栽培農家におけるシイタケの鮮度保持に関する研究

(第3報) シイタケのフィルム密封貯蔵中及び開封後の
ポリフェノールオキシダーゼ活性の変化

山口優一*・山下市二*・青木章平*

Studies on The Preservation of Shii-take Mushroom (*Lentinus edodes* (Bark)
Sing.) at Producer Farm

Part III Changes in Polyphenoloxidase Activity of Shii-take Mushroom
during Modified Atmosphere Packaging Storage and on Exposure
to Air

Yuichi YAMAGUCHI*, Ichiji YAMASHITA* and Shohei AOKI*

*National Food Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries,
2-1-2 Kannondai Tsukuba-shi, Ibaraki 305

The effectiveness of modified atmosphere (MA) packaging storage of Shii-take Mushroom (*Lentinus edodes* (Bark) Sing.) was examined from the aspect of browning and polyphenoloxidase (PPO) activities.

(1) In non-hermetically packed Shii-take, browning occurred after 5 days storage at 10°C and after 3 weeks storage at 0°C. On the other hand, in Shii-take sealed in 100 μ m polyethylene film pouch and stored at 0°C (MA storage), browning wasn't observed for 4 weeks.

(2) Shii-take preserved for 4 weeks under MA condition at 0°C was exposed to air and stored non-hermetically at 10°C. Under such condition, the rate of browning was the same as that in fresh Shii-take.

(3) In the assay of PPO activity of shii-take, high reaction rate was obtained at pH 4.5, 6.0 and 7.0. PPO activity measured at pH 4.5 changed according to browning. During MA storage, increase of PPO activity was not observed. And after opening of MA package, time course of PPO activity change was the same as in flesh shii-take.

In conclusion, MA packing storage prevents shii-take from increase in PPO activities and browning. And on exposure to air, no adverse effect was observed. (Received Feb. 8, 1988)

緒 言

生シイタケを貯蔵する場合、ポリエチレンフィルム袋 (PE) 等を用いる密封低温貯蔵法が有効であるといわ

れている^{1),2)}。この方法は、シイタケの呼吸により袋内の酸素が消費されて二酸化炭素が蓄積し、その結果生ずるCA効果による鮮度保持法であり³⁾一般にMA (Modified Atmosphere) 貯蔵法と呼ばれている。生シイタケ

*農林水産省食品総合研究所 (〒305 茨城県つくば市観音台2-1-2)

のMA貯蔵法では、100 μ m ポリエチレン袋 (PE100) のような厚手のフィルムを用い初発ガスを空気にした場合、2日以内にCA条件となるためエタノール臭の発生はあるものの、他の青果物でみられるような二酸化炭素障害は起こらず⁴⁾、長期間にわたり品質を保持することが可能である。筆者らは前報²⁾において、PE100密封1℃保存中及び開封後の糖類、遊離アミノ酸、有機酸等の消長を調べ、本貯蔵法の有効性を示した。

生シイタケの品質低下の主原因は、ヒダ部の褐変であり、ポリフェノールオキシダーゼが関与しているとされている。そこで今回は、特に褐変現象及びポリフェノールオキシダーゼ活性変化に着目してPE100密封貯蔵法の評価を行った。

実験材料及び方法

1. 供試材料

材料は、昭和62年11月9日に茨城県小川町のシイタケ栽培農家から入手した「森W4」を使用した。

2. 実験方法

収穫直後の生シイタケ約300gを、有孔ポリエチレン袋 (35cm $\times$ 28cm, 有孔率1%, 以下有孔PEと略す) に入れ10℃に保存した区と、有孔PEに入れ0℃に29日間保存した後10℃に保存した区、及び厚さ100 μ m のポリエチレン袋 (以下PE100と略す) 中に密封し0℃で29日間保存した後、有孔PEに移して保存した区の3区を設定した。各区とも段ボール箱にいれた状態で保存した。なお、有孔PE保存中は保湿のためのシートを用いて過度の乾燥を防いだ。

