原木シイタケにおける長期冷凍保存と解凍条件が食味および成分含量におよぼす影響

誌名	財団法人日本きのこセンター菌蕈研究所研究報告 = Reports of the Tottori Mycological Institute
ISSN	03888266
著者名	田淵,諒子 作野,えみ
発行元	日本きのこセンター菌蕈研究所
巻/号	48号
掲載ページ	p. 5-13
発行年月	2018年9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

Erratum 正誤表

Rep. Tottori Mycol. Inst. No. 48, 2018. 菌蕈研究所報告 48 号, 2018.

P. 6, line 9　(6 ページ,　9 行目):
“2016 年の国内における生食用シイタケの生産量は 69.7 t であるが, ”

Please correct the underlined part number as follows.
下線部の数字を以下のように訂正してください。

“2016 年の国内における生食用シイタケの生産量は 69.700t であるが, ”

Rep. Tottori Mycol. Inst. **48** : 5－13, 2018.

原木シイタケにおける長期冷凍保存と解凍条件が食味および成分含量におよぼす影響*

田淵諒子・作野えみ

Influence of long-term freezing and thawing conditions on the taste and content of chemical ingredients in log-cultivated fruiting bodies of shiitake, *Lentinula edodes**

Akiko Tabuchi and Emi Sakuno

Abstract

The harvest season of fruiting bodies of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) cultivated on logs in the open air is from late autumn to spring. To identify optimal conditions the long-term storage of mushrooms, we investigated the impact of mushroom freezing on the edibility and ingredient composition, such as levels of free carbohydrates and 5'-guanosine monophosphate (5'-GMP). Frozen shiitake mushrooms were thawed by following methods: microwave treatment, steaming, soaking in running water, and boiling. Running water thawing was found to be the most suitable method, in terms of especially overall taste balance. The state of mushrooms before freezing affected the sensory evaluation, e.g., moistened fruiting bodies were assigned a relatively high rating, whereas the ones briefly spin-dried before freezing displayed lower quality. Glucose content decreased as a function of the freezing time. There was no significant change in the fructose, trehalose, and 5'-GMP levels with increasing freezing time. In a comprehensive evaluation of palatability including samples that had been kept frozen for more than 1 year, those frozen for 3 months were assigned the highest rating, whereas those frozen for 1, 12, 13, and 15 months received approximately equal ratings. Our results suggest that a long-term freezing followed by appropriate thawing may preserve high-quality in shiitake mushrooms.

Key words: freezing shiitake, thawing, palatability, free carbohydrates, 5'-guanosine monophosphate (5'-GMP).

---

*菌蕈研究所研究業績，第 409 号，（一財）日本きのこセンター・菌蕈研究所，〒 689-1125 鳥取市古郡家 211.
Contribution No. 409 of the Tottori Mycological Institute, 211 Kokoge, Tottori 689-1125, Japan.

緒　言

原木シイタケの屋外栽培において，子実体形成の適期は秋から春で，発生量は栽培条件や環境により異なる．特に低温時の発生においては生育が緩慢となるため傘の基肉が厚く，高密度で締まった良品質のシイタケが得られる（日本きのこセンター，1985）．これらは食味に優れているが，新鮮状態での長期保存は困難であり，多くは乾燥して保存・消費される．2016年の国内における生食用シイタケの生産量は69.7 tであるが，その90%近くを周年栽培が可能な菌床栽培品が占めている（林野庁，2017）．原木栽培された生鮮シイタケは，乾シイタケとは異なった食感や香りの特性を有することから，生食用としてのシイタケの特徴を維持した長期の保存方法が期待される．その一つとして冷凍保存があげられるが，シイタケ等きのこ類は植物と同様水分を多く含むため，凍結・解凍時に物理的・化学的構造の変化が生じ，解凍後の品質低下をもたらす場合がある（安藤ら，2017）．そこで本研究では，嗜好性および食味や機能性に関わる成分含量に着目し，生鮮シイタケに劣らない品質を提供する長期冷凍保存方法について検討した．冷凍保存技術の確立と普及によって，生鮮シイタケの通年流通による消費拡大が期待できる．

材料と方法

1. 供試試料

菌蕈研究所保有のホダ場で原木栽培された低中温発生型のシイタケ品種菌興115号の子実体を用いた．2015年12月～2016年3月および2016年12月～2017年3月に収穫された子実体は柄のほとんどを取り除いて可食部とし，保存用サンプルとした．冷凍条件について特に記述がない場合は株式会社ニチレイ・ロジスティクス中四国鳥取物流センターの冷凍倉庫にて-20℃で保存した．

