オガクズ培養基の放射線殺菌とキノコの栽培

伊 藤 均*・佐藤友太郎*

Radiopasteurization of Sawdust media Used in Propagation of Mushrooms

HITOSHI ITO and TOMOTARO SATO

In our country, cultivation of mushrooms such as *Pleurotus ostreatus*, *Kuehneromyces nameko*, and *Lentinus edodes* (*Cortinellus shiitake*) are expanding, and has reached considerable amounts. These mushrooms are cultivated generally on decaying logs of broad leaf trees. Recently, these mushrooms are also cultivated artificially on the sawdust-media containing rice bran and other nutrient in the room of which temperature is controlled. However, these artificial culture media must be germicidated for 2 or 6 hours at 100 to 120°C before inoculation of mushroom spawn.

In this study, attempts were made to cultivate *Pleurotus ostreatus* on the sawdust-media pasteurized by ionizing radiation. Inhibition of mushrooms growth were caused mainly by multiplication of *Citrobacter* and *Fusarium*, and these organisms were eliminated by a dose of 0.5 Mrad gamma irradiation. A surprising result was that many of sawdust media subjected to 0.5, 1.0 and 2.0 Mrad increased mycelial growth rates more than heat treatments, and also mushroom yields were enhanced. The multiplication of remaining microorganisms such as *Bacillus* and yeasts after irradiation with a dose of 0.5 Mrad or 1.0 Mrad did not inhibit the mycelial growth of mushrooms.

(Received. Apr. 2, 1975)

シイタケやナメコ、エノキダケなどの食用菌類は農家の副業として盛んに栽培されている。しかし、従来のほだ木栽培は労力がかさみ、樹種も限定され、さらに収穫までに長期間を要するなどの欠点がある。このため、最近はこれに代る人工培養基栽培(屋内栽培)法が従来の方法に取って代りつつある。この人工栽培には鋸屑と米ヌカ、その他の栄養素を混合調製した培養基を主に用いている。これらの人工培養基(オガクズ培養基)はあらかじめ殺菌処理してから種菌を接種することが必要であり、現状では100°C、4~6時間の加熱処理を施したり、120°C、60~90分加熱するなどの蒸気殺菌法が用いられている。しかし、加熱処理法は鋸屑など培養基中の熱伝導が不均一のため処理時間が長くかかり、培養基も変質しやすいなどの欠点がある。そこで本報では電離放射線処理法によるヒラタケ(*Pleurotus ostreatus*)の人工栽培を試み、照射によるマイクロフローラの変動および殺菌効果についての検討を行った。

実験方法

1. オガクズ培養基の組成

鋸屑は群馬県各地の製材所より集めたもので、露天に長くさらして針葉樹などの樹脂類を変質させたと思われるものを用いた。鋸屑はこの様な処理を施せばキノコ菌糸の生育阻害物質はほとんど除去され、用いる樹種による影響は無くなるといわれている¹⁾。培養基は鋸屑7、米ヌカ1、石灰0.01の割合で混合し、水分含量約80%の組成にしたものを日本農水産株式会社の土屋より提供を受けた。培養基はポリプロピレンやポリエチレンの袋に10×10×15 cm(高さ)の容量になる様に詰め、ロセンには通気性のポリウレタン合成樹脂を用いた。

2. 照射方法

オガクズ培養基の照射は日本原子力研究所高崎研究所食品照射ガンマー棟の6万キュリーコバルト-60γ線源を用いて行なった。照射位置の線量率の測定はFRICKE

* 日本原子力研究所高崎研究所(群馬県高崎市綿貫町1233)

Japan Atomic Energy Research Institute, Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Takasaki, Gunma.

