

COMPARAÇÃO ENTRE TEMPOS DE PASTEURIZAÇÃO DA PALHA DE ARROZ PARA O CULTIVO DE *Pleurotus sajor-caju* EM PEQUENA ESCALA

COMPARISON BETWEEN RICE STRAW PASTURIZATION TIMES FOR SMALL-SCALE *Pleurotus sajor-caju* CULTIVATION

Eduardo Bernardi¹
Elisandra Minotto²
Lisiane Martins Volcão³
José Soares do Nascimento⁴

Resumo: O cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais é realizado utilizando diferentes tipos de substratos lignocelulósicos. O gênero de *Pleurotus* sp. é um dos mais importantes gêneros cultivados no Brasil, especialmente *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju* e *Pleurotus ostreatusroseus*, sendo conhecidos como cogumelo ostra, shimeji ou hiratake. Com o crescente aumento no interesse pelo cultivo desse gênero de cogumelos no Brasil, o estudo teve como objetivo avaliar o tempo necessário para pasteurização da palha de arroz, assim como a produção de *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03) através dos valores de massa fresca, produtividade e eficiência biológica. O experimento foi desenvolvido em parceria com uma propriedade rural localizada no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil, e com o Laboratório Experimental de Micologia (UFPEL). Para a análise da eficiência da pasteurização em diferentes tempos, foi realizado a contagem e identificação de microorganismos fúngicos, assim como a massa fresca (g), produtividade (%) e eficiência biológica (%) dos cogumelos produzidos em seus respectivos tratamentos (30, 60, 90, 120, 150 e 190 minutos). Os gêneros fúngicos contaminantes encontrados foram *Mucor* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. e *Paecilomyces* sp. Os maiores valores para as variáveis de massa fresca (1730,00 g), produtividade (28,8%) e eficiência biológica (115,3%), foram obtidas com o substrato de palha de arroz pasteurizado a 95°C por 30 minutos, sendo considerado este tratamento térmico suficiente para o cultivo de *P. sajor-caju* (PSC96/03) em substrato de palha de arroz.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Cogumelos. Produção. Cogumelo ostra.

Abstract: The cultivation of edible and medicinal mushrooms is carried out using different types of lignocellulosic substrates. The genus of *Pleurotus* sp. is one of the most important genera grown in Brazil, especially *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatusroseus*, being known as oyster mushrooms, shimeji or hiratake. With the growing interest in the cultivation of this genus of mushrooms in Brazil, The study aimed to evaluate the time required for pasteurization of rice straw, as well as the production of *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03) through the values of fresh mass, productivity and biological efficiency. The experiment was developed in partnership with a rural property located in the municipality of

¹ Dr. em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, edu.bernardi@hotmail.com.

² Dra. em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Universidade do Oeste de Santa Catarina, elisminotto@yahoo.com.br.

³ Dra. em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande, lisivolcao@hotmail.com.

⁴ Dr. em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, jsnufpel@hotmail.com.

Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brazil, and with the Experimental Laboratory of Mycology (UFPEL). For the analysis of the efficiency of pasteurization at different times, the counting and identification of fungal microorganisms was carried out, as well as the fresh mass (g), productivity (%) and biological efficiency (%) of the mushrooms produced in their respective treatments (30, 60, 90, 120, 150 and 190 minutes). The contaminant fungal genera found were *Mucor* sp, *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. and *Paecilomyces* sp. The highest values for the variables of fresh mass (1730.00 g), productivity (28.8%) and biological efficiency (115.3%), were obtained with the substrates of pasteurized rice straw at 95°C for 30 minutes, this heat treatment being considered sufficient for the cultivation of *P. sajor-caju* (PSC96 / 03) on rice straw substrate.

Keywords: Family farming. Mushrooms. Production. Oyster mushroom.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de cogumelos é um processo biotecnológico para a reciclagem de resíduos orgânicos lignocelulósicos. Estes organismos possuem a capacidade de degradar diversos substratos, podendo ser produzidos em materiais provenientes da agricultura, criações de animais e indústrias de manufaturas (SÁNCHEZ, 2010).

