

PROCESSAMENTO MÍNIMO DE COGUMELOS DO GÉNERO *PLEUROTUS*

MINIMALLY PROCESSING OF *PLEUROTUS* MUSHROOMS

Margarida Sapata¹, Cristina Ramos¹, Armando Ferreira¹,
Luís Andrada¹, Manuel Candeias¹

RESUMO

Devido ao aumento da procura de cogumelos do género *Pleurotus*, o sector agro-industrial tem-se mostrado receptivo ao desenvolvimento e aplicação de técnicas de processamento, que contribuam para o aumento do tempo de vida útil, sem prejuízo da caracterização como “produto fresco”. O processamento mínimo é uma tecnologia que pode constituir uma alternativa de conservação, pois permite a manutenção da qualidade através da inibição e/ou o controlo de microrganismos indesejáveis e das reacções químicas e enzimáticas intervenientes na degradação. O sucesso desta tecnologia depende da qualidade inicial do produto, controlo da temperatura, especificidade das misturas gasosas, características do filme de embalagem e eficiência do equipamento, não descurando a utilização de boas práticas de higiene e segurança. Considerando-se a relevância do tema, este trabalho teve por objectivo fazer uma revisão da literatura nos aspectos relacionados com a manipulação de cogumelos minimamente processados, produto de elevado valor acrescentado, apresentando-se pontos de vista sobre os desafios associados à manutenção de uma elevada qualidade com vista à expansão de uma indústria agro-alimentar competitiva.

¹ Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB, I.P.)/L-INIA, Qta do Marquês, 2784 - 505 Oeiras, Portugal. Telef: +351-214 403 500; E-mail: margarida.lobos@gmail.com

Recepção/Reception: 2009.06.15
Aceitação/Acception: 2010.02.15

Palavras-chave: *Pleurotus*, embalagem, qualidade, estabilidade.

ABSTRACT

Due to increased demand of the *Pleurotus* mushrooms genus, the industry has been receptive in processing techniques development that can increase the shelf life, without damages in the product characterization, as “fresh product”. Minimally processing is a technology that can be a storage alternative, allowing the inhibition and/or control of undesirable microorganisms, chemical and enzymatic reactions involved in injury and enjoy the quality maintenance. The success of this technology depends on the initial product quality, temperature control, gas mixtures specificity, film packaging characteristics and equipment efficiency, not forgetting the use of good hygiene and safety.

The aim of this paper it was to revise the minimally processed mushrooms handling, product with high added value, selecting views about the high quality maintenance for the competitive food industry improvement.

Key-words: *Pleurotus*, packaging, quality, stability.

INTRODUÇÃO

A cultura de cogumelos comestíveis é, actualmente, uma realidade em grande expansão. A produção do género *Pleurotus* tem aumentado nos últimos anos devido, principalmente, ao facto de se poderem cultivar

numa ampla variedade de substratos vegetais, permitindo o aproveitamento de resíduos da indústria agro-alimentar.

Estes cogumelos são, actualmente, considerados muito interessantes, do ponto de vista comercial, não só pelas características organolépticas, efeitos nutricionais e medicinais, mas também pela fácil adaptação e manutenção, resistência a pragas e doenças, crescimento rápido, baixo custo de cultura, permitindo um rápido retorno do investimento inicial. Estima-se que podem ser atingidos elevados lucros (superior a 100%) sobre o capital investido no final do ciclo de cultura, percentagem que pode variar em função do sistema utilizado (Poppe, 2000).

Os cogumelos frescos pertencem ao grupo de alimentos vivos altamente perecíveis, com tempo de vida útil muito limitado. Mesmo quando colhidos nas melhores condições, e mantidos à temperatura ambiente, apenas permanecem aceitáveis para consumo cerca de 36 horas. Tal facto deve-se não só à elevada taxa respiratória (Burton & Twynning, 1989), mas também à produção de etileno (Kader *et al.*, 1989) e ainda por não apresentarem qualquer barreira à perda de água ou deterioração bacteriana. As perdas pós colheita podem ser estimadas em cerca de 40% do total da produção.

Como normalmente são comercializados *in natura*, rapidamente podem ser detectados sinais de alteração, que se manifestam por desidratação, perda de rigidez dos tecidos, escurecimento enzimático e/ou a lesões bacterianas, bem como por alterações no sabor e no aroma, o que conduz à diminuição da qualidade (Gormley, 1975).

Este facto constitui um problema para a distribuição, uma vez que obriga a circuitos rápidos, com refrigeração constante, exigindo a definição de um método de conservação adequado. Assim, actualmente, dada a tendência cada vez maior para os mercados apresentarem várias espécies de cogumelos, o processamento e conservação são factores determinantes para o sucesso do produto. Contudo, reveste-se de alguma complexidade, pois estamos em presença de um sistema

muito heterogéneo, uma vez que os cogumelos são órgãos fisiologicamente activos e sensíveis, que continuam as suas actividades metabólicas, após colheita (Rolle & Chism, 1987).