の鉄線量計法で行ない、 5.0×10^5 R/hr の位置で 0.5, 1.0, 2.0 Mrad の吸収線量になる様に両面照射を行なった。

3. ヒラタケの栽培

本研究でキノコの栽培試験にヒラタケ (*Pleurotus ostreatus*) を選んだのはシイタケ (*Lentinus edodes*) に比べ収穫時期が短いためである。種菌は一般に用いられている液体培地¹⁾で通気培養したものと市販の固形状菌糸体の両方を用いた。種菌のオガクズ培養基への接種は、液状菌糸は大型注射器で接種し、固形菌糸はクリーンベンチ内で無菌的に接種した。接種された培養基は 20°C の恒温槽で 20~30 日培養し、ヒラタケ菌糸が培養基全体をおおい終ってから 5°C で約 24 時間の低温処理を施した。その後開封し、15°C でさらに 7~14 日間培養を続けて子実体を発生させた。

4. 殺菌効果およびマイクロフローラの変動の判定

各線量照射されたオガクズ培養基を 25°C, 10 日間、または 20°C, 1 ヶ月間保存して、1 g 当たりの増菌数の測定には Difco-Nutrient agar 平板培地、クロラムフェニコール添加の MYG agar 平板培地 (malt ex. 10 g, yeast ex. 4g, glucose 4g, chloramphenicol 0.01 g, agar 20 g, 水 1 l) などの分離培地を用いた。また、各分離培地に出現してきたコロニーの形態から大まかな分類を行ない、各代表菌種について分類学的諸性質をしらべ、細菌類は "BERGEY'S Manual of Determinative Bacteriology"²⁾ より属までの分類を行なった。また酵母菌類については飯塚・後藤³⁾の「酵母の分類同定法」を参考にし、糸状菌については BERNETT⁴⁾の "Illustrated genera of Imperfect Fungi"などを参考にして同定を行なった。

5. 分離菌株の放射線感受性

一般細菌類については定常期細胞を集菌し、芽胞細菌類は平板培地上で約 2~3 週間培養してから芽胞を集菌した。これらの集菌した細胞は 0.067 M リン酸緩衝液で 2 回洗浄し、同緩衝液に $10^8 \sim 10^9$ cells/ml の濃度に懸濁し、溶存空気平衡下で γ 線を照射して平板培養法で生存率を調べた。糸状菌についても平板培地上で約 2 週間培養して分生子を形成させ、菌糸から分離⁶⁾した分生子について同様に放射線感受性を比較した。

実験結果

1. キノコ菌糸の生育と照射培養基の変化

キノコ菌糸の生育が可能なのはほぼどの程度の放射線処理線量が必要かどうかを知る必要がある。そこで、ポリエチレン袋及びポリプロピレン袋中に密封してあるオガクズ培養基を 0.5, 1.0, 2.0 Mrad となるように

Table 1. Effect of radiation and subsequent incubation of Hiratake mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in the sawdust medium which was sealed up by film package and stored at 20°C for 7 days.

(1) Growth of mycelia

Film	Dose	non-irrad.	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
Polyethylene		±	++	++	++
Polypropylene		—	+	+	+

(2) Change of medium by microbial growth

Film	Dose	non-irrad.	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
Polyethylene					
gas production		+	—	—	—
molds growth		+	+	—	—
browning		+	+	+	—
Polypropylene					
gas production		+	—	—	—
molds growth		—	+	—	—
browning		±	+	+	—

照射して、非照射の培養基と共に固形種菌を接種してから、完全密封の状態 20°C, 7 日間培養してみた。その結果、Table 1 にみられるように非照射の培養基の場合基質中の微生物の発酵でガスが発生し、ポリプロピレン袋は発生したガスでふくれ上っていた。キノコ菌糸は死滅し、糸状菌の生育も認められなかった。ポリエチレン包装の非照射培養基ではキノコ菌糸の生育はかすかに認められ、糸状菌の発生も観察された。ところが、0.5 Mrad の線量を照射された培養基では、ガスの発生は認められなくなり、キノコ菌糸の生育も活発に認められた。しかし培養基の異変と糸状菌の発生も認められた。2.0 Mrad まで照射すると培養基の変化は一切認められずキノコ菌糸の生育だけが認められた。なお、0.5~2.0 Mrad 照射されたポリエチレン包装の培養基では培養 7 日目で、キノコ菌糸は培養基上層部をおおうまでに生長していた。ポリプロピレン包装の場合には酸素などのガス透過性が悪いためか生育が活発でなかった。

次に、ポリウレタンの通気性を有するポリエチレン包装のオガクズ培養基に γ 線を各線量照射し、ポリプロピレン包装の加熱殺菌処理した培養基と共に液状の種菌を接種して 20°C で培養してみた。この場合は密封状態のものより菌糸の生育は明らかに速く、菌糸の生育速度は 0.5, 1.0, 2.0 Mrad の各線量区で差は認められなかった。キノコ菌糸が培養基全面をおおうまでの期間は放射

Fig. 1. Cluster of young fruit bodies of *Pleurotus ostreatus* on sawdust medium irradiated with a dose of 1.0 Mrad.

