

# Variações de cor e atividade de água em *Agaricus blazei* desidratado e armazenado em diferentes embalagens plásticas

Gilberto Costa Braga<sup>1\*</sup>, João Domingos Biagi<sup>2</sup>, Ariane Busch Salibe<sup>3</sup>, Silvia Regina de Toledo Valentini<sup>4</sup> e Eduardo Vicente<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), câmpus de Marechal Cândido Rondon, Cx. Postal 1008, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Feagri-Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Cx Postal 6011, 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Centro Estadual de Educação Profissional-CEEP, Cx. Postal 523, 85900-000, Toledo, Paraná, Brasil. <sup>4</sup>Instituto de Tecnologia de Alimentos/ITAL, Cx. Postal 139, 13073-001, Campinas, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: gbraga@unioeste.br

**RESUMO.** Neste trabalho foi avaliado o efeito de diferentes embalagens plásticas na atividade de água, na cor e no desenvolvimento microbiano em *A. blazei* desidratado durante o armazenamento. Amostras de 50 g de cogumelos secos foram embaladas em polipropileno (60 µm), polietileno de baixa densidade (50 µm), laminado duplo de polipropileno bi-orientado (44 µm) e laminado duplo de polipropileno biorientado metalizado (40 µm) e armazenadas por 0, 45, 90, 135, 180, 225 e 270 dias a 25°C e 80%UR. Análises microbiológicas de bolores e leveduras foram realizadas antes e após a armazenagem. A embalagem que promoveu maiores aumentos na atividade de água e no escurecimento dos basidiomas foi a de polipropileno, seguida das embalagens de polietileno de baixa densidade e de polipropileno bi-orientado duplo. A embalagem de polipropileno biorientado metalizado duplo proporcionou retenção de cor e não houve aumentos no desenvolvimento de bolores e leveduras nos cogumelos, durante o armazenamento, em nenhuma das embalagens plásticas estudadas.

**Palavras-chave:** cogumelo-do-sol, escurecimento, armazenamento, vida-de-prateleira.

**ABSTRACT. Changes of color and water activity in dehydrated *Agaricus blazei* mushrooms, stored in different plastic packings.** This study evaluated the effect of different plastic packings on dry *A. blazei* mushrooms, in terms of water activity, color and microbial growth during storage. Samples of 50 g dry mushrooms were wrapped in polypropylene (60 µm), low-density polyethylene (50 µm), double laminated biaxially oriented polypropylene (44 µm) and double laminated metallic biaxially oriented polypropylene (40 µm). Storage periods lasted 0, 45, 90, 135, 180, 225 and 270 days at 25°C and 80%RH. Microbiological analyses of mould and yeasts were carried out before and after storage period. The results showed that the polypropylene packing promoted the greatest increase of water activity and browning in the mushrooms, followed by the low-density polyethylene and the double biaxially oriented polypropylene packings. Storage in the double metallic biaxially oriented polypropylene packing retained the color. There was no increase, though, in the development of mould and yeasts in the mushrooms in any of the plastic packings studied.

**Key words:** royal mushroom, browning, storage, shelf life.

## Introdução

*Agaricus blazei* Murrill é um cogumelo comestível com propriedades funcionais, cujos relatos científicos apontam, em sua composição, a existência de compostos com atividades terapêuticas como ação antitumoral, imunomoduladora, antiviral e antimicrobiana (Alves de Lima *et al.*, 1998; Denadai *et al.*, 1998; Fujimiya *et al.*, 1999; Ohno *et al.*, 2001; Sorimachi *et al.*, 2001). Os estudos realizados com cobaias em laboratório mostraram que

polissacarídeos do tipo beta glucana, extraídos de basidiomas desse fungo, apresentaram forte ação contra tumores tipo Sarcoma 180 induzidos nas cobaias (Itoh *et al.*, 1994; Osaki *et al.*, 1994; Ebina e Fujimiya, 1998; Mizuno *et al.*, 1998).

Trata-se de um fungo cultivado no Brasil em escala comercial, desde o início da década de 90, cuja produção tem como principal destino o mercado de exportação, sendo o Japão o maior comprador (Braga *et al.*, 1998).

O cogumelo *A. blazei* é um alimento nutritivo que contém elevado teor de proteínas e depois de colhido apresenta alto teor de umidade, caracterizando-se como um produto altamente perecível. Por essa razão, o *A. blazei* é comercializado desidratado, tornando as etapas de secagem, embalagem e armazenagem fundamentais para o estabelecimento e para a manutenção da qualidade do cogumelo. Neste sentido, são considerados como importantes atributos de qualidade comercial: a cor, a textura (crocância), o tamanho e o teor de polissacarídeos beta glucana (Braga et al., 1998).