No sentido de controlar o metabolismo activo destes produtos, tem-se procurado associar técnicas de frio (Gormley, 1975) em combinação com embalagem em atmosfera modificada (MAP), de modo a aumentar o tempo de vida útil, podendo constituir uma boa alternativa de conservação, com redução da desidratação, condensação e desenvolvimento de anaerobiose nas embalagens (Nichols & Hammond, 1974; Burton & Twynning, 1989; Exama *et al.*, 1993; Roy *et al.*, 1995; Tano *et al.*, 1999; Barron *et al.*, 2002).

A MAP consiste no acondicionamento dos produtos em embalagens com uma atmosfera gasosa, de composição diferente da do ar atmosférico, tendo por finalidade retardar o metabolismo das células, inibindo as reacções enzimáticas e o desenvolvimento de microrganismos. Pode ser obtida apenas pela respiração do produto, designada por atmosfera modificada passiva, ou intencionalmente, por substituição da atmosfera normal por uma mistura gasosa, conhecida por atmosfera modificada activa. A atmosfera inicial vai-se alterando gradualmente, à medida que os gases se difundem através da película de protecção (filme de embalagem) e ocorre a actividade respiratória do produto, até ser atingido o equilíbrio.

O objectivo deste trabalho foi fazer uma abordagem acerca da forma como devem ser explorados alguns aspectos relacionados com a embalagem em atmosfera modificada e equacionar os factores que limitam o controlo de qualidade de cogumelos minimamente processados.

CONSERVAÇÃO EM SISTEMA MAP

A composição e estrutura dos cogumelos geram um ambiente favorável aos processos de alteração, que conduzem a uma deterioração rápida, cumulativa e irreversível da

qualidade. O potencial energético mantém-se praticamente constante, mesmo em caso de stress, ao longo do qual, as células utilizam as suas proteínas e lípidos membranares, como substratos do metabolismo. As membranas vão perdendo progressivamente as propriedades de permeabilidade, conduzindo à morte celular. Estes tecidos transpiram igualmente, libertando vapor de água proporcionalmente à sua actividade respiratória. Este fenómeno provoca, em função da humidade relativa e da temperatura do meio de conservação, uma desidratação progressiva do produto. Esta perda de água conduz à plasmólise dos tecidos, e em certos casos, a um stress hídrico que se traduz pela senescência acelerada. A qualidade final do produto e o seu tempo de vida útil podem ser melhorados com a utilização de embalagem em atmosfera modificada associada a uma cadeia de frio.

No processo MAP, durante a conservação, o sistema formado pela embalagem (produto, sua biocenose e atmosfera interior) e a camada envolvente exterior (fornecida pela unidade de refrigeração) pode contribuir favoravelmente para o estabelecimento de uma atmosfera dinâmica, em que o equilíbrio é atingido rapidamente, por transferências gasosas que ocorrerem, através do filme de embalagem (Sapata, 1997; Sapata *et al.*, 2007a) (Figura 1). Ao actuarem no alimento ou na flora microbiana a ele associada, minimizam ou controlam o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, reacções químicas e enzimáticas, mantêm a qualidade e as características organolépticas, bem como o valor nutricional (Marcellin, 1982; Vankerschaver *et al.*, 1996).

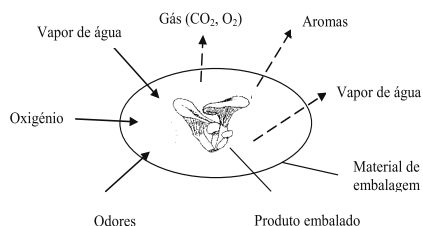


Figura 1 – Representação esquemática do sistema MAP (Adaptado de Brecht, 1980).

O êxito desta tecnologia está dependente da qualidade inicial do produto, especificidade das misturas gasosas utilizadas, controlo da temperatura durante o processo tecnológico, características do filme de embalagem e eficiência do equipamento de acondicionamento. Porém, não elimina a necessidade de utilização de boas práticas de higiene e de controlo da temperatura de conservação (Brochado & Morais, 1994). Para se conseguir um bom controlo dos produtos, sob o ponto de vista de segurança, existem inúmeros factores intrínsecos (propriedades internas do produto) e extrínsecos (condições externas de conservação), que afectam o comportamento do produto e que podem ser usados para aumentar o período de vida útil. As características microbiológicas do alimento, temperatura, filme de embalagem, misturas gasosas e factores ambientais são determinantes para que o sistema MAP seja bem sucedido (Wilbrandt, 1989). A interacção destes factores, implica por vezes alterações organolépticas do produto, tornando-o inaceitável do ponto de vista do consumidor (Vankerschaver *et al.*, 1996). Assim, tem de haver um compromisso entre os factores de estabilidade, nomeadamente físicos, bioquímicos, microbiológicos e sensoriais, de modo a garantir o controlo da degradação, uma vez que a MAP não é uma alternativa para resolver problemas de qualidade de produtos.

Relativamente à aplicação deste processamento a cogumelos, têm sido desenvolvidos estudos no sentido de aumentar consideravelmente o tempo de vida útil (9 a 12 dias), sem prejuízo da sua caracterização como “produto fresco” (Sapata *et al.*, 2007a).

Seleção de espécies para processamento

Devido ao modo como os nutrientes são assimilados, as únicas espécies de cogumelos até hoje cultiváveis de forma intensiva, são as sapróbias, em especial as lenhícolas, uma vez que é possível elaborar facilmente um substrato semelhante ao que encontram na Natureza.

