菌床栽培ブナシメジ・ナメコ・エノキタケの一般成分と 無機質含量ならびに培地成分との関係

佐々木弘子*・青柳康夫**・春日敦子**・田中祐子**
松沢睦子**・川井英雄**

Relationships between Fruit Body Compositions and Substrates in
Bunashimeji [*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow], Nameko
[*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito Imai in Imai] and Enokitake
[*Flammulina velutipes* (Curt. : Fr.) Sing.] Mushrooms
Cultivated on Sawdust Substrate Beds

Hiroko SASAKI*, Yasuo AOYAGI**, Atsuko KASUGA**, Yuko TANAKA**
Mutsuko MATSUZAWA** and Hideo KAWAI**

* Kagawa Nutrition University, 3-9-21, Chiyoda, Sakado-shi, Saitama 350-02

** Kagawa Nutrition Junior College, 3-24-3, Komagome, Toshima-ku, Tokyo 170

Ten samples of Bunashimeji [*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow], fourteen samples of Nameko [*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito et Imai in Imai] and eight samples of Enokitake [*Flammulina velutipes* (Curt. : Fr.) Sing.] mushroom cultivated on sawdust substrate beds were obtained together with their substrate beds, which were all of distinct origins. By analyzing proximate compositions and mineral contents in both these mushrooms and their substrate beds, effects of the sawdust substrate composition on the mushroom composition were examined. In Bunashimeji, Nameko and Enokitake mushrooms, the nitrogen content in their fruit body was not significantly related to that in the substrate. In Bunashimeji mushroom, concentration of minerals to the fruit body from the substrate was found in K (11.6 times), Na (9.73 times), Zn (1.81 times), Cd (4.30 times) and Hg (1.80 times), but a significant correlation between them was found only in Na. Fe from the substrate was not concentrated in the fruit body, however, a significant correlation between the fruit body and its substrate was observed. In Nameko mushroom, concentration of minerals to the fruit body from the substrate was found in K (5.9 times), Na (2.31 times), Mg (1.52 times), P (4.52 times), Cu (1.69 times), Zn (4.02 times) and Cd (3.23 times). Ca from substrate was not concentrated in the fruit body, however, a significant correlation between the fruit body and its substrate was observed. In Enokitake mushroom, concentration of minerals from the substrate to the fruit body was found in K (3.13 times), Zn (1.76 times), Cd (1.89 times) and Hg (1.88 times). Cu was not concentrated in the fruit body from the substrate, however a significant correlation between the fruit body and its substrate was observed.

(Received Jan. 11, 1994)

近年、キノコ類は自然食品として、また食物繊維を多く含む健康食品として再認識されている。そのため需要の増加に見合うように計画的生産が可能である菌床栽培が、種々のキノコ類について行なわれてきている。しか

* 女子栄養大学 (〒350-02 埼玉県坂戸市千代田 3-9-21)

** 女子栄養短期大学 (〒170 東京都豊島区駒込 3-24-3)

し、菌床栽培の場合、種々の培地素材が使われる可能性があり、また培地成分の重金属が子実体へ濃縮されるとい報告^{1,2)}がみられるため、子実体とその培地成分との関係を明らかにする必要がある。

既に我々は原木栽培および菌床栽培のシイタケ [*Lentinus edodes* (Berk.) Sing.] 子実体ならびにその菌床培地の成分との相関³⁾、ヒラタケ [*Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Quél.] およびマイタケ [*Grifora frondosa* (Dicks.: Fr.) S.F. Gray] の子実体とその菌床培地の成分との相関⁴⁾について報告したが、今回はシイタケ、ヒラタケ、マイタケと同様に生産地および生産者などが明らかな菌床栽培ブナシメジ [*Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow]、ナメコ [*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito et Imai in Imai]、エノキタケ [*Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing.] の子実体と培地の一般成分および無機質含量を定量し、培地成分と子実体との相関について検討したので報告する。

実験方法

1. 試料の収集

ブナシメジは長野、茨城、奈良の生産者より合計10件、約2 kg ずつ収集した。ナメコは山形、宮城、新潟、長野の生産者より、合計14件、約1.5 kg ずつ収集した。エノキタケは長野、新潟の生産者より合計8件、約1.5 kg ずつ収集した。

培地は子実体を収集したものと同一ロットで、植菌直後のもの各3~5個(1.3 kg~3.1 kg)を入手した。なお、各子実体は出荷規格にあった標準品、すなわちブナシメジは茎の長さ6~8 cm、傘の径3 cm 内外のもの、ナメコは傘の径28 mm 未満のもの、エノキタケは茎の長さ13~14 cm、傘の径約1 cm のものを収集した。しかし一般の生産者からの試料の収集であったため、種菌の種類および菌床の樹種は特定出来なかった。

