

# 嗜好性に優れた冷凍原木シイタケの開発

田崎 麻理奈\*<sup>1</sup> 遠藤 智哉\*<sup>1</sup> 片山 秀樹\*<sup>1</sup> 上田 京子\*<sup>1</sup> 筒井 護\*<sup>2</sup>

## Development of High-Palatability Frozen Log-Grown Shiitake Mushrooms

Marina Tasaki, Tomoya Endo, Hideki Katayama, Kyoko Ueda and Mamoru Tsutsui

原木シイタケの露地栽培では、発生時期や収穫量が気象条件等に左右されるため制御が難しいことから、集中発生時には生鮮品としての出荷だけでは対応しきれず、余剰が生じやすい課題がある。一方、近年ではライフスタイルの変化に伴い、利便性の高い冷凍野菜の需要が高まっており、冷凍キノコ類も同様の傾向にある。しかし、原木シイタケは菌床栽培品と比較して初発菌数が多いことが予想されるため、冷凍食品規格として流通させるためには微生物制御が不可欠である。そこで本研究では、原木シイタケの余剰品を有効活用するため、原木シイタケの旨味や食感を維持した高品質な冷凍シイタケの開発を試みた。その結果、スチームコンベクションオーブンをを用いた加熱殺菌により、保存性と嗜好性保持を両立し得る最適な加工条件を見出すことに成功した。

### 1 はじめに

中山間地域の原木シイタケの露地栽培は、地域経済や食文化の継承のみならず、森林生態系維持においても重要な役割を担っている。本栽培形態における発生時期は秋から春にわたるが、特に晩秋から初春にかけては、低温により子実体の生育が緩慢となるため肉厚で身の締まった食味に優れたシイタケが生産できる<sup>1)</sup>。

しかし、原木シイタケの露地栽培では気温や降雨などの気象条件に生産量が大きく左右され、発生時期や発生量の制御が困難という課題がある。特に集中発生した際、生鮮品（生シイタケ）としての出荷だけでは対応しきれず、余剰品が発生してしまう場合が多い。そのため、多くの生産者ではこれらを乾シイタケに加工することで保存性を高め、流通させている。しかしながら、乾シイタケは水戻しの手間や用途の固定化（和食のイメージが強い）といった要因から、現代のライフスタイルにおいては敬遠される傾向にあり、国内消費量は年々減少している<sup>2)</sup>。加えて、安価な輸入品の台頭もあり、国産乾シイタケを取り巻く環境は年々厳しさを増している。

一方、近年の共働き世帯や単身・高齢者世帯の増加に伴い、利便性の高い冷凍野菜及びきのこ類の需要が拡大している。冷凍野菜・きのこ類は「長期保存性」「簡便な計量・利用」「調理時間の短縮」「廃棄物の低

減」といった利点を有しており、生鮮品の価格高騰時の代替品としても利用されている。したがって、原木シイタケの集中発生時に生じる余剰品を「冷凍原木シイタケ」に加工・製品化することで、長期保存を可能にするだけではなく、現代の市場ニーズに合致した有効な出口戦略となり得る。

しかし、露地栽培の原木シイタケは施設管理された菌床シイタケに比べ、微生物汚染などの衛生リスクが高いことが懸念される。

そこで本研究では「加熱後摂取冷凍食品（凍結直前加熱）」の冷凍食品規格（一般生菌数； $10^5$  cfu/g以下、大腸菌群；陰性）を満たし、かつ原木シイタケ特有の嗜好性を損なわない最適な殺菌方法を検討し、実用的な「冷凍原木シイタケ」の開発を試みた。

### 2 研究、実験方法

#### 2-1 試料

原木シイタケはバンブーさわらの郷（同）で栽培された、菌興115号、240号及び301号（2025年12月～2026年3月収穫）を用いた。

殺菌条件検討には当研究所が保有する表皮ブドウ球菌（*Staphylococcus epidermidis* NBRC12993）、大腸菌（*Escherichia coli* NBRC3301）、芽胞菌（*Bacillus licheniformis* NBRC12200）を用いた。

#### 2-2 殺菌加工条件検討用シイタケ試料の調整

露地栽培の原木シイタケでは、任意に微生物の菌種や菌数を制御することが困難である。そのため本研究では、一定の菌種及び菌数を原木シイタケに予め添加

\*1 生物食品研究所

\*2 バンブーさわらの郷合同会社

を行い、殺菌条件の検討を行った。使用した菌種は一般生菌の代表としてヒトの手指などの多く存在する表皮ブドウ球菌 (*S. epidermidis*)、土壌に多く存在する芽胞菌 (*B. licheniformis*) 及び大腸菌群の代表として大腸菌 (*E. coli*) の3種類を使用した。各菌を37℃で $10^8$  cfu/mLに培養調製し、5 mm幅にスライスした原木シイタケ10 gに菌液を100  $\mu$ L添加し、 $10^6$  cfu/生重量gになるように試料調製を行った。なお、試料は菌種ごとに調製を行った。

