

버섯의 장내 유산균 증식 효과

한명주 · 배은아 · 이영경 · 김동현*

경희대학교 식품영양학과, *경희대학교 약학과

Effect of Mushrooms on the Growth of Intestinal Lactic Acid Bacteria

M. J. Han, E.-A. Bae, Y.-K. Rhee and D.-H. Kim*

Department of Foods and Nutrition, and *College of Pharmacy, Kyung-Hee University

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of mushrooms on the growth of intestinal lactic acid bacteria. *Bifidobacterium breve* and the total intestinal flora of human and rats were inoculated in the general anaerobic medium which contained each mushroom water extract. Except *Pleurotus ostreatus* and *Flammulina velutipes*, the mushroom extracts induced the growth of lactic acid bacteria by decreasing pH of the broth. The pH decreasing effect was excellent especially with *Lentinus edodes*, *Agaricus bisporus* and *Coriorus versicolor*. This effect was due to the increase in the number of *Bifidobacterium* in the intestinal bacteria. This growth of lactic acid bacteria effectively inhibited the bacterial enzymes, β -glucosidase, β -glucuronidase and tryptophanase, of intestinal bacteria.

Key words: bifidogenic factor, intestinal bacteria, mushrooms, lactic acid bacteria

서 론

사람의 건강에 일생동안 영향을 미치는 것 중의 하나가 장내 세균이며, 사람의 장내에는 약 100종류, 100조 이상의 세균이 서식하고 있다⁽¹⁾. 사람의 장내에 서식하는 장내 세균은 사람의 건강을 지켜주는 유용균과 나쁜 영향을 주는 유해균이 있으며 이들 양자의 균형에 의하여 건강 상태가 조절되고 있다. 유용균의 대표적인 것이 비피도박테리움과 락토바실러스이며 이들 중에서도 비피더스균은 사람의 건강에 대단히 중요한 역할을 한다. 반대로, 유해균의 대표적인 균은 대장균, 식중독균, 포도상구균이며 이들은 장내의 부패를 촉진하여 노화가 빨리 일어나게 하고 발암물질을 생산한다^(2,3).

이러한 장내 세균은 섭취하는 음식물, 생활환경, 스트레스에 의해 영향을 받으며 질병의 발생과는 밀접한 관계가 있다. 예를 들면, 육류를 많이 섭취하는 서양인들은 채소류를 많이 섭취하는 동양인들보다 대장암 발생이 높다. 그러나 서양인 중에서도 핀란드인의 경우는 육류의 섭취가 많은 데도 대장암의 발생이 현

저히 낮았으며 그 이유는 요구르트의 섭취때문이라고 보고하고 있다. 즉, 육류의 섭취가 많으면 육류중의 지방 또는 단백질이 장내세균의 β -glucuronidase나 tryptophanase 등을 유도시키는 반면에 유산균은 이들 효소의 생산성을 억제하는 것으로 보고되고 있다^(6,7).

이와 같이 장내의 환경에 의해 변화되기 쉬운 장내 우세균인 비피더스 균주를 장내 우세균 상태로 계속 유지시켜 준다면 비피더스균은 장내에서 유산 및 초산을 생성하여 장내의 pH를 산성으로 유지시키고 부패성 세균의 증식을 억제하는 역할을 할 것이다. 이러한 장내의 환경은 신체를 유해 세균의 작용으로부터 방어할 수 있다^(8,9).

장내의 세균총을 비피더스 우세균으로 유지시켜 주기 위하여 두 가지 방법이 시도되고 있다. 첫째는 비피더스균을 경구적으로 섭취하는 방법이다. 이 방법은 장내의 비피더스균이 숙주 고유의 특이성을 나타냄으로써 경구적으로 섭취한 비피더스균은 대장 내에서 정착하지 못하고 배설되는 것이 단점으로 나타났다. 둘째는 비피더스균에게 선택적으로 이용되는 물질 즉 비피더스 인자를 경구적으로 섭취하는 방법이다. 이 방법은 우리가 음식물을 통해서 비피더스 인자를 섭취한다면 어렵지 않게 유산균을 증식시킬 수 있을 것이다⁽¹⁰⁾.