De entre os vários géneros de cogumelos com esta disponibilidade, as espécies de *Pleurotus* têm sido bastante estudadas, pois possuem a capacidade de se desenvolverem em qualquer resíduo que contenha celulose, lenhina e hemiceluloses. Tal facilidade está relacionada com a capacidade oxidativa e hidrolítica de um amplo espectro de enzimas que actuam especificamente nas estruturas lenhocelulósicas dos materiais que compõem os substratos (Rajarithman & Bano, 1987). Na cultura de *Pleurotus*, normalmente realizada em resíduos agrícolas, agro-industriais e florestais, é a palha de trigo o substrato mais vulgarmente usado.

De entre as várias espécies de cogumelos, há umas mais adaptadas que outras à conservação pós colheita e à transformação (Sapata *et al.*, 2007 b). Os principais critérios de selecção de qualidade residem na possibilidade de escolher o material com maior rendimento, melhor textura, reduzida actividade enzimática e baixa sensibilidade à refrigeração e à desidratação (Carbonell, 1990). Uma das espécies que melhor corresponde a estes critérios é a *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.

Características microbiológicas

Um dos principais aspectos a considerar na avaliação da tecnologia de conservação em atmosfera modificada é o conhecimento do estado microbiológico destes produtos (Baird-Parker & Kilsby, 1987), sendo fundamental a determinação qualitativa e quantitativa das floras susceptíveis de alteração, tanto do ponto de vista higiénico como do ponto de vista comercial (Guiraud & Galzy, 1980; Carlin *et al.*, 1990).

A tecnologia em atmosfera modificada, pode servir como indicador de inibição de microrganismos de alteração antes do desenvolvimento de microrganismos patogénicos (Ronk *et al.*, 1989). Day (1989), já observou o desenvolvimento de microrganismos patogénicos e a produção de toxinas, em cogumelos embalados, antes do produto se tornar organolepticamente inaceitável. Este

fenómeno deve-se ao ambiente que é criado no interior da embalagem que determina a natureza microbiana que se desenvolve e a qualidade do produto (Brecht, 1980; Daniels *et al.*, 1985; Ballantyne, 1989; Kader *et al.*, 1989).

Embalagem e filmes de embalagem

O principal papel da embalagem é conter o produto e ajudar a retardar ou a prevenir a perda de qualidade. A embalagem contribui para a protecção do produto contra contaminantes, cria e/ou mantém uma atmosfera que minimiza a actividade fisiológica, aumentando o tempo de vida útil e, facilita o transporte, manuseamento, armazenamento e venda, garantindo a sua integridade física (Barron *et al.*, 2002). Os materiais de embalagem, de acordo com as normas em vigor, devem permitir o controlo da humidade e transferência de gases, bem como proteger o produto contra danos físicos e contaminação microbiológica, sem perderem a funcionalidade (Wiley, 1994). Contudo, é de ter sempre em consideração que, quaisquer que sejam as características do material utilizado, a embalagem nunca corrige eventuais defeitos do produto a embalar.

A eleição adequada dos materiais de embalagem está dependente do produto, do mercado a que se dirige, método de embalagem, permeabilidade aos gases e vapor de água, propriedades de resistência mecânica, transparência, brilho, tratamento anti-vapor, etc.

Para ser garantida a manutenção da atmosfera modificada dentro da embalagem, o filme deve ter uma adequada permeabilidade ao oxigénio e vapor de água, e a embalagem deve apresentar uma razão apropriada entre o peso do produto e a área de superfície da embalagem, bem como uma relação entre o volume de gás e de produto embalado (Labell, 1985; Moldão & Empis, 2000). Por outro lado, a embalagem deverá ser capaz de compensar as alterações da taxa respiratória do produto, permitindo que se atinja um equilíbrio dinâmico entre as concentrações de CO₂ e O₂ (Fellows, 2000).

Na MAP as permeabilidades dos filmes aos gases devem ser consideradas em conjunto com a actividade respiratória do produto que se pretende embalar, de forma a que se estabeleça o mais rapidamente possível, um ambiente gasoso desejado, após um estado de transição, devido à interacção da fisiologia do produto e do ambiente físico (estado de equilíbrio) (Labell, 1985; Chinnan, 1989).

Embora existam no mercado muitos tipos de filmes de embalagem, são relativamente poucos os adequados para os produtos frescos, sendo os mais comuns o polietileno de baixa densidade e o policloreto de vinilo. Também o poliestireno e o polipropileno são bastante aplicados devido à facilidade de utilização e características ópticas (Fellows, 2000). Por vezes há necessidade da utilização de vários polímeros em estruturas de multicamada. No caso particular de embalagens de cogumelos tem sido utilizado, com maior frequência, o polietileno, polímero resultante da polimerização de um monómero de etileno. Apesar do baixo grau de transparência (55-70%), apresenta uma óptima permeabilidade aos gases e vapor de água (Wiley, 1994).