### 2-3 加熱処理

殺菌加工条件の検討には調製した菌添加シイタケ試料はスチームコンベクションオーブン (MIC-6HSC3; ホシザキ (株)) を用いて加熱処理を行った。なお、スチームコンベクションオーブンでの加熱ではいずれも付属の芯温センサーを使用し、中心温度の達温を確認しながら加熱処理を行った。

### 2-4 凍結処理

2-3で加熱処理した試料は速やかにブラストチラー&ショックフリーザー (HBC-6B3-AW; ホシザキ (株)) による急速凍結処理を行った。

### 2-5 一般生菌数及び大腸菌群

2-3及び2-4で処理した凍結試料全量 (10 g) をリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) で10倍希釈し、1分間ストマッカー (E-Mix primo; アズワン (株)) で均質化した。一般生菌数はPBSで希釈した試料1 mLをフィルム培地 (Easy Plate AC; キッコーマンバイオケミファ (株)) に接種し、35℃, 48時間培養後、出現コロニー数を計測し試料1 gあたりの一般生菌数を算出した。大腸菌群も同様に、PBSで希釈した試料1 mLをフィルム培地 (Easy Plate CC; キッコーマンバイオケミファ (株)) に接種し、35℃, 24時間培養後、出現コロニー数から試料1 gあたりの大腸菌群数を算出した。

### 2-6 遊離アミノ酸(グルタミン酸)の測定

シイタケ子実体の柄を取り除き、柄の付けを中心に4等分し、各切片を未処理、スチームコンベクション加熱処理、水道水水洗処理及びボイル処理に供した。水道水洗浄処理では10秒間流水で擦り洗いをを行い、ボイル加熱処理は中心温度が75℃, 1分以上同等となるよう沸騰水で約2分間加熱したものを試料とした。各処理後、急速凍結処理を行った試料は凍結乾燥 (FDU-1110; 東京理化機械 (株)) を行い、ワーリングブ

レンダー (7011HS; WARING社) にて粉碎した。粉末0.2 gに対して超純水10 mL, アセトニトリル20 mLを加えた。30分間超音波抽出を行い、遠心分離 (15000 rpm, 5分) して上清を回収し、0.2  $\mu$ mフィルターでろ過したものを分析試料とした。遊離アミノ酸は、Nexera 自動プレカラム誘導体化アミノ酸分析システム ((株) 島津製作所) を使用して測定し、独立した実験を5回行った。

### 2-7 統計解析

データは統計ソフト (KyPlot 6.0, (株) カイエンズ) を使用して、Tukeyの多重比較検定による有意差検定を行った。

## 3 結果と考察

### 3-1 冷凍シイタケ開発を目的とした加熱処理条件の検討

大腸菌などの食中毒菌による被害防止のため、加熱食品においては食品衛生法により中心温度 75℃, 1分以上と同等の加熱が定められている。そのため、本研究においても中心温度 75℃, 1分以上と同等の加熱条件を基準にスチームコンベクションオーブンの条件を設定して検討を行った。結果を表1に示す。

表1 スチームコンベクションオーブンの加熱結果

| 調製時期       | モード      | 設定温度 | 殺菌条件        | 品質評価             |
|------------|----------|------|-------------|------------------|
| 2025/11/17 | スチーム     | 68   | 芯温63℃30分で終了 | 黒変、肉質柔らかく、ドリップ多い |
|            | スチーム     | 75   | 芯温75℃1分で終了  | 食感良好、ドリップ少ない     |
|            | 温風       | 75   |             | 乾燥               |
| 2025/11/18 | スチーム     | 100  | 芯温90℃到達で終了  | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 110  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 120  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 130  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム40%  | 100  | 芯温90℃到達で終了  | 乾燥               |
|            | スチーム70%  | 100  |             | 食感良好、ドリップ少ない     |
|            | スチーム100% | 100  |             | ドリップ少ない          |
| 2025/11/28 | スチーム     | 75   | 芯温75℃1分で終了  | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 90   | 芯温90℃到達で終了  | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 100  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム     | 130  | 芯温70℃5分で終了  | ドリップやや多い         |
|            | スチーム40%  | 100  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム70%  | 100  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム40%  | 120  | 芯温90℃到達で終了  | やや乾燥             |
|            | スチーム40%  | 100  |             | 食感良好、ドリップ多い      |
|            | スチーム20%  | 150  |             | 食感良好、ドリップやや少ない   |
|            | スチーム20%  | 120  | 芯温75℃1分で終了  | やや乾燥             |
|            | スチーム20%  | 180  |             | やや乾燥             |
| 2025/12/2  | スチーム     | 100  | 芯温90℃到達で終了  | 色味、食感、ドリップなく良好   |
|            | スチーム20%  | 150  | 芯温75℃1分で終了  | 乾燥気味             |

