



Produção de

COGUMELOS

por meio de tecnologia chinesa modificada

Biotecnologia e aplicações
na agricultura e na saúde

3ª edição revista e ampliada

Arailde Fontes Urben
Editora Técnica



Produção de

COGUMELOS

por meio de tecnologia chinesa modificada

Biotechnologia e aplicações
na agricultura e na saúde

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

Produção de

COGUMELOS

por meio de tecnologia chinesa modificada

Biotecnologia e aplicações
na agricultura e na saúde

3ª edição revista e ampliada

Arailde Fontes Urben
Editora Técnica

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W5 Norte (final)
70770-917 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4700
Fax: (61) 3340-3624
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Unidade responsável pelo conteúdo
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Comitê Local de Publicações

Presidente
Maria Isabela Lourenço Barbirato

Secretário-executivo
Thales Lima Rocha

Membros
Daniela Aguiar de Souza Kols, Lígia Sardinha Fortes, Lucas Machado de Souza, Márcio Martinelli Sanches, Rosameres Rocha Galvão

Suplentes
*Ana Flávia do Nascimento Dias
João Batista Tavares da Silva*

1ª edição

1ª impressão (2001): 700 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2004): 3.000 exemplares

3ª edição

1ª impressão (2017): 1.000 exemplares

2ª impressão (2018): 2.000 exemplares

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela edição
Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial
*Selma Lúcia Lira Beltrão
Lucilene Maria de Andrade
Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial
Josmária Madalena Lopes

Copidesque e revisão de texto
Francisco C. Martins

Normalização bibliográfica
Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico e editoração eletrônica
Júlio César da Silva Delfino

Capa
Paula Cristina Rodrigues Franco

Fotos da capa

*Cláudio Bezerra, Marcelo Canfran Simões, Samuel Lima Viana,
Edison de Souza, Arailde Fontes Urben*

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada : biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde / Arailde Fontes Urben, editora técnica. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.
274 p. il. color.; 21 cm x 23 cm.

ISBN 978-85-7035-651-2

1. Recursos Genéticos. 2. Microrganismos. 3. Fungos. I. Urben, Arailde Fontes. II. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

CDD 635.8

© Embrapa 2017

Autores

Arailde Fontes Urban

Bióloga, doutora em Biologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Ari Henrique Uriartt

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, assistente técnico da Emater-RS – Centro de Treinamento de Capela de Santana, Porto Alegre, RS

Clarissa Silva Pires de Castro

Química, doutora em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Gabriella Magarelli

Química, doutora em Química, analista de Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Haroldo César Bezerra de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, diretor da Blazei Brasil Ltda, Brasília, DF

John Kennedy Pinho Santos

Engenheiro-agrônomo, vice-diretor da Blazei Brasil Ltda., Brasília, DF

Marcos José Correia

Engenheiro químico, doutor em Ciências Biológicas, professor adjunto da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE

Marlinda Lobo de Souza

Bióloga, doutora em Microbiologia, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Vagner Lacerda Ribeiro

Economista, mestre em Economia de Empresas, presidente do Conselho Diretor Nacional do Instituto Brasileiro de Executivos de Finanças (Ibef), Brasília, DF

Vera Lúcia Perussi Polez

Bióloga, doutora em Genética e Evolução, pesquisadora da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, DF

Waldir Vieira

Engenheiro-agrônomo, especialista em Microbiologia Aplicada, diretor da Maanaim Cogumelos Comestíveis & Medicinais, Rio Claro, SP

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão e louvor:

Ao Deus Eterno, pela paz em tempo de ansiedade; pela coragem em tempo de medo; pelo socorro em tempo de sofrimento; pela orientação em tempo de decisão e pelo conforto espiritual em momentos de tristeza.

Agradecem também:

A Jarderson dos Santos Martins e a Samuel Lima Viana (ambos da Faculdade Anhanguera de Brasília), pelo auxílio no tratamento das imagens, na digitação e na organização dos textos dos novos capítulos que complementam esta edição.

A Marta Aguiar Sabo Mendes e a Thales Lima Rocha, pelo incentivo nas pesquisas com cogumelos.

Apresentação

É com satisfação que apresento a terceira edição de *Produção de Cogumelos por Meio de Tecnologia Chinesa Modificada: Biotecnologia e Aplicações na Agricultura e na Saúde*, que vem a público cerca de 10 anos após o lançamento da segunda edição.

Ao apresentar a primeira edição desta obra, afirmei que ela poderia vir a contribuir para atingir alguns dos objetivos estabelecidos pela Embrapa, principalmente os tocantes à diversificação da dieta da população e à ampliação das oportunidades econômicas da sociedade.

Realmente, os textos deste livro têm servido de base para diversos cursos, que levam a iniciativas de difusão e transferência de tecnologia na produção de cogumelos comestíveis e medicinais em várias regiões brasileiras.

A segunda edição desta obra, que foi totalmente revista, atualizada e lançada em 2004, estava ainda mais em sintonia com os objetivos estratégicos da Embrapa, expressos em seu *IV Plano Diretor* (2004), a saber:

Desenvolver a competitividade e a sustentabilidade do agronegócio, desenvolver as capacidades produtivas dos pequenos produtores e empreendedores, promover a segurança alimentar, a nutrição e a saúde da população e o avanço do conhecimento.

A produção de cogumelos comestíveis e medicinais atende, diretamente, aos objetivos explícitos pela Embrapa, pois a tecnologia JunCao é inovadora e causa menos impactos ambientais negativos quando comparada a outros métodos de produção; pode ser explorada por pequenos e médios produtores, e por empreendedores com grandes possibilidades de participação no mercado interno e externo. Além disso, os cogumelos produzidos são alimentos de alto valor nutritivo, cujas propriedades funcionais e medicinais estão sendo reconhecidas no mundo inteiro, por meio de estudos científicos sistemáticos.

A Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia tem longa experiência em elaborar e publicar livros e outros produtos de informação, como mecanismos de estímulo à capacitação de

recursos humanos e à transferência de conhecimentos e tecnologias, objetivos que a presente obra certamente atingirá.

Agradeço aos autores pelo empenho e pela dedicação dispensados na elaboração do conteúdo informativo desta obra, e aos demais profissionais que direta ou indiretamente participaram na produção editorial e na impressão desta terceira edição, com menção especial à dedicação, ao

empenho e ao entusiasmo demonstrados pela Dra. Arailde Fontes Urben, editora técnica da obra.

Boa leitura!

José Manuel Cabral de Sousa Dias
Chefe-Geral da
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Prefácio

Os cogumelos, também denominados de macromicetos, pertencem ao reino Fungi e são conhecidos há mais de 3.000 anos, pelos povos asiáticos. Eles são usados pela medicina tradicional chinesa, com o objetivo de fortalecer e de promover maior resistência contra distúrbios orgânicos. Além disso, são também considerados excelentes fontes proteicas, razão pela qual se constituem em alimentos especiais, consumidos não apenas por seu sabor e textura, mas também por seu valor nutricional e terapêutico.

Em decorrência da baixa produção e do elevado custo, os cogumelos não fazem parte da cultura nem da dieta alimentar do povo brasileiro. No Brasil, sua produção é escassa e encontra-se restrita às regiões Sul e Sudeste. Contudo, nos últimos anos, visando aumentar a produção dessa fonte de alimentação alternativa, a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia tem pesquisado diversos substratos para cultivo de cogumelos que permitam usar gramíneas forrageiras, em vez de madeira e serragem, meios mais usados no cultivo tradicional.

Essas pesquisas tiveram como base a técnica denominada JunCao (jun = cogumelo e cao = gramínea), lançada em 1983, pelos pesquisadores Lin Zhanxi e Lin Zhanhua – professores da Universidade Agrícola e Florestal de Fuzhou, na China.

Essa técnica traz benefícios sociais, ecológicos e econômicos. Ela foi adaptada pela Embrapa e utiliza espécies de gramíneas existentes na região do Distrito Federal, com condições controladas de temperatura e umidade. A técnica JunCao proporciona vantagens, como aproveitamento de recursos agrícolas abundantes e inexplorados; desenvolvimento rápido e boa produtividade; curto período de cultivo; praticidade e fácil aplicação; alta qualidade dos produtos; e efeito intenso no balanço ecológico em área de solo com erosão (recuperação de áreas degradadas). E mais, como o cultivo de cogumelos é feito em pequenas áreas, não se usam agrotóxicos.

Esta obra descreve detalhadamente o uso da técnica JunCao no cultivo de algumas espécies

de cogumelos. Traz, ainda, informações relevantes sobre o uso de cogumelos na alimentação e na saúde e o manejo da cultura.

Produção de Cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada: biotecnologia e aplicações na agricultura e na saúde é composta de 13 capítulos, assim distribuídos: no Capítulo 1, são apresentadas as características dos cogumelos, no Capítulo 2, os meios para produção de sementes. Os capítulos 3, 4, 5, 6 e 7 descrevem como fazer uso da técnica JunCao na produção de algumas espécies de cogumelos, como *Lentinula edodes* e *Ganoderma lucidum*. Os capítulos 8 e 9 trazem informações sobre o manejo de pragas e controle biológico na cultura; e, o Capítulo 10, as técnicas de processamento e estocagem. Os capítulos 11, 12 e 13 tratam das características fisiológicas dos cogumelos e de sua importância para a saúde humana.

É certo que o consumo de cogumelos melhoraria, sensivelmente, a dieta alimentar e a nutrição do povo brasileiro, pois o cogumelo apresenta, em sua composição química, elevados índices de proteínas, vitaminas, minerais e carboidratos, entre outros. Além disso, o cultivo de cogumelos surge como fonte alternativa de renda para pequenas propriedades rurais, trazendo benefícios diretos à população de baixo poder aquisitivo, com a obtenção de emprego gerado pelo cultivo e pela indústria de cogumelos.

Direcionada a pesquisadores, produtores rurais e estudantes, esta obra visa ampliar o conhecimento sobre a cultura de cogumelos, despertando o interesse do público por essa cultura agrícola milenar.

A editora

Sumário

15	Capítulo 1 Biologia, morfologia, fisiologia e reprodução de cogumelos	169	Capítulo 8 Controle convencional de pragas no cultivo de cogumelos
49	Capítulo 2 Formulações e preparo de meios de cultura para a produção de “sementes”	193	Capítulo 9 Controle biológico de pragas no cultivo de cogumelos
63	Capítulo 3 Princípios do cultivo de cogumelos pela técnica JunCao	205	Capítulo 10 Técnicas de processamento e estocagem no cultivo de cogumelos
93	Capítulo 4 Cultivo de <i>Lentinula edodes</i> pela técnica JunCao	215	Capítulo 11 Diversidades de cogumelos funcionais e sua importância para a saúde humana
113	Capítulo 5 Cultivo de <i>Pleurotus</i> spp. pela técnica JunCao	235	Capítulo 12 Cogumelos: fonte de metabólitos para a saúde humana
127	Capítulo 6 Cultivo de <i>Ganoderma lucidum</i> pela técnica JunCao	253	Capítulo 13 Análise química de antioxidantes em cogumelos
147	Capítulo 7 Cultivo de <i>Agaricus blazei</i>		



Capítulo 1

Biologia, morfologia, fisiologia e reprodução de cogumelos

Arailde Fontes Urban
Marcos José Correia

Introdução

Os cogumelos, em particular os Basidiomycotina, são conhecidos pela humanidade desde os primórdios da sua história, seja por sua toxidez, que causa muitas vezes acidentes fatais, seja por suas propriedades nutracêuticas (nutricionais e medicinais), tornando-os usados e “venerados” por muitas culturas. Ao longo do tempo, lendas e mitos foram criados sobre os cogumelos, sendo-lhes atribuído inclusive o status de divindade, tal como se verifica nos achados arqueológicos pré-colombianos e egípcios. Foram também bastante apreciados por gregos e romanos, fazendo parte da culinária daqueles povos (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979).

A despeito de suas propriedades, descobertas empiricamente, os cogumelos guardam em si grande potencial econômico, agora revelado graças aos recentes avanços da biotecnologia. Apesar de sua reconhecida toxidez, várias espécies venenosas, ao lado de outras comestíveis, são citadas na literatura como fontes de princípios ativos de aplicação farmacológica e biotecnológica, que vão desde aditivos para alimentos a psicotrópicos e enzimas.

Do grupo de fungos pertencentes à classe Hymenomycetes, a ordem Agaricales é uma das maiores e mais importantes. Apresenta o maior número de espécies comestíveis, além de grande número de espécies tóxicas e venenosas. As espécies mais conhecidas e mais comuns pertencem a essa ordem.

Os Agaricales ocorrem em ampla variedade de habitats, que variam do Ártico aos trópicos. Algumas dessas espécies são específicas de áreas restritas, e outras de áreas amplamente separadas geograficamente; algumas têm preferência por altitudes e florestas, outras preferem os pântanos e alagados, enquanto outras preferem áreas com gramíneas e pastagens. Muitas espécies, em particular as formas micorrízicas, crescem associadas a certos tipos de vegetação.

Numa área ecologicamente definida, os cogumelos podem ter preferência por um substrato em particular. Assim, alguns produzem seus basidiocarpos no solo, sendo referidos como formas terrestres; outros são formados em folhas mortas (folícolas) ou em húmus (humícolas), em madeira (lignícolas), ou em fezes (coprófilos); e poucos crescem no basidiocarpo de outros macrofungos, sendo denominados fungícolas. Os cogumelos podem se desenvolver da seguinte maneira:

- Isoladamente (solitários).
- Em grupos (acervados ou aglomerados).
- Fasciculados.
- Cespitosos ou em tufos.
- Em círculos de fadas.

Os vários habitats e substratos demonstram que a ordem Agaricales contém espécies parasitas, saprófitas e simbiontes (Figura 1) (URBEN et al., 2004).

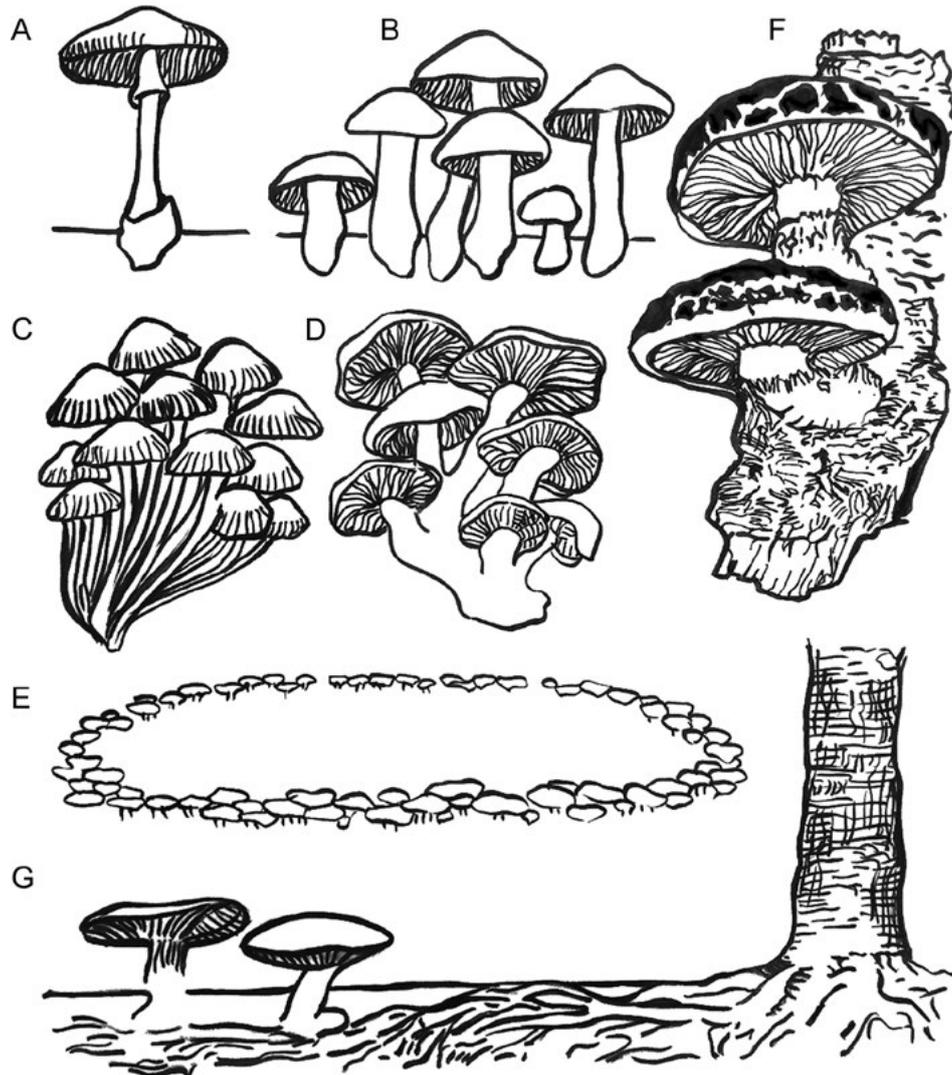


Figura 1. Formas de disposição de cogumelos no habitat: solitários (A); acervados ou aglomerados (B); fasciculados (C); cespitosos ou em tufos (D); em círculos de fadas (E). Grupos funcionais: saprófitas ou parasitas (na madeira) (F); e ectomicorrízicos (em associação simbiótica com raízes de plantas) (G).

Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

Morfologia e reprodução em Agaricales

Morfologia

A principal forma de se caracterizar os Basidiomycetes é pela morfologia desses cogumelos. Com o advento da microscopia óptica e, mais recentemente, com o surgimento da microscopia eletrônica, a morfologia dos basidiomicetos passou a ser estudada em três níveis:

Macroscópico

No nível macroscópico, são observadas as diferentes formas, tamanhos e colorações, além do desenvolvimento dos basidiomatas (Figura 2).

Microscópico

Em nível microscópico, são descritas as diferentes estruturas, como cystídeos, basídios, esferocistos, trama das lamelas, contexto, morfologia e ornamentação de esporos (Figura 3).

Ultraestrutural

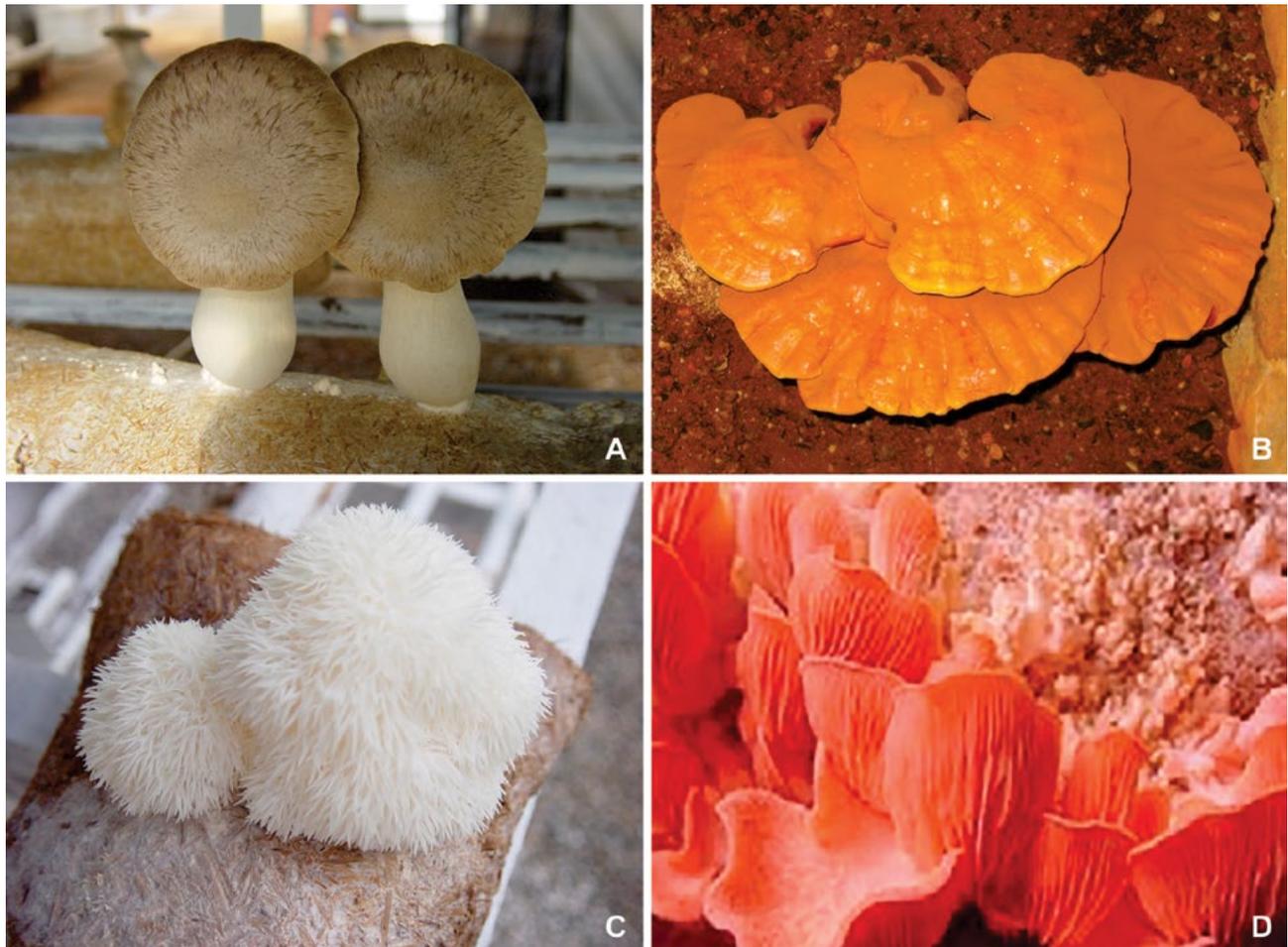
Em nível ultraestrutural, são estudadas ultraestruturas como poro septal, estrutura e organização da parede celular, ultraestrutura e ornamentação de esporos.

As características morfológicas macro e microscópicas (Figuras 2 e 3) são de uso imediato na identificação e na classificação de espécies, enquanto observações ultraestruturais – com microscopia eletrônica – têm sido aplicadas em estudos filogenéticos e no rearranjo das classificações convencionais (Figura 4).

Basidiocarpo

Nos Agaricales, o basidiocarpo ou basidiomata é o que comumente se chama de cogumelo, cujas duas partes mais proeminentes são a estipe (talo e haste) e o píleo (chapéu) (Figura 5). Além da forma variada, o píleo pode ainda apresentar variações em cor e em tipo de superfície, a qual pode ser lisa, escamosa, sedosa, rugosa, viscosa e apresentar restos do véu universal (membrana formada por hifas fortemente entrelaçadas, mais ou menos soltas, cuja finalidade é proteger as lamelas de certas Agaricaceas), conferindo aspectos taxonômicos de natureza peculiar (PEGLER; SPOONER, 1994; URBEN et al., 2004), Figuras 6 e 7.

Na parte inferior do píleo, fica localizado o himênio (parte fértil do cogumelo), o qual, nos Agaricales, apresenta superfície lamelar e, raramente, poroide (Boletaceae). A superfície lamelar é composta de lâminas. Cada lâmina apresenta estruturas denominadas cystídeos(as), parafises e basídias (Figura 8). O basídio é uma estrutura



Fotos: Claudio Bezerra (A, B e C); Augusto Vendramini (D)

Figura 2. *Pleurotus eryngii* (A); *Ganoderma lucidum* (B); *Herichium erinaceus* (C); e *Pleurotus ostreatoroseus* (D).

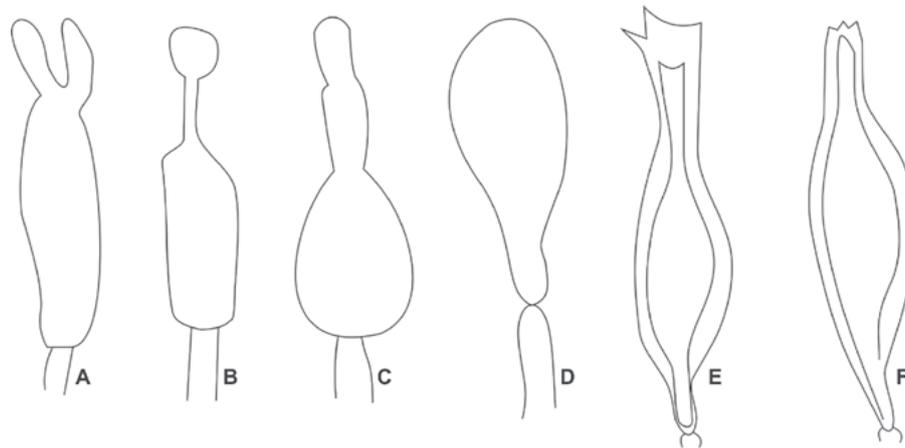


Figura 3. Variação na forma de cistídeo: bífido (A); capitulato (B); lageniforme (C); vescicoloso (D); coronato (E); e metuloide (F).

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

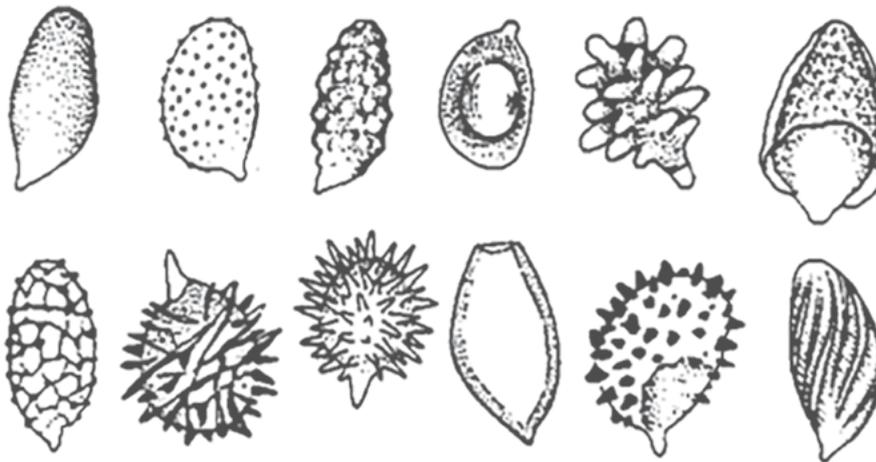


Figura 4. Variações na forma de esporos.

Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

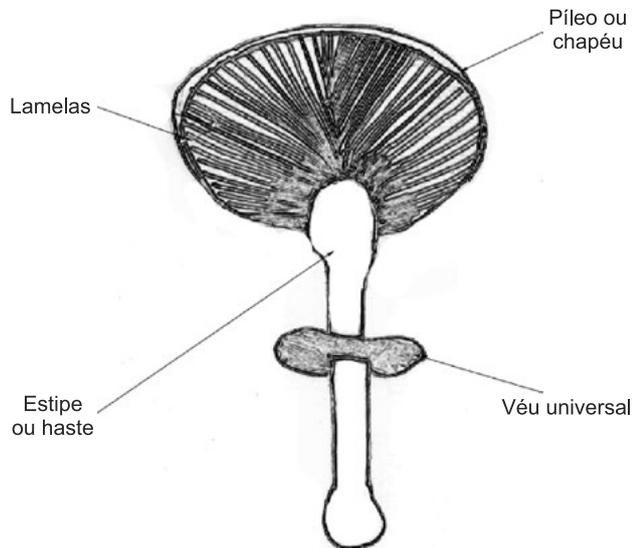


Figura 5. Aspectos morfológicos de um cogumelo adulto da família Agaricaceae.
Ilustração: Arailde Fontes Urben.



Figura 6. Variações na forma do píleo ou chapéu: características da superfície do píleo.
Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

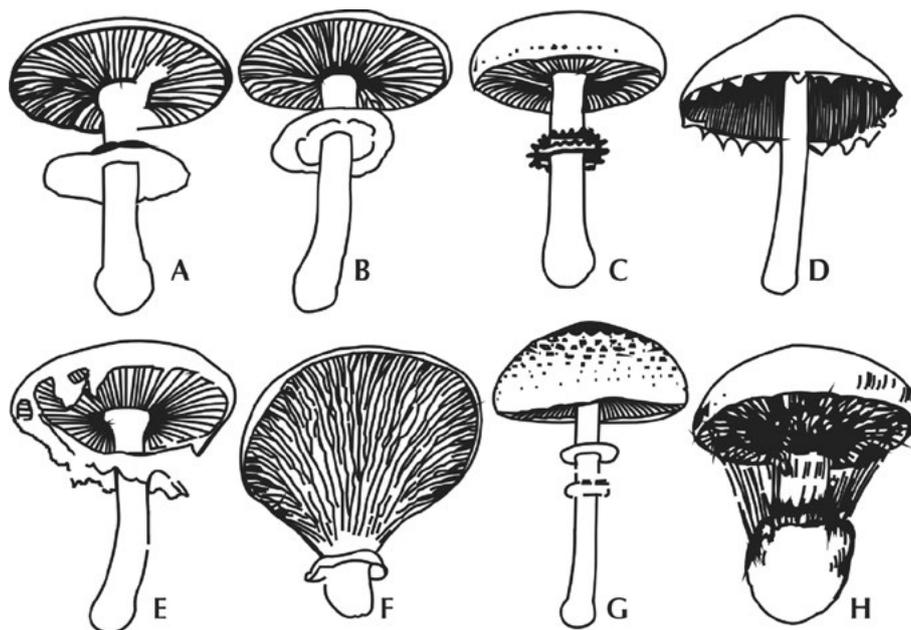


Figura 7. Exemplos de véu universal em espécies Agaricales: simples, duplo ou aderente ao chapéu (A a G); “cortina” (H).

Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

característica dos Basidiomycotina, sendo formado na camada himenial. Nos Agaricales, especificamente, os basídios ficam inseridos nos bordos das lamelas e/ou nos poros – exclusivos da família Boletaceae – (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979; KENDRICK, 1992; URBEN et al., 2004).

Hifa – A hifa (gr. *hyphé* = tecido) é o filamento fúngico simples ou ramificado, septado ou não, que constitui o micélio dos fungos

(FIDALGO; FIDALGO, 1967). O tipo fundamental de hifa é a geradora ou generativa. Em Homobasidiomycetes, diz-se da hifa dicariótica de crescimento indefinido, ramificada, de paredes delgadas, sempre septada, com septo simples ou com ansas (grampos de conexão). Esse tipo de hifa dá origem ao basidiocarpo e a outros tipos de hifas, como as descritas a seguir:

- Hifa esquelética ou esquelética – Apresenta-se em Homobasidiomycetes. É o tipo da hifa

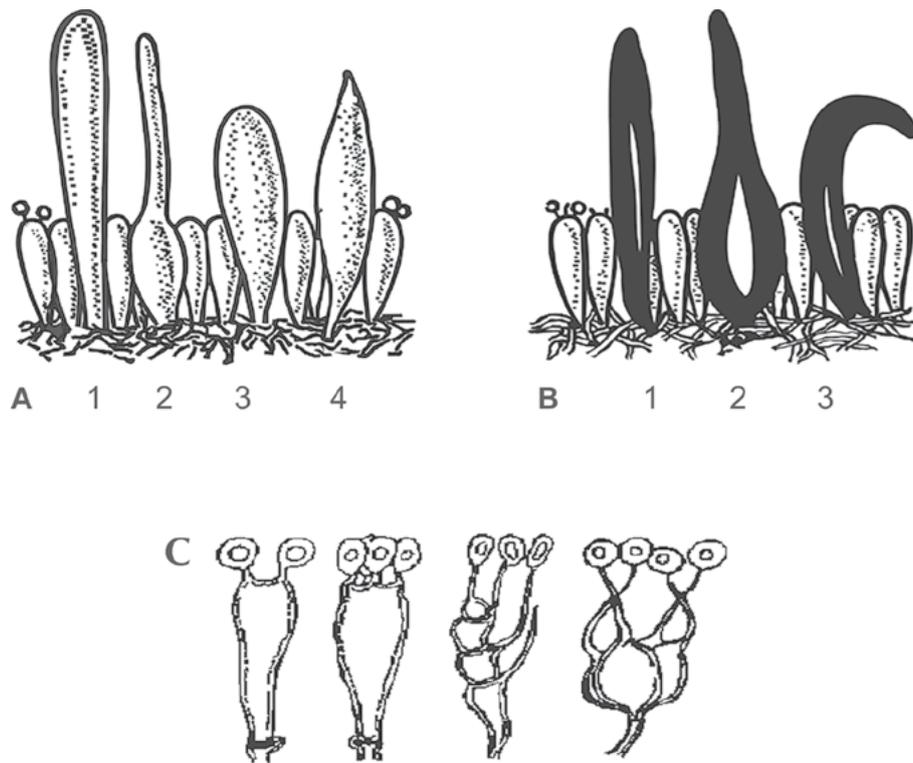


Figura 8. Formas de cystídeos (A): cilíndrica (1); ventricosa (2); clavada (3); e lanceolada (4). Formas de setas (B): subulada (1); ventricosa (2); e curva (3). Basídias(os) (C): na maioria das vezes, com quatro esporos, ocasionalmente, com apenas 2.

Fonte: Silveira (1968).

de crescimento definido e orientado, indivisa ou pouco ramificada na extremidade distal, usualmente não septada ou com septos simples na extremidade, reta ou ligeiramente flexuosa.

- Hifa conectiva ou conjuntiva – Apresenta-se em Homobasidiomycetes. É a hifa de crescimento definido, não orientado, muito ramificada, muito delgada e contínua, sem septos.

- Hifa laticífera – Encontrada no gênero *Lactarius* e se apresenta com envoltório delgado e repleto de látex.
- Hifa oleífera – Qualquer hifa que apresente gotículas de óleo em seu interior.

As hifas esqueléticas e conjuntivas fazem parte do sistema de sustentação do basidiocarpo, enquanto as hifas laticíferas e oleíferas fazem parte do sistema condutor.

O grampo de conexão, também denominado de ansa (*ansa* = asa) ou fíbula (*fibula* (*ae*) = fivela), é um tipo de ligação do micélio dicariótico, de grande número de Basidiomycetes, constituída por um divertículo ou pequeno canal semicircular,

pleurógeno e que se dirige para baixo, encurvando-se até tocar a célula inferior da mesma hifa, à qual se une (FIDALGO; FIDALGO, 1967), como mostra a Figura 9.

Na maioria das famílias de Agaricaceae, o grampo de conexão está presente em alguns gêneros. Há exemplos de famílias em que os grampos de conexão estão presentes em todos os gêneros, como Strophariaceae, Boletaceae e Gyrodontaceae; por sua vez, existem outras em que esses grampos estão completamente ausentes, como Lepiotaceae (PEGLER, 1983). Assim, o grampo de conexão torna-se uma estrutura importante na classificação genérica e específica dos Agaricales.

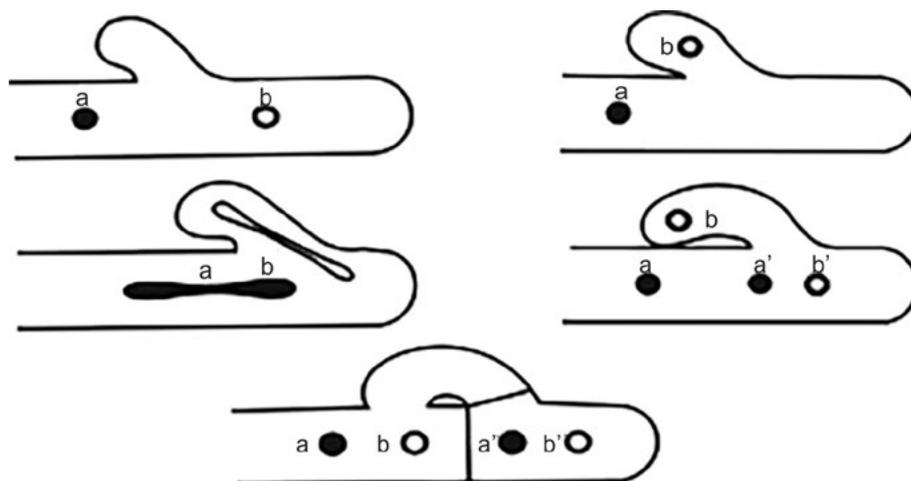


Figura 9. Formação de grampo de conexão em hifa de basidiomiceto. a e b = grampos formados durante divisão celular. a' e b' = células-filhas.

Fonte: Silveira (1968).

Basídios – Entre as microestruturas presentes nos Agaricales, encontram-se os basídios e os basidiosporos (estruturas férteis) e cistídeos (estruturas estéreis). Geralmente, os basídios apresentam-se em forma de clava, sobre as quais se formam esporos exógenos, basidiósporos. O basídio dos Agaricales é tipicamente um holobasídio, ou seja, monocelular (Figura 10). Segundo Alexopoulos e Mims (1979), essa característica coloca a ordem Agaricales dentro da classe Basidiomycetes, na subclasse Holobasidiomycetidae II (Hymenomycetes II).

Basidiósporos – Os basidiósporos dos Agaricales apresentam formas, tamanhos e ornamentações variados (Figura 11). Essas características têm tido grande importância na taxonomia dos membros da ordem. Assim, a coloração dos esporos é detectada por meio da sua impressão (*spore print*), obtida sobre uma superfície, deixando-se um cogumelo fresco com as bordas da lamela sobre um pedaço de papel branco ou preto, dado valioso na identificação de gêneros, conforme descrito por Singer (1975) em seu *Tratado sobre a Taxonomia dos Agaricales*.

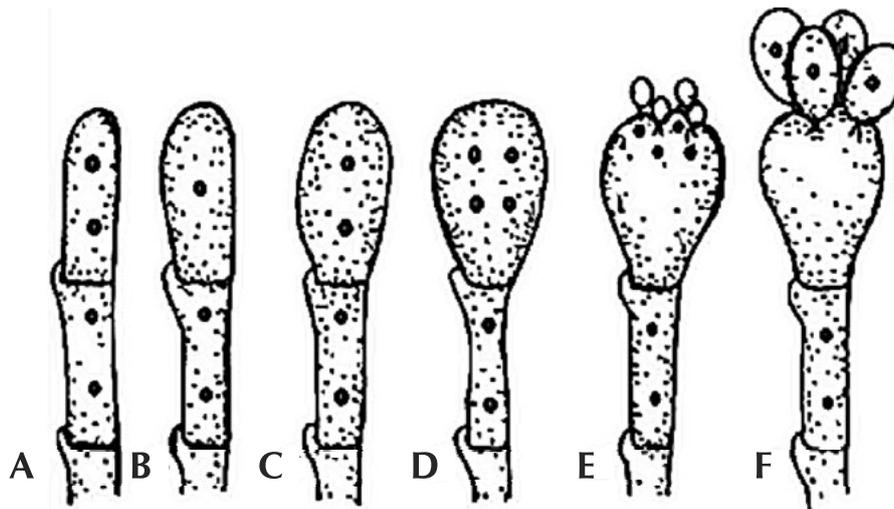


Figura 10. Basídio e seus estágios de desenvolvimento: extremidade de hifa binucleada (A); cariogamia (B); primeira divisão meiótica (C); segunda divisão (D); basidiósporos jovens desenvolvendo-se num esterigma e núcleos preparando-se para migrar para o interior dos esporos (E); basídio maduro, com quatro basidiósporos uninucleados (F).

Fonte: Alexopoulos (1966).

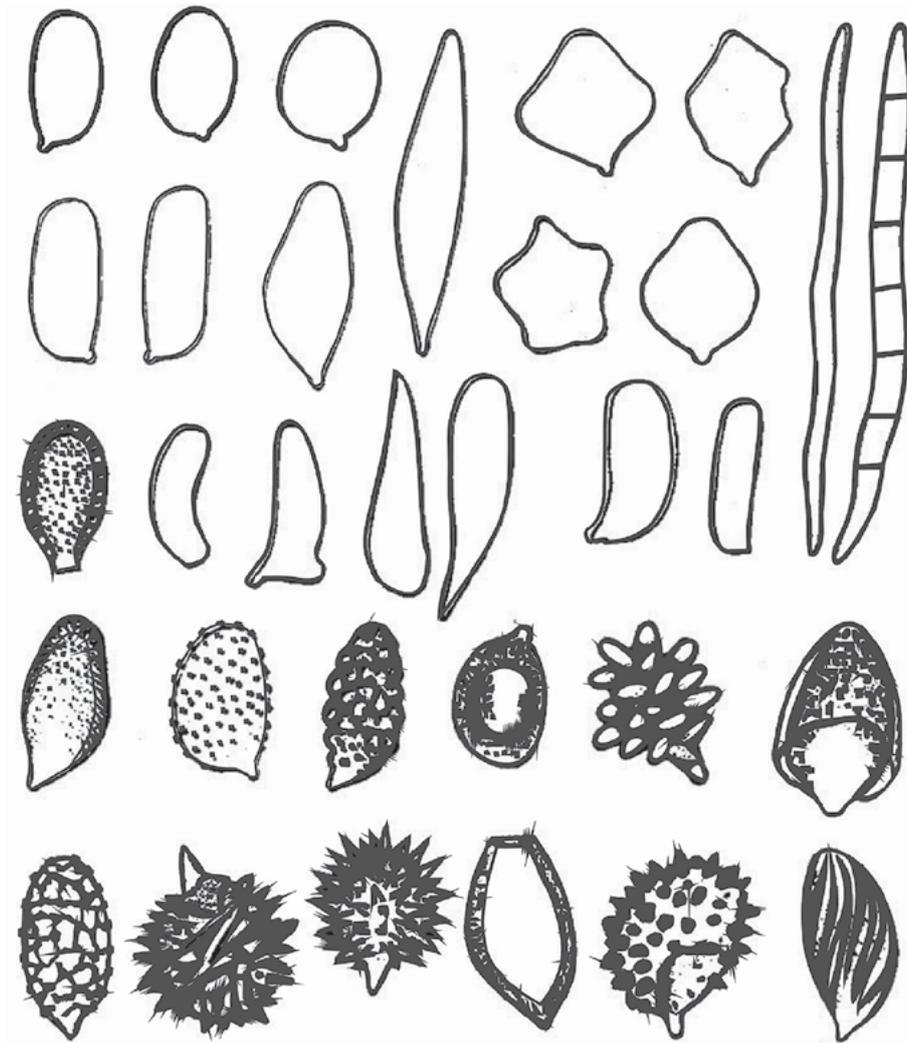


Figura 11. Basidiósporos, de formas, tamanhos e ornamentações variados.
Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

Os basidiósporos dos Agaricales têm paredes espessas, que são formadas em multicamadas. Dependendo da espécie, essas paredes podem ou não possuir uma região de poros germinativos definida. A camada externa apresenta ornamentação variada, uma característica de grande valor taxonômico. O esporo é uninucleado, mas pode se tornar binucleado por divisão mitótica de seu núcleo, dando, mesmo assim, origem a um micélio uninucleado (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979).

Cistídeos ou cistiádes – São hifas estéreis do himênio, em forma de clavos cilíndricas, de crescimento limitado, unicelulares ou pluricelulares, com paredes finas ou espessas, hialinas, ou mais raramente coradas, mas não escurecidas pelo KOH, nunca ramificadas, originadas de hifas generativas não diferenciadas da trama e que perfuram o himênio, projetando-se além do nível dos basídios.

Na maioria das vezes, apresentam diâmetro maior que o das hifas, com a extremidade distal arredondada ou pontuda, coberta, ou não, por cristais. Os tipos de cistídeos são mostrados na Figura 12.

Setas – As setas são hifas estéreis do himênio, semelhantes a espinhos, com paredes espessas e coloração negra (Figura 8B).

Poros septal

Do ponto de vista ultraestrutural, a maioria dos fungos da classe Basidiomycetes, tal como os

demais eucariontes, apresenta estruturas características desse tipo celular, com algumas particularidades inerentes a algumas espécies, podendo ser elencados da seguinte maneira (LACAZ et al., 1970):

- Parede celular.
- Membrana plasmática.
- Vacúolos de reserva.
- Retículo endoplasmático.
- Aparelho de Golgi.
- Mitocôndrias.
- Membrana nuclear.
- Centríolos.
- Núcleo.
- Cromossomos.
- Poros septais.

Estes últimos têm importância particular, não somente para os da ordem Agaricales, como também para outros grupos de fungos, por sua relação direta com a evolução deles.

Reprodução

Os Agaricales se reproduzem de duas maneiras:

- Reprodução assexuada: ocorre na fase vegetativa, por meio da fragmentação do micélio (artosporos) e da produção de conídios, oídios e clamidosporos.

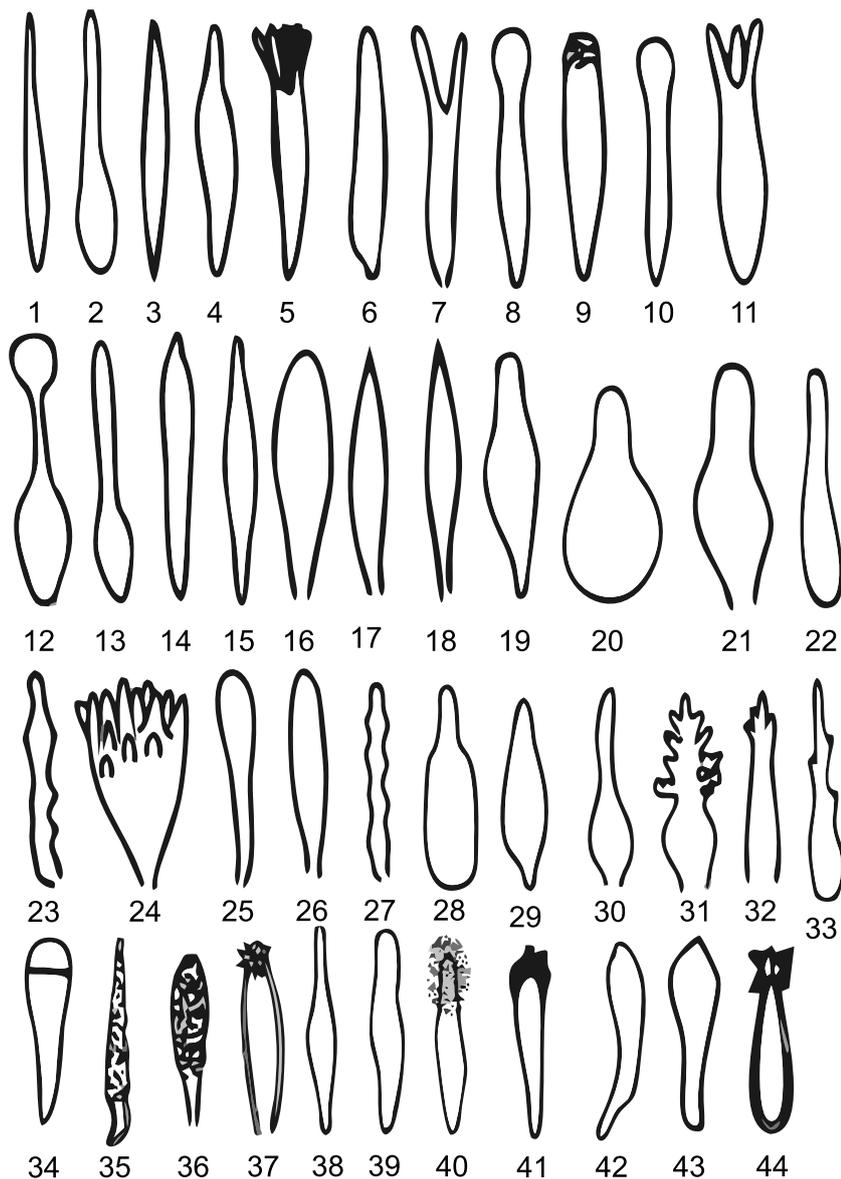


Figura 12. Tipos de cistídeos: acuminado (1); ampuláceo (2); agudo ou pontudo (3); apendiculados (4/5); atenuado (6); bífido (7); capitados (8/9); capitulado (10); furcado (11); leciti-forme (cistídeos de colo filiforme de *Conocybe*) (12); dilatado (13); cuspidados (14/15); fusiformes (16/17/18); gulado (19); obpiriforme (20); ventricoso (21); séssil (22); estrangulado (23); peniciliforme (equinídio) (24); clavados (25/26); moniliforme (27); lageniforme (28); lancelado (29); cucurbitiforme ou sicioide (30); lobados (31/32/33) - 32 e 33 são cistídeos de *Dimorphocystis* em formação; com bainha incrustada (34); lamprocistídeos (35/36/37) - 35 e 36 são incrustados e 37 é capitado; leptocistídeos 38/39/40) - 40 com exsudato; oleocistídeo de *Hormomitaria sulphurea* (com densa capa de óleo) (41); macrocistídeo (*Russula*) (42); criscistídeo (*Nematoloma*) (43); estrelado. Itens com a descrição "base bulbosa" (44): ampuláceo com base bulbosa (2); obpiriforme com base bulbosa (20); e séssil com base bulbosa (22).

Fonte: Chang e Xiaolan (1995).

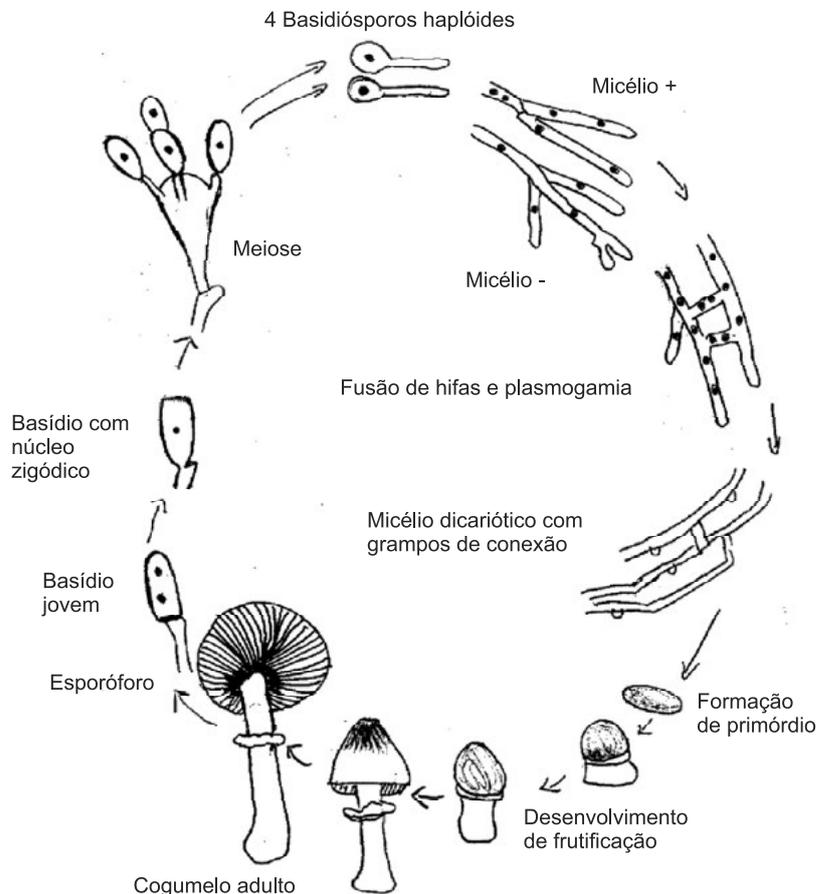
- Reprodução sexuada: ocorre por somatogamia, ou seja, pela união de hifas compatíveis, quando ao final do ciclo são produzidos basídios (gr. *basidion* = pequeno pedestal) com basidiósporos (gr. *basidion* + *sporo* = semente) haplóides (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979) (Figura 13).

Classificação dos fungos Agaricales

A característica geral dos fungos da ordem Agaricales é a produção de corpos de frutificação que, comumente, são chamados

Figura 13. Ciclo de vida do cogumelo: dois micélios monocarióticos de linhagens opostas se encontram; ocorre a fusão das hifas; os núcleos migram, resultando na formação de micélio secundário dicariótico → formação de cogumelo → que produz milhares de esporos. Estes vão germinar e dar origem ao micélio primário. A partir de então, novo ciclo de reprodução é reiniciado.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.



de cogumelos (Tabela 1). Nesses corpos de frutificação, carpóforo, esporóforo ou basidiomata, como são denominados, são produzidos basídios unicelulares, o que lhes confere a classificação, juntamente com os Aphylophorales, de Holobasidiomycetes. Não apresentam a heterogeneidade encontrada na ordem Aphylophorales, mas são considerados fungos cosmopolitas. Contudo, apresentam esporóforos com textura carnosa, às vezes resistente, na forma de guarda-chuva, com basídios produzidos na superfície de suas lamelas (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979).

Além das características macroscópicas do basidiomata – que têm sido a base inicial de classificação e de identificação – aspectos microscópicos são de fundamental importância para agrupar o grande número de componentes dos Agaricales em famílias, gêneros e espécies. Esses aspectos compreendem:

- Presença e forma de lamelas.
- Trama da hifa no esporóforo.
- Presença de estruturas estéreis.
- Tamanho, forma, ornamentação e coloração de basidiósporos, além de aspectos bioquímicos.

Tabela 1. Principais famílias da ordem Agaricales.

Família	Representante	Propriedade
Boletaceae	<i>Boletus edulis</i>	Comestível
Russulaceae	<i>Russula emetica</i>	Venenosa
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus</i> sp.	Saprófita e micorrízica
Amanitaceae	<i>Amanita muscaria</i> , <i>Amanita rubescens</i>	Tóxica Comestível
Tricholomataceae	<i>Lepiota</i> spp.	Maioria comestível
Volvareaceae	<i>Volvariella volvacea</i>	Comestível
Rhodophylaceae	<i>Entoloma abortivum</i>	Comestível, não comprovada cientificamente
Strophariaceae	<i>Psilocybe mexicana</i>	Alucinógena
Agaricaceae	<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Agaricus blazei</i>	Comestíveis com propriedades nutracêuticas (alimentar e farmacológica)
Cortinariaceae	<i>Pholiota nameko</i>	Comestível
Coprinaceae	<i>Coprinus</i> sp.	Coprofílico

Fonte: Alexopoulos e Mims (1979).

A observação e a combinação dessas características levaram Alexopoulos e Mims (1979), em associação com a descrição de outros micologistas, a descreverem 11 famílias para os Agaricales. Por sua vez, Kendrick (1992) descreve 16 famílias, que num total apresentam 280 gêneros e 10 mil espécies. Na Tabela 1, são mencionadas as principais famílias da ordem Agaricales, com ênfase na família Agaricaceae.

Família Agaricaceae

O gênero mais comum da família Agaricaceae é o *Agaricus* L. ex Fr. (PEGLER, 1983), cuja maioria das espécies é comestível como: *Agaricus campestris*, *A. rodmani*, *A. placomyces*, *A. silvaticus* (*Agaricus blazei*) e *A. brunnescens* (*bisporus*).

Uma espécie venenosa, *A. xantoderma*, também está incluída no gênero. A descrição da família Agaricaceae é feita na Tabela 1.

Essa família apresenta basidiocarpo pluteoide e lepiotoide, variando de pequeno e delicado a muito grande e robusto. O píleo é convexo dilatado, às vezes umbonato, geralmente macio e carnoso; sua superfície é sedosa, lisa a caracteristicamente escamosa. As lamelas centrais são cilíndricas, às vezes com bases bulbosas, fibrosas.

O véu forma um anel membranoso a cortinoide, geralmente com escamas características sobre a superfície pilear e sobre o estipe. É normalmente de contexto carnoso, às vezes mostrando mudanças de cor com ruptura ou exposição ao ar, composta de hifas infladas e de parede delgada, com ou sem grampos de conexão. A impressão de esporos é extremamente variável (característica de cada gênero).

Os gêneros dessa família apresentam esporos pequenos a muito grandes, ovoides, elipsoides, subcilíndricos ou amigdaliformes, com ou sem poro germinativo; hialinos, inamiloides, dextrinoides, algumas vezes amiloides, com estrutura de parede simples ou complexa; é liso ou mais raramente com ornamentação fina ou visível. Os basídios são clavados, com maioria tetraspada. A borda de lamela é estéril ou heteromórfica, raramente fértil.

Geralmente, os queilocistídeos são abundantes e incrustados, variáveis em forma – cilíndricos a largamente inflados –, em alguns casos septados, com parede delgada, hialinos ou coloridos. Ocasionalmente, o pleurocistídeo está presente, mas tipicamente ausente. A trama himenoforal é regular a sub-regular, nunca bilateral, inamiloide, e raramente dextrinoide. Pileipellis muito variável, oscilando de hifa não diferenciada a uma paliçada tricodermal, em epitélio, ou em cadeias ou esferocistos soltos. A maioria das espécies é terrestre, húmica, algumas vezes lignícola, e cosmopolitas.

Características das principais espécies de Agaricales

As características taxonômicas, morfológicas e algumas propriedades das principais espécies de cogumelos cultivadas com a técnica JunCao, adaptada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, são descritas a seguir:

Pleurotus ostreatus
(Jaquin ex Fr.) Kummer

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomyces
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae
Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer
Espécie tipo: *Pleurotus ostreatus*

Pleurotus ostreatus é uma espécie comestível, conhecida vulgarmente como cogumelo-osstra, cogumelo-gigante, shimeji (Figuras 14 e 15), hiratake ou caetetuba. Apresenta corpos frutíferos carnosos, de coloração branca ou creme, haste curta, cilíndrica, crescimento em conjunto, geralmente umbricado. Seu habitat é sobre troncos de árvores frondosas, em locais sombreados.



Foto: Claudio Bezerra

Figura 14. *Pleurotus ostreatus* (shimeji branco).

Pleurotus ostreatoroseus Singer

Corpos de frutificação de coloração rósea (Figura 16). Essa espécie é comestível e cultivada para consumo.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomyces
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 15. *Pleurotus ostreatus* (shimeji cinza).



Foto: Edilson de Souza

Figura 16. *Pleurotus ostreatoroseus*.

Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer

Espécie tipo: *Pleurotus ostreatoroseus*

Pleurotus sajor-caju (Fr.) Singer

Morfologicamente, essa espécie é semelhante a *P. ostreatus* (Figura 17). É comestível e cultivada comercialmente. Apresenta corpos frutíferos de coloração cinza-clara a escura, com textura delicada; sua haste é curta e cilíndrica.

Classificação: Reino Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Hymenomycetes

Ordem: Agaricales

Família: Pleurotaceae



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 17. *Pleurotus sajor-caju*.

Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer
Espécie tipo: *Pleurotus sajor-caju*

Pleurotus flabeliforme

Esse cogumelo apresenta corpos frutíferos carnosos, com textura delicada e bordos ondeados de coloração creme (Figura 18). É comestível e produzido em tufos ou agrupados sobre o substrato, onde é cultivado para fins comerciais.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 18. *Pleurotus flabeliforme*.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomyces
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae
Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer
Espécie tipo: *Pleurotus flabeliforme*

Pleurotus citrinopileatus Singer

Vulgarmente conhecido como cogumelo-ostra-dourado, por apresentar píleo de coloração amarela-brilhante, medindo de 2 cm a 5 cm. Na maturidade, seu formato varia de convexo a plano, frequentemente depressivo no centro (Figura 19). O estipe é branco e curto cilíndrico. Essa espécie é comestível, e originária da China e do sul do Japão, onde é cultivada para consumo.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomyces
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae
Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer
Espécie tipo: *Pleurotus citrinopileatus*

Foto: Edison de Souza



Figura 19. *Pleurotus citrinopileatus*.

Pleurotus eryngii
(De Candolle ex Fries) Quelet

Conhecido como cogumelo-ostra-rei, apresenta píleo inicialmente convexo, posteriormente em forma de funil, medindo de 5 cm a 10 cm de largura, apresentando coloração marron-escuro-acinzentada ou marrom-esbranquiçada (Figura 20). O estipe é cilíndrico, ocasionalmente curvado e esbranquiçado. *P. eryngii* ocorre em regiões de temperaturas elevadas e amenas, normalmente no verão ou no outono. Na Europa, essa espécie é comestível e muito popular.

Foto: Cláudio Bezeira



Figura 20. *Pleurotus eryngii*.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomycetes
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae
Gênero: *Pleurotus*
Espécie tipo: *Pleurotus eryngii*

Lentinula edodes (Berk) Pegler

Conhecido como shiitake, apresenta píleo ou chapéu carnoso, convexo a aplanado, subumbonado ou deprimido; a cor da superfície varia de parda a marrom-escuro, sendo mais escura no centro e clara nas margens em espécimes

jovens, é seco, liso e com escamas triangulares (Figura 21). As lamelas são adnexas-dnatas e esbranquiçadas. É carnoso, com estipe central ou excêntrico, cilíndrico, geralmente comprimido, apresentando superfície marrom-clara, fibrilosa, lisa e glabrosa, esporada, branca (PEGLER, 1983). *Lentinula edodes* é uma espécie comestível.

Foto: Edison de Souza



Figura 21. *Lentinula edodes*.

Classificação: Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Holobasidiomycetes

Ordem: Agaricales

Família: Tricholomataceae

Gênero: *Lentinula*

Espécie tipo: *Lentinula edodes* (Berk) Pegler

Lentinus strigellus

Essa espécie é comestível e apresenta frutificações flexíveis de coloração castanha (Figura 22). A superfície superior do píleo é coberta por feixes de pelos curtos. Ocorre em troncos de árvores ou em madeira morta de florestas, sendo comum em regiões neotropicais. Apresenta haste curta e pouco diferenciada do píleo.

Foto: Edison de Souza



Figura 22. *Lentinus strigellus*.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Holobasidiomycetes
Ordem: Agaricales
Família: Tricholomataceae/Agaricaceae
Gênero: *Lentinus*
Espécie tipo: *Lentinus strigellus*

Coprinus comatus
 (Mull. ex Fr.) Gray

Coprinus comatus, vulgarmente conhecido como coprino-barbudo ou coprino-cabeludo, apresenta forma ovoide quando jovem e campanulado, quando maduro (Figura 23). É branco e apresenta píleo com escamas esbranquiçadas a ocráceas, com textura deliquescente. Os esporos são negros e a estipe é cilíndrica, com a base ligeiramente bolbosa, branca e lisa. Essa espécie é comestível.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomycetes
Ordem: Agaricales
Família: Coprinaceae
Gênero: *Coprinus*
Espécie tipo: *Comatus*



Foto: Claudio Bezerra

Figura 23. *Coprinus comatus*.

Pleurotus sapidus (Kalchbr.)

Corpo de frutificação de textura carnosa (Figura 24). Píleo de cor marrom a cinza-claro e estipe cilíndrica de cor branca. *P. sapidus* é comestível, podendo ser cultivada para consumo.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Hymenomycetes
Ordem: Agaricales
Família: Pleurotaceae
Gênero: *Pleurotus* (Fr.) Kummer
Espécie tipo: *Pleurotus sapidus*

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 24. *Pleurotus sapidus*.

Flammulina velutipes (Curt.: Fr.) Sing

Flammulina velutipes é também conhecido como talo-veludo ou pé-de-veludo. Esse cogumelo cresce em tufo nas árvores, no inverno, e é reconhecido por ter caule aveludado e por ser dotado de chapéu viscoso (Figura 25). Apresenta píleo de coloração amarela-alaranjada. A lamela é branca ou levemente amarelada. Esse fungo é comestível e apresenta propriedades medicinais.

Classificação: Reino Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Basidiomycetes

Ordem: Agaricales



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 25. *Flammulina velutipes*.

Família: Tricholomataceae

Gênero: *Flammulina*

Espécie tipo: *Flammulina velutipes*

Oudemansiella canarii (Jungh.) Hoehnel

Oudemansiella canarii apresenta corpos de frutificação com diâmetro em torno de 8 cm, superfície do píleo branca, com pontuações marron-escuras (pequenas escamas caducas e restos do véu universal), normalmente observadas nos bordos (Figura 26). Essa espécie ocorre em madeira morta de folhosas, principalmente em espécies de *Pinus* spp. e de *Araucaria angustifolia*. Trata-se de espécie comestível.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 26. *Oudemansiella canarii*.

Classificação: Reino Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Basidiomycetes

Ordem: Agaricales

Família: Tricholomataceae

Gênero: *Oudemansiella*

Espécie tipo: *Oudemansiella canarii*

Hericium erinaceus

(Bull. ex. Fr.) Pers.

Hericium erinaceus, também conhecido como macaco-branco ou cabeça-de-macaco, possui elevado valor nutritivo e medicinal (Figura 27). O corpo frutífero varia de branco a amarelado, apresenta formato oval e arredondado, com

filamentos lembrando pelos. *H. erinaceus* também é comestível.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 27. *Hericium erinaceus*.

Classificação: Reino Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Basidiomycetes

Ordem: Aphyllophorales

Família: Hydnaceae

Gênero: *Hericium*

Espécie tipo: *Hericium erinaceus*

Ganoderma lucidum

(W. Curt.: Fr.) Karst.

Ganoderma lucidum também é conhecido como cogumelo-rei, cogumelo-do-imperador

ou cogumelo-brilhante. Apresenta estipe avermelhada a marrom-violáceo, igual à superfície superior do píleo ou chapéu, brilhantes como se fossem envernizados (Figura 28). O estipe é longo e de tamanho variado. O píleo também apresenta tamanho variável, medindo de 5 cm a 16 cm de largura. Na parte inferior, apresenta poros circulares e esbranquiçados. Podem atingir até 40 cm de tamanho. Em decorrência de sua textura coriácea, esse cogumelo não é comestível. Contudo, por suas propriedades medicinais, é muito utilizado na fabricação de medicamentos.

Classificação: Reino Fungi
Divisão: Eumycota
Subdivisão: Basidiomycotina
Classe: Basidiomycetes
Ordem: Aphyllophorales
Família: Polyporaceae
Gênero: *Ganoderma*
Espécie tipo: *Ganoderma lucidum*

Ganoderma lucidum é o fungo medicinal mais famoso do mundo. Foi descoberto na China há mais de 2.000 anos. Tem sido utilizado como nutracêutico, sendo bem conhecido por suas propriedades antitumoral, antiviral, anti-inflamatória e bactericida.

Seus esporos variam de pequenos a muito grandes, ovoides, elipsoides, subcilíndricos ou amigdaliformes, com ou sem poro germinativo;



Fotos: Cláudio Bezerra

Figura 28. *Ganoderma lucidum* com frutificações em desenvolvimento (A); *G. lucidum* bem desenvolvido (B).

são também hialinos, inamiloides, dextrinoides, algumas vezes amiloides; a estrutura de parede é simples ou complexa, lisa ou mais raramente com ornamentação fina ou visível. Os basídios são clavados, sendo que a maioria deles se apresenta tetrásporo. A borda de lamela é estéril ou heteromófica, raramente fértil.

Geralmente, queilocistídeos são abundantes e incrustados, variáveis em forma, cilíndricos e largamente inflados, em alguns casos septados, com parede delgada, hialinos ou coloridos. Pleurocistídeo ocasionalmente presente, mas tipicamente ausente. Trama himenoforal regular a sub-regular, nunca bilateral, inamiloide, mas raramente dextrinoide. Pileipepellis são muito variáveis, oscilando de hifa não diferenciada a uma paliçada tricoloral, em epitélio, ou em cadeias ou em esferocistos soltos. São angiocardápios. Na maioria, terrestres, húmicas, algumas vezes lignícolas e cosmopolitas.

Importância dos fungos Agaricales na biotecnologia

Até pouco tempo, os macromicetos só eram conhecidos como alimento e por suas propriedades tóxicas e alucinógenas, dividindo-se em dois grupos – comestíveis e tóxicos –, apesar de, em épocas mais remotas, terem sido utilizados para outros fins. Essas propriedades colocaram os fungos Agaricales na posição dos mais conhecidos pelo ser humano. A ordem dos Agaricales engloba os cogumelos venenosos e comestíveis e detém o maior número de cogumelos comestíveis cultivados (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979; KENDRICK, 1992).

Produção de alimentos

Mais de 2 mil espécies de fungos são consideradas comestíveis, sendo 20 dessas espécies cultivadas para fins alimentícios em diferentes partes do mundo (LAKHANPAL, 1994). Dentre os Agaricales cultivados para fins alimentares, quatro espécies são as mais apreciadas no mundo inteiro:

***Agaricus brunnescens (bisporus)* (Agaricaceae)** – Também conhecida como champignon-de-paris, cultivada em composto à base de esterco e palha, e enriquecidos com N (nitrogênio) e minerais.

