

日光または紫外線照射キノコの遊離アミノ酸の変化*

桐 渕 壽 子

(埼玉大学教育学部)

平成2年8月14日受理

Changes of Free Amino Acid Composition in Fungi by Sun or Ultraviolet Light Irradiation

Toshiko KIRIBUCHI

Faculty of Education, Saitama University, Urawa 338

The quantitative difference of free amino acids, which are responsible for the tastes, was investigated in fungi by sun or ultraviolet light irradiation, when vitamin D₂ was produced from ergosterol.

The contents of the free amino acids in Shiitake, Hiratake and Enokitake were 2180, 6370 and 2730 mg% in dry matter, respectively. Glutamic acid (436-770 mg% in dry matter) attained to the highest amount among these fungi examined. When the fungi were exposed to sun or ultraviolet light for 3 hr, the amounts of the free amino acids in these fungi examined increased, but there were no significant differences in the amino acid pattern. Roughly speaking, by sun or ultraviolet light irradiation Umami and sweet tasty amino acids increased but bitter tasty amino acids decreased. During the storage of raw fungi both amount of the free amino acids and ammonia increased, the other hand, during the storage after ultraviolet light irradiation for 3 hr the amount of the free amino acid increased but that in ammonia was unchanged.

In conclusion, it is not too much to say that fungi are excellent food because vitamin D₂ was produced, the taste showed no decrease and also the freshness was kept in fungi by ultraviolet light irradiation.

(Received August 14, 1990)

Keywords: free amino acid 遊離アミノ酸, ultraviolet light irradiation 紫外線照射, sunlight radiation 日光照射, HPLC 高速液体クロマトグラフィー, taste 味, amino acid analysis アミノ酸分析.

1. 緒 言

キノコ類に日光または紫外線を照射すると多量のビタミン D₂ が生成されることを前報で報告した¹⁾²⁾。ビタミン D 含有食品の数は少ないので、このように豊富にビタミン D₂ を含むキノコが日常の調理に利用できれば、栄養的にも望ましいことと考えられる。しかし、紫外線照射等の処理が味にどのような影響を与えるのかは、調理にあたり重要な問題である。干しシイタケの呈味成分に

ついては多くの研究^{3)~8)} がなされ、5'-ヌクレオチド、遊離アミノ酸、低分子ペプチド、糖および糖アルコール、有機酸などについての分析が報告されている。シイタケ以外のキノコ類についての研究もいくつかの報告があり、呈味成分について小俣が成書にまとめている⁹⁾。キノコの味は多くの成分が関与しているが、そのうちでも遊離アミノ酸は重要な要素であると考えられる。そこで本研究では、日光または紫外線照射したキノコの、主として遊離アミノ酸の変化を検討し、調理への利用について考察した。

* 紫外線照射によるキノコ類の効果的利用 (第3報) とする (第1報: キノコ中のエルゴステロールおよびビタミン D₂ の定量¹⁾, 第2報: 紫外線照射による各種キノコのビタミン D₂ 含量に関する研究²⁾。

2. 実験方法

(1) 試料

前報同様、生シイタケ、ヒラタケ（市販名シメジ）およびエノキタケは埼玉県秩父産のものを使用した^{*1}。日光および紫外線照射もすべて前報¹⁾²⁾と同様に行った。

各試料は、個体差および部位の差をなくすため、それぞれ 100 g を使用し、シイタケは菌傘を 8 切片に切り、ヒラタケは細くほぐし、エノキタケもバラバラにほぐしよく混合して実験試料とした。

(2) 高速液体クロマトグラフィーによるアミノ酸の分析

分析装置は島津 LC-6A アミノ酸分析システムによった。カラムは強酸性陽イオン交換樹脂 Shim-Pack ISC-07 Na 型 (4.0 mmφ×15 cm) を用い、55℃ で 0.2 N クエン酸ナトリウム緩衝液 (pH 3.20) によるグラジエント溶出、流速 0.3 ml/min で分析し、蛍光検出器 (E_x 348 nm, E_m 450 nm) によるオルトフタルアルデヒド法により定量した。