Actualmente, são comercializados filmes de polietileno que permitem a realização de perfurações no mesmo, apresentando como vantagens o aumento da taxa de transmissão de CO₂ e, ao mesmo tempo, o controlo das concentrações de O₂, sem afectar a permeabilidade, mesmo ocorrendo condensação da água no interior da embalagem. Contudo, as transferências gasosas, como se encontram concentradas numa área muito pequena, podem criar dentro da embalagem uma distribuição de gás pouco uniforme (Emond & Chau, 1990).

Misturas gasosas

A atmosfera gasosa no interior da embalagem, de composição diferente da do ar, é uma das barreiras químicas de importância relevante, utilizadas para aumentar a duração do produto e contribuir consideravelmente, para a manutenção da qualidade.

Os gases mais utilizados na obtenção das atmosferas modificadas são o azoto, o dióxido de carbono e complementarmente, o oxigénio (Brochado & Morais, 1994; Fellows, 2000). O papel das misturas gasosas consiste em inibir o metabolismo das células, as reacções enzimáticas e o desenvolvimento de microrganismos.

O objectivo do sistema MAP é o de atingir uma atmosfera modificada de equilíbrio, muito útil do ponto de vista de estabilidade. Este equilíbrio é definido como sendo o momento a partir do qual a velocidade de produção de CO₂ e a do consumo de O₂ do produto iguala a taxa de transferência dos respectivos gases através do filme de embalagem, a uma determinada temperatura, ou seja, a relação entre a taxa de respiração do produto e a permeabilidade do filme utilizado. A atmosfera inicialmente imposta vai-se alterando gradualmente, à medida que os gases se difundem através da embalagem e à medida que a actividade respiratória dos produtos e o crescimento microbiano têm lugar.

Volume livre na embalagem

O volume livre na embalagem, ou espaço de cabeça (“headspace”) tem influência no tempo necessário para que a atmosfera nela contida atinja o equilíbrio. O volume de gás deve ser o suficiente para que a atmosfera contacte devidamente com o produto, mas que não tenha influência na sua composição de equilíbrio. O período de transição máximo não deverá exceder, em princípio, 24 horas e, caso a embalagem não o permita, deverá ser ponderada a utilização de uma atmosfera modificada activa (Kader *et al.*, 1989).

Factores ambientais

Para além dos factores já mencionados devem ainda ser considerados os factores relacionados com o meio envolvente, nomeadamente, humidade relativa, temperatura de conservação e luz.

Humidade Relativa – Um baixo teor de humidade inibe o desenvolvimento micro-

biano, mas provoca a libertação de grandes quantidades de água, conduzindo a uma elevada perda de massa e uma redução da qualidade do produto. A humidade relativa no interior da embalagem deve resultar de uma situação de compromisso entre o desenvolvimento microbiano e a perda de água (Brochado & Morais, 1994). Muitos dos filmes poliméricos apresentam propriedades barreira ao vapor de água, mantendo uma humidade interna elevada. No entanto, se esta for muito elevada, pode causar condensação à superfície do produto, favorecendo deste modo, o desenvolvimento microbiano e a respectiva deterioração. Uma das vantagens do sistema MAP é a possibilidade de manter uma humidade relativa adequada no interior da embalagem, de modo a assegurar a turgescência dos produtos (Nichols, 1985).

Como os cogumelos carecem de uma estrutura epidérmica especializada, estando protegidos unicamente por um tecido epitelial, a falta de protecção propicia uma rápida perda de humidade e a consequente perda de qualidade. Nestas condições, é frequente ocorrer crescimento microbiano, exsudação celular e, por conseguinte desenvolvimento de substâncias nutritivas utilizáveis pelos microrganismos saprófitas, com depreciação do produto embalado (Sánchez & Royse, 2001).

Temperatura – Os processos metabólicos são sensíveis à temperatura. Sabe-se que a degradação da qualidade deste tipo de produtos é inibida a baixas temperaturas (Schlimme, 1995) com um limite inferior, abaixo do qual, podem ocorrer lesões pelo frio (Shewfelt *et al.*, 1990). A conservação de cogumelos, à temperatura entre 2 e 4°C, permite reduzir a actividade metabólica, sem conduzir a alterações fisiológicas e minimiza a rápida senescência dos tecidos, factor determinante das alterações bioquímicas e microbiológicas (Zagory & Kader, 1988).

Luz – No caso dos cogumelos minimamente processados, a presença de luz não é considerado um factor relevante. Quando comparado com qualquer vegetal verde, os

cogumelos, como não possuem clorofila, apenas respiram, tornando mais difícil o controlo de uma atmosfera modificada específica dentro da embalagem, por não ocorrerem reacções de antagonismo fisiológico fotossíntese/respiração.

Factores Sanitários

A higienização dos cogumelos frescos minimamente processados é um assunto deves importante, estando demonstrado que um aumento da população microbiana compromete seriamente a segurança e o respectivo tempo de vida útil do produto (Hurst, 1995).

