

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA MATÉRIA PRIMA E DE SUBSTRATOS PRÉ E PÓS CULTIVO DE

Pleurotus ostreatus

Ceci Sales-Campos, Lidia Medina Araujo, Marli Teixeira de Almeida Minhoni e Meire Cristina Nogueira de Andrade

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo a realização de análise físico-química e da composição nutricional da matéria prima e de substratos alternativos formulados a partir de resíduos madeireiros e da agroindústria da Amazônia para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. Foram determinados os teores de C, N, pH, umidade, sólidos solúveis, proteína, lipídios, fibra total, cinzas, carboidratos (total e disponível) e energia. Os substratos foram formulados a partir de serragem de Simarouba amara Aubl. (marupá), *Ochroma pyramidale* Cav. ex. Lam.

(pau de balsa) e do estipe de *Bactris gasipaes* Kunth (pupunheira) e de *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar). Os resultados demonstraram que a composição nutricional do substrato é variável e que a melhoria da qualidade do substrato residual (incremento de proteína e de energia) provocada pelo metabolismo do fungo durante cultivo, contribuiu para um substrato mais nutritivo do que o substrato inicial e que poderá ser utilizado como composto para o cultivo de *Agaricus* sp., adubo orgânico ou biorremediação de solos contaminados.

PHYSIOCHEMICAL ANALYSES AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF THE RAW MATERIAL AND SUBSTRATES BEFORE AND AFTER CULTIVATION OF *Pleurotus ostreatus*

Ceci Sales-Campos, Lidia Medina Araujo, Marli Teixeira de Almeida Minhoni and Meire Cristina Nogueira de Andrade

SUMMARY

The aim of the present study was to carry out the physical, chemical and nutritional analyses of the alternative substrates formulated from wood and agroindustrial residues of the Amazon for *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer cultivation. The determination of C, N, pH, humidity, soluble solids, protein, fat, total fiber, ash, carbohydrates (total and available) and energy were carried out. The substrates were formulated from sawdust of *Simarouba amara* Aubl. (marupá), *Ochroma pyramidale* Cav. ex. Lam. (pau de balsa) and from the stem of *Bactris gasipaes*

Kunth (pupunheira palm tree), and from *Saccharum officinarum* L. (sugar cane bagasse). The results demonstrated that the nutritional composition of the substrate is variable and the improvement of the quality of the spent substrate (energy and protein increment) promoted by the metabolism of the fungus during the cultivation, contributed for a more nutritive substrate than the initial one, which could be used as a compost for *Agaricus* sp. cultivation, as organic fertilizer, and for bioremediation for contaminated soils.

Introdução

As espécies do gênero *Pleurotus*, vulgarmente conhecidas como “cogumelo ostra” são decompositoras primárias de madeiras e de resíduos vegetais (Kurtzman e Zadrazil, 1982), crescendo naturalmente nos climas tropicais e subtropicais, podendo ser cultivados artificialmente (Akindahunsi e Oyetayo, 2006). São conhecidos

pela capacidade de crescerem e frutificarem em diferentes resíduos, dentre eles: resíduos agrícolas, agroindustriais e madeireiros.

Existe uma grande variabilidade na composição nutricional dos cogumelos, não só entre mesma espécie, como também entre espécies diferentes (Fasidi e Ekuere, 1993; Sturion e Oetterer, 1995; Wang *et al.*, 2001; Silva *et al.*, 2002; Furla-

ni, 2004; Sapata, 2005; Das e Mukherjee, 2007; Andrade *et al.*, 2008), variações essas que podem ser devidas a escolha da espécie de cogumelo, linhagens, tipo de substrato utilizado, grau de maturação do cogumelo, tipo de armazenamento, partes do cogumelo analisadas e processo de conservação (Crisan e Sands, 1978; Furlani, 2004).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a com-

posição nutricional da matéria-prima e de novos substratos de cultivo para a produção de *P. ostreatus*, oriundos de resíduos madeireiros e agroindustriais da Amazônia.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na Coordenação de Pesquisas em Produtos Florestais (CPPF) do Instituto Nacional de Pes-

PALAVRAS CHAVE / Análise Físico-Química / Cogumelo Comestível / Fibra / Proteína / Valor Nutricional /

Recebido: 22/01/2009. Modificado: 13/11/2009. Aceito: 12/12/2009.

Ceci Sales-Campos. Ph.D., Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brasil. Pesquisadora, INPA, Brasil. e-mail: ceci@inpa.gov.br

Lidia Medina Araujo. Ph.D., Universidade Federal do Ama-

zônia (UFAM), Brasil. Docente, UFAM, Brasil. e-mail: lidia@ufam.edu.br

Marli Teixeira de Almeida Minhoni. Ph.D., Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil. Docente, UNESP, Bra-

sil. e-mail: marliminhoni@fca.unesp.br

Meire Cristina Nogueira de Andrade. Ph.D., INPA, Brasil. Bolsista DCR – CNPq/FAPEAM, INPA, Brasil. Pesquisadora, INPA, Bra-

sil. Endereço: Coordenação de Pesquisas em Produtos Florestais, INPA. Av. André Araújo, 2936, Aleixo. Caixa Postal 478. CEP 69060-001. Manaus, AM, Brasil. e-mail: mcnandrade@hotmail.com

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA MATERIA PRIMA Y DE SUSTRATOS PRE Y POST CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

Ceci Sales-Campos, Lidia Medina Araujo, Marli Teixeira de Almeida Minhoni y Meire Cristina Nogueira de Andrade