Considerando os aspectos da vida-de-prateleira de cogumelos desidratados, constatou-se a escassez de relatos científicos sobre tecnologia pós-colheita de conservação de cogumelos *A. blazei*. Entretanto, Eiroa (1981) e Alves (2001) citam que a preservação da qualidade de produtos desidratados está diretamente relacionada com as características do produto e com o tipo e sistema de embalagem utilizado. Nesse caso, a embalagem tem por objetivo promover maior período de vida-de-prateleira do produto, evitando principalmente a reidratação. O ganho de umidade leva a alterações na textura e acarreta aumento da atividade de água, favorecendo as reações de escurecimento enzimático e não-enzimático e ao desenvolvimento de microrganismos (Labuza et al., 1970).

As reações de alterações ou transformações no alimento durante o armazenamento estão relacionadas com diversos fatores, entre eles a presença de microrganismos patogênicos e deteriorantes, alterações na aparência, na cor, no odor, no sabor e na textura do alimento e perda de valor nutricional (Labuza, 1972 e 1982).

Para Teixeira Neto e Vitali (1996), o escurecimento não enzimático ocorre por uma série de reações complexas sempre que estejam presentes no alimento um composto redutor (aldose/cetose) e um grupo amina (aminoácido/proteína), resultando em sabor amargo, pigmento escurecido, perda da digestibilidade/solubilidade de proteínas e sabor/odor envelhecidos. Esse tipo de degradação é predominante em alimentos desidratados e, principalmente, em alimentos de umidade intermediária. É também altamente dependente da temperatura, e em temperaturas acima de 35°C é a reação de deterioração predominante em faixas intermediárias de atividade de água.

No momento em que o produto passa por processo de secagem, a diminuição da atividade de água inibe o desenvolvimento de microrganismos. A atividade de água em níveis próximos ou inferiores a 0,60 limita a capacidade da microbiota (bactérias e

fungos) em desenvolver-se no produto armazenado. Nessas condições, os microrganismos que apresentam maior importância são as leveduras osmotolerantes e os bolores xerófilos (Eiroa, 2001; Franco e Landgraf, 2003).

Segundo Labuza (1972), as reações de escurecimento não enzimático estão relacionadas com a perda do valor nutritivo das proteínas envolvidas em reações com açúcares redutores. O autor cita também que os processos de desidratação e secagem são responsáveis por grande parte dessas perdas, quando comparadas com aquelas relativas à armazenagem. Esses fatos decorrem das próprias condições do processo de secagem, em que o calor fornecido é responsável pela degradação de proteínas, dando início também a outras reações com açúcares redutores.

Segundo levantamento realizado com diversos produtores de *A. blazei*, o principal tipo de embalagem plástica utilizada para a armazenagem dos cogumelos é o polipropileno (PP) (Braga et al., 1998). Outros materiais plásticos podem ser utilizados, como o polipropileno biorientado (BOPP), pois oferece maior barreira ao vapor de água devido às características de fabricação (biorientação do filme plástico), comparada ao PP (Garcia et al., 1989).

Assim, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes tipos de embalagens plásticas na atividade de água, na cor e na qualidade microbiológica de cogumelos *A. blazei* durante o armazenamento.

## Material e métodos

Este trabalho foi conduzido no Fruthotec-Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas do Instituto de Tecnologia de Alimentos/ITAL e no Departamento de Pré-processamento de Produtos Agropecuários da Feagri/Unicamp, Estado de São Paulo. As amostras de cogumelos *A. blazei* foram secas em secador com fluxo de ar forçado, à temperatura de 50°C por 20 horas. Posteriormente, foram acondicionados nas embalagens plásticas experimentais, contendo 50 g cada, e colocadas sob condições ambientais controladas, a 25°C ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) e à umidade relativa do ar de 80% ( $\pm 5\%$ ).

As análises foram realizadas em intervalos de 0, 45, 90, 135, 180, 225 e 270 dias após os cogumelos terem sido embalados. Foram utilizadas as seguintes embalagens plásticas flexíveis (sacos): polipropileno (PP, 60  $\mu\text{m}$ ); polietileno de baixa densidade (PEBD, 50  $\mu\text{m}$ ); laminado de polipropileno bi-orientado (BOPP/BOPP, 44  $\mu\text{m}$ ); laminado de polipropileno

bioorientado com metalização de alumínio (BOPPmet./BOPP, 40 µm).