Corresponding author: M.J. Han, Department of Foods and Nutrition, Kyung-Hee University, #1 Hoegi-dong, Dong-daemun-ku, Seoul 130-701, Korea

따라서 본 연구에서는 옛부터 우리나라에서 상용되어 오고 있는 버섯에 대하여 사람의 장내 유산균 및 상용 유산균의 증식 효과 및 모델동물에서 *in vivo* 실험을 하기 위해 흰쥐의 장내 유산균의 증식 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

표고버섯, 영지버섯, 능이버섯, 운지버섯, 목이버섯, 석이버섯, 팽이버섯, 느타리버섯, 양송이버섯등은 경동시장에서 구입하여 사용하였으며, GAM, GAM (-glucose), BL배지는 日水製藥(株)(일본)에서 구입하여 사용하였으며, PYF배지는 Mitsuoka법⁽¹⁾에 따라 조제하였으며, lactulose, p-nitrophenyl β -D-glucopyranoside, p-nitrophenyl β -D-glucuronide, tryptophan, p-dimethylphenylaldehyde, pyridoxal 5-phosphate 등은 Sigma사(미국)에서 구입하여 사용하였다. 기타 배지는 Difco사(미국)에서 구입하여 사용하였다.

버섯 시료의 추출

잘말린 버섯 150 g에 증류수 1 l를 가하여 80°C 수욕상에서 8시간 동안 추출한 후 여과하고, 다시 잔사에 증류수 0.5 l를 가하여 4시간 동안 추출한 후 여과하여 얻은 수층을 앞에서 얻은 물추출물과 합했다(0.9 l). 이 물추출액을 유산균 증식효과를 측정하기 위한 재료로 사용하였다.

유산균 증식효과 측정

Peptone yeast extract Fildes solution broth (PYF), general anaerobic medium (GAM), GAM minus glucose (GAM(-glu))배지 10 ml에 버섯 추출물을 0.5% 또는 1% 가하여, 또는 당류 (D-glucose, D-fructose, D-galactose, D-mannose, D-rhamnose, L-sorbose, D-lactose, D-lactulose, D-sucrose, D-maltose, D-trehalose, D-melibiose, D-melezitose, D-raffinose, D-glucosamine)를 각각 0.25%, 0.5%씩 가하여 멸균한 후 사람 또는 흰쥐의 장내 세균총 또는 *Bifidobacterium breve* JCM 1192를 이식하고, 37°C에서 12 또는 20시간 배양한 후에 pH 및 효소활성(β -glucosidase, β -glucuronidase 및 tryptophanase)을 측정하였다. 대조물질로서는 lactulose를 사용하였다. 한편, 버섯 또는 당류 함유 GAM배지에서 배양한 후, 유산균수를 측정하기 위하여 일정량(10^5 , 10^6 , 10^7 배 희석한 0.2 ml)을 취하여 BL한천배지에 이식하고 혐기적 조건에서 3일간 배양

한 후 유산균 수를 계산하였다.

효소활성 측정⁽¹¹⁻¹³⁾

β -Glucosidase 효소활성은 0.1 M phosphate buffer 0.3 ml에 2 mM p-nitrophenyl β -D-glucopyranoside 0.2 ml, 효소액 0.1 ml를 가하여 37°C에서 15분간 반응시킨 후 0.5 N NaOH 0.4 ml를 가해 반응을 종료시키고 증류수 1 ml를 가하여 원심분리(2000×g, 20 min)한 후 상정액으로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

β -Glucuronidase 효소활성 측정에는 0.1 M phosphate buffer 0.38 ml에 10 mM p-nitrophenyl β -D-glucuronide 0.02 ml, 효소액 0.1 ml를 가하여 37°C에서 한 시간 반응시키고 0.5 N NaOH 0.5 ml를 가해 반응을 종료시키고 증류수 1 ml를 가하여 원심분리(2000×g, 20 min)한 후 상정액으로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Tryptophanase 효소활성은 complete reaction mixture (0.1 M bicine (pH 8.0), 4% pyridoxal 5-phosphate, 20% bovine serum albumin) 0.2 ml, 0.02 M tryptophan 0.2 ml 및 효소액 0.1 ml를 가하여 37°C에서 30분 반응시키고 color reagent (p-dimethylaminobezaldehyde 14.7 g, 95% ethanol 948 ml, C-H₂SO₄ 52 ml) 2 ml를 가하여 반응을 종료시킨 후 원심분리(2000×g, 10 min)하고 상정액으로 550 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

