

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**SECAGEM, ARMAZENAGEM E REIDRATAÇÃO DE
COGUMELO SHIITAKE: PARÂMETROS DOS PROCESSOS
E EFEITO SOBRE A QUALIDADE**

SARA MEDEIROS SAMPAIO

CAMPINAS
AGOSTO DE 2003

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**SECAGEM, ARMAZENAGEM E REIDRATAÇÃO DE
COGUMELO SHIITAKE: PARÂMETROS DOS PROCESSOS
E EFEITO SOBRE A QUALIDADE**

SARA MEDEIROS SAMPAIO

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marlene Rita de Queiroz

Dissertação submetida à banca examinadora
para obtenção do título de Mestre em
Engenharia Agrícola na área de concentração
em Tecnologia de Pós-colheita.

CAMPINAS
AGOSTO DE 2003

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

Sampaio, Sara Medeiros
Sa47s Secagem, armazenagem e reidratação de cogumelo
Shiitake: parâmetros dos processos e efeito sobre a
qualidade / Sara Medeiros Sampaio. --Campinas, SP:
[s.n.], 2003.

Orientador: Marlene Rita de Queiroz.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Shiitake. 2. Cogumelos comestíveis. 3.
Cogumelos - Secagem. 4. Cogumelos -
Armazenamento. 5. Reidratação. I. Queiroz, Marlene
Rita de. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Mushroom (Shiitake), drying, storage and re-hydration:
effect on quality parameter process

Palavras-chave em Inglês: Shiitake, Comestible mushrooms, Mushrooms -
Drying, Mushrooms - Storage, Rehydration

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Gilberto Costa Braga, Maria Aparecida Silva

Data da defesa: 27/08/2003

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

DEDICATÓRIA

Ao meu Querido Esposo Alexandrino Lopes de Oliveira por toda felicidade que tem me proporcionado

DEDICO.

Aos meus Queridos Pais Josefa Medeiros de Lima e Bernardino Souza Sampaio pelo amor e cuidados que têm comigo, ao meu pai emprestado João Rodrigues Lima por toda sua amizade e aos meus amados irmãos e familiares

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Marlene Rita de Queiroz, pela orientação e amizade.

À comissão examinadora, pela boa vontade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro.

Ao Fundo de apoio ao ensino e pesquisa pelo apoio financeiro.

Aos Prof. Dr. Pedro Bola e Ademir Petenate, pela orientação estatística e experimental.

Aos Funcionários da FEAGRI e FEA, que colaboraram durante o experimento.

MUITO OBRIGADA!!!

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Gerais.....	10
2.2. Específicos.....	10
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1. Matéria-prima.....	11
3.2. Técnicas de Cultivo.....	18
3.3. Fundamentos de Secagem.....	19
3.4. Armazenagem: aspectos básicos e efeito na qualidade.....	23
3.5. Métodos de Reidratação de Alimentos.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1. Secagem.....	27
4.2. Reidratação.....	31
4.3. Armazenagem.....	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. Estudo da Reidratação.....	35
5.2. Secagem.....	37
5.3. Efeito da armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake.....	45
6. CONCLUSÕES.....	57
6.1. Secagem.....	57
6.2. Reidratação.....	57
6.3. Armazenagem.....	57
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	59
ANEXO.....	67

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. Esquema do secador.....	27
FIGURA 2. Curva de reidratação ao longo do tempo de imersão do cogumelo Shiitake em água.	36
FIGURA 3. Cinéticas experimentais de secagem do cogumelo Shiitake inteiro e fatiado, seco à 50°C e 70°C até 5% de umidade final...	39
FIGURA 4. Comportamento do parâmetro de cor L da face superior do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	46
FIGURA 5. Comportamento do parâmetro de cor L da face inferior do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem em função do uso da embalagem.....	47
FIGURA 6. Comportamento da dureza do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	48
FIGURA 7. Comportamento da dureza do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	49
FIGURA 8. Comportamento da gomosidade do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	51
FIGURA 9. Comportamento do teor de umidade inicial do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	53
FIGURA 10. Comportamento da massa do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.....	56
FIGURA A1. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem dos cogumelos à 70°C (70) nos ensaios com cogumelos inteiros e fatiados (I; F) e umidade final de 5% e 15% (5; 15). As curvas cujos valores variam de 40 a 90 são referentes à umidade relativa do ar.....	68
FIGURA A2. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem dos cogumelos à 50°C (50) nos ensaios com cogumelos inteiros e fatiados (I; F) e umidade final de 5% e 15% (5; 15). As curvas cujos valores variam de 40 a 90 são referentes à umidade relativa do ar.....	68
FIGURA A3. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a armazenagem dos cogumelos secos.....	69

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Composição vitamínica e de minerais do cogumelo.....	16
TABELA 2. Condições de realização dos testes experimentais baseadas em variações de parâmetros do ar de secagem e do produto.....	28
TABELA 3. Condições de realização dos testes experimentais de armazenamento.....	33
TABELA 4. Resumo da análise de variância do processo de reidratação ao longo do período de imersão do cogumelo em água.....	35
TABELA 5. Resumo da análise de variância do teor de umidade (bs) nas cinéticas experimentais de secagem.	36
TABELA 6. Médias do teor de umidade (bs) ao longo do tempo de secagem.....	37
TABELA 7. Médias gerais dos atributos de qualidade do cogumelo Shiitake fresco.	38
TABELA 8. Resumo da análise de variância para o efeito das condições de secagem (temperatura, teor de umidade final e geometria de corte) sobre a cor e a textura do cogumelo Shiitake.....	40
TABELA 9. Efeito da temperatura de secagem sobre a cor L da face superior e inferior do cogumelo Shiitake.....	41
TABELA 10. Resumo do desdobramento da interação entre temperatura de secagem, umidade final e geometria de corte para os parâmetros de textura.	42
TABELA 11. Médias de dureza, mastigabilidade e gomosidade do cogumelo Shiitake sob o efeito das condições de secagem.....	43
TABELA 12. Resumo da análise de variância para o efeito das condições de armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake.....	44
TABELA 13. Resumo da análise de variância da reidratação de cogumelos Shiitake submetidos a diferentes condições de armazenagem....	45
TABELA 14. Resumo do desdobramento das interações entre a geometria de corte e umidade final e entre a embalagem e a geometria de corte para a característica reidratação.....	54
TABELA 15. Efeito da geometria de corte e umidade final sobre a reidratação do cogumelo Shiitake.....	55
TABELA 16. Médias do desdobramento de tempo de armazenagem dentro de umidade inicial sobre a reidratação do cogumelo Shiitake....	55
TABELA 17. Médias do desdobramento de tempo de armazenagem dentro de umidade inicial sobre a reidratação do cogumelo Shiitake....	56
TABELA B1. Médias de cor (parâmetro L de cor) da face superior do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial e tipo de embalagem.....	69
TABELA B2. Médias de cor (parâmetro L de cor) da face inferior do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial e tipo de embalagem.....	70

TABELA B3.	Médias de dureza do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.....	70
TABELA B4.	Médias de mastigabilidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.....	71
TABELA B5.	Médias de gomosidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.	71
TABELA B6.	Médias de teor de umidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.....	72
TABELA B7.	Médias de variação de massa do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.....	72

RESUMO

A finalidade principal deste trabalho foi reunir subsídios para orientar os processos de secagem, armazenagem e reidratação do cogumelo Shiitake. A pesquisa foi realizada durante o ano de 2002 no Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita/Secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas e consistiu em duas etapas: secagem e armazenagem por 3 meses. Os fatores estudados foram: na secagem - geometria de corte (Shiitake inteiro e fatiado), temperatura de secagem (50°C e 70°C), teor de umidade final (5% e 15%); na armazenagem - geometria de corte (Shiitake inteiro e fatiado), teor de umidade inicial (5% e 15%), embalagem (com e sem saco de polipropileno) e tempo de armazenagem (3 meses); na reidratação - tempo de imersão em água (8 tempos), geometria de corte (Shiitake inteiro e fatiado), teor de umidade inicial (5% e 15%) e tempo de armazenagem (3 meses). Os parâmetros de qualidade estudados foram: cor, textura, massa, teor de umidade, capacidade de reidratação. Os parâmetros de secagem estudados foram: cinéticas experimentais de secagem. As cinéticas de secagem mostraram que a secagem ocorreu no período de taxa decrescente e que a secagem dos cogumelos fatiados secos à 70°C ocorreu em menor tempo que os demais tratamentos. A temperatura de secagem de 70°C proporcionou menor escurecimento e os resultados do efeito da secagem sobre a textura do cogumelo foram pouco conclusivos. O tempo de armazenagem afetou a qualidade dos cogumelos ocorrendo maior dureza, gomosidade e escurecimento. Entretanto, o uso da embalagem retardou o escurecimento. Cogumelos fatiados armazenados com 15% de umidade inicial e embalados obtiveram pouca variação de mastigabilidade, teor de umidade e massa durante a armazenagem. O tempo de armazenagem provocou redução da capacidade de reidratação para os cogumelos com 5% de umidade inicial. Os cogumelos fatiados, com 5% de umidade inicial e embalados obtiveram valores de reidratação superiores aos demais tratamentos.

PALAVRAS-CHAVES

Shiitake; *Lentinula-edodes*; cogumelos-comestíveis; secagem; reidratação; armazenagem.

ABSTRACT

Mushroom (Shiitake), drying, storage and re-hydration: effect on quality parameter process determinations.

To orient drying, storage and re-hydration processes, accumulated subsidies by studying some parameters on mushroom Shiitake. During three months, drying, storage and re-hydration processes, were studied on mushroom in 2002 at Drying/Post-harvesting Technology Lab from Agricultural Engineering School of the Campinas State University. In drying process were studied: drying temperature (50° and 70 °C), final moisture content (5% and 15%), cutting geometry (mushroom whole and sliced); in re-hydration process besides drying temperature and cutting geometry, were assessed also, water immersion (8 times), initial moisture content (5%% and 15%) and storage time (3 months); in packing up process; (with/without polypropylene bag), storage time (3 months) and initial moisture content were evaluated. Color, texture, mass, moisture content, and re-hydration capacity,

were also evaluated. Drying kinetics showed that drying occurred at increased rate in the period and sliced mushroom dried at 70° C, occurred in lesser time than other treatments. Drying temperature at 70 °C had less darkening and the results on mushroom texture drying effects were not conclusive. Drying time affected mushroom quality, occurring great hardness, gummosis and darkening. However, packing up use, delayed the darkening. Stored sliced and wrapped mushrooms with 15% initial moisture content had less, chew property variation, moisture content and mass during storage. Storage time provoked re-hydration capacity decrease on mushrooms with 5% of initial moisture. Sliced and wrapped mushrooms, with 5% initial moisture, had re-hydration values greater than other treatments.

Key – words: Shiitake, *Lentinula-edodes*, comestible mushrooms, drying, re-hydration, storage.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de cogumelos nos grandes centros urbanos, devido sobretudo, à busca por uma vida mais saudável e equilibrada, tem estimulado a diversificação do cultivo de novas espécies além do tradicional champignon. Dentre outros, o cogumelo Shiitake [*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler] vem se destacando neste sentido.

O cogumelo Shiitake é muito apreciado por suas qualidades culinárias, nutricionais e medicinais. É empregado em sopas, molhos, pães, biscoitos, peixes e carnes como aditivos, realçando o sabor e aroma dos pratos. Na cosmética tem sido incorporado à fabricação de xampus.

Na China é utilizado pela medicina popular, sendo que suas propriedades terapêuticas são estudadas no mundo todo. No Brasil vem crescendo seu cultivo, sobretudo por pequenos produtores como uma atividade alternativa de renda. Ocupa pouco espaço e exige investimentos de implantação relativamente baixos.

Sua comercialização é feita, principalmente, na forma processada e, em menor escala, *in natura*. Os cogumelos são produtos altamente perecíveis. Sofrem escurecimento muito rápido, depreciando o produto em termos comerciais. Portanto, é necessária a utilização de tratamento antes da comercialização, objetivando o prolongamento da vida útil, que consiste na secagem ou no cozimento.

A secagem de cogumelos tem sido explorada em diversas pesquisas. Em geral, os cogumelos comestíveis possuem alta umidade inicial. Durante o processo de secagem, procura-se baixar drasticamente sua umidade para melhor conservação, tornando a armazenagem segura e livre do desenvolvimento de microorganismos por um período prolongado. Tal fato, associado à ação de enzimas e reações químicas, provoca no produto uma alteração na cor e textura. Entretanto, há poucas pesquisas no Brasil envolvendo o cogumelo Shiitake, seu processo de secagem e sua qualidade durante o armazenamento.

Portanto, é fundamental a ampliação do conhecimento sobre os parâmetros que influenciam o processo de secagem e armazenagem, com a finalidade de estabelecer tecnologias e técnicas adequadas à melhoria do processo de secagem e da qualidade do produto final.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Obter resultados que possibilitem orientar usuários do processo de secagem de cogumelos Shiitake quanto aos parâmetros do processo.

2.2. Específicos

- Estudo preliminar para estabelecimento do tempo de imersão em água no processo de reidratação do cogumelo seco;
- Levantamento das cinéticas experimentais de secagem de cogumelos Shiitake variando a temperatura de secagem e a geometria da matéria-prima;
- Estudo dos efeitos da temperatura de secagem, do teor de umidade final e da geometria de corte sobre a qualidade de cogumelos Shiitake após a secagem;
- Estudo dos efeitos do uso da embalagem e da geometria de corte, da umidade inicial de armazenagem sobre a conservação da qualidade do cogumelo Shiitake durante período de armazenagem de três meses;
- Estudo dos efeitos das condições de armazenagem sobre a capacidade de reidratação de cogumelos Shiitake secos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Matéria Prima

3.1.1. Aspectos econômicos

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estimou, no ano de 2000, a produção mundial de cogumelos, em cerca de 2,4 milhões de t, destacando-se como maiores produtores a China (708 mil t) e EUA (390 mil t). O Shiitake, no mercado mundial, detém o 3º lugar em volume de produção, representando 10% do total de cogumelos produzidos no mundo, atrás do *Agaricus bisporus* (38%) e das várias espécies de *Pleurotus* que juntas somam 25% (FAO, 2003). Ainda segundo a FAO (2003), em 1999 a Holanda era a maior exportadora de cogumelos do mundo, sendo a terceira maior produtora (63,7 mil t), seguida da China (50,1 mil t). Nesse mesmo ano, os maiores importadores de cogumelos eram Inglaterra (59,4 mil t), Alemanha (43,5 mil t) e Japão (35,2 mil t).

No Brasil, o cultivo de cogumelos é relativamente recente. Segundo SINTESE NATURAL (1995) a produção anual brasileira de cogumelos era de aproximadamente 10 mil toneladas, tendo sido observada maior elevação na taxa de crescimento nacional do que nos países tradicionalmente produtores.

MISUNO (1995) reportou que o cultivo de Shiitake, à época, estava bastante difundido no mundo todo. Além da China e do Japão, o cogumelo Shiitake estava sendo bastante cultivado em Taiwan, Tailândia, Coreia, Singapura e ainda em vários países ocidentais, tais como a Holanda, Estados Unidos e Canadá.

O Japão é o maior produtor de Shiitake (VILELA, 2003) e junto com a China divide o primeiro lugar no consumo mundial de Shiitake (fresco e seco). Ainda assim, boa parte da demanda é suprida por importações. O Japão importou no ano de 1999, 31,6 mil toneladas de Shiitake fresco e 9,1 mil toneladas seco. Entretanto, todo cogumelo Shiitake importado pelo Japão vem da China, e assim, os produtores locais vêm perdendo mercado de Shiitake fresco para a China. Em termos de Shiitake seco, a China já representa quase 90% do mercado (GUIA DE MERCADOS, 2003).