線処理したもので20~22日、加熱処理したものでは26~30日と6~10日の差が認められた。このことは、放射線処理法の方が菌糸の生育が良好のことを示している。子実体の発生量も照射処理したものの方が多い傾向が認められた。Fig. 1は照射培養基からの若い子実体の簇生状態を示したものであるが、子実体の形態に及ぼす照射の影響は認められなかった。そして放射線処理した培養基の場合にも加熱処理法の場合と同様収穫後さらに2回、

3回と子実体を発生させることができた。なお、この場合0.5 Mrad照射区でもキノコ菌糸の活発な生育に圧倒されて糸状菌の発生は肉眼的に認められなかった。

2. 培養基の殺菌効果とマイクロフローラの変化

各線量照射処理したポリプロピレン包装のポリウレタン通気せんを有するオガクズ培養基を非照射のものと共に25℃、10日間種菌非接種の状態で放置して、1g当りの増菌数を調べたところTable 2に示すような結果が得られた。すなわち、非照射の培養基ではグラム陰性細菌の増殖が他を圧倒しており、中でも *Citrobacter* が主要なマイクロフローラを構成していた。また糸状菌では *Fusarium* が主要菌で、酵母菌は無孢子酵母だった。しかし乳酸菌や好浸透圧性の糸状菌等は分離されなかった。0.5 Mrad照射の培養基の場合には培養基が黒変し始めており、*Bacillus* や酵母菌が主要なマイクロフローラを構成していた。また糸状菌も若干増殖していた。1.0 Mrad照射の場合も *Bacillus* と酵母菌が増殖しており、これらの微生物が培養基の黒変の原因菌と思われる。2.0 Mrad照射の培養基では微生物は検出されなかった。

次に、薄いポリエチレン袋に完全密封したオガクズ培養基を各線量照射後20℃、1ヶ月間そのままの状態で保存して1g当りの増菌量を調べた。この場合はオガクズ培養基の調製は約2週間後に行なわれたにもかかわらず、非照射培養基に増殖してきたマイクロフローラは10日間保存した培養基の場合と同様の傾向を示していた。ま

Table 2. Effect of radiation on the multiplication of microorganisms in the sawdust medium when stored at 25°C for 10 days.

Microorganisms	non-irrad	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
<i>Bacillus</i>	$5.6 \times 10^7/g$	$8.0 \times 10^6/g$	$5.0 \times 10^6/g$	—
Gram negative rods	$6.2 \times 10^8/g$	—	—	—
Yeasts	$1.2 \times 10^6/g$	$1.8 \times 10^6/g$	$5.0 \times 10^8/g$	—
Molds	$6.2 \times 10^5/g$	$8.5 \times 10^3/g$	—	—

Tadle 3. Effect of radiation on the multiplication of microorganisms in the sawdust medium when stored at 20°C for one month.

Microorganisms	non-irrad	0.5 Mrad	1.0 Mrad	2.0 Mrad
<i>Bacillus</i>	$1.1 \times 10^6/g$	$2.4 \times 10^8/g$	$4.3 \times 10^7/g$	—
Gram negative rods	$2.5 \times 10^9/g$	—	—	—
Yeasts	$1.3 \times 10^6/g$	$5.8 \times 10^5/g$	$2.1 \times 10^8/g$	—
Molds	$4.0 \times 10^4/g$	$9.0 \times 10^4/g$	—	—
red <i>Micrococcus</i>	—	—	$1.0 \times 10^4/g$	$9.1 \times 10^4/g$

Fig. 2. Microbial flora change in aged sawdust medium as a result of irradiation.