당류의 유산균 증식 효과

사람의 장내 세균총을 starter로 이용하여 천연식품에 존재하는 당류들에 대하여 유산균 증식효과를 측정된 결과를 Table 1에 나타냈다. 당을 많이 첨가할수록 pH 저하 효과가 현저했으며, 0.5% 농도에서 유산균 증식 효과가 가장 큰 것으로 나타난 당은 PYF 배지에서 glucose (131%)였고 그 다음이 lactulose (127%), sucrose (127%), fructose (126%), mannose (123%), raffinose (121%), lactose (120%), trehalose (118%) 순이었다. GAM (-glucose)배지에서는 sucrose (118%), trehalose (115%), lactulose (115%), glucose (115%) 순이었다. GAM배지에서는 sucrose (121%), trehalose (119%), mannose (117%), fructose (116%), melezitose (116%), lactulose (115%), raffinose (115%) 순이었다. 사용한 배지를 비교한 결과 GAM 배지를 사용했을 때 전반적으로 GAM (-glucose) 및 PYF 배지를 사용했을 때보다 pH 저하 효과가 우수했다. 이러한 결과는 PYF배지에 비해서 GAM배지에는 glu-

Table 1. Effect of sugars on the final pH of several media

	PH ¹⁾					
	PYF		GAM (-glu)		GAM	
	0.25%	0.5%	0.25%	0.5%	0.25%	0.5%
Control	6.65		6.35		5.95	
Monosaccharides						
Glucose	6.55	4.70	5.95	5.40	5.48	5.23
Fructose	6.43	5.05	5.90	5.50	5.68	5.00
Galactose	6.38	5.78	6.00	5.60	5.43	5.48
Rhamnose	6.35	5.90	6.00	5.80	5.73	5.65
Sorbose	6.43	5.98	6.25	6.15	5.70	5.70
Mannose	6.73	5.28	6.00	5.45	5.45	4.93
Disaccharides						
Lactose	6.38	5.33	5.90	5.50	5.28	5.30
Sucrose	6.23	4.85	5.90	5.20	5.38	4.68
Lactulose	5.80	4.85	5.85	5.40	5.33	5.05
Melibiose	6.08	5.80	5.90	5.50	5.33	5.23
Maltose	6.18	5.43	5.95	5.60	5.35	5.08
Others						
Melezitose	6.08	5.65	5.90	5.40	5.20	4.98
Raffinose	6.05	5.30	5.90	5.50	5.20	5.03
Glucosamine	6.25	5.75	6.10	5.90	5.40	5.13

¹⁾pH of several medium was mesured 20 h after inoculating human intestinal flora

cose가 함유되어 있기 때문으로 생각된다. GAM배지를 사용했을 때, 대부분의 당이 pH를 현저하게 저하시켰기 때문에 유산균 증식 효과를 측정하기가 어려워 본 실험에서는 유산균 증식 효과를 보다 효과적으로 알 수 있는 GAM (-glucose) 배지를 사용하였다.

이러한 배지의 pH 저하 효과는 이미 보고한 한 등의 결과¹⁴⁾와 아주 유사한 것으로 미루어 보아 유산균이 증식하여 유기산이 생성되었기 때문이라고 생각된다. 여기에서 단당류는 유산균 증식 효과가 있다 하더라도 맹장 또는 대장으로 이행되기 전에 흡수되기 때문에 장내의 유산균 증식 효과를 기대하기에는 미흡하다. 그러므로, 유산균 증식효과를 나타낼 수 있는 당류는 대부분의 경우 우리의 장내에서 직접 흡수되지 않는 당류이다¹⁵⁾. 실험한 당류 중에서 유산균 증식 효과가 있을 것으로 기대되는 것은 lactulose, maltose, raffinose이다. 그러나, maltose는 효과가 없을 것으로 생각된다. 그 이유는 소화관의 α-glucosidase에 의해 소화되어 glucose를 생성하기 때문이다. 아울러, 이러한 당류들을 함유한 천연식품은 유산균 증식 효과가 있을 것으로 생각된다.

