キノコの子実体と胞子の脂肪酸組成の比較

誌名	日本大學農獣医學部學術研究報告
ISSN	00780839
著者名	広井,勝 露木,英男
発行元	日本大学農獣医学会
巻/号	45号
掲載ページ	p. 104-109
発行年月	1988年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

Bull. Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ., No. 45, p. 104～109 (1988)

Comparison of Fatty Acid Composition in Fruit Body and Spore of Mushrooms

*Masaru HIROI and Hideo TSUYUKI

*Koriyama Women's College and Lab. Food Science and Chemistry, Coll. Agr. & Vet. Med., Nihon Univ.

(Accepted Oct. 1, 1987)

ABSTRACT. Twenty species of edible mushrooms were analyzed for the total lipid (TL) content and their fatty acid composition in fruit bodies and spores.

In order to clalify the difference of fatty acid composition in fruit body and spore, pileus and stipe were analyzed separately. Total lipids were extracted from fresh fruit bodies and spores with chloroform-methanol (2 : 1). The fatty acid methyl esters obtained by HCl-MeOH treatment were analyzed by gas-liquid chromatography.

The results obtained were as follows:

1. TL contents in fruit bodies were 3.2～15.5% (dry matter basis) in the case of pileus and 2.0～6.8% in the case of stipe. TL contents in pileus were higher than those in stipe. TL contents in air dried spores were in a wide range of 2.6～61.7%.

2. The mushrooms tested were divided into 5 groups based on the fatty acid composition in pileus and stipe, representing 1) 18 : 2 acid rich in pileus and stripe, 2) 18 : 1 acid rich in pileus and 18 : 2 acid rich in stipe, 3) 18 : 0 acid rich in pileus and stipe, 4) 18 : 3 acid at the ratio of 20% in pileus and stipe, 5) unusual fatty acid (6-oxooctadecanoic acid) in pileus and stipe.

3. Patterns of fatty acid composition in spores resembled to those of the pileus, with the exception of the species *Lactarius chrysorheus* and *Lactarius hatsudake*.

4. Oleic and linoleic acid were main fatty acids in spores of many species and fatty acid patterns in spores were simpler than those in fruit bodies.

Key words: Mushroom, Fruit body, Spore, Total lipid content, Fatty acid composition

キノコの子実体と胞子の脂肪酸組成の比較

広　井　　勝*・露　木　英　男

* 郡山女子大学　　日本大学農獣医学部　食品理化学研究室

（昭和62年10月1日受理）

著者らはわが国で食用とされるキノコ類の脂質成分の特徴を明らかにする目的で実験を行ってきており，すでに一部の栽培キノコおよび野生キノコ子実体の脂質組成[1, 2]や脂肪酸組成[3, 4]を明らかにしてきた。これら一連の研究の中で，キノコの種類によっては傘（かさ）と柄の脂質組成が著しく異なるものがあることを認めてきた。これら脂質成分の相違は傘のヒダあるいは管孔にできる胞子の影響が大きいと考えられる。しかしキノコの胞子の脂質成分については試料採取がむずかしいこともあり，多数のキノコについて検討された報告は少なく，一部のキノコで報告[5]があるにすぎない。またはキノコを部位に分けて脂肪酸組成を検討した報告[6]も比較的少ないので，今回著者らは同一場所で採取したキノコ子実体の傘，柄の脂質含量，脂肪酸組成の分析を行うと

ともに，胞子についても同様の分析を行い，子実体との比較を行ったので，ここに報告する。

実験材料および方法

1. 実験材料

実験に用いたキノコ類はハラタケ目に属する食用担子菌類20種であり，野生品はいずれも福島県郡山市周辺で著者らが採取したものである。栽培品のナメコ（菌床栽培），シイタケ（ほだ木栽培）については福島県林業試験場より分譲されたものを用いた。これら試料の採取月日などについては Table 1 に示した。今回は子実体と胞子に含まれる総脂質の脂肪酸組成の比較を目的としているので，子実体は傘の開いた成熟子実体を用いた。なお，実験材料はいずれも採取日に実験に供するか，あるいはポリエチレンの袋に入れ5℃の冷蔵庫に保存し，翌日の朝には分析に供した。

