

## 표고버섯의 이화학적 특성에 대한 훈증제와 $\gamma$ -Rays의 영향

권중호 · 변명우 · 조한옥 · 김영재\* · 김종군\*

한국에너지연구소 · \*세종대학

### Effect of Chemical Fumigant and $\gamma$ -Rays on the Physicochemical Properties of Dried Oak Mushrooms

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun, Han-Ok Cho, Young-Jae Kim\*  
and Jong-Goon Kim\*

Korea Advanced Energy Research Institute, \*King Sejong University, Seoul

#### Abstract

The physicochemical properties of dried oak mushrooms were investigated to determine the comparative effects of ethylene oxide (E.O) fumigation and gamma irradiation with doses at 1 and 5 kGy. The total amino acid content was relatively stable in irradiated groups in comparison with the control. Treatments with gamma irradiation did not effect the content of reducing sugar but caused an increase in free sugars, such as mannitol, arabitol and trehalose. There were no significant differences in concentrations of minerals. The amount of water and fat soluble pigments and the rancidity of the samples stored at 25°C increased with increasing the storage time and the relative humidity, and the tendency to change was more apparent in E.O. fumigated sample than gamma irradiated one.

#### 서 론

버섯은 단백질, 당질, 무기질 및 각종 아미노산과 비타민 등을 고루 갖춘 영양식품일 뿐만 아니라 각종 효소를 함유하고 있어 소화성이 높은 식품으로 인식되고 있으며, 최근에는 항산화, 항균 및 항암 효과에 대해서도 알려지고 있다.<sup>(1-3)</sup>

식용 버섯은 대표적으로 송이, 양송이, 표고 및 느타리버섯 등을 들 수 있으며, 이들 중 표고버섯 (*Lentinus edodes*(Berk))은 전국적으로 재배되고 있고 국내산 버섯류 가운데서 생산량이 가장 많아 건조표고를 기준으로 할 때 1984년에 770톤, 1985년에 880톤으로 매년 그 생산량이 증가되고 있다.<sup>(4)</sup>

표고버섯은 봄, 여름, 가을에 걸쳐 생산되며 생표고의 수분 함량은 75~90% 내외로서 쉽게 변질되므로 품질의 보존을 위해서는 건조 과정이 필수적으로 요구된다. 그러나 수확, 건조시 비위생적인 관리나 유통 과정에서의 흡습 및 저해해충이나 미생물에 의한 피해를 막기 위하여 화학약품(훈증제, 살충제 등)이 주로 사용되고 있으나 이는 인체에 대한 유독성 뿐만 아니라 제품의 품질을 크게 저하시키므로 선진국에서는 이미 식품에 대한 화학 훈증제의 사용을 점차 금지시키고 있다.<sup>(5,6)</sup>

지금까지 표고를 비롯한 버섯에 관한 연구는 아미노산 조성,<sup>(7,8)</sup> 유리당 및 유기산 함량,<sup>(9,10)</sup> 지방질 성분,<sup>(11,12)</sup> 무기질 함량<sup>(13)</sup> 및 향기 성분<sup>(14,15)</sup>에 대한 내용 등이 검토되고 있고, 비교적 최근에는 버섯의 항산화 작용과 항암 성분에 관한 연구도 다수 보고되고 있으나 건조 버섯의 품질 보존에 관련된 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 실험은 식품보존제나 훈증제(ethylene oxide, ethylene dibromide 등)의 사용에 따른 식품의 품질 저하와 위생적인 문제점 등을 보완, 해결하기 위하여 현재 국제적으로 실용화가 확대되고 있는<sup>(16,17)</sup> 식품조사 기술을 이용하여 건조 표고버섯의 새로운 품질 보존법 마련을 위한 연구의 일환으로서 현행 방법인 ethylene oxide훈증 처리와 감마선 조사가 저장중 시료의 이화학적 특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 시 료

본 실험에 사용된 건조 표고버섯은 1985년도 하절기 산으로서 생산지에서 대량으로 출하되는 제품을 구입하여 시료로 사용하였으며, 폴리프로피렌 포장재를 사용하여 소포장한 뒤 실험에 사용하였다.

