게 제조한 배지는 121℃에서 90분간 살균한 다음, 배지온도가 20℃까지 내려오면 종균을 접종하여 20~22℃의 배양실에서 4.5개월 동안 완전히 배양하였다. 배양된 톱밥배지는 배양봉지를 제거한 후, 24시간 침수하여 온도 15~18℃, 습도 90%의 발생실에 전개하여 버섯을 발생시켰다. 자외선 B파는 버섯 수확 5시간 전에 버섯 발생실에서 조사하였다. 버섯 발생실 내부는 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Inside of fruiting room

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 hydroxytoluene은 특급시약을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 자외선 B파 조사

자외선 B파는 배지에서 생장중인 표고버섯의 자실체 외피에 0, 25, 50KJ/m²을 조사하였다(Fig. 2). 자외선 선량은 Radiometer(Vilber Loumat CX-312, France)로 측정하였다.

2) 표고버섯의 비타민 D₂ 추출 및 분석

비타민 D₂의 함량은 Brubacher²⁷⁾ 등의 방법을 응용하여 정량 하였다. 자외선이 조사된 표고버섯을 수확하여 동결건조를 시킨 후 마쇄하여 냉동고에서 보관하면서 사용하였다. 동결건조된 1g의 시료를 250ml 환류용 플라스크에 넣었다. 40ml의 에탄올, 50% potassium hydroxide 용액 10ml, 항산화제인 hydroquinone 100mg, sodium sulfide 2ml를 함께 넣고 환류 장치에서 90℃에서 25분간 검화시켰다. 검화가 완료된 시료는 약 40℃로 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

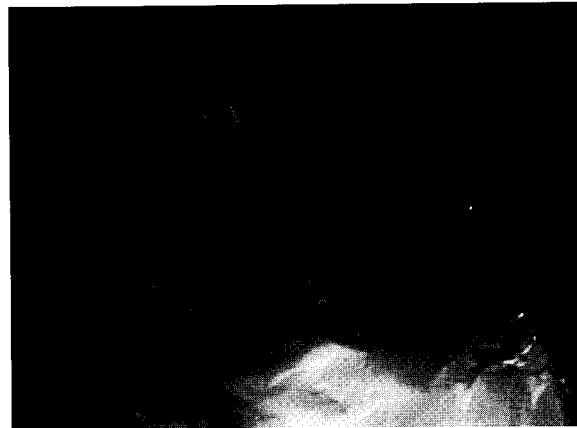


Fig. 2. The process of UV-B irradiation.

첨가하여 250ml로 정용하였다. 이 용액으로 부터 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. 모든 결과는 3회 반복하였으며 건물 1그램당 μg 비타민 D₂로 계산하였다. HPLC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

3) 자외선 B파 조사량에 따른 색도 변화

자외선 B파 조사가 표고버섯의 색도에 미치는 영향을 살펴보기 위해 표고버섯 자실체 외피에 자외선 B파를 0, 25, 50KJ/m² 조사시킨 후 Hunter-Lab Chroma meter(Minolta, model CR-300, Osaka, Japan)을 이용해 색도를 측정하였다. 색도를 측정하기 전 보정판으로 표준화시킨 후 각 시료 당 10번씩 측정 한 하여 L*, a*, b*의 평균값을 산출하였다.

4) 자외선 B파 조사량에 따른 표고버섯의

향기패턴 분석

자외선 B파 조사량에 따른 향기패턴의 변화를 보

Table 1. Conditions of HPLC

Instrument	Waters Co. 2690 486 UV detector 746 data module 510 pump
Column	Lichrospher 100 RP-18(Merk & Co., Inc., Whitehouse Station, USA)
Injection volume	20 μl
Column oven temperature	60℃
Mobile phase	95% methanol
Flow rate	1.2 ml/min
Detector	UV 280nm

기 위하여 자실체 외피에 자외선 B파를 0, 25, 50KJ/m² 조사시킨 후 GC-SAW 전자코로 표고버섯의 향기패턴을 분석하였다. 자외선 B파가 조사된 시료들을 잘게 다진 후 16g씩 40ml 바이알에 담아 전자코(EST, model: M4100, Newbury, U.S.A.)를 이용해 분석하였다. 분석 조건은 Table 2와 같다.

5) 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 조사에 따른 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 변화

자외선 B파를 자실체에 각각 0(대조군), 25, 50 KJ/m² 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 대조군의 비타민 D₂ 함량은 25.36 μ g/g인 반면, 25, 50 KJ/m²의 자외선 조사로 비타민 D₂ 함량은 각각 39.73, 52.35 μ g/g로 측정되었다. 즉 자외선 B파 조사에 의해 비타민 D₂가 유의적으로 증가한 것으로 나타났다(p<0.05).