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo la realización de análisis físico-químicos y de la composición nutricional de la materia prima y de sustratos alternativos formulados a partir de residuos madereros y de la agroindustria del Amazonas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. Fueron determinadas las concentraciones de C, N, pH, humedad, sólidos solubles, proteína, lípidios, fibra total, cenizas, carbohidratos (total y disponible) y energía. Los sustratos fueron formulados a partir de aserrín de *Simarouba amara* Aubl. (marupá), *Ochroma pyramidale* Cav. ex. Lam. (balsa) y de vásta-

gos de *Bactris gasipaes* Kunth (pejibaye) y de *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar). Los resultados demuestran que la composición nutricional del sustrato es variable y que la mejoría de la calidad del sustrato residual (incremento de proteína y de energía) provocada por el metabolismo del hongo durante el cultivo, contribuyó para un sustrato más nutritivo que el sustrato inicial y que podrá ser utilizado como compuesto para el cultivo de *Agaricus* sp., adobo orgánico o biorremediación de suelos contaminados.

quisas da Amazônia (INPA), Brasil, no Laboratório de Análise de Solos e Plantas do mesmo Instituto, no Laboratório de Pesca e na Central Analítica da Universidade Federal do Amazonas.

Coleta, secagem e preparação das amostras

A escolha do resíduo madeireiro (serragem) foi baseada na geração de resíduo madeireiro produzido pela indústria madeireira local, sendo procedente de pesquisas de caracterização tecnológicas da madeira, realizada na CPPF/INPA. A coleta, secagem e preparação do material foram feitas na CPPF/INPA. As serragens utilizadas na preparação do substrato foram: *Simarouba amara* Aubl. (marupá) e *Ochroma pyramidale* Cav. ex. Lam. (pau de balsa).

Os resíduos de origem agroindustrial foram o bagaço de *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar) procedente de micro indústrias produtoras de caldo de cana, e estipe de *Bactris gasipaes* Kunth (pupunheira), procedente do descarte da produção do palmito.

Após a coleta dos resíduos, estes foram secos no secador solar da CPPF/INPA, e acondicionados em depósitos plásticos de 100 litros (separados por cada tipo de matéria-prima) até o preparo do substrato para o teste com o fungo. Amostras de cada

matéria-prima utilizada na formulação dos substratos bem como dos substratos iniciais (depois de umedecidos, autoclavados e secos a 55°C) e dos substratos residuais, foram retiradas para as análises físico-químicas e composição centesimal após passarem pelo processo de pulverização em moinho de faca tipo Willey.

As amostras foram divididas em matéria-prima (analisada separadamente) e substratos (inicial e residual), especificados a seguir:

a) Matéria-prima: farelo de arroz (FA), farelo de trigo (FT), farelo de milho (FM), mistura de farelos (MFR), na proporção (%) de 60:20:20 em peso seco respectivamente; serragem de marupá (MP), de pau de balsa (PB), estipe da pupunheira triturado (PP) e bagaço de cana-de-açúcar (CN).

b) Substrato inicial autoclavado (SIA): antes de ser submetido ao cultivo do fungo, composto pela mistura de cada serragem ou bagaço + mistura de farelos (MFR), codificado com SIAMP: substrato inicial formulado a partir da serragem de marupá, SIAPB: substrato inicial formulado a partir da serragem de pau de balsa, SIAPP: substrato inicial formulado a partir do resíduo do estipe da pupunheira, e SIACN: substrato inicial formulado a partir do bagaço cana-de-açúcar.

c) Substrato residual (SR), oriundo do processo final do cultivo de *P. ostreatus* nos substratos mencionados a cima, acrescidos de SR: SRMP; SRPB; SRPP e SRCN. Os substratos residuais foram secos a 55°C, em estufa com circulação de ar, moídos da mesma forma que as matérias-primas e o substrato inicial e armazenados em depósitos plásticos de 50 litros.

Medições

Determinação do pH. A determinação do pH da matéria-prima e dos substratos (inicial e residual) foi efetuada utilizando-se um potenciômetro, previamente calibrado com tampão 7 e 4, obedecendo à metodologia recomendada pela AOAC (1997). Foram executadas três repetições por amostra (3g). O material foi diluído em água destilada e em seguida foi feita a leitura em potenciômetro digital modelo Tecnal.

Teor de carbono orgânico. O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley Black, conforme Mendonça e Matos (2005). Trabalhou-se com 0,01g da amostra em vez de 0,5g devido à grande quantidade de carbono presente na amostra. A determinação da quantidade de carbono deu-se pela oxidação do mesmo por via úmida (dicromato + ácido sulfúrico) e a maximização da oxidação por aquecimento externo. O resulta-

do foi obtido por duas fórmulas complementares:

$$A = \frac{[(V_{ba} - V_{am}) (V_{bn} - V_{ba}) / V_{bn}] + (V_{ba} - V_{am})}{100}$$

onde: V_{ba} : volume gasto na titulação do branco controle com aquecimento, V_{bn} : volume gasto na titulação do branco controle sem aquecimento, e V_{am} : volume gasto na titulação da amostra

$$\%C = \frac{(A) \text{ (molaridade do sulfato ferroso)} (3) (100)}{\text{Massa da amostra (mg)}}$$

onde 3: resultado da relação entre o número de mols de dicromato que reage com o ferro, multiplicado pelo número de mols de dicromato que reage com o carbono, multiplicado pela massa atômica do carbono (12); e 100: unidade de porcentagem.