(3) 試料溶液の調製

遊離アミノ酸は、新鮮なキノコ 10 g を水 10 ml とともにホモジナイザーで処理し、遠心分離 (3,000 rpm, 15 分) して得られた水抽出液 10 ml に 20% トリクロロ酢酸 10 ml を加えて遠心分離 (14,000 rpm, 10 分) を行い、除タンパクした上清液を分析試料とした。上清液は 1 N 水酸化ナトリウム溶液で pH 2.0 に調整後、0.2 N クエン酸ナトリウム緩衝液 (pH 2.20) で適当に希釈した後、0.45 μm のメンブランフィルターでろ過し、その 10~20 μl を高速液体クロマトグラフィーに注入した。全アミノ酸は、6 N 塩酸で加水分解 (110℃, 22 時間) したものを同様に処理し分析試料とした。

(4) 各アミノ酸の定量

アミノ酸混合液（和光純薬製，H 型，17 種のアミノ酸とアンモニアを含む）を用いて検量線を作成し、各アミノ酸を定量した。

3. 結果

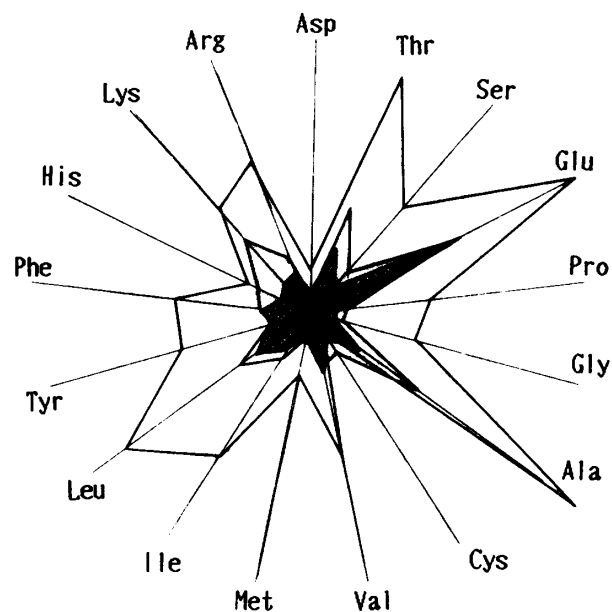
(1) 生のキノコ中のアミノ酸含量の比較

生シイタケ、ヒラタケ、エノキタケのアミノ酸含量を Table 1 に示した。全アミノ酸は、ヒラタケが著しく多く、シイタケとエノキタケにはほとんど差がみられな

Table 1. Contents of amino acids in Shiitake, Hiratake and Enokitake

Fungi	Amino acids		Free/total (%)
	Total (mg/g*)	Free (mg/g*)	
Shiitake	264.5 ± 1.62	21.8 ± 0.47	8.2 ± 0.15
Hiratake	915.7 ± 7.60	63.7 ± 0.15	6.9 ± 0.03
Enokitake	255.9 ± 10.9	27.3 ± 0.28	10.7 ± 0.42

Data were expressed in mean ± S.E. of four experiments. * Dry matter.



■ Shiitake □ Enokitake ▨ Hiratake

Fig. 1. Composition of the free amino acids in Shiitake, Hiratake and Enokitake

Each amino acid was shown in mg/g in dry matter.

