

Sodium Azide와 2-AF에 대한 마(*Dioscorea batatas* Decene)의 항변이원성

이임선 · 정세영* · 심창섭** · 구성자***

생명공학연구소, *경희대학교 약학과, **(주)김정문 알로에, ***경희대학교 식품영양학과

Antimutagenicity of Yam(*Dioscorea batatas* Decene) Toward Sodium Azide and 2-AF

Im-Seon Lee, Se-Young Chung*, Chang-Sub Shim** and Sung-Ja Koo***

Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology

** College of Pharmacy, Kyung Hee University*

*** Kim-Jung Mun Aloe Co., Ltd.*

**** Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University*

ABSTRACT

The objective of this study was to screen the antimutagenicity of yam enzymatic browning reaction product(YEBRP), mucopolysaccharide and dietary fiber from yam to the mutagen of sodium azide and 2-aminoflourene(2-AF).

Antimutagenicity of YEBRP on the mutagenicity of sodium azide showed no difference compared to control without YEBRP but that of 2-AF was high in all substrate.($P < 0.01$)

On the mutagenicity of sodium azide and 2-AF, antimutagenicity of mucopolysaccharide and dietary fiber were high ($p < 0.01$) in α -cellulose and hemicellulose. Antimutagenicity of α -cellulose on the mutagenicity of 2-AF was high at 5 hours reaction time but that was decreased as the reaction time increased.

Key words: Yam enzymatic browning reaction product(YEBP), Sodium azide, 2-aminoflourene (2-AF), Mucopolysaccharide, Dietary fiber, Antimutagenicity.

I. 서론

고령화 인구 비율이 높은 산업 사회에 살면서 예방 의학 분야에 대한 관심 고조, 식생활의 서구화,

외식의 증가, 영양의 불균형으로 건강에 대한 지대한 관심이 집중되고 있는 가운데, 건강식품으로서 수요가 증가하고 있는 것의 하나로 마(yam)를 들 수 있다.

마는 백색의 꽃을 6~7월에 피우는 마과(*Dioscoreaceae*) 마속(*Dioscorea*)에 속하는 다년생 초본의 덩이 뿌리로 찌거나 굽거나 생으로 갈아먹는 구황식품이기도 하였으며, 당뇨병, 폐결핵, 빈뇨증 및 신체가 허약할 때 한방약재로 많이 쓰이고 있다^{1,2)}. 마를 주식으로 하는 서부 아프리카는 끓이거나, 찌거나, 튀기거나, 생으로 갈아먹을 뿐 아니라, 빵, 비스킷, 과자 등의 각종 요리 재료로 사용하기도 하며, 일본에서는 tororo형태로 섭취되는 전분성 부식품의 하나로서 많이 이용되고 있으며, 미국 등지에서는 소화율이 높은 건강식품으로서 어린이와 병약자를 위한 제빵, 비스킷, 소오스, 스우프 등의 원료로 쓰이고 있다^{3,4)}. 우리 나라에서는 알칼리성 건강식품으로 갈아서 계란 노른자, 간장, 김과 함께 먹거나 우유에 타서 또는 전으로 부쳐먹고 있다.

건강식품으로 널리 이용되고 있는 마의 생리 기능 특성 연구로, 손 등⁵⁾에 의하면 마에는 steroidal saponin이 풍부하게 함유되어 있는데 이는 일종의 testosterone과 progesterone등의 성호르몬 유도체라고 보고했으며, 당뇨병 환자에게 마를 공급시 혈당을 현저히 감소시켰다는 김⁶⁾의 연구, 마 분말의 Trp-P-1에 대한 항변이원성⁷⁾과 2-AF(2-aminoflourene) 및 MNMG(n-methyl-n'-nitro-n-nitrosoguanidine)에 대한 마 식이 섭취의 항변이원성에 대한 보고⁸⁾가 되어 있을 뿐 마의 물성⁹⁻¹²⁾, pasting 및 dough에 관한 성질⁴⁾, 참마의 화학 성분조사¹³⁻¹⁵⁾, 마전분의 이화학적 분자구조¹⁶⁻¹⁸⁾, 마의 휘발성 성분^{19, 20)}, 마의 저장기간에 따른 성분변화²¹⁻²⁴⁾, 점질물의 정제⁹⁾, polyphenol oxidase의 특성²⁵⁾ 등이 주로 연구되었다.

