野菜類およびキノコ類の抗変異原性について

上田成子*・桑原祥浩*・平位信子*
佐々木弘子*・菅原龍幸*

Antimutagenic Capacities of Different Kinds of Vegetables and Mushrooms

Shigeko UEDA*, Yoshihiro KUWABARA*, Nobuko HIRAI*, Hiroko SASAKI* and Tatsuyuki SUGAHARA*

* *Joshi Eiyo University, 3-9-21, Chiyoda, Sakado-shi, Saitama 350-02*

The water extracts from 107 samples of vegetables and 60 of mushrooms were examined on the antimutagenic activities on Trp-P-1 in the assay using *Salmonella typhimurium* TA 98. Among the 167 of samples tested, the extracts prepared from lemonbalm, thyme, butterbur flower, momijigasa, oregano, field horsetail, shiroza, gyojaninniku and tarragon were found to possess the strong capacities of inactivating the mutagenicity of Trp-P-1. Many of the vegetables possessing the activity were the edible plants which belong to *Family Compositae, Labiatae, Cruciferae* and *Umbelliferae.* In addition, all of the aromatic herbs tested possessed the antimutagenic effects. On the other hand, although 45% of mushroom samples were active, their activities were relatively weak, compared to vegetables.

(Received Jun. 8, 1991)

発癌に対するハイリスク・ファクターとして食物，喫煙，大気汚染，その他の環境因子および宿主の遺伝的素因等があげられている．WYNDER ら[1]や DOLL ら[2]は食物および食生活が発癌に大きく寄与し，その寄与度は男性で約 40%，女性で 60% 以上であるとしている．発癌リスクを増大させる食餌性因子としてはアルコール，高脂肪食，食塩，添加物等様々なものが知られている．一方，ローリスク・ファクターとして緑黄色野菜，淡色野菜や高繊維食等があげられている[3]．

これまでに，いく人かの研究者[4~9]は野菜の発癌抑制作用を検討するための手段として抗変異原性試験を行ない，キャベツ，ブロッコリー，ゴボウ，ナス，リンゴ，ショウガ等が強い抗変異原性を有することを報告している．これらの作用の本体としてアスコルビン酸，トコフェロールなどのビタミン類やパーオキシダーゼ，カタラーゼ等の酸化酵素および食物繊維等が示唆されている．著者らはこれまでに余り検討されていない食用植物である山菜，香辛野菜，いわゆる新野菜，およびキノコ類について食品が有する機能のひとつの指標としてそれらの抗変異原活性を検討したので報告する．

実 験 方 法

1. 試料および試料溶液の調製

実験に用いた試料は，食用植物類（以下，野菜類とする）101 種・107 検体と，食用キノコ類の子実体 59 種および地衣類 1 種（以下，キノコ類とする）の 60 検体である．これらの試料のうち食用植物類は主に東京築地卸売市場で購入し，一部は関東地方で著者等が採取したものである．また，キノコ類は主に東北および関東甲信越地方で採取し，一部は東京築地卸売市場で購入したものである．なお，アンズタケはカナダ産，マツタケは韓国産である．

* 女子栄養大学（〒350-02 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21）

Table 1 Vegetables found to possess strong capacities of inactivating the mutagenicity of Trp-P-1

