감마선 조사와 훈증 처리된 건조 표고버섯의 저장성 및 조리 적성

김영재* · 김종군* · 조한옥 · 변명우 · 권중호
*세종대학교 가정대학 한국에너지연구소 식품조사연구실

Storeability and Cooking Property of Dried Oak Mushroom Treated with Ethylene Oxide and Gamma Radiation

Young-Jae Kim*, Jong-Gun Kim*, Han-Ok Cho,
Myung-Woo Byun and Joong-Ho Kwon
* Department of Home Economics, King Sejong University Seoul 133, Korea
Food Irradiation Division, Korea Advanced Energy
Research Institute, Seoul 131, Korea

ABSTRACT-Ethylene oxide (E.O) fumigation and gamma irradiation were applied to comparative researches on the microbiological, physical and cooking quality of dried oak mushroom stored at 25℃ and different relative humidities. The equivalent moisture contents of dried oak mushroom for the limiting growth of general molds and xerophilic mold at 25℃ were shown to be 17% and 27% respectively. Total aerobic bacteria, molds and coliforms were sterilized at 5 kGy irradiation but E.O. fumigation was proved insufficient to eliminate the molds. The hydration rate of dried oak mushroom increased according to the increase of irradiation dose and soaking temperatures, and an irradiation by 5 kGy could shorten the hydration time of the sample as compared to E.O. treatment and control group. Sensory evaluation for the irradiated cooked sample was not significantly different in flavour but the texture of the gamma irradiated sample was significantly better($p<0.01$) than that of E. O. fumigated sample.

Keywords □ Ethylene oxide, Gamma irradiation, Dried oak mushroom, Microbiological quality, Physical quality, Cooking quality, Hydration rate, Sensory evaluation, General molds, Xerophilic mold, Coliforms

국민 생활 수준의 향상과 식습관의 변천으로 자연 무공해 식품에 대한 관심도가 높아지고 있으며, 이러한 측면에서 표고버섯은 매년 그 생산량과 수요가 증가되고 있다[1,2]

표고버섯은 삼대미(三大味)의 하나로 알려진 강정식품으로서 양질의 단백질이 풍부하면서도 저칼로리 식품으로서 혈압을 조절하고 세포의 활성성분을 함유하고 있는 것으로 밝혀진 바 있으며, 독특한 맛과 향기의 주성분은 각각 GMP와 lenthionine으로 확인되고 있다[3]. 또한 표고버섯은 Vitamine D의 공급원일 뿐만 아니라 혈액내 cholesterol의 감소효과를 지닌 eritadenin과 항암작용을 하는 lentinan 등을 함유하는 것으로 보고된 바 있다[4].

현재 유통되고 있는 표고버섯은 일정한 방법에 의해 건조시킨 제품으로서 수확, 건조 및 보관 과정에서 비위생적인 관리나 흡수 등에 의한 미생물의 증식 및 저장 해충의 발생 등으로 품질이 크게 저하되며 저장상 많은 어려움을 안고 있다. 본 연구는 현재 표고버섯의 살균 살충을 위해 주로 이용

Received for publication 4 March; 1987
Reprint requests; Dr. H.O. Cho at the above address

되고 있는 화학 훈증제(ethylene oxide)의 많은 문제점[5,6]을 감안하여 새로운 대체방법의 개발을 위한 연구의 일환으로서 방사선조사 기술을 이용하고자 하였다. 방사선에 의한 식품저장은 이미 그 건전성과 경제적 타당성이 인정되어 세계 여러나라에서 실용화 되고 있고, 1986년 4월 미국 FDA에서는 건조 채소류의 살균, 살충 목적으로 30 kGy의 높은 선량조사를 허가한 바 있다[7]. 특히 건재 채소류의 살균, 살충을 위한 방사선의 이용은 제품의 재수화성을 증가시킨다는 보고도 있다[8,9]. 따라서 본문에서는 표고버섯의 품질 보존을 위한 재래적인 화학 훈증제 처리와 감마선 조사가 시료의 미생물 살균에 따른 저장성과 재수화성 그리고 조리시 관능적 특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료—본 실험에 사용된 건조 표고버섯은 1985년도 하절기산으로 모양과 크기가 비교적 균일한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