***Lentinula edodes* (Tricholomataceae) ou shiitake** – É um dos cogumelos cujo consumo tem aumentado nos últimos anos, apresentando sabor e aroma muito agradáveis e é cultivado em toras de madeira e em pó de serra.

***Pleurotus ostreatus* (Tricholomataceae) ou cogumelo-ostra** – É cultivado em resíduos vegetais, como palha, bagaço de cana, resíduos cítricos, entre outros, que apresenta alta relação carbono/nitrogênio.

***Volvariella volvaceae* (Volvariaceae)** – É largamente cultivado no Oriente, principalmente na China, onde é conhecido como cogumelo-palha, produzido em regiões com elevadas temperaturas (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979; HAYES; WRIGHT, 1979; RAJARATHNAM; BANO, 1988, 1989).

Em termos nutricionais, os cogumelos comestíveis apresentam teor de proteína (em peso seco) elevado, a despeito do seu alto teor de água quando fresco. A carne bovina apresenta em torno de 14,8% de proteína em peso seco, enquanto *Pleurotus sajor-caju* e *P. flabellatus*, 22,5% e 21,6%, respectivamente (RAJARATHNAM; BANO, 1988).

Grande número de espécies de Agaricales é encontrado em ambientes selvagens, algumas especificamente micorrízicas e outras não micorrízicas, apresenta elevado potencial de domesticação e cultivo intensivo, podendo ser associada à silvicultura. Entre elas, podem-se citar (LAKHANPAL, 1994):

- *Lactarius deliciosus*.
- *Lactarius sanguifluus*.
- *Russula brevipes*.
- *Amanita caesaria*.
- *Pleurotus citrinopileatus*.
- *Tricholoma lobayense*.

No Brasil, a produção de cogumelos ainda é escassa. Seu cultivo tem sido quase que exclusivamente em madeira e em serragens, com adição de outros substratos como palha de trigo, farelo de arroz e de componentes orgânicos, o que induz ao corte desnecessário de árvores. Os cogumelos mais cultivados no País são:

- *Agaricus bisporus* (champignon-de-paris).

- *Lentinula edodes* (shiitake).
- *Agaricus blazei* (cogumelo-piedade).
- *Pleurotus ostreatus* (cogumelo-ostra).
- *Pleurotus sajor-caju* (cogumelo-gigante).
- *Pleurotus ostreatoroseus* (cogumelo-salmon).

O cultivo desses macromicetos está basicamente restrito às regiões Sul e Sudeste do País. Em 2013, a produção de cogumelos foi de aproximadamente 12.050 t/ano, assim distribuída:

- 500 t de *Agaricus blazei*.
- 8.000 t de *Agaricus bisporus*.
- 1.500 t de *Lentinula edodes*.
- 2.000 t de *Pleurotus ostreatus*.

A produção de outras espécies é de aproximadamente 50 t/ano (URBEN et al., 2004):

- *Grifola frondosa* (maitake).
- *Pholiota nameko* (nameko).
- *Pleurotus sajor-caju* (cogumelo-gigante).
- *Pleurotus ostreatoroseus* (cogumelo-rosa).
- *Pleurotus citrinopileatus* (cogumelo-amarelo).

No Brasil, o consumo per capita de cogumelos ainda é de apenas 288 g/ano, contra 1,3 kg/ano na Itália, 2,0 kg/ano na França, 4,0 kg/ano na Alemanha e 8,0 kg/ano na China.

Além do uso direto como alimento, há grande interesse no cultivo do micélio em cultura

submersa, com a finalidade de obter compostos flavorizantes e aromatizantes de grande valor para a indústria de alimentos. Para esse fim, o micélio é cultivado em cultura submersa, usando-se uma variedade de substratos, de acordo com o tipo de composto desejado.

A natureza desses flavorizantes e aromatizantes reside na produção de compostos aromáticos voláteis, como o anisaldeído, resultante da oxidação do álcool veratílico, que, além de ser um precursor do flavorizante/aromatizante, tem o papel de proteger a lignina-peroxidase da inativação pelo excesso de H_2O_2 . Essa propriedade flavorizante é característica de alguns cogumelos lignolíticos, entre os quais figuram as espécies do gênero *Pleurotus* (GUTIÉRREZ et al., 1994).

Além da produção de compostos aditivos de alimentos, o cultivo submerso de cogumelos comestíveis é também feito com o fim de produzir niacina, vitamina abundante no gênero *Pleurotus*. Toda essa variedade de produtos tem sido obtida experimentalmente com as espécies de *Pleurotus*, *Lentinula edodes* e *Agaricus* (LITCHFIELD, 1979). Existem meios sintéticos desenvolvidos para cultivo submerso de *L. edodes* (SONG et al., 1987) e de *P. ostreatus* (GÓMEZ, 1990), que visam à obtenção, em ambos os casos, de *pellets* de micélio para fins alimentares e/ou produção de sementes para o cultivo de cogumelos.

Produção de fármacos

O conhecimento acerca das propriedades medicinais dos cogumelos tem sua origem no Antigo Oriente, onde os fungos já são amplamente consumidos, por serem considerados um alimento saudável e por suas propriedades terapêuticas.

A afirmação do alívio ou cura de açaques (doenças sem gravidade) pelo uso de *Lentinula edodes*, incluindo doenças cujas causas sabe-se, agora, eram viroses, hipertensão arterial e cardiopatias, teve sua origem na medicina praticada durante a dinastia Ming (1368–1644). Substâncias como o polissacarídeo Lentinan, uma β -1,3-glucana isolada de *Lentinula edodes* com atividade antitumoral, têm sido testadas em ratos e vem mostrando resposta imune dos linfócitos-T.

A eritadenina (ácido 2(R), 3(R)-dihidroxi-4-(9 adenil) butírico), com atividade anticolesterol, produzida pelo shiitake, tem atraído a atenção de médicos e cientistas (HAYES; WRIGHT, 1979). Pesquisadores concluíram que essa atividade hipocolesterolêmica se deve à aceleração do metabolismo do colesterol, pela estimulação da esterificação do colesterol e pela promoção de seu transporte da β -lipoproteína para a β -lipoproteína (HAYES; WRIGHT, 1979; VETTER, 1995).

Além de polissacarídeos, *L. edodes* também produz outras substâncias com atividade

antitumoral, como proteínas básicas e proteínas quinoides ácidas e básicas. Outros Agaricales, identificados por sua atividade antitumoral e antiolesterol, são *Pleurotus*, *Flammulina velutipes*, *Agaricus bisporus* e *A. blazei*, sendo este último comercializado por altíssimo preço, por sua reputada atividade antitumoral.

Tem-se verificado atividades antimicrobianas em *Agaricus campestris*, *Flammulina melleae* e *F. odilpis* contra *Staphylococcus aureus*, *Salmonella tiphii* e *Escherichia coli*, e atividade antifúngica variada em *L. edodes*, *Cortinellus shiitake* e *Coprinus comatus* (BALAKRISHNAN; NAIR, 1994). Foi detectada a produção de antibióticos em *A. xantoderma* (DORNBERG et al., 1986).

Entre os cogumelos com propriedades medicinais, encontram-se os comestíveis, os venenosos e alguns não comestíveis. Durante muito tempo, esses cogumelos foram utilizados pela medicina chinesa, e, atualmente, ainda são usadas algumas preparações com cogumelos venenosos. O cogumelo venenoso *Amanita muscaria* tem sido usado terapeuticamente, na forma de pó ou em tinturas, no tratamento de inflamações, inchações, problemas nervosos e epilepsia. Uma loção desse fungo, que já foi muito usada externa e internamente, em inflamação dos olhos e no tratamento de doenças cardíacas, atualmente é utilizada em fórmulas homeopáticas, sob o nome de ágar, agarus ou

agaric. O muscinol e o ácido ibotênico, preparados de *A. muscaria*, podem curar a disfunção do sistema GABA (ácido γ -amino butírico), denominada como esquizofrenia, uma vez que esse composto é tido como grande inibidor do sistema nervoso central.

A psilocibina e a psilocina, dois alucinógenos poderosos, encontrados nas espécies *Psilocybe mexicana* e *Amanita phalloides*, também são usados nos tratamentos de desordens mentais (BALAKRISHNAN; NAIR, 1994). Várias espécies de *Psilocybe* – que ocorrem nos Andes venezuelanos – foram pesquisadas por ocasião das buscas para se encontrar psilocibina e psilocina, indicando-se as espécies *P. pseudobullaceae* e *P. montana* como excelentes produtoras dessas substâncias (MARCANO et al., 1994). Mediante cultivo, Gartz et al. (1994) obtiveram corpos de frutificação de *P. samuiensis* com teores de psilocibina variando de 0,23% a 0,90% (peso seco).

As pesquisas mais recentes na farmacologia vêm resgatando a medicina da antiguidade de suas origens míticas, que era mencionada nas escrituras védicas, e tida como fonte de força para os soldados gregos, “alimento dos deuses” para os romanos ou “elixir da vida” para os chineses (BALAKRISHNAN; NAIR, 1994), transformando tais mitos em medicamentos seguros, com dosagens e mecanismos de ação conhecidos.

Produção de enzimas

Do ponto de vista biotecnológico, geralmente, os basidiomicetos destacam-se por sua capacidade biodegradadora de resíduos naturais. Essa propriedade é observada no grande número de fungos Basidiomycotina, produtores de dois importantes grupos de enzimas, as celulases (EC 3.2.1.4) e as lignases, em particular as ligninas peroxidases (LiP, EC 1.11.1.14), que desempenham papel fundamental no ciclo do C (carbono) por meio da decomposição de resíduos vegetais.

Para a biotecnologia, essas enzimas apresentam elevado valor econômico, pois elas são indicadas em várias aplicações industriais. As principais aplicações das celulases são (WISEMAN, 1975):

- Amaciamento e flavorização de cogumelos.
- Coadjuvante na extração de óleos vegetais.
- Preparação de frutas e verduras desidratadas.
- Produção de ágar-ágar de algas marinhas.
- Recuperação de amido e gomas de resíduos fibrosos.
- Pré-processamento de alho para prevenir a gelificação.
- Remoção de resíduos fibrosos.
- Dissolução de paredes celulares para consumo alimentar.
- Auxiliar digestivo em ração e em alimentos vegetais.

A eficiência na produção de celulases por Agaricales tem sido alvo de pesquisas, por dois aspectos principais:

- Eficiência na atividade lignocelulolítica para produção de cogumelos comestíveis e cogumelos produtores de fármacos.
- Produção de celulases em cultivo submerso para fins industriais.

Entre os Agaricales produtores de celulases, podem ser citados:

- *Leucoprinus gongylophorus* (BACCI. et al., 1995).
- *Volvariella volvaceae* (CAI et al., 1994).
- *Phanerochaete chrysosporium* (KAURI; KUSHNER, 1988).
- *Coniophora puteana*.
- *Lentinula edodes*.
- *Phanerochaete chrysosporium*.
- *Pleurotus ostreatus* (SCHMIDT; KEBERNIK, 1988).

Por sua vez, a lignina semelhante à celulose é um componente do material vegetal, que deve ser degradado para manter o ciclo do C. A lignina é a forma mais abundante de C aromático na natureza, perdendo para a celulose só em quantidade. Seu complexo é formado, principalmente, pelas exoenzimas lignina peroxidase (LiP), peroxidase Mn-dependente (MnP) e lacase. As duas primeiras compreendem uma família de pelo

menos dez isoenzimas estreitamente relacionadas, algumas já possuindo seus genes clonados e sequenciados (GRIFFIN, 1994).

Alguns fungos Agaricales são conhecidos como bons produtores dessas enzimas, como:

- *Phanerochaete chrisosporium* (CAMARERO et al., 1994; KONDO et al., 1994a; MAYFIELD et al., 1994).
- *Phanerochaete sordida* (KONDO et al., 1994) *Pleurotus* (CAMARERO et al., 1994; KEREM; HADAR, 1995; GUTIÉRREZ et al., 1994).
- *Phlebia radiata* (VARES et al., 1995).

Considerações finais

Estudos sobre a biologia, a morfologia, a fisiologia e a reprodução de macromicetos (cogumelos) são considerados importantes ferramentas para caracterizar, taxonomicamente, um organismo, que, no caso específico deste livro, são os microrganismos.

É de extrema importância classificar, corretamente, uma espécie de cogumelo, pois o conhecimento de suas características genéticas possibilita sua correta manutenção em condições especiais de temperatura e de umidade. Assim, os cogumelos podem ser usados em diferentes áreas de pesquisa, como também na produção, na comercialização e no mercado de macromicetos.

Referências

ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W. **Introductory mycology**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 632 p.

BACCI, M.; ANVERSA, M. M.; PAGNOCCA, F. C. Cellulose degradation by *Leucoprinus gongylophorus*. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 67, n. 4, p. 385-386, 1995.

BALAKRISHNAN, B.; NAIR, M. C. Medicinal mushrooms. In: NAIR, M. C. **Advances in mushroom biotechnology**. Jodhpur: Scientific Publishers, 1994. p. 27-30.

CAI, Y. J.; BUSWELL, J. A.; CHANG, S. T. Production of cellulases and hemicellulases by the straw mushroom, *Volvariella volvaceae*. **Mycological Research**, v. 98, n. 9, p. 1019-1024, 1994.

CAMARERO, S.; GALLETI, G. C.; MARTÍNEZ, A. T. Preferential degradation of phenolic lignin units by two white rot fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 12, p. 4509-4516, 1994.

CHANG, S. T.; XIAOLAN, M. **Hong Kong mushrooms**. Hong Kong: The Chinese University Press, 1995. 470 p.

DORNBERG, K.; IHN, W.; SCHADE, W.; TRESSELT, D.; ZURECK, A.; RADICS, L. Antibiotics from basidiomycetes. Evidence for the occurrence of the 4-hydroxybenzenediazonium ion in the extracts of *Agaricus xantodermus* Genevier (Agaricales). **Tetrahedron Letters**, v. 27, n. 5, p. 559-560, 1986.

FIDALGO, O.; FIDALGO, M. E. P. K. **Dicionário micológico**. São Paulo: Instituto de Botânica,

Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1967. 235 p.

GARTZ, J.; ALLEN, J. W.; MERLIN, M. D. Ethnomycology, biochemistry, and cultivation of *Psilocybe samuiensis* Gusman, Bandala and Allen, a new psychoactive fungus from Koh Samui, Thailand. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 43, n. 2, p. 73-80, jul. 1994.

GÓMEZ, R. J. H. C. Cultivo submerso de *Pleurotus ostreatus* em bagaço de cana de açúcar. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 33, n. 3, p. 701-715, out. 1990.

GRIFFIN, D. H. **Fungal physiology**. 2. ed. New York: Wiley-Liss, 1994. 458 p.

GUTIÉRREZ, A.; CAMELO, L.; PRIETO, A.; MARTÍNEZ, M. J.; MARTÍNEZ, A. T. Anisaldehyde production and aryl-alcohol oxidase and dehydrogenase activities in lignolytic fungi of the genus *Pleurotus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 6, p. 1783-1788, jun. 1994.

HAYES, W. A.; WRIGHT, S. H. Edible mushrooms. In: ROSE, A. H. **Economic microbiology**: microbial biomass. London: Academic Press, 1979. p. 31-176.

KAURI, T.; KUSHNER, D. J. Detection of cellulytic activity of bacteria and fungi growing on agar surfaces. **Biotechnology Techniques**, v. 2, n. 3, p. 149-152, 1988.

KENDRICK, B. **The fifth kingdom**. Newburyport: Focus Information Group, 1992. 406 p.

KEREM, Z.; HADAR, Y. Effect of manganese on preferential degradation of lignin by *Pleurotus ostreatus* during solid-state fermentation. **Applied**

and Environmental Microbiology, v. 61, n. 8, p. 3057-3062, 1995.

KONDO, R.; KOICHI, H.; SAKAI, K. In vitro bleaching of hardwood kraft pulp by extracellular enzymes excreted from white rot fungi in a cultivation system using a membrane filter. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 3, p. 921-926, mar. 1994.

LACAZ, C. S.; MINAMI, P. S.; PURCHIO, A. **O grande mundo dos fungos**. São Paulo: Ed. da Universidade São Paulo, 1970. 248 p.

LAKHANPAL, T. N. Prospects of mushrooms from the wild. In: NAIR, M. C. **Advances in mushroom biotechnology**. Jodhpur: Scientific Publishers, 1994. p. 15-22.

LITCHFIELD, J. H. Production of single-cell protein for use in food and feed. In: PEPPLER, H. J.; PERLMAN, D. **Microbial technology**: microbial process. 2. ed. New York: Academic Press, 1979. p. 93-155.

MARCANO, V.; MORALES, M.; MENDÉZ, A.; CASTELLANO, F.; SALAZAR, F. J.; MARTÍNEZ, L. Occurrence of psilocybin and psilocin in *Psilocybe pseudobullaceae* (Petch) Pegler from Venezuelan Andes. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 43, n. 2, p. 157-159, jul. 1994.

MAYFIELD, M.; KISHI, K.; ALIC, M.; GOLD, M. H. Homologous expression of recombinant manganese peroxidase in *Phanerochaete chrysosporium*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 60, n. 12, p. 4303-4309, 1994.

PEGLER, D. N. **Agaric flora of the Lesser Antilles**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1983. 668 p.

PEGLER, D. N.; SPOONER, B. **Identifying mushrooms**. New Jersey: Chartwell Books, 1994. 80 p.

RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms. Part I B. Pathology, in vitro and in vivo growth requirements, and world status. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 26, n. 3, p. 243-311, 1988.

RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 31-113, 1989.

SCHMIDT, O.; KEBERNIK, U. A simple assay with dyed substrates to quantify cellulase and hemicellulase activity of fungi. **Biotechnology Techniques**, v. 2, n. 3, p. 153-158, 1988.

SILVEIRA, V. D. **Lições de Micologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olímpio, 1968. 301 p.

SINGER, R. **The Agaricales in modern taxonomy**. Weinheim: J. Cramer, 1975. 912 p.

SONG, C. H.; CHO, K. Y.; NAIR, N. G. A synthetic medium for the production of submerged cultures of

Lentinula edodes. **Mycologia**, v. 79, n. 6, p. 866-876, 1987.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.

VARES, T.; MIKA, K.; HATAKK, A. Lignin peroxidases, manganese peroxidases, and other lignolytic enzymes produced by *Phlebia radiata*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 61, n. 10, p. 3515-3520, 1995.

VETTER, J. Mineralstoff- und Aminos, uregehalte des ebbaren, kultivierten Pilzes Shii-take (*Lentinula edodes*). **Z Lebensm Unters Forsch**, v. 201, n. 1, p. 17-19, jul. 1995.

WISEMAN, A. Industrial practice with enzymes. In: WISEMAN, A. **Handbook of enzyme biotechnology**. New York: John Wiley e Sons, 1975. p. 243-272.



Capítulo 2

Formulações e preparo de meios de cultura para a produção de “sementes”

Arailde Fontes Urban
Haroldo César Bezerra de Oliveira

Introdução

Para a maioria dos cogumelos comestíveis (ou não), a produção de matriz ou micélio segue a mesma técnica e recomendações feitas para diversas espécies fúngicas, entre elas o champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*), cogumelo-ostra (*Pleurotus ostreatus*), shiitake (*Lentinula edodes*) e orelha-de-judeu (*Auricularia polytricha*). O preparo da “semente” ou matriz consiste em duas etapas distintas e fundamentais:

- Obtenção de inóculo puro do fungo, produzido em meio de cultura artificial.
- Preparo da “semente” ou matriz, em substrato à base de grãos de cereais.

Formulação e preparo de meio de cultura

Mesmo não sendo o mais recomendado, o meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar) é o mais utilizado e pode ser adquirido semipronto, ou preparado na forma descrita a seguir:

Ingredientes

200 g de batatas picadas com ou sem casca

15 g de dextrose

17 g de ágar para 1 L de água destilada

Como preparar

- Cozinhar a batata em 1 L de água, por 10 a 15 minutos, filtrando-se a infusão em gaze, a fim de se obter um extrato.
- Completar o volume com água destilada para 1 L, uma vez que, durante o cozimento, ocorre perda de água por evaporação.
- Num frasco de vidro refratário (resistente a altas temperaturas) daqueles próprios para conservas, colocar o ágar, a dextrose e o extrato de batata.
- Em seguida, agitar o frasco, para dissolver seu conteúdo.
- Fechar o frasco em meia rosca e esterilizar o material em autoclave por 20 minutos sob temperatura de 121 °C, ou mesmo numa panela de pressão, com suporte ou tripé, para evitar que os frascos fiquem em contato direto com o fundo. Nesse caso, a água deve atingir o suporte ou tripé, e os procedimentos adotados devem ser aqueles recomendados para cozimento normal.
- Quando o vapor começar a agitar o pino regulador, marcar 30 minutos.
- Após serem esterilizados, os frascos devem esfriar até atingirem uma temperatura tolerável à mão (cerca de 40 °C a 45 °C).
- Em seguida, o meio de cultura é transferido para a placa de petri previamente esterilizada, flambando a boca do frasco na chama de gás ou lamparina a álcool.

Essa operação deve ser feita em câmara de fluxo laminar ou em ambiente (muito limpo) previamente sanitizado e próximo à chama (Figuras 1 e 2).

Após a esterilização dos frascos e com o conteúdo destes ainda líquido, recomenda-se adicionar de 20 mg/L a 40 mg/L de estreptomicina ou de ácido láctico, diretamente no meio de cultura (solução feita com uma parte do ácido láctico P. A. 85% “produto comercial” e três partes de água destilada estéril) na proporção de 60 gotas por 1.000 mL no meio de cultura, para evitar possíveis contaminações por bactérias.

O meio de cultura poderá ser prontamente utilizado ou conservado no estado sólido em frascos – e na geladeira – por até 60 dias, sem se alterar. Neste último caso, para uso, o meio sólido deve ser aquecido em forno de micro-ondas ou em banho-maria, até total dissolução. Os frascos devem ser aquecidos, sempre fechados em meia rosca, para que não se quebrem (URBEN et al., 2004).

Outros meios de cultura, como os relacionados a seguir, podem ser utilizados para linhagens que apresentem difícil crescimento em BDA. Deve-se observar que todas essas receitas são preparadas com base na formulação para o BDA.

BDA Suco de tomate

200 g de filtrado de batata em 1 L de água destilada

17 g de dextrose

17 g de ágar

200 mL de suco de tomate temperado

Aveia dextrose ágar

50 g de aveia em flocos

15 g de dextrose

17 g de ágar

1.000 mL de água destilada (q.s.p)

BDA Levedura

300 g de filtrado de batata em 1 L de água destilada

2 g de extrato de levedura

10 g de dextrose

20 g de ágar

Malte peptona ágar

20 g de extrato de malte

5 g de grãos de centeio

5 g de peptona ou neopeptona

2 g de extrato de levedura

20 g de ágar

1.000 mL de água destilada (q.s.p)

Extrato de malte levedura ágar

20 g de extrato de malte

2 g de extrato de levedura

20 g de ágar

1.000 mL de água destilada (q.s.p)

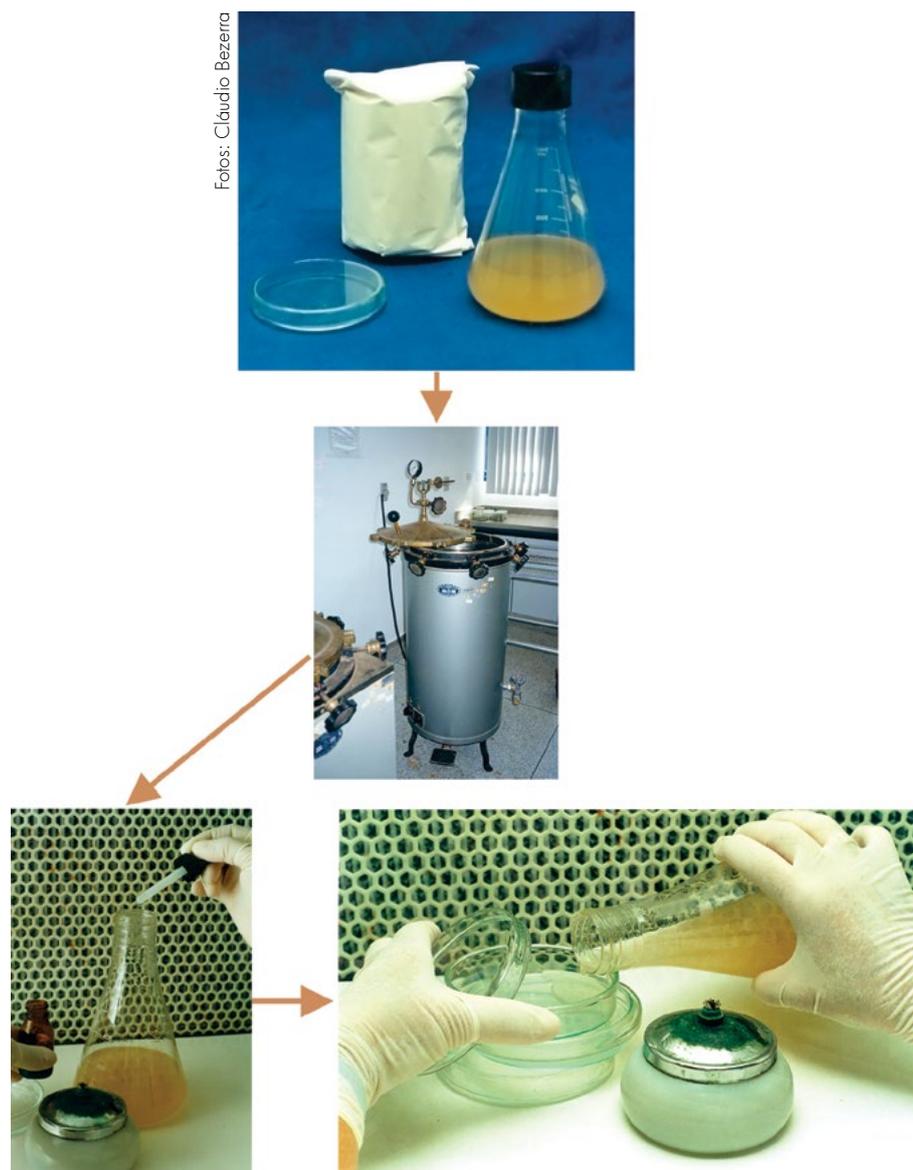


Figura 1. Preparo e distribuição de meio de cultura em placa de Petri.

Foto: Claudio Bezerra



Figura 2. Câmara de fluxo laminar.

Meio básico (SHIN et al., 1997)

- 10 g de glicose
- 2,5 g de peptona
- 2,5 g de extrato de levedura
- 1 g de fosfato de potássio (KH_2PO_4)
- 0,5 g de sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- 0,5 g de cloreto de cálcio (CaCl_2)
- 10 mg de cloreto de ferro ($\text{FeCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- 7 mg de cloreto de manganês ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)
- 4 mg de cloreto de zinco (ZnCl_2)
- 1 mg de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
- 15 g de ágar

Como preparar o meio básico

- Dissolver os ingredientes em 900 mL de água e ajustar o pH para 5,7.
- Em seguida, completar o volume para 1 L.
- Adicionar o ágar e autoclavar.

Na composição original, constam 50 g de glicose. Este meio é usado para isolamento de shiitake.

Obtenção do inóculo puro

A reprodução dos fungos pode ocorrer de forma sexuada, por meio de esporos, ou assexuada (reprodução vegetativa), por multiplicação de um fragmento qualquer do corpo de frutificação ou do micélio. Ambas as formas de reprodução podem ser feitas em laboratório que possua equipamentos para esterilização adequada e ofereça condições de assepsia necessárias ao processo, bem como equipamento para incubação sob temperatura adequada (URBEN, 2004)

Reprodução sexuada

A reprodução sexuada é usada em pesquisa, e começa pela germinação do esporo originado das basídias localizadas nas lamelas ou poros, produzindo filamentos chamados de hifas, os quais se multiplicam, formando o micélio primário.

Quando hifas compatíveis, provenientes de esporos com características genéticas diferentes, se encontram sob condições favoráveis, ocorre a fusão e a formação do zigoto ou ovo, o qual dará origem ao micélio secundário, com núcleos provenientes dos dois esporos distintos,

que crescem, multiplicam-se e ramificam-se, originando um novo cogumelo (LIN; LIN, 1995; URBEN, 2004).

Sob condições ambientais favoráveis, forma-se o micélio terciário, que dará origem às basídias, nas quais ocorre fusão nuclear seguida por meiose, originando os basidiósporos (esporos) e completando assim o ciclo vital.

Para se obter esporos em laboratório, adota-se a técnica monospórica, que consiste no seguinte:

- Colocar, numa placa de Petri, pedaços de papel-manteiga de 2 cm² e esterilizados por 20 minutos a 121 °C.
- Coletar o basidiocarpo (corpo de frutificação), colocando-o num tripé sobre a referida placa esterilizada guarnecida com papel-manteiga e coberta com uma cuba, e deixa-o em repouso por 24 horas.
- Colocar 2 cm² de papel-manteiga em cada frasco contendo 2 mL de água estéril, para que os esporos permaneçam em suspensão.
- Diluir os esporos com água estéril, de modo a conter 1 a 10 esporos por campo microscópico, sobre uma lâmina, usando-se pequeno aumento ocular de 10x.
- Despejar, uniformemente, 1 mL da suspensão numa placa de Petri com o meio de cultura sólido.
- Depois de os esporos germinarem, retira-se um fragmento do meio contendo apenas um

esporo germinado, transferindo-o para outra placa de Petri.

- Incubam-se as placas inoculadas no escuro, sob temperatura de 25 °C, durante 7 a 10 dias.

Esse método resulta em cogumelos com características diferentes do cogumelo original, em decorrência da recombinação genética. Por isso, é recomendado para melhoramento genético e não para produção comercial de inoculantes, Figura 3, (URBEN et al., 2004).

Reprodução assexuada ou vegetativa

A reprodução assexuada ou vegetativa é utilizada para produção comercial e facilmente executada, mas, quando repetida muitas vezes, o micélio perde o vigor, crescendo mais lentamente e prejudicando a produção. Quando usado por tempo limitado, esse método traz bons resultados, com a vantagem de manter as características do fungo selecionado. Por isso, essa técnica é usada comercialmente.

Para efetuar o isolamento, escolhe-se um cogumelo de boa aparência, saudável e com as características peculiares da espécie em questão e lava-se em água corrente. Em seguida, executam-se os seguintes procedimentos:

- Rasgar o cogumelo com a mão, para evitar que contaminantes penetrem no interior do corpo de frutificação.

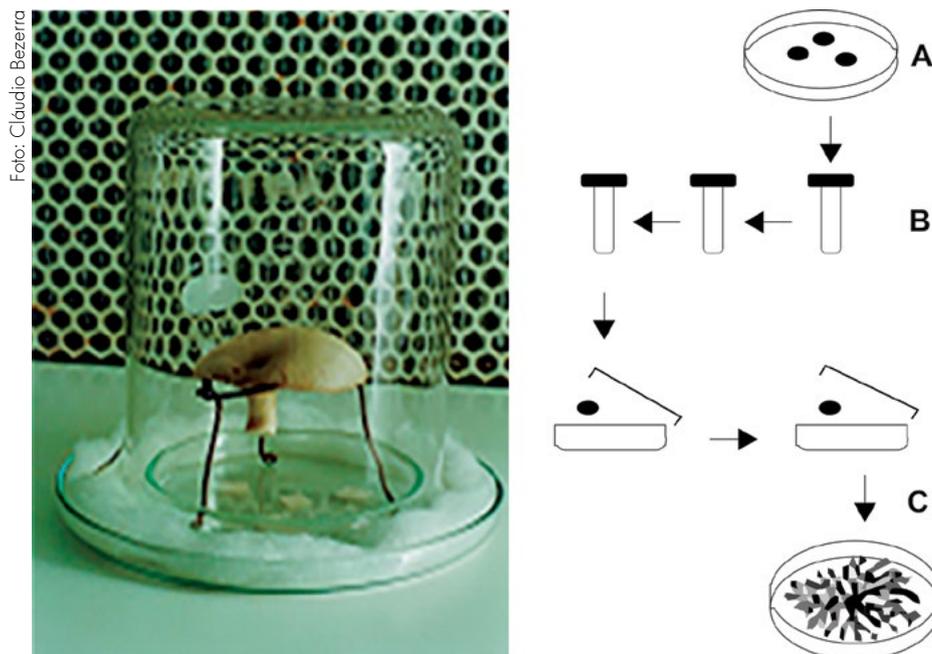


Figura 3. Reprodução sexuada pela técnica monospórica: placa de Petri com papel-manteiga + esporos de fungo (A); tubo de ensaio com H₂O estéril + papel com esporos (B); placa de Petri com meio de cultura + micélio de um único esporo (C).

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

- Retirar um pequeno fragmento da parte interna (de aproximadamente 1 mm a 2 mm), evitando retirar pedaços das lamelas em que são produzidos os esporos.
- Colocar um fragmento no meio de cultura, no centro da placa de Petri. Toda a operação deve ser feita próxima a uma chama e em ambiente asséptico, para evitar contaminação.
- Incubar as placas de Petri sob luz fluorescente a 28 °C de temperatura, por 7 a 10 dias.

Uma vez completado o crescimento do micélio, as placas podem ser conservadas em geladeira a 5 °C, por até 6 meses e, quando necessário, podem-se fazer repicagens para outras placas (Figuras 4 e 5).

A multiplicação de fungos em laboratório, com o emprego de meios artificiais, é uma técnica comum e muito usada na manutenção, por períodos curtos, das espécies/isolados existentes

Fotos: Claudio Bezerra



Figura 4. Reprodução assexuada ou vegetativa: fragmento do cogumelo retirado (A); fragmento do cogumelo em placa de Petri, com meio de cultura (B); conservação em geladeira (C).

numa micoteca. Essa técnica consiste na transferência de discos de micélio com 5 mm de diâmetro, para o centro das placas de Petri, de 9 cm de diâmetro, contendo meio BDA ou meio específico para cada espécie de fungo (Figura 6).

No processo de repicagem, as placas devem ser incubadas nas mesmas condições descritas para isolamento fúngico por meio da reprodução assexuada. No desenvolvimento vegetativo (micélio) do cogumelo em meio de cultura, a presença de luz é fundamental.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 5. Repicagem do micélio para outra placa de Petri, com meio de cultura.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 6. Preparo da matriz ou “semente” em laboratório.

Preparo da matriz ou “semente”

A matriz ou “semente” consiste em material veiculador totalmente colonizado pelo micélio

do fungo. Os materiais usados como substrato podem ser grãos de cereais como sorgo, trigo, soja, centeio, milho ou arroz. Na escolha do material utilizado como veículo do micélio, devem-se considerar: as exigências de cada espécie de cogumelo; a sua disponibilidade; o baixo custo; o tempo de armazenamento e umidade e a ausência de contaminantes biológicos e/ou químicos (STURION, 1994; STURION; RANZANI, 1997; URBEN; OLIVEIRA, 1998).

O preparo da matriz em grãos de cereais envolve a transferência de fragmentos do micélio dos tubos de ensaio para o meio de cultivo em placas de Petri e, daí, para os grãos de cereais que servirão como fonte de inóculo a ser adicionado ao substrato de cultivo (Figura 6).

O material comumente utilizado é o grão de trigo. Contudo, o sorgo também apresenta excelentes resultados quando usado da seguinte maneira:

- Primeiro, lavar os grãos de sorgo.
- Em seguida, despejar esses grãos em água fervente por 8 minutos, até que fiquem “al dente”, ou seja, não totalmente cozidos, quando deverão conter 50% de umidade.
- Na sequência, lavar em água corrente até sair a goma resultante do cozimento e escorrê-los bem.
- Adicionar aos grãos do sorgo cozidos 20 g de gesso agrícola (2%) para cada quilo de grãos

secos, a fim de corrigir o pH e evitar que fiquem aderidos uns aos outros.

- Agitar e acondicionar os grãos de sorgo em recipientes de vidro de boca larga (frascos) de 500 mL, previamente sanitizados e resistentes à esterilização, ou em sacos de polipropileno, também resistentes a altas temperaturas.
- Por último, esterilizar o produto em autoclave a 121 °C por 20 minutos, ou em panela de pressão por 30 minutos.

Frascos ou sacos de polipropileno (de alta densidade), usados para acondicionar palmitos ou azeitonas, devem ocupar somente cerca de 75% de seu volume. Os frascos devem ter a tampa furada e tamponada com algodão e, caso sejam usados sacos de polipropileno, deve-se colocar na extremidade destes uma espuma esterilizada, fechando esses recipientes com arame encapado, após a inoculação com 1 cm² de meio de cultura colonizado pelo micélio do fungo.

No caso de se usar sacos de polipropileno para acondicionar cogumelos, inocular micélio do fungo pela parte superior do saco e tamponar com pedaço de espuma preso por arame encapado. Esse trabalho deve ser executado em capela de fluxo laminar (Figura 2), (URBEN et al., 2004).

Por sua vez, os frascos ou sacos inoculados e fechados são mantidos em prateleira, em ambiente limpo, com temperatura em torno de

28 °C e sem luminosidade, para que ocorra a colonização pelo fungo após cerca de 15 dias, dando um aspecto cotonoso (Figura 7).



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 7. Fungo desenvolvido em meio de cultura (A); "sementes" utilizadas como inóculo para cultivo de cogumelos (B).

É possível multiplicar o fungo a partir de um frasco pronto, passando alguns grãos colonizados para outros frascos preparados da mesma forma, não se recomendando multiplicar por mais de duas vezes, em decorrência da perda da viabilidade e da diminuição da produtividade.

A matriz recém-produzida deve ser usada como inóculo, se possível, no mesmo dia. Caso contrário, deve-se conservá-la a 5 °C, na geladeira. O período máximo de conservação das cepas fúngicas (matriz) é de 4 a 6 meses. Quando for

usá-la, deixar em repouso por algumas horas, em temperatura ambiente (25 °C a 28 °C).

De acordo com Bononi (1995), alguns cogumelos, como shiitake (*Lentinula edodes*) e talo-veludo (*Flammulina velutipes*), apresentam melhor crescimento vegetativo (desenvolvimento do micélio) em substratos contendo serragem/farelo e vermiculita/farelo, preparados conforme descrito a seguir (URBEN et al., 2004):

Meio de vermiculita/farelo

Ingredientes

40 g de vermiculita

50 g de farelo de trigo

1,5 g de sulfato de cálcio (gesso)

1,5 g de carbonato de cálcio

Como preparar

- Colocar os ingredientes num recipiente.
- Adicionar 120 mL de água destilada e homogeneizar bem.
- Transferir o substrato para frascos de boca estreita.
- Esterilizar por 1 hora, a 121 °C.

Viabilidade econômica para cultivo de “sementes”

Neste tópico, são listados os parâmetros para avaliação econômica do cultivo de “sementes”

de cogumelos. Os valores fixados para 450 kg de “sementes” foram calculados de acordo com os preços do mercado de Brasília, DF, numa área de 10,2 cm². Para isso, foram necessárias 9 estantes com 6 prateleiras, onde são dispostos 2.040 sacos (40 sacos de polipropileno por prateleira), contendo cada saco 250 g de “sementes”, perfazendo um total de 510 kg. Entretanto, esse valor poderá ser reduzido até 10%, em decorrência das perdas causadas por contaminação de fungos ou bactérias indesejáveis. Assim, são obtidos 459 kg de “sementes” em 30 dias. A Figura 8 mostra uma produção comercial de “sementes”. E, nas Tabelas 1 e 2, tem-se a discriminação dos custos, fixos e variáveis.

Considerações finais

A “semente” ou *spaw* é o veículo de dispersão do micélio no substrato e é uma das etapas mais importantes no cultivo de cogumelos. Os grãos de cereais (trigo, arroz, cevada, etc.) são os mais utilizados, porque proporcionam o dobro em superfície semeada quando comparada com a de outros substratos como palha e serragens, e, por apresentar maior teor de umidade, favorecem o melhor desenvolvimento vegetativo (micélio) do fungo inoculado.



Figura 8. Preparação da “semente” em escala comercial.

Tabela 1. Discriminação dos custos fixos para a produção de “sementes”.

Quantidade	Discriminação	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
1	Câmara de fluxo laminar	12.000,00	12.000,00
1	Autoclave vertical (75 L)	6.200,00	6.200,00
1	Micro-ondas	290,00	290,00
9	Estantes de aço (6 prateleiras)	130,00	780,00
200	Placas de Petri 90 mm x 15 mm	3,00	600,00
2	Becker de plástico (2 L)	15,00	30,00
12	Erlenmeyer (2 L)	41,00	492,00
4	Bastão de vidro	1,50	6,00
1	Proveta (1.000 mL)	50,00	50,00
1	Bico de Bunsen	95,00	95,00
1	Tela de amianto	10,00	10,00
1	Tripé	50,00	50,00
1	Panela (3 L a 6 L)	120,00	120,00
1	Panela de pressão (7 L)	600,00	600,00

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Quantidade	Discriminação	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
1	Furador de rolha	92,00	92,00
1	Lamparina a álcool	20,00	20,00
2	Alça de platina	3,00	6,00
2	Pinça	10,00	20,00
2	Borrifador de plástico	8,00	16,00
1	Escorredor de plástico	50,00	50,00
2	Bandejas de plástico	20,00	40,00
1	Botijão de gás	140,00	140,00
Total			21.707,00

Tabela 2. Discriminação dos custos variáveis para a produção de “sementes”.

Quantidade	Discriminação	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
8 L	BDA ⁽¹⁾	3,75	30,00
50 kg	Grãos de sorgo ⁽²⁾	29,00 (saca 50 kg)	29,00
40 kg	Grãos de trigo	33,00 (saca 40 kg)	33,00
50 kg	Gesso agrícola	42,00 (saca 50 kg)	42,00
4 m ₂	Espuma	15,00 (1 m x 2 m)	60,00
1 kg	Arame encapado	27,00	27,00
2.000 unidades	Sacos de plástico	0,025	50,00
1 peça	Etiquetas	10,00	10,00
2 rolos	Papel-toalha	4,00	8,00
2 L	Álcool	2,30	4,60
	Outros	-	200,00
Total			493,60

⁽¹⁾ 8 L de BDA (batata, dextrose, ágar) = 1,60 kg de batata-inglesa (R\$ 2,00) + 120 g de dextrose (R\$ 20,00) + 136 g de ágar (R\$ 23,00).

⁽²⁾ 1 kg de sorgo seco rende 1,6 kg de sorgo úmido, assim, são necessários aproximadamente 300 kg de sorgo seco, para se produzir 450 kg de “sementes”.

Referências

BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone, 1995. 205 p. (Ícone. Coleção Brasil Agrícola).

EIRA, A. F.; MINHONI, M. T. de A.; BRAGA, G. C.; MONTINI, R. M.; ICHIDA, M. S.; MARINO, R. H.; COLAUTO, N. B.; SILVA, J.; NETO, F. J. **Manual teórico-prático do cultivo de cogumelos comestíveis**. 2. ed. Botucatu: Ed. da Unesp, 1997. 115 p.

LIN, Z.; LIN, Z. **Fungi cultivation with JunCao**. Fuzhou: Asia-Pacific Edible Mushroom Training Center, 1995. 110 p.

MOLENA, O. **O moderno cultivo de cogumelos**. São Paulo: Nobel, 1986. 170 p.

SHIN, G. G.; MEGURO, S.; KAWACHI, S. The active constituent in yeast extract for fruit body

formation of *Lentinula edodes*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 1202-1204, 1997.

STURION, G. L. **Utilização da folha da bananeira como substrato para o cultivo de cogumelos comestíveis (*Pleurotus spp.*)**. 1994. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

STURION, G. L.; RANZANI, M. R. T. de C. **Produção de cogumelo comestível *Pleurotus***: opção promissora especialmente na região do Vale do Ribeira. Piracicaba: Esalq, 1997. 48 p. (Série Produtor Rural, 2).

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de Cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.

URBEN, A. F.; OLIVERA, C. Cogumelos comestíveis: utilização e fontes genéticas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 6, p. 173-196, 1998.



Capítulo 3

Princípios do cultivo de cogumelos pela técnica JunCao

Arailde Fontes Urban
Ari Henrique Uriartt

Introdução

Para determinados grupos populacionais, os fungos sempre representaram importante fonte alimentar. Desde a mais remota antiguidade, o ser humano aprendeu a utilizar certos cogumelos superiores em sua alimentação, como *Agaricus* e *Boletus*.

O cultivo de fungos desenvolveu-se com o avanço da ciência e da tecnologia. No início da história, os primeiros seres humanos eram somente caçadores e coletores de cogumelos silvestres. Após longo período, eles passaram a observar e aprenderam como cultivar os fungos de forma parcialmente artificial. Mais tarde, por meio de esforços contínuos e da experiência acumulada, passaram a dominar a arte da produção de algumas espécies de cogumelos.

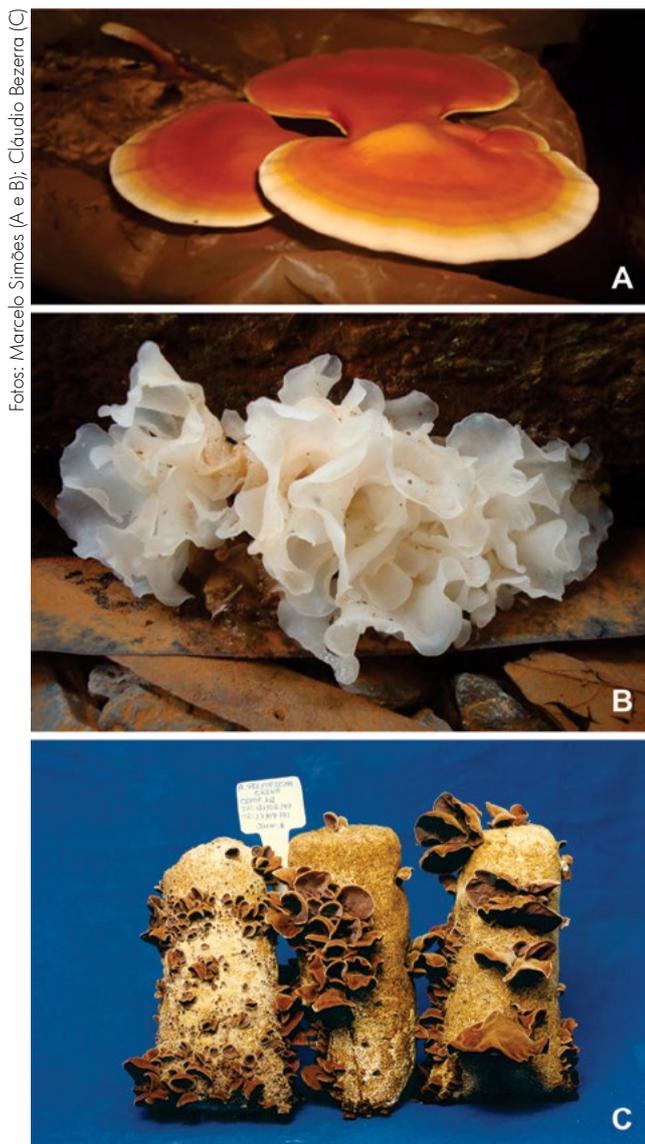
De fato, a história do cultivo de fungos é tão antiga quanto a da agricultura. Na história da China existem registros segundo os quais o homem primitivo já coletava grande quantidade de cogumelos como alimento entre 5.000 e 4.000 a.C. (LIN; LIN, 1997).

Nos séculos passados, os japoneses cultivavam os cogumelos sob troncos em decomposição; os chineses, em madeira e em palhas decompostas; e os europeus, em bosques, ao ar livre ou em cavernas. Entretanto, esses processos eram lentos e exigiam certo tempo para que se desenvolvesse a parte comestível ou o corpo frutífero.

A China é o país com a mais longa história sobre o cultivo e o uso de fungos na alimentação. É também onde se originaram as mais de dez espécies de fungos amplamente cultivadas atualmente no mundo. A história do cultivo artificial teve início há, no mínimo, 1.900 anos. Por exemplo, *Ganoderma lucidum* tem mais de 2.000 anos de história de cultivo.

Poria cocos é o cogumelo medicinal mais utilizado e também um dos mais recomendados pelos médicos na medicina complementar. Há cerca de 1.800 anos, os fungos têm sido aproveitados como tônico e fonte alimentar. O primeiro relato de cultivo artificial foi entre os anos 400 e 500 d.C.

Tremella fuciformis e *Auricularia polytricha* (Figura 1) vêm sendo cultivados desde 500 d.C., a 600 d.C., para fins medicinais. Entre 581 e 600 d.C., o método de cultivo dessas duas espécies foi descrito como uma massa esgotada colocada em fendas de troncos mortos cobertos com grama. O cultivo de *Flammulina velutipes* foi relatado, em detalhes, em livros antigos escritos há 1.000 anos. O shiitake (*Lentinula edodes*) foi originalmente cultivado na província de Zhejiang e o cogumelo-palha (*Volvariella volvacea*) foi artificialmente cultivado durante a dinastia Ming, há cerca de 400 anos. O cultivo de *T. fuciformis*, originado na província de Hubei, foi o primeiro a ser descrito em 1856 (LIN; LIN, 1997).



Fotos: Marcelo Simões (A e B); Cláudio Bezerra (C)

Figura 1. *Ganoderma lucidum* (A); *Tremella fuciformis* (B); *Auricularia polytricha* (C).

Nos séculos passados, o cultivo de fungos dependeu somente de condições naturais e a produção e a qualidade eram muito instáveis. O tradicional cultivo do shiitake, que dependia da queda natural de esporos usados como semente, foi mantido por muitos séculos. O cultivo de sementes puras passou a ser adotado a partir de 1930, o que representou um grande avanço na melhoria do vigor e resistência a pragas, permitindo ainda uma seleção progressiva de linhagens de cogumelos com boas qualidades comerciais (BONONI et al., 1995; BONONI; TRUFEM, 1986).

Na China, a pesquisa científica, o aprendizado e a produção de fungos têm se desenvolvido extensiva e significativamente. A partir de 1950, a inoculação de sementes puras tornou-se amplamente aplicada, e, em 1960, a inoculação natural de esporos e micélio tomou lugar completamente (LIN; LIN, 1997).

Na década de 1980, muitas universidades de agronomia e escolas técnicas na China estabeleceram cursos de cogumelos comestíveis, funcionando em departamentos específicos. Seus cursos de graduação tiveram função muito importante no desenvolvimento do cultivo dos cogumelos (LIN; LIN, 1997).

Durante 10 anos, de 1985 a 1995, a produção de fungos foi listada como o item mais importante no programa de desenvolvimento da China.

Assim, ocorreu uma expansão sem precedentes no cultivo de cogumelos (LIN; LIN, 1997).

A história do cultivo de shiitake é o melhor exemplo para ilustrar o desenvolvimento da exploração comercial dos fungos, nos últimos 50 anos, na China (LIN; LIN, 1997).

Antes de 1960, o cultivo tradicional ainda era a única maneira de produzir shiitake. Mas, a partir dessa década, o cultivo em toras com inoculação de sementes puras foi popularizado, o que representou a primeira mudança significativa no cultivo comercial desse produto (LIN; LIN, 1997).

No final da década de 1970, veio a segunda maior mudança, com a popularização do uso da serragem, do farelo de arroz e de trigo como substratos e de sacos de plástico como recipientes. Essa técnica, chamada de cultivo na serragem, resultou em grande aumento da produção e contribuiu com a preservação dos recursos florestais (LIN; LIN, 1997).

Na década de 1980, o aparecimento da técnica JunCao (*Jun* = cogumelo; *Cao* = gramíneas) promoveu a terceira grande mudança, pois uniu os benefícios sociais aos ecológicos e econômicos. Isso estabeleceu melhor equilíbrio ecológico entre plantas, fungos e animais.

A técnica de cultivo de cogumelos comestíveis, na qual se usam gramíneas como substrato para crescimento e produção de corpos frutíferos, foi

iniciada em 1983, na China, pelos professores Lin Zhanxi e Lin Zhanhua.

Atualmente, na China, a produção comercial desses fungos é considerável e, a partir da última década, o consumo doméstico vem aumentando, constantemente. Por exemplo, em 1977, a produção de Shiitake seco era de 1.200 t, tendo aumentado para 40.000 t em 1993 (LIN; LIN, 1997).

Produção de cogumelos na China

1980.....	18.700 t
1986.....	54.800 t
1990.....	60.000 t
1994.....	150.000 t

As espécies mais cultivadas pelos chineses são:

- *Lentinula edodes*.
- *Auricularia auricula*.
- *Tremella fuciformis*.
- *Auricularia polytricha*.
- *Hericium erinaceus*.
- *Volvariella volvacea*.
- *Ganoderma lucidum*.
- *Dictyophora indusiata*.
- *Poria cocos*.

Em 1990, a China tornou-se o maior produtor de cogumelos. Atualmente, a produção chinesa

de diversos fungos alcançou o primeiro lugar no mundo, tornando-se uma atividade em grande desenvolvimento, que fornece numerosas oportunidades de empregos e de renda aos distritos mais pobres daquele país.

Cogumelos e nutrição

Os cogumelos comestíveis foram descritos como o “alimento dos deuses” e como tal, confirmado pelos gourmets romanos. Eles tiveram ampla aceitação e algumas dessas espécies são consideradas como “reis da mesa” ou “diamantes da cozinha”. A razão não está somente no fato de serem saborosos, mas também por seu alto valor nutritivo (LIN; LIN, 1997).

Análises científicas de conteúdo alimentar têm mostrado que os cogumelos contêm mais proteínas que os vegetais. Embora as pessoas possam obter proteínas de animais (carne, frango e ovos), esses alimentos contêm alto nível de colesterol e de gorduras, conhecidos como os maiores causadores do aumento de peso e de doenças cardiovasculares. Por isso, ultimamente, proteínas provenientes de outras fontes são mais procuradas, como as proteínas dos cogumelos, das algas, das bactérias e das leveduras.

A análise do valor nutricional de um alimento envolve mais do que a simples estimativa de porcentagem de cada nutriente presente. Outros fatores, particularmente, a habilidade do

organismo para digerir as proteínas, carboidratos e gorduras, também são importantes.

Muito do interesse por cogumelos tem se concentrado no seu conteúdo proteico, o qual é relativamente alto com fácil digestibilidade. Portanto, nesse particular, os cogumelos são superiores à maioria dos vegetais. Uma alta proporção do peso dos cogumelos frescos é água; quando secos, os cogumelos são muito ricos em proteínas (ARORA, 1986; LIN; LIN, 1997).

De acordo com o ponto de vista da moderna nutrição, o conteúdo de aminoácidos essenciais do alimento é o maior determinante do valor nutricional. Existem 21 tipos de aminoácidos essenciais que não são produzidos pelo organismo e, por isso, devem ser obtidos dos alimentos. Qualquer quantidade menor do que a necessária afetará a saúde.

Na maioria dos vegetais, seus conteúdos são muito baixos, sendo que um ou dois tipos deles são escassos em grãos. Os cogumelos apresentam todos os aminoácidos essenciais à saúde humana e são particularmente ricos em lisina e em leucina (STAMETS, 1993).

Os fungos fornecem diversas vitaminas, um pouco de carboidrato e óleo. Os cogumelos são particularmente ricos em vitaminas do complexo B, riboflavina e ácido nicotínico. Além disso, esses fungos são ricos em sais inorgânicos, como P (fósforo), K (potássio), Na (sódio) e Ca (cálcio) (LIN; LIN, 1997).

Cogumelos e medicamentos

Os cogumelos são considerados medicamentos naturais, com elevado valor medicinal. Muitos deles, usados pelos clássicos mestres da medicina tradicional chinesa, ainda são muito aplicados atualmente. Vários fungos são usados como tônicos famosos. No passado, eles eram comumente encontrados nas mesas de pessoas ricas:

Poria cocos – Empregado como diurético e sedativo no tratamento de insônia, taquicardia e atonia gastrointestinal. Sua aplicação está descrita no primeiro livro sobre medicina na China (LIN; LIN, 1997).

Auricularia auricula – Essa espécie é também conhecida como orelha-de-judeu. Na medicina chinesa tradicional, *A. auricula* é usada como alimento nutracêutico em casos de lumbago. Também tem efeito na revigoração da circulação do sangue, é hemostático (estanca sangramento) e curativo em hemorroidas (LIN; LIN, 1997), Figura 2.

Agaricus bisporus – Também conhecido como cogumelo-de-paris, no *Compêndio da Matéria Médica*, tanto cozido como em forma de tablete, é prescrito como eficaz no tratamento da hepatite (LIN; LIN, 1997; STAMETS, 1993), Figura 3.

Hericium erinaceus – Também conhecido como macaco-branco ou cabeça-de-macaco,



Figura 2. *Auricularia auricula*.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 3. *Agaricus bisporus*.

Foto: Aivalde Fontes Urben

possui elevado valor nutricional e medicinal. Sua cor varia do branco ao amarelado, e seu formato é oval e arredondado, com filamentos lembrando pelos. Essa espécie é comestível e

promove boa digestão. *H. erinaceus* é usado no tratamento de câncer e ainda recomendado em casos de gastrites crônicas e úlceras do duodeno (LIN; LIN, 1997), Figura 4.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 4. *Hericium erinaceus*.

Dictyophora indusiata – Também conhecido como *Lady Dress*, antigamente, era o tributo para a corte imperial; atualmente, é usado para baixar o colesterol e controlar hipertensão arterial. É também empregado como anticarcinogênico, com atividade antitumoral e na redução de peso (LIN; LIN, 1997), Figura 5.

Agaricus blazei – Conhecido como cogumelo-piedade, cogumelo-princesa, cogumelo-da-vida e cogumelo-de-deus, é um poderoso complemento

alimentar, coadjuvante na prevenção e no tratamento de diversas enfermidades, entre elas, câncer, Aids, artrites reumáticas, lúpus e diabetes. Além disso, apresenta atividade antioxidante e anti-inflamatória. Essa espécie é rica em proteínas, vitaminas, minerais e fibras (Figura 6).



Foto: Aرائلde Fontes Urben

Figura 5. *Dictyophora indusiata*.

Tremella fuciformis – Conhecido como fungo orelha-de-prata ou fungo-neve, é comestível e medicinal (Figura 7). Exerce atividade

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 6. *Agaricus blazei*.

Foto: Aرائلde Fontes Urban



Figura 7. *Tremella fuciformis*.

antitumoral, anti-inflamatória, antidiabética e anticolesterol, além de reduzir as plaquetas e a viscosidade do sangue. Também é rico em vitaminas, proteínas, minerais, fibras e possui baixo teor de ácidos graxos saturados.

Ganoderma lucidum – Muito relacionado a lendas e a músicas antigas, é usado para curar

neurastenia, hepatite crônica e traqueíte crônica (LIN; LIN, 1997). É também conhecido como cogumelo-rei ou cogumelo-brilhante. Essa espécie, nada mais é que o fungo medicinal mais famoso do mundo. Tem efeito analgésico, antioxidante, antitumoral, antiviral e antifadiga. Atua contra artrites, arteriosclerose, Aids e hepatite B, entre outras enfermidades (Figura 8).



Foto: Marcelo Cantoran Simões

Figura 8. *Ganoderma lucidum*.

Lentinula edodes – Conhecido como shiitake, é rico em proteínas, vitaminas e sais minerais. Na medicina, é indicado como antitumoral, estimulante do sistema imunológico, ativador das células de defesa do organismo, antiviral HIV e antibacteriano. Melhora as funções do fígado e ajuda a produzir anticorpos para combater a hepatite B. Além de seu efeito no sistema cardiovascular, diminui os níveis de colesterol no sangue (Figura 9).

Foto: Aرائلde Fontes Urben



Figura 9. *Lentinula edodes*.

Coprinus comatus – Também conhecido como coprino-cabeludo, tem forma cilíndrica e é coberto com escamas. Também é comestível e contém propriedades medicinais. Normaliza o nível de açúcar (glicose) no sangue, apresenta atividade anti-inflamatória e pode evitar as consequências das atividades cardiovasculares (Figura 10).

Pleurotus sapidus – Também conhecido como cogumelo-ostra, apresenta propriedades nutricionais e medicinais, como anticarcinogênicas, estimulantes do sistema imunológico, antivirais HIV e antibacterianas, além de diminuir os teores de colesterol no sangue (Figura 11).

A razão pela qual muitas espécies de fungos são indicadas como agente anticarcinogênico decorre da presença de polissacarídeos na parede celular do corpo de frutificação, os quais podem estimular a formação de anticorpos.



Figura 10. *Coprinus comatus*.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 11. *Pleurotus sapidus*.

Foto: Cláudio Bezerra

Embora eles não possam matar as células cancerígenas diretamente, atuam como poderosos adjuvantes combinados com outras drogas responsáveis pela eliminação dessas células.

Atualmente, são conhecidas mais de 270 espécies de fungos, consideradas de valor medicinal, muitas delas com uso intensificado.

Principal indústria na área rural

A indústria dos fungos poderá tornar-se uma das principais atividades nas áreas rurais em decorrência das seguintes vantagens:

- Altas taxas de utilização de recursos biológicos.
- Ciclo curto de produção.
- Rápido retorno do investimento.
- Uso de pouca terra, mas com alta eficiência produtiva.
- Benefício para o desenvolvimento de outras atividades agrícolas, como fertilização orgânica de diversas culturas e alimentação de animais.

Antes da década de 1980, o cultivo de cogumelos na China era restrito às áreas rurais e conduzido principalmente nas montanhas. Nos anos recentes, expandiu-se também em distritos suburbanos. Por sua vez, as áreas de cultivo têm se expandido do Sul para o Norte da China, e vêm se desenvolvendo como uma atividade complementar à renda familiar (LIN; LIN, 1997).

O número de espécies comerciais aumentou de apenas 10, até anos recentes, para mais de 30, estando ainda em franca expansão com o aperfeiçoamento da ciência e da tecnologia.

O cultivo tradicional é feito manualmente. Entretanto, a produção moderna de cogumelos vem sendo conduzida em escala maior, mais organizada e de uma forma considerada pelos chineses como industrial; embora os materiais de cultivo mais empregados sejam: toras, serragem, resíduos agrícolas e JunCao. Estes dois últimos têm demonstrado ser mais eficientes.

Os lugares de cultivo são variados, de acordo com a época e o lugar. As áreas comuns são: salas de cultivo, cultivos ao ar livre em floresta, em cavernas, em estufas, sombreados no campo, em jardins.

A técnica chinesa JunCao de cultivos de cogumelos possui vantagens sobre o sistema tradicional de cultivo de fungos e ainda soluciona alguns dos problemas surgidos, como o uso indiscriminado de recursos florestais, a concorrência pelo uso de serragem e resíduos por novas técnicas de cultivo de cereais e forragem para a criação animal.

Potencial de aplicação da técnica JunCao

Na China, atualmente, muitas espécies de cogumelos comestíveis e medicinais, como

shiitake (*Lentinula edodes*) e orelha-de-judeu (*Auricularia auricula*), ainda são cultivadas principalmente em madeira, farelo de arroz e farelo de trigo. O longo desenvolvimento do ciclo na madeira resulta na deficiência de disponibilidade de matéria-prima, o que restringe o desenvolvimento do cultivo de fungos em larga escala. Contudo, a técnica de cultivo JunCao supera a tradicional pela vantagem do uso da gramínea como substrato.

O JunCao possui ricas fontes para o desenvolvimento natural ou para áreas plantadas. O substrato residual pode também ser usado como forragem proteica de alta qualidade. Assim, é possível conciliar o desenvolvimento da fungicultura com a proteção do ecossistema de florestas e solucionar o problema de escassez de alimento para os animais.

Técnica JunCao

Antes da década de 1980, os principais materiais para cultivo de fungos comestíveis eram árvores e seus resíduos. Contudo, o desenvolvimento desta técnica estava na direção contrária ao balanço ecológico da floresta.

Na China, a situação tornou-se muito séria, porque o cultivo do shiitake e da orelha-de-judeu se desenvolveu muito rápido. Assim, em 1983, o professor Lin Zhanxi iniciou uma pesquisa com novos substratos para cultivo, como:

- Bagaço.
- Palha de arroz.
- Carapaça da semente de algodão.
- Caule de trigo.
- Folha de bananeira.
- Outras espécies vegetais, como *Miscanthus sinensis*, *Dicranopteris dicnotoma* e *Miscanthus floridulus*.

No início, o professor preocupou-se apenas em substituir parcialmente a madeira por outro material. Após muitos estudos, descobriu-se que JunCao pode substituir totalmente a serragem, assim como parte do farelo de trigo e de arroz, no substrato de cultivo. Além disso, a pesquisa sistemática levou a uma seleção de espécies de gramíneas e de linhagens de cogumelos aptas para serem utilizadas (LIN; LIN, 1997).

O desenvolvimento da técnica JunCao

Dezesseis eventos importantes ocorreram durante o desenvolvimento da técnica (LIN; LIN, 1997):

- Uso de sete gramíneas selvagens: *Dicranopteris dicnotoma*, *Neyrandia reynaudiana*, *Saccharum arundinaceum*, *Phragmites communis*, *Miscanthus floridulus*, *Themeda gigantea* e *Miscanthus sacchariflorus*, como substrato de cultivo com validação em 1987.

- Cultivo de fungos sem serragem e grãos (Patente nº 91101985.5). A pesquisa neste item foi feita no período 1987–1990 e validada em 1993.
- Método de fermentação JunCao para o cultivo de shiitake e orelha-de-judeu. Essa pesquisa foi feita de 1988 a 1991. É uma nova técnica que usa a proteína do fungo e da bactéria fermentativa para substituir os farelos de trigo e de arroz no cultivo do cogumelo. A patente desse método foi obtida na China e no Japão.
- Organização do método JunCao em cultivo com alta produtividade e boa qualidade, chamado de Método de Curva e Temperatura Média, o qual se baseia no clima local e nas características biológicas do fungo. Nesse método, pode-se fazer uso completo dos recursos do clima local, planejando-se facilmente produções sazonais, proporcionando estabilidade e produtividade elevadas. Esse método foi aplicado na Província de Fujian, na China, em 1990, e validado em 1991.
- Cultivo de cogumelos em *Spartina atierniflora* pelo Centro de Pesquisa JunCao da Universidade de Agricultura de Fujian, China, em cooperação com Xia Pu Comitê Municipal de Ciências e Tecnologia. *Spartina atierniflora* tem sido considerada a planta ideal para a conservação do solo e da água. Por isso, essa técnica tem aberto novo caminho para se usar essa hidrófita na produção de cogumelos e na conservação das margens dos rios. Essa técnica foi validada em agosto de 1994, ao passo que a produção de forragem pelo resíduo de cultivo de shiitake foi validada em 1992.
- Modelo do cultivo de fungos com JunCao em áreas com erosão de solo, validado em outubro de 1994.
- Cultivo de fungos com folhas de bananeira, validado em dezembro de 1993; o cultivo em caule dessa planta, bem como seu plantio intercalado em plantações de bananas, foi validado em dezembro de 1995.
- Proteína da palha da forragem, produzida com resíduos do cultivo da hidrófita *Spartina atierniflora*. O conteúdo em proteína bruta na forragem proteica proveniente do micélio é de 13% a 16%. Essa técnica foi validada em 1993.
- Pesquisa em cultivo de *Pleurotus ostreatus*, *Flammulina velutipes*, *Volvariella volvacea*, *Agaricus bisporus* e *Auricularia polytricha* com hidrófitas, validada no período 1993–1994.
- Cultivo de shiitake e *Auricularia polytricha* com o pó e a palha de JunCao, validado em dezembro de 1994.

- Forragem produzida com resíduo de shiitake cultivado com *Miscanthus floridulus* ou *M. sinensis*.
- Sistema para trituração de JunCao, moinho tipo 6JCFD-45 e 6JCFD-55, validado em outubro de 1991.
- Prevenção e controle de doenças e eliminação de pragas, em cultivo de fungos.
- Uma série de técnicas da industrialização de gramíneas em regiões montanhosas da Província de Fujian, China, validados em junho de 1996. Essa pesquisa fez parte de um subprojeto importante dentro do Programa de Tecnologia e Ciência da China.
- Pesquisa e aplicação com alta eficiência do padrão agrícola, na região montanhosa do sul da China, validada em dezembro de 1995.
- Pesquisa da técnica que compreende a indústria JunCao, validada em março de 1996.