Para garantir a aceitação do produto há que ter em conta que:

- a refrigeração utilizada para a manutenção da qualidade, não fornece protecção adequada, visto existirem alguns microrganismos patogénicos psicrotópicos gram negativos que podem sobreviver e mesmo multiplicarem-se nesta gama de temperaturas, provocando alterações no aroma e sabor;
- a conservação em atmosfera modificada inibe a taxa de crescimento de muitos microrganismos de alteração, no entanto certos patogénicos, tais como a *Listeria monocytogenes* podem desenvolver-se nestas condições, até níveis perigosos (Berrang *et al.*, 1989);
- a temperaturas de conservação/distribuição superiores a 7°C, são criadas condições para o desenvolvimento de outros patogénicos como o *Clostridium botulinum*, *Bacillus spp.*, *Salmonella spp.* e *Staphylococcus aureus* (Corlett, 1989);
- as etapas de processamento, nomeadamente corte e lavagem podem não ser eficazes para eliminar a flora indígena normal, mas até facilitarem a introdução de alguma flora patogénica com vantagem competitiva para o respectivo crescimento.

Nesta conformidade, as práticas de higiene devem ser muito rigorosas e indispensáveis, assim como a utilização de pré-tratamentos de desinfecção, para que seja assegurada a

obtenção de cogumelos minimamente processados como alimentos seguros e saudáveis (Brennan & Gormley, 1998). Por outro lado, para garantia do consumidor, também deve ser muito rigorosa toda a cadeia de frio, desde o processamento ao consumo, para reduzir os riscos associados à flora patogénica psicrotrófica.

PROCESSO TECNOLÓGICO

De forma a obterem-se produtos de alta qualidade torna-se necessário dar importância à selecção das matérias-primas, bem como à optimização de todas as etapas pós-colheita.

Todas as operações de processamento devem ser realizadas com rigor, tendo sempre em atenção a separação das zonas sujas e limpas. Os cogumelos são preparados segundo uma linha de produção previamente definida, obedecendo a determinadas etapas, consoante a espécie (Figura 2).

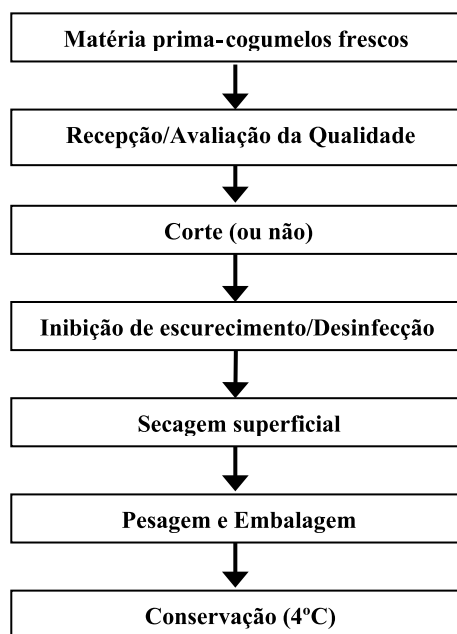


Figura 2 – Esquema geral de processamento de cogumelos.

Matéria prima

A qualidade dos cogumelos é um factor determinante na estabilidade do produto final (Figura 3). Segundo Varouquaux *et al.* (1996) os principais critérios que definem a adaptabilidade das espécies ao processamento mínimo são:

- rendimento tecnológico elevado, com qualidade e requisitos especiais, exigidos para este tipo de produtos;
- baixa sensibilidade a alterações fisiológicas;
- resistência a alterações microbianas;
- resistência mecânica dos tecidos;
- resistência a elevados teores de CO₂ e/ou baixos de O₂;
- teores de açúcar que não provoquem o stresse energético;
- taxa respiratória o menos elevada possível.



Figura 3 – *Pleurotus ostreatus* após colheita para processamento.

O êxito na conservação reside em efectuar a colheita atempadamente, ou seja, quando os carpóforos estão convexos e com as lâminas absolutamente brancas, apresentando-se com uma boa textura e aparência excelente.

Após a colheita, como os cogumelos continuam a sua actividade metabólica, aconselha-se o transporte rápido e refrigerado, entre 0 e 2°C, de modo a que o tempo que decorre entre a colheita e o processamento seja o mais curto possível. Para evitar perdas de peso fresco, a refrigeração e o transporte devem realizar-se com uma humidade relativa de 90-95%, de

modo a diminuir a pressão de vapor de água dos cogumelos e assim, reduzir a sua evaporação a partir das superfícies dos carpóforos.

Recepção e avaliação da qualidade

Uma vez efectuada a recepção, a matéria prima é submetida a um processo de classificação, tendo em consideração a aparência e o calibre. Desta forma é possível uniformizar lotes, factor determinante na qualidade e apresentação do produto.

Corte

O corte deverá ser evitado sempre que possível. Trata-se de uma operação bastante delicada, onde muitas células sofrem rupturas com libertação de componentes intracelulares, tais como, enzimas de oxidação. Simultaneamente a superfície de corte fica exposta ao ar e à contaminação de bactérias, leveduras e fungos, o que se traduz por perturbações fisiológicas, particularmente, aumento da actividade respiratória e/ou etilénica. Por outro lado, esta operação origina lesões celulares que favorecem o desenvolvimento microbiano, assim como o escurecimento das su-

perfícies externas e de corte e à hidrólise de pectinas e celulose.