胞子の採取は子実体の傘をガラス板上に置き，落下した胞子をガラス板上よりかき取って集めた。実験に使用した子実体の量は傘，柄とも 20～50 g，胞子は 50～200 mg であった。

2. 総脂質含量およびその脂肪酸組成の分析

子実体より脂質の抽出は，子実体を傘と柄に分け，それぞれの試料に5倍容のクロロホルム・メタノール(2：1）混液を加え，ホモジナイザー（日本精機製）で粉砕混和して行った。抽出混液は一昼夜放置後，沪別し，沪液に1/5容の水を加えて撹拌し，さらに一昼夜放置し，翌日水層を除去したのち，クロロホルム層をロータリーエバポレーターで減圧濃縮して総脂質を得た。得られた総脂質はクロロホルム・メタノール（2：1）混液に再溶解し，不溶物を沪別して除き，沪液を 25 ml の一定容とし，そのうちの 5 ml を 30 ml 容の平底フラスコにとり，溶媒を蒸発させ，重量法で脂質を定量し総脂質含有率を求めた。

次に脂質定量に使用した平底フラスコ中の脂質に5 ml の5％塩酸メタノールを加え，カルシウム管を付けた還流冷却器をセットし，沸とう湯浴中で2時間加熱して脂肪酸をメチル化した。メチル化した試料は石油エーテルで抽出，水洗，脱水濃縮し，ガスクロマトグラフィー用の試料とした。

脂肪酸分析には島津 GC-8A 型（FID）ガスクロマトグラフを使用し，カラムは φ3 mm×2 m のガラスカラム，充てん剤は Diasolid ZF を用い，カラム温度205℃で分析した。ピーク面積の定量はクロマトパック C-R1B で行い，補正は行わなかった。

一方，胞子の場合は 50～200 mg の胞子を小型三角フラスコに取り，10 ml のクロロホルム・メタノール(2：1）混液に一昼夜浸漬して総脂質を抽出し，以下子実体の場合と同様に処理して分析した。なお，胞子の場合は試料が少ないので，25 ml の定容とせず，全量を濃縮して脂質重量，脂肪酸分析に用いた。

Table 1　Species of mushrooms used for the experiment

Family	Scientific name	Japanese name	Date of collection
Hygrophoraceae	*Hygrophorus russula*	Sakurashimeji	1985.10. 5
Tricholomataceae	*Tricholoma terreum*	Kumashimeji	1985. 6.27
	Lyophyllum decastes	Hatakeshimeji	1986.10. 2
	Lepista muda	Murasakishimeji	1984.10.30
	Armillariella mellea	Naratake	1985.10.20
	Armillariella tabescens	Naratakemodoki	1986. 8.31
	Pleurotus ostreatus	Hiratake	1985.11. 2
	Flammulina velutipes	Enokitake	1983.11. 1
	Lentinus edodes	Shiitake	1984. 5. 1
	Lentinus lepideus	Matsuouji	1984. 8. 9
Amanitaceae	*Amanita hemibapha*	Tamagotake	1984. 8.29
	Amanita rubescens	Gantake	1984. 7. 9
Strophariaceae	*Naematoloma sublateritium*	Kuritake	1985.10.29
	Pholiota nameko	Nameko	1985. 5. 2
Phodophyllaceae	*Phodophllus crassipes*	Urabenihoteishimeji	1983.10. 3
Boletaceae	*Suillus granulatus*	Chichiawatake	1983. 6. 4
Russulaceae	*Russula bella*	Nioikobenitake	1984. 7. 6
	Lactarius volemus	Chichitake	1983. 9. 5
	Lactarius chrysorheus	Kichichitake	1985.10.13
	Lactarius hatsudake	Hatsutake	1983.10.10