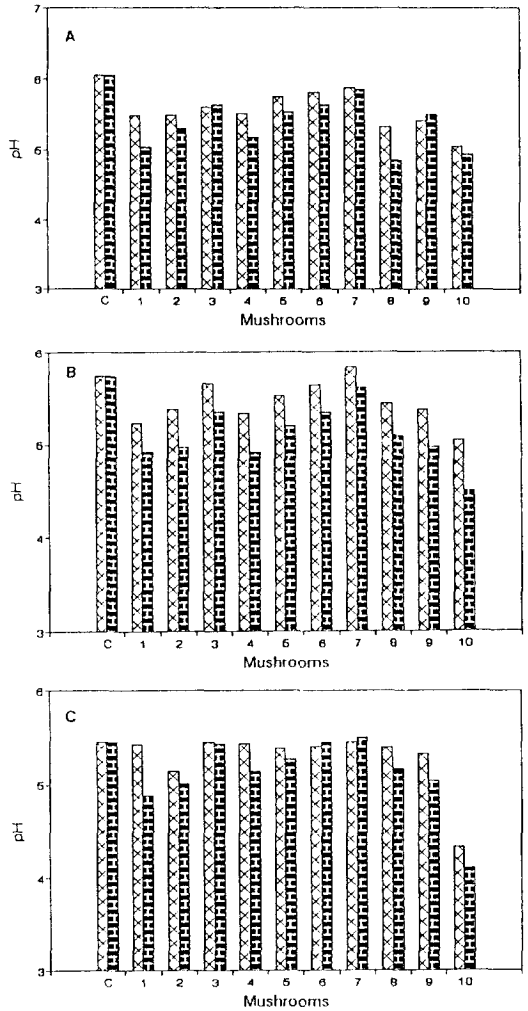


Fig. 1. The pH change of the medium culturing *B. breve* (A) and intestinal microflora of human (B) and rats (C) in GAM (-glu) containing the mushroom extract: 1. *L. edodes*; 2. *G. lucidum*; 3. *S. asparatus*; 4. *C. versicolor*; 5. *A. auricular*; 6. *G. esculenta*; 7. *F. velutipes*; 8. *P. ostreatus*; 9. *A. bisporus* var. *albidus*; 10. *lactulose* ▨, cultured in 0.5% mushroom extract containing medium; ▩, cultured in 1% mushroom extract containing medium; Each experiment was duplicate

버섯이 유산균의 증식에 미치는 효과

많은 당류가 장내 유산균 증식에 의한 배지의 pH 저하 효과를 나타냈기 때문에 상용하고 있는 식용버섯에 대하여 배지의 pH 저하 효과가 우수한지를 조사하였다(Fig. 1).

장내 분리균주인 *B. breve* 균주에 대한 pH 저하 효과는 표고버섯과 느타리버섯이 5 이하로 우수했다. 사람의 장내 세균총을 이용하여 배지의 pH 저하 효과를