2. 試　薬

定量分析の標準試薬として，エルゴチオネイン，エリタデニン（Toronto Research Chemicals Inc.），グアノシン5'-りん酸二ナトリウム（5'-GMP），D(+)－グルコース，D(-)-フルクトース，D(+)－トレハロース（いずれも和光純薬工業株式会社）を用いた．その他の試薬は和光純薬工業株式会社製の特級以上の試薬を使用した．

3. 食味官能試験および物性試験

生および解凍後のシイタケサンプルは柄を中心に放射状に切り，サラダ油で焼いて味付けしないものを菌蕈研究所職員による食味官能試験に供した．分析型官能試験ではサンプルを食した感想を自由に回答する記述型試験とした．嗜好型官能試験の方法は香り，味，食感，おいしさの4項目について順位法により評価し，各サンプルについて最も良いと評価したパネリスト数を集計した．ただし，優劣をつけるのが困難な場合には複数回答を認めた．

物性は解凍後，あるいは調理後サンプルを一部採取し，島津小型卓上試験機（EZTest，島津製作所）を用い，太さφ 5 mmの釘状治具を切片のヒダ側から傘表面側に貫通させたときの最大点試験力，試験力0.1-0.2 N間の弾性率および治具貫通に要するエネルギーを測定した．

4. 遊離糖（グルコース，トレハロース，フルクトース）の定量分析

凍結乾燥子実体をミルサーで粉砕し，粉末0.1 gを50 mlのサンプル瓶に量り取った．これに蒸留水20 mlを加え75℃で30分間加熱抽出した．抽出液をよく振り混ぜ，約1.6 mlを2 mlプラスチックチューブに移し，室温で遠心分離（13,000 rpm, 10分間）した．上清950 µlを新しい1.5 mlプラスチックチューブに移し，内部標準として1 mg/mlのキシロース水溶液を50 µl加えた．混液を0.45 µmのフィルターでろ過し，ろ液10 µlを高速液体クロマトグラフィー（HPLC）に供した．分析は日立液体クロマトグラフィーシステム（L-7400形UV検出器，L-7300形カラムオーブン，L-7100形ポンプ，L-5050形反応ユニット，L-7110形反応ポンプ，D-7500形クロマトデータ処理装置）を用いてリン酸-フェニルヒドラジン法により行い，分析条件は以下の通りとした：カラム；Asahipak NH2P-50（Shodex, 4 mm I. D. × 250 mm L），溶離液A；90%アセトニトリル/0.5%リ

ン酸，溶離液 B; 75% アセトニトリル / 0.5% リン酸，反応液；リン酸フェニルヒドラジン溶液（酢酸 / フェニルヒドラジン / リン酸（90：3：110）），反応コイル；0.5 mm I. D. × 7 m，反応温度；150℃，反応液流速；0.4 ml/min，グラジエント；0–20 min B 液 0%，25 min B 液 25%，42 min B 液 90%，45–50 min B 液 100%，51 min B 液 0%，カラム温度；40℃，流速；1.0 ml/min，検出波長；0–25 min 365 nm，25.1–65 min 410 nm，65.1 min 以後 365 nm.

5. エルゴチオネイン，5'-GMP，エリタデニンの定量分析

作野ら（2016）の方法に準じ，凍結乾燥子実体粉末または凍結解凍子実体のエルゴチオネイン，5'-GMP およびエリタデニン含量を HPLC により分析した．分析装置は日立 LaChrom D-2000 Elite HPLC システム（L-2455 形 DAD 検出器，L-2300 形カラムオーブン，L-2200 形オートサンプラ，L-2130 形ポンプ）を用い，分析条件は以下の通りとした：カラム；Asahipak GS-320HQ（Shodex, 7.6 mm I. D. × 300 mm L），溶離液；0.1 M NaH_2PO_4，カラム温度；室温，流速；0.4 ml/min，検出波長；254 nm.

6. 解凍条件の検討

ハウス栽培された子実体を家庭用冷蔵庫の冷凍室で 3 日間冷凍し，個体のまま 3 個体ずつまとめて以下の 5 通りの方法で解凍した：①5 分間蒸す ②電子レンジ 100 W で 5 分間処理 ③電子レンジ 500 W で 1 分間処理 ④流水で 10 分間処理 ⑤沸騰水中で 3 分間処理．解凍後，柄を中心に放射状にカットし，異なる個体から得た 3 切片は凍結乾燥後，成分分析（遊離糖，エルゴチオネイン，5'-GMP，エリタデニン）に用いた．残りの切片は焼き調理して分析型食味官能試験に供した．