시료의 살균처리 및 저장—훈증제 처리는 국내에서 가장 많이 이용되는 ethylene oxide를 사용하였으며 gas의 혼합비는 ethylene: CO_2가 30% : 70%(W/W)의 비율로, 온도 50-55℃, 상대습도 30-50%, 0.6-1 kg/cm^2 G gas 압력과 1.77 kg/m^3 gas 밀도의 chamber내에서 8시간 살균처리하고 탈기하여 폴리프로필렌(P.P)으로 소포장하였다.

방사선조사는 polypropylene으로 소포장한 시료를 한국에너지연구소 내선원 1만 Ci의 ^{60}Co 감마선조사 시설을 이용하여 시간당 400 Gy의 선량율로 1, 3, 5 kGy를 조사시킨 후 무처리구 및 훈증제 처리구와 함께 25℃에서 Stokes 등[10]의 방법에 따라 상대습도를 조절한 chamber내에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

등온 흡습 곡선—Stokes 등[10]의 방법에 따라 상대습도를 10-90% 범위로 sodium hydroxide의 농도를 달리한 용액 500 m*l*를 각각 넣은 desiccator에 포장을 개봉한 시료를 넣고 25℃로 조절한 항온기에 보관하면서 평형수분에 도달하였을 때를 기준으로 등온 흡습 곡선을 나타내 보았다.

미생물 검사—일반 세균은 APHA Standard method[11]에 따라 plate count agar(Difco Lab.)를 사용하여 30℃에서 1-2일간 배양한 후 계수하였다. 곰팡이는 potato dextrose agar(Difco Lab.)를 사용하여 10% tartaric acid로 pH를 보정하였으며 30℃에서 2-3일간 배양한 후 계수하였다. 대장균군은 desoxycholate agar (Difco Lab.)를 사용한 plate method로 37℃에서 1-2일간 배양하여 적색의 집락을 계수하였다.

수화도—시료의 수화도 측정을 위해 크기와 모양이 균일한 버섯을 선별하여 20, 30, 50℃의 물에 침지시키는 동안 일정 시간별로 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 다음 수분 증가량을 측정하였다.

조리적성 및 식미성 검토—무처리구, ethylene oxide 처리구 및 감마선 조사구간의 조리작성과 식미성을 검토하기 위하여 상대습도 50%에서 저장한 시료를 저장 3개월째에 조리하였다. 표고버섯을 50℃의 물에 80분간 침지시킨 후 물기를 제거하고 밀가루를 묻힌 다음 계란을 씌워 튀김옷을 입힌 뒤 150℃의 기름에서 튀겼으며[12], 이 때 표고버섯 그 자체의 맛을 충분히 살리기 위하여 다른 부재료는 첨가하지 않았다.

조리된 무처리구, ethylene oxide 처리구, 감마선 조사구간의 전반적인 기호성을 평가하기 위하

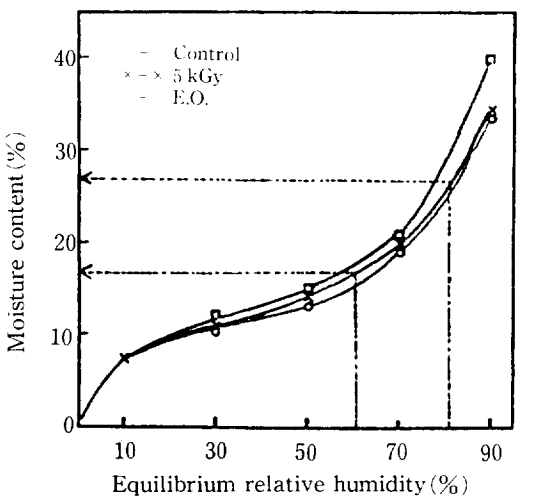

Fig.1. Sorption isotherm curve of dried oak mushroom treated with gamma radiation and ethylene oxide(E.O) under the conditions of 25°C and different relative humidities.