結果および考察

1. 子実体および胞子の総脂質量

子実体（乾物）および胞子（風乾物）の総脂質（以下TL と略す）含有率は Table 2 に示すとおりである。子実体の TL 含有率は，一般に傘が柄に比べて多い傾向を示していた。特にテングタケ属のキノコであるタマゴタケ，ガンタケは傘の TL 含有率が高く，乾物で15%前後を示していた。これに対し，シイタケ，ヒラタケ，ナメコ，クリタケなどの TL 含有率は3.2～5.2%と低かった。20種のキノコの傘の TL 含有率の平均は 8.0 %であった。柄の TL 含有率は傘のそれに比べ，キノコ間での相違は少なかった。キチチタケ，ハツタケは他のキノコに比べ柄の TL 含有率が高く，シイタケ，ヒラタケ，ナメコ，クリタケは低かった。20種のキノコの柄の TL 含有率の平均は 4.4% であり，傘に比べ約半分の値であった。

一方，胞子の TL 含有率は傘のそれより高いものが多く，特にタマゴタケ，ガンタケ，クマシメジなどでは，風乾物で50%以上の TL を含んでいた。胞子の TL 含有率は著しく高いもの(35%以上)，中間的なもの（20～30%）および低いもの（10%以下）に大別された。シイタケ，マツオウジ，ヒラタケ，ナメコなどは胞子の TL 含有率も子実体同様低かった。他方，チチアワタケ，ウラベニホテイシメジ，クリタケなどは胞子の TL 含有率が子実体よりも低かった。

Table 2 Total lipid content in spore and fruit body of mushrooms

Japanese name	Total lipid(%)		
	spore*	pileus**	stipe**
Sakurashimeji	48.7	6.6	2.9
Kumashimeji	51.0	14.2	5.4
Hatakeshimeji	27.9	10.1	5.5
Murasakishimeji	20.0	7.7	5.3
Naratake	27.1	11.4	3.3
Naratakemodoki	22.1	7.4	3.1
Hiratake	9.3	4.8	2.1
Enokitake	8.9	7.1	6.7
Shiitake	4.4	3.2	2.0
Matsuouji	4.9	5.4	4.9
Tamagotake	61.7	15.5	4.1
Gantake	50.3	14.9	5.6
Kuritake	4.4	5.2	3.5
Nameko	4.6	3.5	2.6
Urabenihoteishimeji	2.6	6.3	4.5
Chichiawatake	3.9	5.8	3.8
Nioikobenitake	39.7	7.4	5.0
Chichitake	33.0	6.8	3.6
Kichichitake	39.0	9.6	6.8
Hatsutake	38.2	8.0	6.4

*(% of air dry matter) **(% of dry matter)

キノコ子実体の脂質含量を分析した報告はすでにいくつかなされているが，分析した試料の性状が不明なものが多く，直接比較するのはむずかしいが，一般に傘の TL 含有率は柄に比べて高い傾向にある[6]。子実体を傘，柄に分けずに分析した沢田[7]や小山ら[8]の報告と比較してみると，著者らの傘の数値と似ているものが多かった。傘の TL 含有率はテングタケ属，キシメジ属，ベニタケ属，チチタケ属などのキノコで高いものが多いが，これらのキノコでは胞子の TL 含有率も高く，子実層の発達の度合によって傘の脂質成分の異なることが考えられた。

これに対し，チチアワタケ，ウラベニホテイシメジ，クリタケなどでは胞子の TL 含有率も低いので，胞子の影響は少ないと思われる。

一部のキノコ胞子の脂質成分の分析結果[9]によれば，TL 含有率の著しく高いタマゴタケ，ガンタケ，クマシメジや中間的なタイプであるナラタケ，ムラサキシメジでは，中性脂質区（以下 NL と略す）がほぼ90%を占めるのに対し，TL 含有率の低いエノキタケ，ヒラタケ，シイタケ，マツオウジの場合は前2者でほぼ60%，後者で30%と NL 組成比が低く，一般の種子油などと同様，TL 含有率の高いものは NL の組成比が高い傾向を示していた。なお，NL の大半はトリアシルグリセロールであり，これら胞子が発芽する際のエネルギー源として重要な意味を有すると思われた。キノコの胞子中の TL 含有率が，キノコの種類によって前記のような大差があることは本報告により初めて明らかにされたものである。キノコの胞子中には発芽困難なものが多数あるが，これら胞子の発芽生理と脂質代謝の関連性については，今後さらに検討していきたい。