A produção mundial de cogumelos cultivados e comestíveis aumentou cerca de 30 vezes desde 1978 (ROYSE; BAARS; TAN, 2017). O cultivo de um destes cogumelos, o *Pleurotus* sp., pode ser realizado utilizando substratos naturais e/ou compostados, sendo estes pasteurizados ou esterilizados (BERNARDI e colaboradores, 2018, 2019). Segundo Felinto (1999), a técnica de cultivo axênico, ou seja esterilizado, é antieconômica em escala comercial devido ao investimento em equipamentos. Entretanto, em países desenvolvidos, essa é a técnica em que se obtém maior rendimento.

Inúmeros são os produtores que ingressam no cultivo de cogumelos, e por desconsiderar fatores como a linhagem a ser cultivada, inóculo necessário, substrato e manejo das condições ambientais, obtém rendimentos econômicos insuficientes a continuidade da produção (BERNARDI, 2007). Contra isso, devem-se adequar as técnicas e métodos de cultivo com o objetivo de diminuir custos, buscando maior viabilidade econômica durante a produção. O tratamento térmico como a pasteurização pode ser uma técnica empregada para tal fim, apresentando baixo custo e facilidade de implementação e utilização por produtores iniciantes.

COLMENARES-CRUZ e colaboradores (2017), utilizando a técnica de pasteurização em substratos compostados, demonstraram que temperaturas entre 60-65°C são adequadas para pequenos produtores, pois uma caixa de 1 m³ foi capaz de processar cerca de 220 - 380 kg de substrato. A pasteurização tem como finalidade diminuir, ou eliminar, a presença de microorganismos indesejáveis ao cultivo de cogumelos. Mais frequentemente pode-se observar a contaminação por fungos mitospóricos, e essa contaminação ao multiplicar-se junto com o micélio do cogumelo, compete por nutrientes. Uma vez

estabelecidos, microorganismos contaminantes agem como antagonistas, impedindo o crescimento micelial do cogumelo (FLETCHER et al., 1986). TESFAW e colaboradores (2015), observaram uma diminuição do rendimento da produção de *Pleurotus ostreatus* em substratos contaminados pelo “mofo verde”.

São inúmeros os fatores que influenciam o cultivo e o rendimento da produção, como temperatura, umidade, aeração e contaminação do substrato. O substrato quando utilizado sem a compostagem, geralmente é umedecido durante 24 horas, promovendo a hidratação e ação dos microorganismos, consumindo substâncias facilmente assimiláveis (pré-fermentação). Com isso, a pasteurização pode ser suficiente para eliminar microorganismos contaminantes que possam vir a competir com o cogumelo *Pleurotus* sp.

No contexto apresentado, o objetivo do estudo foi avaliar o tempo necessário para pasteurização da palha de arroz, assim como a produção de *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03) através dos valores de massa fresca, produtividade e eficiência biológica.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1.1 Local do estudo

O experimento foi desenvolvido em parceria com uma propriedade rural localizada no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil, e com o Laboratório Experimental de Micologia (LEMICO) do Departamento de Microbiologia e Parasitologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

2.2.2 Preparo do experimento

Para o preparo do substrato de cultivo, a palha de arroz foi previamente imersa em água por 24 horas para reidratação, e posteriormente escorrida com a finalidade de eliminar o excesso de água. Em seguida, foi acondicionada em

um pasteurizador para o tratamento térmico. Para o tratamento foram utilizados seis diferentes tempos de pasteurização do substrato, a $95 \pm 5^\circ\text{C}$, conforme descrito na Figura 1. O aquecimento do substrato foi realizado pela queima de madeira, gerando fervura da água presente na base do pasteurizador, e consequente produção de vapor. Posteriormente, a palha úmida foi colocada sobre um estrado no interior do pasteurizador, evitando assim o contato com a água, permanecendo aquecida pelo vapor, e com a temperatura monitorada com auxílio de um termômetro. Após o tratamento térmico, as amostras do substrato foram coletadas e acondicionadas em frascos estéreis mantidos sob refrigeração, e conduzidas ao LEMICO. O restante do substrato, após resfriamento ($25\text{--}30^\circ\text{C}$), foi utilizado para o cultivo com *P. sajor-caju* (PSC96/03).