Table 2. Conditions of Electronic Nose for *Letinus edodes*

Sampling time	20 sec
Temperature	
Column	35°C to 120°C
Injection port	130°C
Valve	110°C

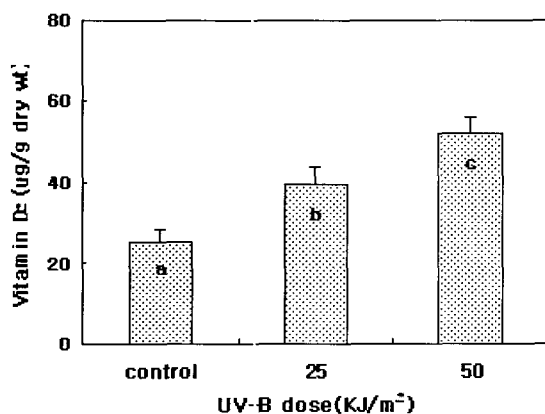


Fig. 3. The effect of UV-B irradiation on the content of vitamin D₂ in *Letinus edodes*

Each value is expressed as mean±standard deviation(n=3).

Different letters mean that there are statistically significant differences between values(p<0.05).

이러한 결과로 보아 재배 중에 버섯에 자외선을 조사하는 것도 의미가 있다고 하겠다.

전통적으로 표고버섯은 원목을 접종하여 재배되고 있으므로 재배 중에 자외선을 조사하기 위해서는 일일이 원목을 돌려주어야 하므로 원목에서 재배되고 있는 표고버섯의 자외선 조사 작업은 실제로 불가능한 실정이다. 그러나 톱밥재배 표고버섯은 블록배지 상태로 재배가 되기 때문에 자외선 조사에 매우 유리하다.

본 연구와 Lee 등²⁴⁾의 연구를 비교하면 이 등의 결과가 비타민 D₂ 증가율이 훨씬 높았던 것을 알 수 있다. 이 등은 자외선을 0(대조군), 25, 50KJ/m² 조사한 결과 비타민 D₂의 증가율이 대조군의 각각 562, 671%였다고 보고하였다. 이러한 결과는 자실체 바깥쪽에 자외선을 조사해 줄 경우보다 자실체 안쪽에 조사해줄 때 비타민 훨씬 높기 때문이다²²⁾. 그러나 버섯 재배 중에는 자외선을 자실체의 안쪽에 조사하는 것이 어렵기 때문에 본 연구에서는 자외선을 자실체 바깥쪽에 조사하였다. 이와 같이 재배시 자외선 처리는 수확 후 처리시 보다 비타민 D₂의 증가율이 낮지만, 버섯을 재배하는 도중에 자외선을 처리할 경우에는 수확 후 조사할 때 일어날 수 있는 품질 저하 현상이 덜 발생되기 때문에 품질을 유지시킨다는 의미에서는 그 가치가 있다고 생각된다.

2. 자외선 B파 조사량에 따른 색도 변화

색도 측정 결과는 Fig. 4에 제시하였다. 명도를 나타내는 L* 값은 대조군이 94.84로 25(92.19), 50 KJ/m²(92.26)보다 유의적으로 높은 것으로 나타났다(p<0.05). 즉 자외선 조사로 명도가 낮아진 것을 알 수 있었다. 또한 붉은색을 나타내는 a* 값은 각 시험군간에 유의적인 차이는 없었으나 황색을 나타내는 b* 값은 대조군이 -1.35로 25(-1.06), 50KJ/m²(-0.80)보다 유의적으로 낮은 치수를 보였다(p<0.05) 이러한 결과로 보아 자외선 조사에 의해 표고버섯의 색도에 변화가 있는 것은 사실이나 육안으로는 전혀 감지가 되지 않는 정도였으므로 자외선으로 인한 색도 변화는 큰 문제를 일으키지 않을 것으로 해석된다. 특히 표고버섯의 경우는 원래 색이 진한 갈색을 띠기 때문에 자외선에 의한 색도 변화가 양송이 버섯이나 느타리버섯에 비해 적을 것으로 판단된다.