7. 凍結保存時のシイタケの状態による影響の検討

2015 年 12 月 26 日に，①露地栽培された雨子（高湿度条件で生育した含水率の高い子実体），②露地にて幼子実体にビニル袋を被せて（以下，袋かけ）生育させた子実体，③ハウス栽培された子実体を採取し，雨子の一部は④家庭用洗濯脱水機にて過剰な水分を除去した脱水雨子とした．さらに 2016 年 1 月 6 日に⑤露地栽培された日和子（低湿度条件で生育した含水率の低い子実体）を採取した．収穫時の状態が異なる上記 5 種類の子実体について可食部を個体のまま 4 か月間冷凍保存し，流水で 5 分間解凍後，嗜好型食味官能試験を行った．また，試料の一部について 4 か月以降は家庭用冷蔵庫の冷凍室にてさらに 2 年間保存し，同様に解凍後，乾燥させずに成分分析（エルゴチオネイン，5'-GMP，エリタデニン）に用いた．

8. 冷凍期間の検討

冷凍期間の違いが食味特性および成分含量に及ぼす影響を調べるため，ハウス栽培された子実体について，以下の 2 通りの試験を行った．官能試験での時期を合わせるために，各サンプルは 2015 年 12 月下旬～ 2016 年 3 月上旬および 2016 年 12 月下旬～ 2017 年 3 月上旬の任意の時期に採取した．

(1) シイタケ子実体を 2015 年 12 月 26 日および 2016 年 2 月 10 日に採取し，それぞれ 3 か月および 1 か月間冷凍保存した．流水で 5 分間解凍し，嗜好型官能試験を行った．コントロールとして生鮮子実体（2016 年 3 月 7 日採取）を官能試験に供した．

(2) シイタケ子実体を 2015 年 12 月 26 日，2016 年 2 月 10 日，同年 3 月 8 日，同年 12 月 27 日および 2017 年 2 月 16 日に採取し，それぞれ 1 年 3 か月，1 年 1 か月，1 年，3 か月および 1 か月間冷凍保存した．流水で 10 分間解凍後，嗜好型食味官能試験および物性試験に供した．また，2015 年 12 月 26 日に採取したサンプルについて，1 個の子実体を，柄を中心に 4 等分し，①保存せず直ちに，②1 か月間冷凍保存後，③3 か月間冷凍保存後，④1 年間冷凍保存後，凍結乾燥したものを成分分析（遊離糖，エルゴチオネイン，5'-GMP，エリタデニン）に用いた．

結果と考察

1. 解凍条件と嗜好性および成分含量

冷凍保存シイタケの解凍方法の違いが嗜好性および成分含量に及ぼす影響について検討した．冷凍したシイタケを①電子レンジ 100 W で 5 分間

解凍，②電子レンジ 500 W で 1 分間解凍，③ 5 分間蒸し解凍，④ 10 分間流水に浸して解凍，および⑤熱湯で 3 分間加熱したが，これらはいずれも半解凍で，包丁で切ることができる状態であった．官能評価の特徴としてそれぞれ①味が濃い，②甘味がある，③刺激を感じる，④味のバランスが良い，⑤味は薄いが食感（歯切れ）が良いとの回答を得た．また 2 つの方法で電子レンジ解凍したサンプルは嗜好性がほぼ同じという評価が多かった．

解凍方法が異なるシイタケの成分分析結果を Fig. 1 に示す．フルクトース，グルコース，5'-GMP は解凍方法により含量に有意差が認められた．電子レンジ 100 W で解凍したものはフルクトースおよびグルコース含量が有意に多かった．春日ら（1996）によると電子レンジの出力が 500 W より 100 W の方が，5'-GMP 含量が多くなっていたが，今回の分析では 500 W の方が高含量であった．茹でたものは全体的に成分含量が少ない傾向があった．これは水溶性成分の流出と高温処理による各種成分の生成に関わる酵素の失活が原因と考えられ，味が薄いという官能試験結果に矛盾しない．流水解凍は茹でたものと同様に成分の消失が考えられたが，予想に反して電子レンジ 500 W 処理や蒸し解凍など他の解凍方法と同程度の含量を有していた．今回の試験では，流水解凍