った。遊離アミノ酸はヒラタケが最も多く、乾物あたりで 6,370 mg % あり、シイタケやエノキタケの約 3 倍含まれていた。

各キノコの遊離アミノ酸の組成をみると、Fig. 1 のようにいずれも比較的類似のパターンを示す。各キノコともグルタミン酸が多く、ヒラタケ、シイタケ、エノキタケの順であり、それぞれ乾物あたり 770, 436, 418 mg % 含まれている。Fig. 1 に示したアスパラギン酸から右まわりにアラニンまでのアミノ酸は、いずれもうま味あるいは甘味、またはうま味と甘味の両方の味をもつアミノ酸であり、同様にバリンからアルギニンまでのアミノ酸は主として苦味があり、シスチンはほとんど無味であ

*1 遊離アミノ酸含量の変化は鮮度すなわち採取後の日数によって変化するため、特定の業者から購入し、採取から実験までの時間が常に同じになるよう留意した。

日光または紫外線照射キノコの遊離アミノ酸の変化

Table 2. Composition of free amino acids in the fungi by sun or ultraviolet light irradiation

Amino acid	Shiitake			Hiratake			Enokitake		
	Untreated (mg/g)	Irradiated*		Untreated (mg/g)	Irradiated*		Untreated (mg/g)	Irradiated*	
		Sun (mg/g)	UV** (mg/g)		Sun (mg/g)	UV** (mg/g)		Sun (mg/g)	UV** (mg/g)
Asp	0.42	0.35	0.38	1.08	1.24	0.51	0.37	0.59	0.19
Thr	1.84	3.16	2.06	6.33	12.20	4.66	2.99	4.99	4.55
Ser	0.92	1.36	0.86	3.65	6.42	2.77	1.40	2.20	1.85
Glu	4.36	4.68	4.22	7.70	11.53	5.47	4.18	8.92	8.00
Pro	0.50	0.67	0.44	2.83	3.88	1.74	0.98	1.43	1.25
Gly	0.52	0.66	0.55	2.61	3.90	1.74	0.79	1.28	0.97
Ala	1.45	1.47	1.26	8.46	14.42	6.32	3.38	6.46	3.97
Cys	0.62	0.54	0.39	0.23	0.54	0.40	1.16	2.13	1.86
Val	1.40	1.81	1.37	3.70	5.68	2.40	1.34	2.18	1.59
Met	0.54	0.62	0.53	1.66	1.82	0.84	0.51	0.68	0.67
Ile	1.28	1.31	1.12	3.41	3.80	1.74	0.98	1.44	1.15
Leu	2.11	2.26	1.95	5.88	6.57	2.85	1.69	2.66	1.89
Tyr	1.09	1.16	1.10	3.28	4.26	2.19	1.04	1.69	1.18
Phe	1.20	1.26	1.07	3.45	5.06	2.36	1.34	2.38	1.73
His	0.75	0.51	0.72	1.69	2.58	1.33	1.50	2.10	1.95
Lys	0.97	1.59	0.94	3.34	6.00	2.66	2.61	3.62	3.47
Arg	1.16	1.52	0.92	3.95	7.98	3.90	1.58	2.70	2.31
Total (mean $\pm$ S.E.)	21.12 ± 0.07	24.93 ± 0.91	19.88 ± 0.03	63.23 ± 0.07	97.88 ± 2.25	43.88 ± 0.67	27.85 ± 0.53	47.45 ± 0.68	38.58 ± 0.55

Data were expressed in mean value of three experiments on each sample and weight value in dry matter. * Fungi were exposed to sun or ultraviolet light for 3 hr, respectively. ** Ultraviolet light.

Table 3. Changes of free amino acid contents in the fungi by sun or ultraviolet light irradiation