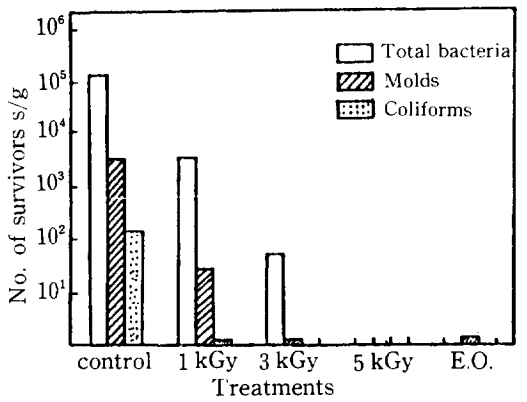

Fig.2. Comparative effect of gamma irradiation and ethylene oxide(E.O) on the microflora of dried oak mushroom.

여 한국에너지연구소 내 8 명의 남, 녀 관능 시험원을 선정하고 채점법(Scoring difference test)[13]으로 관능 검사를 실시하였다. 검사 결과는 분산분석에 의해 유의성을 검토하고 유의성이 인정되면 Duncan의 다범위 검정을 실시하여 시료간의 유의적인 차이를 조사하였다.

결과 및 고찰

등온 흡습 곡선—건조 식품을 저장하는 과정에서 가장 중요한 것은 식품 그 자체의 수분함량과 저장 온습도로서 Fig.1은 건조 표고버섯의 흡습성과 수분과의 결합 상태를 알아보기 위한 등온 흡습 곡선으로 전형적인 sigmoid 형태이며, 처리구간의 큰 차이는 보이지 않았으나 ethylene oxide 처리구에서는 상대습도가 높아질수록 흡습량이 증가하였다. 이는 훈증처리 후 시료 자체의 수분이 건조되어 있는 상태이므로 흡습성이 매우 높아진 것으로 생각된다.

일반 곰팡이의 생육한계 Aw는 0.80 즉, RH 80%이고, 일부 내건성 곰팡이의 생육한계 Aw는 0.64 즉, RH 64%인데 본 실험에서 사용한 건조 표고버섯의 이에 상응하는 평형수분함량은 25℃에서 17%, 27% 정도로 측정되었다. 따라서 건조 표고버섯의 수분함량을 17% 이하로 낮추면 곰팡이에 의한 부패는 어느 정도 억제할 수 있을 것으로 생각된다.

미생물 살균효과—건조 표고버섯의 미생물 오염은 Fig.2와 같이 전세균이 1.27×10^5/g, 곰팡이가 4.80×10^3/g이며 대장균군도 1.20×10^2/g이 검출되었는데, 감마선 조사 및 ethylene oxide 처리에 의한 살균효과는 3 kGy의 감마선 조사로서 전세균은 약 3 log cycles, 곰팡이는 2 log cycles 정도 격감되었고 대장균군은 완전 사멸되었다. 또한 5 kGy 조사로서는 미생물 검출한계 이하로 살균되었으며, 실온에서 3 개월 저장 후에도 이들의 생

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

Storage period (day)	Relative humidity (R.H.) 50 %				70 %				90 %			
	Cont.	1kGy[a]	5kGy	E.O.[b]	Cont.	1kGy	5kGy	E.O.	Cont.	1kGy	5kGy	E.O.
15	−[c]	−	−	−	−	−	−	−	+	−	−	+
20	−	−	−	−	−	−	−	−	++	−	−	++
25	−	−	−	−	+	−	−	−	+++	+	−	+++
30	−	−	−	−	++	+	−	+	DE	++	+	DE
40	−	−	−	−	+++[f]	++	−	++	DE	+++	++	DE
50	+[d]	−	−	−	DE[g]	+++	−	+++	DE	DE	+++	DE
60	++[e]	+	−	−	DE	DE	+	+	DE	DE	DE	DE

a The unit used to measure an absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
b Treatment conditions are given in the text
c Good appearance; d Slightly moldy
e Moderately moldy; f Extremely moldy
g Decayed

육은 거의 없었다. ethylene oxide 처리구는 곰팡이의 살균이 다소 불충분함을 알 수 있었다.