O cultivo comercial de Shiitake no Brasil começou ganhar destaque no início dos anos 90 e em 1997 já havia um número considerável de produtores, sendo a grande maioria de pequeno porte (SUNSHIITAKE, 2003).

Na maior parte do Brasil, o Shiitake e o Cogumelo do Sol não necessitam de ambiente climatizado para seu cultivo, facilitando o avanço da produção nacional.

A região do Alto Tietê, em SP, é a maior produtora nacional de cogumelos. Estimativas registraram uma produção local no ano de 2000 de cerca de 2,5 mil toneladas o que corresponderia a mais de 80% da produção nacional (VILELA, 2003). Há produção também em Americana, Atibaia, Cabreúva, Campinas, Itatiba, Vinhedo, Guaíra (RS), algumas cidades do Paraná, Santa Catarina e Rio de Janeiro. Estima-se que 40% de toda a produção nacional tem sido comercializada *in natura* e 60% processada (SÍNTESE NATURAL, 1995). O Shiitake é comercializado fresco em bandejas, seco ou industrializado. No mercado paulista a cotação de preços ao produtor varia de R\$10,00 a R\$12,00 por quilo de produto a granel, R\$12,00 a R\$14,00 por quilo de produto embalado e R\$45,00 a R\$50,00 por quilo de produto desidratado (VILELA, 2003).

A GAZETA MERCANTIL (1997) reportou que uma fazenda do Vale do Paraíba encontrou uma saída para a crise decorrente da redução de demanda de mourões de eucalipto por parte da indústria da construção civil, mediante o uso dos mourões para a inoculação de esporos de cogumelos.

A cultura do Shiitake é uma atividade agrícola concentrada, que exige pequenas áreas para a implantação. Além disso, apresenta baixo custo inicial de implantação. Dados de 1996 demonstraram ser necessário um investimento inicial de aproximadamente R\$ 150,00 a 200,00 para o preparo de 100 toras de eucalipto, o que provavelmente motivou produtores de culturas tradicionais, bem como empreendedores de outros segmentos da economia, diferentes do agro-industrial (BOLETIM INFORMATIVO DO GRUPO DE ESTUDOS “LUIZ DE QUEIROZ”, 1996).

A produtividade brasileira de cogumelo Shiitake está em torno de 200g a 400g/tora/frutificação (COGUMELOS IMPERIAIS, 2004), enquanto nos Estados Unidos da América os produtores de Shiitake faziam referência à produtividade de 100g a 150g/tora/frutificação, admitindo de 8 a 11 frutificações/tora (PRZYBYLOWICZ e DONOGHUE, 1990).

MONTINI e EIRA (1997) afirmam que a produtividade do cogumelo Shiitake na primeira indução é inversamente proporcional ao diâmetro da tora.

3.1.2. Classificação

Segundo TRUFEM e BONONI (1985), alguns povos apresentam a característica de possuírem atração por fungos; tais povos são chamados de “micófilos”. FIDALGO e GUIMARÃES (1985) classificam o povo brasileiro como sendo “não-micófilos”, uma vez que não demonstram grande interesse por estes alimentos. O hábito de comer fungos foi introduzido no Brasil pelos europeus, através de uma culinária sofisticada que dava certo “status” à camada mais abastada da sociedade.

Os cogumelos comestíveis são fungos pertencentes aos mais diferentes gêneros, tais como: *Psalliota*, *Agaricus*, *Pleurotus*, *Boletus*, *Suillus*, *Calvatia*, *Auriculata*, *Lentinus*, etc, ligados a diferentes famílias que, em sua maioria, se acham vinculadas a classe *Basidiomycetes* (FIDALGO e GUIMARÃES, 1985).

Segundo a empresa SÍNTESE NATURAL (1995), as espécies de maior consumo enquadram-se na Ordem Agaricales, da qual faz parte o cogumelo Shiitake.

De acordo com SHIITAKE (2000), o cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*, Sing) pertence à classe Hymenomycetes e à família Tricomataceae.

Atualmente, são conhecidas cerca de 600 espécies de cogumelos comestíveis (RODRIGUES, 1998). De acordo com BISARIA e MADAN (1983), estes números são bem diferentes, existindo cerca de duas mil variedades de cogumelos comestíveis. Entretanto, cerca de 25 são consideradas alimento, e destas, somente 8 a 10 são cultivadas comercialmente.

3.1.3. Descrição do fungo

O Shiitake é um fungo saprófito que coloniza madeiras mortas de várias espécies. Tem o corpo frutífero redondo, com diâmetro que pode chegar até mais de 15 cm e sua coloração pode variar do caramelo ao marrom escuro. As lamelas são bastante características, apresentando uma coloração quase branca, assim como os talos. A curvatura, diâmetro,

coloração, assim como o comprimento e espessura do talo, variam conforme a linhagem do Shiitake (SUNSHIITAKE, 2003).

3.1.4. Composição Química

O consumo de cogumelos como parte da dieta do ser humano vem sendo realizado por milhares de anos e, recentemente, em quantidades crescentes envolvendo um número maior de espécies. Desde há muito tempo, os cogumelos comestíveis são tratados como alimentos especiais, não só por sua textura e sabor, mas também por seu valor nutricional e terapêutico.

Segundo BALBACH (s. d.), o cogumelo é um alimento de alto valor nutritivo, rico em vitaminas e apresenta grande teor de proteínas. Em muitas partes da Europa tem o nome característico de “maná dos pobres” por ser um alimento básico na alimentação dos operários em algumas regiões da Itália e no Sul da França. Também na Rússia, Polônia e Alemanha, os camponeses, durante o outono, colhem grandes quantidades das espécies mais vulgares e as preparam convenientemente para o uso no inverno.

PASCHOALETI (1996) reportou que há diferentes opiniões sobre o valor nutricional dos cogumelos. Muitos autores, em tempos remotos, consideravam os cogumelos excelente fonte nutricional, enquanto outros consideravam tratar-se de alimento sem qualquer valor nutricional.

No Japão, onde seu cultivo é milenar, o Shiitake sempre foi considerado como “elixir da vida” e uma fonte de longevidade e de boa saúde pela antiga teoria medicinal chinesa. Alimento rico em proteínas, o cogumelo Shiitake possui os nove aminoácidos essenciais, e também é considerado ótima fonte de vitaminas, minerais e princípios ativos medicinais (JONG e BIRMINGHAM, 1993). Conforme a empresa SÍNTESE NATURAL (1995), os principais constituintes nutricionais do cogumelo Shiitake são: proteínas (10% a 20%); carboidratos (43% a 78%), tais como manitol, glicogênio, hemicelulose, glicose e levulose; minerais (Ca, Cu, P, K, Mg, Na, Zn e Cromo); lipídeos (1%) e vitaminas (B1, B2, B3, B12, C, D, E, Biotina, Niacina, Ácido Nicotínico).

Em geral, os cogumelos frescos são ricos em água; algumas espécies chegam a apresentar aproximadamente 85 a 95% de umidade e na forma seca, 5 a 20% de umidade de acordo com CRISAN e SANDS (1978) e BREENE (1990).

A proteína é geralmente o contribuinte decisivo para o valor nutricional dos alimentos.

Os cogumelos possuem, de modo geral, alto teor de proteínas. De acordo com AMAZONAS (s. d.), em média, os cogumelos possuem aproximadamente 20% de proteína com base em peso seco, havendo porém, uma grande variação entre as espécies. Desde valores baixos como 4,2-7,7% para as espécies de *Auricularia*, até valores altos como 21,3-43,0% para *Volvarella volvacea* e, conforme CRISAN e SANDS (1978), 33,2% para o gênero *Agaricus*. O Shiitake, quando fresco, contém cerca de 13,4% de proteína bruta com base em peso seco.

Diversos autores citados por BREENE (1990) afirmam que somente 34 a 89% do total de proteína presente nos alimentos é aproveitável pelo organismo.

Segundo AMAZONAS (s. d.), a parede celular do cogumelos apresenta uma alta porcentagem de carbono e, portanto é de se esperar que sejam ricos em carboidratos.

CRISAN e SANDS (1978) e BREENE (1990) citam em suas pesquisas que os cogumelos frescos, de modo geral, possuem uma quantidade variável de carboidratos (3 a 28%). Entretanto, quando comparado a outros alimentos, trata-se de um alimento pouco energético, contendo em uma porção de 50g cerca de 30 kcal (REVISTA SAÚDE E VIDA ON LINE, 2003). De acordo com AMAZONAS (s. d.), os valores de carboidratos totais com base em peso seco variam de 51% (*V. volvacea*) a 88% (espécies de *Auricularia*).

A importância de uma quantidade adequada de fibras na dieta é enfatizada pelos nutricionistas, sendo atualmente, seu teor comumente apresentado nas embalagens e explorado nos mais diversos meios de promoção de muitos produtos alimentícios.

Segundo CRISAN e SANDS (1978) e BREENE (1990), o N-acetilglicosamina é considerado o maior constituinte do conteúdo de fibra dos cogumelos e contém significativa quantidade de nitrogênio não-protéico.

Os valores de fibra, expressos em porcentagem de peso seco, conforme AMAZONAS (s. d.), variam de 4% (*Flammulina velupites*) a 20% (espécies de *Auricularia*).

O papel das vitaminas na dieta humana é bem conhecido. Doenças que resultam da deficiência de certas vitaminas têm sido bem documentadas. Os cogumelos são uma boa fonte das vitaminas. BREENE (1990) e CRISAN e SANDS (1978) demonstraram em seus trabalhos que os cogumelos têm em sua composição uma grande quantidade de vitaminas e minerais, sendo que no Shiitake encontram-se: Tiamina, Riboflavina, Niacina, Cálcio, Fósforo, Ferro e Sódio. As quantidades das vitaminas e minerais presentes no Shiitake podem ser visualizadas na Tabela 1.

De acordo com MELONI e STRINGHETA (1999), o Shiitake é um sofisticado aliado em dietas de perda de peso devido ao seu baixo teor de calorias e, ainda, por possuir vitaminas e minerais tais como: E, B, C e D, cálcio, fósforo, ferro, potássio e fibras, complementando o valor nutricional destas dietas.

TABELA 1. Composição vitamínica e de minerais do cogumelo

Vitaminas e Minerais	Shiitake Seco (Mg/100g Peso Seco)
Tiamina	0,4
Riboflavina	0,9
Niacina	11,9
Cálcio	12,0
Fósforo	171,0
Ferro	4,0
Sódio	19,0

Fonte: BREENE (1990)

Segundo CRISAN e SANDS (1978), os cogumelos contêm todos os aminoácidos essenciais e, ainda os não-essenciais e amidos.

BREENE (1990) afirma que os aminoácidos se apresentam nos cogumelos em ordem decrescente da seguinte forma: metionina, cistina, leucina, isoceulina, valina, lisina, fenilalanina, tirosina, treonina e triptofano.

Segundo PASCHOALETI (1996), o conteúdo de gordura bruta nos cogumelos pode variar de 1 a 20% em base de peso seco. BREENE (1990) afirma que a gordura bruta compreende representantes de todas as classes de componentes lipídicos, incluindo ácidos graxos livres, mono-, di- e triglicerídeos, esteróides e fosfolipídeos.

3.1.5. Valor Medicinal

Os cogumelos são considerados alimentos funcionais, ou seja, alimentos destinados a fornecer uma nutrição adicional em condições especiais de saúde.

BRENE (1990) verificou que espécies populares de cogumelos têm mostrado conter substâncias que previnem ou aliviam câncer, doenças do coração e doenças causadas por infecções viróticas. As pesquisas desenvolvidas a partir de 1963 procuravam provar a eficácia dos cogumelos no tratamento de tumores cancerígenos, doenças viróticas e na redução da taxa de colesterol no sangue.

Ikekawa et al. citados por BRENE (1990) demonstraram que injeções intraperitoniais de extratos aquosos de 6 ou 7 espécies de cogumelos comestíveis inibiram o crescimento de sarcomas (72 a 92% de controle). O extrato do Shiitake mostrou inibir em 97% o crescimento de tumores de sarcoma.

Segundo MELONI e STRINGHETA (1999), o Shiitake é tradicionalmente utilizado na medicina popular chinesa; suas propriedades terapêuticas são objetos de estudos em laboratórios em todo o mundo, principalmente as substâncias capazes de estimular o sistema imunológico dos seres humanos. Desta forma, o Shiitake é recomendado para a prevenção de gripes e outras viroses, no combate à hipertensão e para diminuir o colesterol.

Bianco (1981) citado por JONG e BIRMINGHAM (1993) afirmou que o cogumelo Shiitake possui ação antibiótica, sendo eficiente no combate a *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*.

Mori (1974) citado por BRENE (1990) relatou que o Shiitake pode ajudar a prevenir o alto nível de pressão sangüínea, arteriosclerose, pequenos problemas renais, diabetes, cataratas, neuralgia, pedras na vesícula, paralisação das mãos e dos pés e hemorróidas.

Diversos pesquisadores têm trabalhado no sentido de esclarecer as potencialidades medicinais do Shiitake. A medicina popular mostra que, em humanos, o Shiitake possui funções de fortificar e restaurar os organismos. É recomendado para todas as doenças que envolvam diminuição das funções imunológicas de acordo com JONG e BIRMINGHAM (1993).

Pesquisa realizada com coelhos alimentados com Shiitake, com o objetivo de se avaliar os efeitos do cogumelo sobre a aterosclerose experimental em coelhos, mostrou que os animais alimentados com Shiitake apresentaram maior quantidade de artérias com lesões de

infiltração lipídica e níveis de HDL e colesterol total maiores que os coelhos alimentados sem o Shiitake, não sendo um alimento recomendado na prevenção de doenças relacionadas às artérias (AMARAL et al., 1998).

3.2. Técnicas de Cultivo

O Shiitake costuma ser cultivado em toras de madeira, entretanto, o cultivo em substrato sintético a base de serragem vem sendo difundido. No ano de 1990, a produção de cogumelos em serragem foi de 20% da produção total de Shiitake no Japão (WATANABE, 1993). De acordo com MISUNO (1995), verificou-se uma pequena diferença de aroma e no paladar entre cogumelos cultivados em toras e aqueles encontrados em tocos e árvores mortas em ambiente selvagem. Contudo, quando cultivados em serragem, apresentam textura mais leve e menos aromatizado.

ROYSE (1995) reportou que o cultivo de Shiitake em substrato sintético começou nos Estados Unidos com o uso da serragem como ingrediente básico e depois outros ingredientes passaram a ser utilizados, tais como palhas, espigas de milho e outras misturas.

No Brasil, utilizam-se toras de eucalipto como substrato, o que tem-se mostrado interessante pela abundância de madeira e preço acessível.

A técnica de cultivo consiste primeiramente em isolar o fungo e promover seu desenvolvimento, formando o micélio. O próximo passo é selecionar as toras de eucaliptos. As toras devem medir 1,0 m de comprimento e sua casca deve estar intacta. Inoculam-se as toras, por meio de furos ao longo da madeira, selando-os, posteriormente, com parafina; em seguida, empilham-se as toras para a incubação que dura de 5 a 6 meses, sendo necessário o controle das condições do ambiente e uso de irrigação (TATEZAWA, 1992).

Após este período, realiza-se o choque térmico ou mecânico para que haja a indução da frutificação das toras. O choque térmico é realizado em tanques com água à temperatura baixa, com pelo menos 10°C abaixo da temperatura ambiente; os cogumelos são mergulhados nestes tanques e permanecem nestas condições por 10 a 15 horas. A seguir são transferidos para a câmara de frutificação com umidade relativa do ar de 85%, temperatura de 22°C a 25°C e luminosidade de 500 a 2000 lux (STAMETS, 1993).

Depois de aproximadamente 10 dias, os cogumelos estarão prontos para a colheita e a madeira poderá ser recuperada e reutilizada (ALMEIDA et al., 1999).