Fungi	Free form		Umami and sweet taste*		Bitter taste**		Glutamic acid	
	(mg/g in dry matter)	(Increased %)	(mg/g in dry matter)	(%)***	(mg/g in dry matter)	(%)***	(mg/g in dry matter)	(%)***
Shiitake								
Untreated	21.12	(100.0)	10.01	(47.4)	9.53	(45.1)	4.36	(20.6)
Irradiated: Sun	24.93	(118.0)	12.35	(49.5)	10.45	(41.9)	4.68	(18.8)
UV	19.88	(94.1)	9.77	(49.1)	8.78	(44.2)	4.22	(21.2)
Hiratake								
Untreated	63.33	(100.0)	32.66	(51.7)	27.02	(42.7)	7.70	(12.2)
Irradiated: Sun	97.88	(154.8)	53.59	(54.8)	37.75	(38.6)	11.53	(11.8)
UV	43.88	(69.4)	23.21	(52.9)	17.61	(40.1)	5.47	(12.5)
Enokitake								
Untreated	27.85	(100.0)	14.09	(50.6)	9.98	(35.8)	4.18	(15.0)
Irradiated: Sun	47.45	(170.4)	25.87	(54.5)	15.83	(33.4)	8.92	(18.8)
UV	38.58	(138.5)	20.78	(53.9)	12.47	(32.3)	8.00	(20.7)

Data were expressed in mean value of three experiments on each sample. * The amino acids contain Asp, Thr, Ser, Glu, Pro and Ala. ** The amino acids contain Val, Met, Ile, Leu, Tyr, Phe, His and Arg. *** The ratio of the amino acids to free amino acids.

ることが知られている⁹⁾¹⁰⁾。生シイタケはグルタミン酸が全遊離アミノ酸中約21%を占め、三者のなかでは最も含有比率が大きい (Table 2 および 3)。

(2) 日光または紫外線照射したさいの遊離アミノ酸組成の変化

日光または紫外線照射したさいの遊離アミノ酸組成を Table 2 および 3 に示した。シイタケ、ヒラタケ、エノキタケは日光に3時間曝すと遊離アミノ酸が増加し、それぞれ1.2, 1.5, 1.7倍量となった。しかし、紫外線照射した場合、シイタケ、ヒラタケでは逆に減少していた。数回くり返し実験を行ったが同様の傾向が得られた。日光に曝すことにより、遊離アミノ酸は増加するが、この場合いずれのアミノ酸も増加する傾向にあり、アミノ酸組成に著しい変化はみられなかった。紫外線照射で遊離アミノ酸が減少している場合も、同様にアミノ酸組成間に顕著な変化はなかった。しかし、三種のキノコとも、日光または紫外線を照射した場合、Table 3 に示したように、いずれの場合にもうま味や甘味を呈するアミノ酸の割合が増加し、苦味を呈するアミノ酸の割合は減少した。アミノ酸のなかで強いうま味を呈し、量的にも多いグルタミン酸の量も Table 3 に示した。

生シイタケとヒラタケを、熱風または天日乾燥した場合のアミノ酸含量および組成の変化を Table 4 に示した。熱風乾燥は60℃で20時間、天日乾燥は9月の晴天の続く頃を選び3~4日かけて乾燥し、直射日光を受けた時間は合計20時間であった。乾燥することによって

遊離アミノ酸量は増加し、この場合もうま味や甘味を呈するアミノ酸の増加が著しく、一方、苦味を呈するアミノ酸の割合は減少した。その変化はシイタケにおいて著しく、また熱風乾燥より天日乾燥のほうが顕著な変化がみられた。参考までに市販の干しシイタケの遊離アミノ酸量を表中に示しておいたが、これは品種(大分産、香信)が異なるので比較することはできないが、生シイタケに比べてうま味や甘味を呈するアミノ酸が多いように思われる。

(3) 保存中における遊離アミノ酸とアンモニアの変化

これまで行ってきた実験で、キノコに紫外線を照射するとアンモニアの生成量が少ないように思われたので、生シイタケとヒラタケについて3~7日間冷蔵保存し、遊離アミノ酸含量とアンモニア生成量を比較した (Table 5)。シイタケ、ヒラタケともに未処理(購入直後)のものと、日光に3時間曝したものでは、3日後に遊離アミノ酸の増加とアンモニアの急激な増加がみられた。一方、紫外線を照射した試料では、3日間の保存で遊離アミノ酸が増加しているにもかかわらず、アンモニア生成量に変化はみられなかった。しかし、7日目にはアミノ酸含量とアンモニア生成量とも著しい増加がみられた。

