

《温故知新プロジェクト》

干し野菜の品質、抗酸化性、環境面を考慮した最適調製条件の検討

—調製条件の異なる半乾燥キノコの品質及び機能性の検討—

久松裕子\*<sup>1</sup> 遠藤伸之\*<sup>2</sup> 長尾慶子\*<sup>1</sup>

Study on Optimum Preparation Conditions of Half-Dried Mushroom  
According to the Quality, Antioxidative Activity, and Energy  
Consumption According to the Functionality and  
Quality of Half-Dried Mushroom

Yuko HISAMATSU, Nobuyuki ENDO, and Keiko NAGAO

1. 緒 言

近年、生活習慣病の患者数は増加の一途であり、食生活においては、その予防因子の1つである野菜類の摂取が重点課題となっている。このような現状の中、野菜は、成分構成において水分が約90%を占めることから、含有水分量を適度に減らすことで、野菜中の栄養成分を効率よく摂取し、野菜類全体の摂取量の増加が期待できるのではないかと考えた。

水分を飛ばして乾燥させた食品である乾物類は、人々の生活の知恵と歴史に裏づけられた素晴らしい保存食品であり、各地域で古くから親しまれ伝承されてきた伝統食品である。また、本来の乾物というのは、単に食品を乾燥させて長期保存を可能にした食品というだけでなく、太陽光を受けて干すことによって、食品に含まれる成分が変化し、付加価値が生まれた食品のことである<sup>1)</sup>。しかし乾物は、基本的にはそのままでは食べることができず、水で戻したり、あく抜きをしたり等、多少の手間をかけなければならないものが多い。

そこで我々は、乾燥による付加価値を高め、同時に手間がかかるような工程を踏まず、生と同様に調理に利用できる食品としての半乾燥野菜に着目した。

これまでに、根菜類のダイコン、ニンジン及び果菜類のカボチャを試料とし、半乾燥野菜の煮物調理としての調製条件について、調理性、嗜好性、及び抗酸化性からの検討を行い、天日乾燥法による重量減少率30%時の試料が最適条件であると報告した<sup>2)</sup>。

今回は、低カロリーで、特有の香りと旨味を有するキノコ類を試料とした。一般に、キノコの成分は水分が90～

93%と多く、難消化性多糖類の食物繊維やビタミンDが豊富である<sup>3)</sup>。また、キノコには病気の予防や治療に対して高い効果がある成分を有することがわかり、高脂血症、高血圧症、糖尿病などの食生活とも深く関連のある生活習慣病の予防にも有効であることが解明されている<sup>4)</sup>。

本研究では、これらの性質や効果を持つキノコ類について、半乾燥時の品質ならびに機能性面での評価を行い、煮物調理として最適な調製条件の検討を行った。

2. 実験方法

1) 実験材料

都内スーパーで市販されている北海道産シタケ、長野県産ブナシメジ（以下、シメジ）及び新潟県産マイタケを、3月～6月の期間で購入し、実験試料とした。

2) 試料調製

シタケは傘のみ、シメジとマイタケは石突を除去した可食部を1回の測定実験で各試料の総重量を30.0±0.1gに調整した。それを基準の生試料（重量減少率0%試料、対照試料）とし、重量減少率を変えた半乾燥キノコを調製した。野菜の乾燥方法は、天日乾燥法（平均温度23℃、平均湿度40%）と恒温庫乾燥法（庫内温度60℃）として、重量減少率30%及び50%になるまでの平均乾燥時間を算出し、それぞれの乾燥法ごとに重量減少率の異なる半乾燥キノコ試料を調製した。

それら半乾燥キノコ試料を直径140mmの片手鍋で、200mLの沸騰水中でそれぞれ茹で加熱を行った。加熱の終点は、各試料の中心内部温度98℃到達時とし、3回測定した平均加熱時間で茹で加熱し茹でキノコ試料とした。

