

## マッシュルーム (*Agaricus bisporus*) の成熟に伴う 呈味・抗酸化成分の変動

加瀬谷 泰介, 遠田 智江\*, 星子 英次郎

### Changing of Taste and Antioxidant Ingredients with Maturity of The Button Mushroom, *Agaricus bisporus*

Taisuke Kasetani, Tomoe Enda\* and Eijiro Hoshiko

Self-cultivated the button mushroom, *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, were harvested in two stages of maturity, 'Button' (young, immature) and 'Flat' (full matured), and compared on its taste and ingredients. Microwave cooked fruit bodies of both stages showed that were almost same on sweet taste and preference, but, Flat had stronger umami taste than Button by sensory test. Instrumental evaluation indicated that Flat had slightly strong taste than Button.

With maturity, trehalose was decreased, but abundant mannitol was increased, so Flat had larger content of total sugars and equivalent sucrose content based on sweet index (sucrose is one). Glutamic acid (Glu) was increased, bitter taste amino acids decreased, and a taste nucleotide, inosinic acid, was decreased with maturity. So, equivalent umami concentration calculated from Glu, aspartic acid and nucleotides contents with umami index and synergistic effect showed that Flat had stronger umami taste than Button, same with the result of the sensory test. Total polyphenols and L-ergothioneine of Flat was decreased 5% and 20% respectively, but DPPH radical scavenging ability stayed same level with Button.

Flat mushroom deserted in Japan is not so inferior to popular Button on sweet taste and preference, on an ability of antioxidation. And it has strong umami taste. Therefore, few reason exists to avoid it. If consumption of Flat increased to the same level of overseas countries, harvest period would be elongate and enhance yield, promote the mushroom's cultivation and industry.

**Key words:** Button Mushroom, *Agaricus bisporus*, maturity, amino acid, taste nucleotides, umami, EUC, equivalent umami concentration

#### 緒言

マッシュルーム (*Agaricus bisporus*, ツクリタケ) は, 明治初期に新宿御苑で栽培が試みられ, 大正年間に京都府伏見区, 千葉県習志野市などで商業栽培が始められてから<sup>1)</sup> 100年近くが経過しているが, 近年の栽培量は全食用きのこ生産量(約45.8万トン)の1.1%, 4,980トンに止まっている<sup>2,3)</sup>. マッシュルームが全きのこ生産量(約2,700万トン)の約30%, 810万トン<sup>4)</sup>を占める他の諸国とは, 大きく異なる.

上位を占めるエノキタケ, ブナシメジなどと比較すると, 培地の調製に経費・手間がかかり, 収穫に手作業が多く, 収穫適期が開傘前の幼菌(ボタン)だけに限定されるために割高になること<sup>5)</sup>や, 一般家庭に調理法や利用習慣が広く普及していないこと, 海外では普通に利用されている菌傘が開いて胞子も成熟した成菌(カップやフラット)が忌避されがちな食文化の問題などが理由と考えられる.

筆者らは, 成菌が忌避される一要因と考えられる, 成熟

に伴う菌褶(ひだ)の黒化を抑制した淡色菌褶品種の作出を目的に育種を試みているが<sup>6)</sup>, 喫食するに当たって成菌が幼菌より顕著に劣らないことが前提となる. そこで, 呈味と不揮発性呈味成分(遊離糖・糖アルコール, アミノ酸, 核酸), 一部の抗酸化性について, 幼菌と成菌の生鮮品と加工品を調査, 比較したので報告する.

#### 実験方法

##### 1. 材料

###### 1-1. 供試菌株

日本農林種菌(株)より, 日農100(褐色種), 日農118(白色種)の穀粒種菌を購入し, 自家栽培に供した.

###### 1-2. 栽培資材

培地: 市販樹皮堆肥「1/2つぶつぶ圧縮パーク堆肥」(アイリスオーヤマ(株))に, 泥炭(Main River Peat Moss,

\* (学)東洋食品工業短期大学

Coarse Grade, Theriault & Hachey Peat Moss Ltd. (カナダ), 飼料用小麦ふすま (全国飼料卸共同組合), 炭酸カルシウム「マルジョウ炭カル<sup>TM</sup>」(上田石灰製造(株))を

Table 1 の配合比で混合して, 栽培用の培地とした。

覆土: 過剰量の水道水を加え, 水分含量が約 80% (w/w)

となるよう遠心脱水し, 4% (w/w) 炭酸カルシウムを添加して pH を中性域に調整し, 121°C-30 分殺菌した泥炭を覆土として用いた。また, 中粒の赤玉土 (白井園芸資材(有)) を 20% (w/w) となるよう加水し, 121°C-30 分殺菌したものを, 覆土の被覆材として用いた (Table 2)。

Table 1 Medium for cultivation of *Agaricus bisporus*.

Materials	Volume ratio	Preparation method
Bark compost*	5	Mix well peat, bran, CaCO <sub>3</sub> and 3/4 of water**, then add bark compost and 1/4 of water up to 65%(w/w) moisture.
Peat moss	2	
Bran	2	
Calcium carbonate	0.6%(w/w)	Sterilization (121°C-90 min)

\* Pellet form product as a horticultural fertilizer

\*\* Calculated from moisture of other materials.

Table 2 Casing soil

Materials	Preparation method
Peat moss	Add excess tap water to saturate, then centrifugate to dewater up to approx. 80 % (w/w) moisture.
Calcium carbonate	Add 4 % (w/w wet) of CaCO <sub>3</sub> to dewatered peat moss. Sterilization (121°C - 30 min)

Surface Layer	Preparation method
Akadama (medium grain)	Add tap water (20 % (w/w)) and sterilize 121°C - 30 min Add processed Akadama on Scrambled Casing layer.