2. 子実体および胞子の総脂質の脂肪酸組成

キノコ子実体および胞子に含まれる TL を構成する脂肪酸は通常パルミチン酸（16：0），ステアリン酸(18：0)，オレイン酸（18：1），リノール酸（18：2）の4種で全脂肪酸の90%以上を占めるものがほとんどであり，今回分析したキノコの場合でも，エノキタケでリノレン酸(18：3)，キチチタケで 6-oxooctadecanoic acid[10]，ナラタケでパルミトレイン酸（16：1）が多く分布していたのを除けば，前記4種の脂肪酸の量的割合で子実体および胞子に含まれる TL の脂肪酸組成の特徴を把握できると思われる。そこで Table 3 および4には，これら4種の脂肪酸と，前記3種のキノコについては，それぞれ18：3，6-oxooctadecanoic acid および16：1を付

Table 3 Fatty acid composition of total lipid in spore and fruit body of mushrooms

Japanese name		Fatty acid(% of Total fatty acid)				
		16 : 0	18 : 0	18 : 1	18 : 2	others
	Sp	18.2	3.0	61.8	15.9	
Sakurashimeji	P	17.4	3.5	47.0	30.6	
	S	19.3	1.1	9.3	68.0	
	Sp	8.0	1.7	66.2	22.4	
Kumashimeji	P	6.7	1.4	56.4	34.1	
	S	8.8	1.2	15.7	69·9	
	Sp	12.0	2.2	64.1	20.9	
Hatakeshimeji	P	12.6	3.0	39.4	43.3	
	S	16.9	2.8	4.4	72.1	
	Sp	10.9	1.7	31.9	51.7	
Murasakishimeji	P	10.3	0.4	18.2	68.2	
	S	13.4	0.5	3.4	80.2	(16 : 1)
	Sp	8.5	2.8	50.6	25.0	10.9
Naratake	P	8.9	2.7	47.5	28.7	9.7
	S	14.1	1.9	17.6	60.1	3.1
	Sp	22.9	5.1	38.6	29.0	1.5
Naratakemodoki	P	20.9	3.9	36.1	35.5	0.9
	S	17.1	1.6	14.9	61.1	0.9
	Sp	9.8	2.0	24.6	60.4	
Hiratake	P	9.7	1.0	13.8	72.4	
	S	10.9	0.6	5.5	79.1	(18 : 3)
	Sp	13.9	1.0	35.0	25.8	20.8
Enokitake	P	13.9	1.7	26.8	34.0	19.2
	S	12.1	1.5	9.6	48.1	23.9
	Sp	10.9	1.3	4.3	80.2	
Shiitake	P	15.0	1.4	4.9	75.3	
	S	15.4	1.1	3.4	76.4	
	Sp	17.4	1.6	11.1	66.2	
Matsuouji	P	20.8	0.4	7.6	67.6	
	S	21.2	0.4	7.6	67.5	

Sp : spore　P : pileus　S : stipe

加して示した。

子実体の TL の脂肪酸組成は脂肪酸パターンの特徴からほぼ5つのタイプに分けられる。すなわちシイタケのように傘，柄とも18：2が多いタイプ，タマゴタケのように傘には18：1が多く，柄には18：2が多いタイプ，ハツタケのように傘，柄とも18：0の多いタイプ，エノキタケのように他のキノコでは1%以下しか認められない18：3を20%前後含むタイプ，キチチタケのように特殊な脂肪酸（6-oxooctadecanoic acid）を含むタイプである。シイタケと同じような脂肪酸パターンを有するキノコとしては，マツオウジ，ムラサキシメジ，ウラベニホテイシメジ，ナメコ，クリタケなどがあげられる。タマゴタケと同様のパターンをもつキノコとしては，ガンタケ，ニオイコベニタケ，サクラシメジ，クマシメジ，ナラタケ，ナラタケモドキなどがあげられる。ハタケシメジ，チチアワタケでは傘の18：2組成比が18：1より若干多いが，全体のパターンはタマゴタケなどとよく類似していた。チチタケの場合は傘，柄とも18：1が多く，他のキノコと異なっていた。ハツタケタイプ，エノキタケタイプ，キチチタケタイプのキノコは今回分析したものはそれぞれ1種のみであった。