Sample	Scientific name	Mean no. of His^+ revertants per plate	Antimutagenic capacity
Lemonbalm	*Melisa officinalis*	20	+++
Thyme	*Thymus vugaris*	46	+++
Butterbur (flower-cluster)	*Petasites japonicus*	47	+++
Momijigasa	*Cacalia delphiniifolia*	51	+++
Oregano	*Origanum vulgare*	65	+++
Field horsetail	*Equistum arvense*	74	+++
Shiroza	*Chenopodium album*	76	+++
Gyojaninniku	*Allium victorialis* var. *platyphyllum*	94	+++
Tarragon	*Artemisia dracunculus*	96	+++
Rhubarb	*Rheu rhaponticum*	112	++
Borage(leaf)	*Borago officinalis*	133	++
Dill	*Anethum graveolens*	133	++
Common rue	*Ruta graveolens*	139	++
Karakuri	*Erythronium japonicum*	143	++
Yukinoshita	*Saxifraga stolonifera*	143	++
Yomena	*Aster yomena*	148	++
Kousaitai	*Brassica chinensis*	151	++
Yobusumasou	*Cacalia hastala* var. *glabra*	170	++
Tara vine	*Actinidia arguta*	173	++
Yukiwarena	*Brassica chinensis*	174	++
Mizuna	*Elatostema nipponicum*	188	++
Coriander	*Coriandrum sativum*	188	++
Chinese yam	*Dioscorea batatas*	191	++
Borage (flower)	*Borago officinalis*	195	++
Japanese mugwort	*Artemisia vugaris* var. *indica*	196	++
Doumyou	*Pisum staivum*	205	++
Saishin	*Brassica campestris*	211	++
Common dandelion	*Taraxacum officinale*	212	++
Mint	*Mentha arvensis* var. *piperascens*	213	++
Yabukarashi	*Cayratia japonica*	213	++
Hiyuna	*Amaranthus inamoenus*	216	++
Akebia(sprout)	*Akebia quinata*	227	++
Akebia(fruit)	*Akebia quinata*	230	++
Fennel	*Foeniculum vulgare*	230	++
Purslane	*Portulaca oleracea*	240	++
Celeriac	*Apium graveolens* var. *rapaceum*	242	++
Golden rayed lily (root)	*Lilium auratum*	249	++
Sorrel	*Rumex acetosa*	253	++
Steak tomato	*Lycopersicum esculentum*	254	++
Water dropwort	*Oenanthe stolonifera*	254	++
Collard	*Brassica oleracea* var. *acephala*	254	++
Sweet banana	*Capsicum annuum* var. *longum*	261	++
Cactus leaf	*Opuntia* sp.	263	++
Basil	*Ocimum basilicum*	265	++
Chive	*Allium schoenoprasum* var. *sibricum*	270	++
Cabbage		181	++
None(Trp-P-1 only)		536	

上述の試料は水洗し凍結乾燥後，ミキサーを用いて粉末とし5℃に保存した．用事，粉末試料1gに蒸留水19 mlを加え，5℃に16時間懸濁・放置後，15 000 rpmで40分間遠心分離し，上清液を試験溶液とし抗変異原性試験の実施まで－40℃に保存した．

2. 抗変異原性試験

Salmonella typhimurium TA 98株を用いるAmes test[10)11)]を応用して抗変異原性試験を実施した．本試験の実施にあたり，陽性対照物質としてTry-P-1 (3-amino-1, 4-di-methyl-5 H-pyrido [4, 3-b] indole)（和光純薬製）をdimethyl sulfoxide（以下，DMSOとする）に溶解し，一定濃度の溶液（2 μg/ml）を調製して使用した．肝ミクロゾーム・フラクション（以下，S-9とする）はPCB処理したSD系オス・ラットから調製した．試験にさいしては，cofactor ($MgCl_2$ 8 μM, KCl 33 μM, G-6-P 5 μM, NADPH 4 μM, NADH 4 μM, $Na_2HPO_4 + NaH_2PO_4$ 100 μM：最終濃度）（オリエンタル酵母製）と合わせ，S-9 Mixとして代謝活性化のために使用した．

試験は次のようにして実施した．即ち，Try-P-1溶液0.15 mlに試料溶液1.5 mlを加え，37℃で30分間インキュベイト後，100℃で10分間加熱し，その後直ちに氷冷し3 000 rpm，15分間遠心分離し，上清をメンブラン・フィルター（ポアー・サイズ0.45 μm）で濾過滅菌した．この濾液0.22 mlに0.5 mMヒスチジン-0.5 mMビオチン加軟寒天3 ml，TA 98株前培養液0.1 ml，S-9 Mix 0.3 mlを順次加え，温合後，これを最少グルコース寒天培地上に注ぎ込んだ．この平板を37℃で2日間培養後，復帰コロニーを数えた．