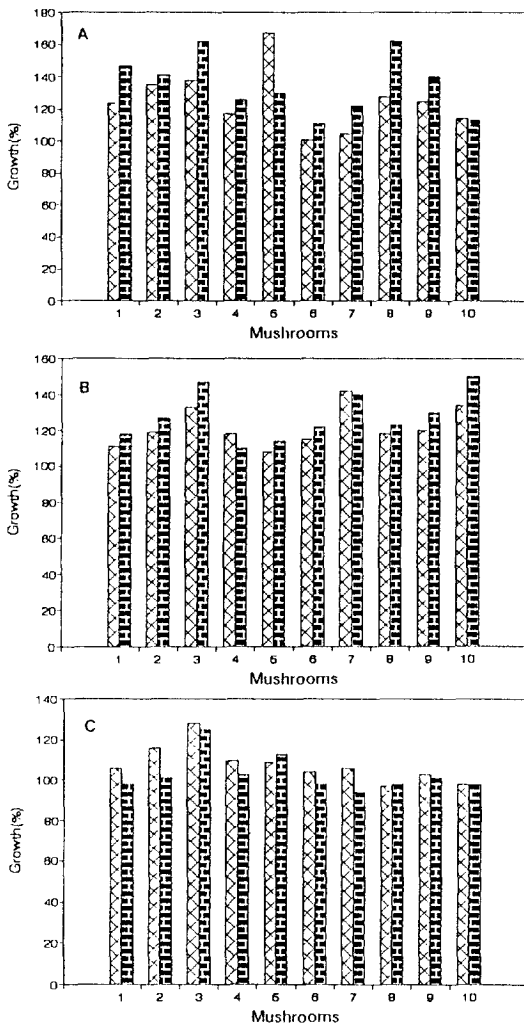


Fig. 2. Effect of mushroom extracts on the growth of *B. breve* (A) and intestinal microflora of human (B) and rats (C): 1. *L. edodes*; 2. *G. lucidum*; 3. *S. asparatus*; 4. *C. versicolor*; 5. *A. auricular*; 6. *G. esculenta*; 7. *F. velutipes*; 8. *P. ostreatus*; 9. *A. bisporus* var. *albidus*; 10. *lactulose* ▨, cultured in 0.5% mushroom extract containing medium; ▩, cultured in 1% mushroom extract containing medium; Each experiment was duplicate

측정한 결과는 영지버섯, 운지버섯, 양송이버섯 등이 우수했다. 흰쥐의 장내 균총을 이용한 경우는 표고버섯, 영지버섯 등이 우수했으며 그외의 버섯 등은 효과가 있었으나 아주 약했다.

이러한 배지의 pH 저하 효과가 유산균 증식 효과와 상관성이 있는지를 알아보기 위해 장내분리 유산균인 *B. breve* 균주를 이용하여 유산균 증식 효과를 측정하였으며, 아울러 장내 유산균총을 이식한 경우에 유산

Table 2. Effect of mushroom extracts on the growth of *Bifidobacteria*

Mushrooms ¹⁾	pH	No. of total bacteria ($\times 10^8$ /ml)	No. of <i>Bifidobacteria</i> ($\times 10^8$ /ml)
Control	6.2	16.8	2.4
<i>Ganoderma lucidum</i>	4.6	20.6	7.1
<i>Coriolus versicolor</i>	4.9	22.5	8.7
<i>Lentinus edodes</i>	4.5	22.3	8.3
<i>Pleurotus ostreatus</i>	5.2	36.8	8.0
<i>Agaricus bisporus</i>	4.9	24.5	7.2

¹⁾Final concentration, 1%

균의 성장에 미치는 효과를 측정하였다 (Fig. 2)

*B. breve*에 대한 증식 효과는 석이버섯과 팽이버섯은 효과가 거의 없었으나, 그외의 버섯은 1.2-1.7배의 유산균 증식 효과를 나타냈다. 이러한 유산균의 증식 효과를 전체 장내 세균총을 배양하는 경우에 미치는 효과를 측정한 결과 1.1-1.3배의 균의 성장 효과를 나타냈으나, 흰쥐의 장내 세균총의 성장에는 영향을 미치지 못했다. 그래서 사람의 장내 세균총을 이용하여 배지의 pH 저하 효과가 가장 우수했던 버섯들에 대하여 장내 균총 중의 유산균 수를 측정된 결과를 Table 2에 나타냈다. 운지버섯, 표고버섯, 양송이버섯은 유산균 수를 대조군의 3배 이상 증식시켰다. 그러나, 전체 균수에는 큰 변화를 주지 못했다. 이러한 점을 감안한다면 표고버섯, 운지버섯, 양송이버섯은 장내 유산균만을 선택적으로 증식시켰다고 생각된다. 여기에 나타내지는 않았지만 각각의 버섯추출물을 ether, ethylacetate, butanol 등의 유기용매로 추출한 분획과 그 잔사에 대하여 유산균 증식 효과를 측정된 결과 ether 및 ethylacetate 분획에서는 효과가 없었으나 butanol 및 그 잔사에는 유산균 증식 효과가 우수하였다. 즉, 버섯의 성분 중 극성성분인 다당류와 같은 성분이 유산균 증식 효과를 나타내고 있는 것으로 생각된다.