Nitrogênio total e proteína. Para a análise do nitrogênio total aplicou-se o método Kjeldahl, envolvendo três etapas: digestão, destilação e titulação. As amostras foram digeridas com ácido sulfúrico até conversão em sulfato de amônia: $[(NH_4)_2 SO_4]$. Após este processo, o sulfato de amônia foi destilado em destilador de nitrogênio Marcone-MA036 em meio básico (NaOH 60%), liberando gás amônia (NH_3), o qual foi recolhido em ácido bórico formando borato de amônia ($NH_4H_2BO_3$). O borato de amônio foi titulado com ácido sulfúrico 0,02N.

Os resultados foram expressos em % de nitrogênio e a quantidade de proteína foi determinada (Malavolta *et al.* 1989; AOAC, 1997), utilizando-se as fórmulas

$$\text{Nitrogênio (\%)} = \frac{V \times 0,0014}{M} \times 100$$

onde V: volume de H₂SO₄ gasto na titulação (ml), e M: massa da amostra (g), e

$$\text{Proteína (\%)} = \text{N\%} \times 6,25$$

para matéria-prima e substratos (inicial e residual).

Atividade de água. A atividade de água (Aw) na matéria-prima e nos substratos (inicial e residual) foi determinada utilizando-se um analisador de atividade de água, modelo Pawkit, com certificado técnico de calibração e ajuste (BRASEQ, 2005).

Sólidos solúveis. Utilizou-se a refratometria para medir o índice de refração da solução de açúcar contido nas matérias-primas e substratos formulados. Os resultados foram expressos em °Brix, como sólidos solúveis presentes nestes materiais. As amostras foram homogeneizadas e diluídas em um pouco de água destilada desprezando-se partículas grandes. Foram transferidas de 1 a 2 gotas para o prisma do refratômetro e lidas nas escalas em °Brix (Carvalho *et al.*, 2002).

Teor de umidade e massa seca. Para a determinação da umidade das amostras foi seguido o método de dessecação em estufa a 105°C, até massa constante. Pesou-se, em cadinho previamente tarado, 1 ± 0,01g de cada amostra moída (três repetições por amostra), em balança analítica Sartorius MP2474. O material foi seco em estufa a 105°C por 4h, até massa constante. A umidade foi expressa em %, pela fórmula:

$$U (\%) = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

onde U: percentual de umidade, M1: massa inicial da amostra, e M2: massa final da amostra. A massa seca foi

TABELA I
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA
PARA A FORMULAÇÃO DO SUBSTRATO DE CULTIVO

Matéria-prima	C (%)	N (%)	C:N (%)	Sólidos solúveis °Brix	pH	Aw
FA	41,73 ± 0,06	4,58 ± 0,44	9,11 ± 0,83	3,64	6,80	0,60
FT	39,5 ± 0,28	2,6 ± 0,08	15,19 ± 0,43	2,48	6,40	0,58
FM	38,8 ± 0,13	1,25 ± 0,1	31,03 ± 2,47	4,14	5,87	0,59
MFR	41,11 ± 0,16	4,74 ± 0,16	8,67 ± 0,34	4,64	6,66	0,60
MP	45,19 ± 0,91	0,28 ± 0,05	161,39 ± 0,8	0,56	6,70	0,60
PB	43,75 ± 0,16	0,14 ± 0,16	312,50 ± 1,18	0,56	5,90	0,58
PP	40,97 ± 0,06	0,33 ± 0,01	124,15 ± 2,01	1,14	4,94	0,60
CN	43,47 ± 0,16	0,16 ± 0,01	271,69 ± 1,98	1,06	4,50	0,60

FA: farelo de arroz, FT: farelo de trigo, FM: farelo de milho, MFR: mistura de farelos de arroz, trigo e milho (60:20:20), MP: serragem de marupá, PB: serragem de pau de balsa, PP: estipe da pupunheira triturado, e CN: bagaço de cana-de-açúcar. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

calculada como sendo MS% = 100 - U

Determinação do teor de lipídeos. As amostras secas (em triplicatas) foram submetidas a uma extração a frio, com mistura de solventes (clorofórmio, metanol e água), segundo o método Bligh and Dyer (Carvalho *et al.*, 2002). Os lipídios ficam na fase de clorofórmio, o qual é posteriormente evaporado. A quantidade de lipídeos é obtida por pesagem e os resultados são expressos em g por 100g de amostra.

Fibra total. O conteúdo de fibra total foi determinado pelo método Weende (AOAC, 1997), recorrendo a um determinador de fibras modelo TE 146/8-50 e TE 146/5-50 da Tecnal. As amostras foram desengorduradas, pesadas (2g) e submetidas à digestão ácida (ácido sulfúrico 1,25%). Numa segunda etapa, as amostras foram submetidas à digestão alcalina, em meio de uma solução de NaOH 1,25%. Os resultados foram expressos em gramas de fibra total por 100g de amostra.

Cinzas. O teor de cinzas de uma amostra corresponde ao

resíduo mineral fixo, obtido após a decomposição de todos os componentes orgânicos. A análise consistiu na dessecação das amostras, pesagem de 1g (em triplicata), carbonização e calcinação em mufla, a 550°C. Os resultados foram expressos em % (AOAC, 1997).

Carboidratos. Os carboidratos totais, nos quais está contabilizada a fração fibra, foram calculados por diferença (100 - teores de umidade, proteína, lipídios e cinzas) e expressos em termos percentuais. Os carboidratos disponíveis correspondem aos carboidratos metabolizáveis, sendo calculados também por diferença (100 - teores de umidade, proteína, lipídios, cinzas, e fibra) (LATINFOODS, 2002; NEPA, 2006).