各区とも定期的に開封し、健全率、ハンター白度、及びポリフェノールオキシダーゼ活性変化を測定した。

3. 測定項目および方法

(1) 健全率 各袋中の試料個体の内、ヒダの部分に褐変斑が生じていないものを計数し、全体に対する割合を健全率とした。

(2) ハンター白度 スガ試験機製SM-3カラーコンピュータを用いてヒダの部分のL, a, b値を測定し、次式によりハンター白度(W)に換算した。

$$W = 100 - \{(100 - L)^2 + a^2 + b^2\}^{1/2}$$

(3) ポリフェノールオキシダーゼ (PPO) 活性

シイタケの傘部50gを細切りにし、よく混合して5gを採取し、pH7.0のMcIlvaine緩衝液5mlを加えて氷冷下ポリトロンホモジナイザーで1分間ホモジナイズした。これを10000 $\times$ gで30分遠心分離し、上澄みを粗酵素抽出液とした。McIlvaine緩衝液でpH3.0からpH

8.0に調整した50mM カテコール溶液3ml (基質液) と粗酵素抽出液0.2mlとを混合し (温度30℃), 分光光度計中 (島津UV-210A) で420nmにおける吸光度の経時変化を測定した。吸光度の上昇初速度を算出し、ポリフェノールオキシダーゼ活性とした。

実験結果

1. 健全率変化

各保存条件下における健全率変化をFig. 1に示した。有孔PE10℃保存した場合は、約6日目から急激に褐変が始まり8日目にはほぼ完全に商品価値を失うに至った。有孔PE0℃保存した場合については、3週間目頃からわずかに健全率の低下が生じた。一方、PE100密封0℃貯蔵については、29日間にわたり褐変による健全率の低下がまったく見られなかった。MA区の袋中ガス濃度は貯蔵開始1週間後には酸素1%, 二酸化炭素20%となっており、29日目まではほぼ一定であった。0℃から10℃に移した後の変化については、有孔PE0℃保存区が最も健全率低下が早く、PE100密封保存区では収穫後すぐに10℃においたものとほぼ同様の経過がみられた。

2. ハンター白度変化

各保存区でのヒダの部分のハンター白度の変化をFig. 2示した。0℃保存中には大きな低下がみられないが、10℃保存では健全率とほぼ同様の経過で低下した。ハンター白度50以下では、ヒダの部分全体に褐変が進行した状態であった。

Fig. 1 Changes in freshness of shii-take during hermetic and non-hermetic storage.

○: non-hermetic storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetic storage at 10°C
●: hermetic storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetic storage at 10°C
□: non-hermetic storage at 10°C

Fig. 2 Changes in whiteness of shii-take gill during hermetical and non-hermetical storage.

○: non-hermetical storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetical storage at 10°C
●: hermetical storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetical storage at 10°C
□: non-hermetical storage at 10°C

Fig. 3 Effect of pH on polyphenoloxidase (PPO) activity in shii-take stored non-hermetically at 10°C

Days in storage: ● 0 day
▲ 6 days
■ 10 days

3. PPO活性

有孔PE中0℃で保存した場合の各保存日数でのPPO活性を、反応pHを変えて測定した結果をFig. 3に示した。収穫直後(0日目)では、pH4.5とpH7.0付近にピークを有する曲線が得られた。保存日数とPPO活性との関係についてみると(Fig. 4), pH4.5での活性は、健全率の低下に対応して上昇するが、pH7.0での活性は貯蔵期間中を通じて大きな変化がみられなかった。

またpH6.0付近での活性は、健全率が高い間はきわめて低いが、10℃保存8日目以降のように褐変が著しく進行した時点で増加した。その結果、収穫直後と実験終

Fig. 4 Changes of polyphenoloxidase (PPO) activity in shii-take under reaction pH 4.5, 6.0 and 7.0

○: non-hermetical storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetical storage at 10°C
●: hermetical storage at 0°C for 29 days followed by non-hermetical storage at 10°C
□: non-hermetical storage at 10°C

了時と異なるpH特性が得られた。

MA区と低温区の0℃保存中のPPO活性変化についてpH4.5と比較すると、MA区では減少し低温区では増加する傾向がみられた。MA区の29日目以降(10℃保存)と対照区とを比べると、各pH共ほぼ同じ経過が見られた。