実験結果

Sal. typhimurium TA 98株を用いた系での各試料水抽出物のTry-P-1に対する抗変異原活性を検討した結果をTable 1～4に示した．なお，本報告での抗変異原性の判定基準は，抗変異原活性が強いことが知られているキャベツ[4)5)]の活性を指針とした．即ち，キャベツ抽出液を加えた試験群とTry-P-1のみの陽性対照の復帰コロニー数の比（以下，復帰コロニー比とする）・0.33-0.38を基準に，これよりも復帰コロニー比（0.20以下）が小さい抗変異原活性の強いものを [+++]，同程度のもの（復帰コロニー比0.21-0.50）を [++]，これより弱いもの（同比0.51-0.80）を [+] とし，復帰コロニー比0.81以上と陽性対照とほとんど変らないものを [−] とした．

強い抗変異原活性 [+++] を示したものはエストラゴン，オレガノ，ギョウジャニンニク，シロザ，タイム，ツクシ，フキノトウ，モミジガサ，レモンバームの野菜類9種であり，その分類上の内訳はキク科植物3種，シソ科3種とユリ，アカザおよびトクサ科植物の各1種づつであった（Table 1）．

キャベツと同程度の比較的強い活性 [++] を示したものは46種48検体みられた．野菜類ではルバーブ，デ

Table 2 Mushrooms found to possess strong capacities of inactivating the mutagenicity of Trp-P-1

Sample	Scientific name	Mean No. of His^+ revertants per plate	Antimutagenic capacity
Fukurotake	*Volvariella volvacea* var. *volvacea*	137	++
Naratake	*Armillariella mella*	145	++
Tonbimaitake	*Meripilus giganteus*	165	++
Kurohatsu	*Russula nigricans*	197	++
Anzutake	*Cantharellus cibarius*	201	++
Masutake	*Laetiperus sulphureus* var. *miniatus*	202	++
Akaazatake	*Collybia maculata*	229	++
Chichitake	*Lactarius volemus*	262	++
Maitake	*Grifola frondosa*	262	++
Amigasatake	*Morchella esculenta* var. *esculenta*	265	++
Kuritake	*Naematoloma sublateritium*	269	++
None (Try-P-1 only)		536	

Table 3 Vegetables and mushrooms found to weak and/or moderate capacities of inactivating the mutagenicity of Trp-P-1

≪Vegetables≫

Gynmight (*Allium tuberosum*), Ashitaba (*Angelica keiskei*), Chervil (*Anthriscus cerefolium*), Swiss chervil (*Anthriscus* sp.), Red molabar nightshade (*Basella rubra*), Hotarugusa (*Bepleurum longiradiatum*), Pakuchoi (*Brassica campestris*), Rape (*Brassica campestris* subsp. *napus* var. *nippo-oleifera*), Mustardgreen (*Brassica juncea*), Takenokohakusai (*Brassica pekinensis*), Hakuran (Synthetic *Brassica napus*), Akaza (*Chenopopium album* var. *centrorubrum*), Gobouazami (*Cirsium dipsacolepis*), Rocket salad (*Eruca sativa*), Dokudami (*Houttuynia cordata*), Ensai (*Ipomoea aquatica*), Sweet Potato (stem) (*Ipomoea batatas* var. *edulis*), Cherry tomato (*Licopersicum esculentum*), Gold lily (flower) (*Lilium auratum*), Fruit tomato (*Lycopersicum esculentum*), Kogomi (*Mattenuccia struthiopteris*), Itadori (*Polygonum cuspidatum*), Bracken (*Pteridium aquilinum*), Chuugokuaodaikon (leaf) (*Raphanus sativus*), Choukabenimarudaikon (*leaf* and root) (*Raphanus sativus*), Hatoridaikon (*Raphanus sativus*), Salt Wort (*Salsola komarovi*), Nemagaritake (*Sasa kurilensis*), Acorn (*Shija sieboldii*), Shiode (*Smilax oldhami*), Chickweed (*Stellaria media*), Salsify (*Tragopogon porrifolius*), Water Caltrops (*Trapa natans* var. *bispinosa*), Serpent gourd (*Trichosanthes anguina*), Mahshu (*Valerianella olitoria*), Wistaria (*Wistaria floribunda*), Wild rice (*Zizania latifolia*)