건조식품은 저장 온습도에 따라 수분함량이 증감할 수 있기 때문에 장기 안전 저장을 위해서는 저장 조건이 매우 중요한데 서울 지방의 연 평균 온도와 습도는 11℃, RH 70% 내외이고, 하절기인 6 월부터 9 월은 19-25℃, RH 73-89%로 남쪽으로 갈수록 온습도가 높아진다[14]. 따라서 건조 표고버섯의 저장초기 수분함량은 11% 내외로서 인위적으로 건조되어 미생물 생육에 적당하지 않았지만, 우리나라 기후 조건에서는 저장 과정에서 수분함량이 증가될 수 있어 미생물 특히 곰팡이류가 증식될 가능성이 크다. Table 1은 25℃에서 상대습도를 달리하여 저장하면서 곰팡이 발생 유무를 관찰한 것으로서, 먼저 하절기(우기)의 높은 상대습도를 감안한 RH 90%에 저장한 각 처리구들의 곰팡이 발생 상태를 살펴 보면 무처리구 및 ethylene oxide 처리구는 저장 15일, 1 kGy 조사구는 저장 25일, 5 kGy 는 저장 30일 경부터 곰팡이가 피기 시작하여 곰팡이 생육의 호조건으로 3-4 log cycles 정도 증식되어 무처리구와 ethylene oxide 처리구는 저장 30일 만에 완전히 부패하였고, 5 kGy 조사구는 저장 50일 경에 부패하여 가장 높은 상대습도에 저장하더라도 무처리구나 ethylene oxide 처리구에 비해 2 배 이상의 저장성을 보였다. RH 70%에 저장한 무처리구 및

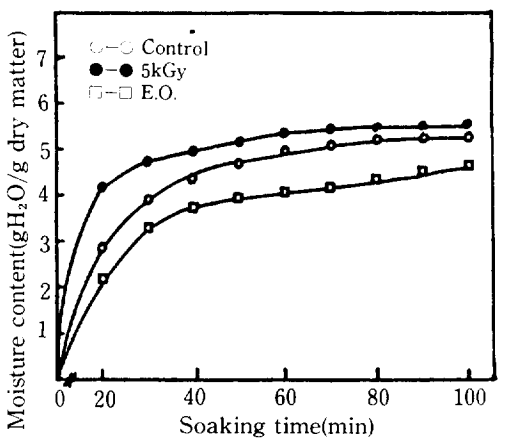

Fig.3. Water absorption of dried oak mushroom treated with gamma radiation and ethylene oxide (E.O) during hydration at 50℃.

Table 2. Moisture content of dried oak mushroom treated with gamma radiation and ethylene oxide (E.O) during 80 minutes of soaking[a].

Soaking temperature(℃)	Moisture content (g H_2O/g, dry matter)			
	Control	1kGy[b]	5kGy	E.O.[c]
20	4.423	4.507	4.788	3.758
30	4.446	4.859	4.891	3.843
50	5.345	5.357	5.455	4.305

[a]Each value is the mean of triplicate experiments
[b]The unit used to measure an absorbed dose of radiation and 1 kGy is equivalent to 100 krad
[c]Treatment conditions are given in the text

ethylene oxide 처리구는 저장 25일과 30일 경부터 곰팡이의 발생(10^2-10^5/g)을 보여 저장 60일 경에는 완전 부패하였으나 5 kGy 조사구는 저장 60일 경에 약간의 곰팡이가 피었다(10이하/g). 또한 RH 50%와 실온에서 저장한 무처리구는 저장 50일 경부터 곰팡이가 발생되었으며(10^4/g 정도), 5 kGy 조사구와 ethylene oxide 처리구에서는 저장 말기 까지도 곰팡이의 발생이 없었다. 한편 RH 30%와 RH 10%에서는 모든 처리구에서 곰팡이가 피지 않았다. 따라서 건조 표고버섯을 방습 포장재료로 포장한 후 적정선량으로 간주되는 5 kGy 내외의 선량조사로서 오염미생물의 완전살균으로 안전하게 장기 저장이 가능할 것으로 사료된다.

