

# ヤマブシタケ菌床栽培における子実体の生育ステージと栄養成分との関係

高島 幸司\*1・加藤 肇\*2・甲 知美\*3

Effects of growth stage on nutritional constituents in fruit-body,  
*Hericiium erinaceum* cultivated on sawdust substrate

Koji TAKABATAKE\*1, Tadahito KATOH\*2, Tomomi KABUTO\*3

ヤマブシタケ菌床栽培において子実体の生育ステージが子実体の栄養成分に及ぼす影響を検討した。一般成分ではタンパク質の含有量は生育ステージの進展に伴い増加し、灰分は減少した。子実体の生育ステージの進展に伴いキチン含有量、有機酸総量、遊離糖・糖アルコール総量は増加し、遊離アミノ酸総量は減少した。総食物繊維量は子実体の胞子放出後に低下した。これらのことから、ヤマブシタケ菌床栽培における子実体の栄養成分に関して、子実体の生育ステージに応じて栄養成分の含有量が異なることが明らかになった。

## 1. はじめに

ヤマブシタケ *Hericiium erinaceum* (Bull.:Fr.) Pers.は、ブナ、ナラ類、カシ類の倒木や枯れた幹に発生し、中国、日本、ヨーロッパ、北米南部に分布するサンゴハリタケ属のきのこである(1, 2)。ヤマブシタケ子実体の乾燥品は生薬(猴頭)として取り扱われ、最近では子実体中に神経成長因子合成誘導促進成分、免疫調整機能成分等、様々な機能性成分を有することが報告され(3, 4)、消費者の健康ニーズに合致したきのことして市場に流通し始めたきのこである。

ヤマブシタケ子実体の機能性能の観点から収穫適期を明らかにするために子実体の生育ステージと機能性能との関係を検討したところ、ヤマブシタケ子実体の抗酸化活性、アンジオテンシンI変換酵素阻害活性、グリケーション阻害活性、ヒアルロニダーゼ阻害活性は、子実体の生育ステージの進展と共に高くなることを明らかにした(5)。

しかし、ヤマブシタケを食材として提供するには、子実体の機能性能のみならず栄養成分も大切な要素である。ヤマブシタケ菌床栽培における子実体の栄養成分は用いる菌株、培地の栄養材により大きく異なることが知られている(6)。しかし、子実体の生育ステージと栄養成分の関係は明らかにされていない。そこで、本研究ではヤマブシタケ菌床栽培における子実

体の一般成分、総食物繊維量、キチン、遊離糖・糖アルコール、有機酸、遊離アミノ酸の含有量を定量して子実体の生育ステージと栄養成分との関係を検討した。

## 2. 材料および方法

### 2.1 ヤマブシタケ菌床栽培

#### 1) 供試菌および接種源

供試菌は、富山県農林水産総合技術センター森林研究所保存菌株、ヤマブシタケHer-14を供試した。

ブナオガコと米ぬかを乾重量比で4:1に混合し、含水率を65%(湿量基準)に調整して接種源用培地とした。接種源用培地に予めPDA培地で供試菌を25℃にて14日間培養した菌糸体を接種し、25℃で6週間培養して菌床栽培用の接種源とした。

#### 2) 栽培条件および接種時期

培地基材にブナオガコ、栄養材にコーンコブを用いた。培地基材と栄養材を乾重量比1:1に混合して供試培地とした。なお、培地含水率は、水道水で65%(湿量基準)に調整した。ポリプロピレン製850mlビンに供試培地を520g詰め、118℃・1.2気圧の条件で45分間、高圧滅菌処理をした。放冷後、供試菌を約10g接種した。その後、21±2℃にて28日間培養を行い、培養終了後、培養基を発生室(12±2℃、相対湿度90%以上、照度300lux)に移し、子実体形成を促

\*1: 森林研究所, \*2: 食品研究所, \*3: 富山県農林水産部農業技術課

した。

子実体の生育ステージを既報 (5) に基づいて4期に区分して収穫した。ステージ1 (S1) : 子実体の針の長さが15mm以下, ステージ2 (S2) : 子実体の針の長さが15~25mm, ステージ3 (S3) : 子実体の針の長さが25mm以上で胞子が落下していない, ステージ4 (S4) : 子実体の針が25mm以上で胞子の落下が認められる時期とした。培養基を発生室に移してS1:10日後, S2:12日後, S3:14日後, S4:16日後に子実体を収穫した。