3.3. Fundamentos de Secagem

A secagem de produtos agrícolas para fins alimentícios é uma atividade de longa data. Há relatos que remetem aos tempo bíblicos. Entretanto, os avanços tecnológicos e o surgimento de indústrias nesta área só iniciaram-se com a ocorrência das duas grandes guerras mundiais (SALUNKHE et al., 1991). Os alimentos desidratados são mais leves, menos volumosos e têm um incremento considerável de vida útil quando comparado com o alimento fresco.

A secagem é o processo de remoção de parte da umidade de um produto através da evaporação da água contida no mesmo. Baseia-se no mecanismo de transferência simultânea de calor e massa. Quando o calor necessário para a evaporação da água contida no sólido é fornecido através do ar, a diferença de temperatura entre o ar e o produto provoca, simultaneamente, uma diferença de pressão parcial de vapor d'água entre o ar e o produto promovendo a transferência de massa (água).

Analizando o que ocorre no interior do produto, identificam-se os seguintes mecanismos de transporte de água em sólidos (VACAREZZA e CHIRIFE, 1975): difusão devido ao gradiente de concentração, difusão térmica, difusão devido ao gradiente de umidade, escoamento capilar e movimento por gravidade. Os mesmos autores identificam dois períodos distintos durante o processo de secagem: período de taxa constante e período de taxa decrescente.

Para PASCHOALETI (1996), o período de taxa constante de secagem caracteriza-se por manter a superfície do produto em um nível de umidade tal, que a secagem ocorre como se o sistema fosse água pura evaporando. LUIKOV (1966) acrescenta que o fim do período de taxa constante de secagem corresponde ao momento em que a migração interna de água para a superfície do produto não consegue mais compensar a taxa da evaporação da água livre da superfície, neste ponto portanto, tem-se a “umidade crítica”.

JASON (1958) considera que o período de taxa constante é função das condições do ar (temperatura, velocidade, umidade relativa), da direção do fluxo de ar e do formato e área da superfície do produto.

De acordo com HOUDSWORTH (1971), vários fatores influenciam na taxa de difusão da água, entre eles: propriedades físicas do produto, arranjo geométrico do produto em relação à superfície de transferência de calor ao meio, propriedades físicas do ambiente de secagem e características do equipamento de secagem. VAGENAS et al. (1990) incluem ainda a complexibilidade da composição e estrutura do alimento.

O período de taxa decrescente de secagem inicia-se logo após o período de taxa constante e caracteriza-se por ter como agente controlador do processo de secagem a migração interna de umidade (PASCHOALETI, 1996).

CHIRIFE (1981) cita como principais mecanismos de transporte, durante a primeira fase do período de taxa decrescente, o escoamento capilar e difusão de líquido e de vapor, sendo que um mecanismo não exclui necessariamente o outro, podendo ocorrer simultaneamente.

CARNEIRO (1995) afirma que, desde que a quantidade de água na superfície diminui, a velocidade de secagem também diminui. A transferência de calor aumenta, aumentando a temperatura do produto, tendendo para a temperatura do ar de secagem.

3.3.1. Sistemas de secagem

Há diversos métodos de secagem citados na literatura. SALUNKHE et al. (1991) descreve vários deles. Os três grandes grupos são: secagem natural, secagem artificial atmosférica e secagem artificial a vácuo.

A secagem natural é a mais antiga; consiste em expor o produto ao sol em campos ou terreiros.

A secagem artificial atmosférica pode ocorrer de diferentes formas: convectiva, por condução, etc. O processo de secagem ocorre em secador próprio com ou sem ar forçado.

A secagem artificial a vácuo também é conduzida em secador, mas com a redução de ar dentro do sistema.

Na secagem por convecção o ar aquecido passa através ou sobre o produto aquecendo-o, evaporando sua umidade e levando-a, através do fluxo de ar, para fora do secador. Neste método, a velocidade e o tempo de secagem são influenciados principalmente pela temperatura e umidade relativa do ar que alimenta o sistema. O equipamento utilizado neste método é o secador de bandejas, em bateladas ou o de esteira que pode ser contínuo ou semi-contínuo.

3.3.2. Secagem de Cogumelos: aspectos básicos para conservação da qualidade.

Os cogumelos comestíveis são produtos altamente perecíveis (LEITÃO, 1967). São ricos em água quando frescos, apresentando cerca de 95% de teor de umidade (CRISAN e SANDS, 1978) e vida útil de 5 a 6 dias sob refrigeração (KOMANOWSKY et al., 1970). Portanto, a comercialização de cogumelos deve ser realizada após processamento que permita aumentar a vida útil dos mesmos.

Mediante este panorama, a secagem apresenta-se como uma alternativa promissora de se prolongar a vida útil do cogumelo Shiitake e de viabilizar seu armazenamento até o consumo. Os métodos de secagem mais utilizados para cogumelos têm sido os convectivos com alta ou baixa temperatura de secagem, com ou sem o uso de vácuo.

O processo de secagem tem efeitos variados sobre o sabor, a cor e a capacidade de reidratação de cogumelos (BARTOLOMAI, 1974; CHAMARRO et al., 1972). As condições de secagem, tais como temperatura, teor de umidade final e presença ou não de ar (oxigênio) no sistema são aspectos importantes para se obter um produto de qualidade. Li Shing-Tat e Jelen (1987) citados por BONAZZI e WOLF (1992) relataram que a secagem a frio e a secagem a vácuo com baixas temperaturas são dois métodos que fornecem cogumelos de excelente coloração, aroma, sabor e boa capacidade de reidratação.

A combinação do frio com a redução de oxigênio durante a secagem limita a ação da polifenoloxidase, enzima responsável pelo escurecimento de cogumelos (BONAZZI et al., 1991).

Estudos têm sido desenvolvidos com a secagem convectiva de cogumelos por se tratar de um sistema relativamente simples e barato quando comparado com a secagem a vácuo e com a liofilização.

LUH et al. (1975) recomendam a secagem à 65°C enquanto BONAZZI e WOLF (1992) consideram que para a secagem convectiva do *Agaricus bisporus* a faixa ideal de temperatura é de 60°C a 70°C e não a faixa que era recomendada de 55°C a 60°C. Segundo os autores na faixa de 60°C a 70°C há a desnaturação da enzima polifenoloxidase reduzindo o escurecimento do produto. JORGE (1989) confirma esta tese; trabalhando com cogumelos secos observou que a secagem à 80°C proporcionou melhor cor que a secagem à 60°C.

COGUMELOS IMPERIAIS (2004) afirma que a secagem deve ser feita com temperatura de 40°C a 45°C durante as primeiras 2 horas passando para 50°C nas 2 horas seguintes e, a partir daí, secar à 60°C até o término do processo, sempre com muita ventilação. O tempo de secagem, nestas condições, é de 8 a 12 horas.

A cinética de secagem tem sido um instrumento importante no estudo do processo de secagem de cogumelos e outros produtos alimentícios. A cinética de secagem é um dado importante para o dimensionamento e a otimização de uma planta industrial envolvendo o processo de secagem. As taxas de secagem dependem do processo e do equipamento específico em cada estudo. Através do estudo das cinéticas de secagem é possível avaliar, projetar e/ou otimizar o processo de secagem (PARK, 1998).

BEYER e NOREÑA (2000) secaram cogumelos *Agaricus bisporus* com temperatura de secagem de 40°C, 50°C e 60°C e velocidade de ar de 2m/s e 4m/s. Através das curvas de secagem observaram que a taxa de secagem decresce com a redução da umidade, fato comum em processos de secagem de produtos alimentícios, já que o período de taxa constante de secagem é praticamente imperceptível. Verificaram que no período de taxa decrescente de secagem a perda de água do cogumelo se deu por difusão.

MENDES et al. (2000) levantaram as curvas de secagem de cogumelos Shiitake em estufa de ar forçado à 65°C com amostras de 10g picotadas aleatoriamente. Os cogumelos passaram por dois tratamentos antes da secagem: cogumelos frescos (testemunha) e cogumelos branqueados. Com base nas curvas de secagem notou-se que o processo teve duração total de 7.5 horas; 80% da perda de massa ocorreu em 3.5 horas e com 5 horas de processo os cogumelos já tinham perdido 92% de massa.

Embora o trabalho de MANGUEIRA et al. (2000) não tenha sido com cogumelo, os resultados foram interessantes. Os autores obtiveram curvas de secagem de couve flor a 70°C em secador de leito fixo com circulação de ar forçado, indicando que o tempo de secagem,

para obter um produto com 20% a 22% de umidade final, foi de 6 horas. Pelo exame da curva de taxa de secagem verificou-se que o teor de umidade crítica foi de cerca de 75% com valores de taxa de secagem constante na faixa de $6.15\text{mg/cm}^2\cdot\text{min}$.

3.4. Armazenagem: aspectos básicos e efeito na qualidade

A armazenagem de produtos agrícolas para fins alimentícios é uma atividade muito antiga. Um dos primeiros relatos que se tem notícia encontra-se na Bíblia quando José, filho de Jacó, foi vendido por seus irmãos a mercadores, indo parar no Egito; lá ele interpretou o sonho do Faraó dizendo que haveria 7 anos de fartura e 7 anos de seca e fome. Por este feito foi nomeado Governador do Egito e comandou o provimento da armazenagem do excedente de tudo que se produzisse durante os 7 anos de fartura e, desta forma, os egípcios não passaram fome (GÊNESIS 37, 1969).

A armazenagem de produtos agrícolas requer alguns cuidados como: o teor de umidade do produto, a embalagem, as condições de ambiente, etc.

De acordo com KOMANOWSKY et al. (1970), o teor de umidade do cogumelo a ser armazenado deve estar entre 4% e 8%. Teores de umidade inferiores a 4% dificultam sua reidratação e valores acima de 10% favorecem alterações de cor e sabor. Portanto, após a secagem, o cogumelo deve ser embalado hermeticamente para manter seu teor de umidade.

MELONI e STRINGHETA (1999) e LUH et al. (1975) aconselham baixar a umidade do cogumelo Shiitake para 5%, tornando desta forma, a armazenagem segura e livre do desenvolvimento de microorganismos por um período prolongado.

JORGE (1989) armazenou cogumelos secos durante 60 dias em sacos de polietileno de baixa densidade, sob temperatura controlada de 5°C e 25°C . Os cogumelos haviam sido secos sob diferentes temperaturas de secagem. Segundo a autora, a cor dos cogumelos foi influenciada pelo tempo de armazenagem; os cogumelos com 30 dias de armazenamento apresentaram cor melhor que aqueles armazenados por 60 dias. A temperatura de armazenagem não influenciou a qualidade do cogumelo.

ALMEIDA et al. (1999) afirmam que o cogumelo Shiitake pode ser acondicionado em diversos tipos de embalagens, tais como, sacos plásticos, bandejas, caixas plásticas

transparentes, caixas de papel ou sacos de polipropileno, dependendo das condições do cogumelo, se fresco ou processado.

O cogumelo fresco conserva-se em bom estado na geladeira por até 10 dias, porém recomenda-se o consumo dentro de 5 dias após a colheita. Deve-se evitar colocar o cogumelo fresco em recipiente fechado impermeável devido à formação de gotas de vapor condensado dentro do recipiente. Essa água condensada sobre o cogumelo pode causar sua deterioração prematura. Um bom modo de guardar os cogumelos na geladeira é colocá-los em saco de papel ou embrulhá-los em toalhas de papel e depois em sacos plásticos; se colocados diretamente em sacos de papel podem desidratar (COGUMELO HOBBY, 2004).

Após a secagem, o cogumelo deve ser embalado em saco plástico, bem vedado e armazenado em local seco (COGUMELOS IMPERIAIS, 2004). AGISA (2004) considera que os cogumelos desidratados devem ser conservados em recipiente fechado e seco, geralmente sacos de polipropileno, protegidos da umidade e armazenados em ambiente fresco, sem contato direto com a luz do sol. Pode-se acrescentar um desumidificador (sílica gel) dentro dos sacos.

3.5. Métodos de Reidratação de Alimentos

Foram encontrados na literatura alguns métodos de reidratação para um pequeno número de produtos de origem vegetal. Dentre estes, apenas um para cogumelos do gênero *Agaricus*.

CRUZ et al. (2000) trabalharam com hidratação de arroz parboilizado com água aquecida a 65°C, na proporção 1.0:1.5 (massa de produto:massa de água) em diferentes tempos de exposição. Os melhores resultados foram alcançados com 5.5 horas a 65°C.

BRANDEMARTE et al. (2000) reidrataram cenouras, com e sem branqueamento, cortadas em cubos de 1cm, em água fervente por 15 minutos determinando a quantidade de água absorvida por grama de sólido seco. As cenouras branqueadas absorveram mais água quando comparadas às não branqueadas.

MANGUEIRA et al. (2000) reidrataram couve-flor em água fria por 30 minutos, obtendo melhor resultado com a couve-flor pré-tratada com EDTA a 1%.

JORGE (1989) trabalhou com secagem e reidratação de cogumelos *Agaricus bisporus*. A reidratação foi realizada por 4 horas, em temperatura ambiente mergulhando o cogumelo seco em água na proporção 1:10 (massa de produto:massa de água), com adição de 0,6% de NaCl.

De acordo com NATIVE (2004), para reidratar o cogumelo *A. blazei* seco deve-se colocar a quantidade a ser utilizado em um recipiente com água suficiente para cobrí-los e deixar por meia hora, até que tenham a aparência de mole (cogumelos reidratados). BRASIL NATURAL (2004) considera necessário que a água seja filtrada, deixando por meia hora de molho. Já para MUNDO VERDE (2004) deve-se colocar em água quente na proporção de 1000ml de água para cada 50g de Shiitake por 30 minutos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o ano de 2002 no Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita/Secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

As análises de cor e textura foram realizadas nos Laboratórios de Microbiologia e de Nutrição, ambos da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

O experimento foi dividido em duas etapas distintas: 1) Secagem; e 2) Armazenagem.

As condições do ambiente (temperatura e umidade relativa do ar) nas etapas de secagem e armazenagem foram registradas por um higrôtermógrafo e os valores obtidos são apresentados no anexo A.

A matéria-prima utilizada na pesquisa foi o cogumelo Shiitake. As amostras foram obtidas com os produtores da região de Valinhos através da Firma Funghi & Flora. Esta escolha deveu-se à proximidade do local de realização da pesquisa, com a finalidade de se trabalhar com o produto recém-colhido.

Os cogumelos recém-colhidos eram transportados do fornecedor para o laboratório acondicionados em bandejas de isopor com capacidade para 250g do produto, envoltos com PVC flexível. A cada remessa de produto era realizada uma seleção de tamanho e espessura a fim de homogeneizar as amostras. Observou-se uma grande variação no tamanho dos cogumelos, numa faixa de 2 a 6 cm de diâmetro e de 0,5 a 1,5 cm de espessura em média.

Devido à falta de regularidade da colheita do cogumelo, impedindo que se obtivessem remessas diárias do produto, o que permitiria trabalhar com o cogumelo recém-colhido como se desejava, optou-se por obter remessas que fossem suficientes para três ensaios. Assim, as remessas eram divididas em três lotes iguais, os quais eram individualmente embalados em sacos de polietileno e levados à geladeira à 5°C até o momento de serem utilizados.

4.1. Secagem

A secagem do cogumelo foi realizada em um secador com controle de temperatura, que permite também aquisição automática dos dados de massa das amostras e da temperatura de bulbo seco e úmido do ar de secagem. O registro contínuo e automático desses parâmetros foi possibilitado mediante a conexão dos respectivos medidores a um microcomputador. Esse equipamento, apropriado para os estudos de cinética de secagem de produtos agrícolas, foi desenvolvido por QUEIROZ (1994) e encontra-se instalado no Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita/Secagem da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP. A Figura 1 ilustra o esquema da câmara de secagem.