≪Mushrooms≫

Benitengutake (*Amanita muscaria*), Kikurage (*Auricularia auricula*), Kurokawa (*Boletopsis leucomelas*), Ezoharitake (*Climacodon septentrionalis*), Iwatake (*Gyrophora esculenta*), Tsukiyotake (*Lampteromyces japonicus*), Akayamadori (*Leccinum extremiorientale*), Shiitake (*Lentinus edodes*), Kitsunenochabukuro (*Lycoperdon perlatum*), Honshimeji (*Lypophyllum shimeji*), Ohhiratake (*Pleurotus cystidiosus*), Ashigurotake (*Polyporellus badius*), Numeriiguchi (*Suillus luteus*), Kinoboriiguchi (*Suillus luteus*), Shirokikurage (*Tremella fuciformis*), Shirokaimentake (*Tyromyces sambucens*)

ィル，ボリジ，コウサイタイ等の35種37検体であり，キク科，シソ科，アブラナ科，セリ科植物が多く(Table 1)，キノコ類ではナラタケ，フクロタケ，マイタケ，アミガサタケ等の11種（Table 2）であった．

若干の抗変異原活性（+）が認められたものは野菜類で37種38検体，キノコ類で16種であった（Table 3）．また，野菜類・22種23検体（21.5%）とキノコ類・33種（55%）の併せて55種56検体には抗変異原活性は認められなかった（Table 4）．

考　　察

一般的な市場野菜のうちキャベツやブロッコリーの抗変異原活性が特に強いことを賀田ら[4)5)]は報告し，キャベツの抗変異原因子としてパーオキシダーゼおよびNADPH-オキシダーゼ活性を有する一種のヘム・タンパクを単離し，ブロッコリーについても変異原を酸化的に失活させる酵素が分離されている[7)]．これら以外にも，ゴボウやキャベツ等の繊維による変異原の吸着作用[12)~14)]，アスコルビン酸による変異原物質の還元作用[15)~17)]による失活作用等が報告されている．また，茶の抗酸化物質であるカテキン等のポリフェノール類も抗変異原活性を有することが知られている[18)19)]．

本実験においては，試料とした野菜類のうちのほぼ80%が，キノコ類では45%が抗変異原活性を有することを示した．これらのうちキャベツより抗変異原活性の強いものはエストラゴン，オレガノ，ギョウジャニンニク，シロザ，タイム，ツクシ，フキノトウ，モミジガサ，レモンバームであった．本実験では変異原不活化因子の解析は行なわなかったが，試料調製直後と調製後数ケ月保存した試料溶液について抗変異原活性の変化を検討したところによると，タイム，シロザ，モミジガサ等はその保存の経過とともに活性は低下したが，ツクシ，フキノトウ，ルバーブ等は保存による失活は認められなかった．このことから考慮すると，試料の抗変異原活性は上述したような種々の不活化因子の質あるいは量比等の含有状況に相違があるものと考えられた．