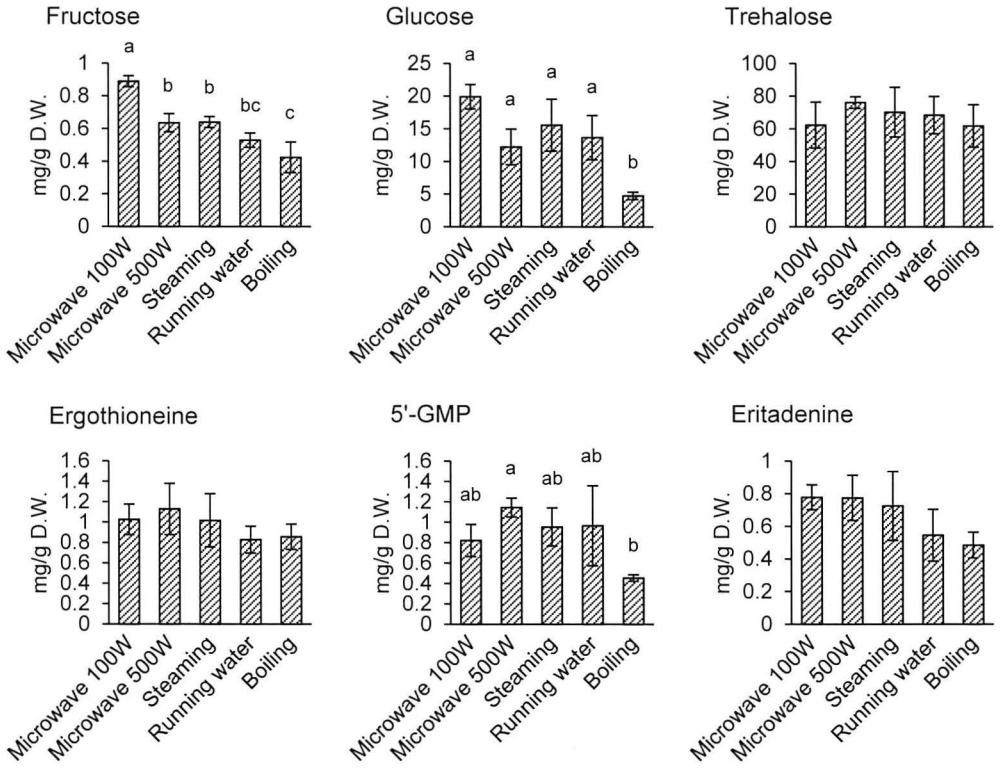

Fig. 1. Content of different ingredients in frozen fruiting bodies of shiitake after thawing by various methods. Thawing conditions were as follows: microwave treatment at 100 W for 5 min, microwave treatment at 500 W for 1 min, steaming for 5 min, soaking in running water for 10 min, and boiling for 3 min. Each histogram represents mean ± SD. Different letters indicate the significant differences after Tukey-Kramer test ($p < 0.05$).

は成分含量が他の方法に比べて顕著に変動しておらず，官能評価のバランスも良いことから，冷凍シイタケの解凍方法として適していると考えられた．一方で，宮澤ら（2017）は解凍方法の違いが冷凍シイタケの嗜好性に及ぼす影響は極めて低いとしている．

2. 凍結前のシイタケの状態と嗜好性および成分含量

冷凍するシイタケの状態すなわち品質が解凍後の嗜好性および成分含量に及ぼす影響を調べるため，栽培条件や収穫時の状態が異なるシイタケについて4か月間冷凍後に解凍，調理し，官能試験を実施した．その結果，最も良いと回答したパネリスト数は，味では雨子＞袋かけ＞脱水雨子，ハウス栽培品，日和子であり，食感では袋かけ＞雨子＞ハウス栽培品，おいしさについては雨子＝袋かけ＞日和子＞ハウス栽培品であった(Fig. 2)．雨子は味が最も良いと回答したパネリスト数が他と比較して多く，食感やおいしさの評価も比較的高かった．袋かけしたサンプルは味については顕著な評価は得られなかったが，食感の評価が高く，総合的なおいしさが最も良いと回答したパネリストも雨子と同数であった．一方，部分的に脱水した雨子および日和子は全体的に高評価者数が少なく，特に食感において1番良いとしたパネリストは皆無であった．このことから，冷凍する際のシイタケ子実体の水分量が解凍調理後の嗜好性に影響を与える可能性が示唆された．冷凍前の各サンプルについて含水率を調べたところ，雨子，ハウス栽培品，脱水雨子，袋かけ品，日和子の順に含水率が高く，それぞれ93.9%，93.8%，92.5%，87.2%，および84.8%であった．このことから，含水率の低い日和子は冷凍に適さない可能性が考えられる．また，脱水雨子は脱水操作により子実体組織の構造変化や化学的性質の変化を伴って食感が不良となり，相対的に雨子や袋かけ子実体の食感における評価が高くなったと考えられる．