Nesse contexto, a China tem alcançado nível de liderança internacional e contribuído para o contínuo desenvolvimento da indústria de fungos.

Seleção de JunCao

As pesquisas nas quais se usaram gramíneas como substrato foram iniciadas a partir de espécies selecionadas, cultivando, colhendo e processando cada uma delas, em seguida,

testando-as com diversas espécies fúngicas. Dentre as 29 espécies de gramíneas avaliadas na China, apenas 9 são encontradas no Brasil (LIN; LIN, 1997):

- *Arundo donax* (cana-do-reino).
- *Cymbopogon citratus* (capim-cidró).
- *Neyrandia reynaudiana*.
- *Pennisetum purpureum* (capim-elefante, cameron).
- *Phragmites communis*.
- *Saccharum arundinaceum*.
- *Sorghum vulgare* (sorgo).
- *Sorghum sudanense* (capim-sudão).
- *Zea mays* (milho).

Tanto quanto alta produtividade, a maioria dessas plantas são ricas em nutrientes e vigorosas. Elas também possuem alta capacidade adaptativa e são de ampla ocorrência, constituindo, portanto, substratos de boa qualidade para cultivo de ambos os tipos de fungos, comestíveis e medicinais.

Seleção de cogumelos

Durante 14 anos de estudos, 38 tipos de cogumelos comestíveis e medicinais foram avaliados e aprovados para o cultivo em JunCao na China (LIN; LIN, 1995). São eles:

<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Agrocybe chaxingu</i> ⁽¹⁾	<i>Agrocybe cylindracea</i>	<i>Armillaria mellea</i>
<i>Auricularia auricula</i>	<i>Auricularia carnea</i> ⁽¹⁾	<i>Auricularia delicata</i>	<i>Auricularia polytricha</i>
<i>Auricularia peltata</i> ⁽¹⁾	<i>Hericium erinaceus</i>	<i>Lentinula edodes</i>	<i>Pholiota aegerita</i>
<i>Pholiota nameko</i>	<i>Pleurotus abalonus</i>	<i>Pleurotus citrinopileatus</i>	<i>Pleurotus cystidiosus</i>
<i>Pleurotus Ferulae</i> ⁽¹⁾	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Coprinus comatus</i>	<i>Coriolus versicolor</i>
<i>Dictyophora duplicata</i>	<i>Dictyophora indusiata</i>	<i>Dictyophora rubrovolvata</i>	<i>Flammulina velutipes</i>
<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Ganoderma sinense</i> ⁽¹⁾	<i>Grifola albicans</i>	<i>Grifola frondosa</i>
<i>Hypsizigus marmoreu</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>	<i>Pleurotus salmoneo-stramineus</i>	<i>Stropharia rugosa</i>
<i>Stropharia annulata</i>	<i>Tremella fuciformis</i>	<i>Tremella aurantia</i> ⁽¹⁾	<i>Tremella cinnabarina</i>
<i>Volvariella bombycina</i>	<i>Volvariella volvacea</i>		

⁽¹⁾Binômio latino não confirmado.

Qualidade dos cogumelos cultivados com JunCao

Cogumelos cultivados com JunCao são de alta qualidade quanto aos aspectos nutricionais e conteúdo de metais pesados. A Tabela 1 mostra que os cogumelos cultivados com JunCao têm maior valor nutricional do que aqueles cultivados em toras e serragens. Os conteúdos de proteínas, N (nitrogênio), gordura, P (fósforo), K (potássio) e Mg (magnésio), em JunCao, são

maiores do que aqueles em serragem (LIN; LIN, 1997).

Situação de aplicação corrente

Com relação à difusão da técnica JunCao, em setembro de 1986, iniciaram-se sua utilização e disseminação. Desde então, vem sendo aplicada em 26 províncias e 265 comunidades, dispersando-se em 17 países, entre os quais o Brasil.

Tabela 1. Comparação do conteúdo de nutrientes em cogumelos produzidos em diferentes técnicas de cultivo.

Nutrientes	<i>Lentinula edodes</i>			<i>Auricularia polytricha</i>			<i>Auricularia auricula</i>	
	JunCao	Serragem	Tora	JunCao	Serragem	Tora	JunCao	Serragem
Conteúdo (%)								
Proteína	32,836	28,787	19,65	8,212	7,997	7,376	17,832	9,861
Fibra	20,4	17,12	29,81	27,75	19,61	39,8	21,33	13,66
Gordura	2,31	2,61	1,71	1,4	0,8	1,2	0,87	0,47
Cinza	9,42	8,02	9,55	9,55	9,62	9,71	9,57	9,48
N	5,254	4,606	3,145	1,314	1,28	1,18	2,853	1,578
P	0,965	0,855	0,378	0,228	0,195	0,19	0,356	0,36
K	1,944	1,447	1,372	1,066	0,829	0,696	1,562	1,69
Ca	0,013	0,033	0,023	0,108	0,099	0,249	0,141	0,176
Mg	0,143	0,132	0,137	0,148	0,133	0,136	0,128	0,177
Conteúdo (ppm)								
Cu	15,79	7,1	9,45	2,84	6,72	2,37	2,1	8,68
Zn	119,57	74,66	133,2	36,01	39,99	56,96	46,07	69,94
Mn	26,88	13,45	16,25	19,43	26,84	26,52	18,75	56,29
Fe	101,95	75,12	78,6	98,05	136,37	2.480,6	42,09	100,99

Fonte: Lin e Lin (1997).

De 1991 a 1995, as estatísticas mostraram que 1.239 bilhão de tubos/sacos de cogumelos comestíveis foram cultivados, o que equivale a 516,6 mil metros cúbicos de madeira poupada (LIN; LIN, 1997).

O uso da técnica JunCao traz muitas vantagens, entre elas:

Recursos agrícolas naturais abundantes e inexplorados – Existem 3,5 bilhões de hectares de gramíneas, que equivalem a 1/5 do total da área mundial. Na China, existe 0,4 bilhão de

hectares de gramíneas, que correspondem a três vezes mais do que a área cultivada. Além disso, mais de 30 mil espécies de plantas superiores podem ser encontradas naquele país, entre elas, 2.600 espécies são de Pteridófitas, e mais de 1.000 espécies pertencem à família das gramíneas. Entretanto, até o momento, somente 29 espécies foram selecionadas para o cultivo de cogumelos pela técnica JunCao. As gramíneas apresentam ciclo vegetativo curto, com desenvolvimento rápido. São altamente produtivas e podem ser colhidas diversas vezes

ao ano, como o capim-elefante (ARAÚJO, 1971; FILGUEIRAS, 1991).

Aproveitamento da energia solar com alta taxa de conversão biológica – Sob condições naturais (luz, temperatura e umidade) na província de Fujian, a energia solar convertida em JunCao é de quatro a seis vezes maior do que a convertida em biomassa pelas árvores (LIN; LIN, 1995, 1997). A taxa de conversão biológica para o cultivo de fungos com JunCao é de 10% a 20% maior do que com serragem. Ao mesmo tempo, os custos são reduzidos em 20%. Na Figura 12, tem-se o esquema de transformação biológica de JunCao.

Curto período de cultivo – Neste aspecto, um bom exemplo é o shiitake, cujo período total de desenvolvimento é de três semanas, mais curto que o necessário para o cultivo com serragem. O cultivo de *Dictyophora indusiata* com JunCao também tem essa vantagem. Sob temperaturas adequadas, frutifica após 40 dias, quer dizer, 2 meses menos em comparação com o período para cultivo em toras. Considera-se ainda que o manejo é muito mais fácil (LIN; LIN, 1995, 1997).

Praticidade e facilidade de apropriação – A técnica JunCao pode ser aplicada em pequena ou em grande escala de produção, tanto no subúrbio como fora das cidades. É de fácil domínio, requerendo poucos recursos. Em áreas onde o JunCao pode ser produzido, também se pode cultivar milho e hortaliças (LIN; LIN, 1995, 1997).

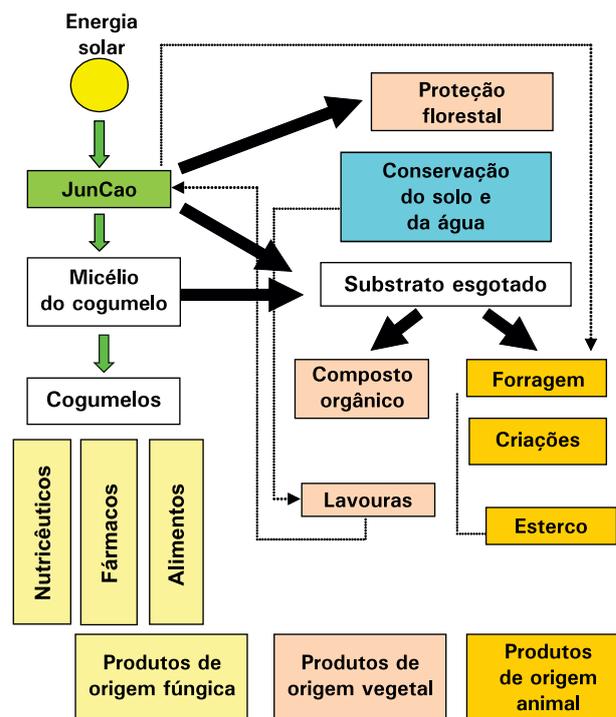


Figura 12. Esquema da transformação biológica de JunCao.

Efeito positivo no combate à degradação do solo pela erosão

– A técnica JunCao tem sido um efetivo método para conservação do solo. No município de Chantin, na China, após o plantio de *Pennisetum purpureum*, a temperatura superficial do solo foi diminuída para 10 °C a 15 °C, a umidade foi reduzida em 30% e a erosão do solo em 78% (LIN; LIN, 1995, 1997).

Descrição das espécies de gramíneas usadas no cultivo de cogumelos

Pennisetum purpureum *Schumacher (1827)*

O capim-elefante ou cameron (*P. purpureum*) é uma planta perene, cujo colmo mede até 3 m de altura, com sistema de raízes desenvolvido. Quando jovem, essa espécie é utilizada na alimentação de animais, inclusive peixes. Sua produtividade pode alcançar 225.000 kg/ha. Pode ser usada para cultivo de 16 espécies de cogumelos comestíveis. Os resíduos de cultura podem ser aproveitados como ração para o gado. Seu cultivo é muito popular no Brasil.

Neyraudia reynaudiana *(Kunth) Keng ex Hitch*

Planta perene, de raiz lenhosa, colmo medindo de 1,0 m a 4,8 m de altura, ramificada. A folha atinge de 1 cm a 3 cm de largura e 77,5 cm de comprimento. Distribui-se nos vales dos grandes rios do sudeste da China e do sudeste da Ásia. Cresce à beira de rios, em pastagens de encostas e em áreas rochosas. Possui a vantagem de suportar solo de baixa fertilidade, tem alta capacidade de adaptação e é de fácil cultivo.

Essa espécie é muito produtiva e de alto valor nutricional. É aproveitada como alimento para

animais e na conservação do solo e da água. Quando em solo fértil, produz até 45.000 kg/ha. Sua composição de nutrientes é ideal para o desenvolvimento de diversos fungos comestíveis. *Neyraudia reynaudiana* pode ser utilizado na complementação do farelo de trigo e associado à serragem, no cultivo de *Lentinula edodes*, *Auricularia auricula* e de outros cogumelos. Seus restos culturais também podem ser aproveitados como forragem.

Saccharum arundinaceum *Rentz (1786)*

Planta perene, com o colmo medindo 2 cm de espessura. A folha pode atingir 1,5 m de comprimento e 2,0 cm a 2,5 cm de largura. Distribui-se pelo sul, e pelo sudeste da China e sudeste da Ásia. Quando jovem, pode ser aproveitada em ração para cavalos e bovinos. Quando adulta, pode ser usada como combustível, sendo aproveitada na confecção de coberturas e na fabricação de papel. Possui conteúdo elevado de nutrientes. Pode ser utilizada, ainda, como substrato para cultivo de diversos cogumelos comestíveis.

Phragmites communis Trin (1820)

Planta perene, de raiz lenhosa, colmo mede de 1 m a 3 m de altura e folha tem 1 cm a 3,5 cm de largura. Distribui-se por toda a Zona Temperada.

É comum desenvolver-se perto de rios, de lagos ou mesmo de desertos. As plantas jovens podem servir de alimento para animais e na fabricação de papel. É também adequada para reforçar diques. Por sua ampla distribuição, adapta-se com grande facilidade; é resistente a inundações e tem elevada produtividade. Em solos férteis, atinge 45.000 kg/ha de peso fresco. Normalmente, seu conteúdo de nutrientes ultrapassa aqueles obtidos com serragem. Há relatos de sua existência no Brasil.

Cymbopogon citratus (Dc.) Stapf (1906)

O capim-cidrô (*C. citratus*) é uma planta perene, com fragrância de limão. Apresenta colmo fino, atingindo 1 m, mas pode chegar a 2 m de altura. A folha é estreita, com 1,5 cm de largura. Ambas as faces da folha são branco-acinzentadas e ásperas. É amplamente distribuída na China. As raízes e as folhas podem ser utilizadas para extração de essências. Caules e folhas são usados como substrato no cultivo de cogumelos. No Brasil, seu cultivo é popular, para extração de óleo essencial e preparação de infusão com propriedades medicinais.

Arundo donax L. (1753)

A cana-do-reino (*A. donax*) é uma planta perene, com raízes fortes e finas, e com muitos

nós. O colmo é ramificado, medindo de 2 m a 6 m de altura; folhas lisas, com 2 cm a 5 cm de largura. Essa espécie é originária da região mediterrânea da Península Ibérica. Acha-se distribuída no sul e no sudeste da China, assim como nos trópicos. Geralmente, se desenvolve ao longo de rios. Sua presença contribui para a conservação da água e do solo. É também usada na fabricação de papel e como tutores para diversas culturas. Constitui um substrato de alta qualidade para cultivo de *Lentinula edodes*, *Auricularia politricha* e *Ganoderma lucidum*. No Brasil, ocorre em diversos estados, ao longo de rios e estradas.

Outras gramíneas como *Sorghum vulgare* (sorgo), *Sorghum sudanense* (capim-sudão) e *Zea mays* (milho), também podem ser usadas como substratos no cultivo de cogumelos por meio da técnica JunCao.

Colheita, processamento e armazenamento de JunCao

Em decorrência das diferenças biológicas existentes entre a serragem e o JunCao, os procedimentos adotados na colheita, no processamento e na secagem são distintos. Sua aplicação adequada resulta na manutenção do valor nutricional existente nas espécies de JunCao.

Colheita

Em decorrência do alto conteúdo de N (nitrogênio) encontrado em algumas gramíneas, a seleção da estação de colheita, no que se relaciona às intempéries, necessita de cuidados. Se a colheita for feita em dias chuvosos, a secagem e o processamento tornam-se muito difíceis, o que resultará em perdas. Por isso, a colheita deve ser feita em período com 5 a 7 dias de sol. O estágio para realização da colheita depende das diferentes espécies de JunCao e da espécie de cogumelo a ser cultivada.

Processamento e estocagem

Após o corte, o capim precisa ser colocado ao sol, para completar a secagem, que sempre é afetada pelo tempo. Assim, tenta-se estocar JunCao antes da estação chuvosa. Dois métodos de estocagem são comumente adotados:

- Estocagem interna: em salas secas.
- Estocagem externa: em montes de feno.

Na estocagem interna, é importante verificar o nível de umidade. Entretanto, para ambos os métodos, é preciso muito cuidado na prevenção do fogo.

O capim solto ocupa muito espaço interno, sendo facilmente umedecido externamente. Assim, é mais conveniente processá-lo e reduzi-lo a pó,

imediatamente após a secagem, uma vez que JunCao em pó ocupa pouco volume e é mais adequado para estocagem e transporte a longa distância.

O processamento do JunCao é muito diferente daquele empregado para serragem e palha de arroz, pois apresenta estrutura física e nutrientes diferentes. Na moagem do JunCao, o diâmetro do crivo depende das diferentes espécies de gramíneas. Normalmente, usam-se para cultivo de cogumelos, substratos de gramíneas com granulometria em torno de 3 cm a 5 cm de diâmetro. O pó de JunCao deve ser estocado em salas secas, para evitar que os nutrientes sejam exauridos pela umidade, reduzindo o valor nutricional do substrato.

Manejo e cultivo artificial de espécies de JunCao

Ao mesmo tempo em que se exploram espécies de JunCao nativas, há que se adotar medidas para protegê-las ou mesmo cultivá-las artificialmente, pois as fontes de JunCao são limitadas. Espécies distintas de JunCao apresentam diferentes habilidades de adaptação. Normalmente, as espécies selvagens não se desenvolvem em sucessão porque se tornam de difícil manejo e baixa produtividade.

Podem-se adotar dois tipos de cultivo: o cultivo artificial e o cultivo de manejo de encostas

naturais, para facilitar o crescimento dessas espécies. Antes dos dias chuvosos, o uso de fertilizantes é sempre benéfico, para que se possa obter boa produtividade.

Técnicas de cultivo de capim-elefante (*P. purpureum*)

Alguns pontos do cultivo dessa gramínea são importantes, conforme relatado a seguir:

Seleção de solo – Não existem exigências restritivas. Para se obter boa produtividade, o solo precisa ser permeável, fértil e bem drenado.

Época de aração – É feita 1 a 2 meses, antes do plantio, numa profundidade de 20 cm a 30 cm. Para solos de baixa fertilidade, a adubação é muito importante.

Abertura de canais – Deve ser feita ao longo das encostas, com 1 m de largura.

Época do plantio – Deve ser feito nos meses de primavera e outono, ou toda vez que a temperatura se mantiver acima de 12 °C. No verão, é conveniente irrigar as mudas.

Tipo de propagação – Uma boa maneira de propagação dessa gramínea é por meio de estacas, com dois nós, plantadas em sulcos espaçados de 30 cm a 45 cm. Para isso, deve-se enterrar um dos nós, deixando-se o outro acima

do solo. Nas estações secas, manter a irrigação por 3 a 5 dias.

Duas adubações nitrogenadas são recomendadas – Uma quando a planta atingir 20 cm de altura, e a outra após o corte, para promover o rebrote.

O capim pode ser colhido duas vezes ao ano para se cultivar *Lentinula edodes*, *Auricularia polytricha*, *A. auricula* e *Dictyophora indusiata*, e seis a oito vezes ao ano, para se cultivar *Flammulina velutipes*, *Volvariella volvacea*, *Agaricus bisporus* e *Pleurotus sajor-caju*. A produtividade anual de peso fresco é de 150 t/ha a 200 t/ha. Em estação úmida e com alta temperatura, o capim-elefante pode ser colhido duas vezes ao ano.

Cogumelos no Brasil

No Brasil, o conhecimento dos cogumelos como alimento, medicamento e/ou atividades religiosas e culturais foi iniciado pelos indígenas no século 19. Várias tribos indígenas brasileiras são conhecidas como micófabas: Umutina, Bororó, Ecuana, Caiapó, Ianomâmi, entre outras. O cultivo de cogumelos foi iniciado em 1943, por técnicos do Instituto Biológico de São Paulo. Em Mogi das Cruzes, SP, o início dessa atividade ocorreu na década de 1950, mas só ganhou projeção, com a chegada de imigrantes chineses, procedentes de Taiwan (URBEN et al., 2004).

Pesquisas em andamento na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

O cultivo de cogumelos vem sendo pesquisado no Laboratório da Embrapa Recursos Genéticos

e Biotecnologia, em Brasília, DF, desde 1996, no intuito de utilizar gramíneas forrageiras brasileiras como substrato, ao invés da tradicional madeira ou serragem, visando à intensificação do cultivo dessa fonte alternativa de alimento. Essa metodologia é mostrada no fluxograma (Figura 13).

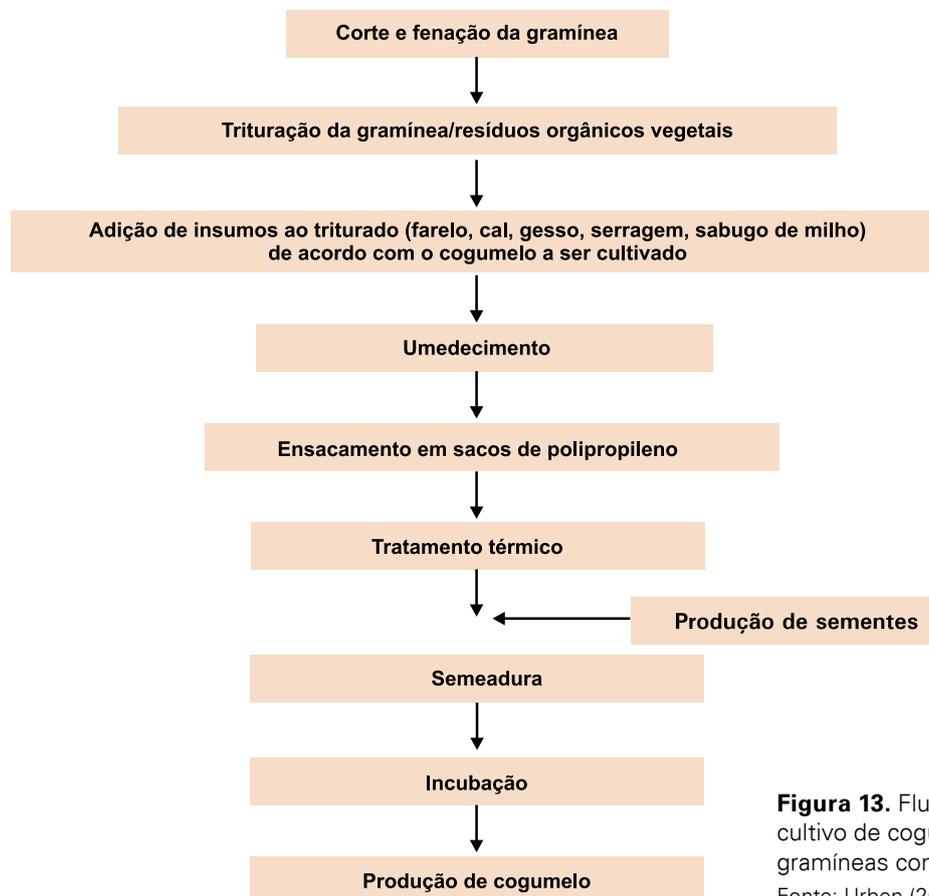


Figura 13. Fluxograma do cultivo de cogumelos utilizando gramíneas como substrato. Fonte: Urben (2004).

Diversas espécies de gramíneas e outros resíduos agrícolas têm apresentado potencial como substratos para cultivo de cogumelos:

- *Andropogon* sp.
- *Brachiaria brizantha*.
- *B. decumbens*.
- *Cynodon* spp. (*cost cross* e *tifton*).
- *Pennisetum purpureum* (capim-elefante, *cameron*).
- *Saccharum officinarum* (cana-de-açúcar).
- *Musa* sp. (bananeira/folha).
- *Bactris gasipaes* (pupunha/descasca).
- *Pilocarpus microphyllus* (jaborandi/resíduo).
- *Dimorphandra mollis* (fava dantas/resíduo).

Foram cultivadas 18 espécies de cogumelos comestíveis e medicinais adequadas ao cultivo, usando-se as gramíneas acima mencionadas como substrato:

- *Coprinus comatus*.
- *Lentinula edodes*.
- *Lentinus strigellus*.
- *Oudemansiella canarii*.
- *Pleurotus flabeliforme*.
- *Pleurotus ostreatoroseus*.
- *Pleurotus ostreatus* (var. chinesa).
- *Pleurotus ostreatus* (shimeji branco).
- *Pleurotus ostreatus* (shimeji preto ou cinza).

- *Pleurotus sajor-caju*.
- *Hericium erinaceus*.
- *Flammulina velutipes*.
- *Auricularia auricula*.
- *Auricularia polytricha*.
- *Ganoderma lucidum*.
- *Ganoderma resinaceum*.
- *Pycnosporus sanguineus*.
- *Fistulina hepatica*.

As gramíneas e/ou resíduos orgânicos vegetais são triturados com o auxílio de um triturador de gramíneas (Figura 14). Em seguida, adicionam-se ao material triturado outros insumos, como farelo de arroz e gesso agrícola. O substrato é então umedecido e colocado em sacos de polipropileno resistentes a altas temperaturas.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 14. Triturador/picador para gramínea forrageira utilizado na técnica JunCao.

Posteriormente, o material é esterilizado a 121 °C durante 1 hora e 30 minutos e inoculado com “sementes” do fungo desejado (Figuras 15 a 17).

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 15. Preparo de substrato para cultivo de cogumelos.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 16. Substrato sendo inoculado.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 17. Vedando o orifício inoculado.

Posteriormente, os sacos de plástico de poli-propileno contendo os substratos previamente inoculados são transferidos para uma sala escura, com temperatura ambiente em torno de 25 °C a 28 °C e 70% a 80% de unidade relativa, para que se inicie o processo de desenvolvimento vegetativo do fungo (Figura 18).



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 18. Sala escura para desenvolvimento vegetativo do fungo.

Diversas formulações de substratos foram estabelecidas para cultivo de cogumelos comestíveis e/ou medicinais. E uma avaliação quanto à produtividade de algumas delas encontra-se na Tabela 2.

Substrato 1

<i>Brachiaria decumbens</i>	39%	=	1,95 kg
<i>Andropogon</i>	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 2

<i>Brachiaria decumbens</i>	39%	=	1,95 kg
<i>Brachiaria brizantha</i>	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 3

<i>Andropogon</i>	39%	=	1,95 kg
<i>Brachiaria brizantha</i>	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 4

<i>Tifton</i>	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 5

<i>Andropogon</i>	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 6

<i>Tifton</i>	39%	=	1,95 kg
<i>Andropogon</i>	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 7

<i>Cameron</i>	25%	=	1,25 kg
<i>Andropogon</i>	32%	=	1,60 kg
<i>Tifton</i>	21%	=	1,05 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 8

<i>Cameron branco</i>	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 9

<i>Brachiaria decumbens</i>	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 10

<i>Cameron</i>	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 11

<i>Cameron</i>	39%	=	1,95 kg
<i>Andropogon</i>	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 12			
Cameron	39%	=	1,95 kg
Tifton	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 13			
Cost cross	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 14			
Cost cross	39%	=	1,95 kg
Tifton	39%	=	1,95 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 15			
Andropogon	38%	=	1,90 kg
Bagaço de cana	40%	=	2,00 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 16			
Bagaço de cana	40%	=	2,00 kg
Brachiaria decumbens	38%	=	1,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 17			
Gramma	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 18			
Bagaço de cana	78%	=	3,90 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 19			
Bagaço de cana	77%	=	3,85 kg
Farelo de arroz	19%	=	950 g
Gesso	4%	=	200 g

Substrato 20			
Bagaço de cana	76%	=	3,80 kg
Farelo de arroz	18%	=	900 g
Gesso	6%	=	300 g

Substrato 21			
Bagaço de cana	75%	=	3,75 kg
Farelo de arroz	17%	=	850 g
Gesso	8%	=	400 g

Substrato 22			
Cameron	60%	=	3,00 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Bagaço de cana	18%	=	900 g
Gesso	2%	=	100 g

Substrato 23			
Cost cross	60%	=	3,00 kg
Farelo de arroz	20%	=	1,00 kg
Bagaço de cana	18%	=	900 g
Gesso	2%	=	100 g

Nota: para cada fórmula, deve-se adicionar de 8 L a 9 L aos ingredientes mencionados.

Tabela 2. Espécies de cogumelos que apresentam boa produtividade nos substratos avaliados na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Espécie	Substrato													
	1	4	5	6	8	9	12	14	15	16	17	20	22	23
<i>Auricularia polytricha</i>			x		x		x		x					
<i>Flammulina velutipes</i>				x	x		x							x
<i>Lentinula edodes</i>				x	x		x	x	x				x	
<i>Lentinus strigellus</i>					x		x					x		x
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. China	x		x	x	x		x		x				x	x
<i>Pleurotus ostreatus</i> (shimeji-branco)	x	x		x	x		x	x	x				x	x
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	x	x			x	x			x		x	x	x	
<i>Pleurotus flabeliforme</i>		x			x		x							
<i>Pleurotus ostreatoroseus</i>		x	x		x		x		x	x				
<i>Oudemansiella canarii</i>					x		x							
<i>Hericium erinaceus</i>			x											

Fonte: Urben et al. (2004).

Quando totalmente colonizados pelo fungo, os substratos são transferidos para um galpão ou casa de vegetação, para produção dos corpos de frutificação (Figuras 19 a 26).

Geralmente, o peso fresco desses cogumelos, com 500 g de composto, variou entre 100 g e 255 g na primeira colheita.

Os resultados obtidos na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia evidenciam que os substratos testados foram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo dos fungos e consequente produção de cogumelos de excelente qualidade.



Foto: Claudio Bezerra

Figura 19. Cogumelos desenvolvidos em casa de vegetação da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 20. *Pleurotus ostreatus* produzidos em casa de vegetação da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 22. *Pleurotus ostreatus* (cogumelo-ostra) em ponto de colheita.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 21. Frutificações imaturas de *Pleurotus ostreatus* (cogumelo-ostra).



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 23. *Pycnosporus sanguineus* cultivado pela técnica JunCao.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 24. *Pleurotus sapidus* cultivado pela técnica JunCao.

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 25. *Lentinula edodes* (shiitake) cultivado pela técnica JunCao.



Foto: Aرائلde Fontes Urban

Figura 26. *Hericium erinaceus* pela técnica JunCao na China.

As pesquisas continuam na busca por espécies de gramíneas cultivadas ou nativas, avaliando-se as mais propícias ao cultivo de fungos comestíveis no Brasil, como também na determinação

das espécies de cogumelos com melhor desenvolvimento/produção nesses substratos.

Os cogumelos necessitam de condições ótimas para o seu desenvolvimento vegetativo e

reprodutivo. A Tabela 3 mostra as condições ideais para o cultivo de algumas espécies.

O cultivo de cogumelos pela técnica JunCao exige pouco investimento. A estrutura física,

Tabela 3. Condições ideais de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo para algumas espécies de cogumelos.

Espécie	pH do composto	Crescimento do micélio			Frutificação e colheita			
		Temperatura (°C)	Umidade do composto	Luz (lux)	Temperatura (°C)	Umidade local	Luz (lux)	Período colheita
<i>Agaricus bisporus</i>	7,0–7,5	22–25	65%–67%	sem	16–20	85%–90%	sem	84 dias
<i>Pleurotus ostreatus</i>	5,5–6,0	20–25	65%	sem	20–26	85%–90%	50–500	30–35 dias
<i>Lentinula edodes</i>	4,0–5,5	24–27	58%–62%	sem	15–25	> 60%	300–500	6 meses
<i>Ganoderma lucidum</i>	4,0–6,0	24–30	60%	sem	22–25	80%–90%	moderada	5 meses
<i>Volvariella volvacea</i>	7,2–8,0	30–35	65%–70%	sem	29–32	80%–90%	moderada	30–40 dias

Fonte: Bononi (1995) e Lin e Lin (1997).

ou seja, um galpão simples feito de plástico ou de alvenaria, com 54 m², fica em torno de R\$ 4.000,00 a R\$ 10.000,00. As prateleiras poderão ser de madeira ou de aço. Cada estante, com cinco prateleiras, fica em torno de R\$ 130,00; 1 kg de “sementes” pode custar de R\$ 6,00 a R\$ 10,00. Cada saco de polipropileno custa em torno de R\$ 0,025. Já o preço do triturador elétrico varia de R\$ 800,00 a R\$ 2.500,00, dependendo da capacidade motora. Esses são apenas alguns exemplos de custos envolvidos na produção de cogumelos.

Exemplo de componentes da produção de cogumelos com a técnica JunCao em condições adequadas (sem custos fixos).

1.000 kg de substrato seco.....	R\$ 500,00
Sacos com 800 g de substrato	3.125 unidades
Produção de cada saco	200 g
Produção total	625 kg de cogumelos
Preço unitário (kg fresco).....	R\$ 25,00 a 30,00
Lucro bruto	R\$ 18.750,00
Período de cultivo.....	60 dias
Área utilizada	54 m ²

Obs.: 1.000 kg de substrato seco rendem 2.500 kg de substrato úmido.

Considerações finais

O sistema de cultivo de cogumelo pela técnica JunCao possibilita o uso de resíduos orgânicos (restos culturais e resíduos industriais), acumulados no ambiente, a uma velocidade muitas vezes superior à capacidade de degradação, graças aos seus sistemas enzimáticos (lignina e celulose).

Essa propriedade biodegradadora de resíduos naturais é observada na maioria dos cogumelos comestíveis e medicinais. Além disso, é uma técnica simples porque usa substrato de baixo custo, e os cogumelos podem ser produzidos em pequenas áreas.

Na técnica JunCao, o ciclo de produção é mais rápido do que os usados nas técnicas tradicionais (cultivo em toras e com uso de compostagem), e os corpos frutíferos (carpóforos) normalmente são de excelente qualidade sob os aspectos nutricionais e medicinais.

Referências

- ARAÚJO, A. A. de. **Principais gramíneas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sulina, 1971. 259 p.
- ARORA, D. **Mushrooms demystified: a comprehensive guide to the fleshy fungi**. Berkeley: Ten Speed, 1986. 959 p.
- BONONI, V. L.; TRUFEM, S. F. B. **Cogumelos comestíveis**. 2. ed. São Paulo: Icone, 1986. 83 p. (Icone. Coleção Brasil Agrícola).
- BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Icone, 1995. 205 p. (Icone. Coleção Brasil Agrícola).
- FILGUEIRAS, T. S. A floristic analysis of the gramineae of Brazil's Distrito Federal and a list of the species occurring in the area. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 48, n. 1, p. 73-80, 1991.
- LIN, Z.; LIN, Z. **Fungi cultivation with JunCao**. Fuzhou: Asia-Pacific Fungi Cultivation Training Center, 1995. 110 p.
- LIN, Z.; LIN, Z. **JunCao technology**. Fuzhou: Asia-Pacific Fungi Cultivation Training Center, 1997. 129 p.
- STAMETS, P. **Growing gourmet and medicinal mushrooms**. Berkeley: Ten Speed Press, 1993. 552 p.
- URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P. ; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.



Capítulo 4

Cultivo de *Lentinula edodes* pela técnica JunCao

Arailde Fontes Urban
Ari Henrique Uriartt

Introdução

Lentinula edodes (shiitake) é o cogumelo mais popular e famoso na China (Figura 1). Ocupa o segundo lugar entre os cogumelos mais consumidos no mundo, só perdendo para o champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*). É consumido há milhares de anos pelos povos asiáticos, particularmente chineses e japoneses. Segundo a literatura, esse fungo é originário da China, e seu cultivo primitivo artificial data de 900 anos, tendo sido aperfeiçoado mais tarde, pelos japoneses (LIN; LIN, 1995, 1997).

Os corpos frutíferos são deliciosos e recendem um aroma especial, fazendo com que esse cogumelo seja muito apreciado por seus consumidores. O shiitake é também conhecido por

seu valor nutracêutico (nutricional e medicinal). Na China, ele é considerado como o “elixir da vida” por fornecer nutrientes necessários à saúde humana. Algumas fibras dietéticas encontradas na parede celular desse fungo, como as β -glicanas, apresentam atividade antitumoral. Essas fibras também têm ação laxativa, reduzindo os riscos de câncer de cólon e de reto (LIN; LIN, 1995, 1997).

Características morfológicas

Micélio

O micélio desenvolve-se do esporo, parte reprodutiva do fungo. É formado por um conjunto de hifas que podem ser simples ou ramificadas e, normalmente, apresenta textura delicada, paredes estreitas e aspecto cottonoso. Sua principal função é decompor a celulose e a hemicelulose, e extrair nutrientes para suas próprias necessidades de crescimento e reprodução.

Corpo de frutificação

Lentinula edodes entra na fase sexuada, ou seja, a fase de produção de basidiomas, em decorrência dos estímulos diversos como mudanças na umidade do ar e na temperatura, bem como na disponibilidade de nutrientes. Entretanto, quanto às respostas a esses estímulos, as linhagens

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 1. Corpos frutíferos de *Lentinula edodes*.

podem diferir entre si, podendo ser mais ou menos exigentes, uma vez que algumas requerem condições muito específicas para uma boa produção de basidiomas (STAMETS; CHILTON, 1983).

O corpo de frutificação é desenvolvido e diferenciado do micélio binucleado. Pode produzir basídio e basidiósporo. Em outras palavras, é o órgão reprodutivo tal como o fruto da planta superior. O corpo de frutificação maduro é aberto, como um guarda-chuva e consiste de chapéu, lamela e estipe.

O chapéu é a principal parte comestível de *L. edodes* e fica localizado no topo do corpo de frutificação. É carnudo e mede de 5 cm a 20 cm de largura. Inicialmente, é hemisférico, expandindo-se gradualmente. As margens são ligeiramente onduladas, com textura branca. A espessura do chapéu é um dos principais determinantes do grau de qualidade do cogumelo.

A lamela é aderida à parte inferior do chapéu e apresenta formato radial, cor branca, mede de 3 cm a 5 cm de comprimento e 0,3 cm a 0,8 cm de largura. Lateralmente, crescem os basídios e basidiósporos.

A estipe ou haste é cilíndrica e fica localizada sob a parte central do chapéu e funciona como suporte deste, além de transportar nutrientes e água. Sua função é similar ao caule. O comprimento da

estipe é um dos principais fatores que determinam a qualidade das espécies ou linhagens.

Basidiósporo é a célula reprodutiva com função de propagação. Quatro basidiósporos são localizados no basídio. Ao microscópio, o basidiósporo possui aparência transparente, forma elíptica ou circular, diâmetro de 5 mm a 7 mm por 3,4 mm a 4 mm e um dos lados ligeiramente acentuado.

O ciclo de vida do basidiocarpo é descrito a seguir: esporos maduros ao germinarem produzem micélio, sob condições apropriadas, após terem sido dispersos da lamela. O micélio, então diferenciado, transforma-se em corpo de frutificação. Os esporos são produzidos em lamelas existentes na parte inferior do corpo de frutificação (Figura 2). Sob condições naturais, o tempo para completar um ciclo depende do método de cultivo e da linhagem, normalmente é de 3 a 4 meses.

Os esporos de *L. edodes* são heterotáticos. Um simples esporo sob uma certa umidade e temperatura desenvolve-se, primeiramente, em micélio, o qual é chamado de micélio mononuclear, por apresentar apenas um núcleo contido em cada célula. Micélios mononucleares tendem a crescer vagarosamente. Somente após uma combinação de um micélio mononuclear com outro com afinidade sexual é que se forma um micélio binuclear e, só então, o corpo de frutificação pode ser normalmente desenvolvido. Micélio binuclear é mais grosso e vigoroso. Esse tipo de micélio é característico dessa espécie de fungo.

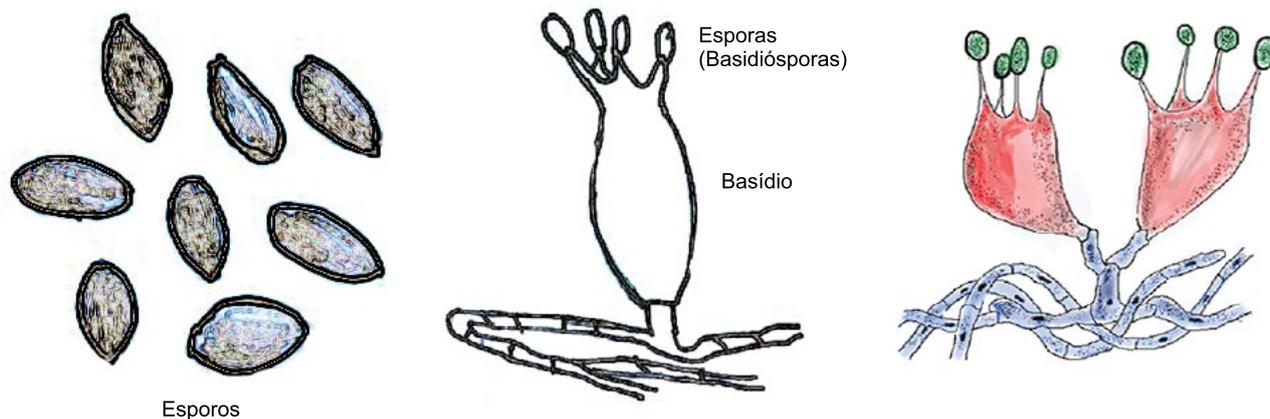


Figura 2. Desenhos esquemáticos de esporos e basídios de cogumelo.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

Todas as “sementes” usadas para inoculação artificial são constituídas de micélio binuclear.

Os primórdios são formados da maturação do micélio binuclear sob condições favoráveis. Assim, eles se desenvolvem em primórdios. Mais tarde, esses primórdios se desenvolvem em corpo de frutificação.

Fatores que condicionam o desenvolvimento dos cogumelos

Nutrientes

Lentinula edodes é um fungo saprófita, que extrai nutrientes do substrato, por meio do micélio.

Compreender as exigências nutritivas constitui uma necessidade para a escolha do substrato apropriado. As substâncias essenciais são C (carbono), N (nitrogênio), minerais e vitaminas. O C é o elemento de maior conteúdo nos cogumelos secos, compreendendo cerca de 50% a 60% de sua composição. Como fonte de carbono normal, o micélio pode absorver, diretamente, ácidos orgânicos e álcoois, mas celulose, hemicelulose, lignina, amido e pectina precisam ser quebrados em substâncias mais simples como glucose, hemilactose e frutose, pelas enzimas secretadas pelo micélio, antes de começarem a ser absorvidos.

Todas as substâncias acima mencionadas podem ser encontradas nos substratos de cultivo, como

toras de madeira, serragem, JunCao (capim-elefante e capim-sudão), e nos resíduos agrícolas (semente de algodão, milho e sorgo).

O N é o elemento essencial para compor proteínas e ácidos nucleicos. Aminoácidos, ureia e peptona podem ser facilmente usados por *L. edodes* na forma de sulfato de amônio (NH_4^+). O micélio é também capaz de utilizar NO_3^- e NO_2^- (LIN; LIN, 1995, 1997).

Para seu desenvolvimento, *L. edodes* necessita de uma certa relação C/N. Se essa relação for alterada em favor de N, haverá um supercrescimento do micélio, com conseqüente inibição da formação de primórdios. Por sua vez, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e cobalto (Co) são também minerais essenciais para o crescimento desse fungo. Entretanto, P, K e Mg são os mais importantes (LIN; LIN, 1995, 1997).

Outros microelementos contidos no substrato de cultivo devem estar em quantidades suficientes para o fungo se desenvolver.

Batata, maltose, levedura, farelo de arroz e farelo de trigo são todos ricos em vitaminas. Assim, substratos compostos por esses materiais não necessitam da adição de vitamina B_1 . Como a vitamina B_1 é facilmente destruída quando a temperatura atinge mais de 120 °C, deve-se redobrar a atenção para evitar que a temperatura

se eleve além desse nível durante a esterilização do substrato (LIN; LIN, 1995, 1997).

Temperatura

A temperatura é um dos fatores importantes no desenvolvimento de *L. edodes*. Quando elevada, pode afetar:

- O desenvolvimento dos esporos e do micélio.
- A diferenciação dos primórdios.
- O desenvolvimento do corpo de frutificação.
- A qualidade do produto.

Entretanto, o controle da temperatura está relacionado com os estágios ou estádios de desenvolvimento das diferentes linhagens do cogumelo.

A esporulação ocorre sob temperatura de 16 °C a 30 °C, sendo a melhor faixa entre 22 °C e 26 °C. Os esporos podem não tolerar temperaturas elevadas, mas podem tolerar temperaturas muito baixas.

O crescimento micelial ocorre em ampla faixa de temperatura (5 °C a 32 °C). Contudo, verifica-se maior desenvolvimento entre 24 °C e 27 °C. Sob temperatura abaixo de 10 °C, ou acima de 30 °C, torna-se lento, interrompendo a 35 °C. O micélio puro morre quando colocado a 45 °C por 40 minutos, mas permanece vivo sob 20 °C, após 10 horas. A temperatura ideal para diferenciação do primórdio é entre 10 °C e 20 °C,

embora possa ocorrer numa faixa mais ampla (8 °C a 21 °C) (LIN; LIN, 1995, 1997).

O corpo de frutificação cresce em temperaturas de 5 °C a 25 °C, sendo o melhor intervalo entre 8 °C e 16 °C. Existem variações quanto à exigência de temperatura por diferentes linhagens. Com base na temperatura de formação do corpo de frutificação, podem-se dividir as linhagens em três tipos:

- Para alta temperatura (15 °C a 25 °C).
- Para temperatura média (10 °C a 20 °C).
- Para baixa temperatura (5 °C a 15 °C).

A temperatura influencia muito a qualidade de *L. edodes*. Em faixas de temperatura mais baixas, o corpo de frutificação cresce vagarosamente, mas engorda o pé, encurta o estipe e intensifica a textura, resultando em melhor qualidade. Sob clima frio e seco, a superfície do chapéu apresenta-se facilmente quebrável, como casco de tartaruga, denominado de cogumelo-flor, que é um cogumelo da mais alta qualidade. Enquanto em faixas mais altas de temperatura, o corpo de frutificação cresce rapidamente, mas também abre rapidamente o chapéu fino, resultando em cogumelo de baixa qualidade.

Umidade

A água é um importante fator para o desenvolvimento de *L. edodes*. Normalmente, o conteúdo

de água no cogumelo fresco é de 87% a 94%. Esporos germinam somente sob alta umidade.

O período de desenvolvimento do micélio requer temperatura alta e baixa umidade. Conteúdo de umidade elevado terá efeito negativo na respiração do micélio. O conteúdo de água no substrato de cultivo considerado apropriado varia entre 58% e 62%.

Durante o período de frutificação, o conteúdo de água do substrato deverá ser mantido acima de 45%, e a umidade relativa do ar no local de frutificação deve ficar entre 80% e 90%. Acima desse patamar, a umidade inibirá a transpiração. Os corpos de frutificação interrompem seu desenvolvimento quando a umidade relativa do ar cai abaixo de 60% e quando imaturos morrem, se a umidade relativa do ar for mantida abaixo de 50% por períodos prolongados.

Luz

Os esporos precisam ser protegidos da iluminação direta do sol. Se expostos ao sol por dez minutos, sua taxa de crescimento se reduzirá para 50%. Após 5 horas, a taxa de desenvolvimento cai para 5% a 6%, ou mesmo 0%. Luz forte inibe o desenvolvimento do micélio. Sob alta intensidade de luz, de 50 lux a 270 lux, e temperatura apropriada, o micélio formará uma camada de membrana de coloração marrom para aqueles substratos feitos com JunCao e serragem.

A formação do corpo de frutificação necessita de uma certa quantidade de luz difusa. Sob escuridão completa, os corpos de frutificação não se formam por completo. A luz também influencia a cor do corpo de frutificação, o qual apresentará cor pálida, longo estipe e alta taxa de deformação se não houver luz parcial.

Oxigênio

Lentinula edodes é um fungo aeróbico. Seu processo de respiração será inibido sob condições deficientes de oxigênio (O₂). Quando o ar na sala de cultivo não é renovado adequadamente, há um acúmulo de dióxido de carbono, o que afeta nitidamente o crescimento do micélio e o desenvolvimento do corpo de frutificação. Serão produzidos cogumelos mal formados com estipe grosso e chapéu pequeno. Portanto, a sala de cultivo, tanto interna quanto externa, precisa ser bem ventilada. As deficiências de ar, o excesso de umidade no substrato também prejudica o desenvolvimento do micélio.

pH

O micélio cresce na faixa de pH variando de 3,0 a 6,5, sendo que os valores ideais estão entre 4,0 e 5,5. Entretanto, pH entre 3,5 e 5,0 promove a formação dos primórdios e o desenvolvimento de corpos de frutificação. Por isso, o valor do

pH deve ser monitorado quando da escolha dos materiais que compõem o substrato, do local do cultivo e da fonte de suprimento de água (LIN; LIN, 1995, 1997).

Cultivo de *Lentinula edodes* em tubos

Seleção de linhagens

Existe uma grande variedade de linhagens de *L. edodes*, portanto, a escolha da linhagem certa é o determinante do cultivo.

De acordo com a espessura do chapéu, dois tipos de cogumelos são separados: cogumelo fino e cogumelo grosso. Com base no tamanho do cogumelo, os chapéus com diâmetro de 11 cm a 15 cm são considerados grandes, aqueles com diâmetro de 5 cm a 10 cm, intermediários, e aqueles com diâmetro menor que 5 cm, pequenos. A escolha da linhagem a ser utilizada deve ser feita em conformidade com o tipo de substrato de cultivo (tronco, serragem ou JunCao). Outra divisão também tem sido mencionada, no que se refere à temperatura de frutificação, existindo linhagens para alta, média e baixa temperaturas.

A produtividade e a qualidade de diferentes linhagens de *L. edodes* diferem-se mesmo quando cultivadas na mesma área e com o mesmo substrato. Similarmente, a mesma linhagem cultivada

em diferentes áreas ou com diferentes substratos promove significativa diferença na produtividade e na qualidade. Então as linhagens escolhidas precisam estar adequadas aos recursos e às condições climáticas do local. Além disso, a qualidade da linhagem deve ser cuidadosamente examinada.

Uma linhagem de alta qualidade deve satisfazer aos seguintes critérios (LIN: LIN, 1995, 1997):

- Material livre de contaminantes.
- Micélio branco, intenso e vigoroso.
- Fragrância delicada.
- 30 a 40 dias de idade sob condições adequadas de temperatura.

Produção de micélio

Assim se dá a produção de micélio a partir do corpo frutífero: depois de lavado em água corrente, retira-se pequeno fragmento da parte interna do cogumelo (de aproximadamente 1 mm a 2 mm) e transfere-se para o centro da placa de Petri contendo meio de cultura, batata-dextrose-ágar (BDA). As placas são incubadas sob luz fluorescente contínua, sob temperatura de 25 °C, durante 7 a 10 dias.

Produção de “sementes”

Os grãos de cereais para produção de “sementes” servirão como fonte de inóculo a ser adicionado

ao substrato de cultivo. Normalmente, usam-se grãos de trigo, sorgo e arroz. Os grãos são umedecidos com água durante 8 a 12 horas, secados com o auxílio de um pano limpo e em seguida são transferidos para um saco plástico (de polipropileno). O material é então esterilizado durante 1 hora e 30 minutos, sob temperatura de 121 °C. Em seguida, fragmentos do micélio desenvolvido na placa de Petri contendo BDA são transferidos para o saco plástico contendo grãos de cereais, e incubados em sala escura, sob temperatura entre 25 °C e 28 °C durante 10 a 12 dias.

Estação de cultivo

A organização da estação de cultivo é um dos fatores determinantes na produtividade e na qualidade do cogumelo produzido. Cultivos feitos em época imprópria resultarão em baixa produtividade, mesmo com a qualidade da linhagem e do substrato elevadas. O método de organização da produção é introduzido como segue:

Passo 1 – Estudo de mercado e decisão sobre a estação de venda e as linhagens de *L. edodes* a serem cultivadas.

Passo 2 – Determinação do clima local, por meio da análise da curva de temperatura média ao longo dos anos.

Passo 3 – Determinação da época e das linhagens adequadas ao local de cultivo.

Passo 4 – Planejamento da circulação de novos tubos de produção de acordo com o período de emergência do corpo de frutificação. Normalmente, do momento da inoculação até o início do período de emergência dos corpos de frutificação, decorrem de 60 a 80 dias.

Composição do substrato e escolha de tubos para cultivo

Os ingredientes nutricionais devem ser escolhidos levando-se em conta os locais de cultivo.

Quanto aos recipientes para cultivo, os tubos de plástico são usados para o estágio de desenvolvimento do micélio no cultivo de shiitake com JunCao ou com serragem. Eles são de saco de plástico de polipropileno resistente a altas temperaturas (130 °C a 150 °C).

Os tubos padrões, com 0,8 kg de capacidade (substrato seco), medem 63 cm de comprimento, 15 cm de largura e 6 µm a 8 µm de espessura. Tubos muito longos se rompem durante cultivos tardios e tubos pequenos oneram os custos.

O sucesso do cultivo em tubos está diretamente relacionado à qualidade do tubo de plástico utilizado. Contaminação sempre ocorre em tubos que estão imprecisamente selados ou perfurados. Por isso, durante o preparo de substrato, tubos com orifícios ou rachaduras devem ser descartados. O enchimento, a esterilização e

a inoculação requerem cuidados para que não ocorram rompimentos dos tubos.

Preparação do substrato e dos tubos para cultivo

Os substratos utilizados são gramíneas trituradas, (capim-elefante, capim-tifton, braquiária ou andropogon), (78%), farelo de arroz (20%), e gesso agrícola (2%).

Aos ingredientes mencionados adicionar, aproximadamente, de 8 L a 9 L de água. Em seguida, o material é esterilizado sob temperatura de 120 °C, durante 1 hora e 30 minutos. Posteriormente, o substrato é inoculado com “sementes” de cogumelos e incubados em salas escuras, sob temperatura de 25 °C a 28 °C. Quando o substrato estiver totalmente miceliado (45 a 60 dias), deve-se aplicar um choque térmico para induzir a produção de cogumelos.

O procedimento consiste em mergulhar os substratos miceliados de *L. edodes*, em água fria ou gelada durante 7 a 8 horas. Em seguida, acondicioná-los em galpão, casa de vegetação ou telado, com temperatura, luminosidade e umidade controladas.

Quando surgirem os primeiros primórdios, retirar o saco plástico ou fazer furos no saco, para que o desenvolvimento reprodutivo dos cogumelos não seja prejudicado (produção de

corpos frutíferos). Deve-se molhar os substratos duas vezes ao dia. Em cada molhada, cobrir com plástico durante 2 horas ou até o ambiente ficar agradável.

Para obter melhor rendimento do substrato de cultivo, todo o material precisa ser misturado cuidadosamente, o que se aplica também à água.

É importante pesar os componentes de acordo com a fórmula do substrato. Enquanto se adiciona água, agita-se a mistura até atingir a umidade desejada. O volume total de água adicionado é de uma a duas vezes o do substrato seco. O modo pelo qual se verifica a quantidade de água no substrato consiste em segurar, firmemente, o substrato entre o polegar, o dedo indicador e o dedo médio. Se aparecer água, significa que o conteúdo desse elemento no substrato é apropriado.

Numa misturadeira, junta-se o material principal de cultivo (JunCao + serragem) com os materiais complementares insolúveis em água, até todo o material se tornar homogêneo. Também podem-se usar máquinas especiais para encher os tubos com substrato. É importante empacotar esses tubos hermeticamente, evitando-se contaminação por fungos oportunistas.

Para produção em grande escala, é necessário que se disponha de uma estufa para esterilização do substrato, de preferência, com controle automático de temperatura e umidade. O topo

da estufa deve ser em arco, com uma válvula de exaustão no centro.

Para esterilização sob alta pressão 147 kPa, o processo dura cerca de 2 horas. A esterilização sob pressão normal exige temperatura da estufa mantida a 100 °C por 9 a 10 horas ou do substrato por 6 horas.

Higienização de recipientes com “sementes”

Como as “sementes” são cultivadas por 1 mês, o tampão de algodão e as superfícies das “sementes” podem se contaminar por fungos oportunistas. Isso deve ser evitado por meio de pré-tratamento, que consiste na limpeza e na lavagem das garrafas de “sementes” com algodão umedecido com álcool de dentro para fora. Feito isso, deve-se remover a camada superficial de “sementes”.

Finalmente, cobrem-se as garrafas com membranas de plástico previamente imersas em álcool 75%. Para garantir a eficácia do método, as “sementes” devem ser usadas imediatamente após a higienização.

Assepsia da sala de inoculação

Para se proceder à assepsia da sala de inoculação:

- Antes de tudo, deve-se mover os tubos, o equipamento de inoculação e as “sementes” higienizadas dentro da referida sala, e fechar portas e janelas.
- Em seguida, deve-se fumigar com permanganato de potássio de 10 g a 14 g, e metanol 13 mL/m³ a 17 mL/m³, por 8 a 10 horas. O metanol é altamente corrosível, o que afetará de forma agressiva os olhos e o trato respiratório.
- Antes da inoculação, a sala pode novamente ser fumigada, dessa vez com 10 mL de amônia concentrada em água ou 10 g de bicarbonato de amônio/m³, a fim de livrar-se do residual do tratamento.

A solução de peróxido de hidrogênio, juntamente com radiação ultravioleta (UV), é um método alternativo:

- Primeiro, limpa-se completamente a sala de inoculação e pulveriza-se uma solução de 1% a 3% de peróxido de hidrogênio.
- Em seguida, movem-se os tubos esterilizados, o equipamento de esterilização e as sementes higienizadas.
- Após, pulveriza-se, novamente, com a solução de peróxido de hidrogênio e liga-se a luz ultra-violeta por cerca de 20 a 30 minutos.

As inoculações podem ser feitas de 10 a 20 minutos após esse procedimento.

Inoculação

A inoculação deve ser feita em capela de fluxo laminar ou diretamente na sala de inoculação, sob temperatura de 15 °C e a umidade relativa do ar em 60%. Para garantir que a inoculação transcorra sem risco de contaminação, recomenda-se que o técnico responsável use roupas totalmente limpas e higienize as mãos antes de iniciar esse procedimento.

Passos para a inoculação:

- Com o auxílio de aparatos perfurantes, deve-se fazer orifícios de 1,5 cm a 2,0 cm de diâmetro nos tubos (Figura 3).
- Em seguida, injeta-se o inóculo e sela-se o orifício.
- Finalmente, selam-se os tubos com fita adesiva ou com uma mistura preparada com parafina (20%), resina (70%) e óleo mineral (10%).

Incubação dos tubos

Após a inoculação, os tubos são levados para o local de incubação, e aí devem ser mantidos sem movimentação, por 7 a 8 dias. Eles são empilhados em forma de cruz, cada camada composta de três a quatro tubos e cada pilha com sete a oito camadas.

Foto: Cláudio Bezerro



Figura 3. Inoculação em substrato de cultivo.

A diferença de temperatura entre o topo e a base da pilha fará com que o micélio possa crescer em diferentes velocidades. Para manter a velocidade de crescimento do micélio uniforme, é preciso revirar a pilha a cada 2 semanas. Durante todo o processo, os tubos devem ser tratados, gentilmente, ou seja, com muito cuidado.

A sala de incubação deve ser mantida limpa, seca, bem ventilada, escura ou com luz fraca,

com temperatura entre 22 °C e 25 °C. A umidade relativa do ar deve ser mantida em 70%. Após concluir a fase de crescimento micelial, a luminosidade deve ser elevada para 50 lux a 260 lux. Os tubos também podem ser mantidos em galpões fechados (Figura 4).



Foto: Mário Chen

Figura 4. Galpões de incubação/cultivo de cogumelos em escala comercial.

Escolha do local de cultivo

O local de cultivo é o ambiente usado para o crescimento do corpo de frutificação, onde se deve manter um microclima para possibilitar a diferenciação do primórdio e o crescimento do corpo de frutificação. O local ideal deve ter as seguintes características:

- Exposto ao sol e bem ventilado.

- Terreno elevado e bem drenado, com irrigação conveniente, e boa capacidade de retenção de água, livre de patógenos e insetos, conveniente para transporte e manejo.

O galpão de cogumelos deve permitir o ajuste da temperatura, da iluminação e da umidade, por meio da adição ou remoção de coberturas. De fato, as coberturas têm a função de diminuir e de aumentar a temperatura, além de preservar a umidade. Durante a estação de alta temperatura, deve-se usar cobertura mais espessa e sombreado ao redor, para reduzir o calor da irradiação solar.

De acordo com as experiências práticas de muitos centros demonstrativos na Província de Fujian, na China, a altura mais apropriada do barracão é de 2 m. Um barracão terá a função de manter a umidade elevada, se for muito baixa, causará inconvenientes ao manejo. A largura e o comprimento do barracão são determinados pela escala de cultivo.

As camas de cogumelos são armadas no barracão. Geralmente, existem dois tipos de camas: camas convexas e côncavas. A cama normal de cogumelos é convexa, pois é mais alta que o local de circulação.

Geralmente, a largura da cama é de 1,10 m a 1,35 m. O espaçamento entre camas é de 0,4 m de largura, e a passagem central tem 0,6 m. O plano visual do barracão de cogumelos é mostrado na Figura 5.

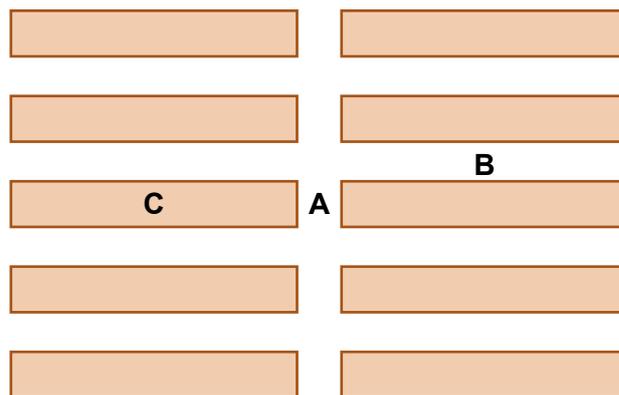


Figura 5. Passagem central (A); passagem entre “camas” (B); “camas” (C).

Fonte: Lin e Lin (1995, 1997).

A estrutura para suporte dos tubos fica sobre a cama. Valas de drenagem são feitas ao redor do local de cultivo. A cada 2 camas, é colocada uma coluna de pilares ao lado da passagem entre as camas. A distância entre as colunas é de 3 m e 4 m entre pilares. Os pilares são enterrados no solo, cerca de 0,5 m, e reforçados. Os barrotes cruzados são atados aos pilares e cobertos por tiras de bambu, ramos e gramas, pois esses materiais não apodrecem facilmente. O sombreamento no interior do barracão deve ser ao redor de 70%.

Geralmente, a cama tem forma de arco, com o centro 0,1 m mais alto que a borda. Coloca-se uma camada de areia fina, com 2 cm de espessura sobre a superfície, antes de receber a estrutura que suporta os tubos, medindo cerca

de 30 cm de altura. A Figura 6 mostra os detalhes dessa estrutura.

A passagem da cama deve ser mais alta alguns centímetros e tem forma de degrau. Comparada com uma convexa, esta tem vantagens no tocante à capacidade de regular a temperatura e preservar a umidade. Para evitar inundação durante a estação chuvosa, os canais de drenagem precisam ser cavados ao redor das camas e no centro, ao longo de todo o comprimento de cada cama.

Geralmente, as dimensões da cama, são: 1,35 m de largura, 0,4 m a 0,5 m de profundidade e passagem (local de circulação) com 0,6 m.

Mudança de cor do substrato

A coloração do substrato pode sofrer variações antes e depois de retirada da membrana

plástica. Após o crescimento completo do micélio no substrato, a membrana plástica é retirada, para expor o micélio ao ar. Nessa condição, o micélio crescerá rapidamente, sob temperatura e umidade adequadas. Contudo, se a umidade for muito baixa, o crescimento do micélio será interrompido. Sob intensidade de luz de 50 lux a 270 lux, a cor da superfície do substrato muda de branco para marrom e forma uma camada de membrana protetora.

O tempo apropriado para o substrato mudar de cor depende da estação de inoculação. Normalmente, as membranas plásticas podem ser destacadas 15 dias após o substrato estar completamente colonizado pelo micélio.

É melhor conduzir a retirada das membranas em dias ensolarados, com a temperatura de 18 °C a 24 °C, ou em dias nublados, porque temperaturas

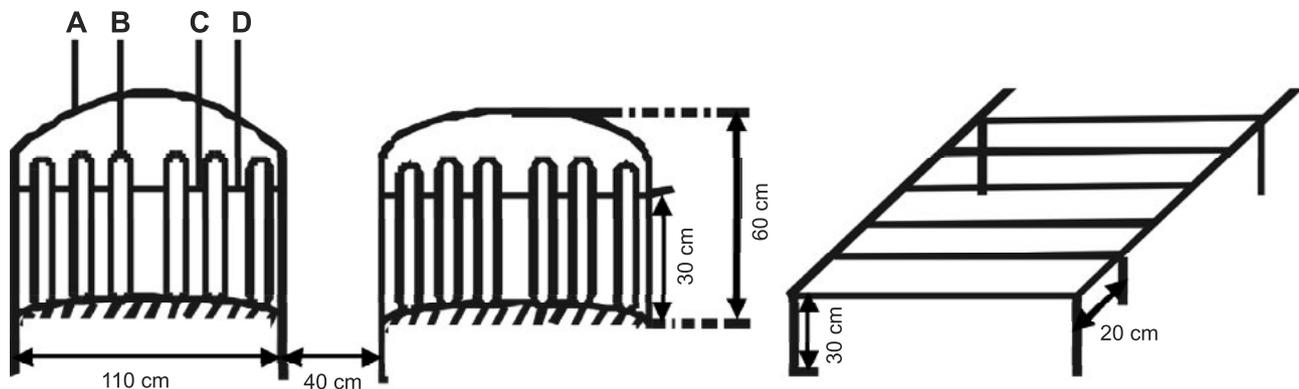


Figura 6. Tiras de bambu (A); tubos (B); estrutura de suporte (C); superfície convexa (D).

Fonte: Lin e Lin (1995, 1997).

mais altas que 28 °C ou mais baixa que 15 °C são inadequadas para a mudança de cor.

Os procedimentos detalhados para retirada do saco plástico são descritos em cinco passos:

Passo 1 – Com uma lâmina esterilizada, retira-se a membrana dos tubos de substrato, fazendo-se um corte vertical nesta, para em seguida retirá-la.

Passo 2 – Colocam-se os tubos na “cama” levemente inclinada num ângulo de 80°. Cada coluna da “cama” tem capacidade para nove a dez tubos.

Passo 3 – Cobre-se a “cama” com plástico transparente, para formar um microclima e promover o crescimento rápido do micélio.

Passo 4 – A temperatura dentro da membrana é mantida entre 15 °C e 25°C, e a umidade relativa do ar entre 85% e 90% durante 5 a 6 dias.

Passo 5 – Quando o micélio crescer por toda superfície dos tubos, deve-se levantar a membrana, para abaixar a temperatura e aumentar a iluminação, que pode regular o crescimento do micélio. Por sua vez, deve-se também abrir a membrana uma ou duas vezes por dia para ventilar, até que uma camada de membrana de cogumelo de cor marrom se forme na superfície dos tubos.

Sob condições de alta ventilação, temperatura muito elevada ou umidade muito baixa, ocorrerá

perda de água na superfície do substrato, o que resultará na mudança gradativa da coloração, do branco ao marrom-claro. Além disso, causará contaminação do substrato por fungos oportunistas, afetando a produtividade. A alternativa constitui a pulverização de pequena quantidade de água limpa na superfície do substrato, para aumentar a umidade.

Após o micélio crescer completamente no substrato, deve-se usar uma agulha para perfurar a membrana, fazendo-se 20 a 30 furos. Em seguida, deve-se intensificar a luz no local de incubação. Posteriormente, os tubos são transferidos para o local de cultivo e a membrana de cada substrato é retirada, depois da formação da densa camada marrom de micélio sob a superfície deste.

Em épocas de baixa temperatura, se o micélio crescer vagarosamente, deve-se promover a mudança de cor da seguinte maneira: retiram-se as membranas em manhãs de dias ensolarados, cobrindo-se firmemente os tubos no período da tarde, sem esquecer de pulverizar pequena quantidade de água limpa. Assim, o micélio pode absorver maior radiação de calor da luz solar, aumentando a temperatura dentro do túnel.

Manejo na fase de frutificação

Na fase de frutificação, o manejo difere de uma estação para outra, em decorrência das

diferenças de temperatura e de umidade, geralmente determinadas pelo microclima que se forma dentro do galpão de cogumelos.

O estágio de frutificação refere-se ao período após a mudança de cor até o final da colheita. Isso inclui três fases distintas:

- Formação do micélio.
- Diferenciação do corpo de frutificação.
- Crescimento do corpo de frutificação.