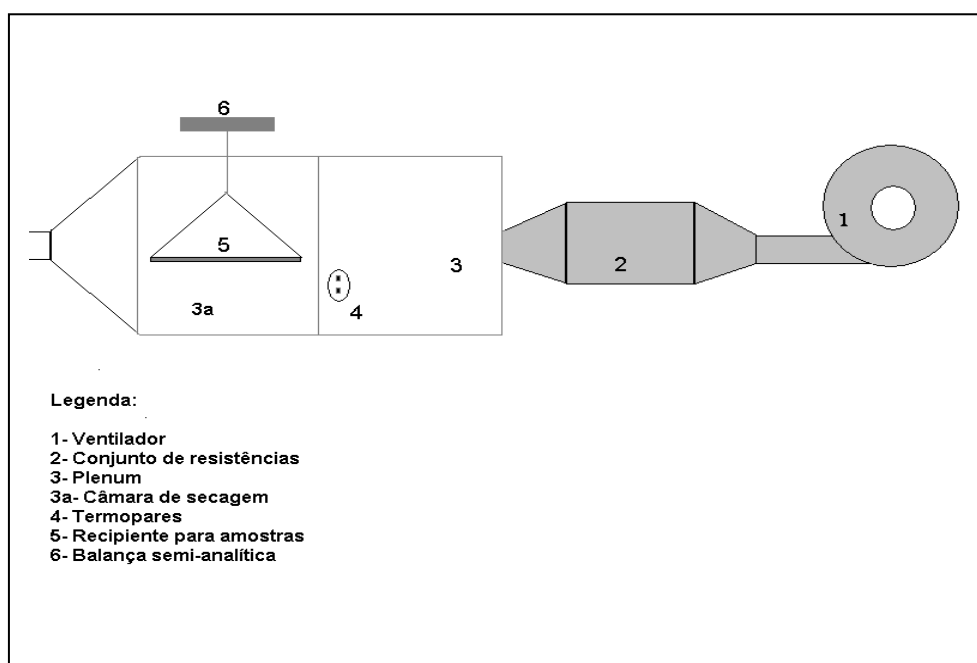


FIGURA 1. Esquema do secador.

Os tratamentos da etapa de secagem foram baseados na combinação de três variáveis: geometria de corte dos cogumelos (inteiros e fatiados); temperatura de secagem (50°C e 70°C) e teor de umidade final dos cogumelos secos (5% e 15%), totalizando 8 tratamentos, conforme detalhados na Tabela 2. Com os dados obtidos nos testes de secagem, foram construídas as curvas de cinética experimental para as situações estudadas.

TABELA 2. Condições de realização dos testes experimentais baseadas em variações de parâmetros do ar de secagem e do produto

Tratamento	Geometria de Corte (G)	Temperatura de Secagem (T) [°C]	Umidade Final (U) [%]
1	Inteiro	50	5
2	Inteiro	50	15
3	Inteiro	70	5
4	Inteiro	70	15
5	Fatiado	50	5
6	Fatiado	50	15
7	Fatiado	70	5
8	Fatiado	70	15

Antes do início da secagem era colhida aleatoriamente uma pequena amostra de 4 cogumelos para a determinação do teor de umidade inicial e da massa seca do cogumelo “*in natura*” para fins de cálculo da massa final correspondente ao teor de umidade final desejado (5% ou 15%), conforme a seguinte expressão:

$$m_f = \frac{m_s}{1 - U_f} \quad (1)$$

Sendo:

- m_f = massa final da amostra (g)
- m_s = massa seca (g)
- U_f = teor de umidade final decimal (bu)

O teor de umidade foi determinado em estufa com circulação forçada à temperatura de 105°C por 24 horas.

Nos ensaios de secagem em que o tratamento envolvia cogumelos fatiados, as fatias eram cortadas manualmente com faca de inox afiada. As dimensões das fatias foram selecionadas com base nas formas comuns de comercialização do produto e mediam 0,5 cm de espessura em média. Já no caso dos tratamentos com cogumelos inteiros, estes não sofriam nenhum tipo de preparo.

Antes do início da secagem, a bandeja do secador era pesada vazia para tarar a balança. Em seguida as amostras eram espalhadas sobre a bandeja, a qual era levada ao secador (anteriormente ligado e ajustado à temperatura de secagem), registrada a massa inicial e dado início à secagem.

Com os dados obtidos nos testes de secagem, foram construídas as curvas de cinética experimental para ambas as geometrias de corte e os níveis de temperatura estudados. Os dados de massa ao longo do tempo de secagem e o conteúdo de matéria seca determinado nas amostras frescas permitiram o cálculo dos respectivos teores de umidade a cada tempo de leitura. Esses resultados possibilitaram a construção das cinéticas experimentais, caracterizadas pelas curvas dos valores adimensionais de teor de umidade em base seca (X/X_0) versus o tempo de secagem.

Ao final da secagem, ou seja, no momento em que o cogumelo alcançava o teor de umidade desejado, o secador era desligado e as amostras eram colocadas num dessecador para esfriarem.

As análises realizadas durante a etapa de secagem foram a determinação de cor e textura do cogumelo fresco e do cogumelo seco após sua reidratação. Objetivou-se verificar a influência do processo de secagem sobre a qualidade do cogumelo seco, bem como comparar com a qualidade do cogumelo fresco. As análises foram realizadas em triplicata.

As análises de cor foram realizadas em Espectrofotômetro digital Mecronal, modelo B-34211, Brasil a 540nm (COLOR QUEST II – CIE Lab). Trata-se de medida direta que permitiu avaliar a cor característica do cogumelo Shiitake e as mudanças causadas no processo de secagem e durante o período de armazenagem. O equipamento foi calibrado tendo no

orifício da luz um filme de PVC esticável com a finalidade única de proteção do equipamento, em função de se utilizar amostras úmidas.

Os parâmetros de calibração foram: reflectância especular incluída (RSIN); modo de calibração D-65 “illuminate”; ângulo de observador de número 10°; valores de branco número 6299g – 03/96 – padrão branco com $x = 77.46$, $y = 82.08$ e $z = 88.38$; valores de cinza número C6299 – 03/96 – padrão cinza com $x = 47.71$, $y = 50.83$, $z = 54.94$; o sistema de cor utilizado foi Hunter Lab. Esse sistema quantifica a luz que incide sobre o produto, atribuindo valores aos parâmetros **L**, **a** e **b**, cujas escalas variam conforme os seguintes padrões: **L** de preto (0) a branco (100); **a** de vermelho (+) a verde (-); **b** de amarelo (+) a azul (-). Nesta pesquisa foi avaliado apenas o parâmetro L porque objetivou-se estudar somente o escurecimento do cogumelo.

As amostras eram constituídas de cogumelos inteiros, secos à temperatura de 50°C e 70°C até alcançar 5% e 15% de umidade final. Os cogumelos fatiados não foram avaliados quanto à cor pois não permitiram o preparo de amostras adequadas à leitura no equipamento. As faces do “chapéu”, expostas ao espectrofotômetro foram a superior (mais escura) e a inferior (mais clara), as quais foram analisadas separadamente. Os cogumelos secos eram reidratados antes de serem analisados.

A textura das amostras frescas e secas (estas últimas previamente reidratadas) foi avaliada em texturômetro STABLE MICRO SYSTEM. Como condição para a realização das análises utilizou-se: Probe P-20 de acrílico, distância entre o probe e a amostra de 3,0 mm, força de 5g e intervalo de 0,5 segundo entre as duas compressões (simulando duas mastigadas). Estas análises permitiram avaliar as alterações de textura devidas à temperatura de secagem, teor de umidade final e geometria de corte.

Nos testes de textura, as amostras de cogumelos eram cilíndricas com diâmetro de 1,0 cm e altura pouco variável de 0,5 cm em média. Para se obter amostras sempre com a mesma área utilizou-se um cilindro de aço inox com diâmetro conhecido e com uma extremidade cortante medindo 1,5 cm de diâmetro, permitindo a obtenção de amostras com dimensões conhecidas e, portanto, homogêneas.

Após estudos preliminares optou-se por utilizar como perfil de textura os valores de dureza, mastigabilidade e gomosidade, pois demonstraram ser os mais expressivos.

A dureza representa a força necessária para produzir uma certa deformação. A mastigabilidade (produto da dureza pela coesividade dividido pela elasticidade) representa a energia requerida para mastigar um alimento até a deglutição. A gomosidade (produto do baixo grau de dureza pelo alto grau de coesividade) representa a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até estar pronto para a deglutição (CIVILLE e SZCZESNIAK, 1973).

Análise Estatística

As cinéticas experimentais de secagem foram analisadas a partir de delineamento em parcelas subdivididas no tempo (Split Plot in Time), num esquema fatorial $2 \times 2 \times 7$ sendo os fatores da parcela, a temperatura de secagem (50°C ; 70°C) e a geometria de corte (Inteiros; Fatiados), e da subparcela, o tempo de secagem (de 0 a 14 horas);

As características de cor e textura na secagem foram analisadas a partir de delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial $2 \times 2 \times 2$, sendo os fatores: temperatura de secagem (50°C ; 70°C), geometria de corte do cogumelo (Inteiros; Fatiados) e umidade final (5%; 15%);

Todos os ensaios, em todas as etapas (secagem e armazenagem), foram conduzidos com 3 repetições e aos dados obtidos foi aplicada análise de variância seguida por testes de comparações múltiplas de acordo com BANZATTO e KRONKA (1995). Todas as análises estatísticas foram executadas no programa computacional SISVAR para Windows, versão 4.0 desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2000).

4.2. Reidratação

Foram realizados estudos preliminares de reidratação a fim de esclarecer aspectos metodológicos e levantamento da curva experimental de reidratação.

Para a determinação da curva de reidratação foram utilizados cogumelos secos, inteiros e fatiados, com 7% de umidade inicial em média e embalados em sacos de polipropileno.

Os tratamentos envolviam dois aspectos: geometria de corte (inteiros e fatiados) e o tempo de imersão em água (7 tempos de avaliação, ou seja, 7 horas). Foram realizadas 3 repetições por tratamento.

Os cogumelos secos com três repetições para cada tratamento eram pesados em balança analítica. Posteriormente as amostras eram imersas em água à temperatura ambiente e pesadas em intervalos de 1 hora durante o período de 7 horas de processo. O excesso de água das amostras era removido com papel toalha, antes da pesagem.

Para imergir os cogumelos em água, utilizaram-se bandejas de isopor com capacidade de 300ml, contendo 250ml de água em média. A quantidade de água utilizada para a reidratação era tal que os cogumelos ficassem totalmente imersos.

Com os dados obtidos nos testes foram construídas as curvas de reidratação para ambas as geometrias de corte. Os dados de massa ao longo do tempo de reidratação (m_t) e de massa anterior à reidratação (m_0) permitiram o cálculo do índice de reidratação (R) a cada tempo de leitura conforme a expressão:

$$R = \frac{m_t - m_0}{m_0} \quad (2)$$

Os resultados possibilitaram a construção das curvas experimentais de reidratação, caracterizadas pelos valores de índice de reidratação versus o tempo.

Quanto à análise estatística, foi aplicado aos dados um delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, sendo a parcela composta pela geometria de corte do cogumelo (Inteiro; Fatiado) e a subparcela pelo tempo de imersão em água (de 0 a 7 horas).

4.3. Armazenagem

Os cogumelos secos foram armazenados numa sala com ar condicionado (26°C em média) que era ligado eventualmente. A umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente foram registrados e reportados na Figura A3 do anexo A.

A etapa de armazenagem foi realizada por um período de três meses utilizando-se cogumelos secos a 50°C.

Os tratamentos envolviam três variáveis: geometria de corte dos cogumelos (inteiros e fatiados); teor de umidade inicial (5% e 15%); e embalagem (com e sem embalagem de polipropileno) totalizando 8 tratamentos conforme descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Condições de realização dos testes experimentais de armazenamento

Tratamento	Geometria de Corte (G)	Umidade Inicial (%)	Embalagem
1	Inteiro	5	Com
2	Inteiro	5	Sem
3	Inteiro	15	Com
4	Inteiro	15	Sem
5	Fatiado	5	Com
6	Fatiado	5	Sem
7	Fatiado	15	Com
8	Fatiado	15	Sem

Os ensaios de armazenagem foram conduzidos com lotes de 13 amostras. Foram realizadas 3 repetições por lote. Uma amostra de cada lote era destinada às análises iniciais (tempo zero) de cor, textura, índice de reidratação e teor de umidade. As 12 amostras restantes foram divididas em 2 sublotos de 6 amostras cada para avaliação do uso da embalagem. Desta forma, 6 amostras eram constituídas de cogumelos embalados e as outras 6 amostras de

cogumelos não embalados. correspondentes aos demais tempos de análise (excetuando o tempo zero) durante os 3 meses de armazenagem. As análises eram realizadas em intervalos regulares de quinze dias.

Para a análise de cor, textura e índice de reidratação as amostras eram previamente reidratadas. Os cogumelos secos eram pesados, imersos em água à temperatura ambiente por 4 horas e novamente pesados. Através da diferença de massa determinava-se o índice de reidratação conforme a expressão (2). Os equipamentos, procedimentos e condições de realização das análises de cor, textura e teor de umidade foram idênticos aos dos ensaios de secagem.

Quanto à análise estatística, aos dados foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 7$ sendo os fatores: umidade final (5%; 15%), geometria de corte do cogumelo (Inteiro; Fatiado), embalagem (com e sem embalagem de polipropileno) e tempo de armazenagem (0 a 6 quinzenas).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Estudo da Reidratação

A reidratação foi estudada em duas etapas. Num primeiro momento foi realizado um estudo preliminar, procurando determinar o tempo necessário de imersão em água para que o cogumelo pudesse reidratar-se satisfatoriamente. Foi também analisada a influência da geometria de corte do cogumelo sobre o tempo de imersão. Posteriormente estudou-se o efeito das condições de armazenagem, tais como umidade final, embalagem, geometria de corte e tempo de armazenagem sobre a reidratação do cogumelo Shiitake.

Na Tabela 4 apresenta-se o resumo da análise de variância do processo de reidratação destacando-se os efeitos do tempo de imersão do cogumelo em água e da geometria de corte do cogumelo.

TABELA 4. Resumo da análise de variância do processo de reidratação ao longo do período de imersão do cogumelo em água.

FV	QM e significância
Geometria de corte (G)	2,29
Tempo de imersão (t_i)	16,24*
G x t_i	0,47
<i>Erro</i>	0,88
<i>CV (%)</i>	11.43

* = valor significativo pelo Teste F ($P < 0,05$).

Observa-se na Tabela 4 que apenas o tempo de imersão (horas) do cogumelo em água apresentou diferenças significativas pelo Teste F ($P < 0,05$), o que indica que o tempo de imersão é fator importante para a reidratação. No caso da associação da geometria de corte com o tempo de imersão percebe-se que não houve diferenças significativas pelo mesmo teste, indicando que a geometria de corte não se comporta como incremento para potencializar os efeitos do tempo de imersão.

Na Figura 2 visualiza-se através da curva de reidratação o efeito do tempo de imersão (horas) sobre a reidratação.

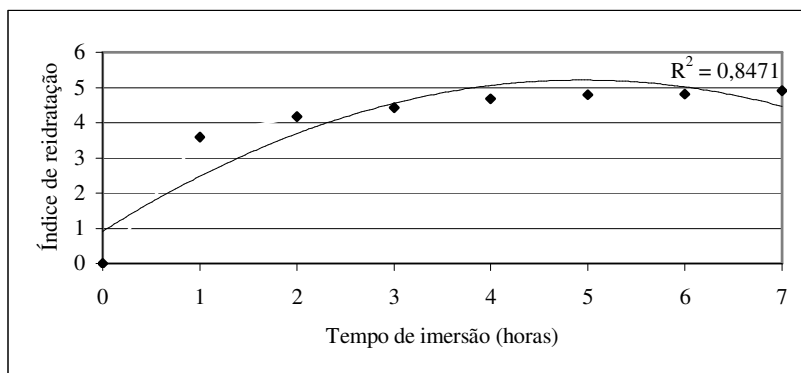


FIGURA 2. Curva de reidratação ao longo do tempo de imersão do cogumelo Shiitake em água.