各生産者により採取された子実体ならびに培地は、ただちにクール便にて本学に送付され、以後の操作は前報³⁾に従った。

2. 分析方法

一般成分の分析は、四訂日本食品標準成分表記載の常法⁵⁾により行なった。ただし、脂質についてはソックスレー抽出による。タンパク質は子実体と培地の窒素量を比較するためケルダール窒素量として示した。培地については、一般成分のうちケルダール窒素と灰分についてのみ測定した。

無機質のうちカルシウム、マグネシウム、リン、鉄、

銅、亜鉛、マンガンの測定は乾式灰化後、誘導結合プラズマ発光分光分析計(ICP)により行なった。カリウムとナトリウムは1% 塩酸を用いて抽出し、蛍光光度計により測定した。水銀は水銀分析用加熱気化装置により測定した。カドミウムの分析は硝酸-過塩素酸にて湿式灰化後、原子吸光分析計により行なった。

分析結果はそれぞれ平均値±標準偏差として示した。

結果および考察

1. 菌床栽培ブナシメジ成分と培地成分の関係

ブナシメジの子実体と培地の一般成分値をFig. 1に示した。

水分以外の成分については無水物基準換算値として示した。四訂日本食品標準成分表⁵⁾(以下、成分表と略)に比較して脂質は約1/3量の低値を示したが、その他の一般成分値はほぼ同じ値を示し、倉澤ら⁶⁾の値ともほとんど同じ値を示した。今回分析に供した子実体は生産年度、生産地および生産者が違っても、成分にほとんど差がみられなかった。これは栽培方法がシステム化されて

Fig. 1 Proximate compositions of Bunashimeji [*Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigelow] mushroom and sawdust substrate bed

Ten pairs of Bunashimeji mushroom (A) and its sawdust substrate bed (B) were analyzed. Values are means±SD.

いることなどが一因と考えられた。なお、子実体と培地の窒素量間ならびに灰分量間には相関は認められなかった。子実体中の無機質含量のナトリウムを成分表⁵⁾と比較すると約4倍高い値を示し、マンガンは数野ら⁷⁾の値に比較し1.5倍高く、銅は約1/2量と低かった。

子実体と培地の無機質含量の比較を Fig. 2 に示した。カリウムは 11.66 ± 6.06 倍、亜鉛は 1.81 ± 1.02 倍、カドミウムは 4.30 ± 1.87 倍、水銀は 1.80 ± 0.13 倍の培地成分か

ら子実体への濃縮がみられたが、培地濃度との間には相関は認められなかった。ナトリウムは 9.73 ± 3.34 倍の濃縮がみられ、相関係数が 0.7577 の有意 ($p < 0.05$) な相関がみられた (Fig. 3)。鉄は培地からの濃縮はみられなかったが、相関係数が 0.8833 の有意 ($p < 0.01$) な相関がみられた (Fig. 4)。カリウムは濃縮割合が大きいが変動係数も高いため、試料による差も大きいものと考えられた。また有害とされるカドミウムは約5倍の濃縮がみら

Fig. 2 Mineral contents of Bunashimeji [*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow] mushroom and sawdust substrate bed

Values are means $\pm$ SD. (n=10)

White bar : Fruit body

Black bar : Sawdust substrate bed

Fig. 3 A relationship in sodium content between fruit body and sawdust substrate bed

Ten pairs of Bunashimeji [*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow] mushroom and its sawdust substrate bed were analyzed.

*: $p < 0.05$

Fig. 4 A relationship in iron content between fruit body and sawdust substrate bed

Ten pairs of Bunashimeji [*Hypsizigus marmoreus* (Peck) Bigelow] mushroom and its sawdust substrate bed were analyzed.

** : $p < 0.01$

Fig. 5 Proximate compositions of Nameko [*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito et Imai in Imai] mushroom and sawdust substrate bed

Fourteen pairs of Nameko mushroom (A) and its sawdust substrate bed (B) were analyzed. Values are means $\pm$ SD.

れたが、変動係数も大きいため、個体差による影響が大きく、量においても安全上特に問題になる量⁸⁾ではないことが確かめられた。

TYLER⁹⁾は野生キノコ130種、200個体の子実体には0.1~299 $\mu\text{g/g}$ 、平均1.4 $\mu\text{g/g}$ のカドミウムが存在し、子実体とキノコの生えていた土壌中のカドミウム濃度との間に相関はみられないと報告している。また特にハラタケ属のキノコでは高濃度に存在し、特異的に濃縮されるため、菌糸の生長に必須の元素であると示唆している。菌床栽培の子実体の値は野生キノコの平均値の1/3量であり、濃縮率も低いため、ブナシメジでは子実体の中でのカドミウムの生理的役割を推察するのは難しいと思われた。堀越¹⁰⁾の総説では野生キノコ中の平均水銀濃度は約140 $\mu\text{g}/100\text{g}$ (乾燥重量当り) でキシメジ科に濃度の高いものがあるとしている。菌床栽培子実体中では $2 \pm 1.4 \mu\text{g}/100\text{g}$ とかなり低い値であり、また濃縮率も小さいことから、菌床栽培キノコでは安全上問題はないと考えられた。