O teor de umidade das amostras foi determinado em estufa a vácuo, a 70°C, por 24 horas, com a amostra em triplicata (AOAC, 1990). A atividade de água foi determinada por higrômetro marca Decagon, modelo AguaLab, à temperatura de 25°C. A cor dos cogumelos foi determinada por intermédio de colorímetro digital marca Minolta, modelo CR-300, cujo sistema de medição utilizado considera as coordenadas “L - a - b”, em que L é a luminosidade que varia de 0 (preto) a 100 (branco).

Foram realizadas análises microbiológicas de bolores e leveduras, segundo metodologia descrita por Vanderzant e Splittstoesser (1992), nos períodos de 0, 135 e 270 dias de armazenamento.

Foi aplicada análise de variância para o delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 7x4 com 3 repetições.

### Resultados e discussão

A caracterização inicial dos cogumelos mostrada na Tabela 1 referencia o teor de umidade médio da amostra experimental (após a secagem), cuja textura se encontrava no ponto de “crocância” (“crispness”), ou seja, teor de umidade abaixo do ponto de transição vítrea dos cogumelos. Tal característica está dentro do padrão comercial exigido internacionalmente (Braga *et al.*, 1998). A baixa atividade de água inicial verificada na amostra é importante para que, durante o armazenamento, a atividade microbiana (bolores) e as reações químicas (enzimáticas e não-enzimáticas) sejam inibidas de tal forma que a vida-de-prateleira seja prolongada ao máximo, conforme mencionam Eiroa (1981) e Alves (2001).

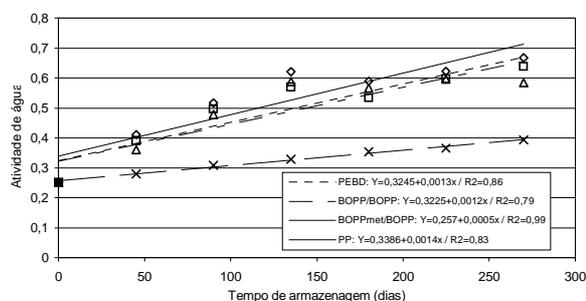
As coordenadas de cor mostrada na Tabela 1, apontam para amostras com tonalidade inicial clara (tendendo ao amarelo claro), estando também dentro dos padrões comerciais que, segundo Braga *et al.* (1998), são os atributos de cor e textura uns dos mais importantes comercialmente. Adicionalmente, a qualidade microbiológica inicial e as amostras de cogumelos encontravam-se dentro dos padrões estabelecidos segundo a RDC nº12 de 02/01/2001 da Anvisa.

**Tabela 1.** Caracterização inicial das amostras experimentais de *A. blazei*.

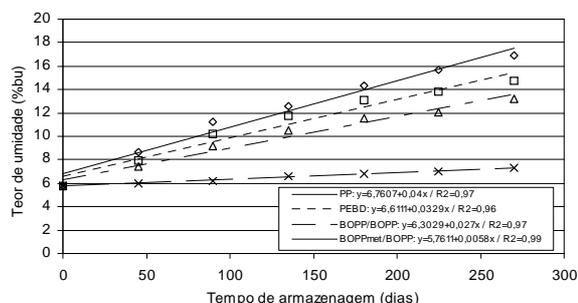
Análise	Resultado
Teor de umidade	5,76% bu*
Atividade de água (25°C)	0,252
Contagem de bolores e leveduras	7,1x10 <sup>4</sup> UFC/g**
Cor (coordenadas)	L: 66,78 a: +5,42 b: +30,31

\*: Teor de umidade base úmida. \*\*: Unidades formadoras de colônia por grama do material.

Os resultados mostraram efeitos significativos do tempo de armazenagem ( $p \leq 0,05$ ) na atividade de água dos cogumelos (Figura 1) em todas as embalagens testadas em decorrência da reidratação e do aumento do teor de umidade das amostras durante o período analisado (Figura 2).