수화도비고—살균처리 후 25℃, 상대습도 50%에서 15일간 저장된 각 시료의 침지온도별 수화양상을 조사해 본 결과는 Fig.3 그리고 Table 2와 같다. 수침온도 20℃에서의 무처리구와 살균처리구간의 수분 흡수량을 보면 상당히 완만한 흡수양상을 나타내었으나, 모든 처리구에서 충분한 수화가 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 그러나 수침온도 50℃에서는 수분의 흡수량이 수침 초기부터 빨라 침지 후 40분 경에는 흡수양상이 매우 완만하게 나타났고 처리구간에도 뚜렷한 차이가 확인되었다. 한편 각 온도와 처리구별 수화도를 침지 80분 후에 비교해 본 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 모든 처리구에서 침지온도가 높을 수록 수분의 흡수량이 많았으며, ethylene oxide 처리구는

Table 3. The results of sensory evaluation for the flavor and texture of cooked oak mushroom treated with ethylene oxide (E.O) and gamma radiation by scoring test[a]

Items	Treatments		
	Control	5 kGy	E. O.
Flavor	3. 87	2. 88	3. 38
Texture*	4. 75	3. 75	4. 88

[a]Sample was cooked after three months of storage at RH 50%
*, F-value ($p<0.01$)
—, Duncan's multiple range test ($p<0.01$)

대조시료보다도 수화도가 낮은 데 반해 방사선 조사구는 조사선량이 증가할 수록 수분의 흡수량이 많음을 알 수 있고 5 kGy 주사구는 ethylene oxide 처리구에 비해 50℃에서 20% 이상 증가를 보였다. 이와 같은 결과는 Schroeder[8], Kiss 등[9]의 보고에서와 같이 건조 채소류에 적정선량의 방사선을 조사할 경우 조리시 재수화에 필요한 시간을 단축시킬 수 있다는 내용과 유사한 결과로서 이는 감마선조사의 물리적 작용으로 시료의 세포조직에 영향을 미쳐 수분의 흡수를 용이하게 한 것으로 생각된다. 그러나 ethylene oxide 처리구에서 수분의 흡수 속도가 타 처리구에 비해 늦은 것은 훈증처리시 온습도의 조절과 반복된 탈기조작 등으로 시료의 조직이 다소 견고해진 것이 그 원인일 것으로 본다.

조리적성 및 식미성 검토—건조 표고버섯에 감마선조사와 ethylene oxide 처리로 조리시 풍미(flavor)와 조직감(texture)에는 어떠한 영향을 미치는지 검토해 보기 위하여 저장 3 개월째에 상대습도 50%에 저장된 무처리구, 5 kGy 조사구, ethylene oxide 처리구를 대상으로 채점법으로 전반적인 기호성을 평가한 결과는 Table 3과 같다. 시료의 풍미에 있어서는 감마선조사구, ethylene oxide 처리구, 무처리구의 순으로 선호도를 보였으나 분산분석한 결과 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 조직감에 대한 선호도는 감마선조사구, 무처리구, ethylene oxide 처리구의 순으로 나타났으며, 분산분석 결과 1% 수준에서 유의적인 차이가 인정되어 각 시료의 처리구별 유의차를 검정하기 위하여 Duncan의 다범위 검정을 실시한 결과 5 kGy 조사구가 ethylene oxide 처리구와 유의적인 기호도의 차이($p<0.01$)를 보여 조직감에 있어서 감마선조사구의 기호성이 높음을 알 수 있었다. 표고버섯의 조직에 대한 관능적 평가에서 ethylene oxide 처리구 및 무처리구가 감마선조사구에 비해 기호성이 낮은 것은 전술한 수화양상 실험의 결과와 상호 관련되며, 건조 야채류의 감마선조사는 식미성(특히 조직감)을 향상시킬 수 있다는 보고[15]와 일치한다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 표고버섯의 품질 보존을 위한 살균, 살충 선량의 감마선 조사는 건조 표고버섯의 조리가공에 있어서 수침시간의 단축으로 건조버섯의 오랜 수침에 따른 버섯 특유의 향기와 유리아미노산을 비롯한 영양분의 손실을 줄일 수 있고 식미성을 향상시킬 수 있었다.