Inibição de escurecimento e desinfecção

Os cogumelos estão especialmente sujeitos, como foi referido a problemas de escurecimento das superfícies externas e de corte, devido não só à manipulação das etapas anteriores de processamento, mas também à senescência ou ao desenvolvimento de bactérias de alteração, como por exemplo, a *Pseudomonas tolaasii*. Estas reacções são complexas e dependem das condições e do estado da matéria prima. Têm sido desenvolvidos estudos no sentido de controlar o escurecimento e lesões bacterianas associadas ao processamento mínimo (Sapers *et al.*, 1994). Assim, segundo estes investigadores, podem ser aplicados tratamentos com soluções aquosas de vários inibidores de escurecimento e/ou substâncias com efeito antimicrobiano, ajustado ao pH específico com NaOH ou HCl, durante 5 a 120 segundos (Quadro 1). Estas soluções de imersão, utilizadas isoladamente ou combinadas, podem ter um efeito no aumento de massa em cerca de 8%, contudo evitam que a cor dos cogumelos se altere.

Quadro 1 – Compostos testados no controlo da inibição do escurecimento e do desenvolvimento microbiano de cogumelos minimamente processados.

Inibidores de escurecimento	Antimicrobianos - desinfetantes
Ácido ascórbico e sal de Na	Sulfato de estreptomicina
Ácido eritórbito e sal de Na	Peróxido de hidrogénio
Ácido ascórbico-2-mono-e trifosfato	Hipoclorito de sódio
Ácido cítrico	Benzoato de sódio
Cisteína	Sorbato de potássio
N-acetil-cisteína	
4-Hexilresorcinol	Outras variáveis
EDTA (sal dissódico)	pH
Pirofosfato de sódio	Concentração
Sporix	Combinação
Hexametáfosfato de sódio	Tempo de imersão
Hidroxipropil – β ciclodextrina	
Cloreto de zinco	

Fonte: Sapers *et al.*, 1994.

Relativamente à utilização de substâncias antimicrobianas tem-se optado pela aplicação de peróxido de hidrogénio (H_2O_2) em concentrações da ordem de 5% durante 30 segundos (Sapers & Simmons, 1998).

A eficiência do H_2O_2 depende de dois factores. Um está relacionado com a letalidade deste sobre as populações bacterianas, através da oxidação de grupos sulfidrilicos das proteínas bacterianas. O H_2O_2 é altamente reactivo quando convertido em radicais hidroxílicos, podendo degradar o ADN, proteínas, lípidos e polissacáridos (Borges *et al.*, 1989). O outro factor, está relacionado com o aumento da remoção de partículas, assim como de microrganismos da superfície dos cogumelos, pela acção mecânica de pequenas bolhas de oxigénio, que são produzidas pela reacção da catalase (Sapers & Simmons, 1998).

A utilização de soluções cloradas, utilizadas na maior parte dos vegetais minimamente processados, encontra-se limitada para a matéria prima em estudo, pois está confirmado que, mesmo em doses baixas (50 ppm), a aplicação de cloro, provoca escurecimento à superfície do chapéu, resultante da oxidação não enzimática do L-DOPA e seus derivados existentes nos cogumelos (Choi & Sapers, 1994).

Secagem

Esta etapa do processo é de extrema importância, uma vez que o excesso de água presente nos cogumelos favorece o desenvolvimento anormal de microrganismos, antes da data limite de consumo (DLC). A secagem pode ser realizada em túnel com circulação de ar, ou através de escorredores simples.

Pesagem e embalagem

Após pesagem, os cogumelos são conduzidos à secção de embalagem e acondicionamento, onde são embalados em atmosfera modificada, em condições de higiene e uma temperatura de cerca 12°C (Figura 4).



Figura 4 – *Pleurotus ostreatus* embalados em MAP.

A modificação da atmosfera no interior da embalagem pode ser efectuada recorrendo às técnicas de “gas flushing” ou de vácuo compensado.

A técnica “gas flushing” consiste na substituição do ar, que envolve o produto, pela mistura gasosa pretendida através de um fluxo contínuo, antes da soldagem final da extremidade da embalagem. Este sistema apresenta, como vantagens, elevada velocidade de produção e grande versatilidade, pois os equipamentos podem ser ajustados para diferentes tamanhos e configurações de cogumelos, possibilitando a utilização de uma grande gama de materiais de embalagem. Contudo, apresenta uma menor eficiência em relação à composição da atmosfera gasosa, pois conduz a valores de oxigénio residual no interior da embalagem de 2% a 5% (v/v).

A técnica de vácuo compensado consiste em criar vácuo no interior da embalagem e posteriormente, proceder à injeção da mistura gasosa pretendida. Este sistema é, utilizado para embalagens semi-rígidas, apresentando menores velocidades de operação, conduzindo, no entanto, a níveis de oxigénio residual mais baixos de cerca de 0,05% (v/v).

Conservação

O acondicionamento é considerado um dos parâmetros críticos na comercialização, procurando-se garantir a retenção da mistura gasosa na embalagem, em estado equilíbrio com o produto, evitando degradações bio-

químicas, tais como o escurecimento, desenvolvimento de aromas desagradáveis e alterações de textura. A fim de proporcionar um aumento de vida útil significativo e fiável, alguns dos efeitos negativos podem ainda ser minimizados através de uma boa gestão de temperatura, pelo que as embalagens com o produto final devem ser mantidas em câmaras de frio, a uma temperatura entre 0 a 4°C, sem luz, até à expedição.