Formação dos primórdios

Os primórdios são formados sob condições ambientais favoráveis: temperatura entre 8 °C e 21 °C, conteúdo de água no substrato de 45% a 62% e umidade relativa do ar entre 85% e 90%. A camada densa marrom de micélio se rompe espontaneamente, podendo-se visualizar o micélio branco. Por meio das aberturas, os primórdios crescerão e se desenvolverão em corpos de frutificação. Sob condições inadequadas, o crescimento é interrompido, resultando na morte dos primórdios ou em cogumelos deformados.

A modificação da temperatura induz a transformação na fase de crescimento vegetativo para reprodutivo. Portanto, a regulação da temperatura, da umidade, da ventilação e da iluminação devem ser consideradas durante os diferentes estádios de cultivo.

Aumento da diferença de temperatura

Para isso, deve-se cobrir a “cama” do cogumelo durante o dia, para que a temperatura interna atinja de 3 °C a 4 °C acima da externa. Em seguida, levantam-se as membranas à noite ou pela manhã cedinho, para baixar a temperatura. A diferença de temperatura num dia deve ser de até 10 °C.

Controle da umidade

Quando a temperatura exceder os 25 °C, combinado com a alta umidade, os tubos poderão ser facilmente contaminados por fungos oportunistas. Por isso, é importante intensificar a ventilação.

Durante o período de crescimento do micélio, podem ocorrer contaminações dos tubos por fungos oportunistas, podendo deteriorá-lo, prejudicando assim a formação dos primórdios. Para os tubos que não apresentam mudança de cor no tempo desejado, recomenda-se adequar as condições de temperatura, umidade e ventilação. Tubos contaminados devem ser eliminados.

Durante o outono e o inverno, quando as médias de temperatura são mais baixas, as coberturas devem ser reduzidas e os túneis fechados sobre as camas durante o dia, para aumentar o calor da radiação. À noite, as camas voltam a ser cobertas com plástico, para reduzir a perda de calor irradiado do solo. Se a umidade da cama de cogumelos for menor que 80%, deve-se

reduzir a ventilação de ar e aumentar a umidade por meio de pulverizações.

Na primavera, especialmente em dias chuvosos, os túneis devem ser frequentemente levantados para melhorar a ventilação e reduzir a temperatura. Se a temperatura continuar muito elevada, deve-se fazer pulverizações com água, para promover a refrigeração do ambiente.

Após cada jato d'água (descarga), grande quantidade de água é perdida ou evaporada. Normalmente, após a primeira descarga, os tubos precisam de suprimento de água. Caso contrário, o crescimento do micélio será inibido e o desenvolvimento do corpo de frutificação será afetado negativamente.

Em decorrência da alta velocidade de absorção e perda de água, o suprimento de água no cultivo de JunCao difere do cultivo com serragem. Para suprimento de água, os métodos mais comuns são: imersão; pulverização; injeção; e irrigação por gotejamento.

Cuidados com o plantio

Nos cuidados com o plantio, deve-se promover limpeza ou higienização em todas as etapas do cultivo de cogumelos. Além disso, devem-se controlar a temperatura, a umidade e a luminosidade (Figura 7). Também devem-se evitar as pragas (fungos, vírus, bactérias, nematoides e insetos).



Foto: Araiide Fontes Urban

Figura 7. Cultivo de *Lentinula edodes* com a técnica JunCao.

Colheita, processamento e estocagem de *Lentinula edodes*

O período entre o surgimento do primórdio e a maturação do corpo de frutificação varia de acordo com a linhagem e as condições ambientais. Por isso, na época de colheita, devem-se tomar cuidados para que nada interfira no rendimento e na qualidade dos cogumelos, que devem ser colhidos antes da total expansão do chapéu.

A colheita deve ocorrer em dias ensolarados, pois dias chuvosos dificultam a secagem. O procedimento adequado para colheita consiste em: primeiro, segurar a base do estipe; em seguida, girar e arrancá-lo gentilmente.

Os primórdios devem ser protegidos, a fim de não prejudicar o rendimento nas colheitas futuras. Os cogumelos colhidos devem ser gentilmente depositados num recipiente adequado, que permita aeração (peneira ou cesta de bambu).

Após a colheita, deve-se promover imediatamente a secagem ao sol. Os cogumelos devem ser distribuídos em estrados de bambu, de acordo com o tamanho e o grau de hidratação, com estipe voltada para cima, sem empilhamento (Figura 8). Aqueles destinados ao consumo in natura devem ser acondicionados numa única camada dentro de caixas apropriadas, e mantidos em local com temperatura e umidade apropriadas. Nesse caso, a estipe deve ser voltada para baixo.

Secagem

A secagem influencia, diretamente na cor, no odor e na forma do cogumelo. A secagem automática é a preferida, por permitir regulação adequada da temperatura, mas seu custo é elevado. No processo automático, inicia-se com temperatura de 30 °C, aumenta-se 1 °C a 2 °C a cada hora, atingindo-se mais de 50 °C após 12 horas. Finalmente, a temperatura é mantida entre 60 °C e 65 °C durante 1 hora.

Durante o processo de secagem, a temperatura e o fluxo de ar devem ser controlados



Foto: Avarilde Fontes Urban

Figura 8. Corpos frutíferos de shiitake desidratados sob a luz solar.

cuidadosamente. No início, o teor de água nos cogumelos é elevado. Por isso, a temperatura deve ser mais baixa e a ventilação elevada. O período de baixa temperatura de secagem deve ser prolongado, quando o cogumelo fresco apresenta elevado teor de água. A secagem também pode ser feita sob luz solar.

Classificação

Normalmente, *L. edodes* é classificado nas seguintes classes: primeira, segunda, terceira e imperfeitos, podendo também receber denominação de cogumelo-flor, cogumelo-de-chapéu-espesso, cogumelo-de-chapéu-fino e cogumelo-cubo, respectivamente.

Estocagem

Quanto à estocagem, esta deve ocorrer de modo a evitar umedecimento após a secagem, que acarreta deterioração do produto. O meio de estocagem correto consiste em separar os cogumelos nas diferentes classes após secagem e, imediatamente, empacotá-los em sacos de plástico, os quais devem ser selados quando os cogumelos se encontram ainda quentes e colocados em caixas de papelão ou madeira.

Em períodos de estocagem prolongados, recomenda-se colocar sílica gel dentro de cada saco de plástico, ou promover congelamento. Cogumelos umedecidos devem ser submetidos novamente a secagem. Os cogumelos devem ser estocados na ausência de substâncias que exalem odor, em local limpo e seco.

Considerações finais

Lentinula edodes (shiitake) é o segundo cogumelo mais consumido mundialmente, por causa de seu sabor, aroma agradável e de suas propriedades nutracêuticas (nutricionais e medicinais).

Normalmente, é cultivado em toras de madeiras, ou serragens (*Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.). Essas técnicas são desvantajosas, porque usam madeiras de plantas, que necessitam para seu desenvolvimento vegetativo, em idade de 5 a

7 anos, quando estão adultas e disponíveis para o corte das toras e/ou obtenção de serragens. A derrubada dessas prejudica nosso ecossistema e nossa biodiversidade.

Na técnica de cultivo JunCao, o uso de gramíneas forrageiras brasileiras visa à intensificação do cultivo dessa fonte alternativa de alimento. As gramíneas se desenvolvem em período curto (4 a 5 meses) e apresentam maior facilidade de manejo. E mais, o capim é usado como principal componente no substrato de cultivo; as condições climáticas podem ser controladas, e o ciclo de produção é mais curto.

Referências

- LIN. Z.; LIN. Z. **Fungi cultivation with JunCao**. Fuzhou: Asia-Pacific Edible Mushroom Training Center, 1995. 110 p.
- LIN. Z.; LIN. Z. **JunCao technology**. 2. ed. Fuzhou: Asia-Pacific Fungi Cultivation Training Center, 1997. 129 p.
- STAMETS, P.; CHILTON, J. S. **The mushroom cultivator**. Washington, DC: Agarikon Press, 1983. 415 p.
- URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.



Capítulo 5

Cultivo de *Pleurotus* spp. pela técnica JunCao

Haroldo César Bezerra de Oliveira
Arailde Fontes Urban

Introdução

Pleurotus spp. compreende espécies cultivadas com predominância na China, no Japão, em outros países da Ásia e na América do Norte. Há perspectiva de que esse cogumelo venha a ser o terceiro mais cultivado (pois, o primeiro é o champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*), seguido do shiitake (*Lentinula edodes*). Seu cultivo continua em expansão, não somente no volume produzido, como também em escala comercial. Na década de 1980, a produção mundial desse cogumelo era de 40 mil toneladas ao ano, e, em 1990, passou para 340 mil toneladas (MANSUR et al., 1992; MARTÍNEZ-CARRERA et al., 1989). Em 1997, a produção aumentou para 875.600 mil toneladas (ALBERTÓ, 2008; URBEN et al., 2004).

A produção mundial de cogumelos continua em expansão. Em 2010, essa produção foi de 25 milhões de toneladas. Desse total, 31% (7,75 milhões de toneladas) foi de *A. bisporus*, seguido de 24% (6,00 milhões de toneladas) de *L. edodes*, 14% (3,50 milhões de toneladas) de *Pleurotus* spp. e 31% (7,75 milhões de toneladas) de outras espécies de cogumelos comestíveis e medicinais (SINGH, 2010).

Na América Tropical, são conhecidas 38 espécies do gênero *Pleurotus*, sendo 31 consideradas comestíveis. Todas essas espécies

podem ser cultivadas numa ampla variedade de substratos, sendo recomendadas em regiões subtropicais e tropicais (MARTÍNEZ-CARRERA et al., 1989; MARTÍNEZ-CARRERA; SOBAL, 1992) (Tabela 1).

Tabela 1. Algumas espécies cultivadas do gênero *Pleurotus*, existentes na Coleção de Base de Cogumelos para Uso Humano da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, em Brasília, DF.

Espécie/Linhagem	Procedência
<i>Pleurotus ostreatus</i> var. China	China
<i>P. ostreatus</i> (shimeji branco)	China
<i>P. ostreatus</i> (shimeji preto)	China
<i>P. sajor-caju</i>	China e Pernambuco
<i>P. flabeliforme</i>	Pernambuco
<i>P. ostreatoroseus</i>	Pernambuco
<i>P. seryngii</i>	China e São Paulo
<i>P. sapidus</i>	China e São Paulo

Valor nutricional

A composição química desses cogumelos varia de acordo com a espécie, a linhagem e o estágio de desenvolvimento do corpo de frutificação. O tipo de substrato utilizado no cultivo também pode alterar a composição química dos cogumelos, principalmente o teor de proteína e de minerais, além de influenciar o aroma e o sabor (URBEN et al., 2004).

Os corpos de frutificação contêm, em média, 90% de água. De acordo com Bano e Rajarathnam (1984), geralmente a composição da matéria seca das espécies de *Pleurotus* é a seguinte:

Gordura: 2,85%.

Carboidratos: 46,60% a 81,80%.

Fibras: 7,50% a 27,60%.

Vitaminas:

- Tiamina (1,16 mg/100 g a 4,80 mg/100 g).
- Niacina (46,00 mg/100 g a 108,70 mg/100 g).
- Ácido ascórbico (90,00 mg/100 g a 144,00 mg/100 g).
- Vitamina B₁₂ (1,40 mg/1.000 g).
- Ausência de vitamina D, mas presença de ergosterol, que na presença de luz ultravioleta se transforma em vitamina D.

Minerais:

- K e P (principais constituintes das cinzas).
- Ca (pequenas quantidades).
- Fe (conteúdo apreciável).
- Zn (dos metais pesados é o mais comum, apresentando tendência ao acúmulo nas frutificações).

Proteínas: 19,80% (fator de correção N x 4,38 referente a proteínas digestivas).

Aminoácidos: contém vários aminoácidos, inclusive os essenciais.

De acordo com Albertó (2008), os fungos apresentam importantes propriedades nutricionais, as quais são úteis ao corpo humano. Muitos compostos como os aminoácidos essenciais, minerais ou vitaminas, não são sintetizados por nosso organismo e devem ser incorporados mediante dieta (ZADRAZIL; KURTZMAN JUNIOR, 1984) – Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Teores (em peso seco) de proteína bruta, carboidratos totais, ácidos graxos, fibras e valor energético de algumas espécies de *Pleurotus* spp.

Espécie	Proteína (%)	Carboidrato (%)	Ácido graxo (%)	Fibra (%)	Valor energético (Kcal/100 g)
<i>P. ostreatus</i>	10,5–30,4	57,6–81,8	1,6–2,2	7,5–8,7	345–367
<i>P. sajor-caju</i>	9,9–26,6	50,7–54,4	2,0–7,7	10,3–17,5	300–337
<i>P. pulmonarius</i>	8,7–37,2	56,6–58	1,7–5,8	9,0–14,5	265–336

⁽¹⁾ Valores expressos em porcentagem de peso seco; valores energéticos em calorias por mg/100 g de peso seco. Fonte: Albertó (2008).

Tabela 3. Teores (em peso seco) de aminoácidos, minerais e vitaminas presentes em *Pleurotus ostreatus* desidratado.

Aminoácido (Aa)	Teor	Mineral	Teor	Vitamina	Teor
Isoleucina	266–267 mg/100 g	Cálcio	0,01 g	Vitamina C	20 mg
Leucina	390–610 mg/100 g	Potássio	37,3 g	Vitamina B1	0,9 mg
Lisina	250–287 mg/100 g	Magnésio	2,0 g	Vitamina B2	2,5 mg
Metionina	90–97 mg/100 g	Fósforo	13,9 g	Niacina	65 mg
Fenilalanina	216–233 mg/100 g	Sódio	0,13 g	Vitamina B12	0,6 µg
Trionina	264–290 mg/100 g	Cobre	8,4 mg	Vitamina D1	0,3 µg
Valina	309–326 mg/100 g	Ferro	54 mg		
Triptofano	61–87 mg/100 g	Manganês	11 mg		
Histidina	87–107 mg/100 g	Zinco	83 mg		
Aa essenciais	1.782–2.810 mg/100 g	Selênio	150 µg		
Aa totais	4.513–6.332 mg/100 g	Chumbo	20 µg		

Fonte: Albertó (2008).

Substratos para cultivo

Para o desenvolvimento do micélio e produção de carpóforo, é indispensável um meio ou substrato com as condições físicas e químicas adequadas, passível ou não de ser submetido a um processo de fermentação (LAJOLO, 1970; URBEN et al., 2004).

A extremidade da hifa dos fungos sintetiza um grande número de enzimas e ácidos orgânicos, que se difundem no substrato e quebram celulose, amido, açúcares, proteínas, gorduras e outros constituintes, que são utilizados pelo fungo como alimento e fonte de energia para o seu crescimento (MENEZES; OLIVEIRA, 1993).

Tipos de substratos usados para cultivo:

Andropogon	Milho
Bagaço de cana	Palha de arroz
Brachiaria	Palha de trigo
Capim-elefante	Polpa de café
“Costcross” de bananeira	Pseudocaule e folha
Fava-dantas	Pupunha
Folhas de chá	Resíduo de algodão
Jaborandi	Sabugo de milho
Madeira	Serragem

A umidade do substrato deve estar em torno de 70% a 75% de água e o pH entre 6,0 e 7,0.

Os produtores de substratos para cultivo de cogumelos no Brasil ainda são escassos, o que ocasiona preços exorbitantes ao produto. Além do preço e da dificuldade de obtenção, existem problemas relacionados ao transporte. Fidalgo e Guimarães (1985) recomendam, como solução para baixar o custo da produção de cogumelos no Brasil, a busca de substitutos para os substratos tradicionalmente utilizados e o estabelecimento de áreas de produção da matéria-prima próximas aos locais de cultivo (URBEN et al., 2004).

Necessidades nutricionais

Os fungos do gênero *Pleurotus* são decompositores primários, degradadores de madeira. Degradam tanto a lignina quanto a celulose e hemicelulose presentes no substrato. A colonização do fungo no substrato pode ser dificultada, quando este se encontra empobrecido pela degradação prévia por microrganismos competidores. Em seu peso seco, a madeira apresenta, aproximadamente, de 50% a 60% de celulose, de 10% a 30% de hemicelulose e de 20% a 30% de lignina (RAJARATHNAM; BANO, 1989).

O fungo inicia seu crescimento imediatamente após a inoculação e consome, como fontes de carbono (C), primeiro os açúcares disponíveis do substrato, que geralmente compreendem de 1% a 2% do peso seco, e depois o C dos

polissacarídeos e da lignina, que são constituintes da parede celular.

No tocante à demanda por nitrogênio (N), teores de 1,0% a 1,5% desse elemento são ótimos para o crescimento do *Pleurotus*. Entretanto, a relação C:N deve ser superior a 29:1. Excesso de N tende a reprimir a degradação da lignina (DANAI et al., 1989).

Durante o cultivo de *Pleurotus*, o substrato sofre modificações na sua composição que resultam em um substrato residual diferente do inicial. O grau de degradação varia de acordo com o material genético das espécies de *Pleurotus* utilizadas e os fatores físico-ambientais, químicos e biológicos (URBEN et al., 2004).

Dependendo do substrato utilizado, das condições de cultivo e da produtividade do cogumelo, o substrato residual pode ter diversas aplicações, tais como: alimento para animais ruminantes; fertilizante para o solo; geração de biogás; e composto para cultivo de *Agaricus* ou de proteína unicelular.

Tratamento térmico do substrato

Para eliminar ou reduzir os possíveis contaminantes que podem colonizar mais rápido o substrato e competir com o crescimento do *Pleurotus*, recomenda-se o pré-tratamento térmico do substrato por um tempo estabelecido,

por meio das técnicas usualmente utilizadas, como esterilização, pasteurização ou tratamento em água quente, como a seguir:

Esterilização – Normalmente, em laboratórios, para esterilização de material, utiliza-se um autoclave. Recomenda-se esterilizar o substrato de cultivo a 121 °C durante o período mínimo de 1 hora. Dessa forma, o substrato ficará livre de contaminantes ou fungos indesejáveis. É anti-econômico em escala comercial (URBEN et al., 2004).

Pasteurização – É outro processo de esterilização de material, que consiste em elevar a temperatura do pasteurizador entre 80 °C e 100 °C, durante 3 a 4 horas. Nesse processo, possíveis microrganismos competidores serão eliminados do substrato. O pasteurizador, modelo artesanal (Figura 1), é o mais utilizado em escala comercial (URBEN et al., 2004).

Tratamento em água quente – O processo consiste em mergulhar o substrato em água aquecida a 65 °C durante 10 minutos; assim, a água penetrará nas camadas mais profundas do substrato. Destruindo os esclerócios de *Sclerotium rolfsii*, ajuda a amaciar a celulose.

Inoculação

Depois da esterilização, pelos métodos de autoclavagem, pasteurização ou tratamento



Foto: Edison de Souza

Figura 1. Pasteurizador (modelo artesanal).

térmico, o substrato deve ser resfriado em temperatura ambiente, antes que se processe a inoculação. Segundo Zadrazil (1978), o acondicionamento do substrato inoculado pode ser feito em sacos de plástico, em caixa de madeira ou de plástico, prateleira ou cama, blocos prensados e recobertos por lâminas plásticas ou de papel alumínio, ou, então, em contêineres especiais.

Rajarathnam e Bano (1987) afirmam que os sacos de polipropileno transparentes são os mais utilizados para o cultivo de *Pleurotus* spp. e apresentam, entre outras, as seguintes vantagens:

- Os blocos expostos pelos cortes no saco depois de semeados oferecem uma superfície ideal para frutificação.

- O número restrito de orifícios no saco permite o máximo crescimento dos corpos de frutificação, ao contrário das grandes superfícies que apresentam muitos primórdios pequenos.

Como inóculo, são utilizados os grãos de cereais colonizados pelo fungo, que são as “sementes”, produzidas por técnicas estéreis (Figura 2). Estas podem ser aplicadas manual ou mecanicamente. De acordo com Kurtzman Junior e Zadrazil (1984), a quantidade de inóculo pode variar de 0,5% a 5,0% do peso úmido do substrato. Segundo Sturion (1994), o inóculo deve ser bem distribuído no substrato, para que haja o maior número possível de pontos de crescimento e resulte numa rápida colonização, evitando-se riscos de contaminação.

Incubação

A incubação, normalmente, é realizada em uma sala escura (sala de “corrida”), com temperatura controlada, que favoreça o crescimento do micélio (Figura 3). Stamets e Chilton (1983 citado por MAZIERO, 1990) e Zadrazil e Kurtzman (1984 citado por MAZIERO, 1990) sugerem que, durante o processo de colonização, o monitoramento da temperatura seja feito constantemente para se manter a temperatura ótima para o crescimento do micélio, que é recomendada em torno de 22 °C a 25 °C.



Fotos: Aرائلde Fontes Urban

Figura 2. “Sementes” produzidas em grão de cereais.

Segundo o autor, se houver aumento excessivo da temperatura, em decorrência da atividade metabólica de *Pleurotus* spp. e de outros microrganismos presentes no substrato, poderá ocorrer retardamento do crescimento do micélio de *Pleurotus* spp. ou até mesmo a sua morte.



Foto: Claudio Bezerra

Figura 3. Sala de “corrida” usada para desenvolvimento vegetativo (micélio) do fungo.

Por isso, devem-se evitar contêineres com grande massa de substrato porque geram aumento de temperatura e dificultam a perda de calor (STAMETS; CHILTON, 1983).

Em síntese, as condições de incubação devem ser as seguintes:

- Sala escura.
- Temperatura em torno de 25 °C a 30 °C.
- Umidade relativa por volta de 70%.
- Sistema para remoção do ar viciado.

Nessas condições, a miceliação completa do substrato leva de 20 a 45 dias.

Após o desenvolvimento vegetativo do fungo no substrato de cultivo, incubado em “sala de corrida”, o material é transferido para um galpão

ou casa de vegetação, para produzir corpos frutíferos. Os tipos de galpões/casa de vegetação utilizados são diversos (Figura 4).

Nessa fase, as condições ideais para o desenvolvimento dos cogumelos são:

- Umidade relativa de 80% a 85%.
- Condições aeróbicas (altas taxas de CO₂ promovem alongamento e espessamento de estipes e redução do píleo).
- Luminosidade (luz suficiente para ler um papel impresso comum).
- Temperatura a 5 °C inferior à da sala de incubação.

Colheita e produtividade

Quando o substrato está completamente colonizado pelo micélio, procede-se, então, à exposição e abertura dos sacos de plástico para que ocorra a estimulação da formação dos primórdios, pelo contato com o ar fresco, com a luz e com a umidade.

A colheita deve ser feita antes da liberação dos esporos, quando os cogumelos apresentam a consistência túrgida por permitirem um período de comercialização mais prolongado. O corpo de frutificação mostra-se em estágio ideal de colheita quando apresentam as margens ainda não totalmente planas. Sob condições ideais,



Fotos: Cláudio Bezerra (A e B); Haroldo César de Oliveira (C a F)

Figura 4. Tipos de galpões/casa de vegetação: alvenaria com plástico (A); parte interna da casa de vegetação de alvenaria com plástico (B); plástico (C); alvenaria (D); visão interna de um galpão, com sala de frutificação revestida com plástico (E); sacos contendo substratos em fase de frutificação (F).

o ciclo total de cultivo é de aproximadamente 70 dias.

A produtividade depende das propriedades genéticas das espécies de fungos, da qualidade e da estrutura do substrato e das condições de

cultivo, sendo expressa em eficiência biológica (E.B.), Tabelas 4 e 5.

$$E.B. = \frac{\text{peso fresco de cogumelos}}{\text{peso seco do substrato inicial}} \times 100$$

Tabela 4. Valores médios da eficiência biológica de alguns substratos cultivados com *Pleurotus spp.*

Formulação	Eficiência (%)
Palha de trigo (99%)/cal(1%)	177
Polpa de café fresca	160
Polpa de café seca armazenada 24 meses	145
Palha de melão-de-são-caetano	140
Palha de cevada/palha de alfafa (20%)	130
Resíduo de folha de capim-limão	113
Resíduo algodão (75%)/palha (23%)/cal (2%)	105
Palha de trigo (99%)/cal (1%)	105
Polpa de café/palha de cevada 5 dias fermentando	103
Resíduo de folha de canela	82
Palha de arroz	81
Resíduo de algodão (98%)/cal (2%)	79
Palha de cevada/farinha de pena (8%)	78
Polpa de cevada (94%)/farinha de pena (4%)	74
Resíduo de algodão (75%)/folha de chá (23%)/cal (2%)	73
Palha de ervilha-de-vaca	72
Palha de cevada/palha de alfafa (5%)	69
Palha de feijão-voador	60
Palha de abóbora	57
Bagaço de cana/melaço (15%)	55
Casca de arroz	50
Cana-de-açúcar moída na hora	35

Tabela 5. Orçamento para produção de 2.700 sacos de substratos com 500 g do peso úmido.

Quantidade	Produto	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
1	Picadeira	2.300,00	2.300,00
1	Boca de fogão industrial	120,00	120,00
2	Tambores de ferro 200 L	200,00	400,00
1	Tambor de plástico de 200 L	110,00	110,00
10 m ²	Lona de plástico preta	10,00	100,00
2	Botijão de gás	140,00	280,00
Total			3.310,00
Quantidade	Produto	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
430 kg	Gramínea	22,50 (fardo de 15 kg)	645,00
120 kg	Farelo de arroz	32,90 (saca 40 kg)	98,70
11 kg	Gesso agrícola	42,00 (saca 50 kg)	9,24
3.000	Sacos de plástico	0,025	75,00
270 kg	“Semente” (10% peso úmido do substrato)	7,00	1.890,00
2 kg	Arame encapado	27,00	54,00
4 m ²	Espuma	15 (1 m x 2 m)	60,00
1	Carga de gás	42,00	42,00
Total			2.873,94

Fonte: Urben et al. (2004).

A área da sala de incubação deve ter, no mínimo, 12 m². O tempo previsto para a produção de cogumelos é em torno de 45 dias. Nessa área, pode-se utilizar 12,5 estantes x 6 prateleiras = 75 prateleiras (40 sacos por prateleira) com 3 mil sacos. Como os sacos têm 500 g de substrato, no total, teremos 1.500 kg de substrato úmido.

Descontando-se 10% de perdas por contaminação, teremos 2.700 sacos em 45 dias.

Considerações finais

O *Pleurotus* spp. É um cogumelo que pode ser encontrado em quase todos os países, sendo

mais frequente em regiões de clima tropical e subtropical. Seu cultivo (de forma rústica) foi iniciado no século 20, em troncos de madeira colocados nas florestas. No final da década de 1950, a serragem começou a ser usada como substrato de cultivo.

Com a descoberta, em 1987, da técnica JunCao pelos chineses – que usam capim como principal componente para o substrato de cultivo – a produção mundial de cogumelos aumentou consideravelmente, não somente por ser uma técnica simples, mas também porque oferece diversas vantagens, como o uso de recursos agrícolas naturais, desenvolvimento rápido e boa produtividade.

No Brasil, o consumo desse cogumelo tem aumentado nos últimos anos por suas propriedades nutracêuticas (medicinais e nutricionais) e organolépticas (cor, aroma e sabor).

Referências

- ALBERTÓ, E. **Cultivo intensivo de los Hongos Comestibles**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2008. 265 p.
- BANO, Z.; RAJARATHNAM, S. *Pleurotus* mushroom as a nutritious food. In: CHANG, S. T.; QUIMIO, T. H. (Ed.). **Tropical mushrooms**. Hong Kong: The Chinese University, 1984. 493 p.
- DANAI, O.; LEVANON, D.; SILANIKOVE, N. Cotton straw silage as a substrate for *Pleurotus* spp. cultivation. **Mushroom Science**, v. 12, n. 2, p. 81-89, 1989.
- FIDALGO, O.; GUIMARÃES S. M. P. B. A situação do cogumelo no Brasil e no exterior. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE COGUMELOS COMESTÍVEIS, 1., 1980, Mogi das Cruzes. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânico, 1985. p. 7-23.
- KURTZMAN JUNIOR, R. H.; ZADRAZIL, F. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushrooms. In: CHANG, S. T.; T. H. (Ed.). **Tropical mushrooms**. Hong Kong: The Chinese University Press, 1984. 493 p.
- LAJOLO, F. Fungos como alimentos. In: LACAZ, C. da S.; MINAMI, P. S.; PURCHIO, A. **O grande mundo dos fungos**. São Paulo: Polígono: Ed. da Universidade de São Paulo, 1970. 255 p.
- MANSUR, M.; KLIBANSKY, M.; GUTIÉRREZ, I. Evaluacion de parametros de processo para la producción de hongos del genero *Pleurotus* cultivados sobre paja de caña. **Boletín Geplacea**, v. 9, n. 8, p. 5-13, ago. 1992.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D.; MORALES, P.; SOBAL, M. Viabilidad post cosecha de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* bajo diferentes condiciones. **Micology Neotropica Applied**, v. 2, p. 53-66, 1989.
- MARTÍNEZ-CARRERA, D.; SOBAL, M. Propects of edible mushroom cultivation in developing countries. **Food Laboratory News**, v. 8, n. 3, p. 21-33, 1992.
- MAZIERO, R. **Substratos alternativos para o cultivo de *Pleurotus* spp.** 1990. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- MENEZES, M.; OLIVEIRA, S. M. de. **Fungos fitopatogênicos**. Recife: Ed. da UFRPE, 1993. 277 p.

RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms; morfology, life cycle, taxonomy, breeding and cultivation. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 157-223, 1987.

RAJARATHNAM, S.; BANO, Z. *Pleurotus* mushrooms; part 3: Biotransformations of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 31-113, 1989.

SINGH, M. **Technologies for mushroom production**. Chambaghat: Icar, 2010. Disponível em: <http://agricoop.nic.in/Admin_Agricoop/Uploaded_File/ICAR_8.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2016.

STAMETS, P.; CHILTON, J. S. **The mushroom cultivator**. Washington, DC: Agarikon Press, 1983. 415 p.

STURION, G. L. **Utilização da folha da bananeira como substrato para o cultivo de**

cogumelos comestíveis (*Pleurotus* spp.). 1994. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 187 p.

ZADRAZIL, F. Cultivation of *Pleurotus*. In: CHANG, S. T.; HAYES, W. A. (Ed.). **The biology and cultivation of edible mushrooms**. New York: Academic Press, 1978. p. 521-557.

ZADRAZIL, F.; KURTZMAN JUNIOR, R. H. The biology of *Pleurotus* cultivation in the tropics. In: CHANG, S. T.; QUIMIO, T. H. (Ed.). **Tropical Mushrooms**. New York: Academic Press, 1984. 493 p.



Capítulo 6

Cultivo de *Ganoderma
lucidum* pela
técnica JunCao

Arailde Fontes Urban
Haroldo César Bezerra de Oliveira
John Kennedy Pinho Santos

Introdução

Ganoderma lucidum, também conhecido pelos japoneses como *Reishi* ou *Mannentake* (cogumelo-divino), pelos chineses e coreanos como *Ling Chih* ou *Ling Zhi* (cogumelo-da-imortalidade) e pelos brasileiros como cogumelo-rei ou cogumelo-brilhante, é o fungo medicinal mais famoso do mundo, particularmente na China, na Coreia do Sul, no Japão e nos Estados Unidos (URBEN et al., 2004; WILLARD, 1990).

Essa espécie apresenta estipe avermelhada a marrom-violáceo, igual à superfície do píleo ou chapéu, brilhantes como se fossem envernizados. A estipe é longa e de tamanho variado. Píleo de grandes dimensões, com 5 cm a 15 cm de largura. A parte inferior apresenta poros circulares, esbranquiçados. Pode atingir até 40 cm de altura (Figura 1). É uma espécie não comestível, pelo fato de a sua estrutura ser coriácea. Entretanto, por suas propriedades nutricêuticas, é muito usada na fabricação de medicamentos, sendo conhecida por suas propriedades antitumoral, antiviral, anti-inflamatória e bactericida, entre outras (AMAZONAS, 2000; BRITTO, 2000; URBEN et al., 2004).

Na China, existem 98 espécies de *Ganoderma*. Entre elas, espécies de coloração azul, vermelha, amarela, branca, preta e púrpura. Além das variações em cores, as espécies de *Ganoderma*



Foto: Masana Izawa e Nakahiko Mizuno

Figura 1. *Ganoderma neo-japonicum* com estipe longa e píleo brilhante.

Fonte: Imazeki et al (1988).

também podem variar em tamanho e forma do basidiocarpo (STERRY, 1995; URBEN et al., 2004). Alguns exemplos são mostrados nas Figuras 2 a 5. Basicamente, todas essas espécies têm o mesmo valor terapêutico.



Fotos: Cláudio Bezerra

Figura 2. *Ganoderma lucidum* em forma semicircular, com dobras anelares ou zonas concêntricas (A e B); e *G. lucidum* em forma de chifre, crescendo em substrato de cultivo (C).

Foto: Masana Izawa



Figura 3. *Ganoderma boninense* sobre tronco de árvore.
Fonte: Imazeki et al. (1988).

Classificação de *Ganoderma lucidum*

Reino: Fungi

Divisão: Eumycota

Subdivisão: Basidiomycotina

Classe: Basidiomycetes

Ordem: Aphyllophorales

Família: Ganodermataceae / Polyporaceae

Foto: Nakahiko Mizuno

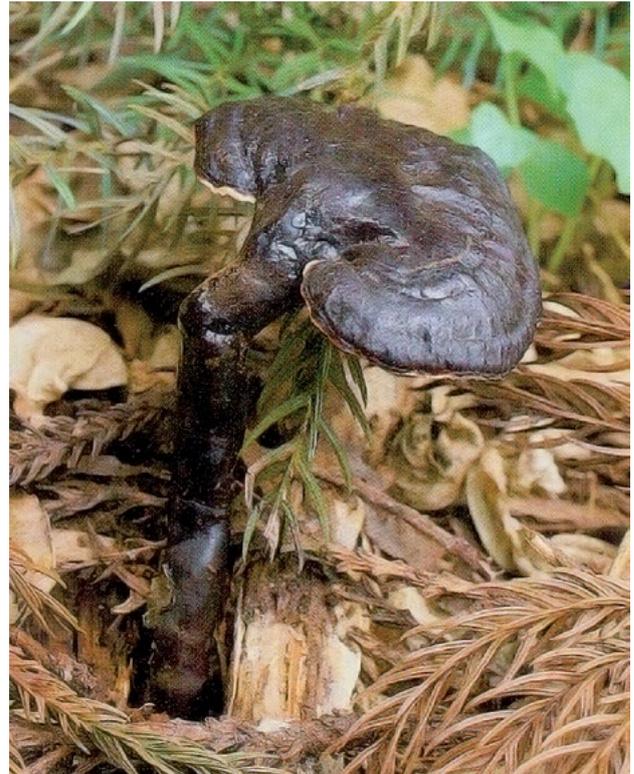


Figura 4. *Ganoderma neo-japonicum* sobre tronco de madeira decomposta.
Fonte: Imazeki et al. (1988).

Gênero: *Ganoderma*

Espécie: *Ganoderma lucidum* (W. Curtis.: Fries)
Karsten

Exemplos de espécies de *Ganoderma*:

Ganoderma lucidum

Ganoderma tsugae

Fotos: Araiide Fontes Urban



Figura 5. *Ganoderma applanatum*.

Ganoderma sinensis
Ganoderma tenue
Ganoderma applanatum
Ganoderma neo-japonicum
Ganoderma brownii

Ganoderma philippii
Ganoderma tropicum
Ganoderma haianense
Ganoderma theaecolum
Ganoderma capense

Habitat: cresce em troncos de árvores ou em raízes decompostas de carvalho ou de ameixeira, entre outras. O substrato pode ser húmus do solo, plantas mortas e restos de cultura. A maioria das espécies são saprófitas, ocasionalmente parasitas de plantas (HOBBS, 1995).

Benefícios nutricionais: apresenta alto teor de proteína, todos os aminoácidos essenciais à dieta humana, minerais, carboidratos e fibras (AMAZONAS, 2000; BRITO, 2000; URBEN et al., 2004).

Benefícios medicinais e atividades farmacológicas

Os principais constituintes ativos de *G. lucidum* são a β -D-glucana, o ácido ganodérico e a proteína Ling Zhi-8. A β -D-glucana é um polissacarídeo que auxilia no tratamento de alguns tipos de cânceres (ação antitumoral) e estimula o sistema imunológico. O ácido ganodérico é composto de triterpenos (agentes antialérgicos), que reduzem o colesterol no sangue e a pressão sanguínea. A proteína Ling Zhi-8 é antialérgica e estimulante do sistema imunológico (Tabela 1) (URBEN et al., 2004).

Tabela 1. Componentes medicinais ativos e respectivas ações farmacológicas de duas espécies de cogumelos do gênero *Ganoderma*.

Espécie	Componente	Ação farmacológica
<i>G. lucidum</i>	β-glicanas	Antitumoral, antiviral e hipoglicêmica
	Triterpenos	Anti-inflamatória, antiviral e hipocolesterolêmica
	Proteína Ling Zhi-8	Antialérgica
	Ganoderan	Antialérgica
	Glicogênio peptídico	Hipoglicêmica
<i>G. applanatum</i>	β-glicanas	Antitumoral e antiviral

Fonte: Chang e Miles (1989).

A parede da hifa do micélio é constituída de camadas de polissacarídeos, que são componentes da macromolécula de açúcar simples existentes no citoplasma das células, como celulose, quitina, manaina e glucana.

A extração de polissacarídeos e triterpenos pode ser obtida de corpos frutíferos, esporos e fermentação do micélio. *G. lucidum* regula o sistema imunológico e produz atividade antitumoral, aumentando os leucócitos, também conhecidos como glóbulos brancos. Regula a pressão arterial e é usado no tratamento de diversas enfermidades.

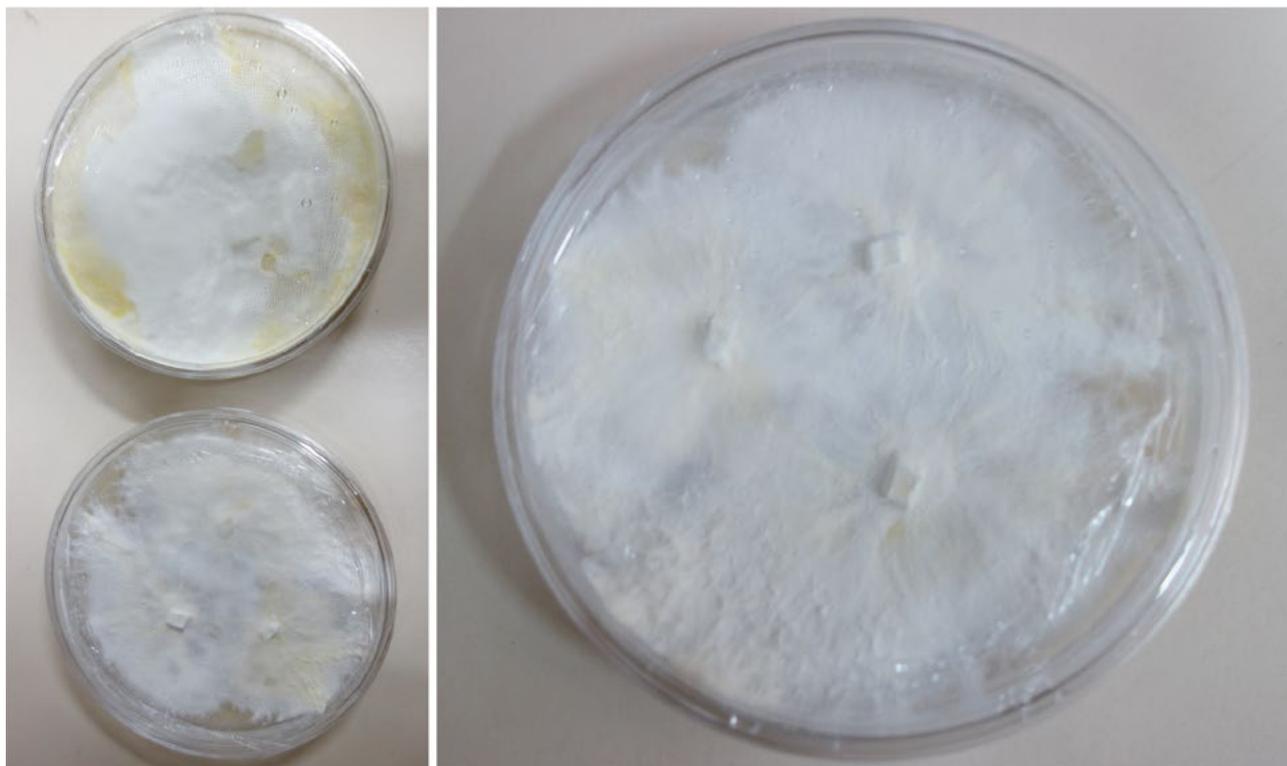
Características morfológicas

Micélio: filamentososo, denso, de aspecto radiado, de coloração branca quando jovem, e amarelada a marrom, quando adulto (Figura 6).

Píleo (chapéu): apresenta forma semicircular ou forma de rins, raramente circular, com dobras anelares e depressões divergentes sobre sua superfície.

Estipe (haste ou talo): apresenta forma cilíndrica regular. Quando jovem, apresenta coloração branca a amarelada, posteriormente, já na fase adulta, tem cor negra ou amarela-amarronzada. Os esporos são produzidos na região do himênio do píleo, são marrons e ovais, e medem 8,5 cm a 11,5 cm x 5,0 cm a 7,0 cm de diâmetro.

A coloração de *G. lucidum* pode variar de acordo com as condições de cultivo, com a temperatura e a umidade, o que diferencia em variedades e no teor dos princípios ativos. Essa espécie apresenta sabor amargo, limitando seu consumo sob a forma de pó para chá, cápsulas, pílulas, extrato (xarope) e injeções.



Fotos: Aرائلde Fontes Urben

Figura 6. Micélio filamentosso, denso, cotonoso de aspecto radiado de *Ganoderma lucidum*, em meio de cultivo artificial de laboratório.

Fatores importantes para produção de *G. lucidum*

Nutrição

G. lucidum é um fungo saprófita de madeira, que depende de nutrientes para seu crescimento e

sua reprodução. Os principais nutrientes são C (carbono), N (nitrogênio) e minerais.

No cultivo artificial, vários materiais de culturas podem ser usados, como palha de arroz, trigo e milho; casca de semente de algodão; farelo de soja; gramíneas; bagaço de cana-de-açúcar; capim-elefante; cana-da-índia; tifton, etc. O uso

de serragem é importante nos substratos de cultivo porque esse fungo é lignícola, ou seja, desenvolve-se, naturalmente, em cascas de árvores.

Fórmulas dos substratos: porcentagem para 5 kg de substrato

Fórmula I ⁽¹⁾	
Componente	Quantidade
Tifon	39%
Cana-da-índia	39%
Farelo de arroz	20%
Gesso agrícola	2%
Água (em média)	9 L

⁽¹⁾ Testado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Fórmula II ⁽¹⁾	
Componente	Quantidade
Cameron branco	78%
Farelo de arroz	20%
Gesso agrícola	2%
Água (em média)	9 L

⁽¹⁾ Testado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Fórmula III ⁽¹⁾	
Componente	Quantidade
Trigo triturado (palha)	78%
Farelo de arroz	20%
Gesso agrícola	2%
Água (em média)	9 L

⁽¹⁾ Testado pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Fórmula IV	
Componente	Quantidade
Serragem	39%
Farelo de arroz, feijão ou casca de sementes de algodão	10%
Bagaço de cana-de-açúcar	10%
Capim-elefante ou cameron branco	39%
Gesso agrícola	2%
Água (em média)	9 L

Fórmula V	
Componente	Quantidade
Serragem	78%
Farelo de trigo	20%
Gesso agrícola	2%
Água (em média)	9 L

Temperatura

A época para cultivo é determinada de acordo com a temperatura do ambiente, porque temperaturas elevadas ou muito baixas podem prejudicar o crescimento e a produção dos cogumelos. O micélio cresce em temperaturas de 24 °C a 30 °C. Em temperaturas entre 20 °C e 25 °C, o micélio cresce vagorosamente, possui textura espessa e apresenta coloração dourada. A frutificação do *G. lucidum* ocorre sob temperatura de 20 °C a 25 °C.

Luz

A influência da luz no cultivo de *G. lucidum* depende das diferentes fases de desenvolvimento desse fungo. Por exemplo, enquanto o micélio cresce bem na ausência de luz, o corpo de frutificação necessita de luz moderada para seu crescimento. O ambiente sombreado com pouca luminosidade geralmente necessita de 30% de luz e de 70% de escuro.

Umidade

A água é o principal componente da célula e sua função é solubilizar nutrientes, tornando-os assimiláveis pelo fungo.

O teor de umidade no substrato deve ser de 60% para o crescimento do micélio e a umidade relativa do meio ambiente deve ser mantida entre 80% a 90% para que o corpo de frutificação possa crescer bem. Podem-se usar umidificadores simples na “sala de corrida” (crescimento do micélio) ou em galpões (desenvolvimento de corpos de frutificação).

Ar

G. lucidum é um fungo aeróbico que oxida e catalisa compostos orgânicos e depois os utiliza como alimento. Por isso, ar fresco é uma condição importante para seu crescimento.

Quando a concentração de dióxido de carbono está acima de 0,1%, há má-formação da haste e do “chapéu”. Por isso, é importante haver boa ventilação nas salas de cultivo.

Iluminação

A luz influencia, diretamente, em todas as fases do desenvolvimento de *G. lucidum*. O micélio cresce na ausência de luz. A presença de luz pode afetar ou retardar seu desenvolvimento vegetativo. Entretanto, a luz moderada é indispensável para o crescimento do corpo frutífero.

Valor do pH

O micélio de *G. lucidum* pode crescer em ambiente levemente ácido, pH entre 3,0 e 7,5, mas se desenvolve melhor em pH entre 4,0 e 6,0. Para que o micélio cresça no pH adequado, deve-se adicionar solução tampão durante a adubação. Solução tampão: 0,2% de fosfato hidrogenado de potássio (KH_2PO_4).

Cultivo

Segundo Stamets (1993), o cultivo de *G. lucidum* é dividido em três fases:

Primeira fase – Obtenção do micélio de cultura com ágar e nutrientes, em placas de Petri.

Segunda fase – Transferência de inóculo de cultura pura miceliada para grãos de cereais esterilizados, acondicionados em frascos e incubados a 25 °C.

Terceira fase – Transferência de fragmentos de *spawn* (micélio + substrato) para recipientes contendo o substrato de cultivo (Figura 7).

De acordo com Lin e Lin (1998), existem três maneiras de se cultivar *G. lucidum* em tubos:

- Em membranas plásticas de polipropileno.
- Em sacos plásticos de polietileno.
- Em garrafas.

Na China, os produtores de cogumelos inoculam fungo em sacos plásticos ou em garrafas com capacidade de 1 L a 2 L, vedando a parte superior com um suporte estreito tamponado com algodão. Uma vez inoculados, são empilhados horizontalmente. E, depois de 30 a 60 dias, quando o substrato estiver todo miceliado, os tampões de algodão são removidos para o ar circular. Assim, os primórdios de frutificação emergem no ambiente de alta umidade.

O cultivo de cogumelos também pode ser feito em “camas”. A “cama” deve ser construída de acordo com a temperatura do ambiente. Por exemplo, em áreas úmidas, devem ser construídas “camas” convexas, ou seja, pequenos montinhos de 1,1 m de largura e 10 cm de altura. Já em clima árido, devem-se adotar “camas”

com as seguintes dimensões: 1,2 m a 1,5 m de largura e 40 cm a 50 cm de profundidade.

Após a construção das “camas”, os sacos plásticos contendo os substratos miceliados devem ser retirados e colocados de forma compactada sobre a “cama”. Na sequência, devem ser cobertos com jornais ou plásticos, durante 7 dias. Depois, deve ser adicionada uma camada fina de terra (1 cm a 2 cm) e coberta novamente com os sacos plásticos. Quando surgirem os primeiros primórdios, deve-se retirar o plástico e colocá-lo sobre arcos feitos de bambu, para não afetar o desenvolvimento dos corpos de frutificação. A adoção desse método tem a vantagem de produzir cogumelos com haste curta e chapéu grande.

Época de cultivo

O fungo pode ser cultivado durante todo o ano em condições de temperatura e umidade controladas ou quando a temperatura ambiente estiver entre 20 °C e 30 °C. Em condições favoráveis de temperatura e de umidade, o período de inoculação até a colheita é de 5 a 6 meses.

Procedimento para cultivo

Preparo dos tubos

O procedimento para o preparo de tubos é semelhante ao do shiitake (*Lentinula edodes*).



Fotos: Aرائلde Fontes Urban

Figura 7. Inoculação de “sementes” no substrato de cultivo (A); substrato inoculado contendo gramíneas (B); e micélio colonizado no substrato de cultivo (técnica JunCao) (C).

Os sacos plásticos de polipropileno devem ter as seguintes especificações: 30 cm de largura, 60 cm de comprimento e 5 mm a 6 mm de espessura. O substrato é condicionado em sacos plásticos, esterilizados a vapor e inoculados. Devem ser feitas de três a quatro perfurações distribuídas na superfície do plástico, em apenas um dos lados, devendo-se, em seguida, proceder à inoculação. Os orifícios perfurados devem ser vedados com uma fita adesiva.

Cultivo do micélio

Na sala de cultivo, devem ser adotados diversos critérios como:

- Manter o espaço limpo e ventilado.
- Acondicionar os tubos em prateleiras um sobre o outro em forma de cruz (#), 8 a 10 camadas de quatro tubos cada. Não movimentar os tubos antes de 7 a 10 dias, após a circulação.
- Monitorar a sala de cultivo usando um termômetro para medir a temperatura ambiente: 18 °C a 20 °C após a inoculação, e 25 °C a 30 °C com 7 dias de inoculado.

O cultivo do micélio é feito na ausência da luz. Normalmente, o micélio leva 45 dias para colonizar todo o tubo.

Frutificação

O substrato miceliado deve ser transferido para galpões ou casa de vegetação. Quando o micélio mudar da coloração branca para a marrom, devem-se fazer pequenos cortes ou perfurações em forma de cruz nos sacos, para que o corpo de frutificação se desenvolva sem nenhum obstáculo. O objeto cortante deve ser previamente esterilizado. O tamanho do corpo de frutificação está inversamente relacionado ao número de perfurações, ou seja, quanto menos perfurações (duas a três num dos lados somente), maior será o corpo de frutificação. As perfurações devem ter o tamanho de 2,0 cm x 1,5 cm (LIN, LIN, 1999; URBEN et al., 2004).

G. lucidum pode produzir corpos frutíferos em ambientes fechados (em estantes) ou abertos, em galpões (em "camas"), respectivamente. No cultivo em ambientes fechados, os tubos devem ser acondicionados nas prateleiras em fileiras, mantendo-se a umidade do ar entre 80% e 90%, pulverizando-se com água (LIN, LIN, 1999; URBEN et al., 2004).

Em ambientes abertos, devem-se colocar os substratos miceliados ou fileiras em "camas" de terra, cobrir com solo (contendo terra misturada com areia) e fixar algumas tiras de bambu em forma de arco sobre a "cama", servindo assim

de suporte para a cobertura com lona plástica. Por sua vez, deve-se manter a umidade relativa do ar em 70% no ambiente interno do plástico. É importante manter a temperatura da “cama” entre 20 °C e 30 °C (Figura 8).

Fotos: Sérgio Miguel Mazaró



Figura 8. Cultivo de *Ganoderma lucidum* em “camas”.

Os cogumelos também podem ser cultivados em barracas de lona ou em galpão feito de argila (Figura 9).

Desenvolvimento do corpo de frutificação

Inicialmente, surgem botões de coloração branca. Posteriormente, com seu desenvolvimento, essa coloração muda de branca, para amarelado-dourada, e a parte superior do cogumelo adquire forma triangular. O crescimento do corpo de frutificação é lento e muda de coloração de acordo com a idade do cogumelo. Na fase adulta, eles apresentam cor marrom, com base avermelhada (Figura 10).

Frequentemente, os cogumelos dessa espécie alcançam 10 cm depois de 50 dias. Além disso, multiplicam-se quando surgem em múltiplos locais ao nível da superfície do solo e se mantêm em direção à luz. Uma indicação do crescimento é o aparecimento de uma faixa branca ao redor da extremidade do chapéu. Em condições ideais, o crescimento é rápido, e o tempo da colheita é indicado pela ausência da faixa branca e pela produção de esporos marrons. Embora os esporos sejam formados na parte inferior do píleo, tendem a se acumular na parte superior deste.



Figura 9. Cogumelos cultivados com a técnica JunCao em barracas de lona, em Fujian, na China (A); galpão de argila em Yanchuan, na China (B).

Se o saco for aberto em local com baixa umidade, o substrato desidrata e o desenvolvimento do corpo de frutificação é interrompido. Se o substrato for mantido em ambiente com umidade alta, o crescimento do talo vertical reduz ou para completamente, e o chapéu começa a diferenciar-se em forma de rins no sentido horizontal.

Existem três aspectos que devem ser considerados durante o crescimento do corpo de frutificação: ventilação, temperatura e umidade. A temperatura deverá ser mantida entre 20 °C a 30 °C e a umidade do ar entre 80% e 90%. Os tubos não devem ser removidos. Caso contrário, haverá má formação do cogumelo.



Fotos: Cláudio Bezerra

Figura 10. Botões de coloração branca (A); forma de “chifre”, cor branca para amarelo-dourada (B); fase adulta, cor marrom e forma triangular (C).

Parâmetros de crescimento

Incubação de “sementes” ou spawn:

Temperatura: 21 °C a 27 °C

Umidade relativa: 80% a 95%

Duração: 10 a 20 dias

CO₂: 5%

Luz: ausência

Formação do primórdio (“chifre”)

Temperatura: 18 °C a 24 °C

Umidade relativa: 95% a 100%

Duração: 14 a 28 dias

CO₂: 4%

Luz: pouca luminosidade (4 a 8 horas a 200 lux a 500 lux)

Formação do primórdio

Temperatura: 21 °C a 27 °C

Umidade relativa: 95% a 100%

Duração: 14 a 28 dias

CO₂: 2%

Luz: 12 horas a 500 lux a 1.000 lux

Desenvolvimento da frutificação:

Temperatura: 21 °C a 27 °C

Umidade relativa: 90% a 95%

Duração: 60 dias

CO₂: 2%

Luz: 12 horas a 750 lux a 1.500 lux

É essencial que os produtos à base de cogumelos sejam de boa qualidade e livres de substâncias tóxicas a humanos, como os metais pesados (chumbo, ferro, mercúrio, etc.). O substrato deve ser adequado ao cultivo com todos os ingredientes devidamente balanceados.

Em todas as fases de crescimento do cogumelo, deve-se atentar para todo e qualquer tipo de poluição. Não apenas o ar, mas também a água de irrigação devem estar livres de qualquer tipo de contaminação, devendo-se ainda primar pelas boas práticas de higienização em todas as etapas de produção do cogumelo.

É necessário também manter a temperatura e a umidade sob condições ideais de crescimento e frutificação.

Colheita

O período entre o plantio e a colheita é em torno de 50 a 60 dias, dependendo da linhagem, do

substrato de cultivo, da temperatura e da umidade em que se encontram os cogumelos. Entretanto, o período desde a inoculação até a última colheita, pode durar até 150 dias (máximo quatro colheitas).

O ponto de colheita é quando os corpos de frutificação cessarem de crescer e liberarem os esporos, ou quando o chapéu mudar de coloração levemente amarelada para marrom. Os esporos se dispersam e o anel ou faixa de cor branca – que se forma na extremidade do chapéu – desaparece. A colheita antecipada vai afetar não somente a produção, mas também a qualidade do cogumelo (LIN, LIN, 1999; URBEN et al., 2004).

Os corpos de frutificação não devem estar secos durante a colheita e devem ser livres de fungos e insetos. Para se colher o cogumelo, faz-se um giro suave de 180° com a mão ou corta-se o talo com um objeto cortante previamente esterilizado. De acordo com Stamets (1993), o rendimento médio no sistema de cultivo rápido está entre 125 g a 200 g de cogumelos frescos para 2,2 kg a 2,3 kg de substrato úmido, em 90 dias.

Desidratação

Depois da colheita, *G. lucidum* deve ser imediatamente desidratado diretamente ao sol ou numa desidratadora. Os corpos de frutificação devem ser secos em dois estádios:

Estádio 1: os corpos de frutificação devem ser expostos a temperatura entre 30 °C e 40 °C por 4 a 5 horas.

Estádio 2: a temperatura deve ser aumentada entre 55 °C e 60 °C por 2 a 3 horas. Para que não se percam os principais componentes ativos do cogumelo, a temperatura máxima deve ser de 60 °C.

Obs.: na Europa, 1 kg do cogumelo desidratado (*G. lucidum*) custa em torno de US\$ 185,00.

Armazenamento

As fases do armazenamento são as seguintes:

- Logo após a desidratação, os cogumelos devem ser empacotados em sacos plásticos.
- Em cada saco, deve-se colocar um pequeno envelope contendo sílica gel, para absorver a umidade.
- Os sacos devem ser selados e acondicionados em caixas de papelão ou de madeira. Na ausência de caixas, devem-se usar sacos revestidos com duas camadas de plástico ou recipiente hermeticamente fechado.

Comercialização

G. lucidum tem sido comercializado como nutracêutico em larga escala na China, no Japão e nos Estados Unidos. De acordo com Milles e Chang (1997), a comercialização de produtos derivados de cogumelos atingiu a soma de US\$ 1,2 bilhão. Em 2013, a comercialização mundial de cogumelos – cultivados, medicinais e selvagens – movimentou em torno de

US\$ 45 bilhões, sendo China, Japão, Estados Unidos, Holanda, Polônia e Espanha os maiores produtores, atualmente. Somente a China consegue produzir 21,5 milhões de toneladas por ano (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA, 2013).

São várias as formas de comercialização do produto: chá (cogumelos desidratados inteiros ou triturados), pílula, cápsula, tintura e xarope. Os chineses usam os corpos de frutificação em forma de chifre, previamente preservados, como obra de arte em museus, templos, como herança familiar e até são vendidos aos turistas. Também é usado em cervejas e vinhos ou como elemento aditivo aromatizante medicinal.

Informações adicionais

Extração de princípios ativos de *G. lucidum*

Os cogumelos conhecidos há muitos anos por seus efeitos contra alguns tipos de cânceres pertenciam à família Polyporaceae, da ordem Agaricales/Aphylophorales. Atualmente, já se sabe que outras famílias de fungos comestíveis, como Agaricaceae, Pleurotaceae, auriculariaceae, Tricholomataceae e Hydnaceae, estão incluídas entre as espécies com numerosos efeitos terapêuticos. Entre estas, estão os cogumelos que atuam contra as enfermidades decorrentes da deficiência do sistema

imunológico e têm sido efetivos contra câncer de estômago, esôfago, próstata, fígado e pulmão (ZHAO et al., 2005).

No Japão, em 1968, foi relatado que o extrato do cogumelo, sob a forma de chá quente, apresentava atividade antitumoral quando ingerido regularmente pelos pacientes portadores de câncer. A partir daquela data, numerosos pesquisadores têm isolado polissacarídeos, como a β -D-glucana; proteínas, como a Ling Zhi-8; e triterpenos, como o ácido ganodérico, entre outros constituintes ativos (URBEN et al., 2004; ZHAO et al., 2005).

Até o presente momento, não foi descoberto nenhuma vacina ou antibiótico que previna ou combata os vários tipos de cânceres existentes. As células cancerígenas têm desenvolvimento totalmente anormal e, por isso, se tornam malignas (MIZUNO et al., 1995). Pelo tratamento convencional (quimioterápico ou radioterápico), as células cancerígenas e as saudáveis são destruídas ou injuriadas. Por isso, o interesse de pesquisadores pelos tratamentos alternativos, como a imunoterapia (equilíbrio do sistema imunológico no organismo humano), a fim de prevenir doenças como o câncer e a Aids (SHUQUIAN, 2000).

O uso de cogumelos medicinais contra o câncer é conhecido em países como China, Coreia do Sul, Japão, Rússia, Estados Unidos e Canadá (SHUQUIAN, 2000).

Extração, fração e purificação de polissacarídeos

Os polissacarídeos são extraídos de corpos frutíferos, esporos e do micélio (desenvolvido em cultura líquida) (KAIBEN, 2000).

Mizuno (1999) usou a seguinte metodologia para extração, fração e purificação de polissacarídeo:

- Cogumelos desidratados e triturados (pó) são aquecidos com etanol a 80% com o objetivo de extrair e eliminar as micromoléculas.
- Em seguida, frações residuais (obtidas do etanol) são colocadas na água (100 °C por 3 horas), em oxalato de amônia a 1% (100 °C por 6 horas) e hidróxido de sódio a 5% (80 °C por 6 horas), com o objetivo de extrair os polissacarídeos.

Assim, os polissacarídeos foram então purificados por uma combinação de técnicas, incluindo concentração com etanol e precipitação com ácido acético.

Considerações finais

O *G. lucidum* é um basidiomiceto que vem sendo usado há milênios na tradicional medicina chinesa, em decorrência de suas propriedades farmacológicas. Esse cogumelo medicinal é usado sob a forma de chá (desidratado), extrato fluido, cápsulas e tinturas, como tratamento

complementar para diversas patologias clínicas, incluindo câncer e Aids. Esse uso dá-se não somente na China, mas também nos demais países que fazem parte da Ásia Oriental (RUBEL, 2006).

No Ocidente, o potencial terapêutico dos cogumelos só despertou a atenção nas últimas décadas, inicialmente pelos cientistas/pesquisadores e posteriormente pelos fungicultores e empreendedores, particularmente na indústria de fármacos e de cosméticos.

Desde 1996, que o uso da técnica chinesa JunCao, adaptada pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, tem contribuído com a fungicultura brasileira. Essa tecnologia de cultivo vem sendo repassada a técnicos e estudantes por meio de cursos, *workshops*, simpósios e publicação de livros.

Referências

AMAZONAS, M. A. L. A importância do uso de cogumelos: aspectos nutricionais e medicinais. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. Apostila.

BRITTO, de S. C. O **cogumelo medicinal**: *Ganoderma lucidum* (Wr. Curtis: Fries) Karsten. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 32 p. Apostila.

HOBBS, C. **Medicinal mushrooms**: an exploration of tradition, healing and culture. Santa Cruz, CA: Botanic Press, 1995. 251 p.

IMAZEKI, R.; OTANI, Y.; HONGO, T. **Fungi of Japan**. Tokyo: Yama-Kei, 1988. 624 p.

CHANGS, S. T.; MILES, P. G. The nutritional attributes and medical value of edible. In: EDIBLE mushrooms and their cultivation. Boca Raton: CCR Press. 1989. p. 27-40.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA (Brasil). **Simpósio Internacional sobre cogumelos debates meios de tecnologia e produção para viabilizar a comercialização**. 2013. Disponível em: <<http://portal.inpa.gov.br/portal/index.php/ultimas-noticias/914-simposio-internacional-sobre-cogumelos-debate-meios-de-tecnologia-e-producao-para-viabilizar-a-comercializacao>>_Acesso em: 10 mar. 2015.

KAIBEN, L. **Cultivation and process of medicinal fungus *Ganoderma lucidum***. In: WANG, Z. S.; WANG, H. C. Progress in cultivation techniques for *Agaricus bisporus* in China. [S.l.]: Asia Pacific Edible Mushroom Training Center, 2000. 36 p.

LIN, Z.; LIN, Z. **Curso sobre cultivo de cogumelos comestíveis**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 110 p.

LIN, Z.; LIN, Z. **JunCao technology**. Fujian: Institute of JunCao, 1998. 142 p.

MILLES, P. G.; CHANG, S. T. **Mushroom biology**. Singapore: World Scientific Publishing, 1997. 194 p.

MIZUNO, T. The extraction and development of antitumor: active polysaccharides from medicinal mushrooms in Japan (Review). **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 1. p. 9-29, 1999.

MIZUNO, T.; SAITO, H.; NISHITOBA, T.; KAWAGISHI, H. Antitumor: active substances from mushrooms.

Food Reviews International, v. 11, n. 1, p. 23-61, 1995.

RUBEL, R. **Produção de compostos bioativos de *Ganoderma lucidum* por fermentação em estado sólido**: avaliação da ação antitumoral, imunomoduladora e hipolipêmica. 2006. 172 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) – Universidade Federal do Paraná, Paraná.

SHUQUIAN, L. **Fermentation engineering and products of medicinal fungi**. [Fujian]: Asia Pacific edible Mushroom Training Center, 2000. 16 p.

STAMETS, P. **Growing Gourmet & Medicinal Mushrooms**. Hong Kong: Tem Speed Press, 1993. 554 p.

STERRY, P. **A photographic guide to mushrooms of Britain and Europe**. Wiltshire: New Holland, 1995. 144 p.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2004. p. 187.

WILLARD, T. **Reishi mushroom**: herb of spiritual potency and medicinal wonder. Washington, DC: Sylvan Press Issa Quah, 1990. 167 p.

ZHAO, H.-B.; LIN, S. -Q.; LIU, J. -H.; LIN, Z. -B. Polysaccharide extract isolated from *Ganoderma lucidum* protects rat cerebral cortical neurons from Hypoxia/Reoxygenation injury. In: PROCEEDING OF FUZHOU INSTITUTE OF GREEN VALLEY BIOPHARM TECHNOLOGY, 2000-2005, Fuzhou- China. [**Analls...**] Fuzhou-China, 2005. p. 98-102.



Capítulo 7

Cultivo de *Agaricus blazei*

Arailde Fontes Urban
Haroldo César Bezerra de Oliveira
Vagner Lacerda Ribeiro
John Kennedy Pinho Santos

Introdução

O cogumelo *Agaricus blazei* Murril foi descoberto em 1965 na região de Piedade, SP, pelo imigrante japonês Takatoshi Furomoto. Em 1972, ele enviou amostras desse fungo para ser analisado na Universidade da Província de Mie, no Japão. O material foi também enviado para a Bélgica, Argentina e Estados Unidos, onde posteriormente foi classificado como *Agaricus blazei* Murril (MIZUNO, 1997).

Seus efeitos terapêuticos foram inicialmente estudados pela Faculdade de Medicina da Universidade de Mie e pela Universidade de Shizuoka, ambas no Japão, onde foram descobertas suas propriedades anticarcinogênicas e seu potencial de ativar o sistema imunológico. Os cientistas japoneses revelaram que o polissacarídeo β -glucana atuava no organismo aumentando as funções imunológicas, elevando os macrófagos ou *natural killer cell* (NKC), células T, células B e células complementares, evitando a regeneração e a metástase do câncer (MIZUNO, 1990, 1997).

Agaricus blazei é um fungo saprófita, que se desenvolve em clima tropical e úmido com temperatura variando entre 25 °C e 28 °C (Figura 1). É rico em proteínas, vitaminas, sais minerais e apresenta baixo teor calórico. Além de suas propriedades nutricionais, esse fungo apresenta efeitos farmacológicos que despertam o

interesse de vários pesquisadores em todo o mundo, particularmente no Japão, na China, na Coreia do Sul, nos Estados Unidos e no Brasil (PARADIZO, 2003; PINTO, 1999; RIBEIRO, 2002).

Esse cogumelo é um poderoso complemento alimentar, coadjuvante na prevenção e no tratamento de diversas enfermidades, entre elas câncer, Aids, artrites reumáticas, lúpus e diabetes.

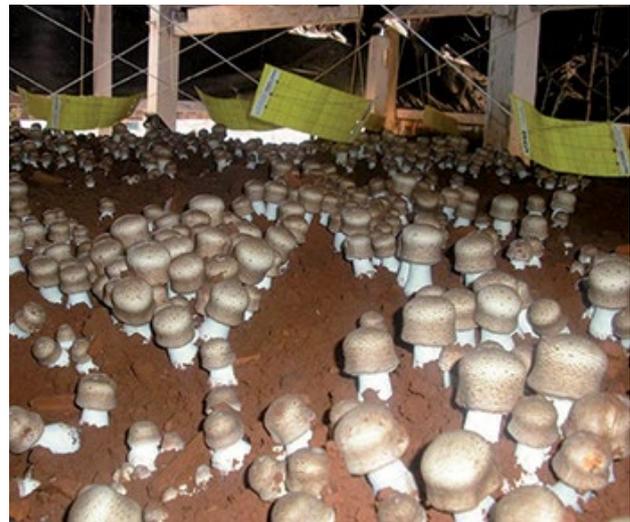


Foto: Marcelo Canfran Simões

Figura 1. *Agaricus blazei*.