### 1-3. 分析装置

**金属:** 誘導結合プラズマ (ICP) 発光分光分析装置 ICPE-9000 ((株)島津製作所) を用いて, 子実体中の金属を測定した。

**味:** 味認識装置 AS402B (インテリジェントセンサーテクノロジー(株)) を用いて, 官能評価に用いた試料を評価した。

**糖・糖アルコール:** ガスクロマトグラフィー 7890A (アジレント・テクノロジー(株))・飛行時間質量分析計 JMS-T100GCV (日本電子(株)) にカラム DB-5 (アジレント) を装着して, 遊離糖・糖アルコールの測定に用いた。

**アミノ酸・エルゴチオネイン:** 高速液体クロマトグラフィー LC-20A・SPD-20AV (島津) にカラム ZORBAX Eclipse AAA (アジレント) を, または, トリプル四重極高速液体クロマトグラフィー・質量分析計システム Agilent 1260 Infinity Series・6430 Triple Quad LC/MS (アジレント) にカラム Scherzo SS-C18 (インタクト(株)) を装着して, エルゴチオネインの測定に用いた。

**核酸:** HPLC (LC-20A・SPD-20AV) にカラム Phenomenex<sup>®</sup> Synergi Fusion-RP 80A ((株)島津ジーエルシー) を装着して, 5'-ヌクレオチド-リン酸の測定に用いた。

## 2. 方法

### 2-1. 自家栽培

Table 1 に示す樹皮堆肥以下の材料を混合し, 水分を

65% (w/w) に調整したものを 2 kg を, きこの栽培用ポリプロピレン袋 (ホクト産業(株)製 2L 容) に充填し, 殺菌した (121°C-90 分)。

放冷後, 穀粒種菌を 2% (w/w) の比率で接種し, 25°C - 50% R.H., 暗黒下で菌糸が蔓延するまで 5~6 週間培養した。蔓延培地 6~7 個分 (12~14 kg) を底面が格子状の樹脂製容器サンボックス S36-II (三甲(株)) に粗く砕きながら均一に充填し, 調製泥炭の覆土を約 5 cm 厚に被覆した後, 覆土中にも菌糸が蔓延するまで, 同条件で培養した。

覆土表面の 1/2~2/3 に菌糸が現れたら, 上層のみを攪拌し (菌掻き), 赤玉土を薄く被覆して散水した後, 環境を 15°C-99% R.H. に変更することで, 子実体を誘導した。この際, 覆土・赤玉土表面に風が直接当たって乾燥しないよう, 別の樹脂製容器麺コンテナ 13 型 (三甲) を上下逆に置いて, その上に湿らせた新聞紙等を被せた。

発生した子実体は, 菌傘が閉じていて菌膜がまだ破れていない幼菌 (ボタン, Stage3) と, 菌傘が完全に開き, 菌膜が破れて露出した菌褶が暗褐色に着色した成菌 (フラット, Stage5) の二つの熟度<sup>7)</sup> で収穫し, 以後の試験に供試した。

### 2-2. 試料調製

#### 2-2-1. 官能および機器評価用

白色種 (日農 118), 褐色種 (日農 100) の子実体を熟度

別に収穫した。収穫時に菌柄下部をつばの直下で切除し、当日中に、2 cm 程度になるよう、大きさによって半分ないし四分分割、六分割のくし切りにし、少量の食塩 (0.25% (w/w)) を添加し、100 g 当り 3 分 45 秒の条件で、300 W のマイクロ波で加熱した。マイクロ波調理品は、アルミ積層レトルトパウチに充填してヒートシールで密封し、-80℃で凍結保存した。

マイクロ波加熱・凍結試料は、流水で解冻し、食感から幼菌か成菌かの区別がつかないように、汁液を含めた全体をフードプロセッサでペースト状に調製した。

### 2-2-2. 呈味成分分析用

白色種 (日農 118) 生鮮子実体は、菌柄下部を切除し、約 5 mm 幅に切りながら液体窒素に投入して凍結した後、-80℃下で保存した。その後、凍結乾燥機 FDU-2100 (東京理化学器械(株)) を用いて真空凍結乾燥し、粉碎器 IFM-72G (岩谷産業(株)) で粉末化した。呈味成分の分析には、粉末 1 g を熱水で抽出し、凍結乾燥粉末としてから 10 ml に定容した抽出液を供試した。

### 2-2-3. 抗酸化性分析用

菌柄下部を切除した生鮮子実体 (褐色種, 日農 100) 10 g を純水または 50% メタノール 40 ml 中で破碎し、室温または 70℃で 2 時間振盪して抽出した後、上清を回収し、50 ml に定容したものを、試料とした。

## 2-3 評価・分析方法

### 2-3-1. 金属

凍結乾燥粉末 0.5 g に 1 N 硝酸 (精密分析用, 和光純薬工業(株))。以下、特記以外は同社製特級を使用) 10 ml を添加し、100℃-3 時間、酸分解用前処理装置 Meta PREP AT-1 (GL サイエンス(株)) で湿式灰化した。灰化物に過酸化水素水 4 ml を添加し、100℃-1 時間、加熱・脱色後、超純水で 50 ml に定容し、イットリウムを内部標準として添加した。