UNIDADE DE PROCESSAMENTO

A unidade deverá obedecer a determinados requisitos, que passam pelo projecto de instalação, propriamente dito, de acordo com o tipo de cogumelos a processar.

Como sector de apoio torna-se imprescindível a existência de um armazém para embalagens, uma sala de lavagem de material utilizado durante o processo tecnológico, um laboratório de controlo do produto final, assim como uma secção social (gabinetes, vestiários).

A higiene na unidade industrial é muito importante em todas as técnicas de conservação de alimentos, mas na tecnologia de embalagem em atmosfera modificada, é particularmente essencial. As boas práticas de higiene são idênticas às que são adoptadas para todas as indústrias que manipulam produtos agro-alimentares. Interessa não só o controlo do produto acabado, mas igualmente o do ar ambiente e das superfícies (instalações e equipamentos).

As recomendações e disposições regulamentares, que visam a obtenção de um produto acabado de qualidade passam por:

- fornecimento de matéria prima de forma contínua e homogénea;
- separação entre a sala de recepção e as salas de lavagem e de embalagem, com temperaturas de 12°C e de 4°C, respectivamente;
- desinfeção das referidas salas, bem como do equipamento, com hipoclorito ou água clorada (80 ppm de cloro activo);
- cumprir os requisitos de higiene;

- possuir manual de procedimentos de HACCP com identificação dos riscos, pontos críticos e respectivas acções correctivas;
- respeitar as condições de distribuição, nomeadamente, a cadeia de frio.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito do projecto PIDDAC 122 - “Aumento do tempo de vida útil de cogumelos frescos do género *Pleurotus* embalados em atmosfera modificada”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baird-Parker, A. C. & Kilsby, D. C. (1987) - Principles of predictive food microbiology. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement*: 43S-49S.
- Ballantyne, A. (1989) - Modified atmosphere packaging of vegetables. *Acta Horticulturae* 244: 153-162.
- Barron, C.; Varoquaux, P.; Guilbert, S.; Gontard, N. & Gouble, B. (2002) - Modified atmosphere packaging of cultivated mushroom (*Agaricus bisporus* L.) with hydrophilic films. *Journal of Food Science* 67, 1: 251-255.
- Borges, M. F.; Brandão, S. C. C. & Pinheiro, A. J. (1989) - Efeito bactericida do peróxido de hidrogénio sobre *Salmonella* ssp. em leite destinado à fabricação de queijos. *Revista de Microbiologia* 20, 2: 145-149.
- Berrang, M. E.; Brackett, R. E. & Beuchat, L. R. (1989) - Growth of *Listeria monocytogenes* on fresh vegetables stored under controlled atmosphere. *Journal of Food Protection* 54: 702-705.
- Brecht, P. E. (1980) - Use of controlled atmospheres to retard deterioration. *Journal of Food Technology* 34: 45-50.
- Brennan, M. H. & Gormley, T.R. (1998) - *Extending the shelf life of fresh sliced mushrooms*. Final report project ARMIS n° 4196, 22 pp.

- Brochado, C. M. S. & Morais, A. M. M. B. (1994) - Preservação de produtos hortofrutícolas sob atmosfera modificada/controlada. *Alitécnica* 3: 21-29.
- Burton, K. S. & Twynning, R. I. (1989) - Extending mushroom storage-life by combining modified atmosphere packaging and cooling. *Acta Horticultura* 258: 565-571.
- Carbonell, X. (1990) - La IV Gama. I Parte. *Horticultura* 56: 6-44.
- Carlin, F.; Nguyen, C.; Hilbert, G. & Chambroy, Y. (1990) - Modified atmosphere packaging of fresh "ready-to-use" grated carrots in polymeric films. *Journal of Food Science* 55, 4: 1033-1038.
- Chinnan, M. S. (1989) - Modelling gaseous environment and physiochemical changes of fresh fruits and vegetables in modified atmosphere storage. In: Joseph, J. Jen (Ed.) ACS Symposium Series *Quality factors of fruits and vegetables*, Chapter 15: 189, cit. in: Brochado & Moraes, 1994.
- Choi, S.W. & Sapers, G. M. (1994) - Effects of washing on polyphenols and polyphenol oxidase in mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 2286-2290, cit. in Sapers et al., 1994.
- Corlett, D. A. Jr. (1989) - Refrigerated foods and use of hazard analysis and critical control point principles. *Food Technology* 43: 91-94.
- Daniels, J. A.; Krishnamurthi, R. & Rizvi, S. S. H. (1985) - A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality. *Journal of Food Protection* 48: 532-537.
- Day, B. P. F. (1989) - Modified atmosphere packaging of foods. *Behr's International Symposium, Progress in Food Microbiology*. Wiesbaden, Germany, October, pp. 18-19.
- Emond, J. P. & Chau, K. V. (1990) - Use of perforations in modified atmosphere packaging. *ASAE Paper* 90: 6512, cit. in: Brochado & Moraes, 1994.
- Exama, A.; Arul, J.; Lencki, R. W.; Lee, L. Z. & Toupin, C. (1993) - Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Journal of Food Science* 58, 6: 1365-1370, cit. in: Tano et al., 1999.
- Fellows, P.J. (2000) - Controlled or modified atmosphere storage and packaging. In: Fellows, P. J. (Ed.) *Food processing technology: principles and practice*. Woodhead Publishing Limited, CRC Press, Cambridge.
- Gormley, R. (1975) - Chill storage of mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 26, 4: 401-411.
- Guiraud, J. & Galzy, P. (1980) - *L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires*. Collection Génie Alimentaire, Les Ediciones de l'Usine Nouvelle, Paris.
- Hurst, W. C. (1995) - Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. *Hortscience* 30, 1: 22-24.
- Kader, A. A.; Zagory, D. & Kerbel, E.L. (1989) - Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28, 1: 1-30, cit. in: Choi & Kim, 2003.
- Labell, F. (1985) - Controlled and modified atmosphere packaging – Methods for extending shelf life of a variety of food products. *Food Process* 46, 1:152.
- Marcellin, P. (1982) - Nouvelles tendances de la conservation des fruits et légumes par refrigeration. *Revue Generale du Froid* 3: 143-151.
- Moldão, M. & Empis, J. (2000) - *Processamentos mínimos – Produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados*. Principia Editora, Parede.
- Nichols, R. (1985) - Post-harvest physiology and storage. In: Flegg, P. B.; Spencer, D. M.; Wood, D. A. (Eds.) *The biology and technology of the cultivated mushroom*. John Wiley & Sons, New York, pp. 195-210, cit in: Sapers et al., 1994.
- Nichols, R. & Hammond, J. B. W. (1974) - Investigation on storage of pre-package mushrooms. *Mushroom Journal* 24: 1-7.
- Poppe, J. (2000) – Use of agricultural waste materials in the cultivation of mushrooms. *Mushroom Science* 15, 1: 3-19.
- Rajarathnam, S. & Bano Z. (1987) - *Pleurotus mushrooms*. Part I. Morphology, life