Observando a Figura 2 nota-se que a reidratação do cogumelo, realizada por um período de 7 horas, varia bastante nas primeiras horas de imersão em água tornando-se menor nas últimas horas estudadas. Este fato pode ser melhor avaliado ao se observar a Tabela 5, onde são apresentadas as médias de reidratação.

TABELA 5. Efeito do tempo de imersão em água sobre a capacidade de reidratação.

	Tempo de imersão (horas)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
R	0,00c	3,59b	4,18ab	4,43ab	4,67a	4,80a	4,81a	4,92a

R = índice de reidratação; médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$)

Nota-se na Tabela 5 que de 0 a 4 horas de imersão em água a variação de massa das amostras foram diferentes entre si pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$) e que após 4 horas de imersão o índice de reidratação não apresenta diferença significativa, mostrando que a partir de 4 horas o cogumelo parece não absorver mais água. Provavelmente porque 4 horas são suficientes para uma plena reidratação.

Com base neste teste, adotou-se o tempo de 4 horas para o processo de reidratação do cogumelo nos estudos de secagem e armazenagem.

5.2. Secagem

5.2.1. Cinéticas de secagem

Na Tabela 6 são apresentados, resumidamente, os resultados da análise estatística que permitiram avaliar a influência da temperatura de secagem, geometria de corte dos cogumelos e tempo de secagem sobre as curvas cinéticas experimentais dos testes.

TABELA 6. Resumo da análise de variância do teor de umidade (bs) nas cinéticas experimentais de secagem.

FV	GL	QM e significância
Temperatura de secagem (T)	1	0,90*
Geometria de corte (G)	1	2,64*
Tempo de secagem (S)	13	1,06*
TxG	1	0,04*
TxS	13	0,01*
GxS	13	0,03*
TxGxS	13	0,02*
Erro	112	0,000002
CV (%)	-	0,34

* = significativo à 5% pelo Teste F

Observa-se na Tabela 6 que a interação entre temperatura de secagem, geometria de corte e tempo de secagem foi significativa estatisticamente.

Na Tabela 7 a seguir são apresentadas as médias e o resultado do Teste de Tukey do desdobramento do tempo dentro da temperatura de secagem e geometria de corte.

TABELA 7. Médias do teor de umidade (bs) ao longo do tempo de secagem.

Tempo de secagem (horas)	Cogumelos fatiados		Cogumelos inteiros	
	Secos à 50°C	Secos à 70°C	Secos à 50°C	Secos à 70°C
1	1,00 a	1,000 a	1,00 a	1,00 a
2	0,87 b	0,765 b	0,95 b	0,96 b
3	0,76 c	0,648 c	0,89 c	0,86 c
4	0,62 d	0,402 d	0,83 d	0,75 d
5	0,49 e	0,255 e	0,77 e	0,64 e
6	0,41 f	0,204 f	0,71 f	0,54 f
7	0,30 g	0,128 g	0,66 g	0,45 g
8	0,22 h	0,061 h	0,60 h	0,37 h
9	0,16 i	0,027 i	0,55 i	0,30 i
10	0,11 j	0,008 j	0,51 j	0,23 j
11	0,07 k	0,005 jk	0,46 k	0,18 k
12	0,05 l	0,005 jk	0,42 l	0,14 l
13	0,04 m	0,004 k	0,38 m	0,10 m
14	0,03n	0,004 k	0,34 n	0,08 n

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P<0,05$).

Observa-se na Tabela 7, conforme esperado, que em todos os tratamentos o tempo apresentou diferenças estatisticamente significativas ($P<0,05$), exceto para os cogumelos fatiados secos à 70°C em que a partir de 10 horas de secagem as médias do teor de umidade passaram a ser semelhantes. Neste tratamento, o teor de umidade a partir de 10 horas de processo torna-se muito menor que nos demais tratamentos, provavelmente revelando a tendência ao teor de umidade de equilíbrio. Observando o tempo 14 nota-se que os cogumelos inteiros e secos à 50°C ainda apresentavam um teor de umidade muito superior aos demais tratamentos, devido à maior lentidão do processo de secagem nestas condições.

Na Figura 3 são apresentadas as curvas de cinéticas experimentais de secagem correspondentes aos níveis de temperatura e geometria de corte estudados.

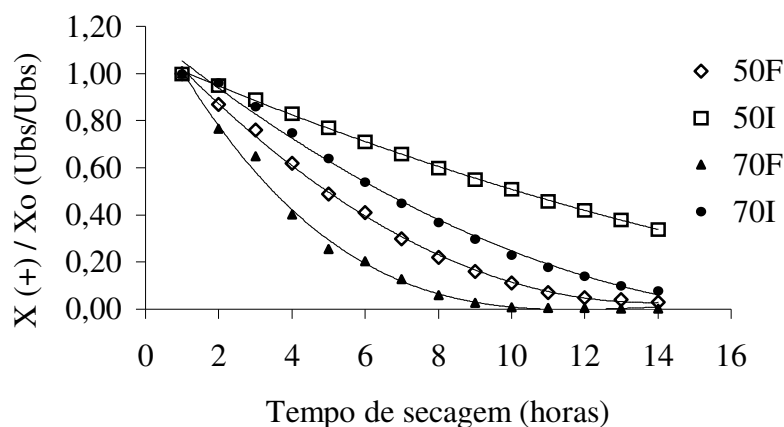


FIGURA 3. Cinéticas experimentais de secagem do cogumelo Shiitake inteiro e fatiado, seco à 50°C e 70°C até 5% de umidade final.

Pode-se observar na Figura 3 que a taxa de secagem (entendida como a tangente da curva em cada ponto) decresce ao longo do processo à medida que o cogumelo perde umidade. O mesmo ocorreu quando BEYER e NOREÑA (2000) secaram cogumelos *Agaricus bisporus* com temperatura de secagem de 40°C, 50°C e 60°C e velocidade de ar de 2m/s e 4m/s. Através das curvas de secagem observaram que a taxa de secagem decresce com a redução da umidade e, segundo os autores, este fato é comum em processos de secagem de produtos alimentícios pois o período de taxa constante de secagem é praticamente imperceptível.

Nota-se ainda na Figura 3 que os cogumelos fatiados e secos à 70°C (70F) secaram mais rapidamente, finalizando a secagem com aproximadamente 8,5 horas, tempo este próximo ao obtido por MENDES et al. (2000). Estes autores determinaram as curvas de secagem de cogumelos Shiitake em estufa com ar forçado à 65°C usando amostras de 10g picadas aleatoriamente; com base nas curvas de secagem notaram que o processo teve duração total de 7,5 horas. O tratamento realizado com os cogumelos inteiros e secos a 50°C (50I), apresentou tempo superior a 14 horas o que pode significar maior consumo de energia. Observa-se ainda que provavelmente, a geometria de corte tem um papel mais decisivo no processo de secagem do que a temperatura, já que os cogumelos fatiados secaram mais rapidamente que os inteiros, mesmo quando a temperatura era mais baixa. Um aumento de 20°C na temperatura de secagem não foi suficiente para compensar os efeitos do aumento da

área de exposição, o que pode ser confirmado comparando-se as curvas correspondentes a 70I e 50F.

5.2.2. Efeito das condições de secagem sobre a qualidade (cor e textura) do cogumelo

Buscou-se avaliar durante o desenvolvimento do experimento o efeito das condições de secagem e armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake tendo como base os atributos de cor e textura do cogumelo fresco. Num primeiro momento serão apresentados os efeitos da secagem e, posteriormente, da armazenagem.

A seguir, apresentam-se na Tabela 8 as médias de cor e textura do cogumelo fresco para posterior comparação com o cogumelo reidratado após a secagem e armazenagem, destacando-se como atributos de qualidade o parâmetro L de cor (que aqui será tratado apenas como Cor L) da face superior (CLS) e inferior (CLI) do cogumelo e a textura avaliada através da dureza, mastigabilidade e gomosidade.

TABELA 8. Médias gerais dos atributos de qualidade do cogumelo Shiitake fresco.

	CLS	CLI	Dureza	Mastigabilidade	Gomosidade
Média Geral	24	71	132	65	75
CV (%)	9	3	3	8	0,4

Observa-se na Tabela 8 que a cor L da face inferior do cogumelo (CLI) apresenta um valor aproximadamente três vezes maior que a da face superior, indicando que a face inferior é mais clara que a face superior.

De modo geral, os valores médios de cor e textura do cogumelo fresco representa um parâmetro interessante para a avaliação do efeito da secagem e armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake, tendo em vista que os dados sobre estas características, em cogumelos secos, são bastante escassos na literatura.

Na Tabela 9 são apresentados, resumidamente, os resultados da análise de variância que demonstram a influência da secagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake.

TABELA 9. Resumo da análise de variância para o efeito das condições de secagem (temperatura, teor de umidade final e geometria de corte) sobre a cor e a textura do cogumelo Shiitake.

FV	GL	QM e Significância				
		CLS	CLI	Dureza	Mastigabilidade	Gomosidade
T	1	1016,08*	619,15*	596,01*	7366,60*	9993,06*
U _f	1	0,18 NS	15,14 NS	30561,60*	15272,47*	11970,72*
G	1	-	-	8169,82*	137,36 NS	2072,70*
TxU _f	1	4,93 NS	27,01 NS	38423,48*	19041,93*	31180,39*
TxG	1	-	-	1672,06*	3882,24*	7697,79*
U _f xG	1	-	-	2714,72*	7106,31*	18010,23*
TxU _f xG	1	-	-	4703,29*	5991,59*	3041,68*
Erro	47	1,64	12,31	109,02	75,22	72,02
CV (%)	-	16,71	5,64	12,04	14,20	11,29

* = valores significativos pelo Teste F (P<0,05); NS = valores não significativos pelo Teste F (P<0,05); T = temperatura de secagem; U_f = umidade final; G = geometria de corte.

Observa-se na Tabela 9 que apenas a temperatura de secagem apresentou influência estatisticamente significativa sobre a cor L da face superior e inferior do chapéu enquanto que para a textura, a interação entre temperatura de secagem, umidade final e geometria de corte foi significativa indicando possivelmente, que o processo de secagem tem efeitos variados sobre o sabor, a cor e a capacidade de reidratação de cogumelos, como foi reportado por BARTOLOMAI (1974) e CHAMARRO et al. (1972).

5.2.2.1. Efeito das condições de secagem sobre a cor do cogumelo

Ressalta-se novamente que a avaliação da cor L dos cogumelos Shiitake foi realizada apenas em cogumelos inteiros devido à dificuldade de se adequar as amostras de cogumelos fatiados ao equipamento de medida (colorímetro), motivo pelo qual justifica-se a ausência de valores na Tabela 9 correspondentes às interações que incluem a geometria de corte.

Na Tabela 10 a seguir, são apresentadas as médias de cor em cada temperatura de secagem.

TABELA 10. Efeito da temperatura de secagem sobre a cor L da face superior e inferior do cogumelo Shiitake.

Temperatura de secagem (°C)	CLS	CLI
50	1,16	67,28
70	14,17	57,12

Observa-se na Tabela 10 que a cor L da face superior dos cogumelos secos a 50°C e 70°C, de modo geral, apresentou valores muito baixos quando comparados com os valores do cogumelo fresco (Tabela 7), demonstrando que os cogumelos após a secagem apresentavam uma coloração mais escura em sua face superior. Observa-se ainda que a cor L da face superior dos cogumelos secos à 70°C foi maior, portanto, mais clara que os secos à 50°C para as condições de secagem do presente trabalho. JORGE (1989) observou que a secagem de cogumelos à 80°C proporcionou melhor cor que a secagem à 60°C. É possível que a temperatura mais alta inative as enzimas responsáveis pelo escurecimento da face superior do cogumelo Shiitake, nestas condições. Segundo BONAZZI e WOLF (1992) na faixa de 60°C a 70°C há a desnaturação da enzima polifenoloxidase reduzindo o escurecimento do produto.

Para o caso da cor L da face inferior observa-se que os cogumelos secos à 50°C obtiveram resultado maior que os secos à 70°C, o contrário do que ocorreu na face superior. Este valor é bem parecido com a média do cogumelo fresco (CLI = 71) o que pode indicar a pequena variação da cor L da face inferior.

5.2.2.2. Efeito da secagem sobre a textura do cogumelo

A textura foi avaliada a partir dos parâmetros de dureza, gomosidade e mastigabilidade nos cogumelos inteiros e fatiados reidratados. Os valores mais baixos desses parâmetros indicam cogumelos mais tenros, ou seja, em termos gerais, “maior facilidade na mastigação”. Para efeito de discussão considerou-se que cogumelos com valores de dureza, gomosidade e mastigabilidade mais adequados são aqueles que se aproximam mais do cogumelo fresco, já que não foram encontrados na literatura dados que permitissem estabelecer a preferência do consumidor.

É importante ressaltar que as avaliações instrumentais de textura foram cercadas de dificuldades. Uma das dificuldades encontradas durante a realização do experimento foi a diferença de textura das diferentes porções do cogumelo Shiitake. O cogumelo é formado por um píleo (“chapéu”) e um estipe (“talo”). Observou-se, através da manipulação das amostras, que as regiões do “chapéu” mais próximas do “talo” pareciam mais resistentes que as regiões periféricas. Tais constatações dificultaram a obtenção de amostras experimentais homogêneas já que a amostra preparada para a realização das análises deveria ter um diâmetro pré-estabelecido. Havia também uma variação de resistência entre os próprios cogumelos, mesmo sendo do mesmo lote, sendo possivelmente as causas de alguns resultados pouco conclusivos.

Observou-se na Tabela 9 que todas as fontes de variação apresentaram diferenças significativas pelo Teste F ($P < 0,05$) para a textura, exceto no caso da mastigabilidade que não foi influenciada estatisticamente pela geometria de corte. A seguir, na Tabela 11, apresenta-se o desdobramento da interação entre a temperatura de secagem, umidade final e geometria de corte para a dureza, mastigabilidade e gomosidade.

TABELA 11. Resumo do desdobramento da interação entre temperatura de secagem, umidade final e geometria de corte para os parâmetros de textura.

FV (T:U:G)	GL	QM e Significância		
		Dureza	Mastigabilidade	Gomosidade
T:5%:Fatiado	1	19751,10*	343,47*	2981,16*
T:5%:Inteiro	1	965,17*	1131,02*	484,63*
T:15%:Fatiado	1	15391,14*	1768,56*	4466,02*
T:15%:Inteiro	1	9287,43*	33039,31*	43981,10*
Erro	0	109,02	75,22	72,02

T:U:G = desdobramento de temperatura de secagem (T) dentro de umidade final (U) e geometria de corte (G); * = valores significativos pelo Teste F ($P < 0,05$).

Observando-se a Tabela 11, nota-se que a temperatura de secagem em todos os níveis de umidade final e geometria de corte apresentou efeitos significativos estatisticamente sobre os atributos de textura. Na Tabela 12 a seguir são apresentadas as médias de textura.

TABELA 12. Médias de dureza, mastigabilidade e gomosidade do cogumelo Shiitake sob o efeito das condições de secagem.

Textura	T (°C)	Desdobramento T:U:G			
		T:5%:Fatiado	T:5%:Inteiro	T:15%:Fatiado	T:15%:Inteiro
Dureza	50	24,42	46,97	168,31	119,18
	70	107,56	64,91	96,68	63,54
Mastigabilidade	50	48,38	23,07	77,21	145,26
	70	59,08	42,48	52,93	40,31
Gomosidade	50	69,52	27,05	97,42	164,27
	70	101,05	39,76	58,84	43,19

T:U:G = desdobramento de temperatura de secagem dentro de umidade final e geometria de corte; T = temperatura de secagem.