한편 변이원성과 동물에서 발암성과의 상관관계가 83%일 뿐 아니라 동물실험에 비하여 저렴한 경비로 단시간에 다양한 측면에서 항변이원성을 탐색할 수 있는 Ames test²⁶⁾ 결과, 갈변물질²⁷⁻³²⁾, 점질물 및 식이 섬유^{33, 34)}는 항변이원성을 갖는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구는 마의 가식부위인 덩이 내부가 유백색의 끈끈한 점질물로 이루어져 있고 갈변이 용이하므로, 마의 생리활성 물질의 기능성을 밝힐 목적으로 항변이원성에 대한 검색을 하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

본 실험에 사용된 산마(*Dioscorea batatas* Decene; wild yam)와 재배마(*Dioscorea batatas* Decene; cultured yam)는 1994년 11월 경동시장에서 구입하여 수세한 후 껍질을 벗겨 사용하였다.

2. 시 약

Sodium dodecyl sulfate(SDS)는 Sigma사, phenol류는 Sigma와 Junsei사, ethanolamine과 sodium azide는 Junsei사로 부터 구입하였고 2-aminoflourene(2-AF)는 Sigma사로 부터 구입하였다. Bactor agar는 Difco사의 제품을 사용하였고 *Salmonella typhimurim* TA100은 대덕 연구단지내 생명공학연구소에서 분양받았으며 S9(Aroclor-1254 induced rat liver)는 화학연구소로 부터 제공받았다. S9 cofactor는 Wako사로 부터 구입하였고 기타 다른 시약은 특급 또는 일급으로 사용하였다.

3. 시료 조제

껍질을 제거한 산마와 재배마는 Katwa³⁵⁾ 등의 방법에 따라 polyphenol oxidase(PPO)를 부분 정제하였고, PPO에 catechol, hydroquinone, resorcinol, pyrogallol 등을 반응시킨 갈변물질은 大村³⁶⁾ 등의 방법에 의하여 조제하였다. 점질물과 식이 섬유는 佐藤利夫³⁷⁾와 Southgate³⁸⁾의 방법에 의하여 각각 분리 정제하였다.

4. 항변이원성

Salmonella typhimurim 변이균주의 histidine 요구성, rfa mutation, UvrB mutation, R-factor등 네 가지 유전형질을 확인한 후 Fig. 1과 같이 Ames test²⁶⁾로 용매를 달리한 마의 추출물, PPO에 기질인 phenol류를 반응시켜 얻은 갈변물질, 점질물 및 식이 섬유의 항변이원성을 검색하였다. 변이원으로 2-AF은 plate 당 10 μ g이 되도록 DMSO(dimethylsulfoxide)에 녹였고 sodium azide는 증류수에 녹여 plate 당 0.2 μ g으로 하였다. 항변이원성의 시

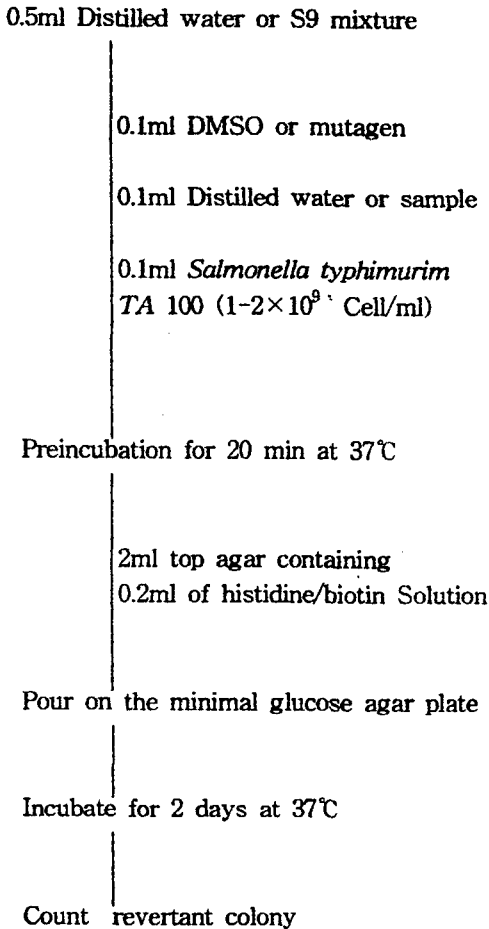


Fig. 1. Procedure for screening of antimutagenicity of yam on the mutagenicity.
DMSO : dimethylsulfoxide