胞子の TL の脂肪酸組成は全般的には子実体の傘に類似しているものが多いが，子実体に比べて18：1組成比が高い傾向を示した。しかし，シイタケ，マツオウジでは，子実体と胞子中の TL の脂肪酸組成はほとんど変からず，いずれも18：2が主体を占めていた。エノキタケの子実体で20%近くの組成比を示す18：3は胞子でも同程度認められたが，ハツタケ傘に47.4%も分布する18：0は胞子では1.5%と他のキノコとほとんど変わらなかった。キチチタケ傘に39.9%も分布する 6-oxooctadecanoic acid は胞子には微量しか認められなかった。ハツタケやキチチタケはチチタケ属のキノコで乳液を分

Table 4 Fatty acid composition of total lipid in spore and furit body of mushrooms

Japanese name		Fatty acid(% of Total fatty acid)				
		16 : 0	18 : 0	18 : 1	18 : 2	others
Tamagotake	Sp	14.5	9.6	62.8	11.1	
	P	13.0	9.3	60.4	16.3	
	S	11.3	1.5	6.5	77.1	
Gantake	Sp	14.6	3.6	68.4	12.5	
	P	13·9	4.1	58.8	23.0	
	S	12.6	6.0	5.4	74.9	
Kuritake	Sp	12.9	4.3	26.7	52.9	
	P	10.9	1.7	11.4	73.2	
	S	11.8	0.7	4.2	79·3	
Nameko	Sp	11.3	5.9	41.4	39.2	
	P	9.6	0.7	16.3	69.1	
	S	12.1	0.6	12.1	70.6	
Urabenihoteishimeji	Sp	15.2	3.0	33.1	43.8	
	P	10.7	1.4	15.1	69.8	
	S	11.1	1.3	3.8	80.5	
Chichiawatake	Sp	12.3	3.4	46.9	34.1	
	P	11.3	3.4	32.9	49.3	
	S	14.5	1.5	6.1	73.9	
Nioikobenitake	Sp	12.4	4.0	66.1	15.9	
	P	10.5	2.8	48.9	36.9	
	S	7.2	1.3	27.5	61.8	
Chichitake	Sp	11.9	2.7	73.9	7.7	
	P	6.7	1.6	60.4	29.6	(6-oxooctadecanoic acid)
	S	2.7	0.8	53.4	41.4	
Kichichitake	Sp	11.0	3.7	30.2	46.6	trace
	P	4.6	2.0	12.7	39.0	39.9
	S	3.7	4.2	2.6	34.7	53.4
Hatsutake	Sp	8.8	1.5	67.2	19.7	
	P	5.5	47.4	16.6	28.6	
	S	5.9	47.4	5.3	38.2	

Sp: spore P: pileus S: stipe

泌するキノコであるが，18：0や 6-oxooctadecanoic acid はこの乳液中に多量（70～90%）に存在することを認めており[11]，この脂肪酸は子実体に特有の成分と思われた。キチチタケ胞子に微量に認められた 6-oxooctadecanoic acid は，胞子採取の際にこの乳液が混入したためではないかと考えられる。

エノキタケには18：3が多く認められるが，これはエノキタケが他のキノコに比べて低温性のキノコであり，このような高度不飽和酸が存在することにより細胞が流動性を失なわずにすみ，その結果低温環境（例えば雪中）でも膜構造体の機能が障害されることなく維持できると考えられる。事実，より寒冷環境下で採取したエノキタケ胞子中の18：3は40%の組成比を示すことを認めており，採取時期による変動が大きいことをすでに調べているが[12]，これらの結果については別に報告する予定である。