## 2.2 子実体成分の測定

供試子実体を凍結乾燥して粉碎機で粉末にし, 30メッシュ以下に粒径調整して試料とした。試料は分析に供するまで5℃にて保存した。

一般成分, 総食物繊維量は五訂日本食品標準成分表分析マニュアル (7) に準拠した。タンパク質は自動窒素タンパク質分析装置 (三田村理研工業 (株)) により, 脂質は酸分解法により, 灰分は乾式灰化法により測定した。総食物繊維量はプロスキー変法 I で測定し, 倉沢ら (8) の方法によりキチン含有量を補正した。

遊離糖・糖アルコール及び有機酸は吉田ら (9), 村椿ら (10) の方法に準拠して行った。試料0.5gに80%エタノール溶液50mlを加え, 1時間加熱還流後, 濾過し, 濾液を得た。さらに2回同様の方法で30分間抽出し, 濾液を合わせて40℃で減圧濃縮してエタノールを除去し, 蒸留水で50mlに定容した。抽出液のうち20mlをDowex 50W-X (H<sup>+</sup>, 100~200メッシュ, 2.2×5.0cm) とDowex WGR (OH<sup>-</sup>, 20~50メッシュ, 2.2×5.0cm) の接続カラムに通し, 次いで100mlの蒸留水を通して非吸着透過液を減圧濃縮して蒸留水で10mlに定容し, HPLC (装置: Gilson Model 1302, カラム: 資生堂 CAPCELLPAK NH2, 温度35℃, 検出器: 島津製作所 RID-10A) で遊離糖・糖アルコール

を定量した。有機酸は80%エタノールで抽出し, エタノールを除去して50mlに定容した抽出液4mlに10%過塩素酸1mlを加えて除蛋白処理をした後, 0.2N-HClで50mlに定容して有機酸分析計 (有機酸分析システム 島津LC-VP) で定量した。

遊離アミノ酸は, 佐藤ら (11), 山田ら (12) の方法に準拠して行った。試料0.5gに70%エタノール溶液50mlを加え, 1時間加熱還流後, 濾過し, 濾液を得た。さらに2回同様の方法で30分間抽出し, 濾液を合わせて40℃で減圧濃縮後, 0.02N-HClで50mlに定容して高速アミノ酸分析計 (日立L-8500A) を用い, 生体液分析法により非タンパク性アミノ酸10種類を含む遊離アミノ酸29種類を定量した。

## 3.結果

### 3.1 一般成分

一般成分の結果を表-1に示す。タンパク質はS-1:34.2%, S-2, S-3:35.1%, S-4:36.0%と, 生育ステージが進展するに従い含有率はやや増加する傾向を示した。粗脂肪はS-1, S-2, S-3:2.4%, S-4:3.0%となり, S-1, S-2, S-3で差がなく, S-4では増加する傾向を示した。灰分は, S-1:9.7%, S-2:9.5%, S-3:9.2%, S-4:8.1%となり, ステージの進展に伴い含有率が低下する傾向を示した。炭水化物は, いずれのステージにおいても53%前後となり, 生育ステージ間で顕著な差はなかった。

### 3.2 総食物繊維量, キチン

総食物繊維量, キチン含有量の結果を表-2に示す。総食物繊維量に関して, 100g乾重量当たり, S-1, S-2, S-3:34.0~34.5g, S-4:31.5gとなった。幼子実体から子実体が成熟して胞子を有するまでは, 総食物繊維含有量にほとんど変化がないが, 胞子が落下する段

表-1 ヤマブシタケ子実体の一般成分組成に及ぼす生育ステージの影響 (%:乾重)

子実体生育ステージ	タンパク質	粗脂肪	灰分	炭水化物
S-1	34.2	2.4	9.7	53.7
S-2	35.1	2.4	9.5	53.0
S-3	35.1	2.4	9.2	53.3
S-4	36.0	3.0	8.1	52.9

表-2 ヤマブシタケ子実体の総食物繊維量, キチン含量に及ぼす生育ステージの影響  
(g/100g乾重)

子実体生育ステージ	総食物繊維量	キチン含量
S-1	34.5	3.0
S-2	34.0	3.3
S-3	34.3	4.0
S-4	31.5	3.7

表-3 ヤマブシタケ子実体の遊離糖・糖アルコール含有量に及ぼす生育ステージの影響  
(g/100g乾重)

子実体生育ステージ	アラビニトール	マンニトール	グルコース	スクロース	トレハロース	総量
S-1	13.3	1.7	0.8	0.0	1.3	17.2
S-2	14.5	2.0	1.0	0.1	1.0	18.5
S-3	14.4	2.0	1.0	0.0	1.1	18.5
S-4	16.1	1.6	1.0	0.0	1.4	20.1