료로서 마 갈변물질은 plate당 50 μ g으로 하였으며, 각 변이원 2ml에 점질물 및 식이 섬유를 각각 2mg과 40mg 넣어 37°C에서 120rpm으로 5시간 미리 흡착 반응시켜 40,000 rpm에서 원심 분리한 후 상정액을 점질물 및 식이 섬유의 시료로 하였다. 한 시료에 대하여 3개의 최소평판배지를 사용하여 얻은 평균값으로 다음과 같이 항변이원성을 나타냈으며 통계처리는 SAS를 이용하여 T test로 유의성을 검토하였다.

$$\text{Antimutagenicity(\%)} = \frac{a-c}{a-b} \times 100$$

- a: 변이원만 첨가했을 때의 복귀돌연변이균수(revertants)
b: *Salmonella typhimurium* TA 100의 자연복귀 돌연변이균수(spontaneous revertants)
c: 변이원과 마시료를 함께 첨가했을 때의 복귀 돌연변이균수(revertants)

III. 결과 및 고찰

1. 갈변물질의 항변이원성

마의 갈변효소를 기질로서 catechol(CA-Y), hydroquinon(HY-Y), resorcinol(RE-Y), pyrogallol(PY-Y)등에 반응시켜 얻은 갈변물질의 sodium azide, 2-AF에 대한 항변이원성은 Table 1과 같았다. Sodium azide의 변이원성에 대한 갈변 물질의 항변이원성은 유의성이 없었는데($P < 0.01$), 재배마의 CA-Y(41.0%)와 산마의 RE-Y(33.7%)가 비교적 높았고 산마의 CA-Y가 12.3%, 산마와 재배마의 HY-Y가 19.6%와 12.7%, PY-Y가 80%와 9.1%, 재배마의 RE-Y가 5.0%를 나타냈다. 복숭아 갈변효소에 반응시킨 caffeic acid, homocatechol, hydroquinon, pyrogallol 등이 직접 변이원인 4N-QO(4-nitroquinoline)와 MNMG(n-methyl-n'-nitro-n-nitrosoguanidine)에 대하여 20% 이하의 낮은 항변이원성을 보였던 반면, 간접변이원인 Trp-P-1 (3-amino-1,4-dimethyl-5H-pyrido-[4,3-b]-indole)에 대하여 70%의 항변이원성을 나타냈던 것으로 보아²⁷⁾ 갈변물질은 직접 보다 간접 변이원에 대하여 효과적인 것으로 사료되었다.

2-AF에 대한 모든 갈변물질의 항변이원성은 sodium azide에 대한 항변이원성 보다 높았을 뿐 아니라 유의적인 차이를 보였다($P < 0.01$). 2-AF의 변이원성에 대한 갈변물질의 항변이원성은 산마와 재배마의 CA-Y(54.4%, 69.4%), HY-Y(77.3%, 70.5%), 산마의 RE-Y(63.8%), 재배마의 PY-Y(69.4%)에 비하여, 재배마의 RE-Y(80.5%)와 산마의

Table 1. Antimutagenicity of YEBRP on the mutagenicity of sodium azide and 2-aminoflourene

YEBRP	Sodium azide		2-Aminoflourene	
	Wild	Cultured	Wild	Cultured
Control	1441 ± 54	1441 ± 54	1117 ± 94	1117 ± 94
CA-Y	1291 ± 140 (12.3)	944 ± 47 (41.0)	620 ± 35 (54.4)*	483 ± 43 (69.4)*
HY-Y	1203 ± 248 (19.6)	1286 ± 111 (12.7)	411 ± 26 (77.3)*	473 ± 32 (70.5)*
RE-Y	1032 ± 100 (33.7)	1380 ± 131 (5.0)	534 ± 45 (63.8)*	382 ± 17 (80.5)*
PY-Y	1344 ± 106 (8.0)	1330 ± 58 (9.1)	385 ± 28 (80.1)*	483 ± 28 (69.4)*