試料は、誘導結合プラズマ (ICP) 発光分光分析装置 ICPE-9000 ((株)島津製作所) を用いて、測定した。

### 2-3-2. 呈味の官能及び機器評価

当研究所職員 20 名を評価者として、小さじに盛った上記の 2 試料を目隠して喫食し、甘味・うま味の強弱、嗜好の三点について、2 試料のうちの強い方を選択する二点識別法 (甘味・うま味)、および好ましい方を選択する二点嗜好識別法で評価した。

また、同試料に 10 倍量の水を加えて破碎した濾液の甘味、酸味、塩味、旨味、旨味コク、渋味、渋味刺激、苦味、苦味雑味について、その強度を味認識装置で測定した。対照には、30 mM KCl + 0.3 mM L(+) 酒石酸溶液 (基準液) を用いた。

### 2-3-3. 呈味成分の分析

**糖・糖アルコール**：子実体の凍結乾燥粉末 100 mg を超純水 100 ml に懸濁、振盪した水抽出液の上清を凍結乾燥し、内部標準としてリビトール (東京化成工業(株)) を添加し、*o*-メトキシアミン塩酸塩 (シグマアルドリッチ (合)) の 2% (w/v) ピリジン溶液、次いで、*N*-メチル-*N*-トリメチルシリルフルオロアセトアミド (MSTFA, サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)) を用いるトリメチルシリル (TMS) 誘導体化法で、GC 用試料を調製した。GC 装置に Agilent 6890、カラムに DB-5 (アジレント) を用いて、測定した。

**遊離アミノ酸・エルゴチオネイン**：熱水抽出液を *o*-フタルアルデヒドまたは 9-フルオレニルメチルクロロホルメート (東京化成工業(株)) で誘導体化し、HPLC に LC-20A、検出器に SPD-20AV (島津製作所(株))、カラム ZORBAX Eclipse AAA (アジレント) を用いて、測定した。また、抗酸化性分析試料は、無処理でトリプル四重極 HPLC/MS システムを用いて、エルゴチオネインを測定した。

**核酸 (5'-ヌクレオチド-リン酸, 5'-xMP)**：熱水抽出液を、無処理で HPLC に注入し、測定した。

**EUC (Equivalent Umami Concentration, 旨味当量)**：旨味を有するアミノ酸と核酸成分 (5'-xMP) を、個々の旨味強度、相乗効果を加味した以下の式<sup>7)</sup>によりグルタミン酸ナトリウム (MSG) 量に換算した。

$$\text{EUC (g MSG/100 g d.w.)}$$

$$= \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j)$$

$a_i$ ：アスパラギン酸 (Asp)、グルタミン酸 (Glu) 含量 (g/100g)

$a_j$ ：グアニル酸 (5'-GMP)、イノシン酸 (5'-IMP) 含量 (g/100g)

$b_i$ ：アミノ酸の相対旨味強度, Asp = 0.077, Glu = 1

$b_j$ ：核酸の相対旨味強度, アデニル酸 (5'-AMP) = 0.18, 5'-GMP = 2.3, 5'-IMP = 1, キサンチル酸 (5'-XMP) = 0.61

### 2-3-4. 抗酸化性成分の分析

**総ポリフェノール**：フォリン・チオカルト法により、700 nm の吸光度を測定した。数値は、検量線を用いて没食子酸に換算した。

**抗酸化性 (DPPH ラジカル消去活性)**：1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル (DPPH) の色調変化を 560 nm の吸光度で測定することで、DPPH のフリーラジカルを 50% 消去するのに必要な総ポリフェノール量 (IC<sub>50</sub>) とし算出した。

## 結果と考察

### 1. 小規模自家栽培による子実体収量と金属類の含量

他の多くの栽培きのこと異なり、マッシュルームは数回にわたって収穫する。本報においても第三周期 (Flush)

まで収穫した。第一・第二の2 Flush分で、14 kgの堆肥培地を充填した容器当たり概ね100個、総量1 kgを収穫し、培地との重量比(収率)は約7%であった。商業的な収率は15%以上<sup>1)</sup>とされるが、専用コンポスト(堆肥)を用い、長期にわたってFlushを重ねる場合も多いことから、園芸用の市販樹皮堆肥を流用した培地で、かつ比較的短期間の収率としては十分であった。

上述のとおり、市販堆肥を基材としてマッシュルームを栽培しているが、本来の用量である7% (v/v) (土壌14L当り1L)より多く、培地の20% (w/w)を占めている。一方、きのこ類は一般に金属を生体濃縮する性質があり、本来は問題にならない堆肥中の金属類がマッシュルーム子実体中に必要以上に蓄積しうることから、収穫した子実体中の金属をICP発光分光分析装置で分析した。

結果、既存文献<sup>10-16)</sup>で報告されている金属(B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn)に加えてAl, Cr, S, Siも検出したが、Ag, I, Sn, Srは検出されなかった(Table 3)。その含量は文献と多少異なるが、異常蓄積を示すような極端に多いものはなかった。また、参考文献に記載がないAl, Cr, S, Siであるが、許容上限摂取量が1,70 µg/day<sup>17)</sup>と定められているAlで4.85 ± 1.42 µg/g d.w., 250 µg/day<sup>18)</sup>とされるCrで1.15 ± 0.22 µg/gと極めて低く、

Sは2,475 ± 80 µg/g, Siは73.35 ± 3.20 µg/gと比較的に多いものの、上限摂取量が定められていないほどであり、いずれも健康上問題にはならないと考えられる水準であった。