3. 자외선 B파 조사량에 따른 표고버섯의 향기패턴 분석

GC-SAW 전자코를 통해 분석된 자외선 조사량에

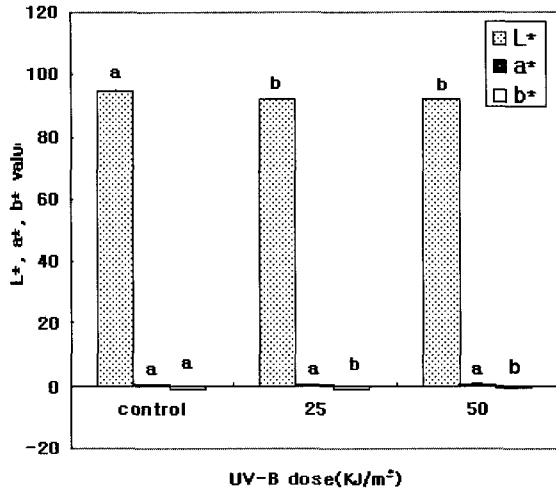


Fig. 4. The effect of UV-B irradiation on the color of *Lentinus edodes*. Each value is expressed as mean±standard deviation(n=10). Different letters mean that there are statistically significant differences between values(p<0.05).

다른 톱밥재배 표고버섯의 향기패턴 변화는 Fig. 5에 제시하였다. 대조군의 경우 peak가 10개가 감지되었으나 25, 50KJ/m²의 경우는 14개의 peak들이 감지되었다. 25KJ/m²의 경우는 대조군에서는 나타나지 않았던 1, 7, 9, 13, 14번 peak가 새로 감지되었고 대조군에서 감지되었던 7번 peak는 사라졌다. 50KJ/m²의 경우에는 25 KJ/m²에서 볼 수 없었던 9, 10, 12, 14번 peak가 새로 나타났으며 25KJ/m²에 있었던 7, 11, 14번 peak는 사라졌다. 분석 결과로 보아 자외선은 표고버섯의 향기 패턴에 영향을 주는 것으로 판단된다.

관능검사의 경우 검사자의 능력에 따라 냄새성분을 감지할 수 있는 정도가 달라 숙련된 사람들만이 미세한 냄새를 느낄 수 있는 단점이 있다. 그러므로 숙련된 검사자가 아닐 경우는 객관적인 검사가 더욱 바람직할 수 있다.

전자코를 이용하면 미세한 성분들까지 정성 및 정량 분석까지 초단위로 분석될 수 있으므로 숙련되지 않은 기술자들도 손쉽게 다양한 식품의 품질을 관리할 수 있으므로 본 연구에 사용된 자외선이 표고버섯에 미치는 영향 뿐 아니라 산지별 버섯의 향기 패턴, 저장 조건이나 시간별 향기패턴 등에 관한 data base를 다양하게 구축해 놓는다면 빠른 시간에 원산지 판별이나 신선도 등을 판단할 수 있을 것으로 사료된다.

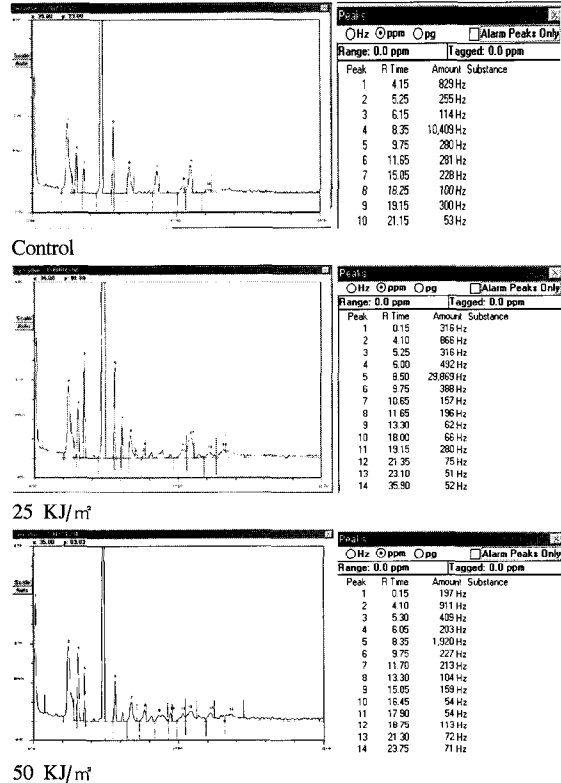


Fig. 5. Chromatogram of UV-B irradiated *Lentinus edodes* analyzed by GC-SAW electric nose

IV. 요약

자외선 B파 조사가 톱밥배지에서 재배되고 있는 표고버섯의 비타민, 색도, 향기패턴에 미치는 영향에 대해 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 자외선 B파 조사에 따른 표고버섯의 비타민 D₂ 함량 변화

자외선 B파를 자실체에 각각 0(대조군), 25, 50KJ/m² 조사한 결과 대조군의 비타민 D₂ 함량은 25.36µg/g 인 반면, 25, 50KJ/m²의 자외선 조사로 비타민 D₂ 함량은 각각 39.73, 52.35µg/g로 증가하였다.