Energia. A energia total metabolizável é expressa em kilocalorias (kcal/100g). Foi calculada considerando os fatores de conversão de Atwater, preconizados pelo LATINFOODS (2002) e NEPA (2006), 4×g proteína + 4×g carboidratos (total carboidratos - fibra alimentar) + 9×g total lipídeos.

Resultados e Discussão

O conhecimento do pH das matérias-primas utilizadas (Tabela I) é necessário, para que se ajuste o valor de pH quando da formulação dos substratos. Durante o crescimento do fungo, o pH do meio altera-se, devido à produção de metabólitos como os ácidos graxos (Chang e Miles, 1989). Para isto, houve a necessidade de ajuste de pH, o qual variou de 6,28 a 6,60 entre os substratos formulados (Tabela II), para não provocar acidificação excessiva impedindo o crescimento micelial e desenvolvimento de basidiomas.

O teor de N dos resíduos madeireiros é baixo (0,14-0,33%; Tabela 1), confirmando os dados da literatura que indicam que os tecidos lenhosos têm teores de N baixos (0,03-1%) quando comparados com o das herbáceas (0,58-1,71%), fazendo com que a relação C:N da madeira seja normalmente elevada, da ordem de 350-500:1 (Chang e Miles, 1989). No cultivo de *Pleurotus*, segundo Eira *et al.*, (1997) a taxa inicial de C:N é da ordem de 80-100:1,

TABELA II
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SUBSTRATO DE CULTIVO

Substrato inicial	C (%)	N (%)	C:N (%)	Sólidos solúveis °Brix	pH	Aw
SIAMP	44,39 ± 0,16	0,49 ± 0,03	90,59 ± 4,99	0,64	6,40	0,60
SIAPB	43,47 ± 0,17	0,37 ± 0,02	117,49 ± 3,42	0,64	6,28	0,58
SIAPP	38,09 ± 0,18	0,50 ± 0,03	76,18 ± 4,53	3,06	6,38	0,60
SIACN	42,64 ± 0,06	0,41 ± 0,02	104,00 ± 6,76	1,06	6,60	0,60

SIAMP: substrato inicial formulado a partir da serragem de Marupá, SIAPB: da serragem de pau de balsa, SIAPP: do estipe da pupunheira triturado, e SIACN: do bagaço de cana-de-açúcar. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

TABELA III
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SUBSTRATO RESIDUAL
PROVENIENTE DO CULTIVO DE *P. ostreatus*

Substrato residual do cultivo de <i>P. ostreatus</i>	C (%)	N (%)	C:N (%)	Sólidos solúveis °Brix	pH
SRMP	39,68 ±0,04	0,79 ±0,02	50,23 ±1,03	Nd	4,82
SRPB	38,54 ±0,13	0,66 ± ,02	58,39 ±1,30	Nd	4,80
SRPP	35,02 ±0,11	0,63 ±0,02	55,59 ±1,60	2,64	5,08
SRCN	38,98 ±0,07	0,68 ±0,02	57,32 ±1,27	1,23	5,53

SR: substrato residual oriundo do cultivo de *P. Ostreatus*, SRMP: a partir da serragem marupá, SRPB: da serragem de pau de balsa, SRPP: do estipe da pupunheira triturado, e SRCN: do bagaço de cana-de-açúcar. ND: não detectável. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

quando trata-se de cultivo em substrato natural (compostado e pasteurizado), enquanto que para o cultivo de shimeji em condição axênica, as relações C:N são mais estreitas.

Quanto à atividade de água (Aw), foram observados valores baixos (0,58-0,60) entre as matérias-primas (Tabela I), o que possibilitou uma melhor conservação destas evitando a deterioração microbiana, permitindo uma boa formulação dos substratos de cultivo. Isto foi possível porque a baixa Aw impossibilita a proliferação microbiana. A taxa de deterioração microbiana se torna menor à medida que a Aw se aproxima de 0,60 e abaixo desse valor não há crescimento microbiano (Eira, 2003).

Na Tabela II são apresentados os resultados das análises físico-químicas feitas aos substratos de cultivo utilizados para a produção de *P. ostreatus*. Em todos os substratos foi obtido um bom crescimento micelial do fungo, bem como uma boa produção de basidiomas.

A Tabela III apresenta os resultados das análises físico-químicas dos substratos residuais. Como esperado, ocorreram alterações na composição físico-química dos substratos residuais, provenientes do metabolismo do fungo durante o cultivo.

Relativamente aos valores de pH, observa-se, pela análise das Tabelas II e III, que após o crescimento do fungo todos os substratos possuem valores mais baixos de pH, comparativamente aos iniciais, fato que está, possivelmente, relacionado com a produção de metabólitos como os ácidos graxos (Chang e Miles, 1989) e ácido oxálico (Sturion, 1994). Houve consumo de carbono e aumento de nitrogênio, e conseqüente redução da relação C:N (Tabela III). Essa redução é função do maior consumo dos componentes polissacarídeos e da lignina no processo de formação dos basidiomas, provocando considerável diminuição do teor de carbono e perda de CO₂ durante o metabolismo do fungo (Zadrazil, 1978; Sturion,

1994), como também devido ao aumento significativo de nitrogênio provocado pelo aumento do micélio do fungo no substrato residual.