**Figura 1.** Atividade de água dos cogumelos em função do tempo de armazenagem e do tipo de embalagem.

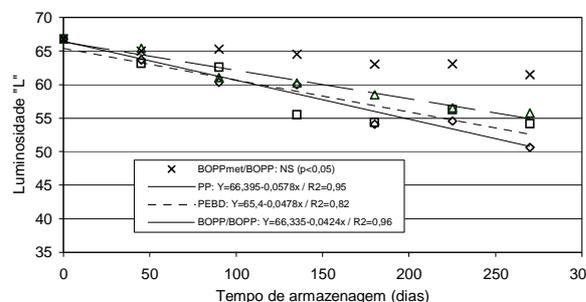


**Figura 2.** Teor de umidade (base úmida) dos cogumelos em função do tempo de armazenagem e do tipo de embalagem.

No entanto, verificou-se que, tanto para a reidratação (Figura 2) quanto para o escurecimento dos cogumelos, demonstrado pela diminuição do parâmetro luminosidade (Figura 3), o maior efeito protetor ocorreu para a embalagem BOPPmet/BOPP, garantindo maior retenção de cor quando, ao final do período de armazenagem, os cogumelos ainda apresentavam coloração amarelo-claro, porém, com perda de crocância. Tal retenção de cor decorreu do baixo índice de reidratação (Figura 2) e, conseqüentemente, da pouca variação da atividade de água (Figura 1) dos cogumelos, cuja influência se relaciona diretamente com as reações de escurecimento enzimático e não-enzimático (Teixeira Neto, 2001). O baixo índice de reidratação observado para a embalagem BOPPmet/BOPP ocorreu em conseqüência da maior barreira ao vapor de água, conferida pela metalização do polipropileno (Garcia *et al.*, 1989).

Os valores da coordenada “L”, mostrados na Figura 3, indicam a luminosidade do cogumelo (mais claro, tendendo a 100, ou mais escuro,

tendendo a zero), ou seja, é uma variável relacionada com a porcentagem de radiação refletida pelo corpo em comparação com o óxido de magnésio (100% de luminosidade) sob a ação de uma luz padrão incidente.



**Figura 3.** Parâmetro de luminosidade "L" dos cogumelos em função do tempo de armazenagem e do tipo de embalagem.

Os tratamentos cujas embalagens permitiram os maiores índices de reidratação dos cogumelos (PP; PEBD; BOPP/BOPP, na Figura 2) também foram os que apresentaram maiores reações de escurecimento (decréscimo do parâmetro luminosidade "L") nas amostras durante o período de armazenagem (Figura 3). Tal fato se deve à indução de reações de escurecimento, muito provavelmente de ordem não-enzimática, ocorrida pelo aumento da atividade de água (Teixeira Neto, 2001).

Os cogumelos embalados em Polipropileno (PP) foram os que apresentaram maior escurecimento (Figura 3) e os que sofreram maior reidratação, cujo teor de umidade final foi de 16,9% (Figura 2); portanto, essa é embalagem menos indicada para o armazenamento de *A. blazei* por longos períodos. As alterações significativas de cor ocorreram a partir de 90 dias de armazenagem para a embalagem PP, e a partir de 135 dias para as embalagens PEBD e BOPP/BOPP.

Os resultados das análises microbiológicas indicaram que houve inibição da atividade fúngica, conforme mostra a Tabela 2, em que se verifica diminuição da contagem de bolores e leveduras durante o armazenamento, comparado à amostra inicial (Tabela 1). Nesse caso, o aumento da atividade de água verificada nos cogumelos para as diferentes embalagens testadas, não foi suficiente para induzir o crescimento microbiano.

Com base nesses resultados, foi possível verificar que o principal fator limitante na qualidade dos cogumelos durante o armazenamento foi o teor de umidade, cujos aumentos verificados durante os períodos estudados influenciaram diretamente a alteração dos atributos de cor e textura. Nesse caso,

a vida-de-prateleira pode ser estimada matematicamente com base nos limites críticos para o teor de umidade ou atividade de água, a partir dos quais os efeitos sobre a cor e a crocância dos cogumelos passam a ser significativos.

**Tabela 2.** Resultado da contagem de bolores e leveduras do *A. blazei* em diferentes períodos de armazenagem.

Tratamentos	Período de armazenagem em dias	
	135	270
PP	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>
PEBD	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>
BOPP/BOPP	< 10 <sup>2</sup>	6,0 x 10 <sup>2</sup>
BOPPmet./BOPP	< 10 <sup>2</sup>	< 10 <sup>2</sup>

## Conclusão

Concluiu-se que a embalagem de polipropileno biorientado metalizado duplo (BOPPmet/BOPP) foi a que proporcionou menores variações de reidratação e de atividade de água e, conseqüentemente, de escurecimento, garantindo retenção de cor aos cogumelos durante o período de armazenagem. Os maiores efeitos de reidratação e escurecimento ocorreram com os cogumelos embalados em polipropileno. Não houve crescimento microbiano, medido pela contagem de bolores e leveduras, nos cogumelos durante o armazenamento em todas as embalagens.