국문 요약

건조 표고버섯의 위생적이고 안전한 품질 보존법 개발을 위하여 현행 방법인 ethylene oxide 훈증처리와 감마선조사가 저장 상대습도에 따른 시료의 미생물 및 조리시 재수화성과 관능적 특성에 미치는 영향을 비교 검토하였다. 일반 곰팡이의 생육한계 수분 활성도인 0. 80과 내건성 곰팡이의 생육한계 최저 수분활성도인 0. 64에 해당하는 건조 표고버섯의 평형 수분함량은 25℃에서 17%, 27%였다. 건조 표고버섯의 미생물 오염은 전세균이 1.27×10^5/g, 곰팡이가 4.80×10^3/g 이며, 대장균군은 1.20×10^2/g이 검출되었는데 3 kGy의 감마선조사로서 2-3 log cycles 정도 격감되었고, 대장균은 완전 살균되었으며, 5 kGy 조사로서는 미생물 검출 한계 이하로 살균되어 실온에서 3 개월 저장 후에도 이들의 생육은 거의 없었는데 반해 ethylene oxide 처리구는 곰팡이의 살균이 다소 불충분하였다. ethylene oxide 처리와 감마선조사된 건조 표고버섯의 수화도는 각 시험구 모두 침지온도와 조사선량이 높을수록 흡수속도가 빨랐으며, ethylene oxide 처리구가 충분한 수화에 도달하기 위해서는

조사구에 비해 더 많은 시간이 필요하였다. 또한 조리적성 검토를 위한 관능 실험 결과에서 시료의 풍미는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 조직감에서는 감마선조사구가 타 처리구에 비해 우수함을 보였다.

참고문헌

1. 임정한 : 한국산 균류 총 목록, 22(1968).
2. 산림청 통계자료, (1984-1985).
3. 조덕봉, 김동필, 최춘순 : 표고버섯의 열풍 건조 속도론에 관한 연구, 한국영양식량학회지, **10**, **53**(1981).
4. 홍재식 : 버섯의 영양가 및 약효, 식품공업, 53, 79(1980).
5. Department of Health and Human Services: FDA 21 CFR Ch. I., Federal Register, 46, 18992, March 27(1981).
6. Wetzel, K., Huebner, G. and Baer, M.: International Symposium on Food Irradiation Processing, Washington, D.C., U.S.A. 4-8 March 1985, IAEA-SM-271/16(1985).
7. 원자력산업신문(일본) : 제 1337호, 1986년 5 월 29일자.
8. Schroeder, C.W.: Dehydrating Vegetables, U. S. Patent, 3, 025, 171(1962).
9. Kiss, I., *et al.* : Effects of Irradiation on the technological and hygienic qualities of several food products, Improve Food Qual. Irradiat. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1974.
10. Stoke, R.H. Robinson, R.A.: Standard solutions for humidity control at 25℃, *Ind. Eng. Chem.*, **41**, 2013(1943).
11. America Public Health Association, Standard method for the examination of dairy products, 14th ed., New York(1978).
12. 윤서석 : 한국음식, 수학사, p.322(1977).
13. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상 : 식품공업 품질관리론, 유림문화사, 10(1982).
14. 이정혜, 최언호, 김형수, 이서래 : 고추가루의 저장성과 방사선 처리효과, 한국식품과학회지, **9**, 199(1977).
15. Josephson, E.S. and Peterson, M.S.: Preservation of Food by Ianizing Radiation, Vol.1 p.66, CRC press, Inc, Florida(1982).