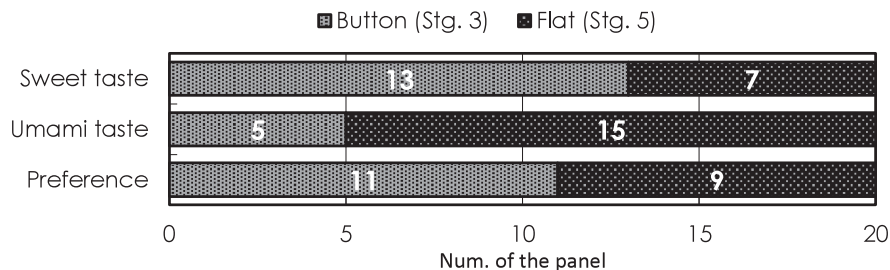
## 2. 呈味の熟度別官能・機器評価

マッシュルームにはマンニトール(1.3 g/100 g f.w.)、アミノ酸(計1.7 g/100 g f.w.)が特に多いこと<sup>19)</sup>が知られており、特徴的な呈味成分と言えることから、甘味と旨味について幼菌と成菌を比較した。マイクロ波加熱後に破碎したペースト状試料を20名に供試し、甘味・旨味は強い方を選ぶ二点識別法、嗜好は好ましい方を選択する二点嗜好識別法で評価した。

その結果、幼菌の方により強い甘味を感じた評価者は13名、成菌は7名で、幼菌の甘味がより強いと感じられる傾向はあったが、有意なものではなかった。一方で、旨味については、幼菌の4名に対して16名と、成菌が有意に強かった(p<0.01)。従って、甘味に関しては大差なく、旨味については成菌の方が強く感じられると言える。どちらがより好ましいかの嗜好については、有意差はないが、幼菌を好む評価者が8名に対し、成菌は12名となり、甘味とは逆に成菌の方が好まれる傾向があった(Fig. 1)。

**Table 3** The content of metals of self-cultivated *Agaricus bisporus* fruit body (White strain, Nichino-118) (µg/g d.w.)

Elements	Ag	Al	B	Ca	Cr
Measured data	N.D.	4.85±1.42	0.47±0.29	81.05±11.70	1.15±0.22
Literat. <sup>10-16)</sup> data			8.8	74 - 730	
Elements	Cu	Fe	I	K	Mg
Measured data	33.95±0.55	40.55±0.40	N.D.	59,233±667	1718±62
Literature data	39	81		40,500 - 56,000	13 - 1260
Elements	Mn	Na	P	S	Si
Measured data	6.08±0.15	335.67±6.33	18,350±450	2,475±80	73.35±3.20
Literature data	6	52 - 1650	15,000		
Elements	Sn	Sr	Zn		
Measured data	N.D.	N.D.	75.18±0.88		
Literature data			85		



**Fig. 1** Sensory test of self-cultivated *Agaricus bisporus* fruiting body (White strain, Nichino-118) with different stages of maturity, Button and Flat, on sweet taste, umami taste and preference.

栽培容器の異なる試料を用いて、白色種2回、褐色種1回の計3回の評価を実施したが、傾向は変わらず、甘味と嗜好に有意差はなく同等であり、旨味については1%または5%水準で成菌の方が強く感じられた。

同試料の濾液を味認識装置に供試したところ、基準液に対して、甘味と旨味が大きく、他の味は差がなく、酸味が極端に小さいことが示され、甘味と旨味を官能評価項目としたことの妥当性が裏付けられた。試料間では、幼菌は旨味が、成菌は酸味、渋味刺激、塩味、甘味、旨味コクがやや高い値を示し、概ね成菌の味わいがより強い傾向が示されたが、数値の差は1.5程度（塩味以外）と小さく、明確な差異は認められなかった（Fig. 2）。

以上のことから、現在、ほとんど流通していない成菌には、幼菌よりも強い旨味と味わいのあることが示され、嗜好面でも幼菌と比べて劣らなかった。

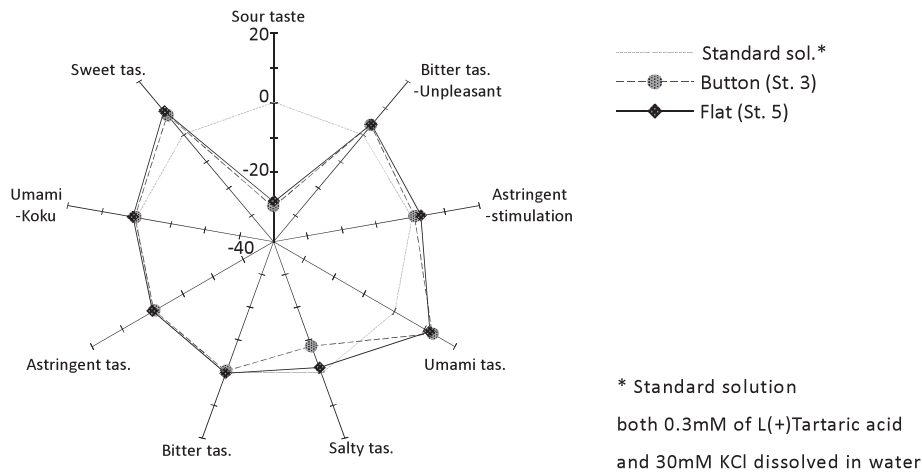


Fig. 2 Instrumental evaluation of the tastes of microwave cooked *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat, by Taste Sensing System AS402B.