Observa-se na Tabela 12, que os cogumelos inteiros e fatiados, secos à 50°C e com 5% de umidade final possuem médias de dureza, mastigabilidade e gomosidade menores que os secos à 70°C nas mesmas condições. No entanto, este efeito se inverte quando os cogumelos têm 15% de umidade final. Nota-se ainda, que os cogumelos fatiados, quando secos à 70°C, possuem dureza, mastigabilidade e gomosidade maiores que os cogumelos inteiros. Portanto, registra-se que a análise é inconclusiva em termos do efeito da temperatura de secagem sobre a dureza, mastigabilidade e gomosidade, pois com 5% de umidade final os cogumelos secos à 70°C obtiveram valores maiores destas características enquanto que nos cogumelos com 15% de umidade final o efeito da temperatura de secagem é inverso.

Por outro lado, comparando-se os valores de dureza, mastigabilidade e gomosidade dos cogumelos secos à 70°C com os valores do cogumelo fresco, pode-se concluir que a secagem afeta a textura do cogumelo Shiitake. Note-se que, em geral, os tratamentos de secagem que demandaram maior tempo de processo produziram cogumelos secos (e reidratados para as análises) com valores dos atributos de textura bem inferiores, comparativamente aos valores correspondentes ao cogumelo fresco. Essa variação drástica de textura pode ser atribuída a alguma alteração estrutural do cogumelo causada pelo longo tempo de exposição do produto a condições adversas resultando num “amolecimento” pronunciado após a reidratação.

5.3. Efeito da armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake

O resumo da análise de variância do efeito das condições de armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake é apresentado na Tabela 13.

TABELA 13. Resumo da análise de variância para o efeito das condições de armazenagem sobre a qualidade do cogumelo Shiitake.

FV	GL	<i>QM e Significância</i>						
		CLS	CLI	DUR	MAT	GOM	Massa	U
G	1	-	-	8048,93*	17661,98*	1807,08*	0,19*	0,004*
E	1	160,25*	429,13*	7531,74*	18614,09*	3667,35*	0,34*	0,002*
UI	1	62,89*	6,73	614,60	11235,72*	246,91	0,39*	0,054*
T	6	183,39*	221,10*	14663,64*	5348,43*	9818,45*	0,03*	0,004*
G x E	1	-	-	156,81	5854,69*	401,11	0,00009	0,0001
G x UI	1	-	-	28508,86*	5426,90*	766,94*	0,21*	0,001*
G x t	6	-	-	11943,42*	3415,67*	3139,60*	0,03*	0,001*
E x UI	1	36,48*	483,26*	6,12	1130,59*	6942,73*	0,009	0,005*
E x t	6	116,88*	51,09*	16113,52*	5587,51*	4497,34*	0,03*	0,001*
UI x t	6	117,02*	15,14	11212,90*	5135,04*	7504,12*	0,03*	0,012*
GxExUI	1	-	-	6390,27*	4277,55*	2984,14*	0,005	0,002*
GxE x t	6	-	-	5421,26*	1531,63*	1435,14*	0,03*	0,002*
GxUI x t	6	-	-	7706,97*	3511,73*	3859,76*	0,03*	0,0004*
ExUI x t	6	58,88*	37,99*	6032,64*	5802,63*	3156,89*	0,02*	0,0009*
GxExUI x t	6	-	-	4995,17*	3013,61*	1135,23*	0,01*	0,001*
Erro	112	2,06	11,68	322,88	89,52	154,23	0,005	0,0001
CV (%)	-	17,22	6,87	15,12	14,65	15,07	0,74	7,17

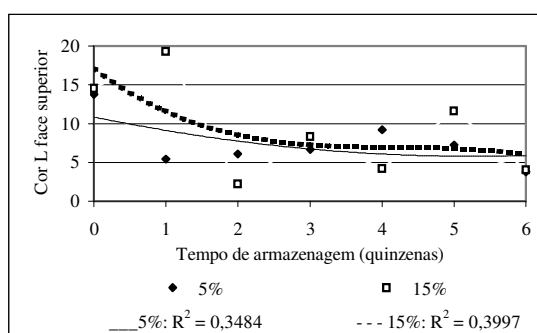
G = geometria de corte; E = embalagem; UI = umidade inicial; t = tempo de armazenagem; DUR = dureza; MAT = mastigabilidade; GOM = gomosidade; U = teor de umidade; * = valores significativos pelo Teste F ($P < 0,05$).

Analisando os resultados da Tabela 13, nota-se que para o parâmetro de cor L na face superior e inferior do cogumelo (CLS e CLI) a interação entre embalagem, umidade inicial e tempo de armazenagem foi estatisticamente significativa. Para as demais características avaliadas, foi significativa a interação entre geometria de corte, embalagem, umidade inicial e tempo de armazenagem. Devido a dificuldade de se explicar interações com muitos fatores, optou-se por estudar as interações com apenas dois fatores que foram igualmente significativas.

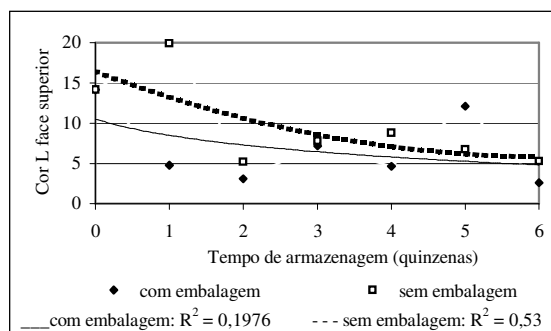
5.3.1. Comportamento da cor durante a armazenagem

Na Figura 4 visualizam-se as curvas de tendência do comportamento da cor L da face superior (CLS) do cogumelo Shiitake armazenado durante 3 meses com e sem embalagem e com 5% e 15% de umidade inicial. As médias são apresentadas na Tabela B1 do anexo B.

Registra-se que a análise da influência dos fatores sobre as variáveis estudadas foi baseada em curvas de tendência do comportamento das mesmas durante o tempo de armazenagem (embora com R^2 baixo) para evitar que as oscilações das medidas nos diferentes tempos impedissem a visualização do comportamento das curvas.



a) Efeito do teor de umidade inicial



b) Efeito do uso de embalagem

FIGURA 4. Comportamento do parâmetro de cor L da face superior do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.

Observa-se na Figura 4 que há uma tendência à redução do valor de L (ou seja, aumento do escurecimento) na face superior do cogumelo ao longo do tempo de armazenagem em todos os tratamentos de umidade inicial e embalagem. No caso do estudo dos teores de umidade (5% e 15%), nota-se que a partir da terceira quinzena o escurecimento torna-se mais lento. Já no caso do estudo das embalagens, percebe-se que, embora haja escurecimento em

ambos os tratamentos, os cogumelos embalados escurecem mais lentamente que aqueles armazenados sem embalagem, mostrando que a embalagem parece colaborar para a conservação da cor do cogumelo seco.

As tabelas com os resultados dos desdobramentos das interações entre o tempo de armazenagem e o teor de umidade inicial, bem como entre o tempo de armazenagem e a embalagem e as tabelas com as médias em cada caso são apresentadas no anexo B.

A tendência do comportamento do parâmetro de cor L da face inferior do cogumelo Shiitake em função do uso de embalagem durante o tempo de armazenagem é apresentado na Figura 5.

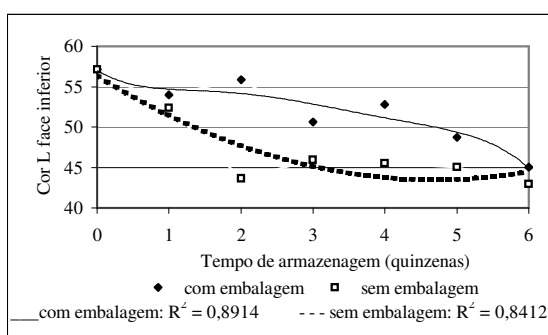
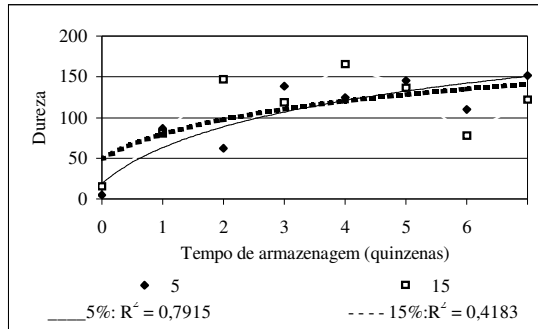


FIGURA 5. Comportamento do parâmetro de cor L da face inferior do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem em função do uso da embalagem.

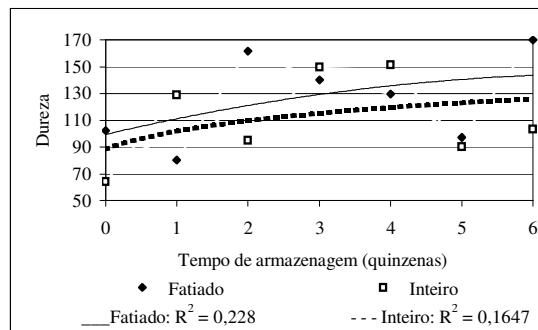
Observa-se na Figura 5 que os cogumelos secos armazenados com e sem embalagem apresentam um aumento do escurecimento ao longo do tempo de armazenagem. Os cogumelos embalados apresentam uma coloração mais clara que os não embalados ao longo de todo o período de armazenagem. O uso da embalagem parece retardar o escurecimento do cogumelo.

5.3.2. Comportamento da textura (dureza, gomosidade e mastigabilidade) durante o período de armazenagem.

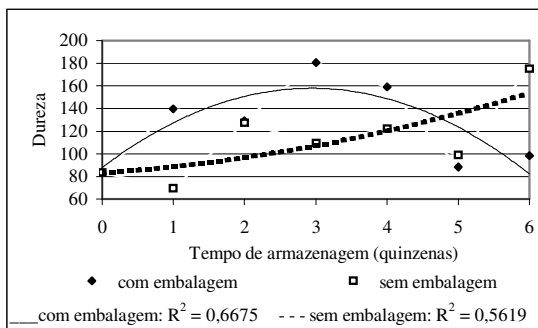
Na Figura 6 visualiza-se a tendência do comportamento da dureza do cogumelo Shiitake (com 5% e 15% de umidade inicial; fatiado e inteiro; com e sem embalagem) ao longo do período de armazenagem.



a) Efeito do teor de umidade inicial



b) Efeito da geometria de corte



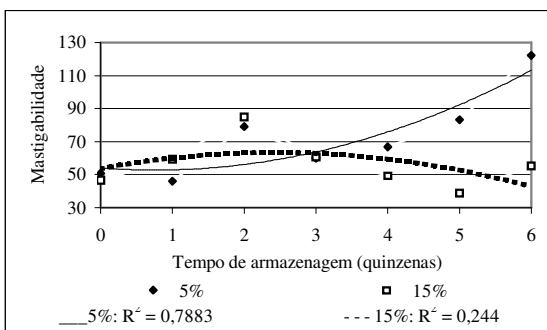
c) Efeito do uso da embalagem

FIGURA 6. Comportamento da dureza do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.

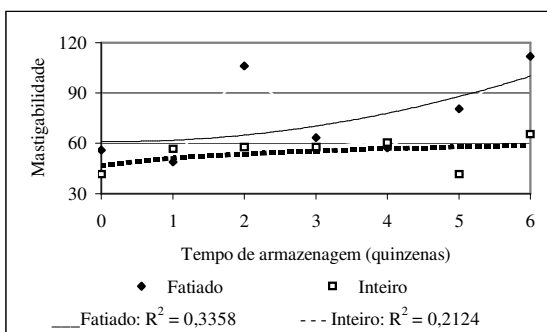
Observa-se na Figura 6 que a dureza dos cogumelos com 5% e 15% de umidade inicial, inteiros e fatiados, tende a aumentar ao longo do tempo de armazenagem, sugerindo que o teor de umidade e a geometria de corte do cogumelo, dentro dos níveis estudados, parecem não impedir que o cogumelo endureça durante a armazenagem. Quando observa-se os cogumelos com e sem embalagem, percebe-se que a dureza tende a aumentar em ambos até a terceira quinzena e, a partir deste ponto, os cogumelos sem embalagem continuam aumentando a dureza enquanto os cogumelos embalados têm sua dureza reduzida, tendendo a

dureza inicial. Portanto, parece que a embalagem interfere positivamente na dureza dos cogumelos armazenados.

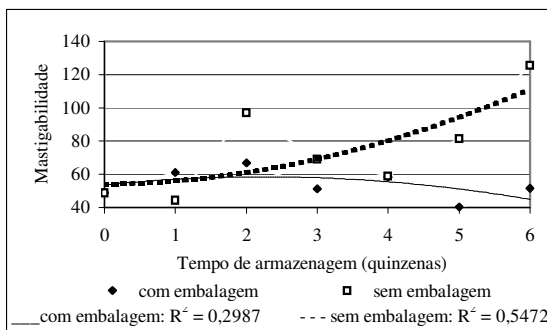
Na Figura 7 visualiza-se a tendência do comportamento da mastigabilidade do cogumelo Shiitake (com 5% e 15% de umidade inicial; fatiado e inteiro; com e sem embalagem) ao longo do período de armazenagem.



a) Efeito do teor de umidade inicial



b) Efeito da geometria de corte

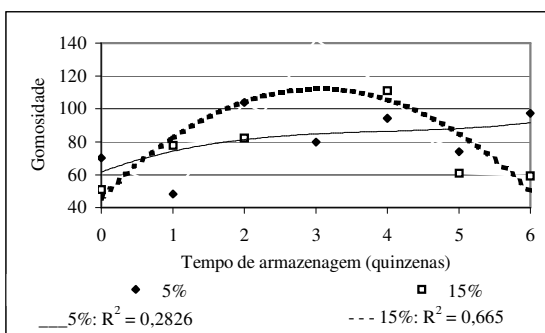


c) Efeito do uso da embalagem

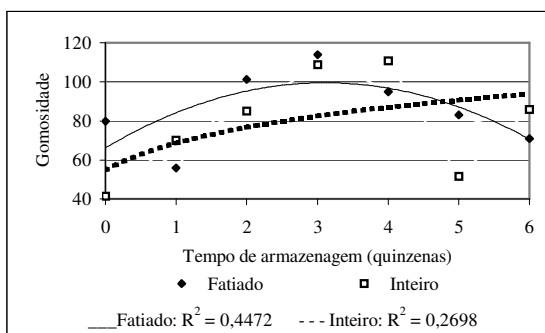
FIGURA 7. Comportamento da mastigabilidade do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.

Observa-se na Figura 7 que os cogumelos com 5% de umidade inicial, fatiados e sem embalagem isoladamente apresentam um aumento de mastigabilidade, enquanto que os cogumelos com 15% de umidade e com embalagem têm sua mastigabilidade reduzida ao longo do tempo de armazenagem. Os cogumelos inteiros não variam sua mastigabilidade ao longo do tempo de armazenagem. Portanto, o teor de umidade, a geometria de corte e o tipo de embalagem parece influenciar na mastigabilidade do cogumelo shiitake.

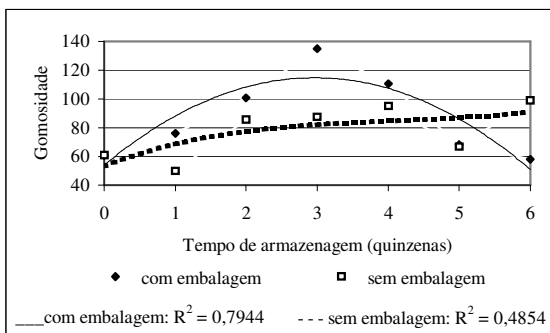
Na Figura 8 visualiza-se a tendência do comportamento da gomosidade do cogumelo Shiitake (com 5% e 15% de umidade inicial; fatiado e inteiro; com e sem embalagem) ao longo do tempo de armazenagem.



a) Efeito do teor de umidade inicial



b) Efeito da geometria de corte



c) Efeito do uso da embalagem

FIGURA 8. Comportamento da gomosidade do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.