### 훈증제 & rays 처리

시료의 훈증제 처리는 ethylene oxide가스를 사용하여 전보<sup>(18)</sup>에서와 같은 조건으로 전문업체에 위탁 실시하였으며, 개봉하였던 시료는 다시 무균실에서 재포장하였다. 또한 감마선 조사는 Co-60 조사선원을 이용하여 시간당 400Gy의 선량율로 0, 1, 및 5kGy를 각각 처리하였다.

### 시료의 저장

미생물과 저장 해충의 제거를 위한 상법의 훈증제 처리시료와 살충은 물론 살균선량 범위의 감마선이 조사된 시료 및 무처리 대조시료는 각각 포장의 윗 부분을 개봉한 뒤 stokes등<sup>(19)</sup>의 방법에 따라 상대습도를 50%와 70%로 조절한 데시케이터내에 넣어 25°C의 항온기에 3개월간 저장하면서 품질에 관련된 이화학적 특성 실험에 사용하였다.

### 일반성분 분석

시료의 일반조성으로서 수분, 조지방, 조단백질 및 조회분은 AOAC 방법<sup>(20)</sup>에 따라 측정하였다.

### 당의 정량

시료의 환원당 함량은 저장중 경시적으로 Somogyi 변법<sup>(21)</sup>에 의해 측정하였고, 유리당 함량은 저장 직전에 최등<sup>(22)</sup>의 방법에 준하여 HPLC에 의해 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Model, Waters model 213; column, Lichrosorb NH<sub>2</sub> 10 $\mu$ m; detector, RI; attenuator, 8X; mobile phase, acetonitrile:butanol:water (80:15:20, v/v/v); flow rate, 1.8 ml/min.

### 아미노산의 분석

시료 3g을 경질 시험관에 평량하여 15 lb, 121°C에서 3시간 동안 6NHCl가수분해 시킨 뒤 0.45 $\mu$ m membrane filter와 cartridge C<sub>18</sub>를 사용하여 단백질, 지방질, 색소 등을 제거한 후 아미노산 자동 분석기 (Hitachi Model 835)에 주입하여 정량하였다.

### 무기질의 정량

시료 일정량을 습식분해법<sup>(23)</sup>에 의해 전처리한 후 Na, Ca, Cu, K, Mn, Mg, Fe를 원자흡광분석기 (Instrumental Laboratory Inc., Model 457)를 사용하여 분석하였으며, P은 molybden blue비색법<sup>(20)</sup>에 따라 정량하였다.

### 갈변색소의 측정

저장중 시료의 갈변색소를 측정하기 위하여 변등<sup>(24)</sup>의 방법에 준하여 시료 3g을 취하여 n-hexane 30ml로서 실온에서 24시간 추출한 뒤 원심분리한 잔사를 chloroform-methanol (2:1, v/v) 용매 30ml를 사용하여 다시 추출하고 그 상등액을 분광광도계로서 420nm에서 비색 측정하여 지용성 갈변색소의 양을 알아보고, 다시 그 잔사에 50ml의 증류수를 가하여 5°C에서 48시간 추출시킨 액을 440nm에서 비색 측정 한 값을 수용성 갈변색소의 상대적인 농도로 표시하였다.

### TBA가의 측정

시료의 저장중 지방질 산패도를 조사하기 위하여 Turner등<sup>(25)</sup>의 방법에 따라 처리구별로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 조성

본 실험에 사용된 건조 표고버섯의 일반성분은 수분 함량이 약 12%, 조지방이 약 3%, 조단백질과 조회분 이 각각 21%와 4.5%정도 함유되어 있었다.