2.2.3 Condições do cultivo

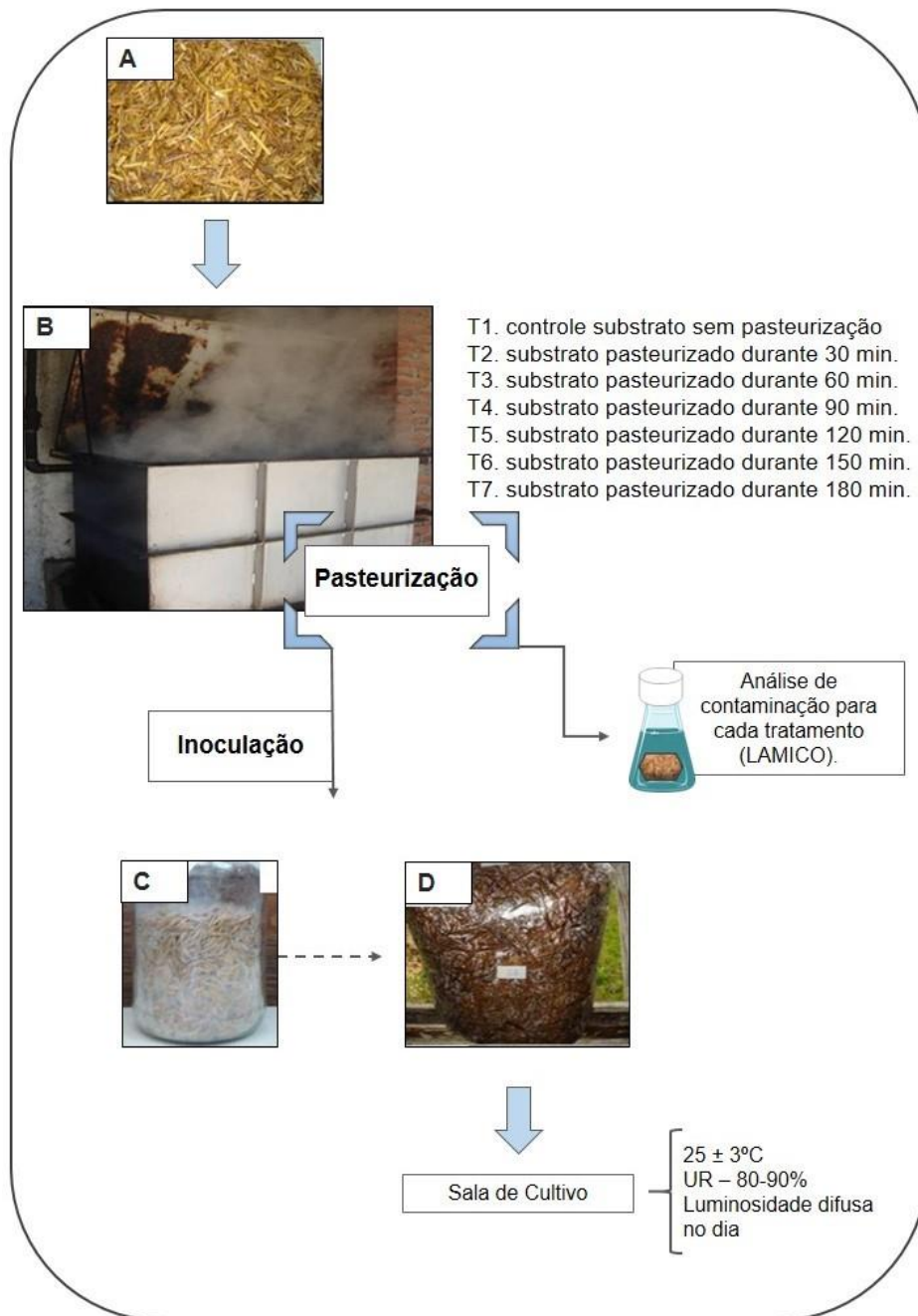
A etapa de cultivo foi realizada em uma pequena propriedade de cultivo de *Pleurotus* spp., em ambiente semi-controlado de temperatura e umidade relativa. O substrato foi inoculado com 3% de “spawn” (p/p) de *P. sajor-caju* (PSC96/03) e acondicionado em sacos plásticos com volumes de 6kg cada (figura 1). Posteriormente, os sacos foram transferidos para a sala de cultivo para miceliação e produção de basidiomas, com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, umidade relativa de 80-90% e luminosidade difusa durante o dia (300 LUX). Os basidiomas produzidos foram coletados manualmente e pesados separadamente conforme os tratamentos anteriormente citados, exceto o tratamento T1, o qual não foi submetido a avaliação da etapa de cultivo.