\*<sup>1</sup> 東京家政大学 (Tokyo Kasei University)

\*<sup>2</sup> 若狭湾エネルギー研究センター (Wakasa Wan Energy Research Center)

### 3) 測定方法

#### (1) 重量減少率の経時変化

基準の重量減少率0%試料(生試料)を対照とし、乾燥1時間ごとに各キノコ試料の重量を測定し、天日乾燥法と恒温庫乾燥法での重量減少率の経時変化を追跡した。天日乾燥法は本大学実験棟屋上にてネット(形状400×400×550 mm, 市販の魚干し網)を用い、直射日光下(気温・湿度測定)に放置する方式で乾燥を行った。恒温庫乾燥は、庫内温度を60°Cに設定した恒温庫内で乾燥を行った。

#### (2) におい識別測定

におい識別装置(Shimadzu製 FF-2A、FAS-1)を用いた。

測定には茹でキノコ試料をそれぞれ5.0 g計量し、測定用サンプルバックに入れ、窒素を充填し、室温に1時間放置後、窒素を充填した新しいサンプルバックへ移し替えて、測定に用いた。解析は、9種のガス(硫化水素系、硫黄系、アンモニア、アミン系、有機酸系、アルデヒド系、エステル系、芳香族系、炭化水素系)を基準ガスとして試料のにおいを数値化する、[絶対値表現解析]法を用いた。

#### (3) アミノ酸含量の測定

##### (i) 試料調製

各茹でキノコ試料30.0 gを凍結乾燥後粉碎した。この0.1 gを採取して純水10 mLを加え、37°Cで30分間加熱抽出を行った。得られた抽出液をPITCプレカラム法により誘導化し、アミノ酸含量測定試料とした。

##### (ii) アミノ酸含量の測定

高速液体クロマトグラフ装置(Shimadzu製 LC-20AT LC-20Ai)で測定した。カラムは、メルクミリポア製リクロカート® 250-4スーパーフェア RP-8eを使用した。標準液はアミノ酸混合標準液 H 型(和光純薬工業製)を使用し、遊離アミノ酸17種の定量測定を実施した。

#### (4) ビタミン D<sub>2</sub> の測定

##### (i) 試料調製

上記茹でキノコ試料の凍結乾燥試料を用いた。これら試料をそれぞれ0.2 g採取し、固相抽出及びLC/MSを用いた迅速分析法<sup>5)</sup>により抽出及び測定を実施した。

##### (ii) ビタミン D<sub>2</sub> 含量の測定

高速液体クロマトグラフ装置(東ソー製 CCPM2ポンプ、資生堂製 SI-2蛍光分光光度計検出器)で測定した。カラムは、ジーエルサイエンス製 ODS カラム Inertsil ODS-3 (φ2.0×250 mm)を使用した。

#### (5) 化学発光(AAPH-CL)法によるペルオキシラジカル捕捉活性の測定

##### (i) 試料調製

ビタミン D<sub>2</sub> 含量測定と同じ凍結乾燥試料を用いた。これら試料をそれぞれ0.2 g採取して70 v/v%エタノール20 mL、超純水20 mLを別々に加え、加熱還流法を用いて37°Cで30分間抽出した。得られた各抽出液を0.45 μmのフィルターでろ過し、ペルオキシラジカル捕捉活性の測定に供した。

##### (ii) 測定方法

ラジカル発生基剤の2,2-アゾビス(2-アミジノプロパン)二塩酸塩(AAPH)を用いた化学発光(AAPH-CL)法<sup>6)</sup>により、活性酸素ペルオキシラジカルの捕捉活性を求め、抗酸化能を評価した。すなわち、既報<sup>7)</sup>に準じてルミテスター(キッコマン製、LUMITESTER C-100)によりペルオキシラジカル発生に由来する発光値を測定し、コントロールである0.1 Mリン酸緩衝液の発光ピーク値を1/2にする干しキノコ試料液濃度(%) IC<sub>50</sub>値から各試料の抗酸化能を評価した。この数値が小なほどペルオキシラジカル捕捉活性(抗酸化能)が大であることを示している。