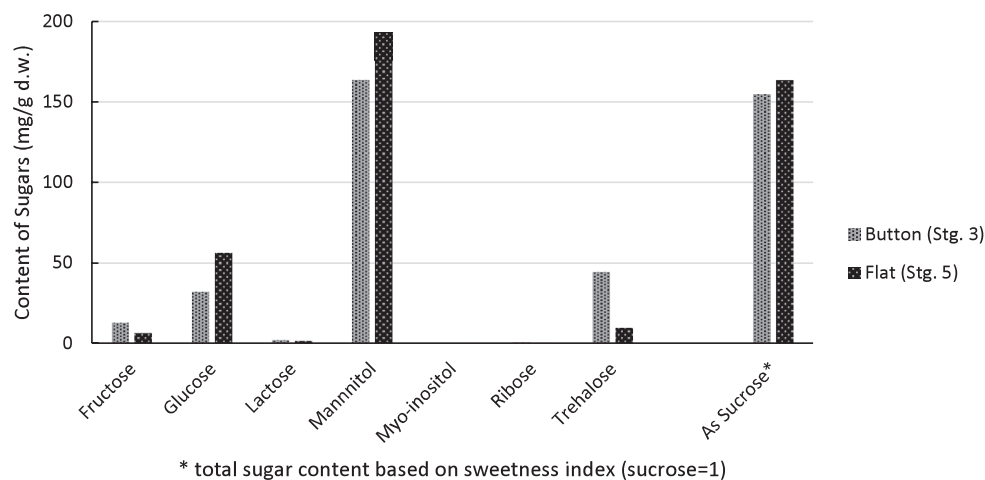


Fig. 3 The content of Sugars and Sugar-alcohol of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

### 3. 熟度別成分

#### 3-1. 糖及び糖アルコール

遊離糖の分析結果を Fig. 3 に示す。よく知られているとおり、マンニトールが最も多く、幼菌では全体の63.3%を占め、成熟に伴って、更に71.5%まで上昇した。幼菌では、次いで菌糖とも言われるトレハロースとグルコースが多かったが、成菌ではトレハロースが減少し、グルコースが増加した。総量は、幼菌が258.67 mg/g d.w., 成菌が270.71 mg/g と、やや成菌が多く、甘味度によってショ糖に換算した値もそれぞれ155.00 mg/g および163.79 mg/g と成菌が多かった。

このように成菌の遊離糖含量は幼菌に劣るどころか、同等以上であったが、その差は余り大きくなく、官能試験の結果の通り甘味を強く呈するまでには至らないと考えられる。

### 3-2. アミノ酸と核酸, 旨味強度

測定できた個々のアミノ酸の含量を Fig. 4 に, それを呈味で旨味, 甘味, 苦味, 無味の四群に分けて合計したものを Fig. 5 に, それぞれ示す。

グルタミン酸 (Glu) が幼菌で 24.61 mg/g d.w. (27.1%), 成菌で 29.18 mg/g (36.6%) と最も多く, アラニン (Ala) が幼菌 13.01 mg/g (14.3%), 成菌 8.55 mg/g (10.7%), ヒスチジンが幼菌 17.75 mg/g (19.5%), 成菌 11.18 mg/g (14.0%) と続く, この3種でそれぞれ 55.37 mg/g (60.9%), 48.91 mg/g (61.4%) を占めた。

アミノ酸を呈味で分けると, 旨味を呈するアスパラギン酸と Glu の合計が幼菌 25.01 mg/g, 成菌 33.43 mg/g と成熟に伴って増加しており, 甘味を呈する Ala などの合計は 22.21 mg/g から 16.02 mg/g と減少しているものの, 両

者の合計は 47.22 mg/g (54.8%) に対して 49.45 mg/g (62.6%) とやや増加している上, 苦味を呈するものの合計が 32.07 mg/g, 23.39 mg/g と逆に減少している。このことは, 良味 (旨味, 甘味) が強くなり, 苦味が弱くなることを示しており, 幼菌より成菌でより強く旨味が感じられた官能評価の結果と関係していると考えられる。

5'-ヌクレオチドの測定結果を Fig. 6 に示す。幼菌と生菌を比較すると GMP と AMP はほぼ同等で, IMP のみ成熟に伴って大幅に減少していたが, AMP が突出して多いこともあり, 合計では大きな減少ではなかった。また, 代表的な呈味性ヌクレオチド4種の内キサンチル酸 (5'-XMP) のみは検出されなかった。

Yamaguchi et al. (1971) が提唱した, アミノ酸・呈味核酸物質個々の旨味強度とその相乗効果を加味してグルタ

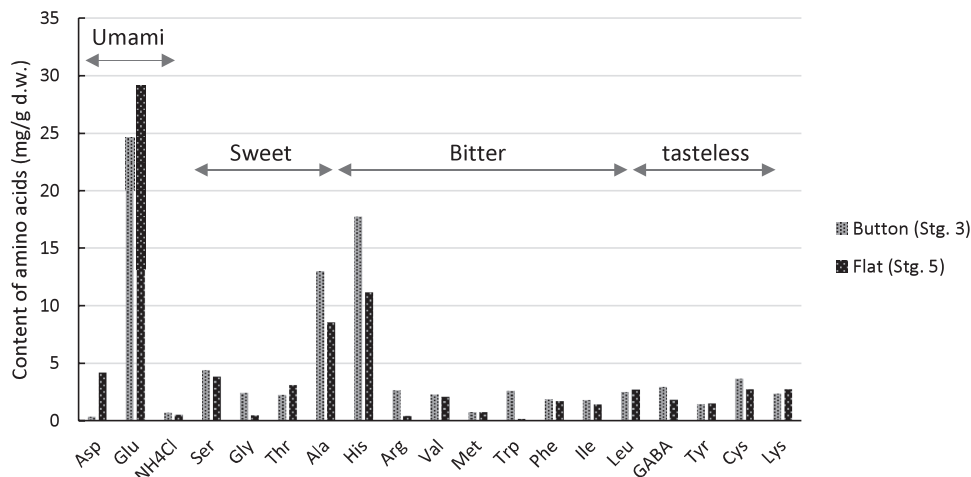
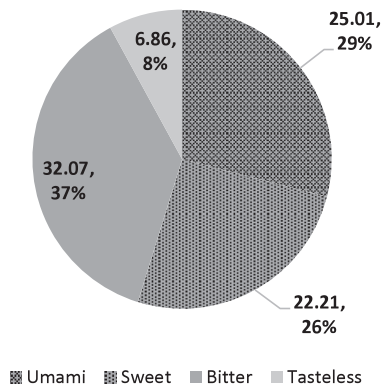


Fig. 4 The content of Amino acids of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

Button (Stg. 3, mg/g d.w.)