2. 자외선 B파 조사량에 따른 색도 변화

색도 측정 결과 명도를 나타내는 L* 값은 대조군이 94.84로 25(92.19), 50KJ/m²(92.26)보다 높은 것으로 나타났으며 적색을 나타내는 a* 값은 각 시험군 간에 차이는 없었으나 황색을 나타내는 b* 값은 대조군이 -1.35로 25(-1.06), 50KJ/m²(-0.80)보다 낮은 치수를 보였다.

3. 자외선 B파 조사량에 따른 표고버섯의 향기패턴 분석

GC-SAW 전자코를 통해 분석된 향기 패턴은 대조군의 경우 peak가 10개가 감지되었으나 25, 50KJ/m²의 경우는 14개의 peak들이 감지되었다. 자외선 조사로 표고버섯의 향기 패턴의 변화가 생긴 것을 알 수 있었다.

V. 감사의 글

본 논문은 2001년도 상명대학교 자연과학연구소 연구비 지원으로 이루어졌으므로 이에 감사를 드립니다.

VI. 참고문헌

1. 김병각, 김양섭, 석순자, 성재모, 신재용, 안영남, 한정혜 : 버섯 건강요법. 가림출판사, 49, 1995
2. Chang, ST and Buswell, JA : 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. Borchers, AT, Stern, JS, Hackman, RM, Keen, CL, and Gershwin, M : Minireview: Mushrooms, Tumors, and Immunity. *P.S.E.B.M.*, 221:281, 1999
6. Ahn, DK : Medicinal Fungi in Korea. *K. J. Mycology.* 20(2):154, 1992
7. Jung, IC, Park, S, Park, KS, Ha, HC, Kim, SH, Kwon, YI., and Lee, JS : Antioxidative effect of fruit body and mycelial extracts of *Pleurotus ostreatus*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(3):464, 1996
8. Ma, SJ : Effects of the Substances Extracted from Dried Mushroom(*Lentinus edodes*) by Several Organic Solvents on the Stability of Fat. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15(2):72, 1983
9. Friedeich W : *Vitamins* 143 de Gruyter, 1988
10. Fraser DR : Vitamin D. *Lancet* 345(14):104, 1995
11. Collins DE and Normar AW : 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, MJ, Holick, MF, Hollis, BW, Lu, Z and Wortsman, J : Clothing prevents Ultraviolet-B Radiation-Dependent Photosynthesis of Vitamin D₃. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 75(4): 1099, 1991
14. Holick, MF, Matsuoka, LY, Wortsman, JN, Hanifan : Chronic sunscreen use decreases circulating concentrations of 25-hydroxy vitamin D. *Arch Dermatol*, 124:1802, 1988
15. Schaller, E, Bosset, JO, and Escher, F : 'Electronic Noses' and their application to food. *Lebensm-Wiss. Technol.*, 31(4):305, 1998
16. 노봉수, 오세연 : GC/SAW를 바탕으로한 전자코 응용. *식품과 산업*, 35(3):50, 2002
17. Lee, MS and Chung, MS : Analysis of flavor pattern by using electric nose and sensory evaluation of *Cnidium Officinale*-flavored oils. *Korean J. Soc. Food Coolery Sci.*, 18(4):448, 2002
18. Chung, MS and Lee, MS : Development of *Elsholtzia splendens*-flavored oils and analysis of flavor pattern using electric nose. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 18(4):455, 2002
19. Mattila, PH, Piironen, VI, Unsi-Rauva, EJ, and Koivistoinen, PE : Vitamin D Contents in Edible Mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* 42(11):2449, 1994
20. 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
21. 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
22. 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
23. Lee, JS, Ahn, RM and Choi, HS : Determinations of ergocalciferol and cholecalciferol in mushrooms. *Korean J. Soc. Food Sci*, 13(2):173, 1997
24. Lee, JS, Kim, SJ, Ahn, RM, Choi, HS, Choi, HK, Yoon, SK, Hong, WS, Whang, HS, Kwon, DJ, and Kim, YJ : The effect of UV-B irradiation and hot-air drying on the vitamin D₂ content of Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J. Soc. Food Sci*, 18(2):173, 2002
25. Mau, JL, Chen, PR, and Yang, JH : Ultraviolet irradiation increased vitamin D₂ content in edible mushrooms. *J. Agric. Food Chem.* 46(12):5269, 1998
26. 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
27. Brubacher, GW and Southgate DAT : Methods for the determination of vitamins in food. Elsevier. p23, 97, 1991

(2003년 2월 4일 접수, 2003년 2월 20일 채택)