ナラタケとナラタケモドキは形態的に非常に類似したキノコであるが，胞子および傘中の16：0および16：1の組成比の違いにより両キノコの鑑別が可能であることが明らかになった。すなわち，ナラタケでは16：0組成比が10%前後であるのに対し，ナラタケモドキでは20%前後，16：1はナラタケの10%前後に対し，ナラタケモドキでは1%前後と極端に異なることである。18：1と18：2の割合は採取時期により異なる場合があるが，この16：0と16：1の割合は胞子ではほとんど変わらないことを確認している。

しかし全般的には胞子の TL の脂肪酸組成は子実体のそれよりも単純であり，18：1または18：2が主要脂肪酸となっている場合が多く，この両者は胞子形成や胞子発芽にも係わりの深い脂肪酸と考えられる[13]。なお，エノキタケでは18：3が前記のような意味でも重要な役割りを演じていると考えられる。

要　約

20種の食用キノコ子実体と胞子の総脂質量および脂肪酸組成を比較し，以下の結果を得た。

1. TL 含有率は子実体（乾物）の傘で3.2～15.5%，柄で2.0～6.8%であり，傘のほうが高かった。一方，胞子（風乾物）では2.6～61.7%であった。

2. 子実体の TL の脂肪酸組成は，傘，柄の脂肪酸パターンの特徴からほぼ5つのタイプ（①傘，柄とも18：2が多い②傘は18：1が多いが，柄は18：2が多い③傘，柄とも18：0が多い④傘，柄とも18：3を20%前後含む⑤特殊な脂肪酸を含む）に分類された。

3. 胞子の TL の脂肪酸組成は傘のそれと類似しているものが多かったが，ハツタケやキチチタケでは子実体と胞子に含まれる TL の脂肪酸組成は異なっていた。

4. 胞子中の TL の脂肪酸組成は18：1または18：2が主体を占めるものが多く，子実体に比べて脂肪酸パターンは比較的単純であった。

本論文の一部は日本菌学会第29回大会（昭和60年度，東京）シンポジウム「菌類の化学分類」で講演発表した。

文　献

1 広井　勝　1981：キノコ脂質の脂肪酸組成について（第4報）脂肪酸組成と中性脂質，極性脂質の比率の関連について，郡山女子大学紀要，17，1-6.

2 広井　勝　1986：キノコのリン脂質の脂肪酸組成について，郡山女子大学紀要，22，1-6.

3 広井　勝　1977：キノコ脂質の脂肪酸組成について（第1報）分類群間における脂肪酸パターンの比較，家政誌，28，243-246.

4 広井　勝　1977：キノコ脂質の脂肪酸組成について（第2報）キノコのカサとクキの脂肪酸組成，家政誌，28，408-412.

5 村松敏夫，金城典子　1981：担子菌類の脂質成分（第1報），東京医科大学教養部紀要，11，17-34.

6 J. L. Sumner 1973: The fatty acid composition of basidiomycetes. N. Z. J. Bot., 11, 435-442.

7 沢田謙喜　1965：本邦産キノコ類の成分に関する研究，東大演習林報告，59，33-162.

8 小山尚子，青柳康夫，菅原龍幸　1984：食用キノコ類の脂肪酸組成およびエルゴステロール含量，日食工誌，31，732-738.

9 広井　勝　1983：キノコの胞子と子実体の脂肪酸組成の特徴と分類群との関連，日本農芸化学会昭和58年度大会（仙台）講演要旨集，p. 79.

10 広井　勝　1978：キチチタケ脂質の 6-oxooctadecanoic acid の同定，農化，52，351-353.

11 M. Hiroi 1983: Fatty acid composition of basidiocarps, The third international mycological congress Abstracts, P. 102.

12 広井　勝，佐藤咲子，渡辺くに子　1986：キノコの脂肪酸組成の変動要因，日本菌学会第30回大会講演要旨集（弘前）p. 79.

13 R. Shaw 1967: Fatty acid of fruiting bodies of basidiomycetes. Nature, 213, 86-87.