### 당의 함량

Ethylene oxide훈증 처리와 감마선 조사가 건조 표고버섯의 환원당과 유리당 함량에 미치는 영향을 조사해 본 결과는 Table 1, 2와 같다. 처리직후의 환원당 함량은 무처리구와 감마선 조사구에서는 약 1.7~1.9% 내외로서 큰 차이를 나타내지 않았으나 ethylene oxide 처리구에서는 약 1.1% 정도로 상당히 감소됨을 알 수 있었으며, 저장기간이 경과됨에 따라서는 전반적으로 증가되었지만 저장 상대습도에 따른 변화는 크지 않았다. ethylene oxide 처리에 따른 환원당 함량의 감소는 훈증처리시 품온의 상승에 따른 갈변반응의 촉진과, 또한 epoxides가 식품중의 수분이나 기타 화학성분과 반응하여 유해물질을 생성시키고 식품 고유의 활성을 저하시킨다는 보고<sup>(26,27)</sup>와도 잘 일치되었다. 또한 표고버섯의 유리당 함량을 살균처리 직후 측정하여 본 결과 mannitol, arabitol 및 trehalose가 주요 당으로 확인되었는데 이는 Yoshida 등<sup>(10)</sup>의 식용버섯의 유리당에 대한 보고 내용과 유사한 결과였다. 처리구간의 비교에서 무처리구에 비해 감마선 조사구는 조사선량의 증가에 따라 유리당 함량이 점차 증가되었다.

### 아미노산의 함량

**Table 1. Changes in reducing sugar content of dried oak mushroom treated with gamma radiation and ethylene oxide (E.O) during storage at 25°C and different humidities**

Treatments	Storage period (month)					
	0		1.5		3	
	RH 50%	RH 70%	RH 50%	RH 70%	RH 50%	RH 70%
Control	1.86	1.86	2.31	2.35	2.48	2.44
1 kGy <sup>b</sup>	1.74	1.74	2.34	2.39	2.39	2.48
5kGy <sup>b</sup>	1.90	1.90	2.34	2.47	2.41	2.48
E.O. <sup>c</sup>	1.14	1.14	1.51	1.67	1.55	1.73

a Reducing sugar content is expressed as the glucose percentage of the sample on the dry basis and each value is the mean of triplicate experiments

b The unit was used to measure the absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad

c Treatment conditions are given in the text

**Table 2. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the free sugar content of dried oak mushroom<sup>a</sup>**

Sugars	Treatments				
	Control	1 kGy <sup>b</sup>	5kGy <sup>b</sup>	E.O. <sup>c</sup>	
Mannitol	64.64	70.97	72.92	65.44	
Arabitol	47.69	48.68	49.63	44.41	
Trehalose	21.77	23.44	24.25	23.44	
Total	134.10	143.09	133.30	143.09	146.80

a Free sugars were analyzed with HPLC immediately after treatment and are expressed as mg/g of the sample on the dry basis

b The unit was used to measured the absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad

c Treatment conditions are given in the text

시료의 전아미노산의 함량을 감마선과 ethylene oxide처리 직후에 각구별로 분석해 본 결과는 Table 3과 같다. Tryptophan을 제외한 16종의 아미노산이 검출되는데 이들 중 glutamic acid, isoleucine, aspartic acid, phenylalanine의 순으로 높은 함량을 나타내었다. 이같은 내용은 표 등<sup>(7)</sup>의 표고버섯에 대한 보고와 유사한 결과였으며, 강 등<sup>(6)</sup>은 표고버섯의 수용성 유리 아미노산에서는 alanine이 가장 많았다고 하였고, 정 등<sup>(28)</sup>은 버섯의 정미성분에는 aspartic acid가 상당한 부분을 차지하는 것으로 밝힌 바 있다.

또한 살균처리구 간에는 무처리구에 비해 ethylene oxide 처리구와 감마선 조사구가 다소 감소하였는데 이와 같은 현상은 ethylene oxide 처리구에서 더욱 현저하였으며, 특히 버섯의 정미성분에 관련된 glutamic acid와 aspartic acid의 함량은 1kGy 조사선량에서는 차이가 없었으나 고선량 조사나 훈증제 처리에는 민감한 감소 현상을 나타내었다.

#### 무기질의 함량

수분이 약 12%, 회분이 약 4.5% 내외인 표고버섯의 ethylene oxide와 감마선 처리에 따른 무기질 성분의 변화를 측정해 본 결과는 Table 4와 같다. 분석된 8종의 원소 중 K의 함량이 가장 높았고, 그 다음이 Mg, Na의 순이었으며 Cu, Mn, P의 함량은 매우 낮게 나타났다. 이와 같은 결과는 전 등<sup>(13)</sup>과 Kawai 등<sup>(29)</sup>의 식용버섯에 대한 연구 내용과 유사한 경향이었다.