Classificação fúngica de *Agaricus blazei*

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Classe: Basidiomycetes/Hymenomycetes

Ordem: Agaricales/Hymenomycetales

Família: Agaricaceae

Gênero: *Agaricus*

Espécie: *Agaricus blazei* Murril

No Japão, esse cogumelo ficou sendo vulgarmente conhecido como *Himematsutake*. No Brasil, recebeu diversos nomes, como:

- Cogumelo-piedade.
- Cogumelo-da-vida.
- Cogumelo-medicinal.
- Cogumelo-princesa.
- Cogumelo-de-deus, entre outros.

O Brasil foi o primeiro país a cultivar o *A. blazei*, o qual atualmente também é cultivado em outros países, como o Japão, a China e a Coreia do Sul.

Inicialmente, o cultivo era feito com o emprego das mesmas técnicas aplicadas para o champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*). Atualmente, sabe-se que a metodologia de cultivo aprimora-se cada vez mais, sempre direcionada à produção de *A. blazei*, cuja demanda vem crescendo, consideravelmente, nos últimos anos.

O cultivo dessa espécie pode ser feito no campo (a céu aberto) ou em estufas (cultivo protegido). O cultivo em estufa oferece diversas vantagens, entre elas (URBEN et al., 2002):

- Melhor controle da temperatura e umidade.
- Proteção contra chuvas, ventos, granizo.

- Controle de pragas.

Sua comercialização destina-se, principalmente, à exportação para o Japão e os Estados Unidos. Embora o mercado interno ainda não tenha expressão econômica desejável, o consumo em nível nacional vem crescendo a cada ano, apesar dos altos preços praticados. Seu uso como nutricêutico, deve-se a seus atributos de aumento das defesas imunológicas do organismo.

Composição

A. blazei tem, na sua composição, vitaminas, proteínas, sais minerais, fibras alimentares, ergosterol e polissacarídeos como o β -D-glucana (Tabela 1).

Os teores de nutrientes e princípios ativos existentes nesses cogumelos podem apresentar valores diferenciados entre as espécies ou linhagens de uma mesma espécie. Essas diferenças podem também decorrer de diversos fatores, entre eles (AMAZONAS, 1999):

- Estádio de desenvolvimento do cogumelo.
- Metodologia adotada.
- Material usado na análise (cogumelos frescos, secos ou enlatados).
- Condições climáticas.
- Fórmula do composto em que foi cultivado o cogumelo.

Tabela 1. Composição de *Agaricus blazei* desidratado.

Componente	Quantidade
Umidade	8,3%
Proteína	25,1%
Gordura/lipídeos	1,0%
Fibras alimentares/totais	15,1%
Cinzas	7,3%
Açúcares	38,3%
Ferro	18,2 mg/100 g
Cálcio	41,6 mg/100 g
Fósforo	0,39 mg/100 g
Niacina	40,9 mg/100 g
Vitamina B ₁	0,48 mg/100 g
Vitamina B ₂	2,84 mg/100 g
Vitamina D	354 mg/100 g
Ergosterol	354 mg/100 g
β (1-3) D-glucana	30 mg–60 mg/100 g
β (1-6) D-glucana	30 mg–60 mg/100 g

Fonte: Pinto (1999).

Produção de sementes

O procedimento para produção de sementes de *A. blazei* é igual ao descrito no Capítulo 2 deste livro, *Formulação e preparo de meios para “sementes”*.

Cultivo de *Agaricus blazei* com a técnica Juncao

A técnica de cultivo *Juncao* foi iniciada na China, em 1983, pelos pesquisadores Lin Zhanxi e Lin

Zhanhua, com bastante sucesso. A utilização de gramíneas e resíduos orgânicos vegetais no cultivo de diversas espécies de cogumelos, incluindo o *A. blazei*, tem colaborado com o desenvolvimento daquele país (LIN; LIN, 2001). As técnicas de cultivo de *A. blazei* aqui descritas ainda não foram testadas pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Nessa técnica, os substratos de cultivo são capim-elefante, casca de semente de algodão, palha de arroz, palha de milho, palha de trigo, palha de sorgo, bagaço de cana, palha de feijão, casca de amendoim, farelo de trigo e de arroz.

Fórmulas de substratos e de compostos

Fórmula de substrato I

83% de capim-elefante
15% de farelo de trigo
2% de carbonato de cálcio (CaCO₃)

Fórmula de substrato II

68% de palha de trigo (farelo)
15% de casca de semente de algodão
15% de farelo de trigo (semente)
2% de carbonato de cálcio (CaCO₃)

Fórmula de substrato III

63% de palha de milho (farelo)
20% de palha de trigo (farelo)
15% de farelo de trigo (semente)
2% de carbonato de cálcio (CaCO₃)

Como preparar

- Colocar o substrato em sacos plásticos de polipropileno (usar uma das fórmulas acima citadas).
- Esterilizar em autoclave ou pasteurizador (vapor úmido), sob temperatura de 120 °C, durante 1 hora e 30 minutos ou durante 6 a 7 horas, respectivamente.
- Inocular o substrato com “sementes” (fungo + substrato) e incubá-los em sala escura, sob temperatura de 25 °C a 28 °C.

Fórmula de composto I

87,0% de capim-elefante (desidratado)
10,0% de farelo de trigo
0,3% de ureia
1,2% de carbonato de cálcio
1,5% de gesso agrícola

Fórmula de composto II

67,0% de palha de trigo (desidratado)

30,0% de fezes secas de vaca ou de galinha
0,4% de ureia
1,0% de superfostato de cálcio
0,6% de gesso agrícola
1,0% de carbonato de cálcio

Fórmula de composto III

63,0% de palha de milho (pó)
20,0% de palha de trigo (pó)
15,0% de fezes secas de vaca ou de galinha
0,4% de ureia
1,6% de fosfato de cálcio

Nota: a gramínea deverá ser desidratada e triturada em pequenos fragmentos (3 cm a 5 cm de diâmetro) antes do seu uso.

Como preparar

- Adicionar água no composto em pequena quantidade e misturar bem (usar uma das fórmulas acima citadas).
- Amontoar o composto em três camadas (com 2 m de altura) e cobri-lo com plástico.
- Deixar fermentar durante 6 a 7 dias até a temperatura atingir de 65 °C a 75 °C. Se a temperatura não atingir o desejado, adicionar ao composto uma solução contendo ureia (0,15%), sulfato de amônia (0,15%) e pequena quantidade de água.

- Deixar fermentar por mais 3 a 4 dias.

Nota: a baixa temperatura irá acidificar o composto; nesse caso, deve-se ajustar o pH, adicionando-se pequena quantidade de cal.

“Cama” de cultivo

- Antes de colocar o composto fermentado, molhar o solo com água + CaCO_3 (para neutralizar o pH do solo).
- Quando o solo estiver seco, deve-se preparar a “cama”, a qual deve medir de 1,1 m a 1,2 m de largura por 10 cm a 15 cm de profundidade e 2 m de altura.

Semeadura do inóculo

O inóculo é obtido do substrato inoculado (*spawn*).

- Quando a temperatura do composto fermentado atingir cerca de 28 °C ou for menor que 33 °C, deve-se semear de 2 g a 3 g do inóculo em cada ponto equidistante, a 15 cm de distância um do outro.
- Em seguida, deve-se cobrir as “camas”, colocando-se plástico sobre arcos de bambu.
- Quando o micélio atingir a superfície e penetrar profundamente no composto (até 2/3 do composto), deve-se cobrir as “camas” com solo de barranco (2 cm de espessura) e palha de arroz.

Brotação

Normalmente, a frutificação se inicia 6 semanas após a semeadura.

Colheita

Quando o bordo do cogumelo estiver ainda fechado e a haste não muito grossa, está pronto para ser colhido.

Cultivo de *Agaricus blazei* com técnica tradicional

O cultivo de *A. blazei* envolve diversas etapas, conforme mostra o fluxograma da Figura 2.

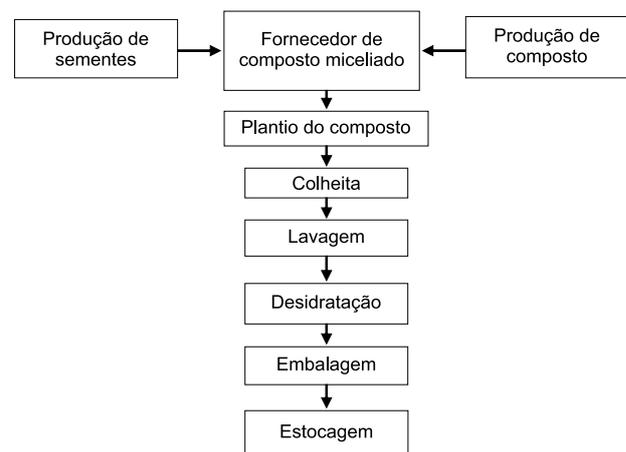


Figura 2. Etapas do cultivo de *Agaricus blazei*.
Fonte: Eira et al. (1996).

Produção do composto

Os cogumelos não contêm clorofila e, portanto, o composto é o meio que fornecerá os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento. Normalmente, necessitam de carboidratos provenientes da celulose e de pentoses resultantes da degradação parcial da lignina.

A fórmula do composto deve sempre atender os níveis de nutrientes (macro e micronutrientes) em quantidades e proporções equilibradas, necessárias à fase de fermentação e de produção do cogumelo.

Infraestrutura

Os galpões onde é feita a compostagem devem ser construídos com as laterais abertas e sobre uma área concretada com pequena inclinação, para evitar que a umidade do composto seja alterada pelas chuvas ou pelo calor da insolação (Figura 3).

Formulação do composto

O composto é constituído, em geral, de materiais fibrosos à base de palhas vegetais, ricos em carbono e pobres em nitrogênio (Tabela 2), e deve ser distribuído em pilhas, conforme ilustrado na Figura 4. No início da compostagem, a relação carbono/nitrogênio (C/N) deve está



Foto: Edison de Souza

Figura 3. Galpão para produção de composto.

entre 25 e 30. O N orgânico deve ser corrigido com a adição de alguns materiais suplementares (farelos e tortas).

Tabela 2. Caracterização química dos materiais do composto.

Material	N	C	C/N
	(% base seca)		
Cama de cavalo com feno	1,4	48,0	28/1
Bagaço de cana	0,3	57,3	184/1
Feno de <i>cost cross</i>	1,0	50,0	50/1
Farelo de soja	6,5	46,0	7/1
Sulfato de amônia	20,0	0,0	-
Ureia	40,0	0,0	-

Fonte: Eira et al. (1996).

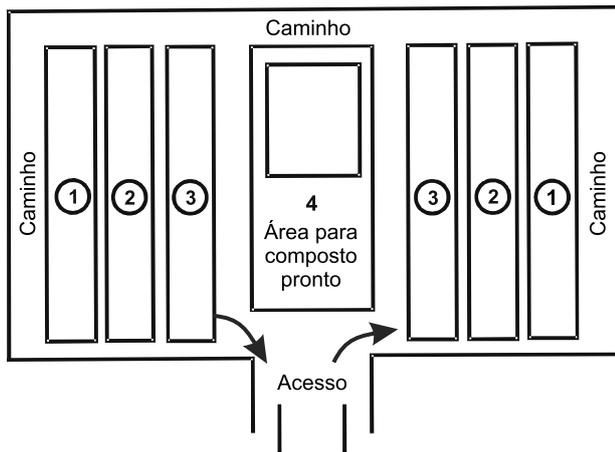


Figura 4. Disposição e formação da pilha.

Fonte: Eira et al. (1996).

Costuma-se adicionar os seguintes suplementos inorgânicos, que compõem a fração mineral do composto:

- Sulfato de amônia ou ureia.
- Superfosfato.
- Calcário ou carbonato.
- Sulfato de cálcio (gesso agrícola).

O composto dever ser amontoado em três camadas, intercalada com uma camada de esterco para ocorrer a fermentação. Deve-se molhar e deixar fermentar esse composto durante 5 a 8 dias ou até a temperatura deste ficar em torno de 65 °C a 75 °C (Figuras 5, 6 e 7). Nas Tabelas 3, 4 e 5, há exemplos de formulações para compostos clássico ou natural, sintético (termo usado para designar composto sem esterco de cavalo) e de origem organomineral, respectivamente.



Foto: Edison de Souza

Figura 5. Preparação da pilha de compostagem.



Foto: Edison de Souza

Figura 6. Pilha do composto sendo misturada antes da fermentação.

Foto: Edison de Souza



Figura 7. Revirada mecanizada da compostagem de *Agaricus blazei*.

Durante a compostagem, ocorre perda de massa, decorrente do consumo metabólico dos microrganismos, da ordem de 35% da matéria seca inicial. Por exemplo, 1 t de matéria inicial perde 350 kg de massa seca ao final da compostagem.

Compostagem

O processo de compostagem pode ser definido como um processo de biodegradação ou decomposição de matérias-primas orgânicas. Durante a compostagem, desenvolve-se a atividade de bactérias e outros microrganismos, caracterizada pela elevação da temperatura. Os microrganismos termófilos envolvidos são:

Tabela 3. Formulações de compostos clássicos ou naturais.

Formulação 1			Formulação 2			Formulação 3		
Material	Quantidade		Material	Quantidade		Material	Quantidade	
	(kg)	(%)		(kg)	(%)		(kg)	(%)
Esterco de baía com feno	1.200	25,2	Esterco de cavalo	1.000	83,0	Bagaço de cana	2.500	65,8
Bagaço de cana	1.600	33,6	Ureia	20	1,7	Esterco de cavalo	300	7,9
Feno de “cost cross”	1.050	22,1	Superfosfato monocalcico	20	1,7	Capim seco (catingueiro/colonião)	500	13,2
Farelo de soja	470	9,9	Farelo de soja	80	6,6	Ureia	18	0,5
Sulfato de amônia	60	1,3	Carbonato de cálcio	40	3,3	Sulfato de amônia	35	0,9
Ureia	35	0,7	Sulfato de cálcio (gesso)	40	3,3	Sulfato de potássio	10	0,3
Calcário	190	4,0	Sulfato de potássio	5	0,4	Farelo de soja	240	6,3
Superfosfato simples	50	1,1				Gesso agrícola	80	2,1
Gesso agrícola	100	2,1				Carbonato de cálcio	80	2,1
						Superfosfato simples	35	0,9
Total	4.755	100,00		1.205	100,00	Total	3.798	100,00

Tabela 4. Formulações de compostos sintéticos.

Componente	Composto 1		Composto 2		Composto 3	
	(kg) ⁽¹⁾	(%) ⁽¹⁾	(kg)	(%)	(kg)	(%)
Palha de trigo	1.850	39,3	1.850	38,8	1.850	38,8
Feno	1.170	24,8	1.160	24,5	1.160	24,5
Sabugo de milho	1.200	25,2	1.180	24,9	1.180	24,9
Farelo de soja	225	4,8	90	1,9	90	1,9
Ureia	30	0,6	50	1,0	50	1,0
Farelo de aveia	0	0,0	180	3,7	0	0,0
Farelo de milho	0	0,0	0	0,0	170	3,6
Gesso agrícola	250	5,3	250	5,2	250	5,3
Total	4.725	100	4.760	100	4.750	100

⁽¹⁾ Quantidades de matéria seca.

Tabela 5. Formulações de compostos organominerais.

Componente	Composto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Esterco de cavalo	1	0,3	6-9	-	1,7	-	-	-
Esterco de galinha	-	-	-	-	1,0	-	2,0	6,0
Bagaço de cana	-	2,5	10,0	8,0	-	-	-	10,0
Palha de arroz, capim ou trigo	-	0,5	1,0	1,0	-	10,0	10,0	10,0
Farelo de soja	0,03	0,12	0,2	0,8	-	2,0	1,0	0,2
Farelo de algodão	-	-	-	-	0,85	-	-	-
Ureia	0,02	0,018	0,025	-	-	0,2	0,1	0,05
Sulfato de amônia	-	0,035	0,1	0,15	0,1	-	-	0,15
Cloreto de potássio	-	-	-	0,05	-	-	-	0,05
Sulfato de potássio	0,005	0,01	-	-	-	-	-	-

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Componente	Composto							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Superfosfato simples	0,02	0,035	0,1	-	-	0,09	0,09	0,2
Sulfato de cálcio (gesso)	-	0,08	-	-	0,45	0,5	0,5	-
Mineral calcinado	-	-	-	-	-	-	-	0,04
Cal hidratada	-	-	0,1	-	-	-	-	0,2
Carbonato de cálcio	0,04	0,08	0,2	0,3	0,3	-	-	0,2

- Fungos (40 °C a 45 °C).
- Actinomicetos (50 °C a 55 °C).
- Bactérias (55 °C a 60 °C).

Na compostagem, há sucessão microbiana entre os microrganismos termófilos e, depois de concluído, o composto deve estar em torno de 24 °C para desenvolver o cogumelo (fungo mesófilo). Além de suprir a necessidade de oxigênio (O₂), a renovação do ar dissipa umidade e calor, baixando a temperatura.

O preparo do composto envolve duas fases: a fase 1 (condicionamento inicial) e a fase 2 (pasteurização e condicionamento final).

Fase 1

A Fase 1 é dividida nas seguintes etapas:

a) Montagem da pilha e umedecimento:

- Dispor os materiais em camadas alternadas.
- Fazer pilha com 1,8 m de largura por 1,8 m de altura, e no comprimento desejado.
- Aspergir água em abundância durante a montagem e, posteriormente, durante as reviradas.
- Permitir a circulação do ar para evitar microrganismos anaeróbios, causadores do mau cheiro (gás sulfídrico e outros, tóxicos aos microrganismos). A formação de chorume é normal.

b) Suplementação e revolvimento:

- Durante a primeira revirada, adicionar os suplementos a lanço, com exceção do gesso.
- As reviradas proporcionam o fracionamento das fibras, acelerando a atividade microbiana. As reviradas devem ocorrer a cada 2 ou 3 dias.

- Deve-se proceder às reviradas manuais ou com máquinas apropriadas.

c) Verificação da umidade e adição de gesso:

- A umidade deve estar próxima de 70%.
- A irrigação por aspersão evita lavar o composto.
- O gesso agrícola corrige a umidade e pode melhorar a textura do composto.
- O gesso diminui os teores de amônia na Fase 2.

Modelo de esquema de compostagem na Fase 1.

Dia	Procedimento
1°	Montagem da pilha e umedecimento da massa
3°	Primeira revirada: adição dos suplementos e água, se necessário
5°	Segunda revirada: adição de água, se necessário
7°	Terceira revirada: adição de gesso, se necessário
9°	Quarta revirada: se necessário

d) Enchimento da câmara de pasteurização (EIRA et al., 1996):

O objetivo da primeira fase é manter as reações bioquímicas ativas, por meio da umidade adequada, durante 15 dias aproximadamente. A temperatura pode atingir 80 °C no centro da pilha, quando se deve obrigatoriamente fazer uma revirada (Figura 8).

Fase 2

A Fase 2 compreende a pasteurização e o condicionamento do composto em instalações fechadas. Tem estes objetivos:

- Erradicar insetos (ovos e larvas), nematoides e outros microrganismos mesófilos.
- Promover temperaturas entre 45 °C e 60 °C no interior da massa, garantindo a pasteurização e a decomposição do composto pelos microrganismos termófilos (actinomicetos e fungos).
- Garantir a seletividade do composto, prevenindo contaminantes e competidores.
- Promover o condicionamento químico e físico do composto.

A Figura 9 mostra a dinâmica do preparo do composto. Por sua vez, a Figura 10 mostra um modelo de câmara de pasteurização para o cultivo de *A. blazei* (EIRA et al, 1996). Para 10 t de composto, a área recomendada é de 13 m² (3,0 m x 4,5 m).

a) Pasteurização

- Pode ser natural ou forçada.
- Tem a finalidade de eliminar contaminantes e competidores.
- É a continuação do processo de compostagem com aumento de temperatura.
- Deve ter temperatura ajustada para 60 °C por 6 a 8 horas.

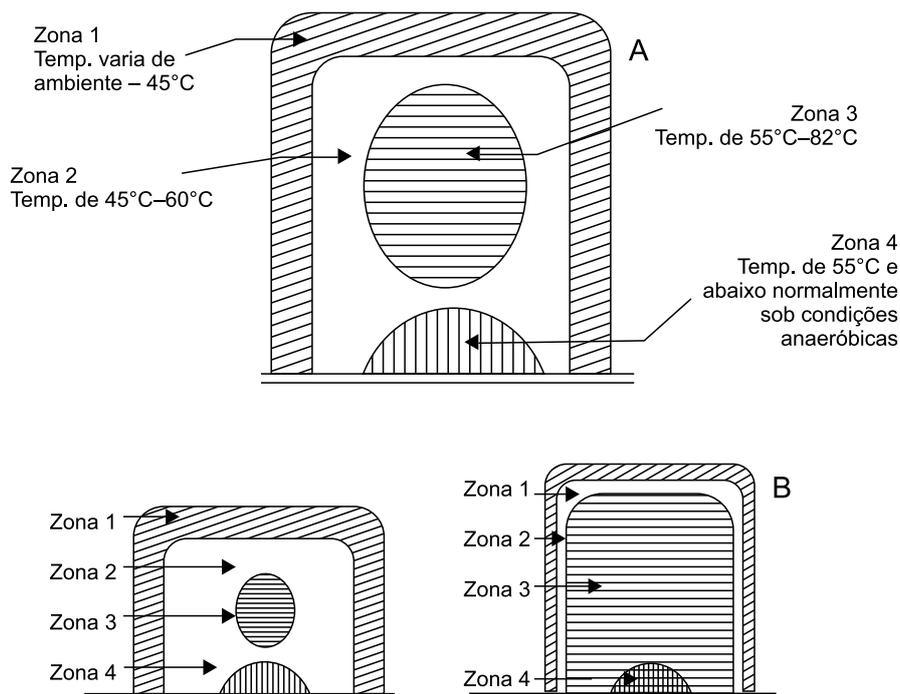


Figura 8. Pilha genérica e zonas de temperatura, umidade e oxigenação (A); pilha de compostagem longa e pilha de compostagem curta (B).

Fonte: Braga et al. (1998) e Stamets e Chilton (1983).

- Sempre que a Fase 1 for longa (acima de 20 dias), torna-se necessário o uso de vapor.

b) Condicionamento

- A temperatura do composto deve diminuir gradativamente após a pasteurização, devendo ser mantida em torno de 50 °C.
- O sistema de ventilação deve ser mantido, de forma que a temperatura do composto não seja menor do que 45 °C.

No final das Fases 1 e 2, o composto deve ter a composição descrita na Tabela 6.

São diversos os tipos ou modelos de galpões usados para crescimento do micélio de *A. blazei* no composto, como, por exemplo, os revestidos de plástico ou de alvenaria com plástico, em que o composto é distribuído em “camas” (Figura 11). As camas podem ser construídas de madeira e, de acordo com a temperatura

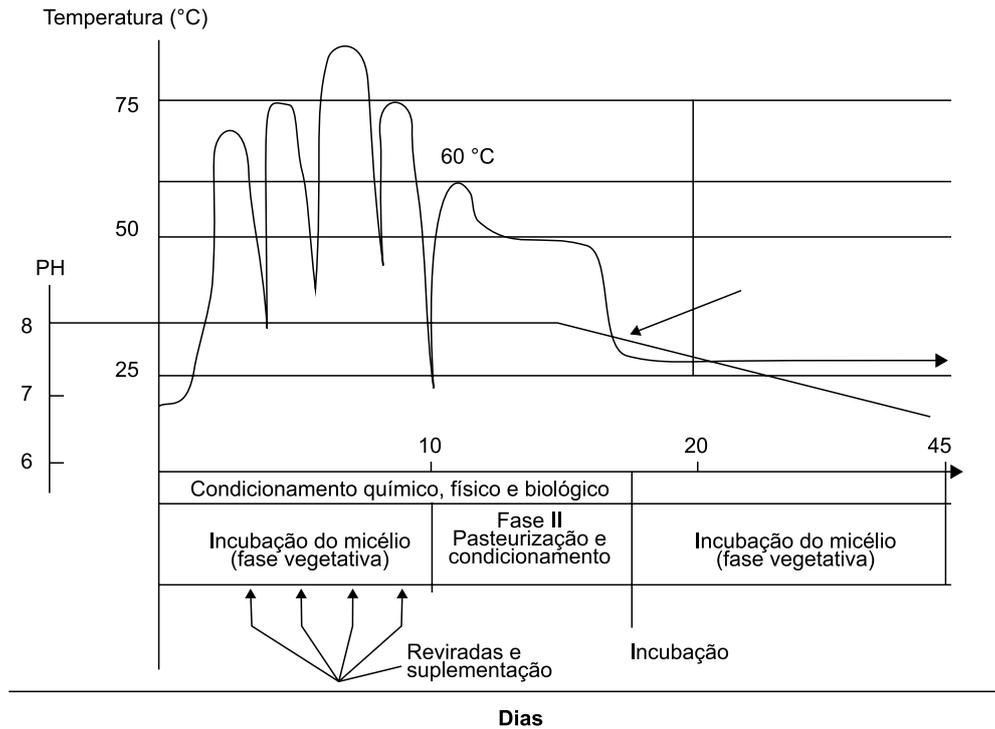


Figura 9. Dinâmica do preparo do composto de *Agaricus blazei*.

Fonte: Eira et al. (1996).

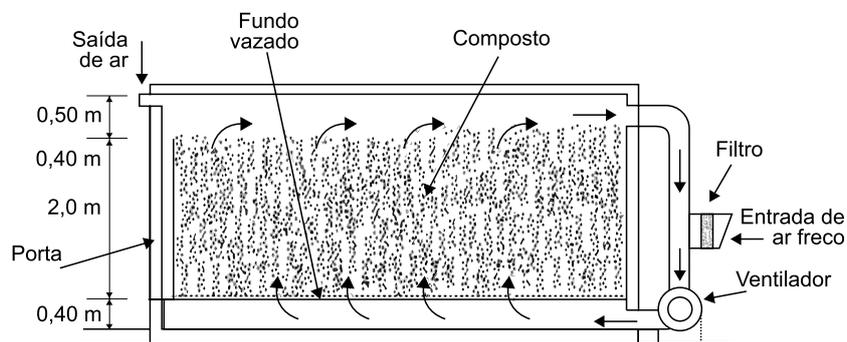


Figura 10. Câmara de pasteurização.

Fonte: Eira et al. (1996).

Tabela 6. Características do composto final.

Fase 1	Fase 2
Umidade em torno de 70%	A umidade deve estabilizar-se em torno de 65%
pH alcalino (7,5 a 8,5)	pH entre 6,5 e 7,5
A pilha deve perder a rigidez	A pilha apresenta menos rigidez
Temperaturas entre 65 °C e 75°C	Temperatura mantida estável em torno de 45 °C
Forte odor de amônia	Eliminação da amônia (NH ₃) – ausência de odor
Apresenta homogeneidade na textura	Relação C/N de 14–18; N 2,0%–2,5% (base seca)

Fonte: Braga et al. (1998).

Fotos: Haroldo César Bezerra de Oliveira



Figura 11. Galpão que pode ser usado no cultivo de *Agaricus blazei*: vista externa (A) e interior do galpão (B).

do ambiente, diretamente no chão ou com um, dois ou três níveis de altura.

Semeadura

O processo de semeadura consiste em distribuir 200 g de “sementes” em cada saco de 10 kg do composto. Em seguida, deve-se incubar o material em ambiente escuro, até que o composto esteja totalmente miceliado ou colonizado.

Produção de cogumelos

O composto miceliado deve ser acondicionado em prateleiras dentro de estufas ou galpões com luminosidade baixa ou colocado em valas diretamente no solo, a céu aberto. Em seguida, deve-se cobri-lo com uma camada de solo de 5 cm a 7 cm.

Esse solo deve ser proveniente de barranco, com textura média, pobre de matéria orgânica, isento de raízes e contaminações por microrganismos. Também deve ser obtido a partir de 1 m de profundidade e apresentar pH entre 6,5 e 7,0. Sobre essa camada de terra, costuma-se colocar a palhada, que é uma camada de capim seco, para manter a temperatura e a umidade dentro dos limites desejados.

Tratos culturais

Para se obter boa produtividade, os tratos culturais são essenciais. Geralmente, deve-se sempre manter a umidade entre 80% e 90%. A temperatura não poderá exceder a 30 °C, mínima de 23 °C e ideal de 25 °C. A água utilizada tem de ser isenta de substâncias químicas, principalmente de cloro e de metais pesados (chumbo, cobre e mercúrio).

Na irrigação, deve-se usar sempre água despoluída, a qual deve ser iniciada assim que os canteiros estiverem prontos, isto é, com o composto (solo de cobertura e a camada de palha seca). Nos dias quentes, deve-se molhar duas vezes por dia, uma pela manhã e outra no final da tarde. O ambiente de cultivo deve ser mantido limpo e isento de plantas invasoras, insetos e pragas.

Não se deve usar defensivos agrícolas nem inseticidas. Periodicamente, deve-se esterilizar o local com ácido pirolenhoso (extraído a partir da queima da madeira).

Colheita e processamento

O processo de colheita ocorre da mesma forma, tanto em cultivos protegidos como a céu aberto.

Quando do início das frutificações, o ponto de colheita deve ser aquele em que os cogumelos atingem seu maior peso, ou quando atingem os padrões comerciais estabelecidos pelo mercado de exportação. O momento ideal é quando os cogumelos estão com o chapéu ainda fechado ou na iminência de abrir-se. Normalmente, a colheita deve ser iniciada 30 dias após o plantio. A produção pode se estender até o quinto ou sexto mês.

A colheita de cogumelos deve ser feita com bastante cuidado, lembrando que é obrigatório usar luvas durante esse processo, para evitar que eles escureçam ao simples contato com as mãos. No momento de colher, deve-se fazer um giro de 180°, o que fará com que o cogumelo se desprenda do composto facilmente, sem sofrer dano algum.

O rendimento médio para cada 10 kg de composto miceliado é em torno de 1 kg de cogumelo fresco, para todo o período de plantio, que resultará em 100 g de cogumelos desidratados. Após a colheita, os cogumelos são submetidos a uma série de procedimentos que constituem o processamento. Cogumelos com 10 cm a 15 cm de diâmetro são os mais valorizados no mercado de exportação.

Lavagem

Uma vez colhidos, os cogumelos devem passar por uma lavagem em local coberto, limpo, bem iluminado e arejado.

Assim, num tanque com tela ou equipamento de lava a jato, os cogumelos são lavados com água potável e auxílio de uma escova de cerdas macias (Figura 12). Essa lavagem é de suma importância, porque elimina totalmente os resíduos da terra de cobertura, garantindo ótima limpeza. A escovação deve ser feita sobre o chapéu e na base do talo. Para isso, devem-se usar luvas descartáveis durante esse processamento de higienização dos cogumelos.

Seleção

Depois de lavados, os cogumelos devem ser colocados numa cesta para escorrer o excesso de água. Em seguida, procede-se à seleção, de acordo com as exigências do padrão de comercialização. Assim, separam-se os abertos e com lamelas escuras, dos fechados e com lamelas claras.

As lamelas escuras evidenciam a produção abundante de milhões de esporos, que são células de reprodução sexuada. Segundo alguns autores, nessa fase, ocorre diminuição nos níveis de β -glucana, o que provoca uma queda no valor de mercado do produto final.

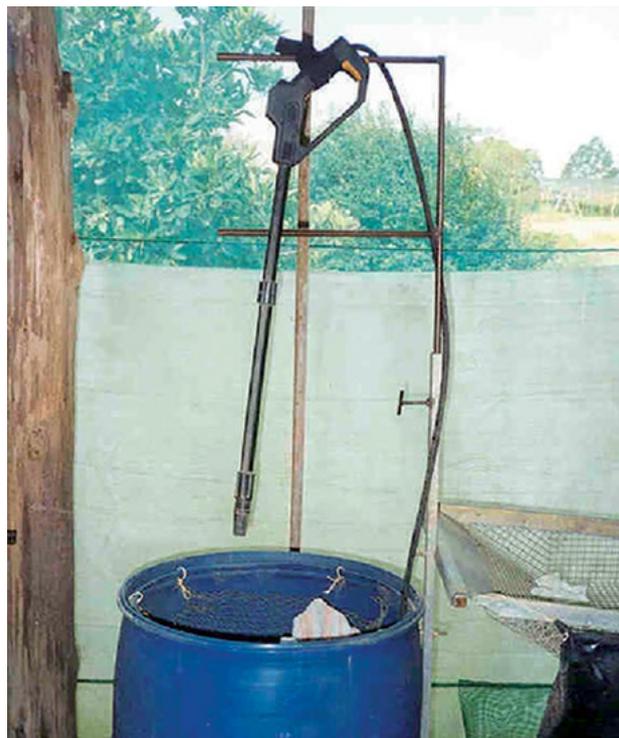


Foto: Haroldo César de Oliveira

Figura 12. Equipamento de lava a jato, usado na lavagem de cogumelos.

Corte

O corte dos cogumelos deve ser feito com faca ou qualquer outro instrumento cortante de aço inoxidável previamente higienizado. Inicialmente, corta-se a extremidade do talo, para evitar resíduos de solo no cogumelo. Em seguida, faz-se um corte no sentido longitudinal do cogumelo, uma exigência do mercado de exportação. É que esse corte facilita o processo de secagem

e deve ser feito de forma a garantir partes homogêneas.

Desidratação

A secagem ou desidratação dos cogumelos é indispensável para que o produto tenha maior durabilidade, sem que haja perdas por deteriorização.

Existem vários modelos de desidratadores e basicamente dois sistemas de secagem no mercado, que podem ser vertical ou horizontal (Figuras 13 e 14). A secagem baseia-se num sistema em que a água é extraída do cogumelo.

O que vai garantir uma boa desidratação é a passagem constante do ar, acompanhada por uma pequena elevação de temperatura, que pode variar entre 40 °C e 60 °C, no período entre 8 e 12 horas. Os cogumelos desidratados devem apresentar coloração alaranjada ou amarelo-palha, com textura crocante. A umidade final fica em torno de 5%.

Embalagem e comercialização

Os cogumelos devem ser embalados em sacos plásticos de polipropileno de 100 g, 250 g e/ou 1 kg. Recomenda-se usar sacos duplos para oferecer maior proteção ao produto. Dentro de



Foto: Haroldo César de Oliveira

Figura 13. Desidratadora vertical elétrica com ventilação.

cada embalagem, coloca-se um *sachet* contendo sílica-gel, para absorver alguma umidade que por ventura tenha permanecido nos cogumelos. Em seguida, as embalagens devem ser hermeticamente fechadas com o auxílio de uma seladora e armazenadas em ambiente fresco e seco (Figura 15).

Fotos: Haroldo César de Oliveira



Figura 14. Modelos de desidratadores horizontais: a gás (A) e elétrico (B).

Antes da comercialização, é importante classificar os cogumelos, principalmente os destinados à exportação. Essa seleção é uma exigência dos compradores (Tabelas 7 e 8).

Considerações finais

O *Agaricus blazei* Murril, nativo do Brasil, é um produto natural com elevadas propriedades



Foto: Edison de Souza

Figura 15. Cogumelos desidratados, embalados em sacos plásticos de polipropileno.

nutricêuticas (nutricionais e medicinais). Por isso, tem sido objeto de estudo em todo o mundo. Esse interesse aumentou a partir da década de 1970, com vários estudos conduzidos sobre seus compostos biologicamente ativos, acarretando maior comercialização de seus produtos.

Esse cogumelo se desenvolve em matéria orgânica previamente decomposta, sendo que 90% da qualidade nutricional e medicinal decorrem da correta formulação do composto, e 10% são decorrentes das condições climáticas (temperatura, luminosidade e umidade).

Para que seus nutrientes e princípios ativos mantenham-se inalterados, são necessários cuidados especiais no cultivo e no manejo. Caso contrário, ocorrerá um desencadeamento de processos bioquímicos que culminarão com sua

Tabela 7. Classificação e padrão de cogumelos para o mercado externo e interno.

Tipo	Coloração	Tamanho (cm)	Formato	Estado físico
A	Dourado	5 a 7	Chapéu fechado	Sem presença de pó ou fragmentos de cogumelo
B	Dourado	3 a 5	Chapéu fechado	Sem presença de pó ou fragmentos de cogumelo
C	Escurecido	< 3	Chapéu aberto	Com presença de pó e fragmentos de cogumelo

Fonte: Urben et al. (2004).

Tabela 8. Vantagens e desvantagens de diferentes formas de comercialização do cogumelo.

Vantagem	Desvantagem
Venda direta ao consumidor (varejo)	
Preço do quilograma do cogumelo desidratado varia entre R\$ 400,00 e R\$ 1.000,00	Vendas incertas e sazonais e investimento em logística de venda (custo maior)
Venda no atacado (contrato)	
Possibilidade de venda rápida e menor custo na comercialização. Período longo de validade (12 a 24 meses)	Risco de concentração (inadimplência no pagamento) e preço oscilando entre R\$ 200 e R\$ 300 o quilograma
Exportação	
Possibilidade de venda rápida, menor custo de comercialização, incentivos fiscais e melhor preço (US\$ 120,00 a US\$ 130,00 o quilograma)	Risco de concentração, risco jurídico (caso não cumpra o contrato de entrega), risco cambial e possibilidade de extinção de incentivos fiscais

deterioração e conseqüente redução das suas propriedades nutricênticas (URBEN, 2004).

Referências

- AMAZONAS, M. A. de A. Curso cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais. In: IMPORTÂNCIA do uso de cogumelos: aspectos nutricionais e medicinais. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. 169 p. Apostila.
- BRAGA, G. C.; EIRA, A. F.; CELSO, P. G.; COLAUTO, N. B. **Manual do cultivo de *Agaricus blazei* Murr.** "Cogumelo do Sol". Botucatu: Ed. da Unesp, 1998. 44 p. Apostila.
- EIRA, A. F. da; TANNURI, E. Y.; BRAGA, G. C.; SILVA, J. da; MINHONI, M. T. de A.; ICHIDA, M. S.; COLAUTO, N. B.; MARINO, R. H.; MONTINI, R. M de C. **Curso: o cultivo de cogumelos comestíveis.** Botucatu: Ed. da Unesp, 1996. 95 p. Apostila.
- LIN, Z.; LIN, Z. **JunCao technology.** China: China Agricultural Sciencetech, 2001. 251 p.
- MIZUNO, T. **Solução para o câncer através da alimentação: o segredo do β -glucan, inibidor do câncer.** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas. 1997. 125 p.

MIZUNO, T.; HAGIWARA, T.; NAKAMURA, T.; ITO, H.; SHIMURA, K.; SUMIYA, T.; ASAKURA, A. Antitumor activity and some properties of water – soluble polysaccharides from “Himematsutake”, the fruiting body of *Agaricus blazei* Murril. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 54, p. 2889-2896, 1990.

PARADIZO, S. Cogumelo: mais de mil anos à mesa. **Revista Escala Rural Especial**, ano IV, n. 23, 65 p. 2003.

PINTO, M. V. **Curso de cultivo de *Agaricus blazei*** [S.l.:s.n.], 1999, 13 p. Apostila.

RIBEIRO, L. V. Produção de *Agaricus blazei* Murril no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COGUMELOS NA ALIMENTAÇÃO, SAÚDE, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE NO BRASIL, 1., 2002, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia/Fundação Dalmo Giacometti, 2003. 193 p.

(Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 88).

STAMETS, P.; CHILTON, J. S. **The mushroom cultivator**: a practical Guide to growing mushrooms at home. Washington, DC: Agarikon Press, 1983. 415 p.

URBEN, A. F. Fatores que afetam a assimilação de nutrientes e produção de princípios ativos nos cogumelos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COGUMELOS NO BRASIL, 2., 2004, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnológicos, 2004. p. 125-133.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P. ; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.



Capítulo 8

Controle convencional de pragas no cultivo de cogumelos

Arailde Fontes Urban

Introdução

Segundo a Convenção Internacional para a Proteção dos Vegetais (CIVP),

[...] praga é qualquer espécie, raça ou biótipo de vegetais, animais ou agentes patogênicos, nocivos aos vegetais ou produtos vegetais (inseto, ácaro, fungo, bactéria, vírus, viroide, nematoide, planta, rato, camundongo, etc.) (BRASIL, 2006).

As pragas podem limitar a produção de cogumelos comestíveis e medicinais. No Brasil, as de maior ocorrência são as causadas por:

- *Trichoderma* spp. (morfo-verde e mofo-branco).
- *Mycogone perniciosa* (bolha-úmida).
- *Pseudomonas* spp. (manchas bacterianas e mumificação do basidiocarpo).

Algumas viroses podem ser limitantes à produção de cogumelos, entre elas, a *die-back*, que produz o crescimento do micélio e causa má-formações no píleo ou basidiocarpo.

Os insetos são pragas que acometem os fungos. Atraídos pelo odor do substrato (em decomposição) e do micélio em desenvolvimento, eles depositam ali seus ovos ou produzem orifícios e galerias nos basidiocarpos.

Os ácaros, quando presentes, são numerosos e normalmente se alimentam de outros fungos saprófitas. Temperaturas e umidades elevadas

são fatores fundamentais para sua multiplicação. Entre eles, os mais comuns são *Tarsonemus* spp. e *Pymaephorus stercoricola*.

Os nematoides, como *Aphelenchoides composticola*, *Ditylenchus myceliophages* e *Rhabditis* spp., também causam prejuízos nos cultivos de cogumelos. Ocorrem, principalmente, em solos de cobertura, com bastante umidade (STAMETS, CHILTON, 1983; URBEN et al., 2004).

Agentes patogênicos

Fungos

Fungos contaminantes são sempre indesejáveis em todas as atividades de rotina em pesquisas em laboratório, em casa de vegetação ou no campo. Todo pesquisador ou produtor deve ter consciência sobre medidas fitossanitárias, sem as quais é impossível obter sucesso em seus experimentos de pesquisas, em trabalhos executados rotineiramente ou, no caso dos cogumelos, no cultivo desses fungos.

Como acontece com as plantas, o cogumelo também está sujeito a contaminação por fungos. Na maioria dos casos, esses microrganismos vivem competindo (fungos competidores) na assimilação dos elementos nutritivos do substrato, prejudicando o crescimento vegetativo (micélio)

e/ou produção de corpos de frutificação (carpóforo), atrasando o desenvolvimento do cogumelo ou ainda danificando o tecido, ao manchá-lo com lesões enegrecidas (URBEN et al., 2004).

Normalmente, a contaminação em meio de cultura é causada por fungos presentes no ar, pertencentes em sua maioria à classe dos fungos imperfeitos (Hyphomycetes), e apresentam crescimento vegetativo abundante, filamentosso e denso. Espécies como *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus* e *Trichoderma harzianum* são bastante comuns, durante o processo de isolamento e repicagem. Os contaminantes também podem estar presentes no substrato (técnica JunCao ou tradicional) durante a preparação do composto ou após esterilização de forma inadequada, como *Trichoderma*, *Aspergillus* spp. e *Chaetomium* sp. – Figura 1 (DOMSCH et al., 1980).

Os fungos contaminantes podem ser divididos em dois grupos: fungos competidores e fungos parasitas.

Fungos competidores – Aqueles que competem com o cogumelo, utilizando o mesmo substrato de cultivo. São geralmente em maior número e podem ser mais devastadores que os parasitas, colonizando todo o substrato e impedindo o desenvolvimento do cogumelo.

Fungos parasitas – Aqueles que usam o substrato e o próprio cogumelo como fonte de

alimentação (BONONI et al., 1995; STAMETS, CHILTON, 1983; URBEN et al., 2004).

Chaetomium olivaceum pode ocorrer no composto, logo após a pasteurização. É um grande competidor, porque o micélio do cogumelo não se desenvolve bem. Temperaturas demasiadamente elevadas no final da compostagem favorecem a invasão desse fungo. Por sua vez, o composto muito úmido impede a circulação do ar, favorecendo a produção de amônia e criando condições para o surgimento desse fungo – Figura 2 (ALBERTO, 2008; URBEN, et al., 2004).

Geotrichum candidum pode se desenvolver no composto, quando este se apresenta nas condições anteriores, ou seja, com umidade elevada e falta de ventilação. Fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Trichoderma* aparecem frequentemente em ambientes, em que a limpeza ou manutenção é deficiente. Outro fungo, cuja severidade é similar ao *Aspergillus*, é o *Botrytis christallinum*, o qual pode invadir por completo o cultivo. Como ocorre nos demais casos, a temperatura elevada e o excesso de umidade favorecem o desenvolvimento desse saprófita (Figura 3).

Os fungos parasitas causam deformação no corpo de frutificação e apodrecimento precoce no cogumelo cultivado, ocasionando queda de produção, são exemplos desses fungos:



Figura 1. Fungos contaminantes em substratos de cultivo: *Trichoderma harzianum*¹ (cor verde) (A); *Trichoderma harzianum*¹ e *Aspergillus ochraceus*¹ (cor amarelo-amarronzado, em fase de maturação) (B); *Aspergillus ochraceus*² (C); *Aspergillus ochraceus* (D); *Aspergillus flavus*³ (E); e *Chaetomium* sp.⁴ (F). ¹Observação direta. ²Observação em microscópio estereoscópio de luz (lupa). ³Observação em microscópio de luz com aumento de 40x. ⁴Microscopia eletrônica.



Figura 2. Mofa-verde-oliva (*Chaetomium olivaceum*).
Ilustração: Arailde Fontes urban.

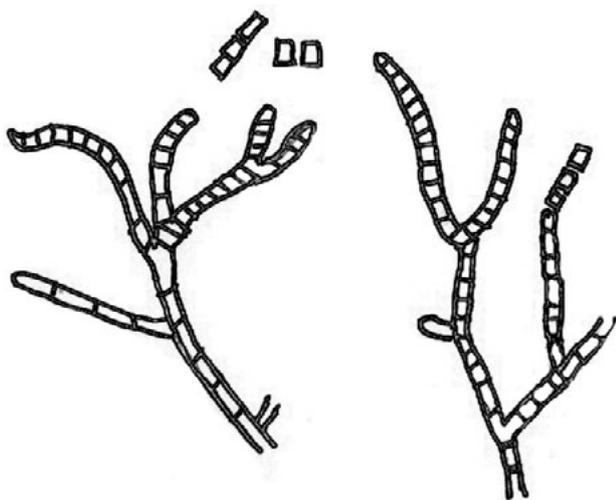


Figura 3. *Geotrichum candidum*.
Ilustração: Arailde Fontes Urban.

- *Mycogone pernicioso* (causador da bolha-úmida).

- *Verticillium fungicola* (causador da bolha-seca).
- *Dactylium dendroides* (causador da doença-da-teia).
- Gêneros *Chrysosporium* e *Myceliophthora* (causadores do mofo-amarelo).

***Mycogone pernicioso* (Hyphomycetes):** inicialmente, o micélio se apresenta sob o aspecto cotonoso e posteriormente com coloração creme-escura em decorrência do fungo contaminante *Chlaydospora*. *M. pernicioso* afeta o corpo de frutificação, causando podridão e deformação, e ocasionando a doença bolha-úmida (Figura 4).

A falta de assepsia (mãos, ferramentas, substrato e salas de cultivo), juntamente com corrente de ar, favorecem a propagação dos esporos desses saprófitas).

Foto: Edison de Souza

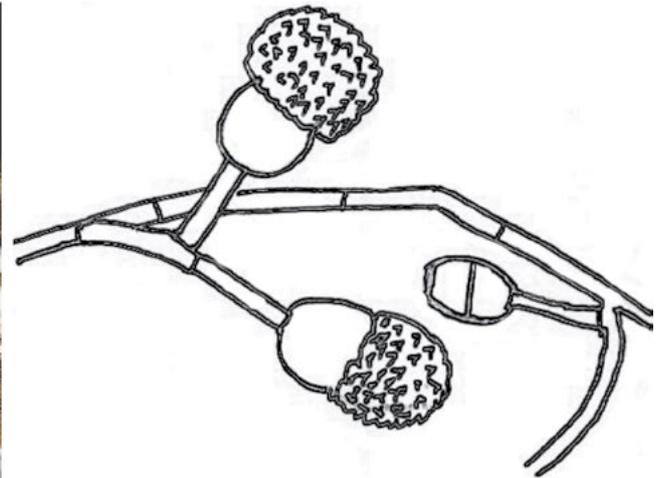


Figura 4. Cogumelos contaminados por *Mycogone perniciosa*, fungo causador da bolha-úmida.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

***Verticillium fungicola* (Hyphomycetes):** causa deformações no cogumelo, como haste torta, carpóforo pequeno com fissuras, e tecido quebradiço, frágil e facilmente desfolhável. O fungo ocorre em temperatura baixa (10 °C), umidade elevada e sua disseminação ocorre por meio de esporos transportados por insetos e por irrigação incorreta (Figura 5).

***Dactillium dendroides* (Hyphomycetes):** ocorre em restos culturais, em ambientes não muito limpos.

Gêneros *Chrysosporium* e *Myceliophthora* (Hyphomycetes): surgem no final da colheita, nas prateleiras onde são colocados os

substratos contendo cogumelo (BONONI et al., 1995; STAMETS; CHILTON, 1983).

Na Tabela 1, estão listados os fungos que afetam o cultivo de cogumelos.

Urben e Oliveira (1998) identificaram fungos contaminantes, em todas as fases de cultivo de cogumelos, principalmente em substratos.

Para isso, substratos contendo gramíneas, palha de arroz, gesso e água (técnica JunCao) foram esterilizados durante 1 hora e 30 minutos, sob temperatura de 120 °C, inoculados com diferentes espécies de cogumelos e armazenados numa sala escura, com umidade aproximada de

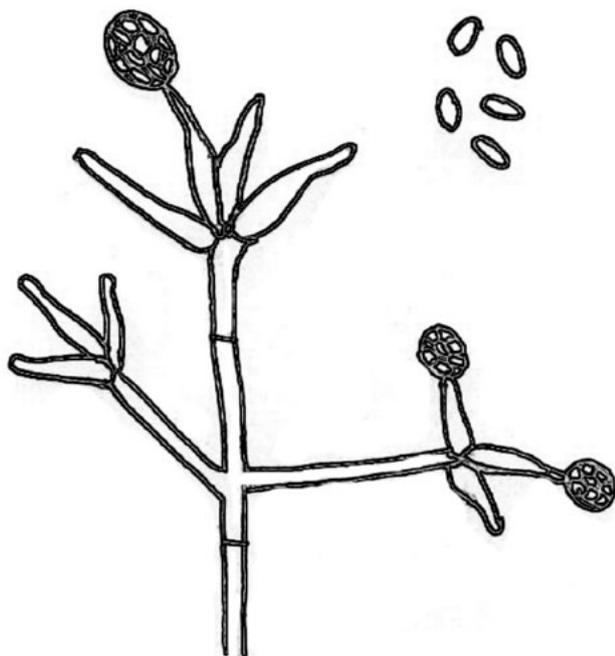


Figura 5. *Verticillium fungicola*, fungo que causa redução de tamanho e fissuras no corpo frutífero de cogumelos.

Ilustração: Arailde Fontes Urben

70% e temperatura ambiente a 25 °C ou 28 °C, para crescimento micelial.

Posteriormente, os substratos inoculados foram transportados para casa de vegetação, cuja umidade esteve em torno de 80% a 90%, para crescimento do corpo de frutificação. Nessas condições, foi verificada a presença de fungos contaminantes na superfície dos substratos (Figura 1).

Esses fungos foram coletados e acondicionados em placas de Petri etiquetadas com o número do composto em que se encontravam e a data em que foram inoculados. No laboratório, os fungos contaminantes foram identificados por meio de exame direto com auxílio de microscópio estereoscópio e/ou inoculados em meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), incubados em câmara de luz fluorescente contínua a 28 °C de temperatura, para posterior identificação da espécie em microscópio óptico.

Tabela 1. Fungos contaminantes que podem ocorrer no cultivo de cogumelos.

Competidor		Parasita	
Doença	Agente etiológico	Doença	Agente etiológico
Mofo-verde-oliva	<i>Chaetomium olivaceum</i>	Bolha-úmida	<i>Mycogone perniciosa</i>
Mofo-rosa	<i>Geotrichum sporodonema</i>	Bolha-seca	<i>Verticillium fungicola</i>
Mofo-verde	<i>Aspergillus</i> spp. e <i>Penicillium</i> spp.	Doença-da-teia	<i>Dactyllum dendroides</i>
Manchas de <i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma</i> spp.	Falsa-trufa	<i>Diehliomyces microsporus</i>
Mofo-cinza	<i>Botrytis cristallinum</i>	Mofo-amarelo	<i>Chyso sporium</i> sp. e <i>Myceliophthora</i> sp.

Fonte: Urben et al. (2001).

Para verificar se a contaminação era ou não do ambiente, foram abertas placas de Petri contendo o meio de cultura BDA por 10 minutos em diversos pontos da sala de crescimento micelial e na casa de vegetação. Em seguida, as placas foram incubadas nas mesmas condições

descritas acima. Na Tabela 2 são descritos os fungos contaminantes identificados nas diversas espécies de cogumelos.

Na avaliação dos resultados, Urben e Oliveira (1998) observaram que a contaminação por fungos foi encontrada nas mais diferentes fases

Tabela 2. Relação de fungos saprófitas contaminantes de substratos de cultivo de cogumelos.

Espécie de cogumelo	Fungo contaminante	
	Exame direto	BDA (batata-dextrose-ágar)
<i>Flammulina velutipes</i>	<i>Mycotypha</i> sp. (saprófita) <i>Microsporium</i> sp. ⁽¹⁾ <i>Gaeumannomyces graminis</i> ⁽²⁾ <i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Crinipellis perniciososa</i> ⁽³⁾	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Doratomyces</i> sp. (<i>Stysanus</i>) <i>Verticillium</i> sp. (<i>V. funjicola?</i>) ⁽²⁾ <i>Drechslera oryzae</i> ⁽²⁾ <i>Fusarium oxysporum</i> ⁽²⁾ <i>Alternaria</i> sp.	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Ganoderma lucidum</i>	<i>Alternaria</i> sp. <i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Rhizopus</i> sp. <i>Sepedonium</i> sp. <i>Fusarium moliniforme</i> ⁽²⁾	
<i>Auricularia auricula</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Lentinula edodes</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Gliocladium viride</i> ⁽²⁾ <i>Trichoderma harzianum</i>
<i>Agaricus blazei</i> ⁽⁴⁾ Substrato sem inóculo	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Aspergillus niger</i>	

⁽¹⁾Causa tinha, dermatomicose que afeta homem e animal. ⁽²⁾Fungos parasitas ou saprófitas em diversas plantas hospedeiras, ocasionalmente também em cogumelos. Fungo parasita de planta. Comestibilidade ou propriedades medicinais desconhecidas. ⁽³⁾ ⁽⁴⁾“Semente” de Mogi das Cruzes, SP.
Fonte: Urben e Oliveira (1998).

de cultivo de cogumelos: em isolamento, na compostagem, na semeadura, no crescimento vegetativo do fungo e na colheita do carpóforo.

Ocorrência de alguns fungos saprófitas:

- Gênero *Mycotipha*: ocorre em detritos em decomposição, com alto teor de umidade.
- Gênero *Doratomyces* (Stysanus): é comumente encontrado em palhas ou farelos de gramíneas, grãos de culturas e ágar. É um dos constituintes da microflora do solo.
- Gênero *Verticillium*: além de agir de forma saprofítica, pode parasitar corpos frutíferos de cogumelos. Geralmente, ocorre no período da colheita, sob condições de excesso de umidade e circulação de ar inadequada.
- Gênero *Fusarium*: pode estar presente no ar, em grão, em farelo, no solo, no *spawn* (micélio mais substrato), em meio de cultura, etc.
- Gênero *Aspergillus*: ocorre, com frequência, como contaminante em meio de cultura e é encontrado na maioria dos substratos orgânicos.
- Gênero *Rhizopus*: contaminante do ar atmosférico, pode estar presente em todas as etapas de cultivo.
- Gênero *Sepedonium*: contaminante do ágar, do composto e do ar atmosférico. É também parasita de cogumelos nativos (Basidiomycetes e Ascomycetes).
- Gênero *Gliocladium*: pode ocorrer no solo e no substrato de cultivo, sob forma saprofítica ou parasítica.

Alguns exemplos de fungos contaminantes em cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais são ilustrados nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

Gênero *Trichoderma*

O gênero *Trichoderma* Pers. ex. Fr., vulgarmente conhecido como manchas-de-*Trichoderma* ou bolor-verde, ocorre no ar atmosférico, no solo, na madeira, na serragem, no composto, no grão e em meio de cultura; geralmente são saprófitas, cosmopolitas (Figura 10). Frequentemente, esse fungo paralisa o desenvolvimento do cogumelo e, em condições de cultivo, pode inibir ou reduzir o corpo de frutificação; sua ocorrência é mais frequente no cultivo (URBEN et al., 2004).

Características morfológicas

Micélio bem desenvolvido e bastante ramificado, apresentando hifas férteis bem diferenciadas das hifas vegetativas. Conidióforos hialinos eretos ou ligeiramente curvados, ramificados com fiálides isoladas ou agrupadas. As fiálides são em forma de frasco, com dilatações basais e unidas aos conidióforos em ângulo reto (BARNET, 1998; SILVEIRO, 1968).

Conídios hialinos a sub-hialinos, 1-célula, ovoides ou elipsoide, paredes lisas, ásperas ou rugosas e agrupadas no ápice das fiálides, geralmente formando massas densas de esporos

Foto: Flávia Lopes Fernandes Matios

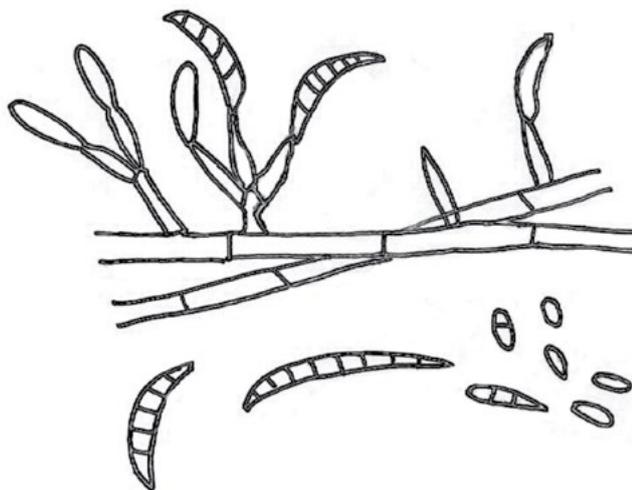


Figura 6. *Fusarium* sp.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

Foto: Flávia Lopes Fernandes Matios

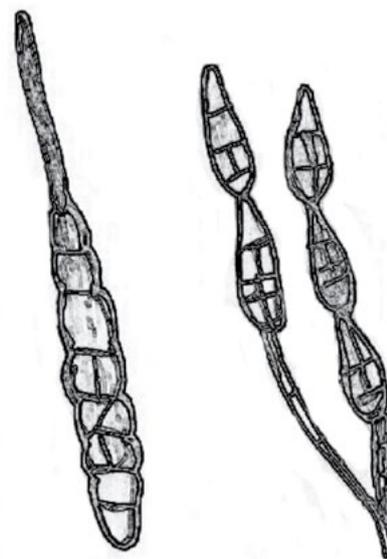


Figura 7. *Alternaria alternata*.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

Foto: Flávia Lopes Fernandes Mattos



Figura 8. *Aspergillus niger*.

Foto: Flávia Lopes Fernandes Mattos



Figura 9. *Aspergillus flavus*.

de coloração verde-olivácea (BARNET, 1998; SILVEIRO, 1968). As áreas verdes são cobertas com massas densas dos esporos (conídios) e



Foto: Edison de Souza

Figura 10. Substrato de cultivo de champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*) contaminado por *Trichoderma* sp.

Classificação fúngica do gênero *Trichoderma*

Classificação	Fase anamórfica	Fase telemórfica
Reino	Fungi	Fungi
Filo	Deuteromycota	Ascomycota
Classe	Hyphomycetes	Euascmycetes
Ordem	Moniliales	Hypocreales
Família	Moniliaceae	Hypocreaceae
Gênero	<i>Trichoderma</i>	<i>Hypocrea</i>

fiáides isoladas ou em grupos produzem conídios de *Trichoderma harzianum* (Figura 11).

O gênero *Trichoderma* apresenta doze espécies:

- *Trichoderma harzianum* Rifai.

Foto: Flávia Lopes Fernandes Marinho

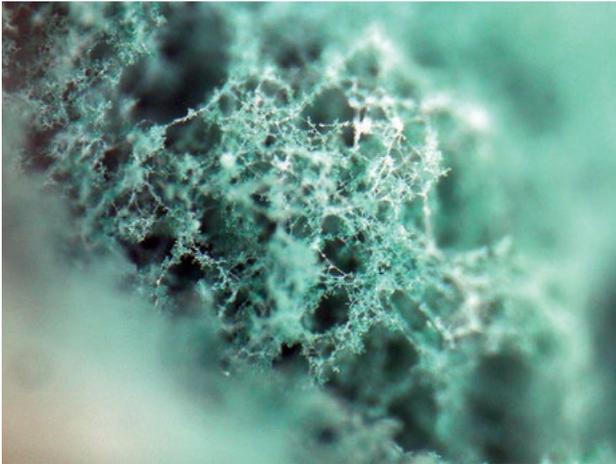


Figura 11. *Trichoderma harzianum* desenvolvido em substrato de cultivo.

- *Trichoderma koningii* Rifai.
- *Trichoderma polysporum* Link: Fr.
- *Trichoderma viride* Pers.: Fr.
- *Trichoderma pseudokoningii* Rifai.
- *Trichoderma longibrachiatum* Rifai (Figura 12).
- *Trichoderma hamatum* (Bonord) Baininier.
- *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz.
- *Trichoderma citrinoviride* Bisset (Figura 13).
- *Trichoderma atroviride* Karsten (Figura 14).
- *Trichoderma parceramosum* Bisset.
- *Trichoderma reesei* E.G. Simons.

Embora as espécies sejam muito semelhantes entre si, as características morfológicas dos

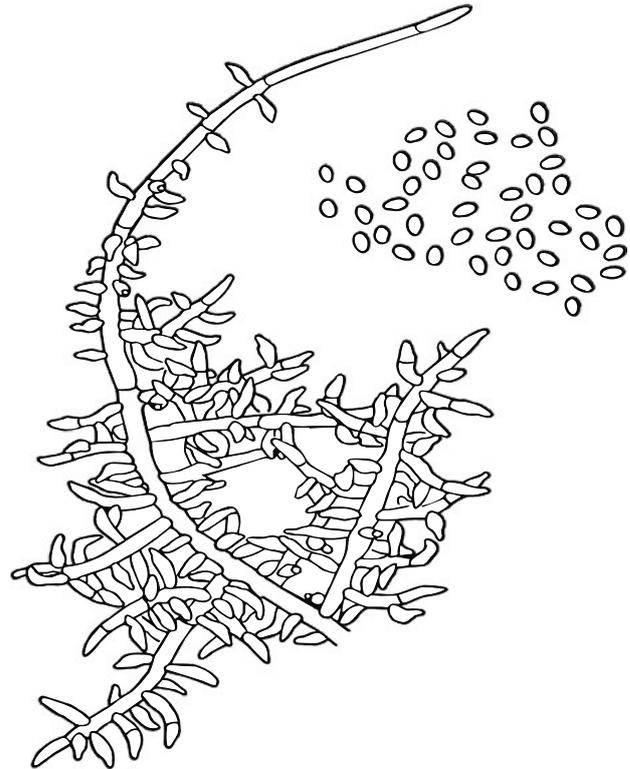


Figura 12. *Trichoderma longibrachiatum*.

Fonte: Bisset (1984).

conídios e das fiáldes são critérios importantes para diferenciar espécies desse gênero.

A fase teleomorfa ou sexuada do fungo corresponde ao gênero *Hypocrea*. Segundo Dói (1966 citado por BISSET, 1984), existem 70 espécies descritas desse gênero. Duas espécies de *Hypocrea* foram atribuídas à fase sexuada de *Trichoderma harzianum*, *Hypocrea lixii* (Figura 15)

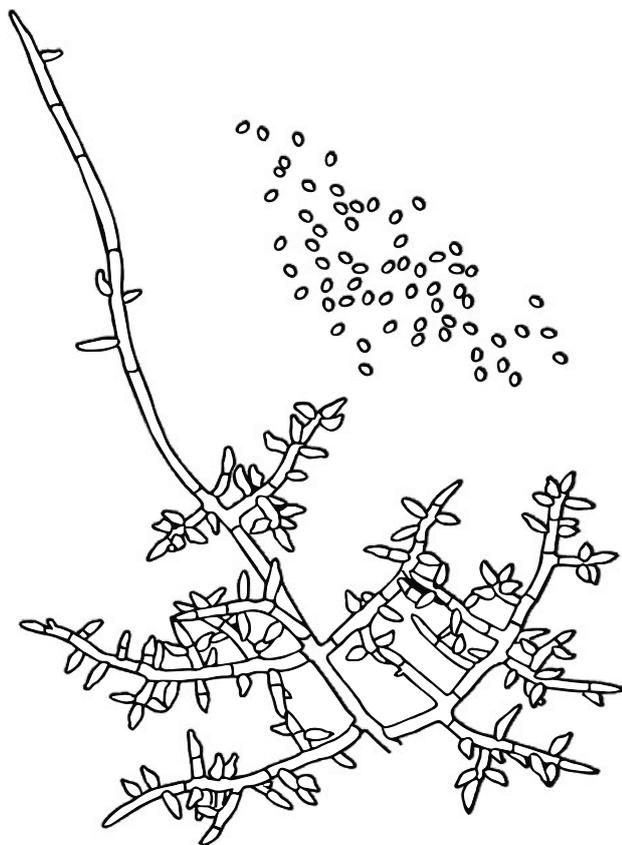


Figura 13. *Trichoderma citrinoviride*.

Fonte: Bisset (1984).

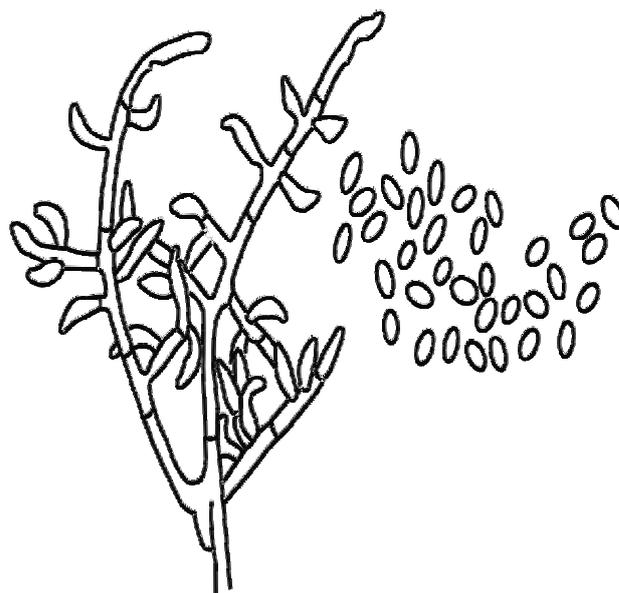


Figura 14. *Trichoderma atroviride*.

Fonte: Bisset (1984).

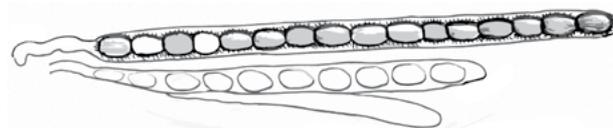


Figura 15. *Hypocrea lixii*, fase sexuada de *Trichoderma harzianum*.

Ilustração: Arailde Fontes Urban.