さらに，本実験で抗変異原性の認められた野菜類の科別分類をみると，キク科，シソ科，アブラナ科，セリ科

Table 4 Samples found to do not possess the antimutagenic capacities

≪Vegetables≫ Nobiru (*Allium grayi*), Molabar nightshade (*Basella rubra* var. *alba*), Water shield (*Brasenia schreberi*), Paoshin (*Brassica juncea*), Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), Toppinanpou (*Helianthus tuberosus*), Plantain lily (*Hosta sieboldiana*), Belvedera (*Kochia scoparia*), Japanese silver leaf (*Ligularia tussilaginea*), Balsam pear (*Momordica charantia*), Japanese butterbur (*Petasites japonicus*), Sawabuki (*Petasites japonicaus*), Hamaboufuu (*Phellopterus littoralis*), Amadokoro (leaf and root) (*Polygonatum officinale*), Kuzu vine (sprout) (*Pueraria thunbergiana*), Hatoridaikon (leaf) (*Raphanus sativus*), Cresson (*Rorippa nasturtium-aquaticum*), Dock (*Rumex japonicus*), Miyamairakusa (*Sceptrocnide macrostachya*), New Zealand spinach (*Tetragonia expansa*), Karasunoendou (*Vicia sativa*), Wasabina (*Wasabia japonica*)
≪Mushrooms≫ Koumoritake (*Albatrellus dispansus*), Tamagotake (*Amanita hemibapha*), Kotengutakemodoki (*Amanita pseudoporphyria*), Shiroonitake (*Amanita virgineoides*), Naratakemodoki (*Armillariella tabescens*), Koujitake (*Boletus fraternus*), Kiamiashiiguchi (*Boletus ornatipes*), Niseashibeniiguchi (*Boletus pseudocalopus*), Dokuyamadoritake (*Boletus* sp.), Naginatatake (*Clavulinopsis fusiformis*), Tsubafuusentake (*Cortinarius armillatus*), Tsubashiwakarakasa (*Cystoderma* sp.), Enokitake (*Flammulina velutipes*), Yamabushitake (*Hericium erinaceum*), Sakurashimeji (*Hygrophorus russula*), Kichichitake (*Lactarius chrysorrheus*), Karahatsutake (*Lactarius torminosus*), Yamaiguchi (*Leccinum scabrum*), Murasakishimeji (*Lepista nuda*), Oshiroishimeji (*Lyophyllum connatum*), Ohhouraitake (*Marasmius maximus*), Mukitake (*Panellus serotinus*), Nameko (*Pholiota nameko*), Tsuchisugitake (*Pholiota terrestris*), Tamogitake (*Pleurotus cornucopiae* var. *citrinopileatus*), Hiratake (*Pleurotus ostratus*), Shouro (*Rhizopogon rubescens*), Urabenihoteishimeji (*Rhodophyllus crassipes*), Shougenji (*Rozites caperata*), Shirohatsumodoki (*Russula japonica*), Koutake (*Sarcodon aspratus*), Chichiawatake (*Suillus granulatus*), Matsutake (*Tricholoma matsutake*)

植物が多く，植物の種類と関連性があることが示唆される．アブラナ科植物は *Sal. typhimurium* TA 98 株を用いた試験で自動酸化リノレイン酸に対して抗変異原活性が報告[20]され，作用本体はパーオキシダーゼ活性を有する酵素様物質であることが明らかにされ，酵素活性と抗変異原活性との相関性も認められている．また，香辛野菜類については，試験した試料の全てが抗変異原活性を有することが示唆され，その活性成分としてこれらに特有の精油成分が関与するとも考えられるが，これについては今後検討すべき課題であろう．さらに，キノコ類については，55% の試料で抗変異原活性はみられず，活性のあったものでも，それは他の野菜類より相対的に活性は弱かった．キノコ類の抗変異原活性に関しては，これまでにいく人かの研究者が生材料からの抽出物を用いて spore-rec assay 法[21]によりエノキタケ，ツクリタケが，また Ames test[5]によりエノキタケ，シメジに抗変異原活性がみられ，シイタケには認められないことを報告している．本実験では，エノキタケおよびヒラタケについても検討したが，その活性は認められなかった．このことは，本実験では使用した試料が凍結乾燥試料を蒸留水に溶かして使用したことにより，その活性成分が失われたとも推測され，この点から生材料からの抽出物について検討することも必要かとも思われる．