た照射後に増殖してくるフローラも同様な傾向を示していたが、1.0~2.0 Mrad 照射の培養基では赤いコロニーを形成する仮称 red *Micrococcus* の増殖も認められた。

次に、約 10 日間 25°C の温度条件に放置しておいた非

照射のオガクズ培養基を粉砕し、各 1 g を照射用のガラス容器に取り、各線量照射後のマイクロフローラの変化と殺菌効果を調べたところ Fig. 2 のような結果が得られた。ここで gram negative rods とあるのは *Citrobacter* と *Pseudomonas* であり、大部分はガス発生原因菌の *Citrobacter* で占められていた。しかし、これらの主要変敗細菌は 0.3 Mrad 以下で簡単に死滅し、0.8 Mrad でも生き残っていたのは *Bacillus* のみだった。糸状菌は *Fusarium* が主要菌だったが、この図からはそれほど放射線抵抗性があるようには思われない。酵母菌も同様に 0.4 Mrad 以下で検出されなくなった。なお、ここで述べた *Citrobacter* や *Fusarium*、酵母菌、*Bacillus* などの各微生物はオガクズ培養基の内部にも均一に分布しており、0.5 Mrad 照射した培養基の表面に主に生育してきた不完全菌類とは生育の仕方が異なっていた。

3. 各分離菌株の分類学的諸性質と放射線感受性

これら一連の微生物試験で各平板培地上に発生してきたコロニーより代表的菌株を釣菌したところ、細菌類 36 株、酵母菌類 14 株、糸状菌類 16 株が得られた。細菌類を属まで同定すると *Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Alcaligenes*, *Serratia*, red *Micrococcus* に分類された。このうち、*Citrobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia* は非照射培養基のみに増殖してきた。酵母菌類はすべて無孢子酵母であり *Candida* と *Torulopsis* に分類された。糸状菌類の場合はすべて不完全菌であり、*Fusarium*,

Table 4. Some characteristics of bacterial genera isolated from sawdust media.

Genus	Morphology	Gram reaction	Spore formation	Motility	Oxidase	Glucos	Referece
<i>Citrobacter</i>	rods	-	-	+	-	fermented	non-irrad
<i>Pseudomonas</i>	rods	-	-	+	+	oxidized	non-irrad
<i>Alcaligenes</i>	rods	-	-	+	±	-	1.0 Mrad
<i>Bacillus</i>	rods	+	+	±	+	fermented or oxidized	0.5 Mrad
red <i>Micrococcus</i>	cocci	+	-	-	+	-	1.0, 2.0 Mrad

Table 5. Some genera of Imperfect Fungi isolated from sawdust media.

Genus	Spore type	Conidia	Reference
<i>Fusarium</i>	Phialospore	more than 2 or 3 cells, sickle shaped	non-irrad
<i>Cephalosporium</i>	Phialospore	one celled, conidia in a group	non-irrad, 0.5 Mrad
<i>Helminthosporium</i>	Porospore	more than 3 cells, cylindrical, dark	0.5 Mrad
<i>Alternaria</i>	Porospore	cross and longitudinal septa, variously shaped, dark	0.5 Mrad
<i>Cylindrocephalum</i>	Phialospore	one celled, cylindrical	non-irrad
<i>Spicaria</i>	Phialospore	one celled, conidia branched	0.5 Mrad
<i>Penicillium</i>	Phialospore	one celled, conidia branched	non-irrad

Table 6. Comparative sensitivity of micro-organisms isolated from sawdust media irradiated under the condition of air-equilibrium in 0.067 M phosphate buffer.

Strain	D ₁₀ value (Mrad)	Induction dose (Mrad)
<i>Citrobacter</i> sp. h 9	0.010	0.000
<i>Alcaligenes</i> sp. h 52	0.044	0.040
<i>Bacillus badius</i> h 10	0.150	0.000
<i>Bacillus coagulans</i> h 19	0.150	0.000
<i>Bacillus cereus</i> h 45	0.157	0.160
<i>Candida</i> sp. h 6	0.056	0.000
<i>Fusarium</i> sp. h 14	0.030	0.200
<i>Fusarium salaii</i> K 84 F	0.098	0.230
<i>Alternaria</i> sp. h 38	0.100	0.310
<i>Cephalosporium</i> sp. h 64	0.100	0.370
<i>Aspergillus oryzae</i> IAM 2630	0.020	0.022

Fig. 3. Survival curves of some bacterial species irradiated under the air-equilibrium.

Cephalosporium, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Spicaria*, *Cylindrocephalm*, *Penicillium* に分類された。この中で 0.5 Mrad 照射の培養基にも生育してきたのは *Cephalosporium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *Spicaria* 等である。これらの代表的な細菌類及び糸状菌類の分類学的諸性質はそれぞれ Table 4, 5 に示すとおり

Fig. 4. Survival curves of some Imperfect Fungi irradiated under the air-equilibrium.