他方で雨子および袋かけサンプルのような細胞内外の水分が多い食品は，凍結時に組織が損傷しやすいことから，解凍・調理時の加熱によりうま味成分に関与する酵素が基質と作用しやすく，味の評価が高かったものと考えられた．しかしながら2年以上冷凍させたサンプルを解凍し，エルゴチオネイン，5'-GMPおよびエリタデニンの定量分析を行った結果（Fig. 3），うま味成分である5'-GMP含量は日和子が有意に多かった．同一ホダ場の子実体を得るために，日和子は他の4サンプルの11日後に採取している．日和子はエルゴチオネインとエリタデニンも他のサンプルと比較して有意に高含有であったため，今回の化学成分含量差は採取日の違いが影響している可能性が示唆された．同じ日に採取された雨子，脱水雨子，袋かけ品，ハウス栽培品を比較すると，エルゴチオ

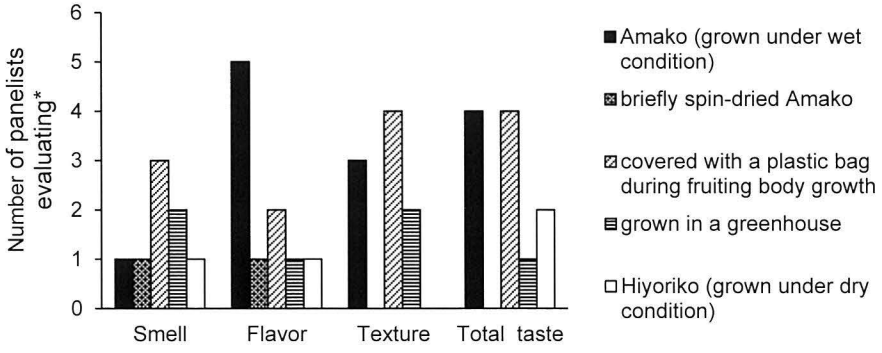

Fig. 2. Sensory evaluation of different preparations of shiitake fruiting bodies. Each sample was kept frozen for 4 months and then thawed by soaking in running water.
*The number of panelists who answered "*the best*" for each evaluation item is indicated.

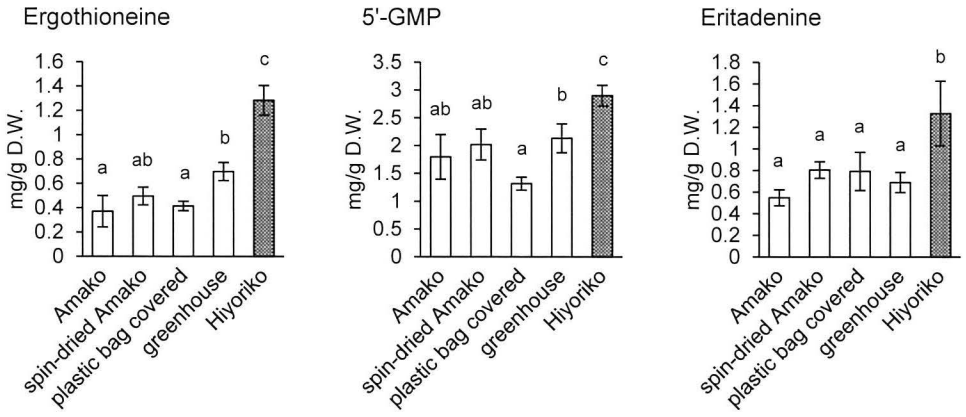

Fig. 3. Content of ingredients in different preparations of shiitake fruiting bodies. Refer to Fig. 1 for symbols and to Fig. 2 for samples. In all instances, mushrooms were kept frozen for 28 months and then thawed by soaking in running water. Different letters indicate the significant differences after Tukey-Kramer test ($p < 0.05$).

ネインは雨子および袋かけ品よりもハウス栽培品に多く，5'-GMP は袋かけ栽培品は含量が少ない傾向が見られた．エリタデニンは含量に有意差は認められなかった．今回の試験では官能試験と成分分析に用いたサンプルの冷凍保存期間が大きく異なり，また冷凍前の子実体の成分含量差については考慮していないため，シイタケの品質と成分含量の変動については冷凍前後についても調査する必要がある．

3. 冷凍期間と食味および成分含量

生鮮シイタケと 1 か月間および 3 か月間冷凍したシイタケの嗜好性官能試験の結果，香り，味，食感，おいしさの全項目について 1 か月冷凍品が最も高評価であった（Fig. 4-A）．官能評価項目のうち，食感についての力学的特性を調べるために物性調査を行った結果，試験力 0.1-0.2 N における弾性率は 1 か月間冷凍品が生鮮および 3 か月冷凍品に比べて有意に高かった（データ未発表）．このときの弾性率は最大点試験力のおよそ 20% 前後の時点のものであり，テクスチャーにおいては前歯で押したときに感じる硬さに関係すると考えられる（山野ら，1973）．あるいは，初期弾性率は食品の変形しやすさを示しているとの報告もある（道脇ら，2001）．一方，3 か月冷凍品は香り，味，食感については生鮮品と同程度かそれ以下，おいしさについては生鮮品に劣る評価であった．少なくとも 1 か月間冷凍したシイタケは生鮮品と同等か，それ以上の嗜好性を持ちうることが示唆された．