一方，本実験に並行して実施した各試料の変異原活性試験によると，Table 5 に示したように，野菜類 21 種とキノコ類 7 種が *Sal. typhimurium* TA 98 株に対して変異原活性を有していた．これまでに，植物にみられる変異原物質がいくつか報告されているが，要約するとフラボノイド系の色素，配糖体，アルカロイドあるいは精油成分等があげられる．特に，ワラビ，緑茶，香辛料あるいは野菜類には変異原物質であるクエルセチン，ケンフェロール等のフラボノイドが多量に含まれていることが知られている[22)~24)]．また，フキノトウ，ソテツ等ではアルカロイド[25]が，また香辛料等の精油成分[26]にも変異原活性を有するものがあることが報告されている．本実験では変異原物質の単離・同定は行なわなかっ

Table 5 Vegetables and mushrooms found to possess mutagenic activities

	No. of revertants per plate	Ratio of revertants
《vegetables》		
Dock	317	10.57
Japanese butterbur	125	4.17
Dill	118	3.93
Itadori	101	3.37
Karasunoendou	98	3.27
Miyamairakusa	86	2.87
Fennel	79	2.63
Yomena	79	2.63
Choukabenimarudaikon(root)	78	2.60
New Zealand spinach	76	2.53
Rue	73	2.43
Shiode	71	2.37
Hotarugusa	67	2.23
Cresson	67	2.23
Chuugokuaodaikon(leaf)	65	2.17
Choukabenimarudaikon(leaf)	65	2.17
Chickweed	65	2.17
Sweet banana	64	2.13
Mahshu	63	2.10
Kuzu vine(sprout)	61	2.03
Fruit tomato	61	2.03
《mushrooms》		
Yamaiguchi	90	3.00
Naratakemodoki	89	2.97
Nameko	74	2.47
Dokuyamadoritake	72	2.40
Tsubashiwakarakasa	70	2.33
Kitsunenochabukuro	69	2.30
Karahatsutake	60	2.00
Negative control (DMSO)	30	
Positive control (Trp-P-1)	536	

* The ratios were expressed as the ratio of numbers of revertants in experimental group to ones in negative control.

たが，上述の物質のいずれかが変異原活性に関与したものと推測される．

また，本実験に使用した試料のうち，ヨメナ，フキノトウ，スィートバナナ，ディル，ウイキョウおよびルーは，変異原活性および抗変異原活性がともに強いことを示した．これはそれぞれ作用の本体が異なり，これらの試料にはいずれの型の物質も存在し，それぞれの実験系で別個に反応したものと考えられる．

一方，春日ら[27]は食用植物のある種の成分が抗酸化能を有することを報告しており，また合成抗酸化剤である butyl hydroxy anisole (BHA) はその抗酸化能により発癌物質を不活化させることが知られている[28]．このことから，抗変異原活性の認められた試料の抗酸化能[27]をみると，エストラゴン，オレガノ，ギョウジャ

ニンニク，タイム，フキノトウ，モミジガサ，レモンバームは抗変異原活性と抗酸化能はともに強いことが示された．だが，ギシギシは抗酸化能が強いと同時に変異原活性が本実験試料中最も強く，ヨメナ，フキノトウ，ディル，ルー等はかなり抗酸化能が強い一方で，変異原および抗変異原活性の両者を合せもつことを示した．

以上のように，本実験に使用した野菜類およびキノコ類には，抗変異原活性を有するものがかなり存在する一方，変異原活性を併せもつものも認められた．このことから，食品の有する機能性を検討するうえで，今後さらに抗変異原および変異原因子を追究するとともに，植物成分の抗変異原活性と抗酸化能との関係を検討する必要があるものと考えられる．

要　　約

食用植物類 101 種 107 検体とキノコ類 60 種の計 167 検体の Try-P-1 に対する抗変異原活性を *Sal. typhimurium* TA 98 株を用いて検討した結果以下の成績がえられた．

1. 試験した試料のうち Try-P-1 に対して強い抗変異原活性を示したものはレモンバーム，タイム，フキノトウ，モミジガサ，オレガノ，ツクシ，シロザ，ギョウジャニンニクおよびエストラゴンの 9 種であった．