である。なお、*Bacillus* については種まで同定し、*B. badius*, *B. coagulans*, *B. cereus*, *B. firmus* の 4 種に分類された。そして、これら細菌類の代表菌株の放射線感受性を Fig. 3 に示した。

次に、糸状菌類の放射線感受性を調べたところ、Fig. 4 に示すごとく *Alternaria* sp. h 38 株や *Cephalosporium* sp. h 64 株は芽胞細菌に匹敵するような強い放射線抵抗性を示した。*Fusarium* sp. h 14 株も *Penicillium* や *Aspergillus* の分生子⁶⁾に比べ強い放射線抵抗性を示していたが、生存曲線も二相性を示していた。これは microspore と macrospore が同時に形成されていたためであろう。そこで、カマ形の macrospore を多く形成する *Fusarium salaii* k 84 F 株についての生存曲線を調べたところ Fig. 5 に示すようにシグモイド形を示していた。なお、Fig. 5 に見られるように *Fusarium* の分生子をリン酸緩衝液中で通気照射した場合には D₁₀ 値も約 1/2 に低減し、栄養細胞型の放射線抵抗性細菌と似た様な放射線感受性⁵⁾を示していた。さて、これら各菌株の D₁₀ 値 (生存曲線の直線部で 90% 死滅させるに要する線量) をまとめると Table 6 の様になる。

考 察

放射線照射によりキノコ培養基中のマイクロフローラを変化させてキノコ実体の収量を上げようとする試みは

Fig. 5. Comparative sensitivity of macrospore of *Fusarium salai* K 84 F to gamma-rays under the different irradiation conditions.

すでに SPLITTSTOESSER ら⁷⁾によって行なわれている。この場合は厩肥中のマイクロフローラを変化させてマッシュルーム (*Agaricus bisporus*) の収量を上げようとしたのであるが成功していない。しかし、この場合は厩肥を殺菌しなくてもキノコは発生しており、放射線処理法が成功しなかった原因としてはマッシュルームの生育に必要な微生物類が放射線により死滅または減少したことも関係している様に見える。本研究の場合は逆に人工培養基中のマイクロフローラを変化させたり死滅させることによりキノコの人工栽培に成功した例である。

ところで、オガクズ培養基によるキノコの人工栽培は現在広く企業規模で行なわれているが、ポリプロピレンの包装材料を用いる加熱法で殺菌処理を行なっているため重油などの燃料費や人件費などのコストは軽視できないものがある。また、鋸屑は熱伝導性が悪いため加熱時間も2~6数時間以上かかり、そのため栄養成分の破壊も起っているものと思われる。そこで著者らはラジオバスターリゼーションによるキノコの栽培をこころみた訳であるが、オガクズ培養基の主要変敗菌である *Citrobacter* や *Fusarium* を殺菌する 0.5 Mrad の線量で十分キノコの栽培は可能であった。この場合、生き残って増殖してき

た *Bacillus* や酵母菌類はキノコ菌糸の生育に対し阻害作用を示さなかった。なお、キノコの栽培はシメジ (*Tricholoma*) やナメコ (*Kuehneromyces nameko*) でも試みられたがヒラタケと同様の結果が得られた。シイタケ (*Lentinus edodes*) については菌糸が培養基全面をおおうまでの培養に成功したが子実体の形成までは確認していない。しかし、シイタケのような生育の比較的遅いキノコでも 1.0 Mrad 以上照射すれば十分栽培が可能であろう。