#### (6) 官能評価

パネルは本学栄養学専攻の学生31名とした。

(3)のアミノ酸含量の測定結果からアミノ酸量の多かった試料を官能評価用試料とした。重量減少率0%試料(生試料)を基準とし、恒温庫乾燥法及び天日乾燥法の重量減少率50%試料の茹でキノコ試料を官能評価用に用いた。それら試料を用いて、5段階評点法及び3点嗜好試験法による官能評価を実施した。5段階評点法での評価項目は、色、香り、硬さ、歯触り、味、旨味、総合評価の7項目とした。また、3点嗜好試験法では、煮物として好ましいと感じるキノコ試料を選択させた。

#### (7) 統計処理

各試料データの平均値の差の検定には Student 及び Welch の *t* 検定を用いた。

### 3. 結果及び考察

#### 1) 重量変化率の経時変化

各キノコ試料の天日乾燥法と恒温庫乾燥法による重量減少率の経時変化を図1に示した。

キノコの種類別で見ると、シメジ、マイタケで重量減少率が大きく乾燥が速く進み、シイタケでは遅れていた。これは、水分の蒸発が試料の表面で起こるため、表面積の大きいシメジ、マイタケで乾燥時間が短くなった。また、乾燥方法の違いで見ると、キノコの種類に関係なく、温度の高

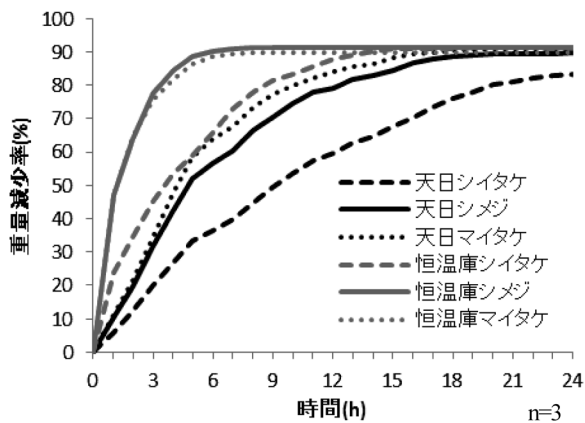


図1 各試料の乾燥方法による重量減少率の変化

重量減少率	天日		恒温庫	
	30%	50%	30%	50%
シイタケ	4.6	9.1	1.8	3.5
シメジ	2.9	4.8	0.5	1.2
マイタケ	2.7	4.3	0.5	1.2

い恒温庫乾燥で乾燥速度が大となった。さらに、図1の結果から、各試料及び乾燥方法別の重量減少率30%試料及び50%試料調製時の乾燥時間を表1に示し、今後の実験試料調製時に用いることとした。

## 2) におい識別測定結果

におい識別装置の結果から、そのにおいを何倍希釈すると無臭になるかを指数を用いて定義した【臭気指数相当値】の結果を図2に示した。半乾燥茹でキノコは、キノコの種類に関わらず、乾燥させることで一度においは弱くなり、その後乾燥が進むことでにおいが強くなる傾向が見られた。また、各基準ガスとの類似性でにおいの質を表す類似度から、半乾燥茹で加熱キノコ試料は乾燥により、重量減少率0%と比べ、においの質が変化していた。

## 3) アミノ酸量の測定

遊離アミノ酸17種について測定し、それを合わせたものを総量として図3に示した。各半乾燥茹で加熱キノコ試料において、恒温庫乾燥による終了減少率50%試料のアミノ酸総量の増加の傾向が見られた。そこで、測定したアミノ酸のうちアスパラギン酸、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、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニンを甘味及び旨味を強く感じるアミノ酸とし、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、チロシン、フェニルアラニン、ヒスチジン、アルギニンを苦みを強く感じるアミノ酸として分類し<sup>8)</sup>、キノコ試料ごとに図4~6に示した。