階に至ると総食物繊維量は減少する傾向を示した。

キチン含有量に関して, 100 g 乾重量当たり S-1:3.0g, S-2:3.3g, S-3:4.0g, S-4:3.7gとなり, 針が発達して胞子を有するS-3の状態でも高くなり, 胞子が落下したS-4ではやや低くなった。針が未発達な状態では低い含有量となった。

### 3. 3 遊離糖, 遊離糖アルコール

遊離糖, 遊離糖アルコールの含有量の結果を表-3に示す。総含有量は100g乾重当たり, S-1:17.2g, S-2, S-3:18.5g, S-4:20.1gとなり, 生育ステージが進展すると, やや増加する傾向を示した。構成成分はいずれのステージにおいてもアラビニトールが最も多く, 全体の77~80%を占めた。次いで, マンニトール, トレハロース, グルコースが多く含まれていた。マンニトール, トレハロース, グルコースの含有量は生育ステージ間で差はなく, アラビニトールが生育ステージの進展に伴ってやや

増加し, アラビニトールの増加分が総含有量の増加に反映された。

### 3. 4 有機酸

有機酸含有量の結果を表-4に示す。総有機酸量は100g乾重量当たり, S-1:5600mg, S-2:6000mg, S-3, S-4:6100mg前後となり, 子実体の生育ステージの進展に伴い増加した。いずれのステージにおいても, リンゴ酸が最も多く, 次いでピログルタミン酸, フマル酸,  $\alpha$ -ケトグルタル酸の順に多く含まれ, リンゴ酸, ピログルタミン酸の2種類で75%~80%, フマル酸,  $\alpha$ -ケトグルタル酸を含めた4種類で92~94%占めた。主要構成成分とその構成割合は生育ステージに関わりなく一定の傾向を示した。

生育ステージの進展に伴い酢酸が減少し, リンゴ酸, ピログルタミン酸が増加する傾向を示し, リンゴ酸, ピログルタミン酸の増加が有機酸総量の増加に反映した。

表-4 ヤマブシタケ子実体の有機酸含有量に及ぼす生育ステージの影響

子実体生育ステージ	酢酸	乳酸	ピルビン酸	コハク酸	フマル酸	リンゴ酸	$\alpha$ -ケトグルタル酸	ピログルタミン酸	クエン酸	総有機酸量
S-1	210	93	11	105	569	3302	389	870	36	5585
S-2	201	95	17	137	465	3653	431	955	22	5976
S-3	173	88	11	106	701	3667	339	938	31	6055
S-4	144	59	10	115	514	3717	327	1194	36	6116

表-5 ヤマブシタケ子実体の遊離アミノ酸含量に及ぼす生育ステージの影響  
(mg/100g乾重)

	生育ステージ			
	S1	S2	S3	S4
Asp	84.6	58.1	70.2	53.5
Thr	51.8	69.9	43.7	38.5
Ser	107.5	114.4	83.9	75.0
Asn	65.0	69.4	49.0	42.6
Glu	680.6	550.4	489.4	435.8
Gln	692.5	556.4	540.7	645.7
Pro	56.3	60.2	46.4	47.1
Gly	54.8	61.7	46.6	47.0
Ala	495.5	414.8	352.1	330.4
Val	20.8	80.8	44.1	38.7
Cys	39.7	34.8	29.2	24.0
Met	3.8	4.0	2.4	2.4
Ile	35.8	59.8	32.0	27.9
Leu	58.4	92.8	50.7	41.1
Tyr	50.7	45.9	40.0	39.9
Phe	11.9	3.9	9.9	10.0
His	62.7	64.7	50.0	48.3
Arg	307.9	289.3	253.8	261.6
Lys	159.4	164.7	135.7	132.2
$\alpha$ -AAA	42.1	27.6	37.8	42.9
$\alpha$ -ABA	2.6	2.3	1.8	1.7
Cysthi	28.5	23.2	19.8	23.3
$\beta$ -Ala	6.9	5.7	4.9	4.2
$\beta$ -AiBA	3.9	4.8	3.0	2.7
$\gamma$ -ABA	13.0	9.0	9.1	8.5
Orn	75.2	62.7	57.9	54.7
Sar	6.1	2.4	8.9	6.9
Cit	6.0	4.9	4.9	4.7
1Mehis	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
合計	3223.9	2938.6	2517.9	2491.1