2. 食用植物類の科別分類では，キク科，シソ科，アブラナ科，セリ科植物に抗変異原活性がみられるものが多かった．また，香辛野菜類については，試験した全てが抗変異原活性を有していた．キノコ類については，45 % の試料で抗変異原性がみられたが，野菜類に比してその活性は弱いものであった．

稿を終えるにあたり，キノコ類の採集に御助力を頂いた女子栄養短期大学・青柳康夫助教授ならびに植物の同定に御助言を頂いた女子栄養大学・山口文芳助教授に感謝致します。

文　　献

1) Wynder, E.L. and Gori, G.B.: *J. Natl. Cancer Inst.*, **58**, 825 (1977).
2) Dollr, R. and Peto, R.: *J. Natl. Cancer Inst.*, **66**, 1192 (1981).
3) 厚生省公衆衛生局栄養課編：循環器・がん・糖尿病の予防と食生活—疾病予病と栄養に関する検討委員会報告，p. 19-28, p. 115-156 (1983).
4) Kada, T., Morita, K. and Inoue, T.: *Mutation Res.*, **53**, 351 (1978).
5) Morita, K., Hara, M. and Kada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **42**, 1235 (1978).
6) Inoue, T., Morita, M. and Kada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 345 (1981).
7) Morita, K., Yamada, H., Iwamoto, S., Sotomura, H. and Suzuki, A.: *J. Food Safety*, **4**, 139 (1982).
8) Morita, K., Kada, T. and Namiki, M.: *Mutation Res.*, **129**, 25 (1984).
9) Morita, K., Nishiyama, Y. and Kada, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 925 (1985).
10) Ames, B.N., Durston, W.E., Yamasaki, E. and Lee, F.D.: *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, **70**, 2281 (1973).
11) Ames, B.N., McCann, J. and Yamasaki, E.: *Mutation Res.*, **31**, 347 (1975).
12) Morita, K., Inoue, T., Hara, M., Kada, T. and Namiki, M.: Vegetable desmutagens-Purification and properties, 3rd. Intern. Conf. Env. Mutagens, 3, p. 20 (1981).
13) Moorman, W.E.B., Moon, N.J. and Worthington, R.E.: *J. Food Sci.*, **48**, 1010 (1983).
14) Kada, T., Kato, M., Aikawa, K. and Kiriyama, S.: *Mutation Res.*, **141**, 149 (1984).
15) Moriya, M., Kato, K. and Shirasu, Y.: *Mutation Res.*, **57**, 259 (1978).
16) Osawa, T., Ishibashi, H., Namiki, M. and Kada, T.: *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **95**, 835 (1980).
17) Beckman, C., Roy, R.M. and Sproule, A.: *Mutation Res.*, **105**, 73 (1982).
18) Fukuhara, Y., Yoshida, D. and Gotoh, F.: *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 1061 (1981).
19) Shinohara, K., Kuroki, S., Miwa, M., Kong, Z.L. and Hosoda, H.: *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 1369 (1988).
20) Yamaguchi, T., Yamashita, Y. and Abe, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 959 (1980).
21) 賀田恒夫：遺伝，**34**, 49 (1980).
22) Herrmann, K.: *J. Food Technol.*, **11**, 433 (1976).
23) Seino, Y., Nagao, M., Yahagi, T., Sugimura, T., Yasuda, T. and Nishimura, S.: *Mutation Res.*, **58**, 225 (1978).
24) Fukuoka, M., Yoshihara, K., Natori, S., Sakamoto, K., Iwahara, S., Hosaka, S. and Hirono, I.: *J. Pharm. Dyn.*, **3**, 236 (1980).
25) Hirono, I., Mori, H., Yamada, K., Haga,

M., TAKEMATSU, H. and KANIE, S.: *J. Natl. Cancer Inst.*, **58**, 1155 (1977).
26) 桑原祥浩・上田成子：第50回日本衛生学会講演要旨集 (1980).
27) 春日敦子・青柳康夫・菅原龍幸：日食工誌, **35**, 12 (1988).
28) 賀田恒夫：臨床化学, **20**, 528 (1984).

(平成3年1月8日受理)