이러한 결과는 버섯을 먹을 경우 선택적으로 장내 유산균을 증식시킬 수 있으며, 그 외에도 장내 총균수를 약간 증식시켜 통변효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

버섯이 장내세균의 효소활성에 미치는 효과

버섯의 유산균 증식이 장내 균총의 효소 활성에 미치는 효과를 측정하였다(Fig. 3). 먼저 *B. breve* 단독으로 버섯 함유배지에서 배양하면서 유산균이 갖고있는 β -glucosidase 효소 활성을 측정된 결과, 표고버섯, 영지버섯, 운지버섯, 느타리버섯 등이 β -glucosidase 효소 활성을 가장 강하게 저하시켰으며, 팽이버섯 등은

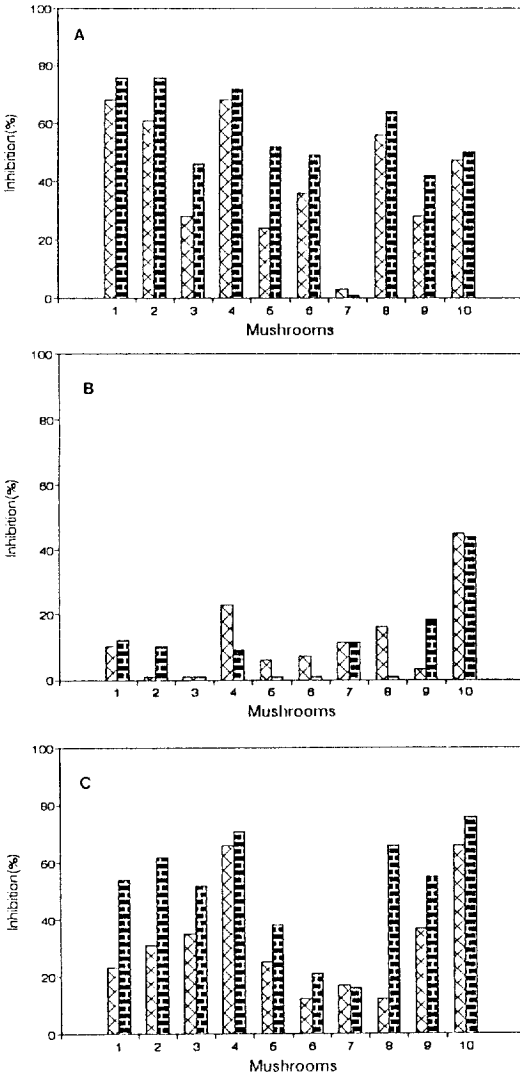


Fig. 3. Effect on mushroom extracts on the β -glucosidase productivity of *B. breve* (A) and intestinal microflora of human (B) and rats (C): 1. *L. edodes*; 2. *G. lucidum*; 3. *S. asparatus*; 4. *C. versicolor*; 5. *A. auricular*; 6. *G. esculenta*; 7. *F. velutipes*; 8. *P. ostreatus*; 9. *A. bisporus* var. *albidus*; 10. *lactulose* ▨, cultured in 0.5% mushroom extract containing medium; ▩, cultured in 1% mushroom extract containing medium; Each experiment was duplicate

거의 효과가 없었다. 이러한 효과는 버섯이 유산균의 성장을 억제한 결과가 아니라 유산균이 증가했음에도 불구하고 저해가 된 것으로 보아 이미 김 등⁽¹²⁾이 보고한 장내 pH가 장내효소를 조절할 수 있다는 것과 일치되는 결과라고 생각된다. 사람의 장내 균총을 버섯 함유 배지에 이식한 경우에는 거의 효과가 없었다. 그