Fonte: Bisset (1984).

e *Hypocrea atrovirides*. O enquadramento dessas duas espécies na fase sexuada sugere que esse fungo tem grande variabilidade genética e que elas são semelhantes entre si. Alguns autores atribuem diversas espécies de *Hypocrea* como sendo a fase teleomorfa de *T. harzianum*:

- *Hypocrea albofulva* Berk e Br. (1873).
- *Hypocrea microrufa* Doi (1972).
- *Hypocrea gelatinoperidia* Doi (1972).

- *Hypocrea peseudogelatinosa* Komatsu e Doi (1973).
- *Hypocrea subalbocornea* Doi (1973).

Trichoderma harzianum tem sido usado em estudos de controle biológico. Esse micoparasita atua no hospedeiro ou no substrato de cultivo como antagonista – secreta substâncias tóxicas ou inibidoras, na competição por nutrientes, na resistência reduzida, etc.

O ingrediente ativo dessa espécie é o Trichodex, o qual é usado para controlar doenças fúngicas, causadas por *Rhizoctonia* e *Pythiumultimum*, que parasitam plantas.

O produto também é usado para controlar a podridão-de- frutos da macieira após a colheita, a vassoura-de-bruxa do cacauzeiro (*Crinipellis perniciosa*) e destrói os esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum*, que afetam as raízes de diversos hospedeiros. São usados, comercialmente, na produção de celulasas e de outras enzimas que degradam polissacarídeos.

T. harzianum, *T. lignorum* e *T. koningii* são as espécies mais comuns em cultivo de cogumelos. Muitas vezes, o fungo é confundido com *Verticillium* sp. pela semelhança de alguns de seus sintomas. Essas espécies causam lesões de coloração marron, irregulares e de diversos tamanhos na superfície do píleo. A área afetada torna-se flácida e deprimida. A mancha não é totalmente superficial, podendo atingir a parte interna dos tecidos do píleo (SAMUELS, 1996).

Solos ácidos e o elevado conteúdo orgânico também são fatores que favorecem o aparecimento desse fungo.

Na Tabela 3, consta a chave de classificação para algumas espécies de *Trichoderma*.

Controle

Para controle do fungo *Trichoderma*, são necessários os seguintes procedimentos:

- Pasteurizar bem o composto sob temperatura de 60 °C a 65 °C durante 8 horas e 48 °C a 55 °C por 4 dias (mata os esporos do fungo).
- Diminuir a umidade da superfície das toras ou da camada de cobertura.
- Controlar a temperatura ambiente, não deixando ultrapassar os 25 °C.
- Em infestações graves, usar fungicida sistêmico antes do surgimento dos primórdios.
- Colocar formol 10% a 20% em depósitos de vidros colocados na “sala de corrida” (3 dias) ou em baldes na casa de vegetação (1 dia).
- Fazer assepsia no laboratório e na capela com álcool ou formol (10%).
- Esterilizar todo o material a ser utilizado.

Bactérias

As bactérias são microrganismos de dimensões microscópicas, capazes de decompor matéria

Tabela 3. Chave de classificação taxonômica para algumas espécies de *Trichoderma*.

Descrição	Espécie
1a) Conidióforos eretos, com ramificações relativamente longas e com duplas ramificações, geralmente curvadas ou sinuosas; conídios rugosos, ásperos ou de parede lisa quando globosos, 3,5 µm de diâmetro	<i>T. viride</i>
1b) Conidióforos com ramificações curtas e raramente com duplas ramificações; conídios de parede lisa, elipsoide a cilíndrica – ir para a descrição 2	
2a) Fiálides intercaladas não produzidas	<i>T. koningii</i>
2b) Fiálides intercaladas produzidas – ir para a descrição 3	
3a) Conidióforos produzindo ramificações laterais solitárias (primárias) ou secundárias; fiálides constrictas na base; conídios, maioria menores que 4,0 µm por 2,5 µm – ir para a descrição 4	
3b) Conidióforos produzindo poucas ramificações; fiálides cilíndricas, constrictas na base; conídios em sua maioria maiores que 4,0 µm por 2,5 µm – ir para a descrição 5	
4a) Colônias formadas de massas compactas de conídios, com aparência de pústulas, de coloração verde-amarelada ou verde-oliva, em culturas velhas; conídios elipsoides a oblongos e maioria menores que 3,5 µm por 2,0 µm	<i>T. citrinoviride</i>
4b) Colônias com conídios dispersos, sem formação de pústulas; conídios quando agrupados apresentam coloração verde-azulada; conídios cilíndricos e geralmente maiores que 3,5 µm por 2,0 µm	<i>T. pseudokoningii</i>
5a) Colônias de crescimento rápido e de coloração verde-amarelada; clamidosporos algumas vezes presentes; conídios ovoides ou oblongos, geralmente menores que 5,0 µm	<i>T. longibrachiatum</i>
5b) Clamidosporos solitários, intercalados ou terminais; conídios elipsoides, maioria maiores que 5,0 µm	<i>T. atroviride</i>
6a) Colônias filamentosas, que produzem massas de conídios de coloração verde-olivácea, formando pústulas; conidióforos levemente eretos, pouco encurvados ou sinuosos; fiálides intercaladas e laterais, constrictas na base; conídios lisos, de coloração sub-hialina, subglobosos ou levemente ovalados, medindo 2,8 µm-3,2 µm por 2,5 µm-2,8 µm, produzidos em cadeias sobre as fiálides	<i>T. harzianum</i>

Fonte: Bisset (1984).

orgânica. Existem em abundância no ar, na água, no solo, etc. Muitas espécies são parasitas de plantas, causando-lhes danos consideráveis; outras são saprófitas, se alimentam dos tecidos em decomposição. Ocorrem em todas as fases

de cultivo de cogumelos – na compostagem, na pasteurização, na semeadura, durante o crescimento, na colheita e em casas de vegetação.

Nos substratos ou compostagem, apresentam lesões de coloração marron-pardacenta e

normalmente são causadas por *Pseudomonas tolaasii*. A doença é mais severa em condições de alta umidade, baixa ventilação e elevadas temperaturas (Figura 16). Em cultivo de *Agaricus blazei* (cogumelo-piedade ou cogumelo-da-vida), o solo de cobertura, a compostagem incompleta ou o excesso de matéria orgânica são os principais fatores de contaminação (BONONI et al., 1995; STAMETS; CHILTON, 1983). Algumas bactérias que afetam o cultivo de cogumelos (STAMETS; CHILTON, 1983) são *P. tolaasii*, *Pseudomonas cubensis*, *Pseudomonas putida* e *Bacillus* spp.



Foto: Claudio Bezerra

Figura 16. Bactérias parasitando cogumelos.

Controle

No controle sanitário dessas bactérias, deve-se tomar as seguintes medidas:

- Tratar o solo de cobertura com oxitetraciclina, na dosagem de 40 g/100 kg de solo, ou adicionar estreptomicina na dosagem de 40 g/100 L de água, pulverizando os cultivos quando a doença já estiver instalada (BONONI et al., 1995).
- Controlar a umidade adequadamente. Para isso, deve-se ventilar, para eliminar o excesso de umidade.
- Eliminar os cogumelos doentes.
- Combater e destruir os insetos vetores da doença (pulgões, moscas e ácaros).
- Fazer a pasteurização adequada e a assepsia dos locais de cultivo.
- Limpar as camas, prateleiras, paredes e chão com pulverização de água clorada, na proporção de 10 mL/m² a 15 mL/m².

Vírus

Os vírus são partículas submicroscópicas que causam danos em cultivo de cogumelos e ainda são pouco estudados (Figura 17). Segundo Bononi et al. (1995), os sintomas de um cultivo afetado são:

- Queda acentuada na produção.
- Cogumelos com texturas enrugadas.
- Coriáceas com crescimento lento.

Os principais transmissores são ácaros e insetos. O excesso de umidade pode agravar a doença.

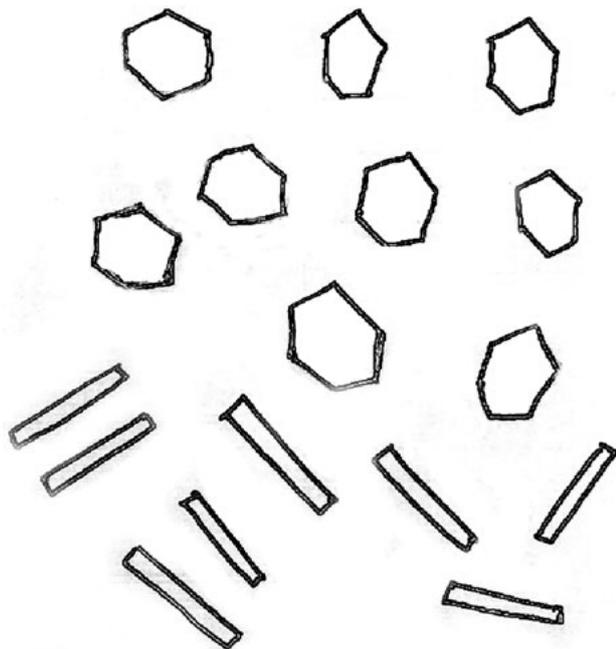


Figura 17. Desenho esquemático das estruturas virais que afetam cogumelos.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

Dieback, *La France* e *mummy disease* são as principais doenças provocadas por vírus. Elas causam perecimento ou deterioração no cogumelo (STAMETS; CHILTON, 1983).

Controle

Para controle das doenças causadas por vírus, é necessário produzir linhagens resistentes e

promover medidas preventivas de higiene em todas as fases de cultivo dos cogumelos.

Nematoides

São pequenos vermes (Figura 18) dotados de um tubo digestivo, que normalmente se alimentam de matéria orgânica em decomposição no solo. Existem espécies saprófitas, parasitas ou micófagas, que se alimentam do fungo em cultivo. De acordo com Bononi et al. (1995), existem mais de 70 espécies de nematoides que causam prejuízos aos cultivos de cogumelos, como queda na produtividade.

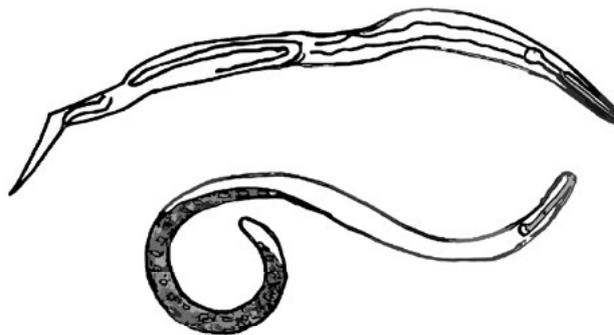


Figura 18. Nematoides presentes em composto de cogumelos, observados em microscópio óptico de luz.

Ilustração: Arailde Fontes Urben.

O solo de cobertura constitui a principal fonte de contaminação por nematoides. O excesso

de umidade, o composto mal pasteurizado e os ambientes sépticos são fatores que contribuem para a contaminação desses organismos. Os nematoides se alimentam do micélio do cogumelo, deixando-o preto.

Os nematoides que mais afetam o cultivo de cogumelos são *Rhabditis* spp., *Ditylenchus myceliophagus*, *Aphelenchoides composticola* (STAMETS; CHILTON, 1983).

Controle

Para controle de nematoides é necessário:

- Manter o ambiente asséptico (limpo e higienizado).
- Manter a umidade adequada ao cultivo.
- Esterilizar bem a terra de cobertura ou tratá-la com Dimilin (inseticida biológico) ou Carbofuran, na dosagem de 2 g/100 kg de solo.

Ácaros

Os ácaros são pequenos aracnídeos ou artrópodes que se alimentam da matéria orgânica em decomposição ou de fungos. Causam doenças em animais, cavando túneis sob a pele e produzindo prurido intenso. Nas plantas, os ácaros se apresentam caracterizados por numerosas pústulas aglomeradas ou confluentes, causando lesões necróticas em frutas, folhas e ramos.

O calor e a umidade excessiva são favoráveis ao seu desenvolvimento. As principais fontes de contaminação são:

- Composto mal pasteurizado.
- Solo de cobertura.
- Insetos.

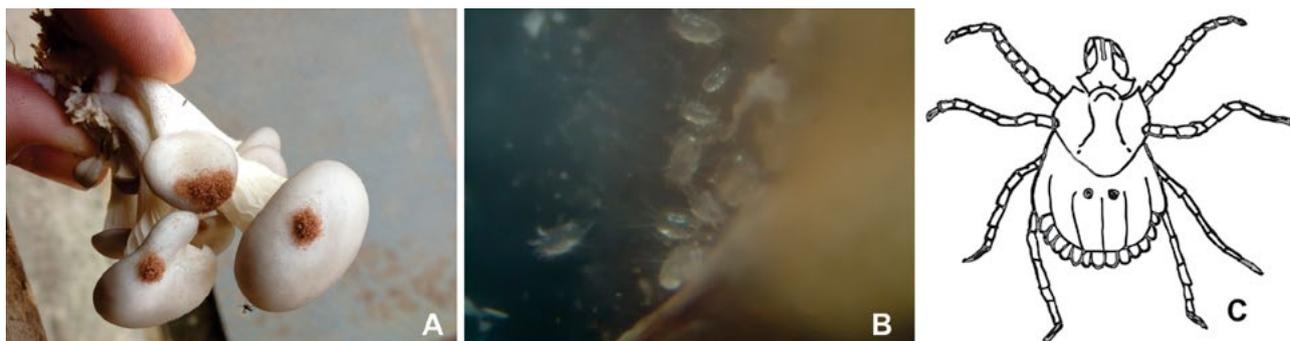
Segundo Bononi et al. (1995), um inseto adulto pode transportar até 20 ácaros. Os ácaros ocorrem, principalmente, nos estipes ou nas hastes dos cogumelos. Insetos são os principais veículos de disseminação de fungos competidores que causam bolores nos cogumelos (Figura 19).

Os ácaros que mais afetam o cultivo de cogumelos são *Tyrophagus putrescentiae*, *Caloglyphus mycophagus*, *Linopodes antennaepes*, *Tarsonemus myceliophagus*, *Pygmephorus* sp. (STAMETS; CHILTON, 1983).

Controle

Para controle dos ácaros, deve-se seguir estes procedimentos:

- Pulverizar os galpões com Diazinon diluído 1:100 e aplicado na dosagem de 200 mL/m².
- Tratar o solo com vapor d'água a 90 °C durante 3 horas.
- Desinfetar o solo com fungicida à base de enxofre.
- Aplicar uma solução de água e detergente doméstico sobre o ambiente e material



Fotos: Edison de Souza

Figura 19. Cogumelo infectado por ácaros (*Pygmephorus* sp.) (A); ácaros contaminando substrato de cogumelo (B); ácaro (C). Ilustração: Arailde Fontes Urban.

infectados na proporção de 30% de detergente para 70% de água. Esse tratamento não causa danos à saúde humana.

- Sanitizar com água e hipoclorito de sódio a 10% e 2%, respectivamente, todo o ambiente de trabalho e os instrumentos utilizados em cultivo.

Insetos

São organismos que mais causam prejuízos à cultura e à produção de cogumelos. Eles são vetores de vírus, fungos e bactérias, causando enfermidades. As quedas de produção podem alcançar 20%. Normalmente, os insetos cavam galerias (túneis) pela estipe e pelo chapéu, causando perfurações. São incluídos entre os insetos, as moscas, os besouros e as lagartas (Figura 20).

As moscas encontradas nos esterco de compostagem são os insetos mais daninhos aos

cultivos de cogumelos, principalmente para o champignon-de-paris e cogumelo-do-sol. Sua ocorrência causa baixa produtividade. As larvas das moscas atuam, principalmente, no estipe, perfurando-o e formando galerias, e o besouro é comumente encontrado nas lamelas do cogumelo *Pleurotus* spp.

Os insetos que mais afetam o cultivo de cogumelos são *Lycoriella solani*, *Lycoriella Mali*, *Lycoriella auripila*, *Megaselia nigra*, *Megaselia halterata*, *Heteropeza pygmaea*, *Mycophila speyeri* (STAMETS; CHILTON, 1983).

Controle

No controle de insetos, é preciso:

- Usar telas finas nos galpões.
- Evitar o uso de compostos mal pasteurizados e solo de cobertura com alta umidade.

Fotos: Edison de Souza



Figura 20. Predadores de cogumelos: moscas encontradas no cultivo de cogumelos (A); besouro (B); e lagarta (C).

Ilustração: Arailde Fontes Urban.

- Usar inseticidas como Diazinon, diluído na proporção de 1:500 e aplicado na dosagem de 300 mL/m²; e Malathion, diluído na proporção de 1:100 e aplicado na dosagem de 200 mL/m². Os inseticidas devem ser aplicados por meio da pulverização somente das paredes dos galpões ou barracões e do solo de cobertura (BONONI et al., 1995).

Como normalmente os inseticidas são tóxicos ao ser humano, recomenda-se o uso de fitas gomadas que atraem os insetos e o uso de larvicidas no controle de larvas.

É comum o ataque de lesmas que se alimentam do corpo de frutificação dos cogumelos (Figura 21). Para controlar essas lesmas, deve-se usar um lesmicida como isca, distribuindo-o no cultivo.

Na Tabela 4, estão listadas as pragas mais comuns encontradas em cultivo de cogumelos.



Foto: Edison de Souza

Figura 21. Lesma se alimentando de cogumelo.

Tabela 4. Pragas que afetam os cogumelos e as medidas de controle.

Agente	Descrição	Fase	Controle
<i>Aspergillus niger</i> ⁽¹⁾	Bolor negro	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Formalina 2%
<i>Aspergillus flavus</i> ⁽¹⁾	Bolor verde	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Formalina 2%
<i>Aspergillus ochraceus</i> ⁽¹⁾	Bolor amarelo-amarronzado	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Formalina 2%
<i>Aspergillus candidus</i> ⁽¹⁾	Bolor cremoso	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Formalina 2%
<i>Aspergillus clavatus</i> ⁽¹⁾	Bolor verde-azulado	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Formalina 2%
<i>Penicillium sp.</i> ⁽¹⁾	Bolor verde-azulado	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ²
<i>Chaetomium olivaceum</i> ⁽¹⁾	Bolor castanho-esverdeado pulverulento	Todas as fases de cultivo ⁽²⁾	Hipoclorito de sódio a 2%
<i>Alternaria sp.</i> ⁽¹⁾	Bolor cinza ou preto	Meio de cultura e substrato ou composto	Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ² Hipoclorito de sódio a 2%
<i>Geotrichum sp.</i> ⁽¹⁾	Bolor vermelho	Meio de cultura e substrato ou composto	Hipoclorito de sódio a 2% Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ²
<i>Verticillium fungicola</i> ⁽¹⁾	Bolha seca	Meio de cultura e substrato ou composto	Hipoclorito de sódio a 2% Benomyl 1 g/m ² -2 g/m ²
<i>Pseudomonas spp.</i> ⁽³⁾	Podridão-amarelada	Meio de cultura, semente e substrato ou composto	Antibióticos ou água clorada 10 mL/m ² -15 mL/m ²
<i>Bacillus spp.</i> ⁽³⁾	Estrutura pastosa/muco cinzento a marrom	Meio de cultura e substrato ou composto	Esterilização adequada do substrato ou compostagem bem feita
Insetos	Moscas, besouros, lagartas e larvas	Cogumelos Barracões	Diazinon 1:500, 300 mL/m ² Malathion 1:100, 200 mL/m ² Larvicida
Ácaros	Artrópodes pequenos	Cogumelos Barracões	Kelthane 1:100, 200 mL/m ² Acaricida
Nematoides	Organismos pequenos "helminhos"	Solo de cobertura	Carbofuran ⁽⁴⁾ 2 g/100 g de solo

⁽¹⁾Fungo. ⁽²⁾Meio de cultura, sementes, substrato, composto, solo de cobertura e barracões. ⁽³⁾Bactéria. ⁽⁴⁾Carbofuran = Diafuran 50 (nematicida e inseticida).

Fonte: Bononi et al. (1995), Stamets e Chilton (1983) e Urben e Oliveira (1998).

Considerações finais

O sucesso do cultivo de cogumelos depende de muitos fatores. Entre eles, os fatores bióticos (variação de patógenos que afetam a cultura) e os fatores abióticos (condições inadequadas no controle do ambiente: temperatura, luminosidade e umidade). Com menor intensidade, podem aparecer ainda certos distúrbios ou doenças fisiológicas causadas por fatores ambientais químicos ou físicos, que prejudicam o crescimento vegetativo e reprodutivo dos cogumelos.

As doenças que afetam o cultivo de cogumelos são causadas, principalmente, por fungos. Eles estão presentes em todas as fases de cultivo (compostagem, pasteurização, semeadura, crescimento e colheita).

A maioria dos fungos (competidores ou parasitas) causam queda acentuada na produção, pois os cogumelos produzidos são deformados e com apodrecimento precoce.

A ocorrência no cultivo de bactérias, vírus, nematoides, ácaros, insetos, entre outros organismos, é inexpressiva, quando comparada com as pragas causadas por fungos.

Se durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo dos cogumelos, medidas preventivas de higiene rigorosa fossem seguidas corretamente nas instalações de cultivo, nos instrumentos de trabalho, no processamento do composto ou do

substrato e no controle do ambiente, sem dúvida a presença de pragas seria evitada ou minimizada, no cultivo desses macromicetos.

Referências

- ALBERTÓ, E. **Cultivo Intensivo de Los Hongos Comestibles**: cómo cultivar champiñones, gírgolas, shiitake y otras especies. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, 2008. 265 p.
- BARNET, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minnesota: APS Press, 1998. 218 p.
- BISSET, J. A Revision of the genus *Trichoderma*. I Section *Longibrachiatum*. **Canadian Journal of Botany**, v. 62, n. 5, p. 923-931, 1984.
- BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Icone, 1995. 209 p.
- BRASIL. **Decreto nº 5.759, de 17 de abril de 2006**. Promulga o texto revisto da Convenção Internacional para a Proteção dos Vegetais (CIVP), aprovado na 29ª Conferência da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO, em 17 de novembro de 1997. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/dsv/DECRETO%205_759_2006%20-%20Promulga%20o%20Texto%20da%20CIPF.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.
- DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. London: Academic Press, 1980. 859 p.
- SAMUELS, G. J. Centenary Review *Trichoderma*: a review of biology and systematics of the genus.

Mycological Research, v. 100, n. 8, p. 923-935, 1996.

SILVEIRA, V. D. **Lições de micologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968. 301 p.

STAMETS, P.; CHILTON, J. S. **The mushroom cultivator**: a practical guide to growing mushrooms at home. Washington, DC: Agarikon Press, 1983. 415 p.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, C. Fungos contaminantes em cultivos de cogumelos comestíveis e medicinais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 288, 1998. Suplemento.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 151 p.



Capítulo 9

Controle biológico de pragas no cultivo de cogumelos

Marlinda Lobo de Souza

Introdução

Neste capítulo, serão abordados aspectos essenciais relativos ao uso de controle biológico de pragas no cultivo de cogumelos, nos moldes da agricultura sustentável. A adoção de estratégias com agentes de biocontrole resulta na diminuição significativa ou na eliminação de pragas, como artrópodes e patógenos presentes no cultivo. Esse tipo de controle é de especial relevância na produção de cogumelos, em que o uso de agrotóxicos não é recomendado.

Controle biológico

O termo controle biológico foi empregado pela primeira vez em 1919 para designar o uso de inimigos naturais no controle de insetos-praga (SMITH, 1919). Posteriormente, essa expressão foi usada para designar todas as formas de controle, alternativas aos produtos químicos, que envolvessem métodos biológicos. A definição de controle biológico como

[...] o uso de organismos vivos para suprimir a densidade populacional ou impactar uma espécie de praga específica, fazendo esta menos abundante ou menos prejudicial [...] (CRUMP et al., 1999)

poderia ser amplamente aceita. Isso envolve o mecanismo da densidade recíproca, no qual uma população sempre é regulada por outra

população, mantendo assim o equilíbrio da natureza.

Os agentes de controle biológico são usados em sua maioria em:

- Controle de invertebrados por patógenos, predadores e parasitoides.
- Controle de ervas invasoras por patógenos e herbívoros.
- Controle de patógenos de plantas por microrganismos antagonistas e indutores de resistência.

Uma importante revisão sobre o tema propondo a unificação da terminologia em controle biológico é apresentada por Einlenberg et al. (2001). Nela, quatro estratégias de controle são definidas:

Controle biológico clássico – Uso intencional de um agente de controle externo, para estabelecimento permanente e controle da praga em longo prazo. Essa estratégia requer a introdução de um organismo exótico, por exemplo, importação e colonização de parasitoides ou predadores, a fim de controlar pragas exóticas (eventualmente nativas).

Controle biológico inoculativo – Liberação intencional de um organismo vivo como agente de controle biológico com a perspectiva de que ele irá se multiplicar e controlar a praga por longo período, mas não indefinidamente, por

exemplo, liberação de parasitoides e predadores em casas de vegetação (em baixos números).

No controle de patógenos de plantas, embora um grande número de antagonistas microbianos seja liberado, é a multiplicação desses antagonistas que permite a eliminação da doença.

Controle biológico inundativo – Uso de organismos vivos no controle de pragas em que o controle é alcançado, exclusivamente, em decorrência da liberação desses próprios organismos.

Esses agentes precisam alcançar e matar alta proporção da população da praga ou, de outra forma, reduzir o nível de dano econômico antes que esses agentes sejam dispersos ou inativados.

O sucesso desse tipo de controle depende apenas da liberação dessa população e não de sua progênie. Um exemplo clássico de controle inundativo é o uso de *Bacillus thuringiensis*.

Agentes usados para liberações inundativas, especialmente microrganismos, são comumente chamados de biopesticidas. Esse tipo de controle biológico é bem aceito pelo usuário, pois tem um tipo de ação rápida, muito semelhante à de inseticidas convencionais.

Controle biológico conservativo – Resulta na modificação do meio ambiente ou de práticas existentes para proteger ou aumentar inimigos naturais específicos ou outros organismos para

reduzir os efeitos da praga. Essa estratégia é diferente das outras, pois não há liberação de inimigos naturais.

Com os avanços tecnológicos, o controle biológico tem sofrido grandes modificações. Segundo Parra (2011), enquanto no passado essa estratégia era considerada uma medida de controle cujos resultados seriam obtidos em longo prazo e somente em culturas perenes – pois as liberações eram inoculativas e dependiam da permanência e da adaptação do parasitoide ou predador na área –, atualmente ela já pode ser considerada uma medida emergencial, em alguns casos semelhante a inseticidas.

Com o domínio de técnicas de criação de insetos, especialmente em dietas artificiais, aumentaram as possibilidades de criações massais de inimigos naturais e posteriores liberações em grandes quantidades. Essas liberações reduzirão os danos às culturas mediante a diminuição da evolução populacional da praga de forma rápida e sem prejuízos ao meio ambiente. No Brasil, uma retrospectiva do uso de controle biológico de pragas, dentro de um contexto de manejo integrado de pragas, foi relatada recentemente por Parra (2014).

O controle microbiano é um termo usado para descrever o uso de microrganismos como agentes de controle biológico. Uma importante revisão sobre o caminho para o sucesso no desenvolvimento e na comercialização de produtos

microbianos no controle de artrópodes é relatado por Ravensberg (2011). Nela, os principais eventos no desenvolvimento de biopesticidas são expostos de forma cronológica.

A produção massal de um organismo causando doença, seguida de sua aplicação sobre plantas infestadas e a espera de sua atuação na redução da praga foi inicialmente sugerida por Hagen (1879). Tipicamente, quatro grupos de patógenos microbianos são encontrados nos insetos: bactérias, fungos, vírus e protozoários. Suas propriedades biológicas determinam sua utilidade no controle de insetos (FEDERICI, 1999).

No início do século 20, bactérias, fungos, vírus e nematoides foram identificados como patógenos de insetos, o que permitiu o desenvolvimento comercial dos primeiros inseticidas biológicos.

Embora as bactérias *B. thuringiensis* (Bt) e *Bacillus popilliae* tenham sido identificadas na primeira década de 1900, o primeiro biopesticida comercial (*Sporeine*) à base de *B. thuringiensis* só foi disponibilizado em 1938, na França. Da mesma forma, o primeiro produto à base de fungo (*Boverin*) foi desenvolvido pela União Soviética em 1965 e usado no controle do besouro-da-batata (*Leptinotarsa decemlineata*) e da lagarta-das-maçãs (*Cydia pomonella*).

Os vírus da família Baculoviridae foram relatados causando epizootia da década de 1940.

No entanto, o primeiro produto comercial só foi desenvolvido na década de 1940, no controle da lagarta-da-espiga-do-milho – *Helicoverpa zea* (IGNOFFO, 1973, 1975). Esse produto à base de *Helicoverpa zea nucleopolyhedrovirus* foi desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (United States Department of Agriculture, Usda) e comercializado com o nome VironH, no controle de heliotines em algodão, frutas e vegetais. O mesmo produto foi comercializado pela Sandoz, com o nome Elcar, e atualmente é comercializado pela Certis com o nome Gemstar. Em termos de ensaios de segurança e toxicidade, esse foi o biopesticida viral mais extensivamente testado no mundo.

Durante os últimos 40 anos, testes extensivos foram feitos com mais 30 espécies de baculovírus e resultaram num longo e completo relatório de segurança (BURGES et al., 1981; GRONER, 1986; IGNOFFO, 1973).

O desenvolvimento de biopesticidas em escala industrial começou nas décadas de 1960 e de 1970, com produtos à base de *B. thuringiensis*. Grandes companhias, como a Sandoz e a Solvay, começaram a desenvolver produtos, sendo que os primeiros biopesticidas foram registrados e lançados nos mercados norte-americano e europeu no início da década de 1960 (RAVENSBERG, 2011). Um cenário sobre o desenvolvimento comercial na indústria de biopesticida de 1950 a 2005 é apresentado por Gelernter (2005).

Controle de pragas no cultivo de cogumelos

A estratégia de controle convencional (químico) pode resultar na contaminação do cogumelo, do produtor e do meio ambiente. Nesse contexto, recomenda-se a adoção de métodos alternativos nos cultivos de cogumelos, uma vez que eles são comercializados como produtos orgânicos e de consumo in natura.

Os cogumelos são seres heterotróficos necessitando, portanto, de assimilação dos compostos orgânicos elaborados por outros seres vivos para seu pleno desenvolvimento. Fungos comestíveis como os dos gêneros *Agaricus*, *Pleurotus* e *Lentinula*, são tipicamente saprófitos, pois se desenvolvem em substratos como esterco bovino, equino e em madeira em decomposição (BONONI et al., 1995). Além de cogumelos comestíveis (EIRA; MINHONI, 1997), muitos fungos possuem propriedades medicinais, como (EIRA; MONTINI, 1997):

- Shiitake (*Lentinula edodes*).
- Maitake (*Grifola frondosa*).
- Reishi (*Ganoderma lucidum*).
- Cogumelo-do-sol (*Agaricus blazei*).

No cultivo de cogumelos, podem estar presentes insetos, ácaros e outros artrópodes micetófagos e decompositores dos substratos. A ocorrência de microrganismos patogênicos e

de competidores – antagonistas contaminantes que se instalam no cultivo – resulta em prejuízos significativos na produção de cogumelos.

Controle de artrópodes no cultivo de cogumelos

As principais pragas associadas ao cultivo dos cogumelos são os dípteros das famílias Sciaridae, Phoridae e Cecidomyiidae. Os representantes dessas famílias são conhecidos, vulgarmente, por moscas ou mosquinhas de cogumelos. Os adultos não possuem a grande autonomia de voo e geralmente são atraídos pelo odor oriundo da fermentação, exalado por materiais em decomposição ou por componentes usados nos compostos (bagaço de cana, palha de arroz, etc.).

As fêmeas colocam seus ovos diretamente no substrato, e as larvas nascidas desses ovos alimentam-se do micélio junto do composto e posteriormente migram para os cogumelos, destruindo parcialmente ou totalmente a estirpe e o píleo, tornando-os impróprios para consumo (ZORNENON, 2000). Outras pragas artrópodes são ácaros dos cogumelos (ordem Acarina) das famílias Tyroglyphidae, Anacetidae, Eupodidae e Tarsonemidae. O aparecimento dos ácaros está relacionado com falhas na pasteurização e na infestação do composto com fungos. As outras pragas restantes são nematoides saprófitos e

micófagos, compreendendo as espécies das ordens Rhabditida e Tylenchida, respectivamente.

O controle de pragas na cultura do cogumelo, em especial dos dípteros, tem sido feito, principalmente, usando *B. thuringiensis* (CANTWELL; CANTELO, 1984; WHITE; JARRET, 1990) e nematoides entomopatogênicos (EPSKY et al., 1988; GREWAL et al., 1992; GREWAL; RICHARDSON, 1993; NICKLE; CANTELO, 1991).

Espécies de duas famílias de nematoides (Heterorhabditidae e Steinernematidae) têm sido efetivamente empregadas como inseticidas biológicos em programas de manejo de pragas, uma vez que eles são considerados relativamente específicos para sua espécie-alvo e não tóxicos para humanos (GREWAL et al., 2005). Mais recentemente, ácaros do gênero *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae), em especial as espécies *Hypoaspis miles* e *Hypoaspis aculeifer*, têm sido aplicados no controle de moscas (JESS; BINGHAM, 2004). Alguns ácaros predadores (carnívoros) são usados por se alimentarem de larvas de moscas e nematoides que podem vir a se desenvolver no composto.

No Brasil, recentemente a empresa Promip – Comércio, Pesquisas e Desenvolvimento de Agentes Biológicos Ltda, sediada em Engenheiro Coelho, SP, desenvolveu um produto à base do ácaro predador *Stratiolaelaps scimitus*. Esse produto é recomendado no controle biológico de pragas de solo, que ocorrem, principalmente,

em áreas de produção de mudas e cogumelos onde o substrato contém grande quantidade de material vegetal em decomposição. O produto *Stratiomip* tem sido empregado no controle de larvas de moscas presentes no cultivo, como *fungus gnats* ou *Brasidysia* spp. (Sciaridae).

Controle de doenças/ antagonistas no cultivo de cogumelos

Doenças que afetam os cogumelos podem ser causadas por patógenos, como fungos, bactérias e vírus, e são descritas no Capítulo 8, *Controle convencional de pragas no cultivo de cogumelos*. No entanto, fungos competidores, embora não possam ser considerados agentes de doenças, uma vez que não são parasitas de cogumelos, são responsáveis por enormes decréscimos na produção. Concorrem com o cogumelo e disputam o espaço físico e o alimento existente no composto (COUTINHO, 2000).

O controle de um microrganismo é possível pela ação direta de outro microrganismo antagônico, o qual pode atuar por meio de antibiose, parasitismo, competição, predação ou hipovirulência (COOK; BAKER, 1983). Alguns exemplos de controle por meio de microrganismos antagonistas no cultivo de cogumelos são relatados a seguir.

Um grave problema no cultivo de cogumelos está relacionado ao *Trichoderma* spp. (bolor verde-branco), que atua como competidor. Por sua vez, o fungo *Trichoderma* spp. tem sido usado de forma benéfica no controle de doenças de plantas, pois confere proteção a sementes contra o ataque de fungos fitopatogênicos e estimula o crescimento de plantas. As cepas das espécies de *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma viride* estão potencializadas para controlar patógenos resistentes aos fungicidas de uso comum. Vários produtos à base de *Trichoderma* spp. encontram-se disponíveis comercialmente (BETTIOL et al., 2012).

A proliferação de *Trichoderma* spp. é um problema comum no cultivo de *Agaricus* mas também afeta o cultivo de outros cogumelos comestíveis como shiitake e *Pleurotus*. Várias espécies, principalmente *Trichoderma lignorum*, têm sido citadas como competidores em camas de produção. Elas aparecem como grandes manchas de coloração verde-brilhante ou ligeiramente azuladas, com margens brancas, na superfície do solo de cobertura. Solos ácidos e o elevado conteúdo orgânico favorecem o aparecimento de fungos do gênero *Trichoderma* (COUTINHO, 2000).

Uma possível estratégia no controle do gênero *Trichoderma* é usar microrganismos antagonistas como agentes de biocontrole. Um exemplo importante é o relato de espécies de *Bacillus* no controle de *Trichoderma pleurotum*. Em especial,

uma cepa de *Bacillus amyloliquefaciens* mostrou ser um eficiente agente de biocontrole do *T. pleurotum* no cultivo de *Pleurotus ostreatus* (shimeji-preto) (NAGY et al., 2012).

A maior parte dos fungos competidores é cosmopolita (COUTINHO, 2000), como:

- *Trichoderma* spp. (bolor-verde-branco).
- *Pseudobalsamia microspora* Diehl & Lambert (trufas).
- *Myceliophthora lutea* Cost. & Mart. (bolor-verde-cinza).
- *Chaetomium olivaceum* Cooke & Ellis e *Chaetomium* sp. (bolor-verde-oliva),
- *Scopulariopsis fimicola* (Cost. & Matr.) Arn. & Barthelet (bolor-branco-farinoso).
- *Doratomyces stemonitis* (Pres.) Morton & Smith (bolor-preto).
- *Papulospora byssina* Hotson (bolor-marrom-pulverulento) (= *Myriococcum praecox*), *Oedocephalum* sp. (bolor-rosado).
- *Xilaria* spp. (mal-do-esclerócio).
- *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. (bolores-verdes).
- *Sporotrichum* sp. e *Sepedonium* sp. (bolores-amarelos).
- *Geotrichum* sp. (bolor-vermelho),
- *Phymatotrichum* sp. (bolor-cinza).
- *Coprinus* spp., *Pleurotus* spp., *Peziza* sp. (= *Ostrachoderma* sp.).
- *Clitocybe* sp., etc.

O mofo-marrom, causado por *Pseudomonas tolaasii*, ocasiona surto de infecção no cultivo dos gêneros *Agaricus*, *Pleurotus* e outros cogumelos (WELLS et al., 1996). Caso o ambiente seja contaminado, por *P. tolaasii*, torna-se impossível produzir cogumelo porque essa bactéria é altamente virulenta, espalha-se rapidamente pela sala de cultivo, podendo ser transmitida pelo nematoide *Rhabditis lamdiensis*.

O cogumelo comestível *Agaricus bisporus*, denominado champignon-de-paris, originário da França, é o fungo mais cultivado mundialmente (SOLER-RIVAS et al., 1999). Esse fungo é suscetível a diversos microrganismos incluindo *P. tolaasii*, que causa a desfiguração dos chapéus dos cogumelos. A aplicação de bactéria antagonista, para controlar *P. tolaasii* em *A. bisporus*, foi estudada pela primeira vez por Nair e Fahy (1972).

Para controlar essa doença, já foram identificados alguns antagonistas, como *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas reactants*, *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis*.

No entanto, *P. fluorescens* revelou ser o agente mais eficaz (TAJALIPOUR et al., 2014). Embora pertença ao mesmo gênero daquela bactéria que causa a doença no cogumelo, a antagonista *P. fluorescens* é uma espécie amplamente conhecida e comercializada em outros países como fungicida, bactericida e promotora de crescimento.

Alguns produtos à base de *P. fluorescens* encontram-se disponíveis, como Biomonas, comercializado na Índia, pela empresa *Biotech International Ltd.*, e BlightBan A506, registrado e comercializado nos Estados Unidos pela empresa *Plant Health Technologies* (BETTIOL et al., 2012).

Por sua vez, alguns cogumelos podem ser causadores de podridões de árvores e de madeira. No caso do toco podre e podridões de raízes de árvores florestais causados por *Heterobasidium annosum*, o controle da doença é alcançado com aplicação comercial em tocos recém-cortados, do fungo antagonístico *Peniophora gigantea* (conídios).

Muitas vezes, consegue-se isso misturando-se os conídios com o mesmo óleo que lubrifica a serra usada para serrar as árvores. *Phlebiopsis gigantea* é um fungo esbranquiçado, habitante natural do solo em países de clima temperado, em florestas de coníferas. O produto Rotstop, cujo princípio ativo é o fungo *P. gigantea*, é registrado e comercializado na Finlândia, na Alemanha e nos Estados Unidos. Ele é produzido pela empresa finlandesa Kemira Agro Oy (BETTIOL et al., 2012).

Considerações finais

O uso intensivo e indiscriminado de agrotóxicos tem causado diversos problemas, incluindo a

contaminação de animais, de humanos e do meio ambiente. Portanto, a adoção de estratégias de controle biológico, como alternativa ao uso de controle químico, é de grande importância na saúde e na sustentabilidade do meio ambiente.

No Brasil, a produção de cogumelos tem crescido nos últimos anos, sendo este empregado, principalmente, para consumo humano. Diante da insuficiência de informação disponível na literatura referente a esse tema, é de especial relevância o desenvolvimento de estudos voltados para a prospecção e uso de agentes de controle biológico, visando ao controle de pragas no cultivo de cogumelos.

Referências

- BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.; PINTO, Z. V.; PAULA JUNIOR, T. J.; CORRÊA, E. B.; MOURA, A. B.; LUCON, C. M. M.; COSTA, J. C. B.; BEZERRA, J. L. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155 p. (Série Documentos, 88).
- BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone, 1995. 206 p.
- BURGES, H. D. Safety, safety testing and quality control of microbial pesticides. In: BURGES, H, D. (Ed.). **Microbial control of pests and plant diseases 1970-1980**. London: Academic Press, 1981. p 739-767.
- CANTWELL, G. E.; CANTELO, W. W. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis* in controlling the sciarid fly *Lycoriella mali* in mushroom compost. **Journal of Economic Entomology**, v. 77, p. 473-475, 1984.
- COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control of plant pathogens**. St. Paul: American Phytopathological Society, 1983. 539 p.
- COUTINHO, L. N. Doenças fúngicas e fungos competidores em cogumelos comestíveis do gênero *Agaricus*. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 2., 2000, Mogi das Cruzes. **Anais...** Mogi das Cruzes, 2000. p. 162-175.
- CRUMP, N. S.; COTHER, E. J.; ASH, G. J. Clarifying the nomenclature in microbial weed control. **Biocontrol Science and Technology**, v. 9, p. 89-97, 1999.
- EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, v. 46, p. 387-400, 2001.
- EIRA, A. F.; MINHONI, M. T. A. **Manual teórico-prático do cultivo de cogumelos comestíveis**. 2. ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: Ed. da Unesp, 1997. 115 p.
- EIRA, A. F.; MONTINI, R. M. C. **Manual de cultivo do shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler)**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais: Ed. Unesp. 1997. 38 p.
- EPSKY, N. D.; WALTER, D. E.; CAPINERA, J. L. Potential role of nematophagous microarthropods as biotic mortality factors of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae).

Journal of Economic Entomology, v. 81, p. 821-825, 1988.

FEDERICI, B. A. A perspective on pathogens as biological control agents for insect pests. In: BELLOWS, T. S.; FISHER, T. W. (Ed.). **Handbook of biological control**. San Diego: Academic Press, 1999. p. 517-548.

GELERTNER, W. D. Biological control products in a changing landscape. In: BCPC INTERNATIONAL CONGRESS, CROP SCIENCE & TECHNOLOGY, 2005, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: Crop Science & Technology, 2005. p. 293-300.

GREWAL, P. S.; EHLERS, R. U.; SHAPIRO-ILAN, D. I. **Nematodes as Biocontrol Agents**. Wallingford: Cabi Publishing, 2005. 505 p.

GREWAL, P. S.; RICHARDSON, P. N. Effects of application rates of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) on biological control of the mushroom fly *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 3, p. 29-40, 1993.

GREWAL, P. S.; RICHARDSON, P. N.; COLLINS, G.; EDMONDSON, R. N. Comparative effects of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) and insecticides on yield and cropping of the mushroom *Agaricus bisporus*. **Annals of Applied Biology**, v. 121, p. 511-520, 1992.

GRONER, A. Specificity and safety of baculoviruses. In: GRANADOS, R. R.; FEDERICI, B. A. **The biology of baculoviruses**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 177-202.

HAGEN, H. A. Obnoxious pests: suggestions relative to their destruction. **The Canadian Entomologist**, v. 11, p. 110-114, 1879.

IGNOFFO, C. M. Evaluation of in vivo specificity of *insect* viruses. Baculoviruses for insect pest control: safety considerations. In: SUMMERS, M.; ENGLER, R.; FALCON, L. A.; VAIL, P. V. (Ed.). **Baculoviruses for insect pest control: safety considerations**. Washington, DC: American Society for Microbiology, 1975. p. 52-57.

IGNOFFO, C. M. Development of a viral insecticide: concept to commercialization. **Experimental Parasitology**, v. 33, p. 380-406, 1973.

JESS, S.; BINGHAM, J. F. W. Biological control of sciarid endophorid pests of mushroom with predatory mites from the genus *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae) and entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 94, p. 159-167, 2004.

NAGY, A.; MANCZINGER, L.; TOMBÁ CZ, D.; HATVANI, L.; GYORFI, J.; ANTAL, Z.; SAJBEN, E.; VÁGVÖLGYI, C.; KREDICS, L. Biological control of oyster mushroom green mould disease by antagonistic *Bacillus* species. **IOBC-WPRS Bulletin**, v. 78, p. 289-293, 2012.

NAIR, N. G.; FAHY, P. C. Bacteria antagonistic to *Pseudomonas tolaasii* and their control of brown blotch of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus*. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 35, p. 439-442, 1972.

NICKLE, W. R.; CANTELO, W. W. Control of a mushroom infesting fly, *Lycoriella mali*, with *Steinernema feltiae*. **Journal of Nematology**, v. 23, p. 145-147, 1991.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 345-355, 2014.

PARRA, J. R. P. Controle biológico de pragas no Brasil: histórico, situação atual e perspectivas. **Ciência e Ambiente**, v. 43, p. 7-18, 2011.

RAVENSBERG, W. J. **A Roadmap to the successful development and commercialization of microbial pest control products for control of arthropods**. New York: Springer, 2011. 383 p.

SMITH, H. S. On some phases of insect control by the biological method. **Journal of Economic Entomolog**, v. 12, p. 288-292, 1919.

SOLER-RIVAS, C.; JOLIVET, S.; ARPIN, N.; OLIVIER, J. M.; WICHERS, H. J. Biochemical and physiological aspects of brown blotch disease of *Agaricus bisporus*. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 23, p. 591-614, 1999.

TAJALIPOUR, S.; HASSANZADEH, N.; JOLFAEE, H. K.; HEYDARI, A.; GHASEMI, A. Biological control of mushroom brown blotch disease using antagonistic

bacteria. **Biocontrol Science and Technology**, v. 24, n. 4, p. 473-484, 2014.

WELLS, J. M.; SAPERS, G. M.; FETT, W. F.; BUTTERFIELD, J. E.; JONES, J. B.; BOUZAR, H.; MILLER, F. C. Postharvest discoloration of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* caused by *Pseudomonas tolaasii*, *P. reactants* and *P. gingeri*. **Phytopathology**, v. 86, p. 1098-1104, 1996.

WHITE, P. F.; JARRETT P. Laboratory and field tests with *Bacillus thuringiensis* for the control of the mushroom sciarid *Lycoriella auripila*. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE: PESTS AND DISEASES, 1990, Farnham. **Proceedings...** Farnham: British Crop Protection Council, 1990. p. 373-378.

ZORZENON, F. J. Pragas dos cogumelos comestíveis. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3., 2000, Mogi das Cruzes. **Anais...** Mogi das Cruzes, 2000. p. 175-187.



Capítulo 10

Técnicas de processamento e estocagem no cultivo de cogumelos

*Waldir Vieira
Araíde Fontes Urban*

Introdução

Em decorrência do crescimento populacional e da necessidade de produção de alimentos, os laboratórios e organismos oficiais interessados passaram a procurar novas alternativas de alimentos proteicos, garantindo aproveitamento total dos recursos naturais disponíveis para a alimentação humana. Assim, surgiram as farinhas de soja, de algodão, de amendoim e de cogumelos.

Nesse contexto, com vista à necessidade de produção rápida de proteínas, os fungos vêm sendo estudados como fontes de alimento em grande escala. Estudos sobre a possibilidade de se obter proteínas a partir de microrganismos (bactérias, leveduras e cogumelos) tem mostrado que os cogumelos contêm mais proteínas do que as carnes bovina, de peixe e de frango e até mesmo do que alguns cereais.

O cogumelo tem despertado a atenção da população não somente por ser um produto natural, mas também por seu valor nutracêutico (nutritivo e medicinal).

Preservação de cogumelos comestíveis

Os cogumelos podem ser comercializados e consumidos frescos, desidratados, enlatados,

na forma de pickles em vinagre, defumados, na massa de macarrão e em sopas pré-cozidas. Quando frescos, são acondicionados em bandejas de isopor, revestidas com filme de PVC e logo comercializados. O período de conservação, em curto prazo, é de 3 a 4 dias, sob 5 °C a 12 °C de temperatura.

Há também a possibilidade de se fazer tratamento com vapor e, após isso, conservá-los em óleo de cozinha. Assim como as frutas e os vegetais, os cogumelos são perecíveis e continuam a ter seu metabolismo ativo no período de armazenagem. Essa atividade resulta em mudanças que reduzem o valor comercial e nutricional desse produto, tornando-o, em alguns casos, impróprio para consumo humano.

Existem duas técnicas para armazenamento de cogumelos: a primeira é usada para curto período de estocagem; e a segunda para longo período de estocagem.

Técnicas para curto tempo de estocagem

Resfriamento – O resfriamento de cogumelos resulta na redução das taxas de todos os processos fisiológicos que neles ocorrem. O aumento no tempo de estocagem mediante resfriamento ocorre em decorrência dos seguintes fatores:

- Redução do crescimento de microrganismos.

- Atividade do metabolismo dos cogumelos após a colheita.
- Reações de deterioração química, incluindo escurecimento catalítico oxidativo de lipídios e mudanças químicas associadas com degradação de cor.
- Autólise ou liquefação de tecidos.
- Perda do valor nutritivo dos cogumelos.
- Redução da perda de umidade.

O efeito da temperatura na atividade do O-difenol oxidase tem sido estudado. Há uma forte correlação entre a atividade do O-difenol oxidase e a maturação dos cogumelos. As enzimas catalisam a oxidação do O-difenol para quinona, e a oxigenação de monofenóis para difenóis, com subsequente oxidação para uma correspondente quinona. Isso ocorre em quinonas rapidamente convertidas para formar complexos pigmentos marrons, que são os principais responsáveis pela deterioração dos cogumelos na estocagem.

Alguns autores estudaram a relação da durabilidade de armazenagem, por meio da alteração da atividade das enzimas, com a alteração da temperatura. As mudanças na cor eram leves após 10 dias, em temperatura que variou de 2 °C a 10 °C; mas as alterações na cor eram acentuadas após 4 dias, a 25 °C; e, após 6 dias, os cogumelos estragavam. Quando a oxidação enzimática do O-difenol era reduzida pela

estocagem a 0 °C, *Agaricus bisporus* (cham-pignon-de-paris) não se deteriorava antes de 30 dias.

O processo de resfriamento consiste em duas fases: remover o calor de campo e o calor metabólico e, logo em seguida, estocar sob temperatura baixa. Calor de campo é a temperatura do cogumelo após a colheita, que é similar à temperatura da área onde os cogumelos foram colhidos. Calor metabólico é o calor gerado no interior do cogumelo, em decorrência do seu metabolismo.

Na fase de colheita, o metabolismo dos cogumelos é alto. Tão logo os cogumelos são resfriados, a quantidade de calor metabólico é reduzida. Assim, é preciso que inicialmente se aplique grande carga de resfriamento (vento frio e úmido) e, assim que a temperatura baixar, reduza essa carga. Nessa fase, a perda de peso dos cogumelos fica em torno de 3%.

As condições ideais para armazenagem de cogumelos, em sua maioria, são temperaturas entre 0 °C e 2 °C e umidade relativa do ar entre 85% e 95%. Sob essas condições de estocagem, é possível armazená-los por períodos de 14 a 21 dias. Sob essas condições, em compartimento aberto, verifica-se uma perda de 1% a 2% por dia do peso dos cogumelos, sendo que, se esses compartimentos forem fechados, as perdas serão menores.

Pode-se observar que o procedimento de retirar o calor de campo e o calor metabólico é de vital importância para o sucesso do armazenamento, visando à comercialização do cogumelo fresco.

Irradiação – A irradiação tem sido testada como recurso para aumentar o tempo de estocagem de *Agaricus* sp. A irradiação com raios gama mata bactérias e inibe a respiração e a futura maturação. Muitos trabalhos têm demonstrado a importância da irradiação para reduzir ou prevenir a deterioração dos cogumelos armazenados. Cogumelos matsutake foram irradiados com raios gama de cobalto 60 a 50 – 200 k rad e estocados a 20 °C por 10 dias. Observou-se redução da taxa de abertura do píleo nos cogumelos armazenados (FAO, 1990).

Estudos dos efeitos da ionização gerada pela irradiação em cogumelos têm mostrado que é muito improvável a aceitação de tal produto pelo consumidor, por este apresentar o píleo pouco a muito descolorido e molécula única e por apresentar perigo potencial para a saúde humana. Além disso, o processo apresenta custo de manutenção e de operação muito elevado.

Estocagem com atmosfera controlada – Por meio de concentrações apropriadas de dióxido de carbono, consegue-se estender o tempo de armazenagem de cogumelos. Descobriu-se que o dióxido de carbono reduz a atividade do difenol oxidase de *A. bisporus* e que também tem efeito inibidor na maturação (BROCK et al.,

1994; CHANG et al., 1993). A estocagem com dióxido de carbono aumenta a vida de prateleira de *A. bisporus*, quando a concentração de oxigênio é de 9% ou a concentração de dióxido de carbono é de 25% ou 50%.

Concentrações que vão de 2% a 10% de oxigênio (O₂) estimulam a expansão do píleo e o alongamento da estipe, ocorrendo o máximo de crescimento na concentração de 5%. Níveis acima de 5% de dióxido de carbono inibem o crescimento, mesmo algum tempo após a substituição do ar do tratamento. O alongamento da estipe ocorre na concentração de 5% de dióxido de carbono, mas a mesma concentração causa a inibição da expansão do píleo (CHANG; QUIMIO, 1982; JIANKANG, 1993).

O tempo de estocagem de *Pleurotus ostreatus* pode ser estendido e sua perda de peso reduzida, se os cogumelos estiverem armazenados em concentrações elevadas de dióxido de carbono (acima de 25%) e acondicionados em sacos de plástico (PE), ou em câmaras de armazenagem com gelo seco ou dióxido de carbono, sob temperatura entre 1 °C e 5 °C ou de 10 °C a 12 °C.

Baixas concentrações de oxigênio limitam a atividade da polifenol-oxidase, que é responsável pelas reações de escurecimento *browning*. Entretanto, condições muito baixas de oxigênio podem causar envenenamento por botulismo (CHANG; QUIMIO, 1982).

Técnicas para longo tempo de estocagem

Para se estocar cogumelos por longo tempo, devem-se adotar processos, pelos quais suas características são mudadas. Adotam-se processos de enlatamento (*canning*), conservação como pickles, secagem e liofilização. A qualidade final dos produtos é raramente comparável à dos cogumelos frescos. Esses processos bloqueiam todas as funções biológicas dos cogumelos, impedindo o processo de sua senescência. Salienta-se, também, que esses processos nem sempre são convenientes para todos os tipos de cogumelos.

Enlatamento – O enlatamento, também chamado de apertização, usado pela primeira vez em 1780, por Appert, na França, pode ser dividido em seis operações básicas: limpeza; branqueamento; enlatamento; esterilização; rotulagem e empacotamento. Nesse processo, usam-se cogumelos inteiros ou fatiados, brotos e estipes.

Esta técnica é muito utilizada para a preservação de cogumelos, principalmente para *Agaricus* spp. (*Agaricus bisporus* e *Agaricus bitorquis*), *Lentinula edodes* e *Grifola frondosa* (ALBERTÓ, 2008; BONONI et al., 1995).

O escurecimento e as manchas de *Agaricus* podem ser reduzidos se os cogumelos forem armazenados logo após a colheita. Se os cogumelos

não são enlatados imediatamente, eles devem ser refrigerados até o processo se iniciar. Cor e textura são bem preservados, se forem estocados sob temperatura de 15 °C e umidade relativa do ar alta. O enlatamento de cogumelos tem aumento de 19% no seu rendimento, quando previamente armazenados por 72 horas sob temperatura de 12 °C e umidade relativa de 95%.

A qualidade dos cogumelos pode ser melhorada com a adição, ao líquido da embebição, de uma solução de 0,5% a 5% de sódio, potássio, cálcio e hidróxido de magnésio, sob um vácuo parcial por mais de 30 minutos. Também nesse estágio, deve-se adicionar metabissulfato de sódio ou ascorbato, para que haja maior retenção da cor.

Após o branqueamento, o cogumelo é acondicionado numa solução com 2,5% de cloreto de sódio e 0,25% a 0,5% de ácido cítrico. Em seguida, os recipientes são fechados e esterilizados. Essa fase irá depender do tipo de equipamento usado, sendo mais comum a esterilização em autoclave, durante 1 hora e em temperatura de 120 °C a 130 °C.

Processo de secagem – Secagem é outro método de preservação de cogumelos comestíveis. Shiitake seco talvez seja a forma mais popular entre os cogumelos em que se adota esse método de preservação. Cogumelos preservados pela secagem têm bom aroma, além de serem mantidos livres de deterioração. Técnica recomendada também para *Agaricus blazei*, *Pleurotus*

spp., *Lentinula edodes*, *Tremella fuciformes* e *Auricularia auricula* (ALBERTÓ, 2008; BONONI et al., 1995; HERNANDEZ et al., 2002) é a mais indicada para se preservar cogumelos a longo prazo (1 ano), sem perder as suas propriedades nutricêuticas. Após a secagem, os cogumelos podem conter de 4% a 13% de umidade.

Os métodos de secagem são:

- Secagem ao sol.
- Secagem com ar quente forçado.
- Secagem por liofilização.

Quando desidratados ao sol, os cogumelos são submetidos ao corte da estipe e, em seguida, colocados sobre uma tela com as lamelas voltadas para cima.

Para que a secagem se complete, o tempo de exposição varia com a estação climática da época de colheita. Sob condições diárias de sol, pode-se obter secagem completa no período de 2 a 4 dias.

Durante a secagem, o cogumelo reduz seu tamanho pela metade, e, com essa perda de água, 7 kg de cogumelos frescos resultarão em 1 kg de cogumelo desidratado. Na prática, essas reduções podem ser maiores em decorrência do manuseio.

Os cogumelos secos ao sol terão também acrescentado ao produto final a vitamina D,

em decorrência da incidência de raios UV (ultravioleta), causando a conversão de ergosterol na referida vitamina. Já na secagem feita em secadores industriais (ar quente forçado), esse processo não ocorre. Os cogumelos secos ao sol são mais suscetíveis à deterioração por fungos indesejáveis, além da alteração na coloração que compromete sua aparência, cor e sabor, comparando-se com o cogumelo desidratado no processo industrial, com ar quente forçado (HARRIS, 1992; PITT; HOCKING, 1985).

Em alguns países, como a Austrália, é proibida a importação de cogumelos secos ao sol, se eles não forem tratados a 60 °C durante 4 horas. A secagem industrial (ar quente forçado) proporciona um produto melhor acabado, de melhor qualidade sanitária, visual e nutricional.

Os cogumelos são desidratados sob temperatura inicial de 30 °C e esta é aumentada de 1 °C a 2 °C por hora, até que atinja 50 °C em 12 a 13 horas. Finalizando, eles recebem temperatura de 60 °C durante 1 hora para aumentar o sabor e melhorar a cor do píleo.

Outro fator importante para se obter melhor qualidade do produto é a ventilação de entrada e exaustão. Os níveis de entrada e saída de ar serão sempre iguais. No período de 0 a 4 horas, ambas as ventilações estarão totalmente abertas; de 5 a 6 horas, as ventilações estarão 1/3 fechadas; acima de 9 horas, estarão parcialmente fechadas, sendo que na hora final, ambas

as ventilações estarão fechadas totalmente. Logo em seguida, os cogumelos devem ser embalados em sacos apropriados para que não absorvam umidade do ambiente.

Se o filme plástico não for adequado, após a embalagem, deve-se acondicioná-los em câmaras frias sob temperatura de 2 °C a 5 °C. Para se obter 1 kg de cogumelos desidratados, serão necessários 7 kg de cogumelos frescos, podendo essa proporção variar de acordo com a espécie cultivada. A umidade final não deve exceder 13%, a fim de evitar deterioração microbiológica.

Um inconveniente da secagem industrial reside no fato de que o produto final não contém vitamina D. Usando-se luz fluorescente com espectro de 280 nm a 320 nm, próximo ao UV (ultra-violeta), são obtidos resultados melhores em comparação com a luz solar. A luz artificial não destrói as vitaminas do complexo B. Observou-se, também, que, se irradiando as lamelas, a produção de vitaminas é dez vezes mais eficiente do que se houver a irradiação do píleo. Isso se deve, provavelmente, ao fato de a superfície de absorção das lamelas ser maior (HARRIS, 1992; PRZYBILOWICZ; DONOGHUE, 1990).

No processo de liofilização, os cogumelos são limpos, lavados e, então, congelados a -20 °C em recipiente fechado. A desidratação é obtida por sublimação. Isso quer dizer que a água – que está em estado sólido – passa ao estado

gasoso, sem passar pelo estado líquido. Isso pode ser conseguido pelo aumento lento da temperatura sob condição de vácuo por 10 a 20 horas. A perda de água fica em torno de 90% do peso total. O produto ainda pode conter de 4% a 7% de água.

A aparência do cogumelo é muito similar ao cogumelo fresco, sendo que sua densidade é dez vezes menor. Entretanto, o produto é frágil e deve ser acondicionado em recipiente resistente. No *Agaricus* liofilizado, 80% da água é recuperada, quando estes são colocados em água quente por alguns minutos. Seu sabor é muito próximo ao do cogumelo fresco. Uma das desvantagens do processo é o alto custo do equipamento e da operação, sendo necessário também, um gasto de energia muito alto para manter o vácuo muito baixo durante o processamento.

Considerações finais

O cogumelo é um produto agrícola que se estraga muito rápido e que, a partir do momento da colheita, requer estrutura de suporte e todas as medidas necessárias para que tenha seu tempo de prateleira prolongado, para reduzir as perdas pós-colheita.

Atualmente, por uma questão de estratégia de mercado, deve-se trabalhar com cogumelos

frescos por causa da forte concorrência dos produtos importados. Com os valores atuais do câmbio (US\$ 1,00 = R\$ 3,14, dados de agosto de 2016) e se forem produzidos cogumelos em cultivo axênico, existe a competição com o produto importado chinês.

Segundo consulta internacional, o produto chinês não consegue entrar no País por menos de US\$ 15,00/kg (HARRIS, 1992). Portanto, antes de iniciar a produção, deve-se analisar o mercado e tomar a decisão sobre o tipo de produto a ser produzido. Se a decisão for de produzir cogumelos frescos, devem-se observar alguns pontos importantes.

Em primeiro lugar, retirar o calor de campo, isto é, assim que os cogumelos forem colhidos, devem-se resfriá-los com um ventilador ou colocá-los em câmara fria por um período de no máximo 1 hora. Assim, será retirado o excesso de umidade e reduzida sua temperatura, resultando na redução do seu metabolismo.

Em segundo lugar, reduzir a velocidade dos processos de deterioração, por isso, sugere-se embalar os cogumelos em bandejas de isopor envoltas em filme plástico de PVC (película plástica). Logo em seguida, deve-se resfriá-las de 0 °C a 2 °C em umidade relativa da câmara fria entre 85% e 95%. Mesmo nesse tipo de embalagem, poderá ocorrer redução de peso de 1% a 2% em relação ao peso inicial dos cogumelos.

Em terceiro lugar, melhorar a armazenagem dos cogumelos, trabalhando com atmosfera modificada, que consiste em injetar 5% de dióxido de carbono dentro da embalagem. Para se obter bom resultado, deve-se acondicionar o produto nos pontos de vendas, em locais refrigerados e nunca sob temperatura ambiente, de modo a conseguir maior tempo de prateleira.

Referências

- ALBERTÓ, E. **Cultivo intensivo de los hongos comestibles**. Buenos Aires: Hesmiferio sur, 2008. 265 p.
- BONONI, V. L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Icone, 1995. 206 p.
- BROCK, T. D.; MADIGAN, M. T.; PARKER, J. **Biology of microorganisms**. New Jersey: Prentice-Hall International, 1994. 909 p.
- CHANG, S. T.; BUSWELL, J. A. A.; CHIU, S. W. (Ed.). **Mushroom biology and mushroom products**. Hong Kong: The Chinese University, 1993.
- CHANG, S. T.; QUIMIO, T. H. (Ed.). **Tropical Mushrooms: biological nature and cultivation methods**. Hong Kong: The Chinese University, 1982.
- FAO. **Technical Guidelines for Mushroom Growing in the Tropics**. Rome, 1990. 155 p. (FAO Plant Production and Protection, 106).
- HARRIS, B. **Growing shiitake commercially: a practical manual for the production of Japanese Forest**

Mushroom. Tennessee: The Second Foundation. 1992. 72 p.

HERNANDEZ, R. G.; SALMONES, D.; MERLO, R. P.; MATA, G. **Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción.** Xalapa: Instituto de Ecología, A. C., 2002. 56 p.

JIANKANG, J. **The basic knowledge of mushroom cultivation.** Nanjing: Institute of vegetable Crops, 1993. 21 p.

PITT, J. I.; HOCKING, G. D. **Fungi and food spoilage.** New York: Academy Press, 1985.

(Food Science and Thecnology. (A series of monographis).

PRZYBILOWICZ, P.; DONOGHUE, J. **Shiitake growers handbook: the art and science of mushroom cultivation.** Iowa: Kendall/Hunt, 1990.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa de Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. p. 187.



Capítulo 11

Diversidades de cogumelos funcionais e sua importância para a saúde humana

Arailde Fontes Urban

Introdução

Os cogumelos têm sido considerados um grupo especial de fungos por seu tamanho macroscópico, distinto corpo de frutificação e produção de bilhões de esporos. Suas frutificações podem ser de cores vivas (amarelo, laranja, vermelho, violeta ou verde), escuras (marrom ou preto), ou sem coloração (branco ou hialino), de consistência carnosa frágil a coriácea resistente, morfologia bastante variável e formas curiosas – Figura 1 (URBEN; OLIVEIRA, 1998).

São conhecidos pela humanidade, particularmente pelos povos asiáticos, desde os primórdios da história, seja por sua toxicidade, seja por suas propriedades nutricionais e medicinais. O ser humano primitivo já se alimentava desses macromicetos no período entre 5.000 e 4.000 a.C. (LIN; LIN, 1995).

Há muitos séculos, os fungos fazem parte da terapia chinesa. Seus efeitos nutricionais foram registrados no livro *Shen Nung's Herbal*, escrito há 2.000 anos (AMAZONAS, 1999).

Os cogumelos e seus benefícios também foram relatados por escritores gregos e romanos, entre eles Hipócrates, o “pai da medicina”, no século 4 a.C. Fungos medicinais são conhecidos na China desde tempos mais remotos (LIN; LIN, 1995):

- *Ganoderma lucidum* há mais de 2.000 anos.

- *Poria cocos* há cerca de 1.800 anos.
- *Auricularia polytricha* entre 500 a 600 d.C.

Na antiguidade, eles representavam uma classe especial de alimentos. Os gregos acreditavam que a força dos guerreiros nas batalhas era proveniente dos cogumelos que eles consumiam; no Egito, os faraós consideravam os cogumelos como “alimento dos deuses”; para os romanos, representavam um prato especial que só era servido em ocasiões festivas; os chineses consideravam um alimento saudável e acreditavam que fosse o elixir da vida (CHANG; MILES, 1997).

Apesar de os cogumelos serem considerados um alimento especial (Figura 2), algumas espécies também podem ser tóxicas, alucinógenas, venenosas e medicinais (Figura 3).

Existem relatos de intoxicação e morte na América e na Europa em decorrência do consumo de cogumelos silvestres. Os sintomas causados pela ingestão de cogumelos tóxicos ou venenosos são:

- Vômito.
- Diarreia.
- Dores gastrointestinais.
- Depressão.
- Fotofobia.
- Disfunção hepática aguda.