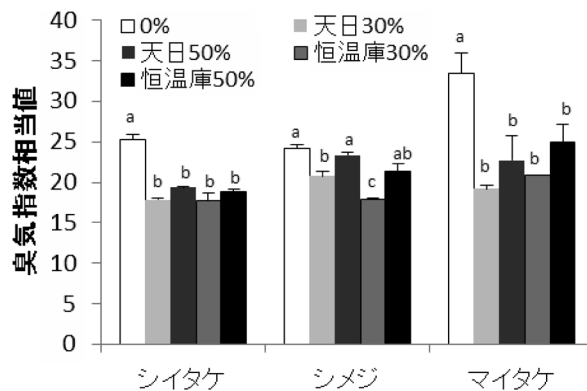


図2 各試料の乾燥方法による臭気指数相当値の比較

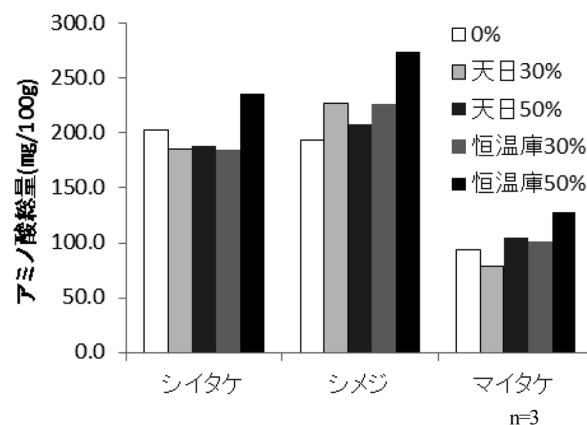


図3 各試料の乾燥方法によるアミノ酸総量の変化

これらの結果から、どのキノコ試料においても、恒温庫乾燥試料で苦みを感じるアミノ酸の増加が多くなり、天日乾燥試料においては、旨味や甘味を有するアミノ酸の割合が多くなる傾向が見られた。これは、乾燥中のキノコ内の温度上昇か天日乾燥の方が緩やかで、酵素がよく作用<sup>8)</sup>しアミノ酸が遊離したこと、さらに、旨味や甘味を感じるアミノ酸の中でも特にアスパラギン酸やグルタミン酸という親水性のアミノ酸の増加が天日乾燥試料で起こったことから、乾燥による組織の変化により茹で加熱中の茹で汁への溶出が防げたのではないかと考えた。これらのことから、天日乾燥を行うことで、恒温庫乾燥よりも味が良くなると考えられる。

## 4) ビタミンD<sub>2</sub>の測定

ビタミンD<sub>2</sub>の測定結果を図7に示した。

この結果から、シイタケ及びマイタケの天日乾燥試料ではビタミンD<sub>2</sub>の増加が見られたが、シメジではどちらの乾燥方法においてもほとんど変化は見られなかった。天日の照射によりビタミンD<sub>2</sub>が生成されるのは、日光中の有効紫外線によるエルゴステロールの光化学反応によるものであることから<sup>9)</sup>、シイタケ、マイタケ中にはエルゴステ

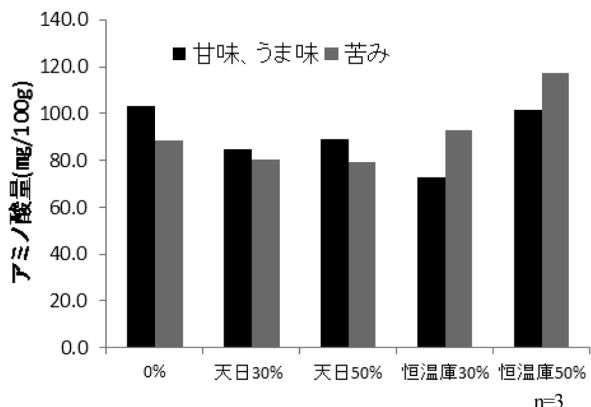


図4 半乾燥茹で加熱シイタケ試料における味別のアミノ酸量の変化

旨味, 甘味…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  
 苦み…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