YEBRP: Yam enzymatic browning reaction products

CA-Y: Catechol-YEBRP, HY-Y: Hydroquinone-YEBRP

RE-Y: Resorcinol-YEBRP, PY-Y: Pyrogallol-YEBRP

Spontaneous: Sodium azide(230±20), 2-aminoflourene(204±13)

Mean ± SE, (): % of Antimutagenicity, *: Significant at $p < 0.01$ compared to control

PY-Y(80.1%)는 비교적 항변이원성이 높았는데 이들 갈변물질의 농도증가에 따른 항변이원성을 Fig. 2에 나타냈다. RE-Y는 농도증가에 관계없이 100 μg /plate 농도 이상에서 90%이상의 항변이원성을 보였으나 PY-Y는 150 μg /plate 농도까지 75%이하를, 200 μg /plate 농도에서 78.1%의 항변이원성을 보였다. 최²⁷⁾ 2-AF의 변이원성에 대한 복숭아 갈변효소가 caffeic acid와 반응시켰을 때 90% 이상의 높은 항변이원성을 보였으나, 본 연구에서는 활성이 높았던 pyrogallol과 반응시켰을 때 20%이하의 낮은 항변이원성을 나타냄으로써 같은 변이원(2-AF)과 같은 기질(pyrogallol)이라 하여도 효소 추출원에 따라서 억제활성이 차이를 보였다.

2. 점질물과 식이섬유의 항변이원성

Salmonella typhimurium TA 98균주를 이용한 2-AF와 MNMG에 대한 마의 총 식이섬유의 항변이원성은 낮았으므로²⁸⁾ 마 식이섬유를 불용성인 α -cellulose와 hemicellulose, 수용성인 pectin으로 분리 정제하여, 점질물과 함께 sodium azide와 2-AF변이원을 흡착함으로써 나타내는 항변이원성을 Table 2에 나타냈다. Sodium azide의 변이원성에 대한 점질물 및 식이섬유의 항변이원성은 산마와 재배마의 pectin(22.9%, 26.9%) 및 점질물(2.2%,

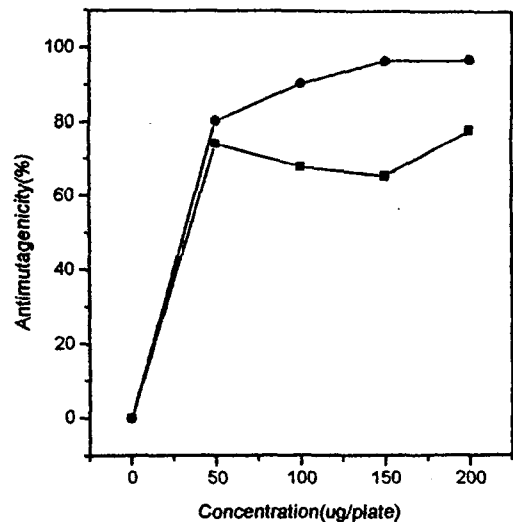


Fig. 2. Antimutagenicity of enzymatic browning reaction product concentration on the mutagenicity of the 2-aminoflourene with S9 mixture.

—■—: Pyrogallol-yam enzymatic browning reaction product

—●—: Resorcinol-yam enzymatic browning reaction product

23.6%)보다 α -cellulose(39.9%, 43.7%)와 hemi-

Table 2. Antimutagenicity of the mucopolysaccharide and dietary fiber from yam on the mutagenicity of the sodium azide and 2-aminoflourene

Muco. and dietary fiber	Sodium azide		2-aminoflourene	
	Wild	Cultured	Wild	Cultured
Control	1469±34	1469±34	1025±40	1025±40
Muco.	1441±26 (2.2)	1170±80 (23.6)	618±55 (45.6)	809±37 (24.2)
α -Cellulose	964±31* (39.9)	916±44* (43.7)	478±28* (61.3)	484±46* (60.6)
Hemicellulose	1034±75* (34.4)	1002±46* (36.9)	597±32* (47.9)	583±28* (49.5)
Pectin	1179±71 (22.9)	1128±88 (26.9)	875±36 (16.8)	940±37 (9.5)