オガクズ培養基中に発生してきた微生物類は栄養要求の複雑なものが多く、鋸屑よりも米糠を主な栄養源としているものと思われる。例えば、1.0~2.0 Mrad 照射した培養基中に発生してきた *red Micrococcus* は、現在その諸性質を検討中であるが、*Micrococcus radiodurans*⁸⁾ と同様の放射線抵抗性と栄養要求性を示すことが判明している。また、*Spicaria*, *Cylindrocephalum* などの糸状菌や酵母菌類なども栄養要求は複雑である。*Citrobacter* にしても腸内細菌の一種として知られている位で、鋸屑だけを栄養分としてガスを発生(発酵)させることは不可能であろう。糸状菌類についての放射線抵抗性の研究は *Aspergillus* や *Penicillium* については多く報告されているが、不完全菌類についての研究は少ない。本研究の例では多くの不完全菌類の放射線抵抗性は *Aspergillus oryzae*⁶⁾ などの分生子に比べ2~5倍強いことを示していた。しかし、*Pullularia pullulans*^{9),10)} や著者らが発見した *Trichosporon oryzae* nov sp.¹¹⁾ 等でもそれ以上の放射線抵抗性を示しており、このことは多くの不完全菌類が芽胞細菌に近い放射線抵抗性を示しているように思われる。しかし、オガクズ培養基の場合は 1.0 Mrad の照射で糸状菌類の生育は検出されなくなった。

以上述べてきたように、放射線処理した人工培養基によるキノコの栽培法は従来の加熱処理法よりも優れた面が多い。ポリプロピレンのような耐熱性の材質を用いる必要がなく、ベルトコンベアで大量に殺菌処理できるという利点もあり、今後の企業規模での大量栽培が期待できるであろう。しかし、照射培養基より発生してきた子実体について食品としての安全性の問題が残る。この場合は子実体そのものに放射線を照射する訳では無いので、照射による栄養素の破壊、毒性物質の生成等は考えられない。ただ念のために培養基中の照射による成分変化の影響が間接的に子実体中に現われる可能性については催奇形性などについての動物試験を行なってみる必要があろう。

要 約

キノコ類の人工栽培には、鋸屑と米糠その他の栄養素を混合調製した培養基を用いている。これらの人工培養基はあらかじめ殺菌処理してから種菌を接種することが必要である。従来の加熱処理法は熱の伝導が不均一のため処理時間が長く、培養基が変質しやすいなどの欠点がある。そこで、本研究では加熱処理法に変わる電離放射線処理法を試みた。

すなわち、非照射区のオガクズ培養基ではヒラタケ菌糸の生育は完全に阻害されるか若干認められる程度だった。0.5, 1.0, 2.0 Mrad と照射された培養基では各線量区とも菌糸の生育は活発であり、20℃, 約 20 日の培養でキノコ菌糸は培養基全面をおおった。そして加熱処理したものより菌糸の生育は活発だった。オガクズ培養基の主要変敗菌は *Citrobacter* と *Fusarium* であり、両菌種とも 0.5 Mrad 照射で殺菌され、照射後の残存フローラを構成する *Bacillus* や酵母菌類の増殖はキノコ菌糸の生育に対し阻害作用を示さなかった。

本研究に当り微生物の同定に種々の助言をいただいた東京理科大学教授飯塚廣先生ならびに種々御協力頂いた当研究室の青木章平、渡辺宏、久米民和の各氏に深謝する。また、オガクズ培養基を提供していただき、ヒラタ

ケの培養試験に御協力をいただいた日本農水産株式会社
の土屋厚氏、森田吉春氏に感謝する。

文 献

- 1) 岩出亥之助：キノコ類の培養法，（地球出版）。
- 2) BUCHANAN, R. E. et al: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 8 Ed (Williams & Wilkin's).
- 3) 飯塚 廣・後藤昭二：酵母の分類同定法，（東京大学出版会）（1967）。
- 4) BARNETT H. L.: *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, 3rd Printing (Burgess Publishing Company) (1965).
- 5) 伊藤 均・飯塚 廣・岡沢精茂・渡辺 宏：農化，**46**, 127 (1972)。
- 6) ITO H., IZUKA H. and SATO T.: *Agr. Biol. Chem.*, **37**, 789 (1973)。
- 7) SPLITSTOESSER D. F. and MASSEY, L. M. JR.: *Appl. Microbiol.*, **15**, 646 (1967)。
- 8) ANDERSON A. W., NORDAN H. C., CAIN R. F., PARRISH G. and DUGAN D.: *Food Technol.*, **10**, 575 (1956)。
- 9) SKOU J. P.: I. V. A. [Meddelande, Nr. 138, 63 (1973)。
- 10) 岡沢精茂：理研報告，**47**, 211 (1971)。
- 11) ITO H., IZUKA H., SATO T.: *Agr. Biol. Chem.*, **38**, 1597 (1974)。

（昭和 50 年 4 月 2 日受理）