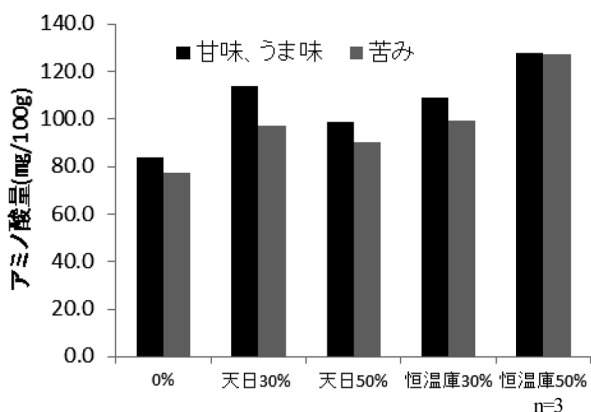


図5 半乾燥茹で加熱シメジ試料における味別のアミノ酸量の変化

ロールが存在するが、シメジにはほとんど含まれないことが考えられた。さらに、乾燥時、シイタケは菌褶を上向きにして行った。シイタケのエルゴステロールの分布は、菌傘側よりも菌褶側の方が重量当たりの含量が多いこと<sup>10)</sup>や、日光の照射する表面積が菌褶側の方が広いことから、増加が顕著に見られたのではないかと考えた。これらの結果から、ビタミンD<sub>2</sub>の摂取を期待する場合は、シイタケ及びマイタケの天日乾燥試料を調理に使用するのが適切であると推察される。

### 5) ペルオキシラジカル捕捉活性の測定

ケミルミネッセンス法を用いて測定したペルオキシラジカル捕捉活性の結果を示した。水抽出試料の結果を図8、70 v/v%エタノール抽出試料の結果を図9とした。シイタケ及びマイタケ試料では、水抽出及び70 v/v%エタノール