1 年以上の長期冷凍保存したシイタケの食味特性を調べるため，1 か月，3 か月，1 年，1 年 1 か月および 1 年 3 か月間冷凍したシイタケについて嗜好性官能試験を行った結果を Fig. 4-B に示す．味およびおいしさについて，1 番良いと回答したパネリストの数が最も多かったのは 3 か月間冷凍サンプルであった．1 年以上冷凍したものは香り，味，おいしさを高評価したパネリストが比較的少なく，食感の評価は 1 年間冷凍したものが最も良かった．しかし，試験機による 3 つの物性項目中に食感と相関を示すものはなく，食感で相対的に評価の低かった 1 年 3 か月冷凍品は 3 か月冷凍品，1 年 1 か月冷凍品に比べて有意に弾性率が低かった（Fig. 5）．また，香りについては 3 分の 1 のパネリストがどれも同じと回答したことから，長期冷凍保存はシイタケの香りの嗜好性に大きな影響を与えないことが示唆された．

「材料と方法」に示したように，3 か月までの短期冷凍試験に用いた生鮮品，1 か月冷凍，3 か月冷凍サンプルと 1 年以上の長期冷凍試験で用い

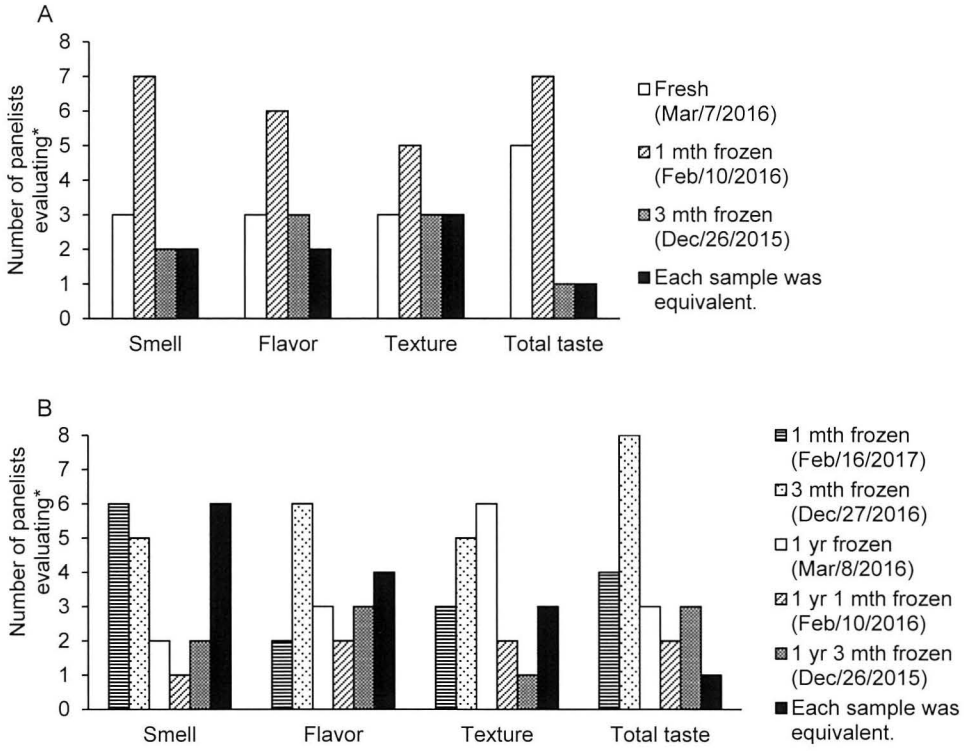

Fig. 4. Sensory test on shiitake fruiting bodies kept frozen for various periods of time.
*The number of panelists who answered "*the best*" for each evaluation item is indicated. Total panelists: A: n=14, B: n=19. In brackets, the dates of collection of fruiting bodies from their logs.