2. 菌床栽培ナメコ成分と培地成分の関係

ナメコの子実体および培地の一般成分値を Fig. 5 に示した。子実体は成分表⁵⁾に比較して灰分は約1.5倍量と多く、脂質は約1/2量と低い値であった。なお子実体と培地の窒素量間ならびに灰分間には相関は認められなかった。

子実体の無機質は成分表⁵⁾に比較してカルシウムは約1/3量、ナトリウムは約1/2量であった。銅は日本食品

Fig. 6 Mineral contents of Nameko [*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito et Imai in Imai] mushroom and sawdust substrate bed

Value are means $\pm$ SD.

White bar : Fruit body

Black bar : Sawdust substrate bed

無機質成分表¹¹⁾に比較すると約1/2量であった。

子実体と培地の無機質含量の比較をFig. 6に示した。カリウムは 5.39 ± 2.38 倍、ナトリウムは 2.31 ± 1.16 倍、マグネシウムは 1.52 ± 0.60 倍、リンは 4.52 ± 2.12 倍、銅は 1.69 ± 1.04 倍、亜鉛は 4.02 ± 2.43 倍、カドミウムは 3.23 ± 4.16 倍の子実体への濃縮がみられた。培地濃度との間には相関は認められなかった。カルシウムは培地からの濃縮はみられなかったが、相関係数0.6088の有意($p < 0.01$)な相関がみられた (Fig. 7)。

カドミウム以外で濃縮されている無機質は、濃縮割合が約1.7~5.4倍、変動係数が39~60の範囲であり、ブナシメジと比べ、低い値を示した。カドミウムは約3倍濃縮されたが、変動係数が129とかなり大きく、個体差の影響が大きいたことが考えられた。さらに量においてもブナシメジ同様、安全上特に問題となる量⁸⁾ではないことが確認された。水銀は子実体に $0.4 \pm 0.63 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ とごく少量存在したが、培地中には検出限界以下であった。堀越¹⁰⁾による野生キノコの平均値の1/300量と非常に少ないことが確かめられた。

3. 菌床栽培エノキタケ成分と培地成分の関係

エノキタケの子実体および培地の一般成分値をFig. 8に示した。子実体の粗繊維は成分表⁵⁾の1.2倍量を示したが、他の成分はほとんど同じレベルであった。子実体と培地の窒素量間ならびに灰分量間に相関は認められなかった。

川井ら¹²⁾の報告と比較すると、ナトリウムは約1/4量であり、亜鉛は1.5倍量であった。他の無機質はほぼ同じ値であった。マグネシウム、亜鉛は日本食品無機質成分表¹²⁾とほぼ同じ値であった。エノキタケの栽培方法は確立されたものであり、生産者、生産場所などの違いによる影響はほとんど無いものと推察された。子実体と培地の無機質含量をFig. 9に示した。カリウムは 3.13 ± 0.25 倍、亜鉛は 1.76 ± 1.15 倍、カドミウムは 1.89 ± 3.07 倍、水銀は 1.88 ± 0.78 倍の培地から子実体への濃縮がみられたが、培地中のこれら無機質濃度との間には相関は認められなかった。銅は培地からの濃縮はみられなかったが、相関係数0.7852の有意($p < 0.05$)な相関がみられた (Fig. 10)。カリウムの濃縮は変動係数8.0とバラツキが小さく、亜鉛、水銀は変動係数41、65とややバラツキがみられた。カドミウムは約2倍濃縮されているが、変動係数162とかなりバラツキがみられ、個体差があるものと考えられた。子実体中のカドミウム量においてはブナシメジ、ナメコと同様、安全上特に問題となる量⁸⁾ではないことが確認された。子実体と培地中の水銀はキシ

メジ科のブナシメジ、エノキタケではほとんど同じ量であった。

堀越の総説¹⁰⁾によれば生物体中には生命を維持する

Fig. 7 A relationship in calcium content between fruit body and sawdust substrate bed

Fourteen pairs of Nameko [*Pholiota nameko* (T. Ito) S. Ito et Imai] mushroom and its sawdust substrate bed were analyzed.

** : $p < 0.01$

Fig. 8 Proximate composition of Enokitake [*Flammulina velutipes* (Curt. : Fr.) Sing.] mushroom and sawdust substrate bed

Eight pairs of Enokitake mushroom (A) and its sawdust substrate bed (B) were analyzed. Values are means $\pm$ SD.