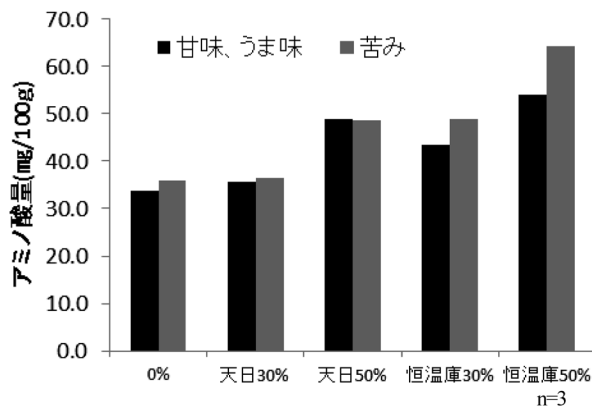


図6 半乾燥茹で加熱マイタケ試料における味別のアミノ酸量の変化

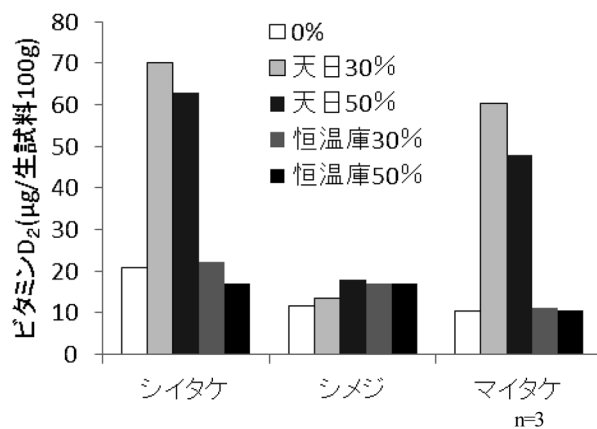


図7 各試料の乾燥方法によるビタミンD<sub>2</sub>の変化

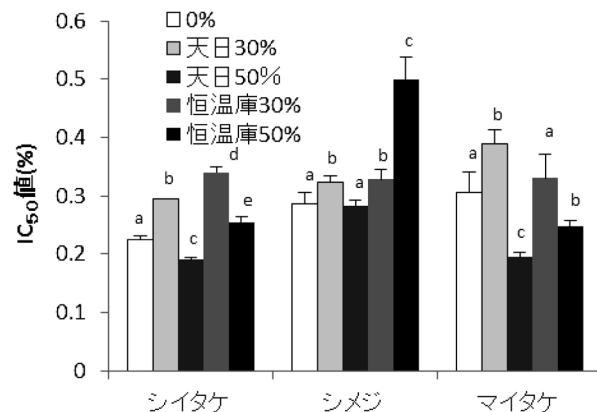


図8 各試料の乾燥方法による水抽出試料のペルオキシラジカル捕捉活性の比較

抽出試料どちらにおいても、重量減少率30%で一旦抗酸化能は低下し、重量減少率50%まで乾燥させることで、抗酸化能が高くなった。また、水抽出試料と70 v/v%エタノール試料で同様な傾向が見られたことで、水溶性の成分が抗酸化能に影響していると考えられた。さらに、測定試料は茹で加熱を行っていることから、乾燥により組織が変化することで茹で汁への溶出を防ぐことができたのではな

いかと推察された。また、シメジ試料においては天日乾燥の重量減少率50%試料において0%（生）試料と同等の抗酸化能を示すのみの結果となり、機能性の面から半乾燥キノコ試料を用いる場合には、シイタケ及びマイタケが適すると推察された。

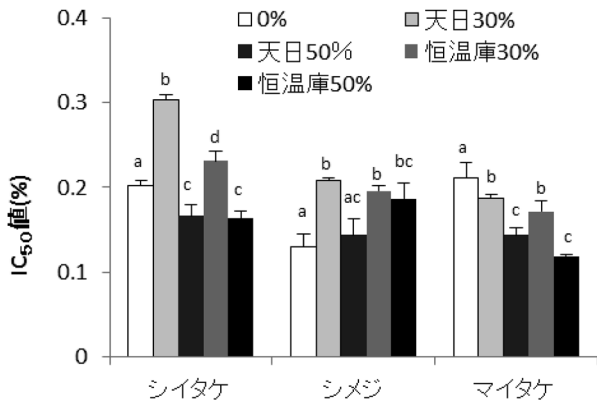


図9 各試料の乾燥方法による70 v/v%エタノール抽出試料のペルオキシラジカル捕捉活性の比較

表2 乾燥方法別半乾燥茹で加熱シメジ試料の5段階評点法による官能評価結果

評価項目		天日50%	恒温庫50%
色	薄-2~2濃	0.29	0.71*
香り	弱-2~2強	0.94*	1.03*
硬さ	硬-2~2柔	0.16	0.16
歯触り	悪-2~2良	0.06	-0.03
味	薄-2~2濃	0.65*	0.87*
旨味	弱-2~2強	0.42*	0.77*
総合評価	悪-2~2良	0.23	0.26

パネル：本学栄養学専攻の学生31名  
重量減少率0%基準試料に対して有意差有り \*：p<0.05

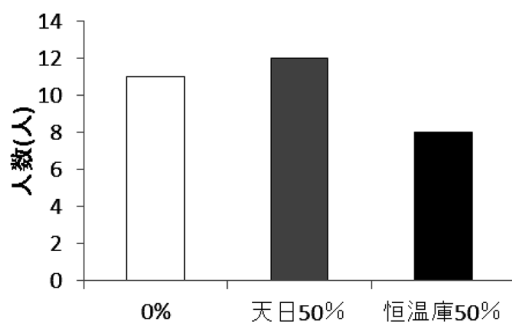


図10 乾燥方法別半乾燥茹で加熱シメジ試料の3点嗜好試験による官能評価結果

## 6) 官能評価

まず、半乾燥茹で加熱シメジ試料における5段階評点法による官能評価結果を表2に示した。乾燥方法に関わらず、香り、味、旨味において有意な変化が見られた。また、色においては恒温庫乾燥試料のみ基準に比べ色が有意