처리구간에 있어서는 Mg와 K의 함량이 조사선량의 증가와 ethylene oxide처리로서 다소 증가된 반면 Na와 Ca 등의 무기질 성분은 다소 감소되었으나 유의적인 증감은 아니었으며, 식품 중의 무기질 성분에 대한 감마선 조사나 화학 훈증제의 영향은 거의 검출되지 않은 내용으로서 보다 구체적인 추후의 연구가 요망된다.

#### 갈변색소의 함량

훈증처리와 감마선 조사에 따른 시료의 저장 상대습

**Table 3. Total amino acid of dried oak mushroom treated with gamma radiation and ethylene oxide (E.O)<sup>a</sup>**

Amino acids	Treatments			
	Control	1 kGy <sup>b</sup>	5kGy <sup>b</sup>	E.O. <sup>c</sup>
Aspartic acid	13.60	13.26	10.42	9.98
Threonine	5.10	5.32	4.30	3.98
Serine	7.22	7.30	5.66	5.10
Glutamic acid	29.48	27.72	21.36	20.32
Glycine	6.04	5.94	4.94	4.42
Alanine	6.96	6.90	5.64	5.10
Cystine	5.76	5.34	5.16	5.16
Valine	3.98	3.74	3.60	3.26
Methionine	2.64	2.38	2.14	1.94
Isoleucine	20.54	22.32	21.96	17.52
Leucine	11.72	11.20	10.70	8.82
Tyrosine	2.06	1.88	1.60	1.52
Phenylalanine	13.54	13.84	10.88	12.86
Lysine	9.62	9.52	7.62	7.88
NH <sub>3</sub>	4.84	4.40	4.14	4.06
Histidine	1.72	1.68	1.52	1.14
Arginine	7.56	7.02	6.68	5.32
Total	152.38	149.76	128.32	118.38

a Total amino acid is expressed as mg/g of the sample on the dry basis

b The unit was used to measure the absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad

c Treatment conditions are given in the text

**Table 4. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide (E.O) fumigation on the mineral composition of dried oak mushroom<sup>a</sup>**

Treatments	Mineral content (mg/100g, dry basis)						
	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe Mn	P
Control	60.31	1730	4.11	124.8	1.20	9.032.01	0.42
1 kGy <sup>b</sup>	59.88	1724	3.81	127.9	1.11	8.731.98	0.43
5 kGy <sup>b</sup>	58.77	1740	3.80	131.0	0.80	9.051.96	0.44
E.O. <sup>c</sup>	54.46	1744	3.91	135.5	0.98	8.991.95	0.45

a Minerals were analyzed with A.A. immediately after storage and each value is the mean of triplicate experiments

b The unit was used to measure the absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad

c Treatment conditions are given in the text

도별 갈변색소의 변화에서 먼저 지용성 색소는 상당히 미량으로 나타나 숫자상으로 나타내지 않았지만 저장 기간이 경과됨에 따라 다소 증가되었고, 상대습도 50% 보다 70%에 저장된 시료에서 색소의 함량이 조금 높게 나타났다. 이는 저장기간중 미생물의 생육이나 지방의 산화 등에 의하여 색소의 함량이 다소나마 변화된 것으로 추측할 수 있겠다.