Figura 1. Formas variadas de cogumelos: *Coprinus comatus* (A); *Flammulina velutipes* (B); *Hericium erinaceus* (C); *Pleurotus sapidus* (D).



Figura 2. Cogumelos comestíveis: *Pleurotus ostreatus* (A); *Pleurotus eryngii* (B); *Lentinus striguellus* (C); *Lentinula edodes* (D); *Flammulina velutipes* (E).



Fotos: Vinícius Reis de Figueirêdo (A); Araitide Fontes Urben (B); Edison de Souza (C)

Figura 3. Cogumelos venenosos ou tóxicos: *Russula* sp. (A); *Mycena* sp. (B); *Daldinia concentrica* (C).

No México, os fungos alucinógenos também são conhecidos como psicotrópicos ou neurotrópicos, sendo usados pelos índios em rituais religiosos e como medicamentos. O gênero *Psilocybe*, comum naquele país, era considerado um produto divino (AURORA, 1986).

Valor nutricional dos cogumelos

A importância da nutrição humana, assim como os benefícios dos suplementos dietéticos, têm sido altamente estudados por cientistas no mundo inteiro, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e prevenir doenças. Os estudos

sobre cogumelos têm mostrado que a escolha da linhagem, do substrato e do composto, os diversos estádios de desenvolvimento do basidiocarpo e as condições climáticas são fatores fundamentais para que haja melhor absorção de nutrientes e produção de princípios ativos nessa cultura (ALBERTÓ, 2008; URBEN, 2004).

Geralmente, os cogumelos são constituídos de 90% de água, apresentam elevados teores de proteínas, de vitaminas (B₁ e C), de riboflavina, de niacina e de biotina. Contêm todos os 21 aminoácidos essenciais de que o ser humano necessita para sua nutrição. Apresentam altas concentrações de isoleucina, leucina, lisina e

histidina, que estão presentes na carne, em baixos teores. O percentual de metionina e de cisteína existente nos cogumelos é similar ao percentual das proteínas dos vegetais. São ricos em sais minerais (fósforo, potássio, cálcio, sódio e ferro) e fibras nutricionalmente valiosas de baixo valor calórico – 30 cal/100 g de cogumelos desidratados (ANDRADE, 2015; BADO, 1994).

Os nutrientes presentes nos cogumelos como alimentos podem ser enquadrados nas três categorias (CANAL SAÚDE ESCELSANET, 2003): estruturais (proteínas e minerais), energéticos (açúcares/carboidratos, gorduras/lípídeos) e reguladores (vitaminas e minerais).

Proteínas

Os cogumelos contêm cerca de 3,5% a 4,0% em peso fresco e de 30% a 50% em peso seco

de proteína. Eles possuem o dobro da proteína existente em alguns alimentos como trigo e arroz, com exceção da soja e da lentilha. A digestibilidade da proteína dos fungos é um fator importante para determinar seu valor dietético. Numerosos estudos em ratos e em humanos mostram que, de 71% a 90% das proteínas dos fungos, podem ser digeridas (BADO, 1994).

Carboidratos

A parede celular dos fungos apresenta alta porcentagem de carbono, conseqüentemente, é rica em carboidratos nos cogumelos frescos. O conteúdo de carboidratos varia entre 51% e 81,8% (Tabela 1). Estes são constituídos por uma grande variação de moléculas: pentoses, hexoses e dissacarídeos. A trealose é o açúcar mais comumente encontrado em todas as espécies de corpos frutíferos jovens. Quando os

Tabela 1. Teores (em peso seco) de proteína bruta, carboidrato, gordura, fibras e valor energético de alguns cogumelos comestíveis cultivados.

Cogumelo	Proteína (%)	Carboidrato (%)	Gordura (%)	Fibra (%)	Valor energético (Kcal/100 g)
<i>Agaricus bisporus</i>	23,9–34,8	51,3–62,5	1,7–8,0	8,0–10,4	328–381
<i>Auricularia spp.</i>	4,2–7,7	79,9–87,6	0,8–9,7	11,9–19,8	347–384
<i>Flammulina velutipes</i>	17,6	73,1	1,9	3,7	378
<i>Lentinula edodes</i>	13,4–17,5	67,5–78,0	4,9–8,0	7,3–8,0	387–392
<i>Pleurotus ostreatus</i>	10,5–30,4	57,6–81,8	1,6–2,2	7,5–8,7	345–367
<i>Volvariella volvacea</i>	21,3–43,0	50,9–60,0	0,7–6,4	4,4–13,4	254–374

Fonte: Miles e Chang (1997).

cogumelos atingem a fase adulta, a trealose é hidrolizada a glicose (ALBERTÓ, 2008).

Lipídeos

Geralmente, os cogumelos apresentam baixo teor de ácidos graxos saturados e alta porcentagem de insaturados, principalmente de ácidos graxos essenciais. Essa é uma característica importante, porque os ácidos graxos insaturados são benéficos ao homem, enquanto os saturados são nocivos à saúde humana.

Fibras

A parede celular dos cogumelos é rica em fibras, as quais têm ação laxativa, reduzindo os riscos de câncer de cólon, do reto e enfermidades coronárias, entre outras. O conteúdo de fibras é também variável entre as espécies. O fungo *Flammulina velutipes*, por exemplo, tem em torno de 4% em peso seco de fibras, enquanto algumas espécies de *Auricularia* podem apresentar até 20%. O conteúdo de fibra dietética varia entre 3,7% e 19,8% (Tabela 1). O principal componente da fibra é a quitina, constituinte da parede celular dos fungos (ALBERTÓ, 2008).

Os teores de proteína, carboidrato total, gordura, fibra e o valor energético em seis espécies de cogumelos comestíveis, de maior importância econômica em nível mundial, são mostrados na Tabela 1 (AMAZONAS, 1999).

Ácidos graxos

O consumo de alimentos ricos em ácidos graxos/lipídeos (gorduras) pela população tem sido uma grande preocupação por parte dos médicos, diante do elevado índice de doenças cardiovasculares e circulatórias. Novos hábitos de vida vêm sendo adotados, como o consumo de alimentos de baixo teor calórico, entre eles, os cogumelos, que têm se revelado um alimento saudável e benéfico à saúde.

Em cogumelos, o teor de ácidos graxos totais insaturados é maior do que o de ácidos graxos saturados. E esta é uma característica importante desses fungos (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de ácidos graxos saturados e insaturados de alguns cogumelos comestíveis cultivados.

Cogumelo	Ácido graxo saturado (%)	Ácido graxo insaturado (%)	
		Total	Ácido linoleico
<i>Agaricus bisporus</i>	19,5	80,5	69,2
<i>Auricularia auricula</i>	25,8	74,2	40,4
<i>Lentinula edodes</i>			
Dongko (padrão)	19,9	80,1	67,8
Craky (superior)	20,4	79,6	76,2
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	20,7	79,3	62,9
<i>Tremella fuciformis</i>	22,8	77,2	28,0
<i>Volvariella volvacea</i>	14,6	85,4	69,9

Fonte: Amazonas (1999).

Vitaminas

Os fungos comestíveis são fonte de vitaminas, entre elas:

- Tiamina (vitamina B₁).
- Riboflavina (vitamina B₂).
- Ácido pantotênico.
- Niacina.
- Biotina.
- Ácido ascórbico (vitamina C), entre outras (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de vitaminas de alguns cogumelos comestíveis cultivados⁽¹⁾.

Cogumelo	Vitamina			
	B ₁	B ₂	B ₃	C
<i>Agaricus bisporus</i>	1,1–8,9	3,7–5,0	42,5–51,0	26,5–81,9
<i>Flammulina velutipes</i>	6,1	5,2	106,5	46,3
<i>Lentinula edodes</i>	7,8	4,9	54,9	0
<i>Pleurotus ostreatus</i>	4,8	4,7	108,7	0
<i>Volvariella volvacea</i>	0,3–1,2	1,6–3,3	47,6–91,9	20,2

⁽¹⁾Valores expressos em mg/100 g de peso seco; análise de cogumelos frescos.

Fonte: adaptado de Crisan e Sands (1978), Li e Chang (1982) e Miles e Chang (1997).

Em estudos conduzidos com o cogumelo *Pleurotus ostreatus*, foi verificada a presença de ergosterol, que é precursor da vitamina D₂. A partir de 8,5 kg de cogumelos frescos, foram

obtidas 220 mg de ergosterol (TRIGOS; MARTINEZ, 1992, citado por BADO, 1994).

As vitaminas são substâncias orgânicas essenciais para o bom funcionamento do organismo. Doenças como beribéri e escorbuto são causadas pela ausência ou deficiência de vitamina B₁ (tiamina) e vitamina C (ácido ascórbico), respectivamente. Beribéri é uma doença caracterizada por deficiência cardíaca, distúrbios digestivos, edemas e perturbações nervosas. Escorbuto causa hemorragias, sangramento das gengivas, queda dos dentes, fadiga em adultos, insônia e nervosismo em crianças. A falta de vitamina C é uma das explicações para a ocorrência de arteriosclerose, tão comum nos fumantes e em pessoas idosas.

A ausência da vitamina B₂ (riboflavina) pode causar lesões de epitélios: ruptura da mucosa da boca, dos lábios, da língua e das bochechas. A deficiência do ácido pantotênico (vitamina B₅) no organismo pode causar fadiga e distúrbios do sono. A ausência de niacina (vitamina B₃) causa distúrbios digestivos, diarreia crônica, dermatite e alterações neurológicas. O conteúdo de riboflavina encontrado nos cogumelos é particularmente maior que o encontrado em vegetais.

Dos fungos listados, denota-se que o *Flammulina velutipes* apresenta maior conteúdo de riboflavina quando comparada com os demais macrofungos mencionados. Já a niacina tem maior concentração na espécie *Pleurotus*

ostreatus, quando comparado com as demais espécies citadas na Tabela 3. O menor percentual de vitamina B₃ foi encontrado em *Agaricus bisporus* (ALBERTO, 2008; URBEN, 2004).

Sais minerais

Importantes para o bom funcionamento do organismo, potássio (K), fósforo (P), sódio (Na), cálcio (Ca) e ferro (Fe) estão presentes nos cogumelos, conforme mostra a Tabela 4 (AMAZONAS, 1999).

Potássio – Influencia na contração muscular e na atividade dos nervos. Em junção com o sódio e o cloro, ajuda a eliminar água em excesso do corpo e regula o pH do sangue. Atua no metabolismo de carboidratos e proteínas. De acordo com a literatura consultada, estudos têm demonstrado que dietas ricas em potássio previnem a

hipertensão arterial e doenças cardiovasculares. Entre os macroelementos, o potássio é o que se encontra em maior quantidade nos cogumelos.

Fósforo – Atua no metabolismo de gorduras, dos carboidratos e das proteínas. Mantém a integridade do sistema nervoso central e dos rins. Auxilia o corpo na absorção das vitaminas. Esse elemento é encontrado em altas concentrações nos cogumelos.

Sódio – Atua na retenção de líquidos corporais e é essencial na condução do impulso nervoso.

Cálcio – É um mineral importante para os ossos e os dentes. É também essencial para a coagulação do sangue e colabora com o bom funcionamento de nervos e músculos, inclusive o cardíaco.

Ferro – Componente da hemoglobina, da mioglobina e das enzimas respiratórias, é importante

Tabela 4. Teores de sais minerais de alguns cogumelos comestíveis cultivados.

Cogumelo	Sal mineral ^{(1), (2)}				
	Ca	P	K	Fe	Na
<i>Agaricus bisporus</i>	23–71	790–1.425	2.849–4.762	0,2–19,0	106–156
<i>Flammulina velutipes</i>	19	278	2.981	11,1	278
<i>Lentinula edodes</i>	98	476	nd ⁽³⁾	8,5	8,5
<i>Pleurotus ostreatus</i>	33	1.348	3.793	15,2	873
<i>Volvariella volvacea</i>	35–347	978–1.337	2.005–6.144	6,0	151–347

⁽¹⁾Ca = cálcio, P = fósforo, K = potássio, Fe = ferro, Na = sódio. ⁽²⁾Valores expressos em mg/100 g de peso seco; análise de cogumelos frescos. ⁽³⁾nd = não determinado.

Fonte: adaptado de Crisan e Sands (1978), Li e Chang (1982) e Miles e Chang (1997).

para a respiração celular. Sua deficiência provoca anemia, hemorragia intestinal e fluxo menstrual excessivo (CANAL SAÚDE ESCELSANET, 2003; URBEN et al., 2004).

Em relação aos microelementos, metais pesados como chumbo, mercúrio e cobre não estão na composição dos cogumelos. Esses elementos tóxicos, quando consumidos por humanos, podem ser nocivos à saúde. Os cogumelos podem apresentar metais pesados em seus corpos de frutificação, caso a água no cultivo proceda de locais próximos a áreas industrializadas.

Valor medicinal dos cogumelos

Os fungos têm importante papel cultural no Oriente e no Ocidente – na América Central e na Europa, em especial na Grécia. No Oriente, desde a antiguidade, existe a tradição do consumo de fungos, como no caso da China e do Japão, pela herança do conhecimento de que seu consumo é importante para a saúde. Na América Central, especialmente no México, seu uso está vinculado a práticas religiosas.

Numerosas espécies de cogumelos, além de terem alto valor nutricional, têm efeitos terapêuticos ou medicinais, como:

- Champignon-de-paris (*Agaricus bisporus*).
- Shiitake (*Lentinula edodes*).

- Cogumelo-da-vida, cogumelo-princesa, cogumelo-piedade ou Himematsutake (*Agaricus blazei*).
- Cogumelo-rei.
- Lingzhi, reishi, cogumelo-brilhante ou cogumelo-do-imperador (*Ganoderma lucidum*).
- Shimeji (*Pleurotus ostreatus*).
- Talo-veludo (*Flammulina velutipes*), entre outras.

Embora os cogumelos medicinais sejam usados pelos povos asiáticos há muitos anos, o valor medicinal desses fungos só mereceu atenção mundial no período 1927–1929, quando o médico e bacteriologista inglês Alexander Fleming, trabalhando com uma bactéria denominada *Streptococcus* sp., em condições de laboratório, verificou que o fungo *Penicillium* sp. (contaminante do ar atmosférico) secretava uma substância, a penicilina, que inibia o crescimento da bactéria (Figura 4).

O interesse pelos cogumelos, em razão de suas propriedades nutracêuticas (nutricionais e medicinais), aumentou a partir da década de 1970, com pesquisas sobre seus efeitos terapêuticos, conduzidas principalmente no Japão, na China, na França e nos Estados Unidos. São considerados alimentos funcionais, reconhecidos por seu valor nutricional e pelos benefícios que proporcionam à saúde. Por serem dotados de atributos medicinais e nutricionais, os cogumelos fazem



Figura 4. Exemplos de espécies medicinais: *Ganoderma lucidum* (A); *Agaricus blazei* (B); *Tremella fuciformis* (C); *Lentinula edodes* (D).

parte do grupo dos nutracêuticos, pois apresentam diversas propriedades farmacológicas, podendo ser consumidos como suplementos dietéticos, tanto na prevenção, como no tratamento de várias doenças (ALBERTÓ, 2008).

Os fármacos – preparações quimicamente definidas com propriedades medicinais específicas – derivados dos cogumelos são usados no tratamento de doenças específicas. Os mais conhecidos são (ALBERTÓ, 2008; URBEN et al., 2004): Lentinan (*L. edodes*), Krestin (*Trametes versicolor*) e Schizophyllan (*Schizophyllum commune*).

Os nutracêuticos, alimentos ricos em nutrientes, são consumidos frescos ou desidratados, enquanto os nutricêuticos são usados na forma de cápsulas ou tabletes como suplementos dietéticos. Por sua vez, os fármacos são usados, terapêuticamente, com acompanhamento médico e ministrados por via oral, tópica ou injetável.

Os fármacos derivados de cogumelos, com propriedades medicinais, podem ser obtidos por extração de ocorrências naturais, de produtos de fermentações industriais ou produzidos quimicamente pela indústria farmacêutica (AMAZONAS, 1999). Os mais citados na literatura são:

- β -D-glucana.
- Triterpenos.
- Proteína Ling Zhi-8.

- Alcaloides extraídos dos cogumelos *Ganoderma lucidum* e *Agaricus blazei*.
- Lentinan, um polissacarídeo derivado de *Lentinula edodes*.
- Krestin ou PSK, obtido de *Trametes versicolor*.
- Schizophyllan, um polissacarídeo extraído e purificado de *Schizophyllum commune*.

Normalmente, esses constituintes ativos têm efeito anti-inflamatório, anti-hipertensivo, anticarcinogênico, antiviral/HIV e hipoglicêmico, além de restaurar as funções do fígado, entre outras propriedades farmacológicas (Tabela 5) (AMAZONAS, 1999).

Os cogumelos apresentam polissacarídeos e são os únicos organismos na natureza que contêm, ocasionalmente, até cinco monossacarídeos diferentes.

A potência terapêutica dos cogumelos está relacionada com a maior variedade e quantidade de monossacarídeos, e também com a capacidade de formar heteropolissacarídeos.

A venda desses produtos no mercado internacional tem gerado bilhões de dólares – Tabela 6 (AMAZONAS, 1999). *Ganoderma lucidum*, também conhecido como cogumelo-rei, cogumelo-brilhante, cogumelo-imperador ou cogumelo-reishi, é o cogumelo medicinal mais vendido no mundo. A produção mundial anual foi avaliada em cerca de 1,6 bilhão de dólares.

Tabela 5. Espécies de cogumelos, componentes medicinais ativos e respectivas ações farmacológicas.

Espécie	Componente ativo	Ação farmacológica
<i>Agaricus bisporus</i> (<i>Psalliota hortensis</i>)	β -glicanas derivados fenólicos e quinoides 5'-AMP, 5'-GMP	Antitumoral, Antibacteriana Antitrombocítica
<i>Agaricus blazei</i>	β -glicanas e β -proteoglicanas	Antitumoral e antiviral
	Derivados do ergosterol-provitamina D ₂ RNA	Antitumoral e antiviral
<i>Armillaria tabacensis</i> (<i>Armillariella</i>)	Armillarisia A	Estimulante da secreção biliar
<i>Auricularia auricula</i>	β -glicanas	Antitumoral
<i>Collybia confluens</i>	Collybian	Antitumoral
<i>Cordyceps sinensis</i>	Cordicepina	Antitumoral
<i>Crepidotus mollis</i>	β -glicanas (CPS)	Antitumoral
<i>Flammulina velutipes</i> (<i>Collybia</i>)	β -proteoglicanas e glicoproteínas	Antitumoral
<i>Ganoderma lucidum</i>	β -glicanas	Antitumoral, antiviral e hipoglicêmica
	Triterpenos	Antiinflamatória, antiviral e hipocolesterolêmica
	Proteína Ling Zhi-8	Antialérgica
<i>Ganoderma tornatum</i> (= <i>G. applanatum</i>)	β -glicanas	Antitumoral e antiviral
	β -glicanas	Antitumoral e antiviral
<i>Hericium erinaceus</i>	β -glicanas	Antitumoral e antiviral
	Ergosterol-provitamina-D, erinacinas, hericenonas	Antitumoral, estimulante do crescimento de neurônios
<i>Hypsizygyus marmoreus</i> (= <i>Lyophyllum shimeji</i>)	β -glicanas RNA	Antitumoral e Antitumoral
<i>Lentinula edodes</i> (= <i>Lentinus edodes</i>)	β -glicanas (Lentinan)	Antitumoral e antiviral
	RNA Composto de hemicelulose ativa (AHCC)	Antiviral, antitumoral
	Derivados de ergosterol-provitamina-D ₂ Eritadenina	Antitumoral Hipocolesterolêmica
<i>Oudemansiella mucida</i>		Antifúngica

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Espécie	Componente ativo	Ação farmacológica
<i>Pholiota nameko</i>	Galacto- β -glicanas	Antitumoral
<i>Pleurotus ostreatus</i>	β -glicanas	Antitumoral
<i>Polyporus umbellatus</i> (= <i>Grifola umbellata</i>)	β -glicanas	Antitumoral e antiviral
<i>Schizophyllum commune</i>	β -glicanas (SPG, schizophyllan)	Antitumoral e antiviral
<i>Setulipes androsaceus</i> (<i>Marasmius</i>)	Ácido marásmico	Analgésica e sedativa
<i>Trametes versicolor</i> (<i>Coriolus</i>)	β -proteoglicanas (PSK ou Krestin, Coriolan) Polissacaropeptídeos (PSPs)	Antitumoral e antiviral Antitumoral e antiviral
<i>Tremella fuciformis</i>	β -proteoglicanas (TP)	Antitumoral e antiviral
<i>Tricholoma lobayense</i>	Complexo polissacarídico-proteico (PSPC)	Antitumoral
<i>Volvariella volvacea</i>	β -glicanas (VVG) Volvatoxina	Antitumoral Tônica cardíaca
<i>Xerula radicata</i> (<i>Oudemansiella</i>)	E- β -metoxiacilato	Antibacteriana
Muitas espécies	Ácido hirsúrtico	Antibacteriana
Muitos gêneros, incluindo <i>Pleurotus</i> e <i>Tricholoma</i>	Poliacetilenos	Antibacteriana

Fonte: Amazonas (1999).

Seus princípios ativos estimulam o sistema imunológico, têm ação antialérgica, reduzem o colesterol ruim e apresentam atividade antiviral, anti-inflamatória, antibacteriana e antioxidante (HOBBS, 1995).

Dentre os princípios ativos, os mais estudados pelos cientistas são as glucanas, geralmente presentes nos cogumelos em grandes quantidades, como a β -D-glucana, um polissacarídeo existente no micélio e nos corpos frutíferos dos

cogumelos. Sua ação está diretamente ligada ao aumento das células de defesa do organismo, criando um sistema de proteção contra vírus, bactérias, fungos e parasitas. Combate as toxinas do organismo, é eficiente na prevenção e no tratamento de alguns tipos de cânceres e atua também como poderoso antioxidante, eliminando os radicais livres.

A atividade antitumoral tem sido bastante pesquisada no meio científico. Estudos feitos com

Tabela 6. Fármacos de cogumelos desenvolvidos no Japão.

Classificação	Nome comercial		
	Krestin (PSK/PSP)	Lentinan	Schizophyllan
Espécie de cogumelo	<i>Trametes (Coriolus) versicolor</i>	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	<i>Schizophyllum commune</i> Fr.
Parte do cogumelo usada para extração da substância ativa	Micélio	Corpo de frutificação	Micélio
Substância ativa	Proteoglicana (porção polissacarídica formada por β -1,4-glicana com ramificações β -1,6 e β -1,3 glicopiranosídicas; porção proteica rica em aminoácidos ácidos e neutros e pobres em aminoácidos básicos)	β -1,3-D-glicana com ramificações β -1,6 glicopiranosídicas	β -1,3-D-glicana com ramificações β -1,6 glicopiranosídicas
Administração	Oral	Injetável	Injetável
Indicação	Cânceres do sistema digestivo, de mama e pulmonar	Câncer gástrico	Câncer cervical
Valor da venda	US\$ 556 milhões	US\$ 85 milhões	US\$ 128 milhões

Fonte: adaptado de Amazonas (1999) e Miles e Chang (1997).

extratos purificados de *Agaricus blazei*, *Ganoderma lucidum* e *Lentinula edodes* mostraram inibição do crescimento do tumor sarcoma 180 em ratos, demonstrando que a β -D-glucana, a proteína LingZhi-8 e o Lentinan, respectivamente, impediram o desenvolvimento do câncer (HOBBS, 1995; MIZUNO et al., 1997). Essa atividade antitumoral dos polissacarídeos está relacionada a seus efeitos imunomoduladores, ou seja, eles são estimulantes do sistema imunológico.

Os cogumelos também têm atividade antiviral e podem ser usados no tratamento da Aids. Estudos com *Ganoderma lucidum* indicam que

os ácidos triterpênicos, extraídos desse fungo, têm efeito sobre o vírus da imunodeficiência humana (HIV). Atuam sobre a membrana celular, dificultando a entrada do vírus nas células (MILES; CHANG, 1997).

Pesquisas conduzidas nos Estados Unidos (GENNARI et al., 2004) têm constatado que os componentes ativos dos cogumelos *Ganoderma lucidum*, *Agaricus blazei* e *Lentinula edodes* têm a propriedade de intensificar a atividade das células NK (*natural killer*), que atuam na reorganização imunológica e são usadas no tratamento de alguns tipos de cânceres.

Os efeitos terapêuticos dos cogumelos medicinais listados a seguir – *Ganoderma lucidum* (Figura 5), *Agaricus blazei* (Figura 6), *Lentinula edodes* (Figura 7) e *Pleurotus ostreatus* (Figura 8) – têm sido pesquisados por algumas universidades brasileiras e estrangeiras, entre elas a Universidade Federal do Paraná (UFP/ Setor de Tecnologia) e Agricultural and Forestry University, em Fuzhou, província de Fujian, na China. Essas pesquisas têm sido publicadas em periódicos, livros e revistas científicas, entre elas a *Revista de Medicina Complementar*.

Em 25 de novembro de 2000, durante o 1º Congresso Brasileiro de Medicina Complementar e o VI Congresso Brasileiro de Medicina Biomolecular, promovido em São Paulo, SP, foi fundada a Associação Brasileira de Medicina

Foto: Cláudio Bezerra



Figura 5. *Ganoderma lucidum*.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 6. *Agaricus blazei*.



Foto: Cláudio Bezerra

Figura 7. *Lentinula edodes*.

Foto: Samuel Lima Viana



Figura 8. *Pleurotus ostreatus*.

Complementar e Estratégias Integrativas em Saúde (AMC). Durante esse evento, foi elaborado protocolo de consumo de estratégias propodêuticas e terapêuticas, a fim de demonstrar sua eficácia, bem como apresentá-las à comunidade científica, visando sua regularização e normatização no Conselho Federal de Medicina (CFM) ou nos conselhos pertinentes a outras categorias profissionais (REVISTA..., 2001).

Ganoderma lucidum

Efeitos farmacológicos:

- É analgésico, antialérgico, anti-inflamatório, antibacteriano, antioxidante (elimina os radicais livres), antitumoral, antiviral e antifadiga.
- Tem efeito preventivo sobre a bronquite.
- Baixa a pressão sanguínea, o teor de colesterol no sangue e o teor de glicose no sangue (diabetes).
- Auxilia na depressão, atuando no sistema nervoso central.
- Ajuda no tratamento da artrite, da arteriosclerose, da Aids, da Hepatite B (restaura as funções do fígado).
- Tem atividade antiúlcera.

Agaricus blazei

Efeitos farmacológicos:

- É antitrombocítico, antitumoral, antiviral e antialérgico.
- Atua no tratamento da Aids, das doenças do aparelho circulatório, digestivo, urinário e respiratório, de edema, da hepatite, da sinusite, da rinite, da menopausa, do lúpus, da arteriosclerose e da osteoporose.
- Diminui a pressão sanguínea.

- Age na prevenção de diabetes e no controle do colesterol.

Reações

No início do tratamento, podem ocorrer reações de caráter transitório, como diarreia, prisão de ventre, sonolência, etc. Essas reações estão ligadas à desintoxicação do organismo e à recuperação dos órgãos debilitados.

Lentinula edodes

Efeitos farmacológicos:

- É antitumoral e estimulante do sistema imunológico.
- Ativa as células de defesa do organismo (NK = “*Natural Killer*”)
- Tem ação antiviral/HIV e antibacteriana.
- Melhora as funções do fígado e ajuda a produzir anticorpos para hepatite B.
- Tem efeito cardiovascular (baixa teores de colesterol e lipídeos no sangue).

Pleurotus ostreatus

Efeitos farmacológicos:

- É antitumoral e antiviral.
- Atua como relaxante muscular.

- Baixa os teores de lipoproteínas no plasma sanguíneo e reduz os teores de colesterol e de triglicérides no fígado.

Considerações finais

A grande variabilidade genética de cogumelos cultivados e nativos, existentes em todo o mundo, representa uma fonte de proteínas, vitaminas, minerais, fibras e carboidratos, com baixo teor de lipídeos, o que os torna um alimento adequado para ser incorporado a dietas de baixo teor calórico. Por isso, os cogumelos são tradicionalmente usados em países orientais como alimento e no tratamento de diversas doenças.

Substâncias como o polissacarídeo Lentinan, uma β -1,3-glucana isolada de *Lentinula edodes*, com atividade antitumoral, e a eritadenina, também produzida por esse fungo, com atividade anticolesterol, têm atraído a atenção de médicos e cientistas. Os fármacos produzidos a partir de *Ganoderma lucidum*, *Agaricus blazei* e *Flammulina velutipes* possuem atividade antitumoral, antiviral/HIV e anticolesterol e são comercializados a um elevado preço, principalmente nos países asiáticos e europeus.

Os cogumelos têm sido usados na imunoterapia, dentro da medicina complementar. A utilização de algumas espécies tem dado excelentes

respostas, mesmo em usos isolados ou em conjunto com terapias ou tratamentos convencionais.

A ciência tem progredido no desenvolvimento de novos tratamentos de doenças, descobrindo a natureza dos compostos bioativos e seus mecanismos de ação para serem usados em benefício da saúde humana.

Referências

- ALBERTÓ, E. **Cultivo intensivo de los hongos comestibles**. Buenos Aires: Hesmiferio sur, 2008. 265 p.
- AMAZONAS, M. A. de A. Curso cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais. In: IMPORTÂNCIA do uso de cogumelos: aspectos nutricionais e medicinais. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999.169 p. Apostila.
- ANDRADE, M. C. N. Informação nutricional de cogumelos comestíveis e medicinais em função da linhagem e do substrato de cultivo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COGUMELOS NO BRASIL, 8., 2015, Sorocaba. **Anais...** Sorocaba: Uniso, 2015. 65-73 p.
- AURORA, D. **Mushroom demystified**. 2. ed. Berkeley: Ten Speed Press, 1986. 959 p.
- BADO, L. C. Produccion de hongos comestibles. In: VALOR nutritivo y toxicologia de los hongos. San Cristóbal de las Casas: [s.n.], 1994. 108 p.
- CANAL SAÚDE ESCELSANET. **Valor nutritivo dos cogumelos**. 2003. Disponível em: <www.escelsanet.com.br/sitesaude>. Acesso em: 3 out. 2003.
- CHANG, S. T.; MILES, P. G. The nutritional attributes and medical value of edible mushroom. In: EDIBLE MUSHROOMS and their cultivation. Bora Raton: CCR Press, 1997. p. 27-40.
- GENNARI, J. L.; GENNARI, M. S.; FELIPPE JUNIOR., J.; PERCÁRIO, S.; BARROS, I. C. Cogumelos medicinais na prevenção e no combate às doenças. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COGUMELOS NO BRASIL, 2., 2004, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF, 2004. 170-175 p.
- HAYES, W. A.; WRIGTH, S. H. Edible mushrooms. In: ROSE, A. H. (Ed.). **Economic microbiology: microbial biomass**. London: Academic Press, 1979. p. 31-176.
- HOBBS, C. **Medicinal mushrooms: an exploration of tradition, healing & culture**. Santa Cruz, CA: Botanica Press, 1995. 252 p. 1995.
- LIN, Z.; LIN, Z. **Fungi cultivation with JunCao**. Fuzhou: Asia-Pacific Cultivation Training Center. 1995. 110 p.
- MILES, P. G.; CHANG, S. T. Mushroom biology: **concise basics and current developments**. Singapore: World Scientific, 1997. 194 p.
- MIZUNO, T.; WANG . G.; ZHANG, J.; KAWAGISHI, H.; NISHITOBA, T.; LI, J. Reishi, *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma tsugae*: bioactive substances and medicaleffects. **Food Reviews International**, v. 11, n. 1, p. 151-166, 1997.

PEGLER, D. N. The genus *Lentinula* (Tricholomataceae tribe Collybieae). **Sydowia**, v. 36, p. 227-239, 1983.

REVISTA DE MEDICINA COMPLEMENTAR. São Paulo: [s.n.], v. 7, n. 1, maio-ago. 2001. 43 p.

URBEN, A. F. Fatores que afetam a assimilação de nutrientes e produção de princípios ativos nos cogumelos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE COGUMELOS NO BRASIL, 2., 2004. Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, C. Cogumelos comestíveis: utilização e fontes genéticas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 6. p. 173-196, 1998.

URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. C. B.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, H. A.; SANTOS, J. K. P.; RIBEIRO, V. L. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia 2004. p. 187.



Capítulo 12

Cogumelos

Fonte de metabólitos
para a saúde humana

Vera Lúcia Perussi Polez

Introdução

Os cogumelos – corpo frutífero, micélio ou esporos – apresentam aplicações importantes em diversas áreas, como nas indústrias alimentícia e farmacêutica e na agricultura (CHANG; WASSER, 2012; WASSER, 2014). Sua relevância nutricional está relacionada às proteínas de alta qualidade, aos carboidratos, aos lipídeos (por exemplo, ômega3), às vitaminas e às fibras (CHANG; WASSER, 2012; LEE et al., 2009; ZHOU et al., 2015). Além disso, esses organismos são fontes importantes de substâncias bioativas, como: as β -glucanas, as peptidoglicanas, o ergosterol, a proteína Ling Zhi-8, as lectinas, as estatinas, os compostos fenólicos e os triterpenos, entre outros.

Essas substâncias apresentam múltiplas atividades biológicas, como: antitumoral, antiviral, anticoagulante, antimicrobiana, anti-inflamatória, antioxidante, hipoglicêmica, hipocolesterolêmica, hepatoprotetora, diurética e normalizadora da pressão sanguínea (AJITH; JANARDHANAN, 2007; GUILLAMÓN et al., 2010; HSU et al., 2014; LAM; OKELLO, 2015; LIANG et al., 2013; LO et al., 2012; OBODAI et al., 2014; RUBEL et al., 2010; SIREN et al., 2014; WANG et al., 2011; WASSER, 2014; WU et al., 2011; WU; XU, 2015):

Neste capítulo, será abordada a importância desses metabólitos naturais para a saúde humana.

Os seres vivos

Os seres vivos, entre eles os humanos, apresentam características essenciais para a vida e a perpetuação da espécie (NELSON; COX, 2008), como:

- A complexidade química e a organização celular.
- A capacidade de extrair, transformar e usar a energia proveniente dos alimentos.
- A capacidade para a autorreplicação e a automontagem.

Nesse caso, a conservação da complexidade química é fator importante para a saúde humana.

Os principais constituintes químicos dos organismos são as biomoléculas, que apresentam funções importantes para a manutenção da vida e da saúde. São elas:

Carboidratos: fonte de energia (de consumo rápido como a glicose, ou de reserva como o glicogênio) e regulação.

Lipídeos: reserva de energia (triacilgliceróis ou gorduras), regulação (compostos derivados do colesterol como a testosterona, o estradiol, o cortisol e a aldosterona) e estrutural (formação das membranas celulares).

Ácidos nucleicos (ácido desoxirribonucleico – DNA, e ácido ribonucleico – RNA):

armazenamento e expressão de informações genéticas.

Proteínas: estrutural (por exemplo, colágeno), transporte (por exemplo, hemoglobina), armazenamento (por exemplo, ferritina), movimento (por exemplo, actina e miosina), reguladoras (por exemplo, o polipeptídeo insulina), defesa (por exemplo, anticorpos), fatores de coagulação, fatores de crescimento, regulação (por exemplo, controle da expressão gênica) e catalítica (por exemplo, enzimas).

A manutenção da integridade dessas biomoléculas é fator essencial na manutenção da saúde humana.

Os radicais livres e os antioxidantes

Os organismos vivos dependem de um suprimento constante de energia para a manutenção da vida e da saúde. Os seres humanos obtêm energia pela oxidação de carboidratos (por exemplo, glicose), lipídeos (gorduras ou triacilglicerol) ou proteínas, que podem ser provenientes da dieta (fontes exógenas) ou de reservas corporais (fontes endógenas) (NELSON; COX, 2008).

O processo de obtenção de energia ocorre, principalmente, na presença de oxigênio, e a organela envolvida é a mitocôndria. Durante esse processo, ocorre a formação de radicais

livres (HOLMSTRÖM; FINKEL, 2014). Outras fontes de radicais livres são os peroxissomas e as células fagocitárias (HOLMSTRÖM; FINKEL, 2014). Os radicais livres são definidos como qualquer espécie que contém um ou mais elétrons desemparelhados, capazes de existir de forma independente (Figura 1) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

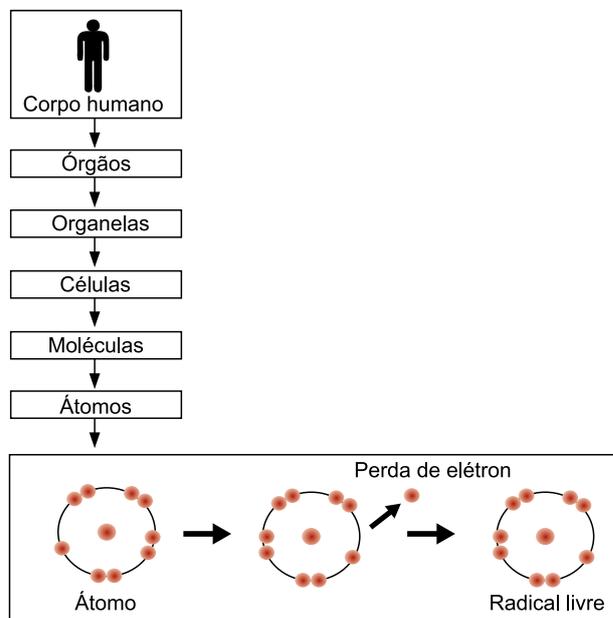


Figura 1. Esquema simplificado da formação dos radicais livres.

A terminologia espécies reativas de oxigênio (EROs) é utilizada para incluir tanto os radicais livres de oxigênio – por exemplo, oxigênio singlete (1O_2), radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radical hidroxil

(OH^{*}) – quanto alguns componentes não radicais derivados do oxigênio – peróxido de hidrogênio (H₂O₂), e peroxinitrito (ONOO⁻) –, que são capazes de gerar radicais livres (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

A saúde do ser humano depende do equilíbrio do seu metabolismo. Em condições normais, a formação de EROs e de outros radicais livres é importante para controlar diversos processos bioquímicos, como as vias de sinalização intracelular, a diferenciação celular, a progressão ou interrupção do ciclo celular, a apoptose, a resposta imunológica e a defesa contra microrganismos, entre outros (HOLMSTROM; FINKEL, 2014).

Para manter a homeostase celular, é preciso haver uma regulação fina da concentração dos radicais livres, seja pelo monitoramento da produção, seja pela remoção do excesso de EROs ou outros radicais livres. Por isso, deve haver um equilíbrio entre a concentração dos radicais livres e dos antioxidantes, para manter os radicais livres em valores fisiológicos normais – concentração baixa (HOLMSTROM; FINKEL, 2014).

Assim, para manter esse equilíbrio, o organismo utiliza mecanismos de defesa antioxidantes, em que as EROs são transformadas em componentes menos reativos ou tóxicos (Figura 2).

Para isso, existem diferentes mecanismos de defesa antioxidante (ABUJAH et al., 2015; GURSOY et al., 2009; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; LIU, 2013), como:

Endógeno enzimático: o superóxido-dismutases (SOD), as catalases, a glutatona-peroxidases, a glutatona-S-transferases, entre outras.

Endógeno não enzimático: a glutatona, as transferrinas, as metalotioneínas, o ácido úrico, a coenzima Q, entre outras.

Exógenos (alimentação): a vitamina C (ácido ascórbico), algumas vitaminas do complexo B, a vitamina E, o betacaroteno, os compostos fenólicos, os taninos e as β-glucanas, entre outros.

Apesar de o ser humano possuir mecanismos de defesa antioxidantes, em condições específicas de estresse, as concentrações de EROs e outros radicais livres excedem os mecanismos de defesa, estabelecendo uma condição de desequilíbrio denominada estresse oxidativo (Figura 3) (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

Diversos fatores de risco contribuem para o desenvolvimento do estresse oxidativo, entre os quais se destacam:

Fatores endógenos: os processos inflamatórios frequentes, a deficiência no sistema enzimático antioxidante (pacientes com síndrome de down).

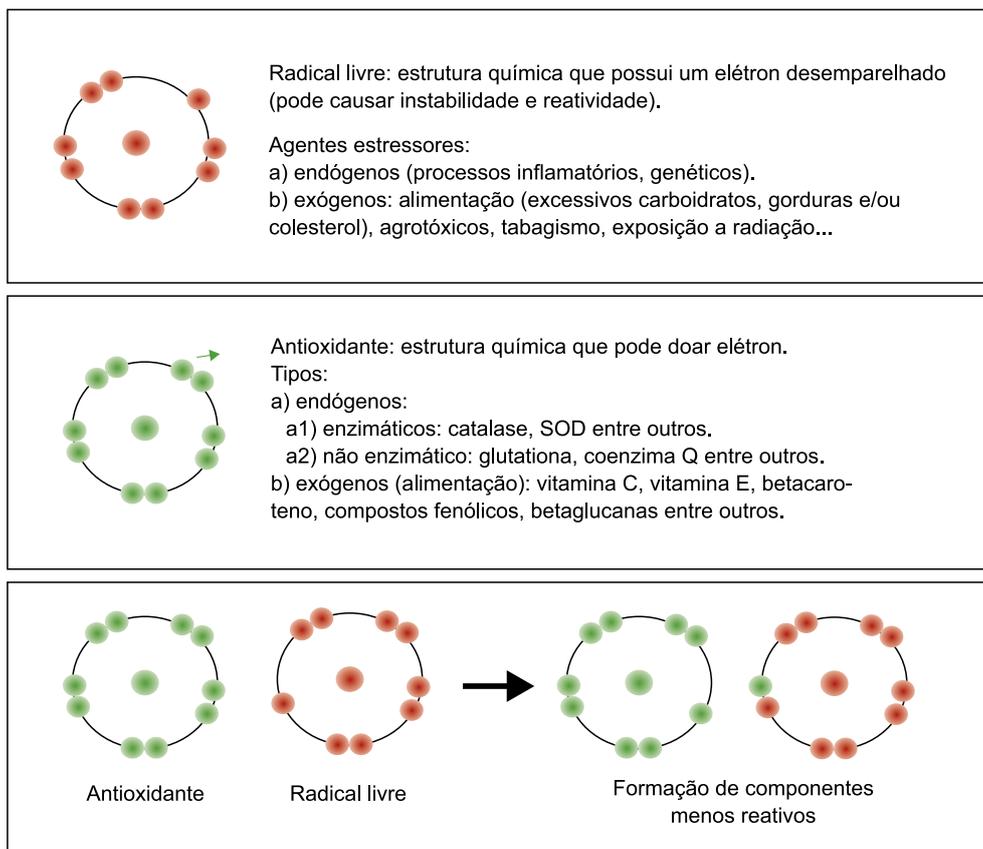


Figura 2. Esquema simplificado (diferença entre radical livre e antioxidante).

Fatores exógenos: a alimentação com consumo excessivo de carboidratos, gorduras e/ou colesterol; os agrotóxicos; os metais pesados; os medicamentos; o tabagismo; a exposição à radiação; a atividade física intensa, entre outros (ANICHINI et al., 2014; HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007;

PHANIENDRA et al., 2015; SIES, 2015; THANAN et al., 2014).

No estado de estresse oxidativo, as EROs e outros radicais livres reagem com os componentes celulares, de modo inespecífico, e podem causar danos às proteínas, aos lipídeos,

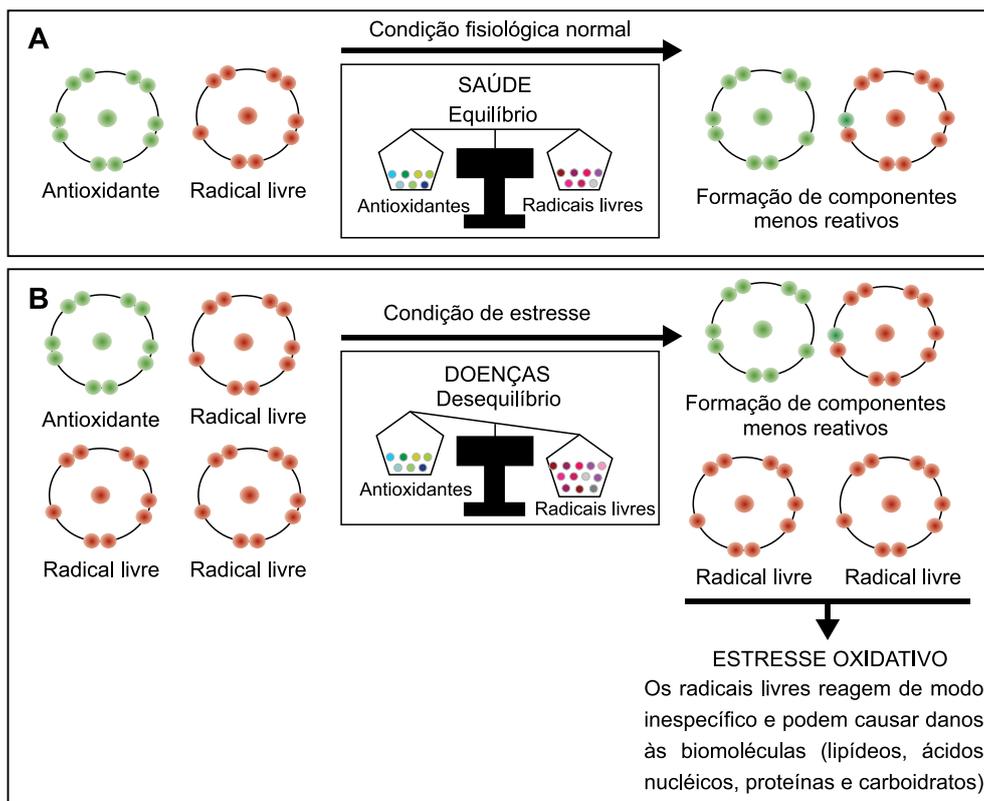


Figura 3. Esquema simplificado: (A) condição fisiológica normal; (B) condição de estresse (estresse oxidativo).

aos carboidratos e/ou aos ácidos nucleicos (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

Por definição, o estresse oxidativo é uma situação instável e, caso ocorra danos consideráveis, a viabilidade do sistema biológico decai com o tempo e pode resultar no desequilíbrio e na

morte celular (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

Nesse contexto, inúmeras pesquisas indicam a correlação entre o estresse oxidativo e o desenvolvimento e/ou a potencialização de doenças como: câncer, diabetes, doenças cardiovascu-

lares e neurodegenerativas, complicações em transplantes, injúrias hepáticas, entre outras, bem como o envelhecimento (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; PHANIENDRA et al., 2015; SULLIVAN; CHANDEL, 2014; TANGVARASITTICHAJ, 2015; VILLAMENA et al., 2013).

O estresse oxidativo e as doenças

Atualmente, as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) representam uma ameaça para a saúde humana mundial (GOULART, 2011). As principais DCNT são:

Doenças cardiovasculares (DCV) – Consideradas as principais causas de mortalidade mundial, representando cerca de 30% de todas as mortes e até 50% da mortalidade pelo conjunto das DCNT.

Câncer – A segunda principal causa de morte no mundo, representando 13% do total (aproximadamente 8 milhões de mortes anuais), e a estimativa será de aproximadamente 17 milhões no final da presente década.

Doenças respiratórias crônicas (DRC) – Afetam as vias aéreas e também outras estruturas dos pulmões (por exemplo, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica, estados alérgicos e hipertensão pulmonar), e representam cerca de

7% da mortalidade global, causando 4,2 milhões de óbitos anuais.

Diabetes – Doença de origem metabólica, caracterizada, primariamente, por níveis elevados de glicose sanguínea. Não causa mortalidade elevada (1,3 milhão de mortes no mundo), quando comparada a outras DCNT, mas constitui um importante fator de risco e de disfunção (microcardiovasculares ou cardiovasculares) para outras condições mais graves, como as DVCs (GOULART, 2011).

Dislipidemias – Parece estar associado ao desenvolvimento de DCNT (PELUSO et al., 2012; PERROTTA; AQUILA, 2015; SULLIVAN; CHANDEL, 2014). Nesse contexto, as DCV adquirem especial importância. As dislipidemias são alterações decorrentes de distúrbios do metabolismo dos lipídeos. Os valores plasmáticos elevados de colesterol total, LDL (lipoproteína de baixa densidade), triacilglicerol e HDL (lipoproteínas de alta densidade) baixo são considerados fatores de risco no desenvolvimento dessas doenças (CATAPANO et al., 2014).

Aterosclerose – É uma doença inflamatória crônica, caracterizada, principalmente, pela formação de ateromas (placas compostas especialmente por lipídeos e tecido fibroso) no interior dos vasos sanguíneos. A oxidação da LDL, via estresse oxidativo, é um exemplo relacionado com o desenvolvimento dessa doença,

por ser considerada uma etapa importante na formação de ateromas (PELUSO et al., 2012; PERROTTA; AQUILA, 2015). Além de fornecer antioxidantes, os cogumelos podem ser fonte de agentes (por exemplo, estatinas) no controle das hiperlipidemias (SIREN et al., 2014; RAHMAN et al., 2014).

Como a maioria das doenças humanas, o câncer é decorrente de interações entre fatores genéticos e ambientais. Nesse caso, existem evidências crescentes que indicam os radicais livres como agentes decisivos no surgimento dessa patologia (GLASAUER; CHANDEL, 2014; SULLIVAN; NAVDEEP, 2014; SZATROWSKI; NATHAN, 1991).

No Brasil, a estimativa para o biênio 2016–2017 indica a ocorrência de aproximadamente 600 mil casos novos de câncer, incluindo os casos de pele não melanoma, reforçando a magnitude do problema do câncer no País. O câncer de pele do tipo não melanoma (175.760 mil casos novos) deverá ser o mais incidente na população brasileira, seguido pelos tumores de próstata (61.200 mil), mama feminina (57.960 mil), cólon e reto (34.220 mil), pulmão (28.220 mil), estômago (20.520 mil) e colo do útero (16.340 mil) (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2015a).

Diversos fatores de risco estão relacionados com o câncer, em que se destacam (INSTITUTO

NACIONAL DO CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2015a):

- Fatores genéticos.
- Idade.
- Obesidade.
- Sedentarismo.
- Dietas ricas em gordura animal ou carne vermelha e/ou processadas.
- Contaminação de produtos alimentícios por micotoxinas fumonisinas.
- Consumo de álcool.
- Tabagismo.
- Exposição à radiação ionizante.
- Exposição aos carcinógenos ocupacionais e ambientais (amianto, arsênico, radônio e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos).
- Infecções virais (papilomavírus humano, o HPV, que está relacionado com o câncer do colo do útero) ou bacterianas (*Helicobacter pylori*, relacionada com o câncer de estômago).
- Uso de agrotóxicos, entre outros.

Nesse cenário, em 2009, o Brasil alcançou a posição de maior consumidor mundial de agrotóxicos, ultrapassando a marca de 1 milhão de toneladas, que equivale ao consumo médio de 5,2 kg de agrotóxico por habitante (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2015b). O uso intensivo de agrotóxicos pode gerar grandes malefícios,

como a poluição ambiental e a intoxicação de trabalhadores e da população em geral. Diversos efeitos estão associados à exposição crônica a ingredientes ativos de agrotóxicos, como (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2015b):

- Infertilidade.
- Impotência.
- Abortos.
- Malformações.
- Neurotoxicidade.
- Desregulação hormonal.
- Efeitos no sistema imunológico.
- Câncer.

Além dos efeitos tóxicos descritos pela literatura científica nacional e internacional, as ações para se evitar o uso dos agrotóxicos têm como base, segundo o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (2015b):

- O Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA) (previsto nos artigos 6º e 227º da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988).
- A Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Decreto nº 7.272, de 25/8/2010).
- A Política Nacional de Saúde Integral das Populações do Campo e da Floresta (PNSIPCF) (Portaria nº 2.866 de 2/12/2011).

- A Política Nacional de Saúde do Trabalhador e da Trabalhadora (Portaria nº 1.823, de 23/8/2012).
- A Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (Pnapo) (Decreto nº 7.794, de 20/8/2012).

Assim, pode-se observar a importância de se produzir cogumelos livres de agrotóxicos.

O câncer é uma doença complexa, que depende de diversas moléculas sinalizadoras, e suas vias de ativação/inibição estão relacionadas com o controle de importantes etapas, como a indução da diferenciação celular e o controle da apoptose, que é a morte celular programada. Nesse caso, a proteína p53 é um exemplo de molécula sinalizadora, na qual foi observada uma relação direta entre o estresse oxidativo, o dano ao DNA e o aumento da mutação dessa proteína (BARTSCH; NAIR, 2006). A mutação da proteína p53 compromete o processo de sinalização de apoptose, como no caso do câncer (FITZGERALD et al., 2015; RISTOW; CUEZVA, 2009).

Os cogumelos podem contribuir na prevenção ou no tratamento do câncer no fornecimento de antioxidantes e β -glucanas e outros carboidratos complexos que apresentam ação imunorreguladora (FRITZ et al., 2015; MAO et al., 2014; WASSER, 2014).

As doenças respiratórias crônicas podem também estar relacionadas com o estresse oxidativo (DOMEJ et al., 2014). As mais frequentes, segundo Goulart (2011), são:

- A asma.
- A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC).
- Os estados alérgicos.
- A hipertensão pulmonar, além de algumas doenças relacionadas ao processo de trabalho.

Nesse caso, correspondem aproximadamente a 7% da mortalidade global, causando 4,2 milhões de óbitos anuais (GOULART, 2011). A DPOC afeta mais de 200 milhões de pessoas em todo o mundo, representando 4% a 8% das mortes nos países mais ricos, e até acima dessa porcentagem nos mais pobres (GOULART, 2011).

Essa doença crônica tem como principal causa o tabagismo, mas também pode ocorrer em decorrência da poluição ambiental ou ocupacional, hipóxia por alta altitude, entre outras (DOMEJ et al., 2014). A formação das EROs e outros radicais livres dependem do tempo de exposição e da quantidade dos agentes estressores supracitados (por exemplo, cigarro) e podem estimular os processos inflamatórios, além de reduzir a capacidade antioxidante do organismo (DOMEJ et al., 2014).

Diabetes *mellitus* é uma desordem de origem metabólica em que o organismo apresenta níveis elevados de glicose sanguínea em decorrência

da incapacidade total ou parcial de retirar a glicose do sangue e levá-la para dentro das células (GOULART, 2011). A não regulação da glicose no sangue dos diabéticos tem como causa a baixa sensibilidade à insulina ou a pouca produção desta, hormônio produzido pelo pâncreas.

O diabetes tipo 2 é o mais frequente e ocorre, principalmente, em pessoas mais idosas – acima de 90% dos casos (GOULART, 2011). O aumento do estresse oxidativo em indivíduos com diabetes (por exemplo, diabetes tipo 2) é consequência de várias anormalidades, como, por exemplo, hiperglicemia, resistência à insulina e dislipidemia (FOLLI et al., 2011; TANGVARASITTICHAJ, 2015).

Em caso de indivíduo sem tratamento adequado, ele passará por complicações microvasculares e cardiovasculares, como cardiopatia, nefropatia, retinopatia e neuropatia, que aumentam, significativamente, a morbidade e a mortalidade associada com a doença (GOULART, 2011). Nesse contexto, existem estudos referentes à ação de algumas espécies de cogumelos no controle da hiperglicemia (CUI et al., 2009; LI et al., 2014).

Outras patologias também podem estar relacionadas aos radicais livres, como as doenças neurodegenerativas. A expectativa média de vida da população está aumentando consideravelmente, e as patologias do cérebro são cada vez mais frequentes. O cérebro é muito

suscetível ao dano oxidativo causado pelos radicais livres por apresentar (BAYANI et al., 2009):

- Taxa elevada de consumo de oxigênio.
- Quantidade elevada de ácidos graxos insaturados que podem ser facilmente oxidados (peroxidação lipídica).
- Relativa escassez de enzimas antioxidantes (quando comparado com outros órgãos, como o fígado).

As lesões neuronais observadas nas doenças de Parkinson e de Alzheimer, bem como na isquemia cerebral, têm sido relacionadas aos processos oxidativos causados pelas EROs e outros radicais livres (MENA et al., 2015). Nesse âmbito, os cogumelos podem ser importantes fontes para prevenir ou tratar doenças neurodegenerativas (SABARATNAM et al., 2013).

A infecção pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV, do inglês *human immunodeficiency virus*) em combinação com o tratamento com antivirais podem induzir o estresse oxidativo (SHARMA, 2014). Desde o início da epidemia da síndrome da imunodeficiência adquirida (Aids, em inglês, *Acquired Immunodeficiency Syndrome*), em 1980, até dezembro de 2013, foram identificados 278.306 óbitos (BRASIL, 2014). A infecção pelo HIV, por exemplo, o HIV tipo 1, apresenta amplo espectro de características clínicas, desde a fase aguda até a fase avançada da doença (BRASIL, 2013).

A Aids é definida pela característica clínica por aparecimento de infecções oportunistas (por exemplo, tuberculose pulmonar atípica ou disseminada, entre outras) e neoplasias (por exemplo, câncer de colo uterino, sarcoma de kaposi, linfoma não hodgkin, entre outras) (BRASIL, 2013).

Além das infecções e das manifestações não infecciosas, o HIV pode causar doenças por dano direto a certos órgãos ou por processos inflamatórios, como a miocardiopatia, a nefropatia e as neuropatias, que podem estar presentes durante toda a evolução da infecção pelo HIV-1 (BRASIL, 2013). A Aids resulta em sérias consequências para o organismo. Assim, uma alimentação equilibrada que inclua a ingestão de antioxidantes tem significativa influência na manutenção do sistema imune em pacientes com essa doença (SING; PAI, 2015).

Os cogumelos são importantes fontes de antioxidantes e poderiam contribuir no tratamento de pacientes com Aids. Assim, observa-se a importância dos metabólitos naturais, principalmente os que têm ação antioxidante, para a saúde humana.

Os metabólitos e a saúde

Apesar de o ser humano possuir mecanismos de defesa antioxidantes endógenos, é preciso se obter antioxidantes provenientes da dieta

para a manutenção da saúde ou auxiliar no tratamento de doenças, evidenciando sua relevância na alimentação humana.

Os cogumelos apresentam diversos compostos com atividades antioxidantes, como o ácido ascórbico, os compostos fenólicos, os triterpenos, os polissacarídeos (por exemplo, β -glucanas), entre outros (AJITH; JANARDHANAN, 2007; GURSOY et al., 2009; HU et al., 2015; LAM et al., 2015; LIANG et al., 2013; LIU et al., 2013; MISHRA et al., 2014; OBODAI et al., 2014; RATHOR et al., 2014; STILINOVIĆ et al., 2014; TEL et al., 2015; VIEIRA et al., 2014; WANG et al., 2011; WU et al., 2014; YEH et al., 2014).

Nesse contexto, essa variabilidade de compostos antioxidantes é uma estratégia importante para a manutenção das EROs e outros radicais livres em valores fisiológicos normais, contribuindo tanto para a prevenção quanto para o tratamento de doenças. Os cogumelos são constituídos, também, de proteínas de alta qualidade que contêm todos os aminoácidos essenciais, ácidos graxos polinsaturados (ômega-3), vitaminas, sais minerais e fibras. Por isso, eles são importantes na alimentação humana.

Estima-se que, em 2050, a população mundial chegue a aproximadamente 9,1 bilhão, sendo 34% maior do que a atual. A maior parte desse aumento populacional ocorrerá nos países em desenvolvimento. A urbanização, continuará a aumentar em ritmo acelerado, e cerca de 70% da população do mundo será urbana, em com-

paração com os 49% atuais. Estratégias que visem à segurança alimentar e nutricional (SAN) serão essenciais (FAO, 2014), e os cogumelos poderão contribuir, significativamente, para atender a essa demanda.

Além disso, os cogumelos possuem componentes químicos que podem auxiliar no controle de algumas patologias, como: as estatinas no controle de hiperlipidemia (SIREN et al., 2014) e da atividade anticolisterase (TEL et al., 2015); a L-ergothioneine, aminoácido derivado da histidina, com ação antioxidante potente (LIANG et al., 2013); o polissacarídeo K (PSK ou Krestin) para tratamentos de imunoterapia (por exemplo, câncer de pulmão) (FRITZ et al., 2015). Por isso, os metabólitos provenientes dos cogumelos são importantes fontes para se obter fármacos para garantir a saúde humana.

A manutenção da vida do ser humano depende da sua alimentação, que pode consistir de carboidratos, proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais, e da ingestão de água.

Entretanto, em decorrência do aumento da exposição a agentes estressores na vida moderna, é importante incluir na dieta alimentar diferentes fontes de antioxidantes (diversos tipos de frutas, legumes e cogumelos), bem como a prática de atividade física regular e a diminuição da exposição a agentes estressores (evitar o tabagismo; diminuir o consumo de carboidratos, de gorduras saturadas, de corantes e de conservantes;

diminuir exposição à radiação; consumir alimentos com menos agrotóxicos ou isentos deles). Essa mudança no estilo de vida poderá contribuir para manter a saúde e a qualidade de vida do ser humano (Figura 4).

Considerações finais

Os cogumelos são importante fonte de alimentação e podem fornecer moléculas para a obtenção de energia via carboidratos, lipídeos

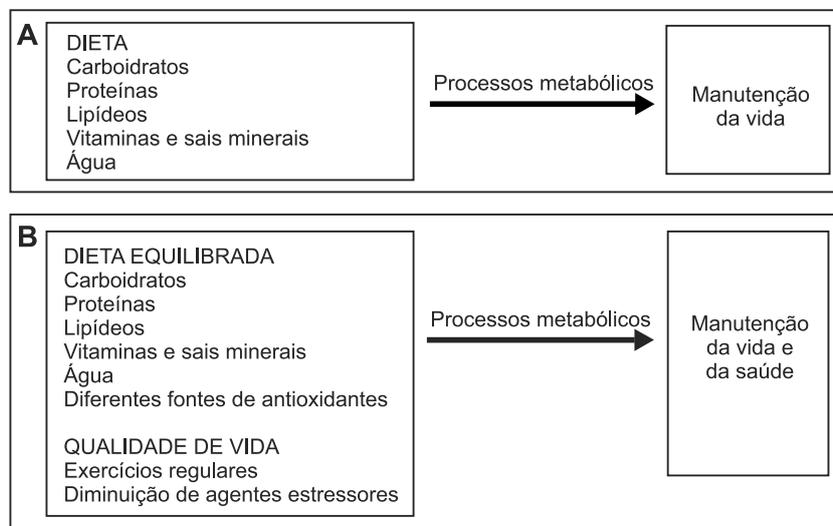


Figura 4. Esquema simplificado: manutenção da vida (A); manutenção da vida e da saúde (B).

e proteínas. Além disso, as proteínas obtidas desses macrofungos apresentam alto valor nutricional devido à presença de todos os aminoácidos essenciais necessários para a saúde humana, e mais, eles contêm vitaminas e sais minerais que são relevantes para a manutenção do metabolismo. Outro potencial considerável refere-se à presença de diferentes compostos antioxidantes que podem atuar

na ação de diversas EROs e outros radicais livres. Finalmente, os cogumelos são fontes de compostos de interesse para a prevenção ou coadjuvante para o tratamento de patologias como o câncer, o diabetes e as doenças cardiovasculares, entre outros. Neste âmbito, observa-se o potencial dos cogumelos tanto para a manutenção da saúde quanto para a qualidade de vida dos seres humanos.

Referências

ABUJAH, C. I.; OGBONNA, A. C.; OSUJI, C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. **Journal of Food Science Technology**, v. 52, n. 5, p. 2522-2529, 2015.

AJITH, T. A.; JANARDHANAN, K. K. Indian medicinal mushrooms as a source of antioxidants and antitumor agents. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v. 40, p. 157-162, 2007.

ANICHINI, C.; LOTTI, F.; LONGINI, M.; FELICI, C.; PROIETTI, F.; BUONOCORE, G. Antioxidant strategies in genetic syndromes with high neoplastic risk in infant age. **Tumori**, v. 100, n. 6, p. 590-599, 2014.

BARTSCH, H.; NAIR, J. Chronic inflammation and oxidative stress in the genesis and perpetuation of cancer: role of lipid peroxidation, DNA damage and repair, **Langenbecks Arch Surg**, v. 391, p. 499-510, 2006.

BAYANI, U.; SINGH, A.; ZAMBONI, P.; MAHAJAN, R. T. Oxidative stress and neurodegenerative diseases: a review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. **Curr Neuropharmacol**, v. 7, n. 1, p. 65-74, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico – AIDS e DST**. Brasília, DF: Secretaria de Vigilância em Saúde - Departamento de DST, AIDS e Hepatites, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas para manejo da infecção pelo HIV em adultos**. Brasília, DF: Secretaria de

Vigilância em Saúde - Departamento de DST, AIDS e Hepatites Virais, 2013.

CATAPANO, A. L.; FARNIER, M.; FOODY, J. M.; TOTH, P. P.; TOMASSINI, J. E.; BRUDI, P.; TERSHAKOVEC, A. M. Combination therapy in dyslipidemia: where are we now? **Atherosclerosis**, v. 237, n. 1, p. 319-35, 2014.

CHANG, S. T.; WASSER, S. P. The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. **The International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 14, n. 2, p. 95-134, 2012.

CUI, B.; HAN, L.; QU, J.; LV, Y. Hypoglycemic activity of *Grifola frondosa* rich in vanadium. **Biological Trace Element Research**, v. 131, n. 2, p. 186-91, nov, 2009.

DOMEJ, W.; OETTL, K.; RENNER, WILFRIED. Oxidative stress and free radicals in COPD: implications and relevance for treatment. **International Journal of COPD**, v. 9, p. 1207-1223, 2014.

FAO. **O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional: relatório 2014**. FAO, 2014.

FITZGERALD, A. L.; OSMAN, A. A.; XIE, T. X.; PATEL, A.; SKINNER, H.; SANDULACHE, V.; MYERS, J. N. Reactive oxygen species and p21Waf1/Cip1 are both essential for p53-mediated senescence of head and neck cancer cells. **Cell Death Disease**, v. 12, n. 6, p. 1.678, 2015.

FOLLI, F.; CORRADI, D.; FANTI, P.; DAVALLI, A.; PAEZ, A.; GIACCARI, A.; PEREGO, C.; MUSCOGIURI, G. The role of oxidative stress in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus micro and macrovascular

complications: avenues for a mechanistic-based therapeutic approach. **Current Diabetes Review**, v. 7, n. 5, p. 313-24, 2011.

FRITZ, H.; KENNEDY, D. A.; ISHII, M.; FERGUSON, D.; FERNANDES, R.; COOLEY, K.; SEELY, D. Polysaccharide K and *Coriolus versicolor* extracts for lung cancer: a systematic review. **Integrative Cancer Therapy**, v. 14, n. 3, p. 201-11, 2015.

GLASAUER, A.; CHANDEL, N. S. Targeting antioxidants for cancer therapy. **Biochem Pharmacology**, v. 92, p. 90-101, 2014.

GOULART, F. A. de A. **Doenças crônicas não transmissíveis: estratégias de controle e desafios e para os sistemas de saúde**. Brasília, DF: Paho, 2011.

GUILLAMÓN, E.; GARCÍA-LAFUENTE, A.; LOZANO, M.; D'ARRIGO, M.; ROSTAGNO, M. A.; VILLARES, A.; MARTÍNEZ, J. A. Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. **Fitoterapia**, v. 81, p. 715-723, 2010.

GURSOY, N.; SARIKURKCU, C.; CENGIZ, M.; SOLAK, M. H. Antioxidant activities, metal contents, total phenolics and flavonoids of seven *Morchella* species. **Food and Chemical Toxicology**, v. 47, n. 9, p. 2381-2388, Sept. 2009.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 4. ed. New York: Oxford University, 2007.

HOLMSTRÖM, K. M.; FINKEL, T. Cellular mechanisms and physiological consequences of redox-dependent signalling. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 15, n. 6, p. 411-21, 2014.

HSU, T. H.; LEE, C. H.; LIN, F. Y.; WASSER, S. P.; LO, H. C. The fruiting bodies, submerged culture biomass, and acidic polysaccharide glucuronoxylomannan of yellow brain mushroom *Tremella mesenterica* modulate the immunity of peripheral blood leukocytes and splenocytes in rats with impaired glucose tolerance. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 4, n. 1, p. 56-63, Jan. 2014.