Em vários estudos realizados com espécies de *Pleurotus* (Sturion, 1994; Sturion e Oetterer, 1995) o aumento do teor de N no substrato residual pode ser explicado não só pelo aumento da quantidade de micélio, como pela capacidade de fixação de N, ou ainda devido à presença de bactérias fixadoras de nitrogênio (Kurtzman e Zadrazil, 1982; Bisaria *et al.*, 1990). Um aumento de nitrogênio no substrato residual também foi observado por Patrabansh e Madan, (1997), após o cultivo de *P. sajor-caju* indicando uma possível capacidade de fixação de N por este fungo. O estudo de Singh (2000) comprovou o aumento de N desde a fase de incubação até o fim do cultivo, quando o autor cultivou o mesmo cogumelo em palha de *Oryza sativa*, *Triticum aestivum* e *Cyanodon dactylon*, o qual sugeriu também a capacidade de fixação de N pelo fungo.

Os estudos de Yara (2002; 2006) registraram a ocorrência de microrganismos associados a cogumelos do gênero *Pleurotus* semelhantes à bactéria *Bulkholderia* sp. encontrados em vacúolos junto às hifas do micélio do fungo e que podem estar relacionadas com a fixação de nitrogênio neste sistema.

Wang *et al.* (2001) também observaram aumento de N no substrato residual quando cultivaram *P. ostreatus* utilizando diferentes resíduos de cevada. Os autores, entretanto, relacionaram o aumento de N à atividade metabólica do fungo durante o crescimento micelial e a degradação do substrato a CO₂ e água.

Akinyele e Akinyosoye (2005) estudaram o crescimento micelial da *Volvariella volvaceae* em vários resíduos agrícolas, tendo verificado um aumento significativo do teor de nitrogênio em todos os substratos residuais. Os autores relacionam a aumento de N às enzimas extracelulares produzidas pelo fungo durante a fase de crescimento. Resultado semelhante foi obtido por Belew e Belew (2005) quando cultivaram o mesmo cogumelo em folha de bananeira. O aumento de N foi atribuído à proteína fúngica durante o processo de degradação e solubilização do substrato. Belew (2006) também atribuiu o aumento de N no substrato residual após o cultivo de *P. ostreatus* a proteína fúngica, quando utilizou resíduo do algodoeiro e serragem de masonia como substrato.

Os teores de proteína das serragens (MP e PB), estipe da pupunheira (PP) e bagaço de cana-de-açúcar (CN) foram baixos (Tabela IV), tornando-se necessária a adição de suplementos de modo a fornecer uma fonte protéica, pelo que se recorreu aos farelos de cereais (FT, FT, FM E MFR; Tabela IV), o que possibilitou um balanço adequado quando da preparação dos substratos (Tabela V).

TABELA IV
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA NA FORMULAÇÃO DO SUBSTRATO DE CULTIVO

Matéria prima	Proteína (N×6,25) (%)	Lipídios (%)	Fibra Total (%)	Cinzas (%)	Umidade (%)	MS (%)	Carboidratos totais (%)	Carboidratos disponíveis (%)	Energia total metabolizável (Kcal)
FA	28,63	15,15 ±0,37	6,44 ±0,05	10,16 ±0,02	10,4	89,6	35,66	29,23	367,77
FT	16,25	3,65 ±0,19	7,31 ±0,01	5,17 ±0,10	10,6	89,4	64,33	57,02	325,97
FM	7,81	11,99 ±2,32	0,67 ±0,06	1,16 ±0,1	11,8	88,2	67,24	66,57	405,43
MFR	29,63	8,16 ±0,15	6,44 ±0,10	8,94 ±0,22	10,4	89,6	42,88	36,44	337,68
MP	1,75	0,91 ±0,15	77,77 ±0,09	0,98 ±0,26	13,2	86,8	83,16	5,39	36,72
PB	0,88	0,97 ±0,14	72,42 ±0,87	1,13 ±0,14	12	88	85,03	12,60	62,60
PP	2,06	1,32 ±0,06	38,89 ±0,16	2,59 ±0,08	13	87	81,03	42,14	188,67
CN	1,00	1,36 ±0,06	43,83 ±0,68	0,58 ±0,11	10,4	89,6	86,66	42,84	187,58

FA: farelo de arroz, FT: de trigo, FM: farelo de milho, MFR: mistura de farelos; MP: serragem de marupá, PB: serragem de pau de balsa, PP: estipe da pupunheira triturado, CN: bagaço de cana-de-açúcar, e MS: massa seca. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

TABELA V
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO SUBSTRATO INICIAL

Substrato inicial	Proteína (%)	Lipídios (%)	Fibra total (%)	Cinzas (%)	Umidade		Massa seca (%)	Carboidratos totais (%)	Carboidratos disponíveis (%)	Energia total metabolizável (Kcal/100g)
					Substrato seco (%)	Substrato autoclavado (%)				
SIAMP	3,06	1,81 ±0,13	74,05 ±0,60	2,99 ±0,03	11,90 ±0,71	77,53 ±0,88	88,10 ±0,71	80,23	6,18	53,3
SIAPB	2,31	2,42 ±0,35	65,69 ±0,80	3,35 ±0,09	11,00 ±0,85	77,49 ±0,74	89,00 ±0,85	80,93	15,24	91,95
SIAPP	3,13	2,61 ±0,10	47,79 ±0,45	7,58 ±0,09	11,10 ±1,84	77,92 ±0,25	88,90 ±1,84	75,59	27,80	147,2
SIACN	2,56	3,22 ±0,22	51,38 ±4,83	2,68 ±0,22	9,30 ±0,14	77,54 ±0,61	90,70 ±0,14	82,24	30,86	162,7

SIAMP: substrato inicial a partir da serragem de Marupá, SIAPB: de pau de balsa, SIAPP: do estipe da pupunheira triturado, SIACN: do bagaço de cana-de-açúcar. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

De um modo geral, os suplementos contêm uma mistura de proteínas, carboidratos, lipídios, minerais e vitaminas que contribuem para melhorar o crescimento do fungo (Przybylowicz e Donogue, 1990), tendo como principal objetivo aumentar os níveis de nitrogênio e carboidratos disponíveis.