한편 수용성 색소는 Fig.1에 나타난 바와 같이 살균

처리 직후부터 ethylene oxide 처리구는 무처리구나 조사구보다 높은 값을 보였으며, 저장기간이 경과됨에 따라 전반적으로 증가되는 경향이었으나 감마선 조사구는 무처리구나 특히 훈증처리구보다 색소의 변화가 완만하게 나타났다. 또한 저장 상대습도간에는 RH 70% 구가 RH 50% 구보다 수용성 색소의 변화가 다소 많이 일어났는데, 이는 Jones<sup>(30)</sup>의 결과에서와 같이 저장된 시료의 수분함량이 증가됨에 따라 갈변율이 증

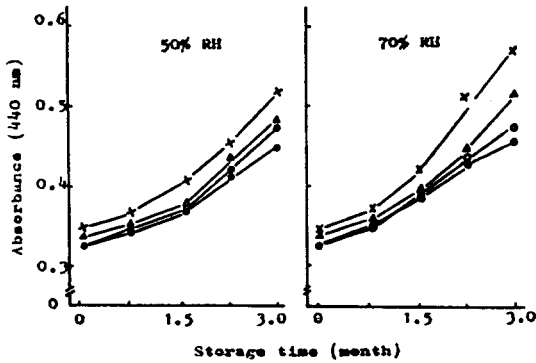


Fig. 1. Changes in water soluble pigment of dried oak mushroom treated with ethylene oxide (E.O) and gamma radiation during storage at 25°C

가하였다는 보고와 관련지을 수 있겠으며, Schoebel 등<sup>(31)</sup>은 수용성 색소의 변화에 대한 원인으로서는 시료중에 존재하는 당과 아미노산의 반응에 의한 비효소적 갈변 현상을 보고한 바 있다.

이상의 색소 함량의 변화를 검토하여 볼 때 앞서 언급된 당과 아미노산의 함량변화와 또한 저장중 시료 자체내의 효소나 미생물의 증식에 따른 갈변화 등이 함께 고려될 수 있겠다.

TBA가의 변화

살균 및 살충을 목적으로 한 훈증제와 감마선 처리가 시료의 지방질 성분에 미치는 영향을 알아보기 위하여 처리 직후와 상대습도 50%와 70%에 저장중 지방질의 산패도를 측정해 본 결과는 Fig.2와 같다.

처리직후 감마선 조사구는 무처리구에 비해 TBA가 조사선량의 증가와 더불어 약간 높은 값을 보였으

나 ethylene oxide 처리구에서는 상당히 증가되었으며, 전반적으로 저장기간의 경과로 다같이 증가되는 경향이 있었다. 그러나 ethylene oxide 처리구에서는 TBA가 저장중 상당히 증가되었는데 이는 훈증처리 과정에서 품온의 상승과 반복된 탈기조작 등으로 시료의 지나친 건조와 지방질 성분에 대한 영향 등이 그 원인으로 생각된다.

한편 저장 상대습도에 따른 영향에서는 RH 50% 보다 RH 70%에서 다소 높은 TBA가 나타났으며, 이는 갈변색소의 변화에서도 고찰하였듯이 높은 상대습도하에서 미생물의 생육이 가능하여 이들 미생물의 증식에 의해 지방질 산화가 촉진된 것으로 생각되며, 이와 같은 결과는 Labuza 등<sup>(32)</sup>과 Scott 등<sup>(33)</sup>의 실험 결과에서도 밝혀진 바 있다.

요 약

건조 표고버섯에 대한 ethylene oxide 훈증처리와 감마선 조사가 시료의 품질에 관련된 몇가지 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 시료의 아미노산 함량은 감마선 조사구(1-5 kGy)에 비해 ethylene oxide 처리구에서는 상당히 감소되었고, 환원당과 유리당(mannitol, arabitol, trehalose)의 함량은 조사선량에 따라 증가되었으나 훈증처리구에서는 감소되었다. 시료의 무기질의 함량은 처리구에 따라 다소 증감하였으나 유의적인 차이는 없었으며, 갈변색소와 산패도는 저장기간의 경과로 점차 증가되었는데 ethylene oxide 처리구는 감마선 조사구보다 현저하게 나타났고 저장 상대습도에 따라서는 RH70%에 저장된 시료가 RH50%의 시료보다 이화학적 품질의 변화가 다소 심하였다.