Flat (Stg. 5, mg/g d.w.)

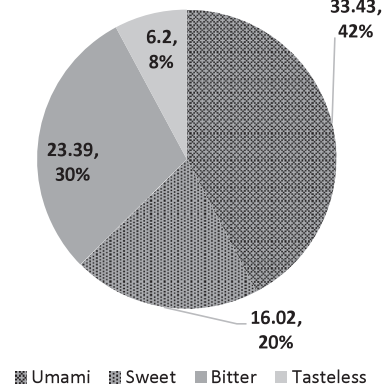


Fig. 5 The content of taste-sorted Amino acids of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

Umami; Asp and Glu, Sweet; Ala, Gly, Ser and Thr, Bitter; Arg, his, Ile, Leu, Met, Phe, Trp and Val, Tasteless; GABA, Tyr, Cys and Lys

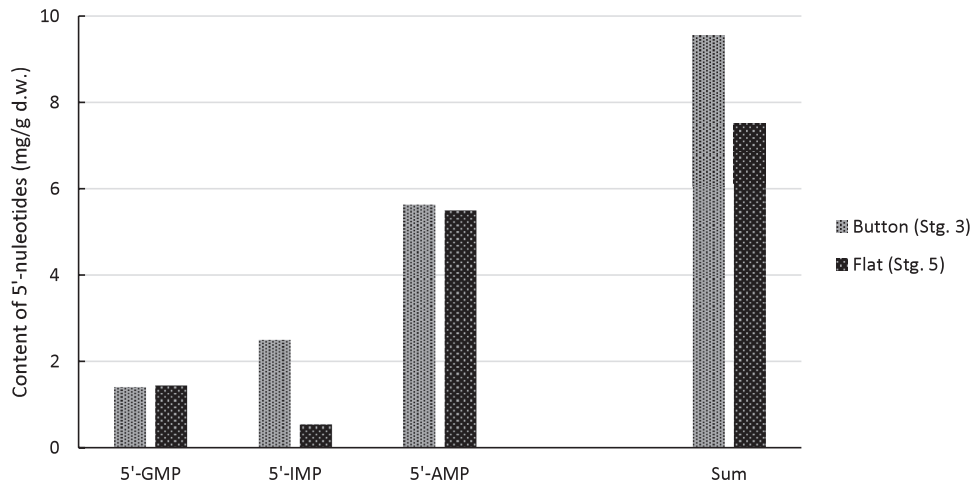


Fig. 6 The content of 5'-nucleotides (5'-xMP) of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

ミン酸ナトリウム (MSG) 量に換算する公式を用い、旨味成分を EUC (Equivalent Umami Concentration) とした結果を Fig. 7 に示す。

旨味の強い Glu が増加し、含量が低い IMP の寄与は比較的小さいことから、EUC は幼菌 228.62 g MSG/100 g d.w. に対し、成菌が 294.78 g MSG/100 g d.w. と 30% 近く高く、この点からも成菌で強く旨味が感じられたことが支持された。

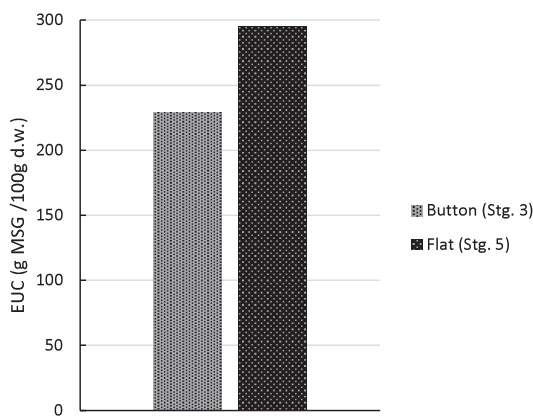


Fig. 7 Equivalent Umami Concentration\* of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

\* Calculated from contents of the amino acids and 5'-nucleotides with umami by the formula,  $EUC (g \text{ MSG}/100 \text{ g d.w.}) = \sum a_i b_i + 1218 (\sum a_i b_i) (\sum a_j b_j)$ .  
 $a_i$ : concentration (g/100g) of Asp or Glu  
 $a_j$ : concentration (g/100g) of 5'-GMP or 5'-IMP  
 $b_i$ : relative umami concentration (RUC) of each amino acid to MSG, Glu=1, Asp=0.077  
 $b_j$ : RUC of each 5'-nucleotide to MSG, 5'-AMP=0.18, 5'-GMP=2.3, 5'-IMP=1, 5'-XMP=0.61  
 1218: synergistic constant