Açúcares e amido por serem carboidratos prontamente disponíveis, aumentam a velocidade de colonização do meio e a conseqüente degradação do substrato, reduzindo o tempo de produção do basidioma, uma vez que o micélio converte facilmente esses carboidratos em reserva para a formação do cogumelo, aumentando a produtividade (Przybylowicz e Donogue, 1990). Outros suplementos, como o calcário, ou CaCO₃ devem ser adicionados ao meio de cultivo, para a manutenção do pH favorável ao crescimento fúngico durante os últimos estágios de decomposição, pois há um aumento progressivo de acidez ocasionada pelo metabolismo do fungo.

A suplementação com farelo de cereais (MFR) conforme Tabela IV, contém alto valor de proteína (29,63%), lipídios (8,16%), cinzas (8,94%) e car-

boidrato disponível (36,44%) o que proporcionou um bom balanço na preparação do substrato, principalmente SIAPP e SIACN, os quais por sua vez, contêm menos fibra (47,79 e 51,38%), maior conteúdo de lipídios (2,61 e 3,22%) e maior percentual em carboidrato disponível (27,80 e 30,86%), respectivamente (Tabela V), bem como maior conteúdo de açúcares demonstrados pela presença de sólidos solúveis (3,06 e 1,06°Brix), conforme Tabela II, em relação aos substratos SIAMP e SIAPB (0,64°Brix).

A fração fibra, denominada fibra total, no entanto, foi superior no material volumoso (serragens de marupá, de pau de balsa, estipe da pupunheira e bagaço de cana-de-açúcar) com variação de 38,89 a 77,77% (Tabela IV), enquanto que para os farelos a variação obtida foi de 0,67 a 7,31.

O conteúdo de cinzas foi superior nos farelos (1,1-10,16%), apresentando maior conteúdo para o farelo de arroz, enquanto que para os volumosos (MP, PB, PP e CN) a variação foi de 0,58 a 2,59% (Tabela IV).

A umidade da matéria-prima foi mantida baixa (10,4-13,2%) e não permitiu o ata-

que por bolores e outros microorganismos competidores, possibilitando assim a utilização do material durante as diversas fases experimentais.

Os valores de carboidratos totais dos materiais volumosos (MP, PB, PP e CN), conforme Tabela IV foram superiores (83,16-86,66%) aos dos farelos de cereais (35,66-67,24%). Isto ocorreu porque dentre os carboidratos totais está inclusa a fibra do material e, neste caso, os cereais possuem menor teor de fibra do que as serragens (MP e PB) bem como o estipe da pupunheira (PP) e o bagaço de cana-de-açúcar (CN). Em relação aos carboidratos disponíveis, entretanto, a fração fibra é excluída, o que fez com que as madeiras (MP e PB), apresentassem menor quantidade de carboidratos disponíveis, visto que o seu teor em fibra é alto e este é descontado no cálculo desses carboidratos.

Quanto à energia total metabolizável (Kcal/100g), como esperado, esta foi superior nos farelos, uma vez que para o cálculo é levado em consideração os teores de proteína, de carboidrato disponível e de lipídios, e, neste caso, tais valores foram superiores nos farelos, comparado ao

material volumoso, principalmente quanto aos teores de proteína e de lipídios (Tabela IV). Dentre os volumosos, os resíduos da pupunheira (PP) e da cana-de-açúcar (CN) apresentaram os maiores teores de energia metabolizável porque possuem os maiores teores de carboidratos disponíveis, comparado as serragens de marupá (MP) e de pau de balsa (PB). O maior teor de carboidrato disponível em PP e CN está principalmente relacionado ao menor teor de fibras destes.

A Tabela V apresenta os resultados da composição centesimal dos substratos iniciais após terem sido umedecidos e autoclavados. Os valores de proteína para os substratos elaborados a partir das serragens de marupá e de pau de balsa (SIAMP e SIAPB) foram 3,06 e 2,31%, respectivamente, enquanto que para os substratos formulados a partir dos resíduos da pupunheira e do bagaço de cana-de-açúcar (SIAPP e SIACN) os teores de proteína apresentados foram 3,13 e 2,56%.

O teor de lipídios variou de 1,81 a 3,22%, sendo que o menor teor apresentado foi para o substrato formulado a partir da serragem de marupá (SIAMP) e o maior foi para o

TABELA VI
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO SUBSTRATO RESIDUAL PROVENIENTE DO CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

Substrato residual	Proteína (%)	Lipídios (%)	Fibra total (%)	Cinzas (%)	Umidade		Carboidratos totais (%)	Carboidratos disponíveis (%)	Energia total metabolizável (Kcal)
					Substrato dessecado (%)	Substrato pós-cultivo (%)			
SRMP	4,94	1,30 ±0,20	43,86 ±0,03	5,84±0,09	9,33±0,09	87,60±2,25	78,60	34,74	170,41
SRPB	4,13	1,12 ±0,00	36,94 ±0,69	5,88±0,25	8,48 ±0,25	88,27 ±0,68	80,40	43,46	200,41
SRPP	3,94	1,43 ±0,09	23,94 ±0,40	9,46±0,38	10,0 ±1,07	80,38 ±5,48	75,18	51,24	233,56
SRCN	4,25	1,05 ±0,15	32,73 ±0,45	5,45±0,30	8,79 ±0,17	87,04 ±1,81	80,45	47,72	217,38

SR: substrato residual oriundo do cultivo de *P. Ostreatus*, SRMP: a partir da serragem marupá, SRPB: da serragem de pau de balsa, SRPP: do estipe da pupunheira triturado, SRCN: do bagaço de cana-de-açúcar. Os dados resultam da média de três análises (± desvio padrão).

substrato elaborado a partir da cana-de-açúcar (SIACN).