HU, S. H.; CHEUNG, P. C.; HUNG, R. P.; CHEN, Y. K.; WANG, J. C.; CHANG, S. J. Antitumor and immunomodulating activities of exopolysaccharide produced by big cup culinary- medicinal mushroom *clitocybe maxima* (Higher Basidiomycetes) in liquid submerged culture. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 17, n. 9, p. 891-901, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2016: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2015a.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva acerca dos agrotóxicos**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2015b.

LAM, Y. S.; OKELLO, E. J. Determination of lovastatin, β -glucan, total polyphenols, and antioxidant activity in raw and processed oyster culinary-medicinal mushroom, *Pleurotus ostreatus* (Higher Basidiomycetes). **International Journal of Medicinal Mushroom**, v. 17, n. 2, p. 117-28, 2015.

LEE, G. S.; BYUN, H. S.; YOON, K. H.; LEE, J. S.; CHOI, K. C.; JEUNG, E. B. Dietary calcium and

vitamin D2 supplementation with enhanced *Lentinula edodes* improves osteoporosis-like symptoms and induces duodenal and renal active calcium transport gene expression in mice. **European Journal of Nutrition**, v. 48, n. 2, p. 75-83, Mar. 2009.

LI, J. P.; LEI, Y. L.; ZHAN, H. The effects of the king oyster mushroom *Pleurotus eryngii* (higher Basidiomycetes) on glycemic control in alloxan-induced diabetic mice. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 16, n. 3, p. 219-225, 2014.

LIANG, C. H.; HO, K. J.; HUANG, L. Y.; TSAI, C. H.; LIN, S. Y.; MAU, J. L. Antioxidant properties of fruiting bodies, mycelia, and fermented products of the culinary-medicinal king oyster mushroom, *Pleurotus eryngii* (higher Basidiomycetes), with high ergothioneine content. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 15, n. 3, p. 267-75, 2013.

LIU, R. H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, n. 3, p. 384-392, 2013.

LO, H. C.; HSU, T. H.; LIN, F. Y.; WASSER, S. P.; CHEN, Y. H.; LEE, C. H. Effects of Yellow Brain Culinary-Medicinal Mushroom, *Tremella mesenterica* Ritz.: Fr. (Higher Basidiomycetes), on Immune Function in Normal and Type 1 Diabetic Rats. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 14, n. 5, p. 447-457, 2012.

MAO, G.; FENG, W.; XIAO, H.; ZHAO, T.; LI, F.; ZOU, Y.; REN, Y.; ZHU, Y.; YANG, L.; WU, X. Purification, characterization, and antioxidant activities of selenium-containing proteins and polysaccharides in royal sun mushroom, *Agaricus brasiliensis* (Higher Basidiomycetes). **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 16, n. 5, p. 463-75, 2014.

MENA, N. P.; URRUTIA, P. J.; LOURIDO, F.; CARRASCO, C. M.; NÚÑEZ, M. T. Mitochondrial iron homeostasis and its dysfunctions in neurodegenerative disorders. **Mitochondrion**, n. 21, p. 92-105, 2015.

MISHRA, K. K.; PAL, R. S.; ARUNKUMAR, R. Antioxidant activities and bioactive compound determination from caps and stipes of specialty medicinal mushrooms *Calocybe indica* and *Pleurotus sajor-caju* (higher Basidiomycetes) from India. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 16, n. 6, p. 555-67, 2014.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger principles of biochemistry**. 5th edition. [S.I.]: W. H. Freeman, 2008.

OBODAI, M.; FERREIRA, I. C.; FERNANDES, A.; BARROS, L.; MENSAH, D. L.; DZOMEKU, M.; URBEN, A. F.; PREMPEH, J.; TAKLI, R. K. Evaluation of the chemical and antioxidant properties of wild and cultivated mushrooms of Ghana. **Molecules**, v. 26, n. 19, 2014.

PELUSO, I.; MORABITO, G.; URBAN, L.; IOANNONE, F.; SERAFINI, M. Oxidative stress in atherosclerosis development: the central role of LDL and oxidative burst. Endocrine, metabolic and immune disorders. **Drug Targets**, v. 12, n. 4, p. 351-360, 2012.

PERROTTA, I.; AQUILA, S. The role of oxidative stress and autophagy in atherosclerosis. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. 2015.
Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/omcl/2015/130315/>>. Acesso em: 31 jul. 2015

PHANIENDRA, A.; JESTADI, D. B.; PERIYASAMY, L. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, v. 30, n. 1, p. 11-26, 2015.

- RAHMAN, M. A.; ABDULLAH, N.; AMINUDIN, N. Inhibitory effect on in vitro LDL oxidation and HMG Co-A reductase activity of the liquid-liquid partitioned fractions of *Hericium erinaceus* (Bull.) Persoon (lion's mane mushroom). **BioMed Research International**. 2014. Disponível em: < www.hindawi.com/journals/bmri/2014/828149/>. Acesso em: 31 jul. 2015.
- RATHOR, R.; MISHRA K. P.; PAL, M.; AMITABH, S.; VATS, P.; KIRAR, V.; NEGI, P. S.; MISRA, K. Scientific validation of the chinese caterpillar medicinal mushroom, *ophiocordyceps sinensis* (ascomycetes) from india: immunomodulatory and antioxidant activity. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 16, n. 6, p. 541-53, 2014.
- RISTOW, M; CUEZVA, J. M. Oxidative phosphorylation and cancer: the ongoing warburg hypothesis. In: SHIREESH, A.; SARANGARAJAN, R. (Ed.). **Cellular respiration and carcinogenesis**. [S.l.]: Humana Press, 2009. p. 1-18. Springer eBooks. DOI: 10.1007/978-1-59745-435-3.
- RUBEL, R.; SANTA, H. S. D.; BONATTO, S. J. R.; BELLO, S.; FERNANDES, L. C.; DI BERNARDI, R.; GERN, J.; SANTOS, C. A. M.; SOCCOL, C. R. Medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (Leyss: Fr) Karst. triggers immunomodulatory effects and reduces nitric oxide synthesis in mice. **Journal of Medicinal Food**, v. 13, n. 1, p. 142-8, 2010.
- SABARATNAM, V.; KAH-HUI, W.; NAIDU, M.; ROSIE DAVID, P. Neuronal health - can culinary and medicinal mushrooms help? **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 3, 1, p. 62-8, 2013.
- SHARMA, B. Oxidative stress in HIV patients receiving antiretroviral therapy. **Current HIV Research**, v. 12, n. 1, p. 13-21, 2014.
- SIES, H. Oxidative stress: a concept in redox biology and medicine. **Redox Biology**, v. 4, p. 180-183, 2015.
- SING, G.; PAI, R. S. Dawn of antioxidants and immune modulators to stop HIV-progression and boost the immune system in HIV/AIDS patients: an updated comprehensive and critical review. **Pharmacological Reports**, v. 67, n. 3, p. 600-605, 2015
- SIRÉN, H.; KAIJANEN, L.; KAARTINEN, S.; VÄRE, M.; RIIKONEN, P.; JERNSTRÖM, E. Determination of statins by gas chromatography - EI/MS - Tandem mass spectrometry: fermentation of pine samples with *Pleurotus ostreatus*. **Journal Pharm Biomed Anal**, v. 94, p. 196-202, 2014.
- STILINOVIĆ, N.; ŠKRBIĆ, B.; ŽIVANČEV, J.; MRMOŠ, N.; PAVLOVIĆ, N.; VUKMIROVIĆ, S. The level of elements and antioxidant activity of commercial dietary supplement formulations based on edible mushrooms. **Food & Function**, v. 5, n. 12, p. 3170-8, 2014
- SULLIVAN, L. B.; CHANDEL, N. S. Mitochondrial reactive oxygen species and cancer. **Cancer & Metabolism**, v. 28, n. 2, 2014.
- SZATROWSKI, T. P.; NATHAN, C. F. Production of large amounts of hydrogen peroxide by human tumor cells. **Cancer Research**, v. 51, n. 3, p. 794-798, Feb. 1991.
- TANGVARASITTICHAJ, S. Oxidative stress, insulin resistance, dyslipidemia and type 2 diabetes mellitus. **World Journal Diabetes**, v. 15, v. 6, n. 3. p. 456-480, 2015.
- TEL, G.; OZTURK, M.; DURU, M. E.; TURKOGLU, A. **Antioxidant and anticholinesterase activities of five wild mushroom species with total bioactive contents**. 2015. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/13880209.2014.943245?journalCode=ipbh20>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

THANAN, R.; OIKAWA, S.; HIRAKU, Y.; OHNISHI, S.; MA, N.; PINLAOR, S.; YONGVANIT, P.; KAWANISHI, S.; MURATA, M. Oxidative stress and its significant roles in neurodegenerative diseases and cancer.

International Journal of Molecular Sciences, v. 24, n. 16, p. 193-217, 2014.

VIEIRA, V.; BARROS, L.; MARTINS, A.; FERREIRA, I. C. Expanding current knowledge on the chemical composition and antioxidant activity of the genus *Lactarius*. **Molecules**, v. 10, n. 19, p. 12, 2014.

VILLAMENA, F. A.; VELAYUTHAM, M.; ZWEIER, J. L. Cardiac Ischemia and Reperfusion. In: MOLECULAR basis of oxidative stress: chemistry, mechanisms, and disease pathogenesis. Villamena: John Wiley & Sons, 2013. p. 311-328.

WANG, C. R.; NG, T. B.; LI, L.; FANG, J. C.; JIANG, Y.; WEN, T. Y.; QIAO, W. T.; LI, N.; LIU, F. Isolation of a polysaccharide with antiproliferative, hypoglycemic, antioxidant and HIV-1 reverse transcriptase inhibitory activities from the fruiting bodies of the abalone

mushroom *Pleurotus abalonus*. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 63, n. 6, p. 825-32, 2011.

WASSER, S. P. Medicinal mushroom science: current perspectives, advances, evidences, and challenges. **Journal of Medical Genetics**, v. 37, n. 6, p. 345-356, 2014.

WU, C. T.; LIN, T. Y.; HSU, H. Y.; SHEU, F.; HO, C. M.; CHEN, E. I. Ling Zhi-8 mediates p53-dependent growth arrest of lung cancer cells proliferation via the ribosomal protein S7-MDM2-p53 pathway. **Carcinogenesis**, v. 32, n. 12, p. 1890-896, 2011.

YEH, M. Y.; KO, W. C.; LIN, L. Y. Hypolipidemic and antioxidant activity of enoki mushrooms (*Flammulina velutipes*). **BioMed Research International**, p. 352-385, 2014. DOI: 10.1155/2014/352385.

ZHOU, S.; TANG, Q.; ZHANG, Z.; LI, C. H.; CAO, H.; YANG, Y.; ZHANG, J. Nutritional composition of three domesticated culinary-medicinal mushrooms: *oudemansiella sudmusida*, *Lentinus squarrosulus* and *Tremella aurantialba*. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 17, n. 1, p. 43-9, 2015.



Capítulo 13

Análise química de antioxidantes em cogumelos

*Clarissa Silva Pires de Castro
Gabriella Magarelli*

Introdução

Os cogumelos são macrofungos mundialmente conhecidos por suas características nutricionais e funcionais bastante benéficas à saúde humana. O valor nutricional e funcional dos cogumelos é elevado em decorrência da presença de altos teores de proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e fibras, além da vasta gama de compostos bioativos, como as β -glucanas e os compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos são fontes de antioxidantes e podem ser excelentes marcadores de qualidade na caracterização química dos cogumelos. Assim, a determinação seletiva, rápida, precisa e exata desses compostos fenólicos nos cogumelos é de extrema importância para gerar subsídios na sua caracterização química e nutricional e no estabelecimento de um padrão de qualidade.

Atualmente, os métodos mais adotados para determinar compostos fenólicos em cogumelos se baseiam em técnicas espectrofotométricas, cromatográficas e voltamétricas.

Neste contexto, o presente capítulo trata dos seguintes tópicos:

- Compostos fenólicos em cogumelos.
- Características químicas dos compostos fenólicos (ácidos fenólicos e flavonoides) e sua ação antioxidante.

- Análise química dos cogumelos: avaliação da capacidade antioxidante e determinação dos compostos fenólicos por meio de métodos espectrofotométricos, cromatográficos e voltamétricos.

Os compostos fenólicos como antioxidantes nos cogumelos

Os cogumelos produzem compostos fenólicos (por exemplo, ácidos fenólicos e flavonoides) a partir do seu metabolismo secundário. Essas moléculas são essenciais para o crescimento e a reprodução das plantas, além de atuarem como agentes antipatogênicos e contribuir para o processo da pigmentação (ANGELO; JORGE, 2007; SILVA; JORGE, 2011; SOARES, 2002).

Nos alimentos, os compostos fenólicos são responsáveis pela cor, pela adstringência, pelo aroma e pela estabilidade oxidativa (ANGELO; JORGE, 2007). Nos cogumelos, os compostos fenólicos podem ser excelentes marcadores para avaliar a qualidade desses macrofungos, pois promovem benefícios à saúde humana, como: ação preventiva de doenças cardíacas, e ação anti-inflamatória, antialérgica, anticarcinogênica, hepatoprotetiva, antimicrobiana, entre outras (BARROS et al., 2007; KALAC, 2013; KIM et al., 2008; REIS et al., 2012; SMITH et al., 2002).

Além disso, esses compostos são considerados um dos grupos mais importantes de antioxidantes, atuando como agentes quelantes de metais e sequestradores de radicais livres (KARAMAN et al., 2010; KIM et al., 2008; MAU et al., 2002; RIBEIRO et al., 2006).

Nos últimos anos, vários pesquisadores têm publicado resultados sobre a forte atividade antioxidante de cogumelos e sua relação com as concentrações encontradas de compostos fenólicos. Maior atividade antioxidante indica maior concentração de compostos fenólicos totais (CHEN et al., 2010; GAN et al., 2013; REIS et al., 2012; WANG et al., 2014).

Por apresentarem significativa atividade antioxidante *in vitro*, os cogumelos podem ser usados como fonte natural de antioxidantes, como suplemento alimentar ou na indústria farmacêutica, sendo os compostos fenólicos os principais responsáveis pela atividade antioxidante dos extratos (SILVA; JORGE, 2011). Diversos fatores podem contribuir na produção dessas moléculas bioativas em cogumelos, como:

- Escolha da espécie.
- Seleção de linhagens.
- Tipo de substrato utilizado no cultivo.
- Grau de maturação.
- Fatores nutricionais e ambientais (condições de estresse biótico e abiótico).

Fatores inerentes ao processamento também são fundamentais para que se obtenha um cogumelo de boa qualidade, rico em nutrientes e em propriedades terapêuticas (ASLIM et al., 2011; REIS et al., 2011).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos deve-se, principalmente, às suas propriedades redutoras e à sua estrutura química. As moléculas dos compostos fenólicos possuem anel benzênico ou estrutura cíclica com um ou mais substituintes hidroxílicos que interagem com os radicais livres.

O mecanismo da ação antioxidante dos compostos fenólicos e sua habilidade em sequestrar radicais livres ocorrem em decorrência da transferência de elétrons e prótons dos grupos eletroativos hidroxila e metoxila presentes nas moléculas desses compostos.

Os intermediários formados pela ação de antioxidantes fenólicos são relativamente estáveis, em decorrência da ressonância do anel aromático, presente na estrutura dessas substâncias (GIL; COUTO, 2013; SILVA; JORGE, 2011).

A maioria dos compostos fenólicos é encontrada na natureza, sob a forma de ésteres ou de glicosídeos (ANGELO; JORGE, 2007; SOARES et al., 2002). Dentre os compostos fenólicos considerados antioxidantes naturais, destacam-se: os ácidos fenólicos, os flavonoides, os taninos e

os tocoferóis. Neste capítulo, o foco será dado aos ácidos fenólicos e aos flavonoides.

Os ácidos fenólicos (Figura 1) caracterizam-se por possuírem um anel benzênico, um grupo carboxílico e um ou mais grupos hidroxila ou metoxila na molécula. Os ácidos fenólicos dividem-se em dois grupos: os ácidos hidroxibenzoicos e os ácidos hidroxicinâmicos. Os ácidos hidroxibenzoicos e os ácidos hidroxicinâmicos possuem em sua estrutura básica sete átomos de carbono (C_6-C_1) e nove átomos de carbono (C_6-C_3), respectivamente.

De acordo com os substituintes do anel benzênico dos ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinâmicos, diferentes ácidos fenólicos podem ser obtidos, destacando-se os ácidos siríngico, gálico, vanílico, o-cumárico, p-cumárico, cafeico, ferúlico e sinápico (Tabela 1).

A estrutura química dos flavonoides (Figura 2) consiste em dois anéis aromáticos, denominados de A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado de anel C. Variações nos substituintes do anel C constituem classes importantes de flavonoides, como os flavonóis, as flavonas, as flavanonas, os flavanóis (ou catequinas), isoflavonas e antocianidinas.

As substituições nos anéis A e B originam diferentes compostos dentro de cada

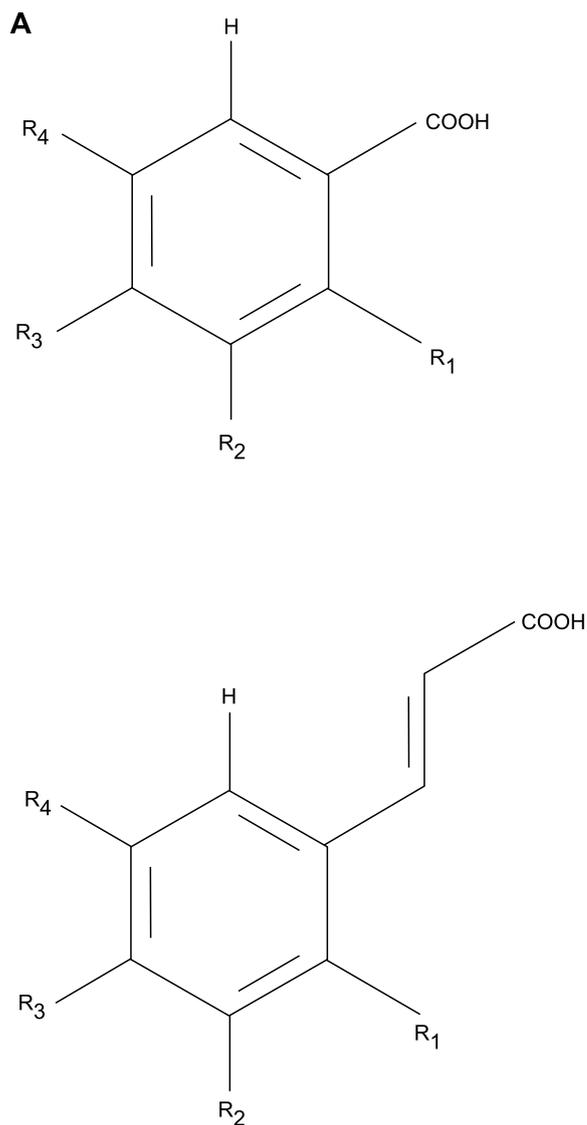


Figura 1. Estrutura química dos ácidos hidroxibenzoicos (A) e hidroxicinâmicos (B).

Fonte: adaptado de Silva e Jorge (2011).

Tabela 1. Ácidos fenólicos derivados dos ácidos hidroxibenzoicos e dos ácidos hidroxicinâmicos.

Ácido hidroxibenzoico				
Nome	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Ácido benzoico	H	H	H	H
Ácido p-hidroxibenzoico	H	H	OH	H
Ácido vanílico	H	OCH ₃	OH	H
Ácido gálico	H	OH	OH	OH
Ácido protocatequínico	H	OH	OH	H
Ácido siríngico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
Ácido gentísico	OH	H	H	OH
Ácido verátrico	H	OCH ₃	OCH ₃	H
Ácido salicílico	OH	H	H	H
Ácido hidroxicinâmico				
Nome	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Ácido cinâmico	H	H	H	H
Ácido o-cumárico	OH	H	H	H
Ácido m-cumárico	H	OH	H	H
Ácido p-cumárico	H	H	OH	H
Ácido ferúlico	H	OCH ₃	OH	H
Ácido sinápico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
Ácido cafeico	H	OH	OH	H

Fonte: Silva e Jorge (2011).

classe de flavonoides. Quando os flavonoides se encontram na forma glicosilada, o açúcar preferencialmente está ligado nas hidroxilas das posições três a sete dos anéis A e C das

moléculas agliconas (GIL; COUTO, 2013; HEIM et al., 2002; STALIKAS, 2007).

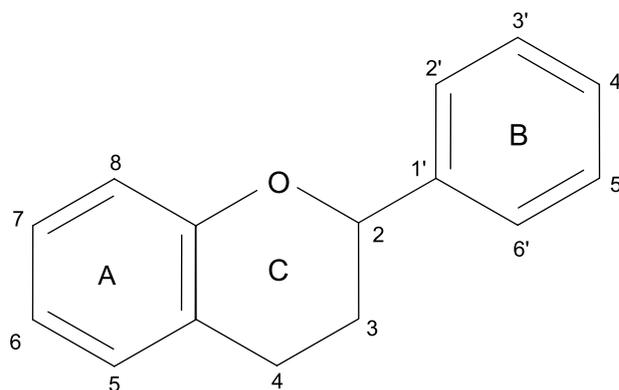


Figura 2. Estrutura química geral dos flavonoides.

Fonte: adaptado de Gil e Couto (2003).

O perfil de compostos fenólicos nos cogumelos varia bastante entre as espécies, de acordo com as condições de cultivo. A Tabela 2 mostra os tipos de ácidos fenólicos e flavonoides normalmente encontrados em espécies variadas de cogumelos provenientes de diferentes países. Observa-se que há um perfil comum de ácidos fenólicos e flavonoides nos cogumelos, em que os ácidos p-cumárico, protocatequínico, p-hidroxibenzoico e quercetina aparecem com mais frequência. As análises foram feitas por cromatografia líquida de alta eficiência (Clae), na qual foi possível detectar e quantificar cada composto, individualmente.

Tabela 2. Perfil de compostos fenólicos em cogumelos.

Espécie de cogumelo	Origem	Composto fenólico (concentração/mg g⁻¹)	Referência
<i>Agaricus bisporus</i> /branco	Finlândia	Ácido cinâmico (0,00269), ácido p-hidroxibenzoico (0,00051), ácido protocatequínico (< 0,00030), ácido cafeico (0,00082)	Mattila et al. (2001)
<i>Agaricus bisporus</i> /cinza	Finlândia	Ácido cinâmico (0,00147), ácido p-hidroxibenzoico (0,00645), ácido protocatequínico (0,00106), ácido cafeico (0,00071)	Mattila et al. (2001)
<i>Lentinula edodes</i>	Finlândia	Ácido cinâmico(0,00160), ácido p-hidroxibenzoico (0,0079), ácido protocatequínico (0,00139), ácido cafeico (<0,0005)	Mattila et al. (2001)
<i>Amanita rubescens</i>	Portugal (Bragança)	Ácido p-hidroxibenzoico (0,49)	Ribeiro et al. (2006)
<i>Cortinarius anomalus</i>	Portugal (Bragança)	Ácido p-hidroxibenzoico (0,0868), ácido cinâmico (0,0192)	Reis et al. (2011)
<i>Agaricus albertii</i>	Portugal (Bragança)	Ácido p-hidroxibenzoico (0,0823), ácido p-cumárico (0,0353), ácido cinâmico (0,0251)	Reis et al. (2014)
<i>Russula griseocarnosa sp. nov.</i>	China (sul)	Quercetina (0,096)	Chen et al. (2010)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Coreia do Sul	Miricetina(0,021), ácido homogentísico (0,016), ácido clorogênico (0,019)	Kim et al. (2008)
<i>Flammulina velutipes</i>	Coreia do Sul	Ácido gálico (0,021), ácido homogentísico (0,015), ácido protocatequínico (0,021), ácido clorogênico (0,026), ácido cafeico (0,017), quercetina (0,035),	Kim et al. (2008)
<i>Lentinula edodes</i>	Coreia do Sul	Ácido gálico (0,013)	Kim et al. (2008)
<i>Agaricus blazei</i>	Coreia do Sul	Ácido gentísico (0,053), ácido protocatequínico (0,025), ácido siríngico (0,022), ácido benzoico (0,490), miricetina (0,026), quercetina (0,026)	Kim et al. (2008)
<i>Ganoderma lucidum</i>	Coreia do Sul	Ácido protocatequínico (0,019), miricetina (0,021), quercetina (0,026), kaempferol (0,025)	Kim et al. (2008)
<i>Agaricus bisporus</i> /branco	Portugal (Bragança)	Ácido gálico (0,00628), ácido p-cumárico (0,00231), ácido cinâmico (0,00038)	Reis et al. (2012)
<i>Agaricus ostreatus</i>	Portugal (Bragança)	Ácido protocatequínico (0,00077), ácido p-cumárico (0,00081), ácido p-hidroxibenzoico (0,00156), ácido cinâmico (0,00023)	Reis et al. (2012)

Avaliação da capacidade antioxidante e determinação de compostos fenólicos em cogumelos

A análise química de compostos fenólicos e a avaliação da capacidade antioxidante em cogumelos são feitas por meio de uma sequência de etapas, a qual inclui:

- Seleção do método.
- Obtenção da amostra.
- Processamento e extração da amostra.
- Medida da propriedade de interesse.
- Cálculo do resultado.

A seleção do método constitui uma etapa essencial, que caminha em paralelo com o objetivo da análise, a qual pode ser a determinação de compostos fenólicos totais ou a detecção e quantificação individual e/ou de um grupo ou classe de compostos fenólicos. No primeiro caso, a determinação é feita por meio de métodos espectrofotométricos e/ou eletroquímicos. Já no segundo caso, usam-se principalmente os métodos cromatográficos com detecção UV ou por arranjo de diodos (DAD). No entanto, os métodos voltamétricos também podem ser empregados.

Diversos pesquisadores têm trabalhado na separação, na identificação e na quantificação dos

compostos fenólicos em cogumelos, bem como na avaliação de suas capacidades antioxidantes. No entanto, muitos problemas metodológicos têm sido encontrados nesses trabalhos, pois, além de englobarem uma gama enorme de substâncias, os compostos fenólicos são, na maioria das vezes, de polaridades diferentes, muito reativos e suscetíveis à ação de enzimas (ANGELO; JORGE, 2007).

Geralmente, em todos os métodos, fatores como a natureza das moléculas de interesse, o tamanho da amostra analisada, o tempo e as condições de estocagem da amostra, o padrão analítico aplicado na análise, o método de extração e a presença de interferentes na amostra (metais, ceras, gorduras, terpenos e clorofilas) são pontos críticos que podem influenciar o resultado da análise (MARTÍNEZ et al., 2009).

Após a seleção do método, a etapa de obtenção da amostra de cogumelo sob condições controladas é feita seguindo-se protocolos publicados (URBEN, 2010), e sua coleta deve seguir padrões que garantam amostras suficientemente representativas.

Nesse caso, é requerido um mínimo de três réplicas. Após se obter a amostra, segue-se com a preparação (processamento e extração), que é de suma importância para qualquer análise, pois os resultados gerados só serão confiáveis se o método de preparo das amostras for eficiente e correto.

Muitos métodos de preparação de amostras de cogumelos têm sido desenvolvidos para avaliar a capacidade antioxidante e determinar os teores de compostos fenólicos (STALIKAS, 2007). Dentre os métodos mais usados na extração de compostos antioxidantes, está a utilização de solventes de diferentes polaridades, como água, metanol etanol, acetona, éter de petróleo e suas misturas (FALCÃO, 2008; ROBBINS, 2003).

Para maximizar o processo de extração por solventes e conservação dos compostos antioxidantes, usam-se etapas de pré-preparo, como desidratação/liofilização e trituração das amostras antes da extração, o que aumenta a superfície de contato com o solvente.

É importante ressaltar que os compostos antioxidantes possuem polaridade bem variada. Por isso, não existe ainda um sistema de extração com solvente capaz de extrair, com eficácia, todos os compostos antioxidantes ou uma classe específica de compostos fenólicos nos cogumelos, por causa da solubilidade do grau de polimerização e das suas interações com outros constituintes da matriz (ROBBINS, 2003; SILVA; JORGE, 2011).

A medida da propriedade de interesse depende do método de análise escolhido. No caso de métodos espectrofotométricos, as absorvâncias de substâncias específicas são medidas após reagirem com os compostos fenólicos. No caso de métodos cromatográficos, em que os

compostos fenólicos são separados por colunas cromatográficas, são medidos os tempos de retenção de cada composto fenólico e também suas absorvâncias quando os cromatógrafos estão acoplados a detectores UV. No caso de métodos voltamétricos, são medidos os potenciais e as correntes de oxidação-redução dos compostos fenólicos.

Nos tópicos seguintes, são apresentadas mais informações sobre esses métodos – e suas aplicações na análise qualitativa e quantitativa de compostos fenólicos – bem como a avaliação da capacidade antioxidante dessas moléculas em cogumelos.

Métodos espectrofotométricos

Os métodos que se baseiam em espectrofotometria de absorção molecular são caracterizados pela medida da absorvância (Abs) ou transmitância de soluções contendo as moléculas-alvo contidas em células transparentes com caminho óptico definido (cm).

A absorvância está relacionada, linearmente, à concentração dos compostos de interesse; nesse caso, os compostos fenólicos – Lei de Beer (SKOOG, 2009). Atualmente, os métodos espectrofotométricos são os mais usados para avaliar a capacidade antioxidante e para analisar compostos fenólicos em cogumelos.

Nesses métodos, a atividade antioxidante é medida por meio da capacidade que os compostos fenólicos presentes na amostra possuem de sequestrar um radical livre. Os ensaios envolvidos nesses métodos usam uma série de reagentes específicos, especialmente o 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), de coloração púrpura, que absorve a 515 nm. Por ação do antioxidante presente na amostra, o DPPH é reduzido, formando um composto (2,2-difenil-1-picril-hidrazina), de coloração amarela, com consequente decréscimo da absorção (SOUSA et al., 2007).

A partir dos resultados obtidos, determinam-se a porcentagem de atividade antioxidante ou sequestradora de radicais livres e a porcentagem de DPPH remanescente no meio reacional. Outros reagentes (enzima superóxido dismutase (SOD), ferricianeto de potássio, íons ferro (Fe^{3+}), peróxido de hidrogênio, complexo férrico-tripiridiltriazina (Fe^{3+} TPTZ), nitro azul de tetrazólio (NBT), β -caroteno/ácido linoleico e dicloreto de 2,2'-azobis(2-amidinopropano) (AAPH) também têm sido usados por diversos grupos de pesquisa para avaliar a atividade antioxidante de cogumelos (ALVES et al., 2010; BABU; RAO, 2011; BARROS et al., 2007, 2008; CHEN et al., 2010; KIM et al., 2008; RIBEIRO et al., 2006).

Em relação à quantificação de compostos fenólicos totais, o método espectrofotométrico mais adotado é o de Folin Cicalteau, que se baseia na redução do ácido fosfomolibídico-fos-

fotungúístico pelas hidroxilas fenólicas em meio alcalino, produzindo um complexo de coloração azul que absorve entre 620 nm e 740 nm com um comprimento de onda máximo em 725 nm. Para quantificar os compostos fenólicos totais, o padrão de ácido gálico é o mais usado e os resultados das concentrações são expressos em termos de equivalentes de ácido gálico por grama de cogumelo (GAN et al., 2013; TRIPATHY, 2014).

As vantagens encontradas pelos métodos espectrofotométricos baseiam-se no fato de serem rápidos, apresentarem resultados com boa precisão e equipamentos robustos e portáteis. No entanto, as desvantagens referem-se, principalmente, à falta de especificidade do método e aos limites de detecção mais elevados. A falta de especificidade do método deve-se, principalmente, à presença de outras moléculas redutoras na amostra, como os açúcares e o ácido ascórbico (ROBBINS, 2003).

Métodos cromatográficos

Os métodos cromatográficos são caracterizados pela separação dos componentes muito semelhantes da amostra, por meio da distribuição e da interação dos compostos de interesse entre as fases móvel (que pode ser um líquido, um gás ou um fluido supercrítico) e estacionária (imiscível fixa, colocada na coluna ou em superfície sólida).

A diferença de mobilidade dos compostos entre as duas fases ocasiona sua separação (SKOOG, 2009). Os métodos cromatográficos podem ser usados tanto na separação individual quanto na quantificação de compostos fenólicos em cogumelos.

Após o método de espectrofotometria, a cromatografia líquida de alta eficiência (Clae) é o método mais adotado na análise dos compostos fenólicos em cogumelos. Seu mecanismo geral de funcionamento usa uma coluna de fase reversa C_{18} e um sistema de solventes binários que contém água acidificada, e um solvente orgânico polar (predominantemente metanol ou acetonitrila). O detector utilizado é o de UV com arranjo de diodos, que monitora comprimentos de onda na faixa de 190 nm a 380 nm (ROBBINS, 2003).

Na literatura, vários artigos reportam trabalhos sobre a utilização da Clae para detectar e quantificar compostos fenólicos em cogumelos. No entanto, os métodos cromatográficos não são aplicados na avaliação da capacidade antioxidante. Nesse caso, a avaliação da capacidade antioxidante é feita por meio de métodos espectrofotométricos (KIM et al., 2008; MATTILA, et al., 2001; REIS et al., 2014; RIBEIRO et al., 2006).

A Clae possui vantagens, como boa sensibilidade e alta seletividade; no entanto, é um método trabalhoso, que exige longos processos de

preparação de amostras, grandes quantidades de solventes de alta pureza e técnicos especializados, além de as respostas obtidas serem bastante influenciadas por interferentes.

Métodos voltamétricos

Os métodos voltamétricos baseiam-se nos fenômenos que ocorrem na interface entre a superfície de um eletrodo de trabalho (sensor eletroquímico) e a camada fina de solução contendo a amostra adjacente a essa superfície. Os métodos voltamétricos são classificados como dinâmicos, pois a cela eletroquímica é operada na presença de corrente elétrica ($i > 0$) que, por sua vez é medida em função da aplicação controlada de um potencial.

O método voltamétrico é definido em função do sinal de excitação (potencial) aplicado. Dentre os métodos mais difundidos, destacam-se:

- A voltametria cíclica (VC).
- A voltametria de pulso diferencial (VPD).

As informações mais importantes fornecidas por esses dois métodos são as correntes de pico anódico (I_{pa}) e catódico (I_{pc}) e os potenciais de pico anódico (relativo ao processo de oxidação, E_{pa}) e catódico (relativo ao processo de redução, E_{pc}).

Na VC e na VPD, as informações sobre as moléculas de interesse são obtidas por meio

da medida de intensidade da corrente elétrica originada entre os eletrodos de trabalho e auxiliar, ao se aplicar uma diferença de potencial entre os eletrodos de trabalho e de referência (PACHECO et al., 2015; SKOOG, 2009). A curva obtida de corrente versus diferença de potencial entre os eletrodos de trabalho e de referência é chamada de voltamograma. A Figura 3 mostra os sinais de excitação e os voltamogramas obtidos por meio dos métodos VC e VPD.

Numa célula eletroquímica simples, na qual normalmente são feitas análises pelos métodos voltamétricos, pode-se notar a presença de três eletrodos:

Eletrodo de trabalho (ET) – Os eletrodos de mercúrio e eletrodos sólidos, como os que são confeccionados à base de carbono, ouro, platina, etc.

Eletrodo auxiliar (EA) – Pode ser de platina, ouro, carbono vítreo, etc.

Eletrodo de referência (ER) – Pode ser de calomelano ou prata/cloreto de prata.

Uma forma alternativa para uso dos métodos voltamétricos inclui a adoção de eletrodos impressos como eletrodos de trabalho, também chamados em inglês, de *screen-printing electrodes*. Nesse sistema, os três eletrodos são fixados numa base cerâmica e envoltos por uma camada isolante que delimita a área de contato

elétrico e a superfície do eletrodo. Os eletrodos impressos estão disponíveis em diversos materiais como carbono vítreo reticulado, pasta de carbono, fibras de carbono, diamante, grafite, nanotubos de carbono, entre outros (USLU; OZKAN, 2007; RENEDO et al., 2007).

Entre os pontos positivos desses eletrodos, pode-se destacar o fato de serem descartáveis, ou seja, eliminam a necessidade de regeneração de sua superfície afetada pela adsorção de componentes analisados; além disso, apresentam (USLU; OZKAN, 2007; RENEDO et al., 2007):

- Custo baixo (quando fabricados no laboratório).
- Sensibilidade e seletividade elevadas.
- Precisão de resultados.
- Rapidez na determinação de resultados.
- Facilidade de uso.

A Figura 4 mostra um eletrodo de trabalho convencional e um eletrodo impresso. Nesta figura, também é mostrado o potenciostato convencional, geralmente usado para análises voltamétricas que operam com eletrodo convencional, além do potenciostato portátil, que opera com eletrodo impresso.

A possibilidade de se adotar os métodos voltamétricos na análise de ácidos fenólicos e flavonoides só ocorre em decorrência da eletroatividade desses compostos, pois atuando como agentes redutores tendem a ser facilmente

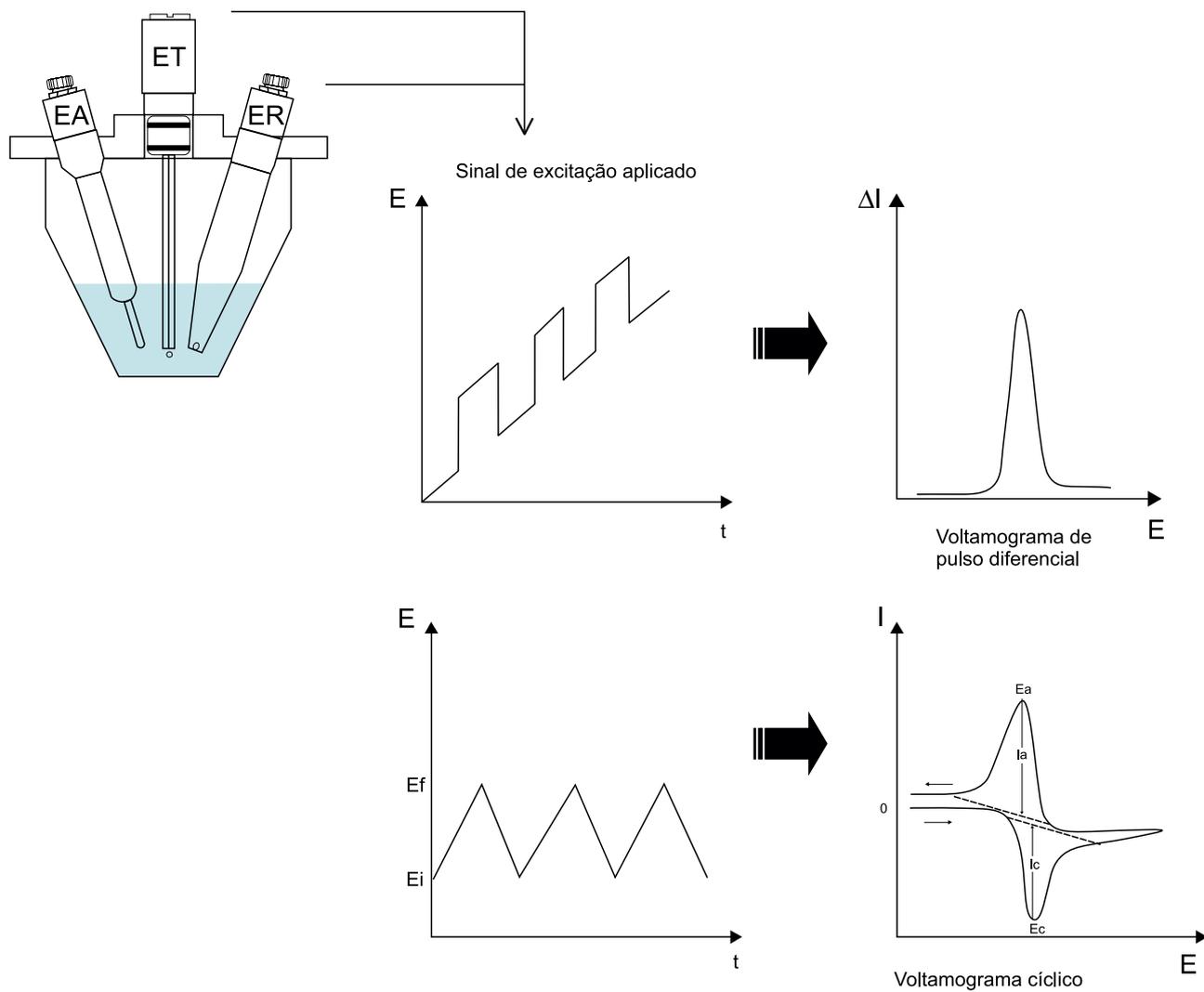
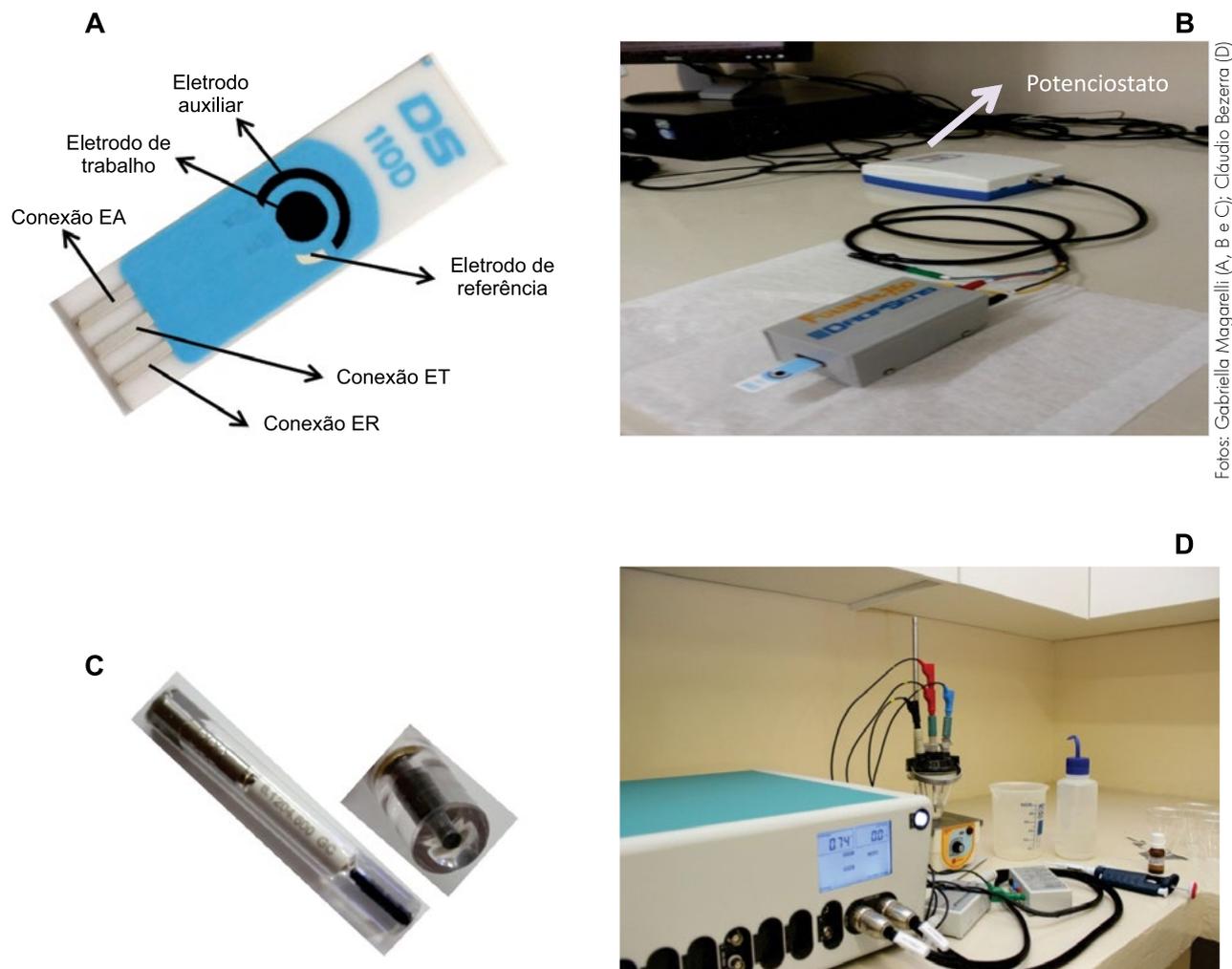


Figura 3. Sinais de excitação e voltamogramas obtidos graças à utilização da voltametria de pulso diferencial e da voltametria cíclica.



Fotos: Gabriella Magarelli (A, B e C); Cláudio Bezerra (D)

Figura 4. Eletrodo impresso (A) e sistema portátil - potenciostato, conexões e eletrodo impresso (B); eletrodo de trabalho convencional ($\phi = 2,0$ mm) (C) e potenciostato convencional conectado à célula eletroquímica (D). Potenciostatos são geralmente usados para análises voltamétricas.

oxidados em eletrodos inertes (eletrodos de trabalho).

A maioria dos compostos fenólicos é eletroativa, o que possibilita o estudo dessas moléculas por meio de métodos voltamétricos. Esses métodos correlacionam potenciais de oxidação, intensidade de corrente e/ou outros parâmetros eletroquímicos com a capacidade antioxidante; portanto, mostram-se mais seletivos e sensíveis do que os demais métodos espectrofotométricos (ALVES et al., 2010; SIMIC et al., 2007).

No campo da análise de ácidos fenólicos e flavonoides, os métodos voltamétricos já mostraram seu potencial, sendo usados para a análise de compostos fenólicos em diferentes tipos de amostras (frutas, sucos de frutas, chá, soja, algodão, vinho e cogumelos) (BABU; RAO, 2011; BARROS et al., 2008; BLASCO et al., 2004; MAGARELLI et al., 2013, 2014; YAKOVLEVA et al., 2007). A etapa de preparação das amostras para as análises voltamétricas tende a ser mais simples, pois os métodos voltamétricos são mais específicos e, quando ocorre efeito matriz, este pode ser corrigido durante a análise.

A Figura 5 mostra o esquema de um método de preparo de amostras de corpos frutíferos de cogumelos, que foi otimizado e validado por Cavalcante et al. (2013), com o objetivo de avaliar a capacidade antioxidante e determinar compostos fenólicos totais por meio dos

métodos voltamétricos. Neste estudo, a produção dos cogumelos ocorreu na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e o acondicionamento do cogumelo foi feito por congelamento a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento da desidratação.

Para definir o melhor solvente e a melhor concentração do solvente, foram conduzidos estudos de otimização usando-se metanol, etanol e acetona concentrados e como soluções aquosas, em concentrações que variaram de 25% a 80%. O melhor solvente encontrado foi a solução aquosa de metanol a 25%, que proporcionou sinais de correntes de oxidação mais sensíveis, conforme é mostrado na Figura 6.

A determinação da concentração total de ácidos fenólicos e flavonoides por métodos voltamétricos é feita pelo método da adição padrão, que consiste na adição à amostra de um padrão de ácido fenólico/flavonoide, cuja concentração é conhecida, corrigindo assim o efeito da matriz sobre a amostra, pois ambas serão submetidas a um mesmo ambiente.

A Figura 7 mostra um voltamograma de pulso diferencial obtido para uma amostra de *Ganoderma lucidum* com adição padrão de ácido p-cumárico. Neste voltamograma, pode-se observar que a amostra apresentou dois picos de oxidação de maior intensidade (em vermelho), um no potencial de 0,2 V e outro no potencial de 0,8 V.

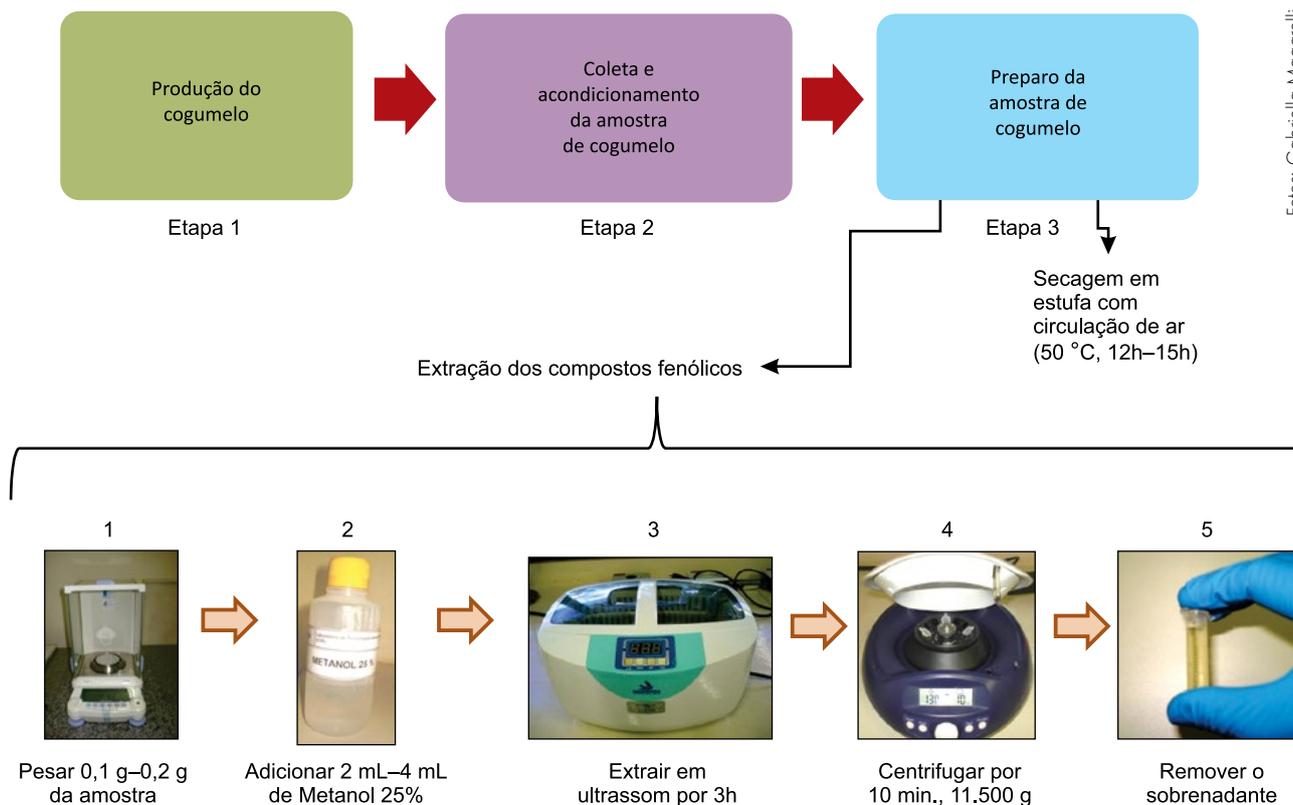


Figura 5. Método de preparo de amostras de cogumelos (corpo frutífero), para posterior determinação de compostos fenólicos totais e avaliação da capacidade antioxidante por métodos voltamétricos.

Com a adição do padrão de p-cumárico, os picos de corrente da amostra sofreram aumento nos mesmos potenciais, evidenciando a presença desse ácido fenólico na amostra, o que o tornou um padrão apropriado para a quantificação dos compostos fenólicos totais.

A concentração dos compostos fenólicos totais na amostra foi calculada a partir das concentrações adicionadas de p-cumárico e das correntes de oxidação do pico de 0,8 V, cuja linearidade foi mais evidenciada (MAGARELLI, 2014; MAGARELLI et al., 2015).

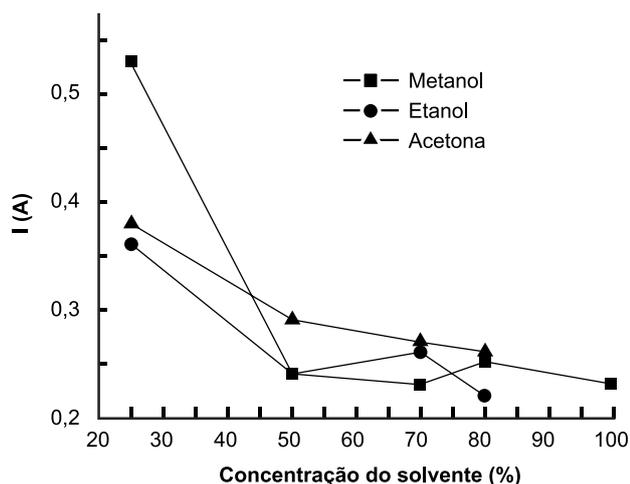


Figura 6. Correntes máximas de oxidação I (A) na faixa de potencial de 0,8 V obtidas da análise da amostra liofilizada de cogumelo da espécie *Pleurotus ostreatus* por método voltamétrico, submetida a extração pelos solventes etanol, metanol e acetona, em diferentes concentrações (%). Fonte: Cavalcante (2013) e Magarelli (2014).

As desvantagens relacionadas aos métodos voltamétricos referem-se em certos casos à sua seletividade baixa, uma vez que muitos compostos fenólicos sofrem as reações de oxidação e redução em potenciais muito próximos, não havendo a possibilidade de uma quantificação individual.

Entretanto, várias pesquisas têm sido desenvolvidas com o intuito de corrigir tal desvio por meio de eletrodos de trabalho constituídos de materiais nanoestruturados (nanotubos de carbono e grafeno), o que muitas vezes promove grandes melhorias na sensibilidade, estabilidade

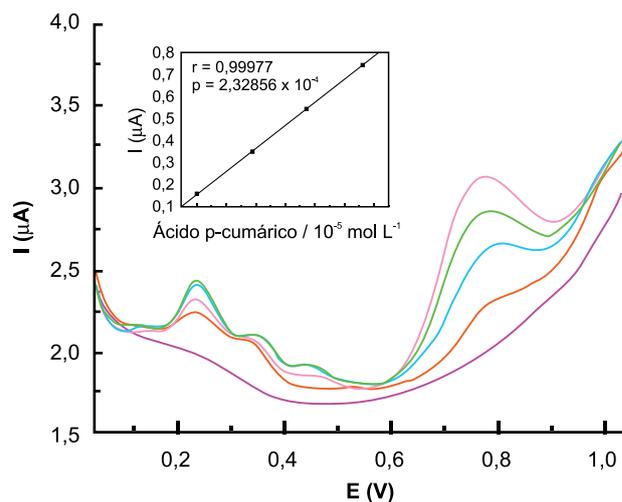


Figura 7. Voltamogramas de pulso diferencial de 750 µL do extrato de cogumelo *Ganoderma lucidum* (vermelho) em tampão fosfato pH 4 (preto), com três adições padrões de ácido p-cumárico (em azul) nas concentrações de $3,4 \times 10^{-5}M$; $7,3 \times 10^{-5}M$ e $14,5 \times 10^{-5}M$. Parâmetros eletroquímicos: velocidade de varredura de 50 mV/s; amplitude de pulso de 50 mV. Eletrodo de trabalho: carbono vítreo. Eletrodo de referência: prata/cloreto de prata (Ag/AgCl). Eletrodo auxiliar: platina (Pt). Inserção: curva de adição padrão com o coeficiente de correlação.

Fonte: Magarelli (2014) e Magarelli et al. (2015).

e seletividade (MATEMADOMBO et al., 2012). As vantagens associadas a esses métodos são várias:

- Baixo custo.
- Possibilidade de uso no campo.
- Fácil operação.
- Geração de pequena quantidade de resíduos químicos.

- Preparação rápida das amostras.
- Possibilidade de avaliar o poder antioxidante dos compostos fenólicos.

Todas as vantagens colocam esses métodos em posição de destaque, pois podem ser aplicados prontamente em paralelo ou em substituição aos métodos espectrofotométricos e cromatográficos, no que diz respeito à detecção de ácidos fenólicos e flavonoides e à sua quantificação em termos de compostos fenólicos totais.

Considerações finais

Quanto aos teores de compostos fenólicos, a caracterização química de cogumelos é de extrema importância para a sociedade, pois os resultados dessas análises poderão ser usados no controle de qualidade dos produtos finais. Nesse controle de qualidade, os produtores rurais selecionarão os produtos de espécies mais ricas em metabólitos bioativos e, portanto, mais adequados para serem comercializados como alimentos funcionais.

Para os consumidores, os benefícios promoverão melhorias na saúde, pois estarão consumindo produtos com ação antioxidante atestada, que atuam na prevenção e no tratamento complementar de doenças. Assim, as pesquisas envolvendo as análises químicas dos compostos fenólicos em cogumelos mostram-se bastante importan-

tes. Diante das técnicas mais tradicionais como a espectrofotometria e a cromatografia, as técnicas voltamétricas aparecem com uma alternativa vantajosa por apresentarem:

- Alta sensibilidade.
- Baixo custo.
- E por gerarem pequenas quantidades de resíduos.

As pesquisas em curso sobre a análise dos compostos fenólicos envolvem, principalmente, o desenvolvimento de metodologias mais eficazes e rápidas de extração dos compostos fenólicos das amostras e na miniaturização dos dispositivos de análise. Tal desenvolvimento permitirá analisar os cogumelos em campo, de maneira bastante precisa e exata.

Referências

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J.P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. Phenolic compounds in foods: a brief review. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ASLIM B.; OZTURK, S. Phenolic composition and antimicrobial and antioxidant activities of

- Leucoagaricus leucothites (Vittad.) Wasser. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, p. 1419-1424, 2011.
- BABU, D. R.; RAO, G. N. Antioxidant properties and electrochemical behavior of cultivated commercial Indian edible mushrooms. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, p. 301-308, 2013.
- BARROS, L.; FALCÃO, S.; BAPTISTA, P.; FREIRE, C.; VILAS-BOAS, M.; FERREIRA, I.C.F.R. Antioxidant activity of *Agaricus* sp. mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. **Food Chemistry**, v. 111, p. 61-66, 2008.
- BARROS, L.; FERREIRA, M.-J.; QUEIRÓS, B.; FERREIRA, I. C. F. R.; BAPTISTA, P. Totals phenols, ascorbic acid, β -carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. **Food Chemistry**, v. 103, p. 413-419, 2007.
- BLASCO, A. J.; GONZALEZ, M. C.; ESCARPA, A. Electrochemical approach for discriminating and measuring predominant flavonoids and phenolic acids using differential pulse voltammetry: towards and electrochemical index of natural antioxidants. **Analytica Chimica Acta**, v. 511, p. 71-81, 2004.
- CAVALCANTE, R. S.; LYRIO, G. A.; MAGARELLI, G.; URBEN, A. F.; DE CASTRO, C. S. P. Otimização do preparo de amostras de cogumelos para a determinação de compostos fenólicos por voltametria de pulso diferencial. In: ENCONTRO DO TALENTO ESTUDANTIL DA EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 18., 2013, Brasília-DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2013. p. 55.
- CHEN, X.-H.; XIA, LE-X.; ZHOU, H.-B.; QIU, G.-ZH. Chemical Composition and Antioxidant Activities of *Russula griseocarnosa* sp. nov. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 6966-6971, 2010.
- GIL, E.S.; COUT, R.O. Flavonoid electrochemistry: a review on the electroanalytical applications. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 3, p. 542-558, 2013.
- FALCÃO, S. I. D. M. **Avaliação da atividade electroquímica em cogumelos silvestres comestíveis**. 2008. Tese (Doutorado) — Faculdade de Ciências do Universidade do Porto, Portugal. Disponível em: <http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_050370112.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2015.
- GAN, C. H.; NURUL AMIRA, B.; ASMAH, R. Antioxidant analysis of different types of edible mushrooms (*Agaricus bisporous* and *Agaricus brasiliensis*). **International Food Research Journal**, v. 20, n. 3, p. 1095-1102, 2013.
- HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships, **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 572-584, 2002.
- KALACĚ, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 2, p. 209-218, 2013.
- KARAMAN, M.; JOVIN, E.; MALBAŠA, R.; MATAVULY, M.; POPOVIC, M. Medicinal and edible lignicolous fungi as natural sources of antioxidative and antibacterial agents. **Phytotherapy Research**, v. 24, p. 1473-1481, 2010.
- KIM, M. Y.; SEGUIN, P.; AHN, J. K.; KIM, J. J.; CHUN, SE, C.; KIM, E. H.; SEO, SU, H.; KANG, E. Y.; KIM,

S. L.; PARK, Y. J.; RO, H. M.; CHUNG, I. M. Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 7265-7270, 2008.

MAGARELLI, G.; LIMA, L. H. C.; SILVA, J. G.; SOUZA, J. R.; DE CASTRO, C. S. P. Rutin and total isoflavone determination in soybean at different growth stages by using voltammetric methods. **Microchemical Journal**, v. 117, p. 149-155, 2014.

MAGARELLI, G.; SILVA, J. G.; SOUSA FILHO, I. A.; LOPES, I.S. D.; SOUZA DE, J. R.; HOFFMANN, L. V.; DE CASTRO, C. S. P. Development and validation of a voltammetric method for determination of total phenolic acids in cotton cultivars. **Microchemical Journal**, v. 109, p. 23-28, 2013.

MAGARELLI, G. Análise de amostras de cogumelos por métodos eletroanalíticos. In: WORKSHOP PARA APRESENTAÇÃO DE MÉTODOS ELETROANALÍTICOS DE CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE COGUMELOS, 1., 2014, Brasília-DF: **Palestra...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2014.

MAGARELLI, G.; CAVALCANTE, R. S.; URBEN, A. F.; DE CASTRO, C. S. P. Aplicação de método voltamétrico para a determinação de compostos fenólicos totais em cogumelos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ELETROQUÍMICA E ELETROANALÍTICA, 20., 2015, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sibe, 2015. v. 1. p. ELA005.

MARTINEZ, J. A.; GARCÍA-LAFUENTE, A.; GUILLAMÓN, E.; VILLARES, A.; ROSTAGNO, M. A. Sample preparation for the analysis of isoflavones from soybeans and soy foods. **Journal of Chromatography A**, 1216, p. 2-29, 2009.

MATEMADOMBO, F.; APETREI, C.; NYOKONG, T.; RODRÍGUEZ-MÉNDEZA, M. L.; SAJA, J. A. Comparison of carbon screen-printed and disk electrodes in the detection of antioxidants using CoPc derivatives. **Sensors and Actuators B**, v. 166-167, p. 457-466, 2012.

MATTILA, P.; KONKO, K.; EUROLA, M.; PIHLAVA, J. M.; ASTOLA, J.; VAHTERISTO, L.; HIETANIEMI, V.; KUMPULAINEN, J.; VALTONEN, M.; PIIRONEN, V. Contents of vitamins, mineral elements, and phenolic compounds in cultivated mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 5, p. 2343-2348, 2001.

MAU, J. L.; LIN, H. C.; CHEN, C. C. Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 6072-6077, 2002.

PACHECO, W. F.; SEMAAN, F. S.; ALMEIDA, V. G. K.; RITTA, A. G. S. L.; AUCÉLIO, R. Q. Voltametrias: uma breve revisão sobre os conceitos. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 4, p. 516-537, 2013.

REIS, F. S.; BARROS, L.; SOUSA, M.J.; MARTINS, A.; FERREIRA, I. C. F. R. Analytical methods applied to the chemical characterization and antioxidant properties of three wild edible mushroom species from northeastern Portugal. **Food Analytical Methods**, n. 7, p. 645-652, 2014.

REIS, F. S.; MARTINS, A.; BARROS, L.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between in vivo and in vitro samples. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, p. 1201-1207, 2012.

REIS, F. S.; PEREIRA, E.; BARROS, L.; SOUSA, M. J.; MARTINS, A.; FERREIRA, I. C. Biomolecule profiles in inedible wild mushrooms with antioxidant value. **Molecules**, v. 16, n. 6, p. 4328-4338, 2011.

RENEDO, O. D.; ALONSO-LOMILLO, M. A.; MARTÍNEZ, M. J. A. Recent developments in the field of screen-printed electrodes and their related applications. **Talanta**, v. 73, p. 202-219, 2007.

RIBEIRO, B.; RANGEL, J.; VALENTA, P.; BAPTISTA, P.; SEABRA, R. M.; ANDRADE, P. B. Contents of carboxylic acids and two phenolics and antioxidant activity of dried portuguese wild edible mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 8530-8537, 2006.

ROBBINS, R.J. Phenolic Acids in foods: An overview of analytical methodology, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2866-2887, 2003.

SILVA, A. C.; JORGE, N. Cogumelos: compostos bioactivos e propriedades antioxidantes. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, p. 375-384, 2011.

SIMIC, A.; MANOJLOVIC, D.; SEGAN, D.; TODOROVIC, M. Electrochemical behavior and antioxidant and prooxidant activity of natural phenolic. **Molecules**, v. 12, p. 2327-2340, 2007.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 6. ed. Bookman: Porto Alegre, 2009.

SMITH, J.; ROWAN, N. J.; SULLIVAN, R. **Medicinal mushrooms**: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. Cancer Research: University of Strathclyde, 2002.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUSA, C. M. M.; ROCHA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C. C.; DA COSTA, C. L. S.; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

STALIKAS, C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. **Journal of Separation Science**, n. 30, p. 3268-3295, 2007.

TRIPATHY, S.S.; RAJORIYA, A.; GUPTA, N. Wild Mushrooms of Odisha: Prospective Candidates of Antioxidant Sources. **Advances in Plants & Agriculture Research**, v. 1, n. 4, 2014.

URBEN, A. F. Produção de cogumelos no Brasil. In: WORKSHOP BRASIL-COREIA SOBRE PRODUÇÃO DE COGUMELOS, 2010. Brasília-DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos E Biotecnologia, 2010. p. 79.

USLU, B.; OZKAN, S.A. Electroanalytical application of carbon based electrodes to the pharmaceuticals. **Analytical Letters**, v. 40, p. 817, 2007.

WANG, X. M.; ZHANG, J.; WU, L.-H.; ZHAO, Y. L.; LI, T.; LI, J. Q.; WANG, Y. Z. A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China. **Food Chemistry**, v. 15, n. 151, p. 279-285, 2014.

YAKOVLEVA, K. E.; KURZEEV, S. A.; STEPANOVA, E. V.; FEDEROVA, T. V.; KUZNETSOV, B. A.; KOROLEVA, O. V. Characterization of plant phenolic compounds by cyclic voltammetry. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 43, p. 661-668, 2007.



Na Livraria Embrapa, você encontra
livros e e-books sobre agricultura, pecuária,
negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse:
www.embrapa.br/livraria

ou entre em contato conosco
Fone: (61) 3448-4236
livraria@embrapa.br

Você pode também nos encontrar nas redes sociais:



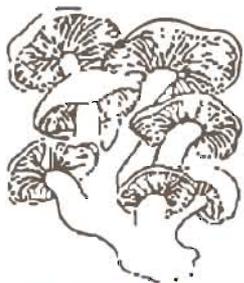
facebook.com/livrariaembrapa



twitter.com/livrariaembrapa

Impressão e acabamento
Embrapa Informação Tecnológica

O papel utilizado nesta publicação foi produzido conforme
a certificação do Bureau Veritas Quality International (BVQI) de Manejo Florestal



Embrapa

**Recursos Genéticos
e Biotecnologia**



Os cogumelos são parte da tradição oriental há mais de 4 mil anos. Desde a década de 1970, seu consumo tem aumentado, sobretudo devido a estudos que sugerem que suas propriedades nutricionais e medicinais proporcionam benefícios à saúde.

A técnica JunCao, iniciada na China em 1983, permitiu grande incremento na produção de cogumelos comestíveis e medicinais. Ela também tornou a produção mais rápida, econômica e ambientalmente segura.

Este livro descreve detalhadamente o uso da técnica JunCao para o cultivo de algumas espécies de cogumelos, traz informações relevantes sobre o manejo da cultura e uso do cogumelo na alimentação, e mostra que o cultivo de cogumelo é uma fonte alternativa de renda para pequenas propriedades rurais.

Direcionado a pesquisadores, estudantes e produtores rurais, este livro visa disseminar o conhecimento sobre técnicas de produção e propriedades funcionais e medicinais dos cogumelos.

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13607