に濃くなるという評価となり、目視観察においても、他の2試料と比較して暗い色になっており、天日乾燥試料の方が、乾燥させない0%（生）試料に近い茹であがりになることが分かった。

次に、同試料及び同パネルにて3点嗜好試験を行った結果を図10に示した。この結果から、天日乾燥試料が最も好まれる傾向にあることが分かった。

## 4. 要 約

これまでの実験結果より、アミノ酸の測定では天日乾燥試料において甘味及び旨味を感じるアミノ酸のアスパラギン酸、スレオニン、セリン、グルタミン酸、プロリン、グリシン、アラニンの増加が見られたこと、ビタミンD<sub>2</sub>の測定では、シイタケ及びマイタケ試料における天日乾燥法でビタミンD<sub>2</sub>の増加が見られたこと、さらに恒温庫乾燥法では機器を使用するためにエネルギーを多量に消費することから、天日乾燥による乾燥方法が良いと考えた。

また、ペルオキシラジカル捕捉活性による抗酸化能測定では、重量減少率50%試料において抗酸化能が高くなる結果となったことから、半乾燥茹でキノコ試料の最適な調製条件として、天日乾燥で重量減少率50%試料が該当な試料であると提案する。

なお本研究成果は、日本調理科学会誌へ投稿準備中であることを付記する。

## 文 献

- 1) 星名桂治 (2011). 『乾物の辞典』東京堂出版, pp. 9-15
- 2) 久松裕子, 遠藤伸之, 長尾慶子 (2013). 調理性・嗜好性および抗酸化性から検討した半乾燥干し野菜の調製条件, 日本家政学会誌, **64**, 137-146
- 3) 医歯薬出版 (2011). 『最新日本食品成分表』医歯薬出版, pp. 130-133
- 4) 江口文陽他 (2005). 『きのこの生理活性と機能性の研究』シーエムシー出版, p. 17
- 5) 中島正晴, 西脇俊和, 沼田史江, 川口信久 (2010). 固相抽出及びLC/MSを用いたマイタケ中ビタミンD<sub>2</sub>の迅速分析, 新潟県農業総合研究所食品研究センター研究報告, **39**, 23-25
- 6) 吉川敏一, 河野雅弘, 野原一子 (2003). 『活性酸素・フリーラジカルのすべて—健康から環境汚染まで—』丸善, pp. 39-76
- 7) Kitao, S., Fujii, K., Teramoto, M., Harada, K., Ando, M., and Tamura, Y. (2005). Rapid and sensitive method for evaluation of radical-scavenging activity using peroxy radicals derived from 2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride combined with luminol chemiluminescence, *Food Sci. Technol. Res.*, **11**, 318-323
- 8) 桐淵壽子 (1991). 日光または紫外線照射キノコの遊離アミ

- ノ酸の変化, 日本家政学会誌, **42**, 415-421
- 9) 竹内敦子, 岡野登志夫, 寺岡澄子, 村上裕美子, 鞆本万里子, 澤村節子, 小林 正 (1984). シイタケ中のビタミン D<sub>2</sub>の同定及び定量, ビタミン, **58**, 439-447
- 10) 竹内敦子, 岡野登志夫, 鞆本万里子, 澤村節子, 小林 正 (1984). シイタケ中のビタミン D<sub>2</sub>及びエルゴステロールの分布と存在型について, ビタミン, **58**, 589-595