N.D.: not detected,  $\alpha$ -AAA:  $\alpha$ -Aminoadipic acid,  $\alpha$ -ABA:  $\alpha$ -Amino-n-butyric acid, Cysthi: Cystathionine,  $\beta$ -Ala:  $\beta$ -Alamine,  $\beta$ -AiBA:  $\beta$ -Aminobutyric acid,  $\gamma$ -ABA:  $\gamma$ -Aminobutyric acid, Orn: Ornithine, Sar: Sarcosine, Cit: citrulline, 1Mehis: 1-Methylhistidine

### 3. 5 遊離アミノ酸

遊離アミノ酸含有量の結果を表-5に示す。いずれの生育ステージにおいてもグルタミン、グルタミン酸、アラニン、アルギニン、リジン、セリンの6種類で総量の71~76%を占めた。遊離アミノ酸の主要構成成分とその構成割合は、生育ステージに関わらず一定傾向を示した。生育ステージの進展に伴ってグルタミン、グルタミン酸、アラニン等の主要構成成分が減少し、

その結果、遊離アミノ酸総含有量が減少した。

### 4 考察

ヤマブシタケ菌床栽培における子実体の生育ステージと栄養成分との関係を検討した。一般成分では、タンパク質は生育ステージの進展に伴い増加し、灰分は減少した。マイタケでは子実体の生育過程に伴いタンパク質、灰分が減少することが報告されている(10)。ヤマブシ

タケとマイタケでは灰分は一致するものの、タンパク質では逆の傾向を示し、子実体形成に伴うタンパク質の増減はきのこ種によって異なるものと考えられる。

シイタケでは子実体の発育に伴って子実体中のキチンが増加し、子実体形成へのキチンの関与が指摘されている(13)。本研究においてもS-1~S-3にかけてキチン含有量が増加し、シイタケと同様の傾向を示した。しかし、胞子落下後のS-4ではキチン含有量が低下し、総食物繊維量も低下した。これら総食物繊維量、キチン含有量の低下は子実体の老成、胞子放出と関連している可能性がある。

吉田ら(9, 14)は、45種の野生きのこの遊離糖・糖アルコールを定量し、総量の8割以上が1~3種類の遊離糖・糖アルコールで構成されていることを報告した。ヤマブシタケでは菌株、栄養材の栽培条件に関わりなくアラビニトール、トレハロースが遊離糖・糖アルコールの主要構成成分であった(6)。本研究でもアラビニトール、マンニトール、トレハロースは、生育ステージに関わりなく、遊離糖・糖アルコールの主要構成成分であり、アラビニトールは生育ステージと共に含有量が多くなった。エノキタケの遊離糖・糖アルコールの主要構成成分はアラビニトール、マンニトール、トレハロースである(15)。エノキタケでは、アラビニトール、マンニトール、トレハロースは栄養菌糸体から子実体への転流炭水化物であり(16)、アラビニトールは子実体でほとんど代謝されないため蓄積されることが報告されている(17, 18)。ヤマブシタケもエノキタケと同様にアラビニトールは転流炭水化物として機能し、代謝されずに子実体に蓄積されたものと推察される。

キノコ類の総有機酸量の8割以上が2~3種類の有機酸で構成されていることが報告されている(9)。本研究においても主要な有機酸としてリンゴ酸、ピログルタミン酸、フマル酸が認められ、生育ステージS-1からS-4までを通じて、これらの成分で全有機酸量の8割以上を占めた。リンゴ酸は、菌株、栄養材の栽培条件の影響を受けずに有機酸の主要成分になっており(6)、生育ステージの進展に伴って増加し、子実体に蓄積される傾向を示した。

遊離アミノ酸に関して、S-1からS-4ま

で、生育ステージ関わりなくグルタミン、グルタミン酸、アラニン、リジンが高含有率を示し、非タンパク性アミノ酸ではオルニチンが高含有率を示した。このような傾向は、113種類のキノコの遊離アミノ酸組成を分析し、アラニン、グルタミン酸、グルタミンが主成分としてキノコ類に広く認められ、非タンパク性アミノ酸ではオルニチンが高含有率を示すとする佐藤らの報告(11)と符合した。タンパク性遊離アミノ酸の総量は生育ステージの進展に伴い減少する傾向を示し、一般成分のタンパク質とは逆の傾向を示した。このことは、生育ステージの進展に伴い子実体で遊離アミノ酸がタンパク質に生合成されることを示唆している。

ヤマブシタケの収穫適期に関して、子実体の機能性能が生育ステージの進展に伴って高くなること、収穫した子実体の販売可能な品質保持期間を考慮してS-3が適切であると提案した(5)。ヤマブシタケ子実体の栄養成分は、S-3では、遊離アミノ酸含有量は低いものの遊離糖・糖アルコール、有機酸、総食物繊維量、キチンの含有量が高いことから、栄養成分の観点からもヤマブシタケの収穫適期はS-3が妥当であると考えられる。