4. 考 察

キノコに含まれる遊離アミノ酸は、その種類によってかなりの変動がみられる。小俣⁹⁾によると、多くのキノ

Table 4. Changes of free amino acid contents in raw and dried fungi

Fungi	Free form		Umami and sweet taste*		Bitter taste*		Glutamic acid	
	(mg/g in dry matter)	(Increased %)	(mg/g in dry matter)	(%)*	(mg/g in dry matter)	(%)*	(mg/g in dry matter)	(%)*
Shiitake								
Raw	21.12	(100.0)	10.01	(47.4)	9.53	(45.1)	4.36	(20.60)
Dried**: Heat	26.56	(125.8)	16.64	(62.7)	8.31	(31.3)	8.80	(33.13)
Sun	27.58	(130.6)	18.79	(68.1)	6.90	(25.0)	8.30	(30.09)
Hiratake								
Raw	63.23	(100.0)	32.66	(51.7)	27.02	(42.7)	7.70	(12.18)
Dried**: Heat	69.25	(109.5)	37.92	(54.8)	26.85	(38.8)	9.12	(13.17)
Sun	72.03	(113.9)	38.88	(54.0)	27.58	(38.3)	9.19	(12.76)
Commercial dried Shiitake (Oita, Koshin)	20.47	—	11.66	(57.0)	7.39	(36.1)	5.18	(25.31)

Data were expressed in mean value of three experiments on each sample. * See the footnote of Table 3.

** Fungi were dried by heating for about 20 hr at 60℃, or by exposing to sunlight about 20 hr at a fine day of September.

日光または紫外線照射キノコの遊離アミノ酸の変化

Table 5. Changes of free amino acid and ammonia in Shiitake and Hiratake during the storage at refrigerator (5-7°C)

Storage period (day)	Shiitake			Hiratake		
	Untreated (mg/g*)	Irradiated**		Untreated (mg/g*)	Irradiated**	
		Sun (mg/g*)	UV (mg/g*)		Sun (mg/g*)	UV (mg/g*)
Free amino acid						
0	21. 29	22. 93	19. 91	63. 23	97. 88	43. 88
3	48. 12	36. 23	25. 07	88. 87	101. 83	51. 36
7	42. 28	36. 39	29. 95	78. 44	70. 23	74. 03
Ammonia						
0	0. 11	0. 16	0. 13	0. 11	0. 82	0. 53
3	0. 21	0. 22	0. 13	0. 83	1. 14	0. 53
7	0. 22	0. 13	0. 16	0. 53	0. 72	1. 61
Umami and sweet tasty amino acid** (%)**						
0	48. 2	47. 5	47. 8	51. 7	54. 8	52. 9
3	52. 5	50. 7	57. 0	58. 4	55. 8	55. 9
7	52. 7	54. 4	59. 1	60. 6	55. 5	64. 3
Bitter tasty amino acid** (%)**						
0	45. 2	44. 7	45. 3	42. 7	38. 6	40. 1
3	40. 1	42. 2	36. 0	35. 9	37. 7	37. 8
7	39. 0	39. 7	36. 1	33. 8	37. 5	31. 4

Data were expressed in mean value of three experiments on each sample. * Dry matter. ** See the footnote of Tables 2 and 3.