### 3-3. 総ポリフェノール, L-エルゴチオネイン含量と DPPH ラジカル消去活性

褐色種 (日農 100) の生鮮子実体から 2 種の抽出溶媒 (水, 50%メタノール), 2 種の温度 (室温, 70℃) で調製した抽出物の総ポリフェノール含量を Fig. 8 に示す。抽出溶媒を水とした場合, 抽出温度の影響が大きく, 70℃で却って低下したが, メタノールの場合, 抽出温度に大きな影響はなかった。しかしながら, 抽出されたポリフェノール量は水・室温がメタノール区より 30% 以上高く, 最も効率が良かった。どの抽出条件でも, 室温ではやや幼菌が, 高温ではやや成菌のポリフェノール量が多く, 開傘による菌褶の露出, 子実体組織の軟化, それに伴う代謝の変動など, 成熟による変化が影響する可能性が考えられる。

最も効率よく抽出された水・室温抽出試料を用いて, DPPH ラジカルの消去活性をしらべた結果 (Fig. 9),  $IC_{50}$  が幼菌 20.8 mg/100g, 成菌 20.9 mg/100g と算出され, 熟度による差異は見出せなかった。

強力なラジカル消去活性を有し, きのこと特有の抗酸化成分として注目されているエルゴチオネイン含量を測定したが, 幼菌 1.44 mg/g d.w., 成菌 1.14 mg/g d.w. とやや成菌の方が少なかった (Fig. 10)。総ポリフェノール, エルゴチオネインとも成菌でやや減少した一方で, ラジカル消去活性が維持されたことについては, 本報で評価しなかった他の要因が影響しているのではないかと考えられる。

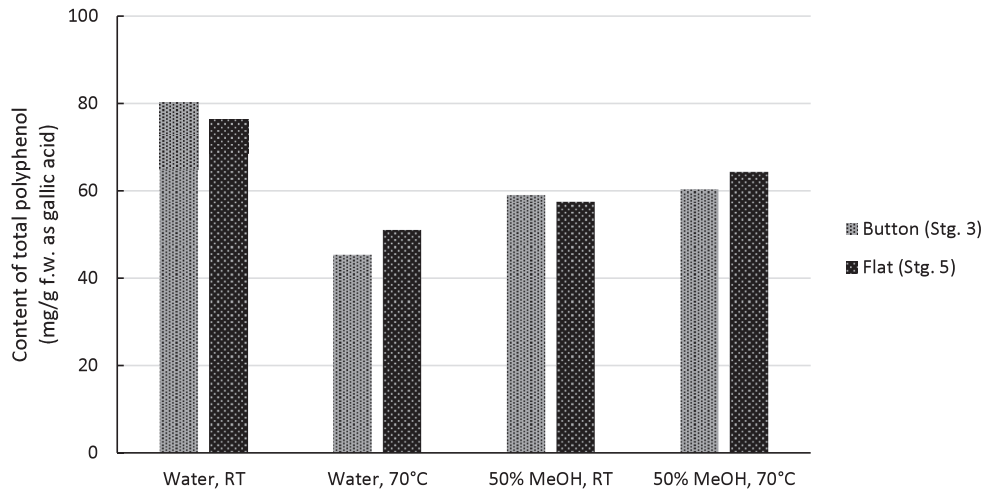


Fig. 8 The content of total polyphenol of *Agaricus bisporus* fruit body with different tages of maturity, Button and Flat, and different extracting conditions.

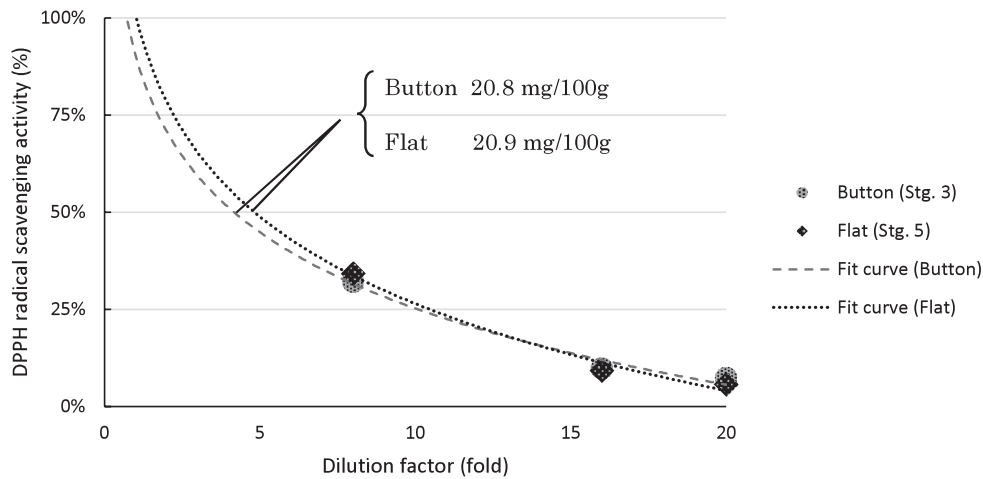


Fig. 9 DPPH radical scavenging activity of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat. Water extract (RT).

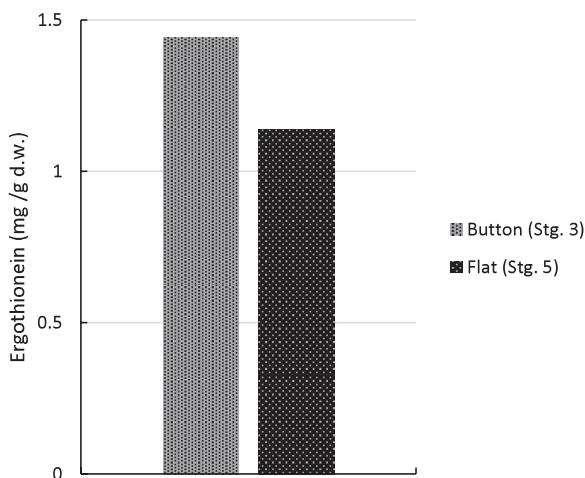


Fig. 10 The content of L-ergothioneine of *Agaricus bisporus* fruit body with different stages of maturity, Button and Flat.