2.2.4 Avaliação de contaminação

No laboratório, as amostras foram processadas para a contagem do número de Unidades Formadoras de Colônia (UFC), pela metodologia convencional, e identificação dos contaminantes fúngicos presentes no substratos. A identificação dos fungos contaminantes foi realizada em laboratório através de microscopia óptica, sendo utilizada a técnica de preparo da lâmina com fita adesiva. As lâminas foram corada com Azul de Amann, uma

lâmina para cada colônia morfologicamente diferente. Os fungos foram identificados em nível de gênero, de acordo com Funder (1968), Ellis (1971), Barnett e Hunter (1972) e Singh e colaboradores (1991).

Figura 1. Esquema da metodologia empregada no estudo, com a palha de arroz (A) como substrato, em um procedimento utilizando um pasteurizador (B) e sete tratamentos com tempos distintos. Cada tratamento foi inoculado com um "spawn" (C) de *Pleurotus sajor-caju* e acondicionados em sacos contendo 6 kg do substratos pasteurizado (D) para frutificação na sala de cultivo.



Fonte: Autores (2020)

2.2.5 Análise dos dados

Os basidiomas produzidos durante a fase de cultivo foram colhidos manualmente, pesados para a obtenção da massa fresca (g), produtividade em base úmida (%) e eficiência biológica (%), os dois últimos calculados conforme Equação 1 e 2, respectivamente.

$$\text{Produtividade (\%)} = \frac{\text{massa úmida do cogumelo}}{\text{massa úmida do substrato}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Eficiência Biológica (\%)} = \frac{\text{massa úmida do cogumelo}}{\text{massa seca do substrato}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey para comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1984).

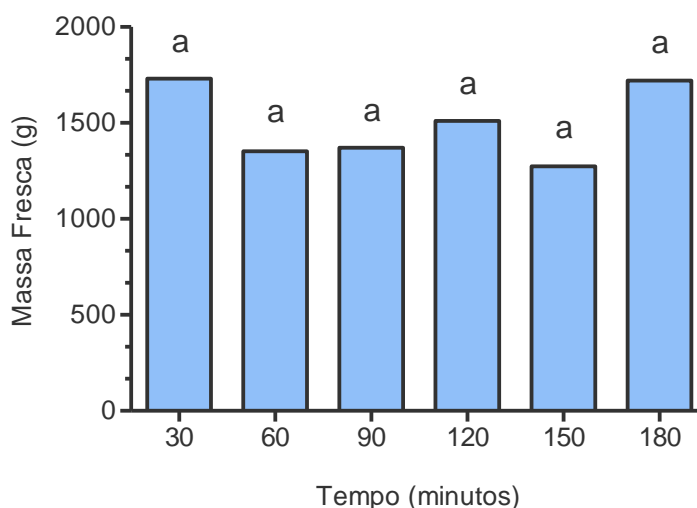
2.1.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase de cultivo foi avaliada primeiramente através da massa fresca (g) dos cogumelos produzidos (figura 2), seguido pela análise de produtividade (%) e eficiência biológica (%) representadas na Figura 3. Para as três variáveis analisadas não houve diferenças significativas estatisticamente pelo teste de Tukey entre os diferentes tratamentos.

Embora a variância pelo teste de Tukey a 5% não tenha mostrado diferença, a massa fresca dos cogumelos variou de 1273,75 a 1730,00 gramas, enquanto que a produtividade variou de 21,23% a 28,83%, e a eficiência biológica de 84,92% a 115,33%. O tratamento térmico dos substratos utilizados no cultivo de cogumelos é descrito por diversos autores, com modificações relacionadas ao tempo e a temperatura, e tendo alguns fatores influenciando nas variáveis de massa fresca, produtividade e eficiência biológica. GAITÁN-HERNÁNDEZ e SALMONES (2008) demonstram a pasteurização da palha de cevada por 1 hora a 65°C, onde todas as variáveis mencionadas, variam de acordo com diferentes linhagens de *Pleurotus ostreatus*. JEZTABADI e colaboradores (2016), aplicam a técnica de pasteurização por 1,5 hora com temperatura de 100°C para o cultivo de *Pleurotus eryngii*, obtendo o melhor