コ類に存在するアミノ酸はグルタミン酸、アスパラギン酸、アラニンなどであり、またアルギニン、ヒスチジン、バリン、ロイシン、セリン、メチオニンなども比較的多種のキノコに認められ、このようにキノコによって含有アミノ酸の異なるのは、それぞれのキノコに存在する酵素類の影響によると述べている。

本実験で用いた3種のキノコは、Fig. 1 にみられるように、比較的類似のアミノ酸パターンを示した。いずれのキノコにも比較的多いのは、グルタミン酸、スレオニン、ロイシン、アラニン、バリン、アルギニンであり、そのなかでもグルタミン酸の占める割合が最も大きく、とくにシイタケでの含量は著しい (Table 2 および 3)。日光に3時間曝した場合は、全遊離アミノ酸はシイタケ、ヒラタケ、エノキタケでそれぞれ約1.2, 1.5, 1.7倍に増加したが、この場合にはどのアミノ酸も増加しており、特定のアミノ酸に著しい変化はみられなかった。紫外線照射 (3時間) した場合には、シイタケとヒラタケでは遊離アミノ酸量は減少 (シイタケで約94%, ヒラタケで約70%) し、エノキタケでは増加したが、日光に曝した場合に比べて増加の割合は少ない (Table 3)。この

場合もアミノ酸組成に著しい変化は認められなかった。

このように日光に曝すとアミノ酸が増加するのは、キノコ中のプロテアーゼの作用によりアミノ酸が遊離するためと考えられる。シイタケにプロテアーゼが存在することは Terashita ら¹¹⁾ によって報告されている。シイタケ以外のキノコ類にもプロテアーゼが存在することは十分予想できる。一方、紫外線照射の場合には遊離アミノ酸は増加せず、むしろ減少の傾向を示すのは、原因の一つとしてプロテアーゼが紫外線により失活したのではないかと推測される。

日光または紫外線照射した場合のうま味や甘味を呈するアミノ酸 (アスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニン) と、苦味を呈するアミノ酸 (バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、ヒスチジン、アルギニン) との量を比較すると (Table 3)、いずれのキノコもわずかではあるがうま味や甘味を呈するアミノ酸含量が多くなり、苦味を呈するアミノ酸の量は減少している。すなわち、日光や紫外線の照射により、味は低下することなく、むしろよくなると考えられる。

また、シイタケとヒラタケを乾燥した場合 (Table 4) には、いずれも遊離アミノ酸含量が増加している。とくにシイタケで増加は著しく約 1.3 倍になっており、アミノ酸のなかではグルタミン酸の増加が著しく、全遊離アミノ酸中約 30 % 以上を占めていた。したがって、うま味や甘味を呈するアミノ酸の増加が著しく、苦味を呈するアミノ酸はむしろ減少している。このアミノ酸の増加は、日光を 3 時間照射した場合と同様に、乾燥中にプロテアーゼが作用したものと考えられる。熱風乾燥 (60℃) と天日乾燥とでは、天日乾燥のほうがアミノ酸含量の増加はやや多いが、これは乾燥中のキノコ内の温度上昇が天日乾燥のほうがゆるやかであり、酵素がよく作用するので、多くのアミノ酸が遊離されてきたものと推察される。

呈味成分として干しシイタケに存在する 5'-ヌクレオチドは生シイタケより多く⁸⁾、干しシイタケのうま味の主体は多量に存在する 5'-ヌクレオチドとグルタミン酸の相乗効果によるものと思われる。

生のキノコはあまり保存はきかないが、生シイタケ、ヒラタケを 1 週間冷蔵庫 (5~7℃) に保存した場合、遊離アミノ酸の増加がみられたが、同時にアンモニアも増加している (Table 5)。おそらく、プロテアーゼによるタンパク質の自己消化によるアミノ酸の遊離と、それに続くアミノ酸やタンパク質の分解がおこっているものと推察される。これは日光に 3 時間曝して保存した場合も同様であった。ところが、紫外線照射したものでは、3 日くらいは遊離アミノ酸は増加するが、アンモニアはまったく増加しない。3 日以後もさらに保存を続けるとアミノ酸もアンモニアも増加しはじめた。すなわち、紫外線を照射することによってある程度鮮度が保てるように思われた。しかし、この間にもプロテアーゼにより遊離アミノ酸は増加し、なかでもうま味や甘味を呈するアミノ酸の増加が著しいようである。