A umidade do material seco ao sol e formulado (substrato inicial), antes da autoclavagem variou de 9,30 a 11,90% (Tabela V) e foi considerada baixa e muito importante do ponto de vista da elaboração do substrato, pois as matérias-primas todas foram secas em secador solar e obtiveram baixo teor de umidade, favorecendo sua utilização durante todo o estudo.

Os carboidratos totais praticamente não variaram entre os substratos SIAMP e SIAPB (Tabela V), enquanto que para SIAPP e SIACN os valores foram 75,50 e 82,24%, respectivamente. Os carboidratos disponíveis para os substratos elaborados a partir das serragens de marupá e de pau de balsa (SIAMP e SIAPB) foram inferiores (6,18 e 15,24%) aos substratos elaborados a partir do estipe da pupunheira e do bagaço de cana-de-açúcar (27,80 e 30,86%), respectivamente. Este fato está relacionado com os maiores teores de fibra presentes nos substratos SIAMP e SIAPB, os quais já mencionados são excluídos no cálculo dos carboidratos disponíveis. A energia metabolizável (Kcal/100g), também foi superior para SIAPP e SIACN (Tabela V) porque estes dispõem principalmente de maior conteúdo de carboidratos disponíveis e de lipídios.

Na Tabela VI são apresentados os resultados da composição dos substratos residuais (pós-colheita). Comparando os resultados destes substratos com os dos substratos iniciais (Tabela V) foram observadas alterações em todos os substratos. Os teores de umidade, proteína, cinzas, carboidratos disponíveis e energia (Kcal) aumentaram no substrato residual (SR) enquanto que houve uma redução nos teores de lipídios, fibra total e carboidrato total. O aumento do teor de umidade do substrato pós-colheita em relação ao substrato inicial (umedecido e autoclavado) foi devido ao sistema de umidificação utilizado

durante a fase de produção para impedir o ressecamento dos cogumelos, mantendo a umidade relativa em torno de 90%.

O aumento de proteína no substrato residual ocorreu em função do aumento do teor de nitrogênio. A presença de micélio do fungo no substrato residual contribuiu de forma significativa para o incremento de N e como consequência, para o aumento de proteína.

Para todos os substratos verificou-se um aumento do teor de cinzas após o crescimento do fungo (Tabelas V e VI). Esse aumento está de acordo com os resultados de Zadrazil (1978) e de Rajarathnam *et al.* (1992), em que os autores relacionam esse aumento a uma constante utilização da matéria orgânica pelo fungo, ocorrido desde a fase de incubação "crescimento vegetativo" até o final do cultivo, possibilitando a liberação de minerais para o substrato final.

Comparando a Tabela V com a Tabela VI, houve uma redução do teor de carboidratos totais nos substratos residuais, devido principalmente ao aumento da proteína e das cinzas, os quais foram superiores no SR e que são descontados na fórmula concernente ao cálculo de carboidratos totais. A redução, no entanto, foi pequena (0,54-2,18%), porque a fração fibra está incluída nos carboidratos totais. Por outro lado, o teor de carboidratos disponíveis aumentou nos substratos residuais, em função da grande redução do teor de fibra entre os substratos residuais (36,30-50,00%) ocorridas devido à degradação do fungo durante o cultivo, e que neste caso ao obter menor conteúdo de fibra a ser descontado, aumentou conseqüentemente o teor de carboidratos disponíveis (Tabela VI).

Houve um aumento energético (kcal) bastante elevado ao longo do cultivo, promovendo elevação percentual no SR de 219,72; 117,96; 58,67 e 33,61 para SRMP; SRPB; SRPP e SRCN, respectivamente (Tabelas V e VI). A grande ele-

vação se deu em função do aumento de carboidratos disponíveis, que por sua vez, foi aumentado devido à redução do teor de fibra do substrato residual, a qual foi degradada pelo fungo durante a o seu desenvolvimento.

Conclusões

A composição nutricional do substrato variou com o substrato de cultivo utilizado.

Houve um incremento de proteína no substrato residual provocado principalmente pelo micélio do fungo, bem como uma elevação energética (Kcal).

O substrato residual tornou-se mais rico, devido à maior disponibilidade de nutrientes do que o substrato inicial e poderá ser utilizado como composto para *Agaricus* sp., adubo orgânico, biorremediação de solos contaminados.

REFERÊNCIAS

- Akindahunsi AA, Oyeyayo FL (2006) Nutrient and antinutrient distribution of edible mushroom, *Pleurotus tuber-regium* (Fries) Singer. *Food Sci. Technol.* 39: 548-553.
- Akinyele BJ, Akinyosoye FA (2005) Effect of *Volvariella volvacea* cultivation on the chemical composition of agrowastes. *Afr. J. Biotechnol.* 4: 979-983.
- Andrade MCN, Zied DC, Minihoni MTA, Kopytowski Filho J (2008) Yield of four *Agaricus bisporus* strains in three compost formulations and chemical composition analyses of the mushrooms. *Braz. J. Microbiol.* 39: 593-598.
- AOAC (1997) Official Methods of Analysis. 16^a.ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, EEUU. 1141 pp.
- Belew MA, Belew KY (2005) Cultivation of mushroom (*Volvariella volvacea*) on banana leaves. *Afr. J. Biotechnol.* 4: 1401-1403.
- Belew MA (2006) Conversion of mansonia tree sawdust and cotton plant by-product into feed by white rot fungus (*Pleurotus sajor-caju*). *Afr. J. Biotechnol.* 5: 503-504.
- Bisaria R, Vasudevan P, Bisaria VS (1990) Utilization of spent agro-residues from mushroom cultivation for biogas production. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 33: 606-609.