Observa-se na Figura 8 que os cogumelos inteiros, com 5% de umidade inicial e armazenados sem embalagem isoladamente apresentam aumento da gomosidade ao longo do tempo de armazenagem. Já os cogumelos fatiados, com 15% de umidade inicial e armazenados com embalagem apresentam aumento de gomosidade até a terceira quinzena e a

partir deste ponto a gomosidade tende a reduzir. Portanto, a umidade inicial, a geometria de corte e o tipo de embalagem parecem influenciar a gomosidade do cogumelo Shiitake.

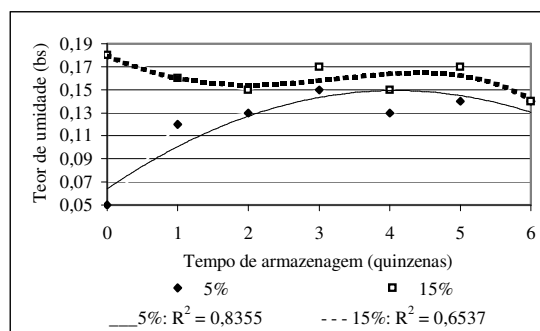
5.3.3. Comportamento do teor de umidade durante a armazenagem

O teor de umidade pode ser um instrumento interessante de controle da qualidade do produto durante o período de armazenagem já que indica a variação de massa e também, quando muito alto, pode favorecer o aparecimento de microorganismos.

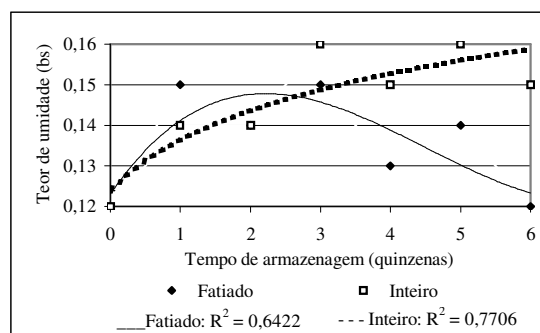
Na Figura 9 visualiza-se a tendência do comportamento do teor de umidade do cogumelo Shiitake (com 5% e 15% de umidade inicial; fatiado e inteiro; com e sem embalagem) ao longo do período de armazenagem.

Observando, a seguir, a Figura 9 nota-se que os cogumelos com 5% de umidade inicial tendem a aumentar o teor de umidade ao longo do tempo de armazenagem enquanto que, nos cogumelos com 15% de umidade inicial, o teor de umidade se mantém praticamente constante, demonstrando que quanto mais baixa a umidade inicial, maior a higroscopicidade do produto. No caso da geometria de corte, os cogumelos inteiros apresentam aumento no teor de umidade ao longo da armazenagem e os fatiados a partir da segunda quinzena mostram tendência de redução do teor de umidade.

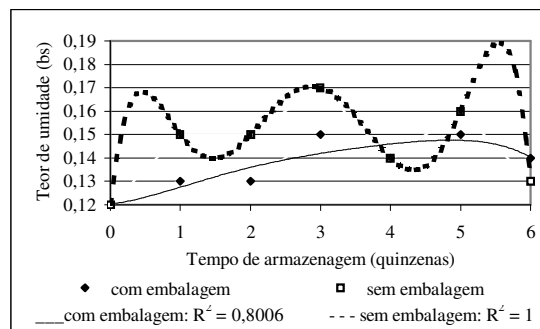
Nota-se, ainda na Figura 9, que os cogumelos embalados variam pouco o teor de umidade, tendo uma leve tendência de aumento ao longo da armazenagem, enquanto que, os cogumelos armazenados sem embalagem apresentam uma variação muito grande ao longo de todo período, ora aumentando ora reduzindo. Portanto a embalagem parece influenciar positivamente o teor de umidade do cogumelo armazenado.



a) Efeito do teor de umidade inicial



b) Efeito da geometria de corte



c) Efeito do uso da embalagem

FIGURA 9. Comportamento do teor de umidade do cogumelo Shiitake ao longo do tempo de armazenagem.

5.3.4. Comportamento do índice de reidratação durante a armazenagem

A seguir são apresentados os resultados dos efeitos das condições de armazenagem sobre a reidratação do cogumelo Shiitake. Na Tabela 14 apresenta-se o resumo da análise de variância dos efeitos das condições de armazenagem sobre a reidratação.

TABELA 14. Resumo da análise de variância da reidratação de cogumelos Shiitake submetidos a diferentes condições de armazenagem.

FV	GL	QM e Significância
Geometria de corte (G)	1	288,57*
Embalagem (E)	1	8,78*
Umidade inicial (U _i)	1	3,46*
Tempo de armazenagem (t)	6	0,15
GxE	1	6,09*
Gx U _i	1	2,15*
Gx t	6	0,18
Ex U _i	1	0,20
Ex t	6	0,31
U _i x t	6	0,75*
GxEx U _i	1	0,12
GxEx t	6	0,31
Gx U _i x t	6	0,31
Ex U _i x t	6	0,24
GxEx U _i x t	6	0,24
Erro	112	0,17
CV (%)	-	11,76

Observa-se na Tabela 14 que as interações entre geometria de corte e umidade inicial e entre geometria de corte e embalagem apresentaram diferenças significativas pelo Teste F ($P < 0,05$) evidenciando que houve efeitos destas fontes de variação sobre a reidratação. Nota-se ainda, que a interação entre tempo de armazenagem e umidade inicial, também apresentaram diferenças significativas pelo mesmo teste ($P < 0,05$) mostrando que o tempo de armazenagem interfere na reidratação de algum modo. A seguir serão apresentadas as tabelas com os desdobramentos de cada fonte de variação a fim de esclarecer melhor estes efeitos.

Na Tabela 15 apresenta-se o resumo do desdobramento das interações entre a geometria de corte e umidade inicial e entre a embalagem e a geometria de corte para a característica reidratação.

TABELA 15. Resumo do desdobramento das interações entre a geometria de corte e umidade inicial e entre a embalagem e a geometria de corte para a reidratação.

FV	QM e significância	FV	QM e significância
Geometria de corte:5%	170,29*	Embalagem:Fatiado	14,74*
Geometria de corte:15%	120,43*	Embalagem:Inteiro	0,12
Erro	0,17	Erro	0,17

* = valores significativos pelo Teste F ($P < 0,05$).

Observa-se na Tabela 15 que os desdobramentos de geometria de corte dentro de 5% e 15% de umidade inicial foram significativos pelo Teste F ($P < 0,05$) e que, no caso da embalagem, apenas o desdobramento da embalagem dentro do cogumelo fatiado foi significativo estatisticamente.

A Tabela 16 a seguir apresenta as médias dos desdobramentos significativos.

TABELA 16. Efeito da geometria de corte e umidade inicial sobre a reidratação do cogumelo Shiitake.

Geometria de corte	Umidade inicial		Embalagem	
	5	15	Com	Sem
Inteiro	2,22	2,16	2,22	2,15
Fatiado	5,06	4,55	5,23	4,39

Observa-se na Tabela 16, comparando cogumelos inteiros com os fatiados, que os cogumelos fatiados com 5% e 15% de umidade inicial obtiveram melhor índice de reidratação (5,06; 4,55) do que os inteiros (2,22; 2,16) indicando que a maior área de exposição resulta em maior eficiência na reidratação. Nota-se ainda que, no desdobramento de embalagem dentro de geometria de corte, os cogumelos fatiados armazenados com embalagem obtiveram reidratação maior (5,23) que os sem embalagem (4,39).

A Tabela 17 apresenta os desdobramentos que demonstram o efeito do tempo de armazenagem sobre a reidratação.

TABELA 17. Médias do desdobramento de tempo de armazenagem dentro de umidade inicial sobre a reidratação do cogumelo Shiitake.

U _i	Quinzenas						
	0	1	2	3	4	5	6
5	5,27a	4,82ab	4,58ab	4,54ab	4,48b	4,37b	4,17b
15	3,70a	4,20a	3,92a	3,95a	4,10a	4,22a	3,83a

U_i = umidade inicial; médias seguidas de letras distintas (na linha) diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Observa-se na Tabela 17 que os cogumelos com 5% de umidade inicial obtiveram reidratações estatisticamente diferentes, pelo Teste de Tukey (P<0,05), ao longo da armazenagem, mostrando que o tempo de armazenagem parece interferir negativamente na reidratação.

Na Figura 10 visualiza-se o comportamento da reidratação dos cogumelos durante a armazenagem em diferentes condições de umidade inicial.

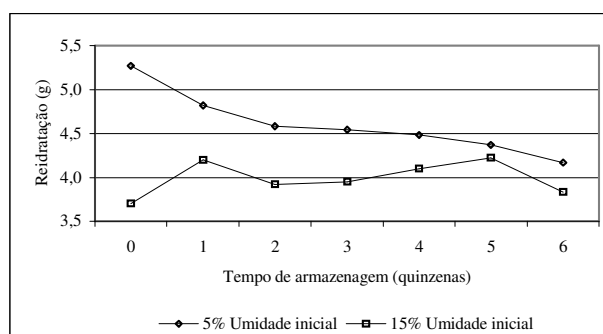


FIGURA 10. Efeito do tempo de armazenagem e da umidade inicial sobre a reidratação do cogumelo Shiitake.

Observando a Figura 10 nota-se que os cogumelos armazenados com 5% de umidade tendem a ter sua capacidade de reidratação levemente reduzida, enquanto que os cogumelos com 15% mantêm a mesma reidratação ao longo do tempo de armazenagem.

6. CONCLUSÕES

6.1. Secagem

- O processo de secagem do cogumelo Shiitake ocorreu em período de taxa decrescente.
- Os cogumelos fatiados secaram mais rápido que os inteiros, mesmo à temperatura mais baixa.
- Os cogumelos fatiados secos à 70°C apresentaram o menor tempo de secagem.
- A temperatura de secagem de 70°C conferiu ao cogumelo menor escurecimento tendo como base a cor (parâmetro L) da face superior do cogumelo.

6.2. Reidratação

- Foram necessárias 4 horas de imersão em água, à temperatura ambiente, para que ocorresse a reidratação do cogumelo Shiitake.
- A capacidade de reidratação dos cogumelos com 5% de umidade inicial foi reduzida ao longo do tempo de armazenagem, portanto, o tempo de armazenagem associado a umidade inicial de 5% afeta a capacidade de reidratação do cogumelo; mesmo assim, cogumelos com 5% de umidade inicial apresentaram índice de reidratação maior que os cogumelos com 15% de umidade inicial.
- Os cogumelos secos fatiados apresentaram índice de reidratação superiores aos cogumelos inteiros.
- Os cogumelos fatiados, quando embalados, apresentaram índices de reidratação superiores aos não embalados durante todo o período de armazenagem.

6.3. Armazenagem

- O tempo de armazenagem afeta a coloração, dureza e gomosidade do cogumelo Shiitake, sendo que, conforme decorre o período de armazenagem o cogumelo tem sua dureza e gomosidade aumentadas e torna-se mais escuro.
- O uso de embalagem reduz o escurecimento do cogumelo, ou seja, os cogumelos embalados escureceram menos que os cogumelos não embalados durante a armazenagem.

- Os cogumelos inteiros, embalados e com 15% de umidade inicial obtiveram pouca variação em sua mastigabilidade durante o período de armazenagem.
- Os cogumelos fatiados e embalados apresentaram menor variação de teor de umidade ao longo do tempo armazenagem.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGISA. Agisa produtos naturais. Técnicas de cultivo. Disponível em:

<http://www.agisanet.com.br/cultivo>. Acesso em: 29 ago. 2004.

ALMEIDA, L. P. de; UZZO, R. P.; MALUF, W. R. **Como cultivar o cogumelo shiitake**.

Lavras: Faculdade de Agronomia, Ufla, 1999. Disponível em:

<http://www2.ufla.br/~wrmaluf/bth008/bth008.html>. Acesso em: 08 ago. 2003.

AMARAL, D. M.; DUZILEK, C. de O. L.; LEITE, M. F. S. Efeito paradoxal de substâncias existentes no cogumelo do tipo Shiitake na aterosclerose experimental em coelhos. **Vittale**, v. 10, p.11-16, 1998.

AMAZONAS, M. A. L. de A. Importância do uso de cogumelos: aspectos nutricionais e medicinais.[S.l. : s.n.], [19--]. Material impresso.

BALBACH, A. **As hortaliças na medicina doméstica**. 26 ed. São Paulo, SP : MVP, [19--]. 406p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 3 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 247p.

BARTHOLOMAI, G. B. Efecto del la combinación de la liofilización y el secado por corriente de aire sobre la duración del ciclo de secado y la calidade de champiñones deshidratados. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v. 4, n. 14, p. 611-15, 1974.

BEYER, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Determinação das curvas de secagem e da difusividade mássica efetiva da água em cogumelos (*Agaricus bisporus*) submetidos à diferentes condições de temperatura e velocidade de ar. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza, 2000. v. 2, cap. 6, p.154.

BISARIA, R.; MADAN, M. Mushrooms: potential protein source from cellulosic residues. **Enzyme Microbiologie Technologie**, v. 5, p.251-59, 1983.

BOLETIM INFORMATIVO DO GRUPO DE ESTUDOS “LUIZ DE QUEIROZ”, Piracicaba, n.6, dez.1996. 22 p.

BONAZZI, L. C. L.; WOLF, E. Quality of dehydrated cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus*): a comparison between different drying and freeze-drying processes. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, v.4, n.25, p.334-39, 1992.

BONAZZI, L. C. L.; WOLF, E., GILBERT, H. Characterization of the flavor properties of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*) and the influence of drying processes. **Lebensmittel - Wissenschaft und Technologie**, v.4, n.25, p.334-39, 1991.

BRANDEMARTE, E. A.; FARIA, L. H. G. B.; HEINEMANN, R. J. B.; LOPES FILHO, J. F.; KIMURA, M. Estudo do perfil de secagem e reidratação de cenouras. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza, 2000, v. 2, cap. 6, p. 77.

BRASIL NATURAL. Utilização e dosagem do cogumelo Agaricus Brasil Natural. http://www.brasilnatural.com.br/Utilizacao_e_dosagem_Descricao.htm. Acesso em: 29 ago. 2004.

BREENE, W. N. Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. **Journal of Food Protection**, v.10, n.53, p.883-94, 1990.

CARNEIRO, M. J. M. **Modelagem matemática da secagem de pescado com encolhimento**. Campinas, 1995. 78 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1995.

CHAMARRO, J.; LAFUENTE, B.; LONGÁS, J. F., PIÑAGA, F. Liofilización de champiñones. Influência de las variables del processo sobre la velocidad de secado. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.3, n.12, p.450-55, 1972.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In: Mujumdar, Arum S. (Ed.), **Advances in drying**. Washington : Hemisphere, 1981. v. 1, p.73-102.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal Texture Studies**, n. 4, p. 204-223, 1973.

COGUMELO HOBBY. Conservação dos cogumelos pós-colheita. Disponível em: <http://planeta.terra.com.br/negocios/cogumelohobby/cogumelo%20conservacao.html>. Acesso em: 29 ago. 2004.

COGUMELOS IMPERIAIS. Como cultivar – Shiitake. Disponível em: www.shiitake.com.br. Acesso em 13 de fevereiro de 2004.

CRISAN, E. V.; SANDS, A. Nutritional value. In: Chang, S. T., Haies, W. A. **The biology and cultivation of edible mushrooms**, 1978. v. 6, p. 137-68.