以上の結果から、日光や紫外線をキノコに照射し、ビタミン D₂ を生成させても味は悪くならず、むしろよくなるように思われた。本実験では遊離アミノ酸の変化量から考察してきたが、他の呈味成分についても検討する必要がある、今後の課題である。現在、日光や紫外線照射したキノコの呈味について官能検査により検討している。キノコに紫外線を照射すると、ビタミン D₂ が生成され、少なくとも味は低下することなく、鮮度もある程度保たれ、栄養、調理への利用の両面から非常にすぐれた食品になると思われた。

5. 要 約

日光や紫外線照射によるビタミン D₂ 含有キノコの呈味に関係のある遊離アミノ酸含量について検討し、調理上利用できるか否かを検討し次のような結果を得た。

(1) 本研究で使用したシイタケ、ヒラタケ、エノキタケのうちで遊離アミノ酸含量の最も多いのはヒラタケで、次いでエノキタケ、シイタケの順で、それぞれ乾物あたりで、6,370, 2,730, 2,180 mg % であった。いずれのキノコもグルタミン酸が最も多く含まれている点が共通しており、アミノ酸組成のパターンは比較的類似していた。

(2) 3 時間日光に曝すと遊離アミノ酸は増加したが、アミノ酸組成間に顕著な変化はなかった。そして大まかにみると、うま味や甘味を呈するアミノ酸の量がやや増加し、苦味を呈するアミノ酸の割合がやや減少している傾向がみられた。

(3) 紫外線照射 (3 時間) ではエノキタケでは遊離アミノ酸は増加したが、日光の場合より少なく、シイタケ、ヒラタケでは減少した。いずれのキノコもアミノ酸組成間の顕著な変化はなかったが、この場合もうま味や甘味を呈するアミノ酸の割合はやや増加し、苦味のアミノ酸はやや減少していた。

(4) 熱風乾燥、天日乾燥により遊離アミノ酸量は著しく増加し、天日乾燥のほうがいっそう顕著であった。とくにシイタケではグルタミン酸の量に著しい増加がみられた。

(5) 紫外線照射したキノコは数日間はアンモニアの生成量に変化はなく、鮮度を保つのに効果があるように思われた。

終わりに本実験に協力された足立一枝、古田美智子、田中美奈子、斉藤晴美の諸氏に感謝いたします。

本研究は平成 2 年度文部省科学研究費補助金 (一般 C, 課題番号 02680049) の援助を受けて行われたことを記し謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 桐淵壽子: 家政誌, 41, 395 (1990)
- 2) 桐淵壽子: 家政誌, 41, 401 (1990)
- 3) 中島宜郎, 市川恒平, 鎌田政喜, 藤田栄一郎: 農化, 35, 797 (1961)
- 4) 毛利威徳, 橋田 渡, 志賀岩雄, 寺本四郎: 醸工, 42, 434 (1964)
- 5) 山本喜男, 遠藤金次, 門脇蓉子, 上村隆子, 高山直子: 家政誌, 18, 388 (1967)
- 6) 門脇蓉子, 鄭 秀麗, 尾藤温子, 遠藤金次, 山本

日光または紫外線照射キノコの遊離アミノ酸の変化

- 喜男：家政誌，20，86（1969）
- 7) 別所秀子，池田 安：栄養と食糧，24，396（1971）
- 8) 菅原龍幸，新井静子，青柳康夫，国崎直道：栄養と食糧，28，477（1975）
- 9) 小俣 靖：“美味しさ”と味覚の科学，日本工業新聞社，東京，258～260（1986）
- 10) 芦田 淳：栄養化学概論，養賢堂，東京，122（1979）
- 11) Terashita, T., Okada, K., Kōno, M. and Murano, S.: *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 2293（1985）