## Referências

- ALVES DE LIMA, P.L. et al. Mushroom "shiitake" (*L. edodes*) as a modulator of clastogenic effects in mice. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE MUTAGÊNESE E TERATOGÊNESE AMBIENTAL, 5, 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1998, p. 248.
- ALVES, R.M.V. Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas. In: AGUIRRE, J.M.; GASPARINO FILHO, J. (Ed.). *Desidratação de frutas e hortaliças*. Campinas: Ital, 2001, cap. 9. p. 1-12.
- AOAC: *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, v. 1, 1990.
- BRAGA, G.C. et al. *Manual de cultivo de Agaricus blazei Murr. "Cogumelo-do-Sol"*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais/Unesp, 1998.
- DENADAI, R. et al. The protective effect of mushroom (*Agaricus blazei*) teas on the genotoxicity induced by cyclophosphamide. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE MUTAGÊNESE E TERATOGÊNESE AMBIENTAL, 5, 1998, Curitiba. *Anais...* Curitiba, 1998. p. 247.
- EBINA, T.; FUJIMIYA, Y. Antitumor effect of a peptide-glucan preparation extracted from *Agaricus blazei* in a double-grafted tumor system in mice. *Biotherapy*, Tokyo, v. 11, n. 4, p. 259-265, 1998.
- EIROA, M.N.U. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de

- determinação em alimentos. *Bol. ITAL*, Campinas, v. 18, n. 3, p. 353-381, 1981.
- EIROA, M.N.U. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J.M.; GASPARINO FILHO, J. (Ed.). *Desidratação de frutas e hortaliças*. Campinas: Ital, 2001, cap. 6. p. 1-26.
- FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. *Microbiologia de alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2003.
- FUJIMIYA, Y. *et al.* Tumor-specific cytotoxic and immunopotentiating effects of relatively low molecular weight products derived from the basidiomycete, *Agaricus blazei* Murrill. *Anticancer. Res.*, Atiki, v. 19, n. 1A, p. 113-118, 1999.
- GARCIA, E.E.C. *et al.* *Embalagens plásticas: propriedades de barreira*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos/ITAL, 1989.
- ITOH, H. *et al.* Inhibitory action of a (1→6) β - D - glucan - protein complex (F III-2-b) isolated from *Agaricus blazei* Murill ("himematsutake") on meth a fibrosarcoma-bearing mice and its antitumor mechanism. *Jpn. J. Pharmacol.*, Kyoto, v. 66, n. 2, p. 265-271, 1994.
- LABUZA, T.P. Nutrient losses during and storage of dehydrated foods. *Crit. Rev. Food Technol.*, Boca Raton, v. 3, n. 2, p. 217-240, 1972.
- LABUZA, T.P. *Shelf life dating of foods*. Westport: Food and Nutrition Press, 1982.
- LABUZA, T.P. *et al.* Water content and stability of low-moisture and intermediate-moisture foods. *Food Technol.*, Chicago, v. 24, n. 5, p. 543-548, 1970.
- MIZUNO, M. *et al.* Polysaccharides from *Agaricus blazei* stimulate lymphocyte T-cell subsets in mice. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Tokyo, v. 62, p. 434-437, 1998.
- OHNO, N. *et al.* Antitumor beta glucan from the cultured fruit body *Agaricus blazei*. *Biol. Pharm. Bull.*, Tokyo, v. 24, n. 7, p. 820-828, 2001.
- OSAKI, Y. *et al.* Antimutagenic and bactericidal substances in the fruit body of a basidiomycete *Agaricus blazei*, Jun-17. *Yakugaku Zasshi*, Tokyo, v. 114, n. 5, p. 342-350, 1994.
- SORIMACHI, K. *et al.* Secretion of TNF-alpha, IL-8 and nitric oxide macrophages activated with *Agaricus blazei* Murrill fractions *in vitro*. *Cell. Struct. Funct.*, Kyoto, v. 26, n. 2, p. 103-108, 2001.
- TEIXEIRA NETO, R.O. Alterações na qualidade de frutas e hortaliças desidratadas durante a estocagem. In: AGUIRRE, J.M.; GASPARINO FILHO, J. (Ed.). *Desidratação de frutas e hortaliças*. Campinas: ITAL, 2001. cap.8, p.1-9.
- TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A. *Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados*. Campinas: ITAL, 1996.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 3. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1992.

Received on July 06, 2004.

Accepted on June 08, 2005.