Muco. : Mucopolysaccharide

Spontaneous: Sodium azide(206±19), 2-Aminoflourene(133±11)

Mean±SE

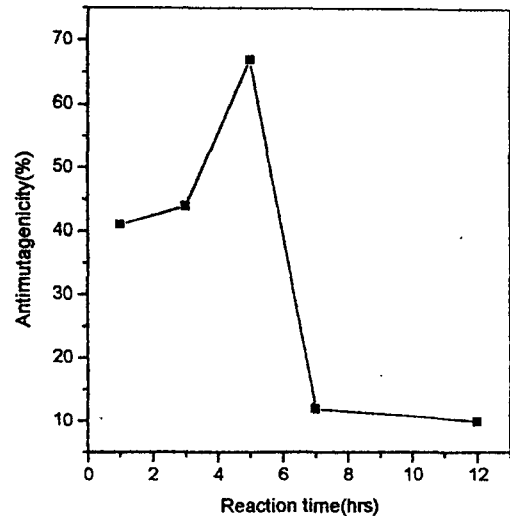
(): % of antimutagenicity

*: Significant at $p < 0.01$ compared to control

cellulose(34.4%, 36.9%)에서 유의성있게 높았다 ($p < 0.01$). 이러한 경향은 직접변이원인 DNP(dinitropyrene)에 대한 항변이원성에서 pectin이 주 성분인 감자, 케일보다 불용성 섬유에서 높았다는 연구보고³⁹⁾와, MNMG에 대한 마 식이섬유의 항변이원성도 pectin이 50% 이하인 반면, α -cellulose는 92%였다는 신⁸⁾의 보고와 유사하였다.

Sodium azide와 유사하게 2-AF에 대한 점질물 및 식이섬유의 항변이원성은 산마와 재배마의 α -cellulose(61.3%, 60.6%), hemicellulose(47.9%, 49.5%)에서 유의적으로 높았고($P < 0.01$), 점질물(45.6%, 24.2%), pectin(16.8%, 9.5%)순이었다. 구조이동형의 변이를 나타내는 *Salmonella typhimurium* TA98를 이용한 2-AF에 대한 마 섬유의 항변이원성도 pectin보다 α -cellulose가 높았는데⁸⁾ 불용성 섬유가 변이원을 화학적으로 변형시키는지 단순히 흡착하는지에 관한 정확한 기전은 알려져 있지 않으나 pectin이 용액중에서 음이온으로 작용하여 변이원의 양이온과 교환능을 가짐으로써 흡착이 가역적으로 이루어져 해리가 쉽게 일어나는 반면⁴⁰⁾ 정제된 옥수수 겨가 활성탄소에 의하여 변이원을 흡착한다는 Takeuchi⁴¹⁾ 등의 보고에 의하면 α -cellulose는 안정적인 비이온적 흡착을 하는 것으로 사료되었다.

2-AF에 대한 반응시간에 따른 산마 α -cellulose의 항변이원성은 Fig. 3과 같았다. 3시간 반응시켰을 때 흡착에 의한 항변이원성은 증가하여 40% 이상을 보였고 5시간 반응시켰을 때 항변이원성이 가장 높았으나 시간이 경과함에 따라 항변이원성이 감소하

**Fig. 3.** Antimutagenicity of α -cellulose from wild yam on the mutagenicity of 2-aminoflourene by reaction time.

였다. 이는 2-AF의 변이원과 α -cellulose사이의 흡착력이 약화되어 항변이원성이 감소되는 것으로 보였다. 신⁸⁾은 TA 98을 이용한 2-AF의 변이원성에 대한 산마 α -cellulose의 항변이원성은 3시간 반응시켰을 때 96%로 가장 높았으나 12시간 반응시 오히려 50%로 항변이원성이 감소한다고 보고함으로써 산마 α -cellulose는 염기 치환형보다 구조이동형 변이원에 대하여 효과적이었으며, 반응시간 증가에 따른 항변이원성의 감소 경향은 유사하였다.