문 헌

1. 홍 재식 : 식품공업, 53, 79 (1983)
2. 마 상조 : 한국식품과학지, 15, 150 (1983)
3. 前田幸子, 石村知子, 千原吳郎 : 蛋白質 核酸 酵素, 21, 425 (1976)
4. 산림청 통계자료(1984-1985)
5. Council on Radiation Applications (CRA):Info, September, 1 (1985)
6. Wetzel, K., Huebner, G. and Baer, M. : IAEA/FAO International Symposium of Food Irradiation Processing, Washington, D.C., U.S.A., 4-8 March, p.13 (1985)

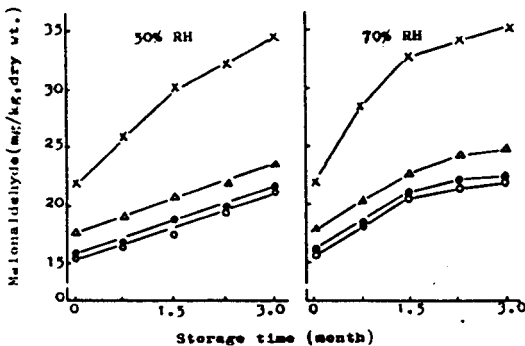


Fig. 2. Changes in TBA number of dried oak mushroom treated with ethylene oxide (E.O) and gamma radiation during storage at 25°C

7. 표명윤, 노일협 : 한국영양학회지, 8, 47(1975)
8. 강신주, 정선자 : 대한가정학회지, 7, 58(1979)
9. Yoshida, H., Sugahara, T. and Hayashi, J. : *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 29, 451 (1982)
10. Yoshida, H., Sugahara, T. and Hayashi, J. : *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 26, 356 (1979)
11. 남정원, 고영수 : 한국식품과학회지, 12, 6(1980)
12. Yoshida, H., Hayashi, J., Aoyagi, Y. and Sugahara, T. : *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 26, 29 (1979)
13. 전세열, 신현숙, 김옥찬 : 인간과학, 3, 179(1979)
14. 안장수, 이규찬 : 한국영양학회지, 15, 253 (1986)
15. Chen, C.C. and Wu, C.M. : *J. Food Sci.*, 49, 1208 (1984)
16. WHO: *Wholesomeness of Irradiated Food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee*, Vienna, **Technical Report Series**—659, 7 (1981)
17. IAEA: *Food Irradiation News Letter*, 9, 29 (1985)
18. 조한옥, 권중호, 변명우, 김영재, 양재승 : 한국식품과학회지, 18, 294 (1986)
19. Stokes, R.H. and Robinson, R.A. : *Ind. Eng. Chem.*, 41, 2013 (1943)
20. AOAC: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., *Association of Official Analytical Chemists*, Washington, D.C. (1980)
21. 小林, 田淵 : *日本農藝化學會誌*, 28, 171 (1954)
22. 최진호, 장진규, 박길동, 박명환, 오성기 : 한국식품과학회지, 13, 107 (1981)
23. Osborne, D.R. and Voogt, P. : *The Analysis of Nutrients in Foods*, Academic Press Inc., New York, p.166 (1981)
24. 변대석, 송재옥, 변재형 : 한국식품과학회지, 10, 387 (1978)
25. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C. : *Food Technol.*, 8, 326 (1954)
26. Wesley, F., Rourke, B. and Darbishire, O. : *J. Food Sci.*, 30, 1037 (1965)
27. Vajdi, M. and Pereira, R.R. : *J. Food Sci.*, 38, 893 (1973)
28. 정재기, 정태영, 나상우 : 한국영양학회지, 7, 12 (1974)
29. Kawai, H., Sugahara, T., Matsuzawa, M., Sumiyashiki, K., Aoyagi, Y. and Hosogai, Y.: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33, 250 (1980).
30. Jones, N.R.: *Nature*, 177, 748 (1956)
31. Schoebel, T., Tannenbaum, S.R. and Labuza, T.P.: *J. Food Sci.*, 37, 324 (1969)
32. Labuza, T.P., Cassil, S. and Sinskey, A.J.: *J. Food Sci.*, 37, 160 (1972)
33. Scott, W.J.: *Advances in Food Research* Mark, E.M. and Stewart, G.F., eds, Vol. 7, Academic Press Inc., Publishers Now York, N.Y., 83 (1957)

---

( 987년 3월 18일 접수 )