- cycle, taxonomy, breeding, and cultivation. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 26, 2: 157-223.
- Rolle, R. S. & Chism, G. W. (1987) - Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality* 10: 157-177.
- Ronk, J. R.; Carson, L. K. & Thompson, P. (1989) - Processing, packaging and regulation of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 43, 2: 136-139.
- Roy, S.; Ananthswaran, R. C. & Beelman, R. B. (1995) - Fresh mushroom quality as affected by modified atmosphere packaging. *Journal of Food Science* 60: 334-340.
- Sánchez, J. E. & Royse, D. (2001) - La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. UTEHA, Noriega Editores, Mexico.
- Sapata, M.M. (1997) - *Qualidade e estabilidade de cenouras raladas da IV gama*. Tese de dissertação para acesso à categoria de investigador auxiliar, Instituto Nacional de Investigação Agrária, Estação Agronómica Nacional, Oeiras, 170 pp.
- Sapata, M.M.; Ramos, A. C.; Ferreira, A.; Andrada, L.; Candeias, M.; Leitão, A. E.; Vasconcellos, F. & Gomes, L. (2007a) - Comportamento de três espécies de cogumelos do género *Pleurotus* embalados em filmes poliméricos. *Actas do 8º Encontro de Química de Alimentos. Alimentos Tradicionais, Alimentos Saudáveis e Rastreabilidade*. ESAB, Beja, pp. 553-556.
- Sapata, M.M.; Ramos, A.C.; Ferreira, A.; Andrada, L.; Candeias, M.; Leitão, A. E.; Vasconcellos, F. & Gomes, L. (2007b) - Influência da embalagem em atmosfera modificada na qualidade de *Pleurotus ostreatus*. *Actas do 8º Encontro de Química de Alimentos. Alimentos Tradicionais, Alimentos Saudáveis e Rastreabilidade*. ESAB, Beja, pp. 625-628.
- Sapers, G. M.; Miller, R. L.; Miller, F. C.; Cooke, P. H. & Choi, S.-W. (1994) - Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. *Journal of Food Science* 59, 5: 1042-1047.
- Sapers, G. M. & Simmons, G. F. (1998) - Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 52, 2: 48-52.
- Schlimme, D.V. (1995) - Marketing lightly processed fruits and vegetables. *Horticultural Science* 30, 1: 15-17.
- Shewfelt, R. L. (1990) - Quality of fruits and vegetables. *Food Technology* 44, 6: 99-106.
- Tano, K.; Arul, J.; Doyon, G. & Castaigne, F. (1999) - Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. *Journal of Food Science* 64, 6: 1073-1077.
- Vankerschaver, K.; Willocx, F. & Smout, C. (1996) - Modeling and prediction of visual shelf life of minimally processed endive. *Journal of Food Science* 61, 5: 1094-1098.
- Varoquaux, P.; Mazollier, J. & Albagnac, G. (1996) - The influence of raw material characteristics on the storage life of fresh-cut butterhead lettuce. *Postharvest Biology and Technology* 9: 127-139.
- Wilbrandt (1989) - Checklist for MAP strategy. *Food Engineering* 61, 4: 60.
- Wiley, R. C. (1994) - *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman & Hall, Inc. N. York, 368 pp.
- Zagory, D. & Kader, A. A. (1988) - Modified atmosphere packaging of fresh produce, *Food Technology* 42: 70-77.