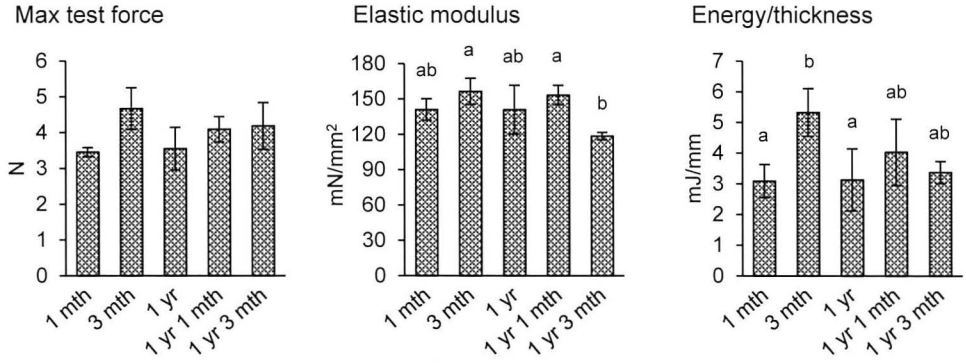

Fig. 5. Physical properties of shiitake fruiting bodies kept frozen for various periods of time. A needle-shaped jig of 5 mm in diameter was inserted into each sample cap using a universal tester, EZ Test (Shimadzu). Max test force: maximum point of test force (newton). Elastic modulus: the range of test force was 0.1-0.2 N. Energy/thickness: total evergy per sample thickness necessary to pierce. Different letters indicate the significant differences after Tukey-Kramer test ($p < 0.05$).

た1年冷凍，1年1か月冷凍，1年3か月冷凍サンプルはそれぞれ同一年月日に採取されたものである．前者の試験で3か月間冷凍サンプルは官能評価が低く，後者の試験においても同一日に採取された1年3か月冷凍サンプルは官能評価が比較的低かった．つまり，今回の官能評価結果がシイタケの採取ロットに依存している可能性があったため，結果を単純に冷凍期間のみで比較することができなかった．冷凍保存期間の異なるサンプルについて，採取時期を統一して官能試験を実施するのは困難であるが，条件設定には改良の余地があると思われる．まず，1年，1年1か月および1年3か月冷凍サンプルは互いに大差なく，評価が分散してしまった可能性がある．大まかではあるが，官能試験における1年以上冷凍サンプルのスコア（1番良いとしたパネリスト数）を合計すると，味，食感が1年未満の冷凍サンプルよりも高くなり，おいしさも3か月冷凍サンプルと同程度と解釈できる．また，おいしさにおいて1か月冷凍サンプルと，1年，1年1か月，1年3か月冷凍サンプルの高評価者数はいずれも大差ないことから，1年以上の長期冷凍保存後も，収穫時とほぼ同等の嗜好性を維持できると考えられた．これを確認するためには，繰り返しの試験が必要である．

冷凍期間が異なる切片の成分分析結果をFig. 6に示す．エルゴチオネイン，5'-GMP，およびエリタデニン含量に冷凍期間による変動は見られなかった．遊離糖について，吉田ら（1987）によると6か月間までの凍結保存では変化がないとされていたが，グルコースは冷凍期間が長くなるほど含量が減少した．トレハロースは，有意差は認