Fig. 9 Mineral contents of Enokitake [*Flammulina velutipes* (Curt. : Fr.) Sing.] mushroom and sawdust substrate bed

Values are means ± SD.

White bar : Fruit body

Black bar : Sawdust substrate bed

Fig. 10 A relationship in copper content between fruit body and sawdust substrate bed

Eight pairs of Enokitake [*Flammulina velutipes* (Curt. : Fr.) Sing.] mushroom and its sawdust substrate bed were analyzed.

*: $p < 0.05$

のに必要な必須金属としてカリウム、ナトリウム、マグネシウム、カルシウム、鉄など14種類の元素が知られているが、キノコ類のこれら必須金属濃度の頻度分布パターンは正規分布に近いものであり、特に高濃度に濃縮するキノコは見いだされていないとしている。今回分析したキシメジ科のブナシメジとエノキタケの必須金属の濃縮はカリウム、ナトリウムで濃縮率に大きな差がみ

れたが、その他の元素はほぼ同じ濃縮率であった。モエギタケ科であるナメコはキシメジ科のブナシメジ、エノキタケとは元素の濃縮率はかなり違ったパターンを示した。

要 約

菌床栽培のブナシメジ10試料、ナメコ14試料、エノキタケ8試料の子実体とその菌床培地の一般成分と無機質含量を測定し、菌床成分の子実体への影響について検討した。

(1) ブナシメジ、ナメコ、エノキタケいずれの場合も、培地窒素量と子実体タンパク質量との間に有意な相関はみられなかった。

(2) ブナシメジでは菌床から子実体への無機質の濃縮はカリウム (11.66 ± 6.06 倍)、ナトリウム (99.73 ± 3.34 倍)、亜鉛 (1.81 ± 1.02 倍)、カドミウム (4.30 ± 1.87 倍)、水銀 (1.80 ± 0.13 倍) でみられた。培地と子実体との相関は濃縮がみられたナトリウム ($P < 0.05$)、濃縮がみられなかった鉄 ($P < 0.01$) で有意が認められた。

(3) ナメコでは菌床から子実体への無機質の濃縮はカリウム (5.39 ± 2.38 倍)、ナトリウム (2.31 ± 1.16 倍)、マグネシウム (1.52 ± 0.60 倍)、リン (4.52 ± 2.12 倍)、銅 (1.69 ± 1.04 倍)、亜鉛 (4.02 ± 2.43 倍)、カドミウム (3.23 ± 4.16 倍) でみられた。培地と子実体との相関は濃縮がみられなかったカルシウム ($P < 0.05$) で有意が認められ

た。

(4) エノキタケでは菌床から子実体への無機質の濃縮はカリウム (3.13 ± 0.25 倍), 亜鉛 (1.76 ± 1.15 倍), カドミウム (1.89 ± 3.07 倍), 水銀 (1.88 ± 0.78 倍) でみられた。培地と子実体との相関は濃縮がみられなかった銅 ($P < 0.05$) のみ有意が認められた。

本研究を遂行するにあたり、終始ご指導を賜りました女子栄養大学教授菅原龍幸博士に対し、深く感謝の意を表します。また試料の収集にご協力くださいました日本特用林産振興会にお礼申し上げます。

文 献

- 1) 大江章夫・杉谷 哲・山田不二造：食衛誌, **22**, 345 (1981).
- 2) 安井明美・堤 忠一・高橋政則・森 健：日食工誌, **35**, 160 (1988).
- 3) 青柳康夫・春日敦子・佐々木弘子・松沢睦子・伝川祐子・川井英雄：日食工誌, **40**, 771 (1993).
- 4) 川井英雄・松沢睦子・伝川祐子・佐々木弘子・春日敦子・青柳康夫：日食工誌, **41**, 419 (1994).
- 5) 科学技術庁資源調査会：四訂日本食品標準成分表, 科学技術庁資源調査会編, (大蔵省印刷局, 東京) p. 20~28, p. 258~262 (1982).
- 6) 倉澤新一・菅原龍幸・林 淳三：日食工誌, **29**, 400 (1982).
- 7) 数野千恵子・三浦 洋：日食工誌, **31**, 649 (1984).
- 8) 厚生省「カドミウムによる環境汚染暫定対策」1969年3月, 1970年7月
- 9) G. TYLER : *Trans. Br. Mycol. Soc.* **74**, 41 (1980).
- 10) 堀越孝雄：植物と自然, **16**, 17 (1982).
- 11) 科学技術庁資源調査会：日本食品無機質成分表 (マグネシウム, 亜鉛, 銅), 科学技術庁資源調査会編, (大蔵省印刷局, 東京) p. 62 (1991).
- 12) 川井英雄・菅原龍幸・角屋敷佳代子・青柳康夫・細貝祐太郎：日食工誌, **33**, 250 (1986).

(平成6年1月11日受理)