## まとめ

市販樹皮堆肥を用いた栽培で、専用コンポストによる市販品と特に変わらないマッシュルームを収穫でき、金属類の異常蓄積もなかった。官能と機器により、マイクロ波加熱した幼菌と成菌の呈味を評価したところ、甘味と嗜好性は同等で旨味は明らかに成菌で強かった。味認識装置の結果から、成菌の味わいは僅かながら強いと考えられ、ほとんど流通していない成菌が、食味面でとくに幼菌に劣るものではないと示された。

遊離の糖・糖アルコール、アミノ酸、呈味核酸成分を測定し、幼菌と生菌を比較した。成熟に伴って、特に多いマンニトールが増加し、トレハロースが減少、グルコースが増加した。総量と甘味度によるショ糖換算値のいずれも成菌がやや多く、幼菌に劣るものではなかったが、官能に明らかに影響するほどの差異ではなかったと考えられる。一



方, アミノ酸では旨味が強い Glu が成熟時に増加し, 苦味を呈するものが減少し, 呈味核酸では IMP のみが減少するものの, 旨味成分を相乗効果も加味して算出する EUC は明らかに成菌が高く, 旨味が強いという官能評価と一致した。

生鮮試料を純水, 室温で処理すると, 高温 (70℃) や 50%メタノールより, よくポリフェノール類を抽出できたが, その含量は温度によって異なる, 差が小さいなど, 成熟に伴う明確な傾向はなかった。成菌で, 総ポリフェノールは僅か, 抗酸化力が高いエルゴチオネインは 20%程度低下していたが, DPPH ラジカル消去活性に差はなかった。

以上, 現在は流通・消費されていないマッシュルーム成菌は, 呈味, 抗酸化性において, 一般に流通している幼菌と特段に劣るところはなく, 異なる味わいのあることが示された。よって, ことさらに成菌を忌避する理由はなく, 海外と同様に成菌が消費されれば, 収穫適期の拡大による生産増加など, 農業の振興にもつながると考えられる。

## 引用文献

- 1) 橋本一哉, マッシュルーム栽培法—高度生産技術への対応, 農村文化社, p.22, ISBN4-931205-02-8 (1987)
- 2) 農林水産省, 平成 24 年特用林産基礎資料 II 品目別資料 7: きのご類の生産量, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001116813> (2016 年 11 月閲覧)
- 3) 農林水産省, 地域特産野菜生産状況調査, [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan\\_yasai/](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_yasai/) (2016 年 11 月閲覧)
- 4) Royse, D. J., Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8), pp.1-4, (2014)
- 5) 特産情報 2014 年 12 月号, 36-5, pp.50-51, ISSN 0910-5735 (2014)
- 6) 星子 英次郎, 加瀬谷 泰介, 東洋食品研究所 研究報告書, 29, pp.9-19 (2013)
- 7) Shu-Yao Tsai, Tsai-Ping Wu, Shih-Jeng Huang, Jeng-Leun Mau, *Food Chemistry*, 103, pp.1457-1464 (2007)
- 8) 缶・びん詰・レトルト食品・飲料製造講義 各論編, (社)日本缶詰協会, pp.192-195 (2002)
- 9) 水野卓, 大田原紳一, 李敬軒, 静岡大学農学部研究報告, 38, pp.37-46 (1988)
- 10) 川井英雄, 菅原龍幸, 松沢睦子, 角屋敷佳代子, 青柳康夫, 細貝祐太郎, 日本食品工業学会誌, **33**, pp.250-255 (1986)
- 11) 川井英雄, 菅原龍幸, 藤代聡子, 松沢睦子, 青柳康夫, 細貝祐太郎, 他. 日本食品工業学会誌, **37**, 468-473 (1990)
- 12) 菅原龍幸, 川井英雄, 松沢睦子, 藤代聡子, 青柳康夫, 細貝祐太郎, 日本食品工業学会誌, **37**, pp.540-546 (1990)
- 13) Seeger, R. and Hüttner, W., Deut. Lebensm. Rundschau, 77, p.385 (1981)
- 14) Seeger, R. et al., Deut. Lebensm. Rundschau, 79, p.80 (1983)
- 15) Seeger, R. Z., Lebensm. Unters. Forsch., 167, p.23 (1978)
- 16) Seeger, R. and Beckert, M., Z. Lebensm. Unters. Forsch., 168, p.264 (1979).
- 17) 厚生労働省, アルミニウムに関する情報, [http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryoku/shokuhin/syokuten/aluminium/index.html](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/shokuhin/syokuten/aluminium/index.html) (2016 年 11 月閲覧)
- 18) 厚生労働省, 第 6 次改定日本人の栄養所要量について, [http://www1.mhlw.go.jp/shingi/s9906/s0628-1\\_11.html](http://www1.mhlw.go.jp/shingi/s9906/s0628-1_11.html) (2016 年 11 月閲覧)
- 19) 文部科学省, 食品成分表データベース マッシュルーム / 生; [http://fooddb.mext.go.jp/result/result\\_top.pl?USER\\_ID=11498](http://fooddb.mext.go.jp/result/result_top.pl?USER_ID=11498) (2016 年 11 月閲覧)