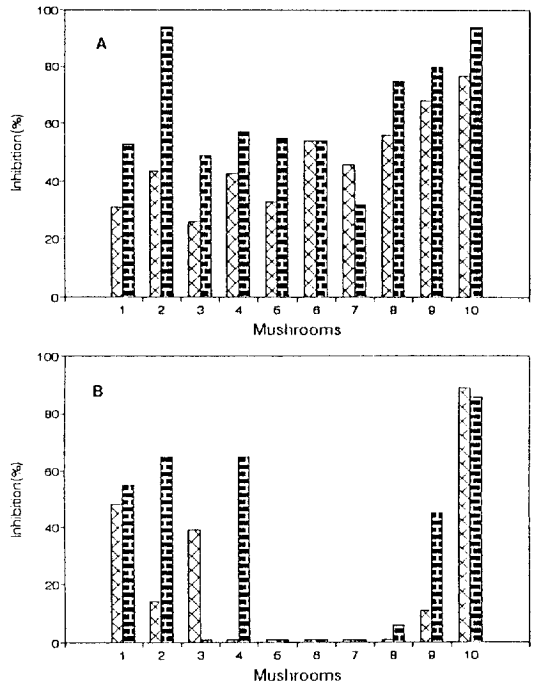


Fig. 4. Effect of mushroom extracts on the β -glucuronidase productivity of intestinal microflora of human (A) and rats (B): 1. *L. edodes*; 2. *G. lucidum*; 3. *S. asparatus*; 4. *C. versicolor*; 5. *A. auricular*; 6. *G. esculenta*; 7. *F. velutipes*; 8. *P. ostreatus*; 9. *A. bisporus* var. *albidus*; 10. *lactulose* ▨, cultured in 0.5% mushroom extract containing medium; ▩, cultured in 1% mushroom extract containing medium; Each experiment was duplicate

러나 흰쥐의 장내 세균총의 효소 활성화에는 표고버섯, 영지버섯, 능이버섯, 운지버섯 등이 우수한 저해 효과를 나타냈다.

장내 효소중 대장암의 발생과 밀접한 상관관계를 가지고 있는 β -glucuronidase를 보면 사람의 장내 균의 효소는 거의 모든 버섯에서 우수한 저해 활성을 갖고 있으며, 흰쥐의 장내균총의 효소에는 표고버섯, 영지버섯, 운지버섯, 양송이버섯 등의 효과가 우수했다 (Fig 4).

이외에 방광암 등의 발암물질인 인들의 생성에 관여하는 tryptophanase 효소 활성을 측정된 결과 사람의 장내균총의 효소를 억제하는 것은 표고버섯, 영지버섯, 능이버섯, 목이버섯, 석이버섯, 팽이버섯, 양송이버섯 등 거의 모든 버섯에 저해 활성이 인정되었으며, 흰쥐의 장내 균총의 효소활성에는 사람의 장내 균총의 효소보다는 억제효과가 낮았으며 팽이버섯, 목이버섯 등을 제외하고 저해 활성이 인정되었다(Fig. 5).

버섯에 따라 차이는 있으나 대부분의 버섯이 장내

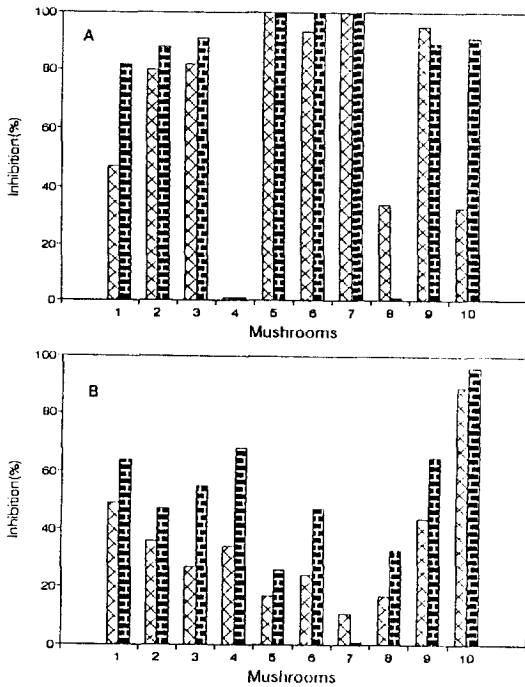


Fig. 5. Effect of mushroom extracts on the tryptophanase productivity of intestinal microflora of human (A) and rats (B): 1. *L. edodes*; 2. *G. lucidum*; 3. *S. asparatus*; 4. *C. versicolor*; 5. *A. auricular*; 6. *G. esculenta*; 7. *F. velutipes*; 8. *P. ostreatus*; 9. *A. bisporus* var. *albidus*; 10. lactulose ▨, cultured in 0.5% mushroom extract containing medium; ■, cultured in 1% mushroom extract containing medium; Each experiment was duplicate