IV. 요약

마(산마, 재배마)의 생리활성 물질의 기능성을 밝힐 목적으로 마의 갈변물질, 점질물 및 식이섬유를 분리 정제하여 항변이원성을 검색하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 마의 갈변효소를 cathol, hydroquinon, resorcinol, pyrogallol 등에 반응시켜 얻은 갈변 물질의 항변이원성은 sodium azide에 대하여 기질에 따른 차이가 없었으나, 2-aminoflourene에 대해서는 모든 기질에서 유의적으로 높았다. ($p < 0.01$)
2. 마의 점질물과 식이섬유(α -cellulose, hemicellulose, pectin)의 sodium azide와 2-aminoflourene에 대한 항변이원성은 α -cellulose와 hemicellulose에서 유의적으로 높았으며 ($p < 0.01$), α -cellulose와 흡착 반응시킨 2-aminoflourene에 대한 항변이원성은 5시간 반응시 가장 높았고 반응시간이 경과함에 따라 감소하였다.

V. 참고문헌

1. Onayemi, O., Babalola R. O. and Badanga, A.: Textural properties of yam (*D. spp.*), *J. Texture Studies*, 18: 17-29, 1987.
2. 윤국병, 장준근: 몸에 좋은 산야초, 석오 출판사, p334, 1989.
3. Ketiku, A. O. and Oyenuga, V. A.: Change in the carbohydrate constituents of yam

- tuber during growth, *J. Sci. Food Agric.*, 24: 367-373, 1973
4. Ciacco, C. F. and Dappolonia, B. L.: Characteration of starches from various tubers and their use in bread-baking, *Cereal Chem.*, 54(4): 1096-1107, 1977.
5. 손건호, 정근영, 도재철: 단풍마 근경의 saponin성분에 관한 연구, *생약학회지*, 24(3): 187-191, 1993.
6. 김평자: 참마의 조리법 개발과 그 섭취가 당뇨병 환자의 혈당에 미치는 영향, 덕성여자대학교 대학원 석사학위 논문, 1994.
7. Morita, K. and Kada, T.: Studies on natural desmutagen, *Agric. Biolo. Chem.*, 24(6): 1235-1238, 1978.
8. 신남희: 2-AF와 MNMG에 대한 마 식이섬유의 항돌연변이 효과, 경희대학교 대학원 석사학위 논문, 1995.
9. 水口 純, 鈴木周一, 戸倉正利: Ichoimo 점질물의 정제성질, *日化誌*, 88(2): 106-110, 1967.
10. Kazunori Hironaka, Katsuyosi Takada, Kenichi Ishibashi: Chemical composition of mucilage of Chinese Yam, *Nippon Shokuhin Kogy Gakkaishi*, 37(1): 48-51, 1990.
11. 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현: 마 전분 호화액의 리올리지 특성, *한국식품과학회지*, 24(6): 619-622, 1992.
12. 최일숙, 이임선, 구성자: 마(*Dioscorea batatas* Decaisne)전분의 Rheology 및 열적 특성에 관한 연구, *한국조리과학회지*, 8(1): 57, 1992.
13. Christoper, O. I., Isaac, C. E. and Ikoku-Ogbona, A.: Acid phosphatase I the tubers of *Dioscorea* species and its purification from the White yam(*D. rotundata* Poir), *J. Sci. Food Agric.*, 43: 27-36, 1988.
14. Martin, W. M., Lehel, T. and Ruth, M. R.: Yellow pigments of *Dioscorea bulbifera*, *J. Agri. Food Chem.*, 22(2): 335-337, 1974.
15. 도정애: 한국산 산약류의 생화학적 연구, *한국생화학회지*, 15(1): 30 1984.