その結果、低温で長時間加熱を行うとシイタケが黒変し、ドリップも多く流出し、食感も柔らかくなっていた (加熱条件; スチームモード, 芯温 63℃, 30分加熱)。ドリップ流出を抑えるため、スチーム量を20%に減少させたところ乾燥気味になった。なお、

11月17日～11月28日調製分は全体的にドリップ流出が多い傾向にあった。この原因としては、収穫直前の降雨や降霜によりシイタケの水分量が増加したことに起因すると考えられた。そのため、再度、品質良好なシイタケを原料として再調製を試みた（12月2日調製）。その結果、ドリップ流出はほとんど見られず、色味や食感も良好であった（加熱条件；スチームモード、芯温 90℃達温）。したがって、使用するシイタケの品質は重要であり、晴天時の収穫や雨除けの工夫を行うなどの注意が必要であると言える。次に、当該条件において微生物検査を行った。なお、製品化を見据え、実際の製品形態（冷凍食品）における評価を行った。すなわち、加熱処理後に凍結処理した試料を用いて微生物検査を実施した。その結果、一般生菌数は検出限界以下（<300 cfu/g）、大腸菌群は陰性を示し、加熱後摂取冷凍食品（凍結直前加熱）の冷凍食品規格を満たした。

以上の結果から、スチームコンベクションオープン（加熱条件；スチームモード、芯温 90℃達温）を用いた冷凍シイタケの加熱殺菌条件として決定した。

### 3-2 加熱殺菌処理によるシイタケ中の旨味成分(グルタミン酸)への影響

決定したスチームコンベクションオープンの加熱殺菌処理条件においてシイタケに含まれる旨味成分（グルタミン酸）が受ける影響を評価した。自然発生した原木栽培シイタケでは、同じように栽培・収穫されたものであっても個体間で成分含量に大きくばらつくことが知られている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、同一個体を4等分したシイタケを用いて、未処理（生シイタケ）、スチームコンベクションオープン処理、水道水洗浄処理及びボイル加熱処理の4つの処理方法におけるグルタミン酸含量の違いを調べた。結果を図1に示す。

スチームコンベクションオープン処理、未処理及び水道水洗浄処理に有意な差はみられなかった。一方で、ボイル加熱処理したシイタケでは他の3つの処理方法と有意な差が認められ、未処理、スチームコンベクション加熱処理及び水道水洗浄処理よりもグルタミン酸含量が低下していた。ボイル加熱処理は市販の冷凍シイタケ商品の主要な殺菌方法として汎用されるが、本研究結果から旨味成分であるグルタミン酸が特に流出しやすい殺菌方法であることが分かった。ま

た、きのこ類は旨味成分の流出や食感不良の懸念があることから、一般的に水洗いが禁忌とされている。洗浄方法の違いによっても影響がある可能性は考えられるが、本研究結果では、水道水洗浄処理と未処理（生シイタケ）に有意な差はみられなかった。

以上の結果から、本研究で決定したスチームコンベクションオープンによる加熱殺菌条件は、市販の冷凍シイタケで汎用されるボイル殺菌処理よりも、旨味成分であるグルタミン酸を保持できることがわかった。

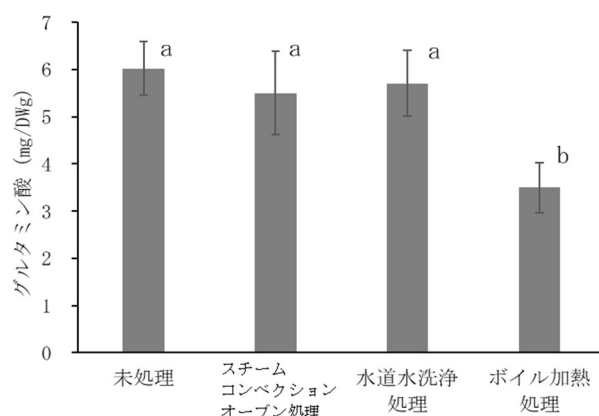


図1 各処理法の違いによる冷凍原木シイタケ中のグルタミン酸含量への影響

※グラフは平均値±標準偏差で表す (n=5)  
※異なる文字間には有意差 (p<0.05) があることを示す

## 4 まとめ

原木シイタケの集中発生時に生じる余剰品を有効活用するため、「冷凍原木シイタケ」の開発を試みた。その結果、食味や食感に優れ、冷凍食品の規格基準を満たす加工条件を見出すことができた。

## 5 参考文献

- 1) 作野 えみ, 田淵 諒子, 寺島 和寿: 財団法人日本きのこセンター菌茸研究所研究報告, 49 号, pp. 13-27 (2019)
- 2) 福留 奈美, 沼田 行雄: 日本調理科学会誌, 57 巻, 1 号, pp. 51-55 (2024)