CRUZ, L. H. M. P.; FAGUNDES, C. A. A.; HOFFMANN, C. E.; MARCHIORO, L. B.; HAAS, L. I. R.; ELIAS, M. C. Isotermas de hidratação na operação de encharcamento na parboilização de arroz – cultivar IRGA 416. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza, 2000, v. 2, cap. 6, p. 56.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Database – Apresenta produção mundial de cogumelos. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em 08 de agosto de 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000, p. 255-258.

FIDALGO, O.; GUIMARÃES, S. M. P. B. A situação do cogumelo comestível no Brasil e no exterior. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE COGUMELOS COMESTÍVEIS, 1, 1980, Mogi das Cruzes. **Anais...** Mogi das Cruzes : Instituto de Botânica, 1985. p.7-23.

GAZETA MERCANTIL. **Fazenda guirra produz alternativa ao champignon.** Gazeta Mercantil, São Paulo, 18 de jun. de 1997. Caderno Por Conta Própria.

GÊNESIS, 37: José é vendido por seus irmãos. In: BÍBLIA. Português. Bíblia Sagrada. Tradução de João Ferreira de Almeida. São Paulo : Sociedade Bíblica do Brasil, 1969. p. 43-49.

GUIA DE MERCADOS. Cogumelos – alimentos e medicamentos. Apresenta dados sobre o mercado mundial de cogumelos. Disponível em: www.jetro.org.br/pt/guia_de_mercados/1-05_cogumelos.pdf. Acesso em 08 de agosto de 2003.

HOUDSWORTH, S. D. Dehydration of foods products. **Journal of Food Technology**, v.6, p.331-70, 1971.

JASON, A. C. A study of evaporation and diffusion process in the drying of fish muscle. In: **Fundamentals aspects of the dehydration of foodstuffs.** New York : The Society of Chemical Industry, 1958. p.103-35.

JONG, S. C.; BIRMINGHAM, J. M. Medicinal and therapeutic value of the Shiitake mushroom. **Advances in applied microbiology**, v. 39, p. 153-184, 1993.

JORGE, N. Curvas de secagem de cogumelo (*Agaricus bisporus*) e avaliação sensorial do produto após diferentes períodos de armazenagem. Viçosa, 1989. 80p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1989.

KOMANOWSKY, M.; TALLEY, F. B.; ESKEW, R. K. Air drying of cultivated mushrooms. **Food Technology**, v. 24, p. 1020-1024, 1970.

LEITÃO, M. F. F. Cultura e industrialização do cogumelo. Campinas : Centro Tropical de Tecnologia de Alimentos, 1967. p. 1-33. (Boletim, 10).

LUH, B. S.; SOMOGYI, L. P.; MEEHAN, J. J. Vegetable dehydration. In.: LUH, B. S.; WOODROOF, J. G. (Ed.). **Commercial vegetable processing**. Westport : AVI, 1975. p. 395-396.

LUIKOV, A. V. **Heat and mass transfer in capillary porous bodies**. Pergamon Press Oxford, 1966. 392p.

MANGUEIRA, T. F. B., COSTA, L. M. L., BORA, P. S. Estudo de secagem e prevenção do escurecimento enzimático da couve-flor (*Brassica oleraceae*, L.). In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza, 2000. v. 2. cap. 6. p. 188.

MELONI, P. L. S., STRINGHETA, P. C. Produção de tomate seco em conserva e shiitake desidratado. Viçosa : CPT, 1999. 50 p.

MENDES, G.; SIMIONI, M. T. S.; RIBANI, R. H. Determinação da curva de secagem do Shiitake (*Lentinus edodis*). In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17, 2000, Fortaleza. **Resumos**. Fortaleza, 2000. v. 2. cap. 6. p. 82.

MISUNO, T. Shiitake *Lentinus edodes*: Functional properties for medicinal and food purpose, **Food Reviews International**, v.1, n.11, p.111-28, 1995.

MONTINI, R. M. de C.; EIRA, A. F. da. Efeito do período de incubação e diâmetro de toras de *Eucalyptus salina* Sm na produtividade de Shiitake (*Lentinula edodes* (Berk) Pegler), no primeiro choque de indução. **Energia na Agricultura**, v. 13, n. 4, p.23-31, 1997.

MUNDO VERDE. Arroz integral com shiitake. Disponível em:
<http://www.mundoverde.com.br/receitas>. Acesso em: 29 ago. 2004.

NATIVE. Reidratação de cogumelos. Disponível em: <http://www.native.com.br>. Acesso em: 29 ago. 2004.

PARK, K. J. **Apostila de Secagem**. Campinas : Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, 1998. 85 p. Disponível em: <http://secagem.agr.unicamp.br/papers/apostsec.zip>. Acesso em: 14 de mar. de 2001.

PASCHOALETI, C. C. Secagem de cogumelo (*Agaricus bisporus*). Campinas, 1996. 61p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1996.

PRZYBYLOWICZ, P.; DONOGHUE, J. Shiitake growers handbook: The art and science of mushroom cultivation. Dubuque: Kendall, 1990. 217p.

QUEIROZ, M.R. Estudo teórico-experimental da cinética de secagem de bananas. 1994. 91p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

REVISTA SAÚDE E VIDA ON LINE. Apresenta tabela de calorias de quase quatro mil alimentos. Disponível em: <http://www.nib.unicamp.br/svol/caloria.htm>. Acesso em : 25 nov. 2003.

RODRIGUES, R. B. Tecnologia para obtenção de concentrado natural de aroma e sabor de cogumelo shiitake (*Lentinula edodes* Sing) por processo conjugado de ultrafiltração e osmose inversa. Campinas, 1998. 112p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

ROYSE, D. J. Speciality mushrooms: cultivation on synthetic substrates in the USA and Japan. **Interdisciplinary Science Reviews**, v. 20, n. 3, p. 205-214, 1995.

SALUNKHE, D. K.; BOLINI, H. R.; REDDY, N. R. Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables. 2.ed., Boca Raton : CRC Press, 1991. v.2, 195p.

SHIITAKE (*Lentinus edodes*). Apresenta classificação biológica do cogumelo Shiitake. Disponível em: <http://pessoais.inner.com.br/chunyang/shiitake.htm>. Acesso em 10 fev. 2000.

SÍNTESE NATURAL LTDA. MICÉLIO E ASSESSORIA EM COGUMELOS. Cultivo de cogumelo (fungicultura) São Paulo, 1995.

STAMETS, P. Growing gourmet and medicinal mushroom. Berkerley. Tew Speed, 1993. p. 552.

SUNSHIITAKE. Apresenta informações sobre cogumelo shiitake. Disponível em : <http://www.sunshiitake.com.br>. Acesso em 08 ago. 2003.

TATEZAWA, N. **Cultivo de cogumelo no Brasil**. MOA – Associação Mokiti Okada no Brasil e CEPAN – Centro de Pesquisa de Agricultura Natural, 1992, 32p.

TRUFEM, S. F. B.; BONONI, V. L. R. **Cogumelos comestíveis**, São Paulo, SP: Icone, 1985, p.11-28.

VACAREZZA, L., CHIRIFE, J. On the mechanism of moisture transport during air drying of sugar beet root. **Journal of Food Science**, v.40, p.1286-289, 1975.

VAGENAS, G. K., MARINOS - KOURIS, D., SARAVALCOS, G. D. Na Analysis of mass transfer in air-drying of foods. **Drying Technology**, v.2, n.8, p.323-42, 1990.

VILELA, P. S. Cogumelos – mercado e comercialização. Disponível em:
<http://www.faemg.org.br/artigos01.asp>. Acesso em 08 de agosto de 2003.

WATANABE, K. A New Sawdust-based cultivation of shiitake, *Lentunus edodes*, by inhibition of brown micelial coats formation. **Journal Antibact. Antifung. Agents**, v.12, n.21, p.645-49, 1993.

ANEXOS

Anexo A. Condições do ar ambiente durante os processos de secagem e armazenagem do cogumelo Shiitake sob diferentes tratamentos.

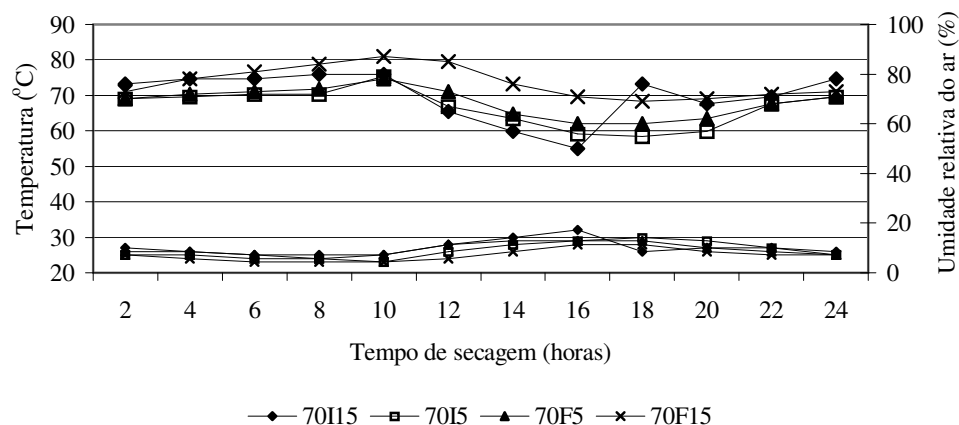


FIGURA A1. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem dos cogumelos à 70°C (70) nos ensaios com cogumelos inteiros e fatiados (I; F) e umidade final de 5% e 15% (5; 15). As curvas cujos valores variam de 40 a 90 são referentes à umidade relativa do ar.

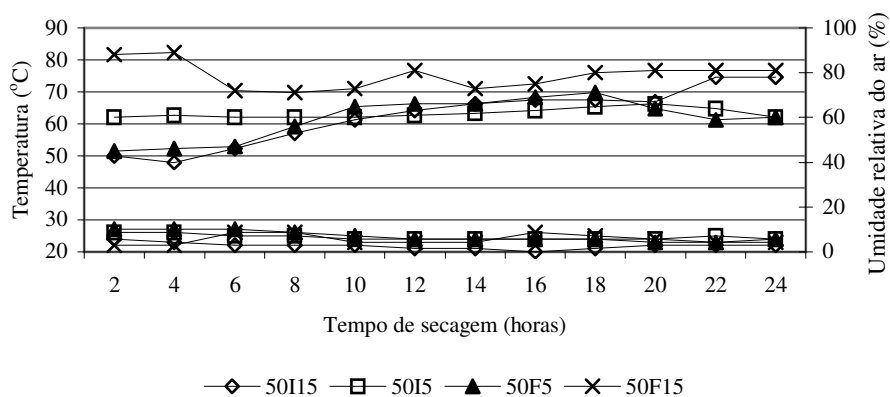


FIGURA A2. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a secagem dos cogumelos à 50°C (50) nos ensaios com cogumelos inteiros e fatiados (I; F) e umidade final de 5% e 15% (5; 15). As curvas cujos valores variam de 40 a 90 são referentes à umidade relativa do ar.

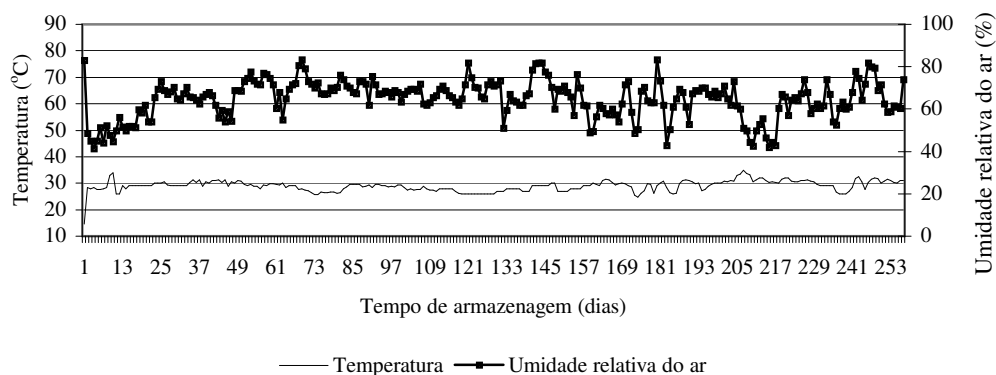


FIGURA A3. Temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante a armazenagem dos cogumelos secos.

Anexo B. Médias de cor, dureza, mastigabilidade, gomosidade, teor de umidade e variação de massa do cogumelo Shiitake durante a armazenagem

TABELA B1. Médias de cor (parâmetro L de cor) da face superior do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	13,8	5,43	6,07	6,7	9,21	7,25	3,8
15	14,54	19,32	2,25	8,32	4,22	11,65	4,08
C	14,17	4,81	3,1	7,18	4,62	12,13	2,64
S	14,17	19,95	5,21	7,84	8,81	6,77	5,25

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B2. Médias de cor (parâmetro L de cor) da face inferior do cogumelo durante a armazenagem em diferentes tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
C	57,12	54,02	55,85	50,61	52,83	48,72	45,02
S	57,12	52,38	43,65	45,91	45,49	45,01	42,91

C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B3. Médias de dureza do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	86,23	62,29	138,45	124,57	145,25	110,12	151,7
15	80,11	146,88	118,17	165,2	136,01	77,37	121,65
F	102,12	80,15	161,45	140,01	129,59	97,14	169,99
I	64,23	129,01	95,17	149,76	151,67	90,36	103,36
C	83,17	139,74	129,27	180,59	159,11	88,54	98,45
S	83,17	69,42	127,35	109,18	122,15	98,96	174,91

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; F e I = cogumelos fatiados e inteiros; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B4. Médias de mastigabilidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	50,78	46,04	79,16	60,15	67,03	83,21	122,04
15	46,62	59,33	84,81	60,59	49,55	38,87	55,15
F	56	48,76	106,17	63,26	57,24	80,7	111,8
I	41,4	56,61	57,8	57,48	60,34	41,38	65,38
C	48,7	60,94	66,95	51,35	58,53	40,5	51,51
S	48,7	44,43	97,02	69,39	59,05	81,58	125,68

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; F e I = cogumelos fatiados e inteiros; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B5. Médias de gomosidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	70,4	48,19	104,07	80	94,2	73,91	97,43
15	51,01	77,71	82,29	142,57	111,3	60,88	59,41
F	79,94	55,82	101,3	113,83	94,84	83,1	70,82
I	41,47	70,08	85,06	108,74	110,66	51,69	86,03
C	60,71	76	100,76	135,08	110,75	68,14	57,96
S	60,71	49,9	85,6	87,49	94,76	66,65	98,88

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; F e I = cogumelos fatiados e inteiros; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B6. Médias de teor de umidade do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	0,05	0,12	0,13	0,15	0,13	0,14	0,14
15	0,18	0,16	0,15	0,17	0,15	0,17	0,14
F	0,12	0,15	0,14	0,15	0,13	0,14	0,12
I	0,12	0,14	0,14	0,16	0,15	0,16	0,15
C	0,12	0,13	0,13	0,15	0,14	0,15	0,14
S	0,12	0,15	0,15	0,17	0,14	0,16	0,13

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; F e I = cogumelos fatiados e inteiros; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.

TABELA B7. Médias de variação de massa do cogumelo durante a armazenagem em diferentes condições de teor de umidade inicial, geometria de corte e tipo de embalagem.

	Tempo de armazenagem (quinzenas)						
	0	1	2	3	4	5	6
5	10	10,093	10,113	10,108	10,119	10,112	10,095
15	10	10,011	10,033	10,016	10,028	9,876	10,001
F	10	10,023	10,092	10,058	10,02	10,018	9,99
I	10	10,082	10,137	10,118	10,127	9,97	10,106
C	10	10,078	10,098	10,109	10,114	10,114	10,104
S	10	10,026	10,048	10,014	10,033	9,87	9,99

5 e 15 = 5% e 15% de teor de umidade inicial; F e I = cogumelos fatiados e inteiros; C e S = cogumelos armazenados com e sem embalagem de polipropileno.