#### 引用文献

- 1) 今関六也, 本郷次雄 (1989) ヤマブシタケ, 「原色日本新菌類図鑑(II)」(今関六也, 本郷次雄 編著), 保育社, 大阪, pp.108-109.
- 2) Stamets, P. (2000) The Lion's Mane Mushroom, 「Growing Gourmet and Medical Mushrooms」, Ten Speed Press, California, pp.387-394.
- 3) Kawagishi, H., Zhuang, C. (2007) Bioactive compounds from mushrooms, *Heterocycles*, 72: 45-52.
- 4) Kawagishi, H., Zhuang, C. (2008) Compounds for dementia from *Hericium erinaceum*, *Drugs of the Future*, 33: 149-155.
- 5) 高島幸司 (2005) ヤマブシタケの子実体生育に伴う数種生理的機能性の変化, 富山林技セ研報, 18: 16-22.
- 6) 高島幸司, 奥崎政美, 根岸由紀子, 佐々木弘子, 菅原龍幸 (2001) ヤマブシタケ菌株

- 栽培における子実体成分に及ぼす菌株・栄養剤の影響, 日本食生活学会誌, 11: 370-374.
- 7) 科学技術庁資源調査会 (1997) 五訂日本食品標準成分表分析マニュアル, 科学技術庁資源調査会食品成分部会編, 大蔵省, 東京, pp.13-38.
- 8) 倉沢新一, 菅原龍幸, 林 淳三 (1991) 窒素含有多糖類 (キチン) を含むキノコ類中の酵素-重量法による食物繊維の定量-, 日本栄養・食糧学会誌, 44: 293-303.
- 9) 吉田 博, 菅原龍幸, 林 淳三 (1982) 食用キノコ類の遊離糖, 遊離糖アルコールおよび有機酸, 日食工誌, 29: 451-459.
- 10) 村椿孝行, 佐山晃司, 佐藤吉朗 (1986) マイタケ (*Grifola frondosa*) の子実体形成における成分変化, 日食工誌, 33: 181-185.
- 11) 佐藤恵理, 青柳康夫, 菅原龍幸 (1985) キノコ類の遊離アミノ酸組成, 日食工誌, 32: 502-521.
- 12) 山田佳子, 佐々木弘子, 菅原龍幸 (1998) マイタケ (*Glifora frondosa*) 嗜好性に関する研究-各種嗜好成分の分析-, 日本食生活学会誌: 9, 58-66.
- 13) 吉田 博, 菅原龍幸, 林 淳三 (1987) シイタケの菌糸体ならびに子実体の発育過程における炭水化物および有機酸の変化, 日食工誌, 34: 274-281.
- 14) 吉田 博, 菅原龍幸, 林 淳三 (1984) キノコ類の遊離糖および遊離糖アルコール, 日食工誌, 31: 765-771.
- 15) 高島幸司, 鍋島裕佳子, 加藤肇一 (2003) エノキタケ菌床栽培における子実体収量, 子実体成分に及ぼす餡殻の影響, 日本応用きのこ学会誌, 11: 71-78.
- 16) Kitamoto, Y., Gruen, H.E. (1976) Distribution of cellular carbohydrates during development of the mycelium and fruitbodies of *Flammulina velutipes*, Plant Physiol., 58, 485-491.
- 17) Kitamoto, Y., Kikuchi, A., Mori, N., Ohga, S. (2000) Polyol metabolism in the mycelium and fruit-bodies during development of *Flammulina velutipes*, Mycoscience, 41: 461-465.
- 18) Kitamoto, Y., Kobayashi, A., Mori, N., Ohga, S. (2001) Metabolic function of glycogen phosphorylase and trehalose phosphorylase in fruit-body formation of *Flammulina velutipes*, Mycoscience, 42: 143-147.

#### Summary

Effects of growth stage on nutritional constituents in fruit-body, *Hericiium erinaceum* cultivated on sawdust substrate were investigated. Crude protein content in proximate compositions of fruit-body increased with the development of growth stage and ash in them decreased. Content of chitin, total organic acid and sugar and sugaralchol increased with the development of growth stage and content of total free amino acid decreased. Total dietary fiber decreased after spore discharged. These results suggested that nutritional constituents of fruit-body indicated remarkable differences among growth stages on sawdust based cultivation of *H.erinaceum*.