考 察

本実験結果から有孔PE包装による生シイタケの鮮度保持期間は10℃で5日、0℃で3週間程度であり、南出ら⁹⁾の報告とほぼ一致した。またPE100密封0℃保存した場合、前報²⁾同様エタノールの生成がみられるものの、4週間を経過しても充分商品性を保持していた。

南出ら⁹⁾はヒダの部分の明度(L値)によりキノコの褐変を測定し、その結果明度50がシイタケの商品性の限界であるとしている。本研究では褐変の指標としてハン

ター白度を測定し、健全率変化とほぼ一致する結果を得た。しかしながら、商品性の限界を示す具体的数値を示すにはいたらなかった。

キノコ類の褐変現象は、PPOの活性化によるところが大きいとされている。藤本ら⁷⁾は、シイタケPPOの至適pHは4.8であると報告しており、本研究でも健全なシイタケではpH4.5付近にPPO活性のピークが得られたが、pH7.0にもピークが存在していた。また、始めはpH6.0でのPPO活性が非常に低いが、褐変がヒダ部全体に広がった頃から急激に上昇した。貯蔵期間中にシイタケPPOの至適pHが変化することは南出も指摘しており⁸⁾、その原因については今後さらに検討する必要があるが、他のキノコ類で見いだされているようにアイソザイムが存在する可能性も考えられる⁹⁾。ここに示した実験結果から見て、褐変に関与するのはpH4.5におけるPPO活性であると思われる。

0℃でPE有孔保存した場合は、PPO活性(pH4.5)が徐々に増加し、出庫後の褐変による品質低下が早い。南出ら⁴⁾も非密封で1℃に長く貯蔵したものほど、20℃に変温した後の鮮度低下が著しいことを報告している。これらの結果は、非密封状態では低温保存中でも品質低下が少しずつ進行することを示していると考えられる。一方、0℃でMA貯蔵したものは、PPO活性(pH4.5)の増加がみられず品質良好であり、開封後の品質低下速度も収穫直後のものとほとんど変わらなかった。

以上の結果から、PE100密封0℃保存を行うことによりPPO活性の上昇が抑えられ、その結果褐変による鮮度低下を長期間にわたり防ぎうることがわかった。

要 約

生シイタケの包装貯蔵の有効性を、褐変の発生状況とポリフェノールオキシダーゼ(PPO)活性の変化の面

から評価した。

(1)有孔ポリエチレン非密封貯蔵では、10℃で5日、0℃で3週間で褐変したが、厚さ100 μ mのポリエチレン袋に密封して0℃で貯蔵(MA貯蔵)した区では少なくとも4週間褐変がみられなかった。

(2)MA包装貯蔵シイタケの開封後の10℃における品質低下速度は、収穫直後のものと変わらなかった。

(3)PPO活性はpH4.5、6.0、7.0で高かったが、特にpH4.5での活性は褐変の発生にともなって上昇する傾向がみられた。MA包装貯蔵中はPPO活性の上昇がまったく見られなかった。また、開封後のPPO活性変化についても収穫直後のものと差がみられなかった。

以上の結果から、生シイタケを0℃CMA包装貯蔵することにより、PPO活性の上昇が抑えられるとともに褐変による品質低下を防ぎうることがわかった。また、開封後の品質変化に関しても悪影響がみられなかった。

参 考 文 献

- 1) 菊池三千雄・山田市二・石間紀男・細田浩：食総研報，48，9 (1984)
- 2) 山田市二・高橋寿幸・下田俊彦・菊池三千男・柴田茂久：日食工誌，34，520 (1987)
- 3) 南出隆久・鶴田 誠・岩田 隆：食品と低温，9，13 (1683)
- 4) 南出隆久・西川哲夫・緒方邦安：日食工誌，27，505 (1980)
- 5) 南出隆久・鶴田 誠・緒方邦安：日食工誌，27，498 (1980)
- 6) 南出隆久・垣生俊夫・緒方邦安：日食工誌，27，281 (1980)
- 7) 藤本健四郎・宮代正子・金田尚志：栄養と食糧，23，336 (1970)
- 8) 南出隆久：食品と低温，7，88 (1981)
- 9) 北本 豊・立石貴浩・香川郁子・市川吉夫：鳥取大学農学部研究報告，39，24 (1986)

(昭和63年2月8日受理)