16. Rasper, V. and Coursey, D. G.: Properties of starches of some west African yams; J. Sci. Food Agric., 18: 240-244, 1967.
17. 석호문, 박용곤, 남영중: Potato yam(*Dioscorea bulbifera*) 전분의 이화학적 특성; 한국식품과학회지, 22(7): 753-761, 1990.
18. Rasper, V. and Coursey, D. G.: Properties of starches of some west African yam, J. Sci. Food Agric., 18: 240-244, 1967.
19. Gramshaw, J. W. and Osinowo, F. A. O.: Volatile components of cooked tubers of the water yam(*Dioscorea alata*): J. Sci. Food Agric., 33: 71-80, 1982.
20. 이미순, 최향숙: 참마의 휘발성 풍미 성분, 한국식품과학회지, 26(1): 68-71, 1994.
21. Brillouet, J. M., Treche, S. and Sealy, L.: Alterations in cell wall constituents of yams *Dioscorea dumetorum* and *D. roundata* with maturation and storage conditions. Relation with post-harvest hardening of *D. dumetorum* yam tubers, Food Sci., 46: 1964-1965, 1981.
22. Fredrick, I. O. and Anthony, V. O.: Fatty acid composition of total lipids from some tropical storage organs, J. Sci. Food Agric., 29: 959-962, 1978.
23. Tanoue, H., Simozuno, H.: Quality changes of *Dioscorea alata* L. tuber during storage. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish, 38(11): 966-969, 1991.
24. Emmanuel, N., Ugochukwu, E. O. A. and Samufi, I. O. A.: Changes in enzyme activity of white yam tubers after prolonged storage, Phytochemistry, 16: 1159-1162, 1977.
25. Ozo, O., John, C. and Caygill: Some characteristics and a comparison of the activities of o-dihydroxyphenol oxidase activity from five yam(*Dioscorea* spp.) species, J. Food Agric., 36: 973-979, 1985.
26. Ames, B. N. and Maron, D. M.: Revised method for the *Salmonella typhimurium* mutagenicity test, Mut. Res., 113: 173, 1983.
27. 최경근: 복숭아 갈변 반응 생성물의 항돌연변이에 관한 연구, 강원대학교 식품공학과 석사학위논문, 1991.
28. 백창원, 함승시: 사과 polyphenol에 의한 효소적 갈변반응 생성물의 항돌연변이 효과, 한국식품과학회지, 22(6): 1990.
29. 함승시: 재래종 황색 자두 효소 갈변 생성물의 돌연변이 억제 작용, 한국농화학회지, 31: 38, 1987.
30. 오홍석, 함승시: 양송이 유래 Polyphenol Oxidase에 의한 Polyphenol화합물의 효소적 갈변 생성물의 돌연변이 억제효과, 한국식품과학회지, 24(4): 341-346, 1992.
31. 함승시, 김성환, 김영명: 효소적 갈변 생성물의 돌연변이 억제효과 및 유전자 수복에 관한 연구, 한국식품과학회지, 22: 632, 1990.
32. 한규석, 함승시, 정의호, 이해남: Trp-p-1과 2-AF에 대한 산채류 생즙의 항돌연변이 효과, 한국위생학회지, 7(4): 161-168, 1992.
33. Smith-barbado, P., Harsen, D. and Reddy, B.: Carcinogen binding to various types of dietary fiber; J. Nat. Cancer Inst., 67: 495-497, 1981.
34. Ferguson, L. R., Robertson, A. M., Watson, M. E., Kestell, P. and Harris, P. J.: The adsorption of a range of dietary carcinogens by α -cellulose. a model insoluble dietary fiber, Mut. Res., in Press, 1993.
35. Katwa, L. C., Ramakrishna, M. and Raghavendra Rao M.: Purification and properties of polyphenol oxidase from mango peel, J. Food Biochem., 6: 217-228, 1982.
36. 大村浩久, 尊田民喜: 食品의 變色 關係, 營養과 食糧, 22: 497, 1969.
37. 佐様利夫, 水口純, 木周一, 戸倉正利: Ichimo 점질물의 정제 및 성질, 日化誌 88(2): 106-110, 1967.
38. Sauthgate, D. A. T.: Fiber in Human Nu-

- trition (Ed. by Ppiller, G. A. and A. Men, R. J. 31. Plenum Press, New York, 1976.
39. Robertson, A. M., Harris, P. J., Hollands, H. J. and Ferguson, L. R.: A Model for studying the adsorption of a hydrophobic mutagen to dietary fibre, *Mut. Res.*, 244: 173-178, 1990.
40. Sato, T. and Ose, Y.: Mechanism of true de-smutagenic effect of humic acid, *Mutation Res.*, 176: 199-204, 1987.
41. Takeuchi, M. and Hara, T.: Adsorption of mutagen by refined corn bran, *Mutation Res.*, 204: 263-267, 1988.