미생물의 효소 중 대장암 등의 원인으로 생각되어지는 β -glucuronidase 및 tryptophanase 효소활성을 억제하였다는 사실로부터 버섯이 대장암 등의 예방식품으로서의 개발이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

버섯의 유산균 증식 효과를 측정한 결과 대부분의 버섯이 *B. breve*에 대한 증식 효과와 배양배지의 pH 저하 효과가 우수했으며 식용버섯 중에서는 표고버섯, 운지버섯, 영지버섯, 느타리버섯이 우수했다.

사람 및 흰쥐의 장내 세균을 버섯추출물 함유 배지에서 배양시 배지의 pH 저하 효과가 우수한 표고버섯, 운지버섯, 양송이버섯은 장내유산균을 선택적으로 증식시켰다.

B. breve 배양시 버섯추출물의 첨가는 균의 성장을

촉진하였으며 β -glucosidase의 효소 활성을 억제하였으며, 이는 배양배지의 pH 저하 효과와 비례하였다.

표고버섯, 영지버섯, 운지버섯은 사람 및 흰쥐의 장내 세균총 효소인 β -glucuronidase 및 tryptophanase 효소 활성을 억제하였으며 pH 저하 효과와 비례하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 연구비지원(961-0720-116-2)에 의해 이루어졌기에 이에 감사드립니다.

문 헌

- Mitsuoka, T.: *Intestinal Bacteriology*. Mitsuoka, T. (Ed.), Asakurashyoten, pp.33-149 (1990)
- 김동현 : 한방약물과 장내미생물. 신일상사, pp.145-163 (1993)
- 백영진 : 유산균과 건강. 한국식품영양학회지, **6**, 53 (1993)
- 강국희, 허경택 : 비피더스균과 올리고당. 유한문화사, pp.25-27 (1994)
- Hill, M.J., Drasar, B.S., Aries, V., Crowther, J., Hawkesworth, G. and Williams, R.E.O.: Bacteria and etiology of cancer of the large bowel. *Lancet* **1**, 95 (1971)
- Goldin, B. and Gorbach, L.: Alterations in faecal microflora enzymes related to diet, age, Lactobacillus supplements, and dimethylhydrazine. *Cancer*, **40**, 2421 (1977)
- Reddy, G.V., Friend, B.A. and Shahani, K.M.: Antitumor activity of yogurt components. *J. Food. Prot.*, **46**, 8 (1983)
- 김동현, 한명주 : 유산균에 의한 장내미생물효소의 저해. 약학회지, **39**, 169 (1995)
- Bogdanov, I.V., Velichkov, V.F. and Gurvich, A.L.: Antitumor action of glycopeptides from the wall of *Lactobacillus bulgaricus*. *Bull. Exptl. Biol. Med.*, **84**, 1750 (1979)
- Modler, H.W., McKellar, R. C. and Yaguchi, M.: Bifidobacteria and Bifidogenic Factors. *Can. Inst. Food. Sci. Technol. J.*, **23**, 29 (1990)
- Kim, D.-H., Kang, H.-J., Kim, S.-W. and Kobashi, K.: pH-Inducible β -glucosidase and β -glucuronidase of intestinal bacteria. *Biol. Pharm. Bull.*, **40**, 1667 (1992)
- Kim, D.-H., Kang, H.-J., Park, S.-H. and Kobashi, K.: Characterization of β -glucosidase and β -glucuronidase of alkalotolerant intestinal bacteria. *Biol. Pharm. Bulle.*, **17**, 423 (1994)
- Kinoshita, K. and Gelvojn, H.V.: β -Glucuronidase catalyzed hydrolysis of benze- α -pyrene-glucuronide and binding to DNA. *Science*, **199**, 307 (1978)
- 한명주, 임혜영, 김동현 : 장내유산균 증식인자의 신속한 검색. 한국식품위생학회지, **8**, (1993)