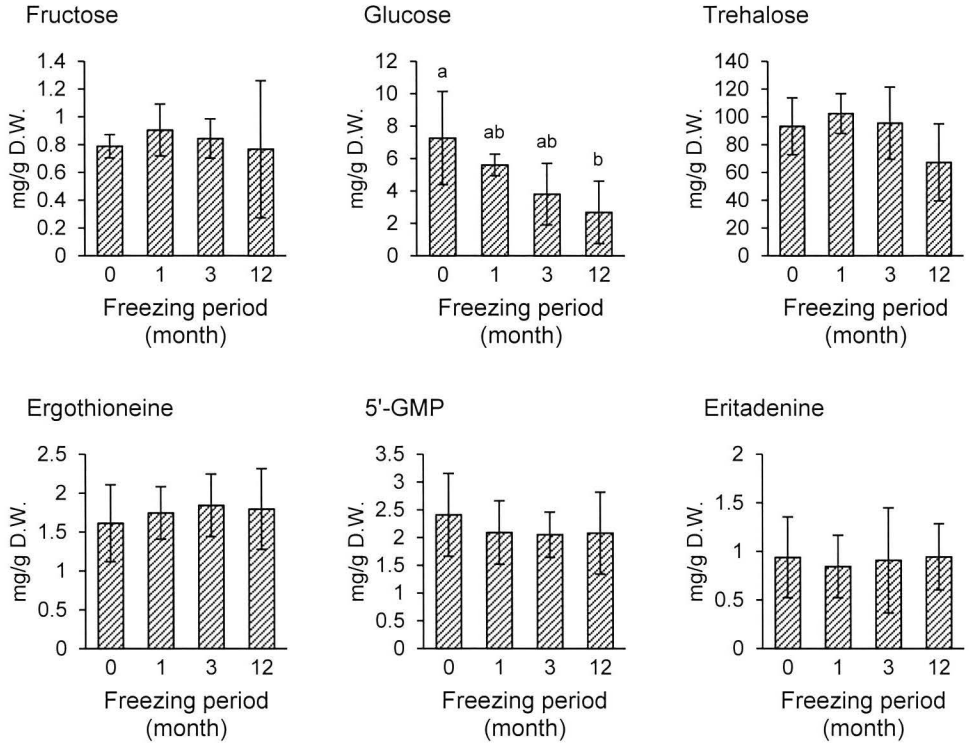

Fig. 6. Content of different ingredients in shiitake fruiting bodies kept frozen for various periods of time. See Fig. 1 for symbols. Different letters indicate the significant differences after Tukey-Kramer test ($p < 0.05$).

められなかったが，12 か月（1 年）冷凍保存したものは他に比べて含量が減少する傾向がみられた．シイタケは-20℃では死滅して呼吸停止しているため，こうした含量の変動は冷凍保存中のシイタケの代謝によるものではなく，遊離糖を抽出する際の加温中の酵素活性によるものと考えられる．冷凍保存期間と糖分解酵素活性の関係については，さらに精査する必要がある．

謝　辞

本研究は鳥取県からの原木しいたけ需要拡大新技術開発事業の委託を受けて実施された．また，原稿執筆に際し菌蕈研究所名誉研究員 時本景亮博士には適切なご助言をいただいた．ここに記して深謝する．

摘　要

収穫期および流通時期が限定される自然発生の原木栽培生シイタケを長期間冷凍保存することにより，嗜好性および成分含量の食品特性が変化するかどうかを調査した．冷凍シイタケのレンジ解凍，蒸し解凍，流水解凍，および沸騰水による解凍方法の違いが糖，5'-GMP を含む成分含量および調理後の官能評価に及ぼす影響を調べた結果，流水解凍は成分含量が比較的安定しており，官能評価における味覚刺激のバランスが良かったため，冷凍シイタケの解凍方法として適していると考えられた．雨子や日和子などの冷凍前のシイタケの状態が解凍，調理後の嗜好性および 5'-GMP を含む成分含量に与える影響を調べた結果，冷凍前の水分が多い雨子および袋かけしたシイタケの官能評価が高く，日和子および雨子を脱水処理したものは食感の評価が低かった．一方 5'-GMP を含む 3 種類の成分含量は日和子が有意に多かった．冷凍期間が 1 か月，3 か月，1 年以上のシイタケの成分は処理期間が長くなるほどグルコース含量が減少していた．嗜好性は，3 か月冷凍のものが総合的な評価は高かったが，長期間冷凍しても，適切な解凍方法により，生シイタケと同等の食味品質を維持できることが示唆された．

引用文献

安藤泰雅・根井大介・河野晋治・鍋谷浩志．2017．食品の冷凍および解凍に関する技術開発の現状と今後の課題．日食工誌 **64**（8）: 391-428.

春日敦子・藤原しのぶ・菅原龍幸・青柳康夫．1996．生椎茸に異なる熱付加，組織損傷を与えた際の 5'- ヌクレオチドの挙動．日本調理科学会誌 **29**（3）: 201-206.

作野えみ・田淵諒子・寺島和寿・前田亜紗・時本景亮．2016．シイタケ子実体の生育および保存条件の違いが機能性成分含量に及ぼす影響．菌蕈研報 **46**: 4-11.

日本きのこセンター（編）．1985．図解やさしいきのこ栽培．家の光協会，東京．Pp.36-49.

宮澤紀子・江口文陽・飯田千恵美・有馬忍．2017．解凍方法の違いが冷凍シイタケの嗜好性におよぼす影響．日本きのこ学会第 21 回大会講演要旨集 : 96.

道脇幸博・衣松令恵・横山美加・角保徳・高堀哲雄・道健一．2001．食品の大きさとテクスチャーによる咀嚼運動の変化．口科誌 **50**（1）: 70-75.

山野善正・江本三男・吉岡正久・福井義明．1973．テクスチュロメーターおよび万能圧縮引張試験機によるかまぼこのテクスチャー測定．日食工誌 **20**（8）: 358-363.

吉田博・菅原龍幸・林淳三．1987．シイタケ子実体の収穫後における炭水化物の変化．日本食品低温保蔵学会誌 **13**（2）: 44-53.

林野庁．2017．平成 28 年特用林産基礎資料（特用林産物生産統計調査結果報告書）．Pp.38-39.