BRASEQ (2005) Entendendo a Atividade De Água e Ssa Importância para a Qualidade de Alimentos e Outros Produtos em Geral. Boletim Técnico Informativo. Brasileira de Equipamentos. www.braseq.com.br (Cons. 20/09/2005).

- Carvalho HH, Jong EV, Belló RM, Souza RB, Terra MF (2002) *Alimentos: Métodos Físicos e Químicos de Análise*. UFRGS. Porto Alegre, Brasil. 180 pp.
- Chang ST, Miles PG (1989) *Edible Mushrooms and their Cultivation*. CRC Press. Boca Raton, FL: EEUU. 345 pp.
- Crisan EV, Sands A (1978) A nutritional value. Em Chang ST, Hayes WA (Eds.) *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press. Nova York, EEUU. pp. 137-168.
- Das N, Mukherjee N (2007) Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plant. *Bioresource Technol.* 98: 2723-2726.
- Eira AF (2003) *Cultivo do Cogumelo Medicinal Agaricus blazei (Murril) ss. Heinemann ou Agaricus brasiliensis (Wasser et al.)*. Aprenda Fácil. Viçosa, Brasil. 395 pp.
- Eira AF, Minihoni MTA, Braga GC, Montini RMC, Ichida MS, Marino RH, Colauto NB, Silva J, Neto, FJ (1997) *Manual Teórico / Prático do Cultivo de Cogumelos Comestíveis*. FEPAF. Botucatu, Brasil. 115 pp.
- Fasidi IO, Ekuere UU (1993) Studies on *Pleurotus tuber-regium* (Fries) Singer: cultivation, proximate composition and mineral contents of sclerotia. *Food Chem.* 48: 255-258.
- Furlani RPZ (2004) *Valor Nutricional de Cogumelos Cultivados no Brasil*. Tese. Universidade Estadual de Campinas, Brasil. 88 pp.
- Kurtzman RH, Zadrazil F (1982) Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus mushrooms*. Em Chang ST, Quimio TH (Eds.) *Tropical Mushrooms: Biological Nature and Cultivation Methods*. Chinese University Press. Hong Kong. pp. 299-348.
- LATINFOODS (2002) *Tabla de Composición de Alimentos de América Latina*. www.fao.org/LAmerica/grupo.htm (Cons. 20/05/2006).
- Malavolta E, Vitti GC, Oliveira AS (1989) *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações*. Nagy. Piracicaba, Brasil. 201 pp.
- Mendonça ES, Matos ES (2005) *Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises*. UFV. Viçosa, Brasil. 107 pp.

- NEPA (2006) *Tabela de Composição de Alimentos*. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. UNICAMP. Campinas, Brasil. 105 pp.
- Patrasbansh S, Madan M (1997) Studies on cultivation, biological efficiency and chemical analysis of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer on different bio-wastes. *Acta Biotechnol. Wiley* 17: 107-122.
- Przybylowicz P, Donoghue J (1990) *Shiitake Grower's Handbook: The Art and Science of Mushroom Cultivation*. Kendall Hunt. Dubuque, IA, EEUU. 217 pp.
- Rajarithnam S, Shashireka MN, Bano Z (1992) Biopotentialities of basidiomycetes. *Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 37: 233-361.
- Sapata MRL (2005) *Valorização de Resíduos Agrícolas: Produção de Cogumelos do Gênero Pleurotus*. 32 pp. Relatório Final de Projeto. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Oeiras, Brazil. 32 pp.
- Silva SO, Costa SMG, Clemente E (2002) Chemical composition of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué., substrates and residue after cultivation. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 45: 531-535.
- Singh MP (2000) Biodegradation of lignocellulosic waste through cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. Em Van Griensven LJLD (Ed.) *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Balkema. Rotterdam, Holanda. Vol. 2, pp. 517-521.
- Sturion GL (1994) *Utilização da folha da Bananeira como substrato para o cultivo cogumelo (Pleurotus spp.)*. Dissertação. Universidade do Estado de São Paulo. Piracicaba, Brasil. 147 pp.
- Sturion GL, Oetterer M (1995) Composição química de cogumelos comestíveis (*Pleurotus* spp.) originados em diferentes substratos. *Ciê. Tecnol. Alim.* 15: 189-193.
- Wang D, Sakoda A, Suzuki M (2001) Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource technol.* 78: 293-333.
- Yara R (2002) *Bactéria associada a Pleurotus sp. 2002*. 134p. Dissertação. Instituto de Biociências. São Paulo, Brasil. 134 pp.
- Yara R (2006) *Localização in situ e caracterização molecular da bactéria endossimbionte de Pleurotus ostreatus*. Tese. ESALQ/USP. Piracicaba, Brasil. 86 pp.
- Zadrazil F (1978) Cultivation of *Pleurotus*. Em Chang ST, Hayes WA (Eds.) *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press. Nova York, EEUU. pp. 521-557.