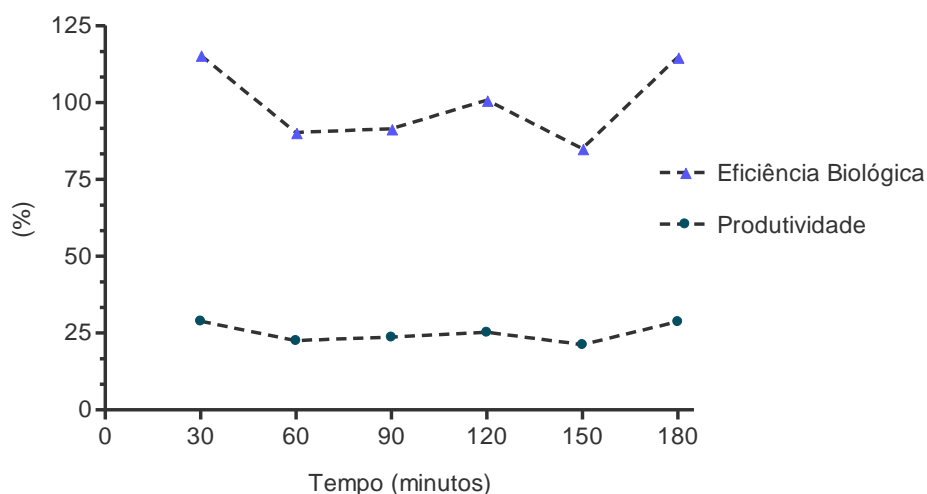
índice de massa fresca em uma combinação de substratos provenientes de resíduos agrícolas, palha de cevada + farelo de arroz.

Figura 2. Massa fresca (g) dos cogumelos *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03) em substrato de palha de arroz submetido a tratamento térmico de pasteurização com diferentes tempos (minutos). Mesma letra, as médias não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).



Fonte: Autores (GraphPad Prism 4, 2020)

Figura 3. Eficiência biológica (%) e produtividade (%) dos cogumelos *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03) em substrato de palha de arroz submetido a tratamento térmico de pasteurização com diferentes tempos (minutos).



Fonte: Autores (GraphPad Prism 4, 2020)

O gênero de cogumelos *Pleurotus* está entre os mais consumidos do mundo, atrás apenas de *Agaricus bisporus*, o “Champignon” (SÁNCHEZ, 2010). Isso faz com que a escolha do tempo de pasteurização e do substrato para cultivo sejam determinantes para uma satisfatória produção. BERNARDI e colaboradores (2019), através do método de pasteurização (100°C por 30 minutos) de três diferentes substratos, demonstraram que o capim-elefante apresentava melhores resultados para massa fresca de *P. sajor-caju*. Nesse mesmo estudo, a melhor eficiência biológica foi alcançada com palha de arroz (106,60%), seguida por uma combinação dos substratos capim elefante + bagaço de cana de açúcar + palha de arroz (95,48%). Apesar de descritos diferentes tempos e temperaturas de tratamentos térmicos para o cultivo de *Pleurotus* sp., os resultados obtidos no presente estudo podem ser promissores, pois tendem a diminuir os custos da produção e o consumo de energia durante o preparo do substrato.

Quanto ao nível de contaminação, verificamos que os tempos utilizados na pasteurização divide os contaminantes em três níveis de acordo com a contagem de UFC: o grupo controle, os tratamentos 30 e 60 minutos, e os tratamentos de 90 a 180 minutos (tabela 1). Enquanto que os tempos de 30 e 60 minutos foram capazes de diminuir 10 vezes a contaminação fúngica, os tratamentos em que foram utilizadas as temperaturas de 90 a 180 minutos, o nível de contaminação decaiu em 100 vezes em comparação com o controle.

Tabela 1. Contagem de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) fúngicas provenientes das amostras de substrato após o tratamento térmico com diferentes tempos (minutos).

Tempo de tratamento	UFC.g ⁻¹	Gêneros identificados
Controle	5,1 x 10 ³	<i>Mucor</i> sp.; <i>Aspergillus</i> sp.; <i>Cladosporium</i> sp.; <i>Alternaria</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.; <i>Paecilomyces</i> sp.
30 minutos	6,6 x 10 ²	<i>Cladosporium</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.
60 minutos	1,6 x 10 ²	<i>Cladosporium</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.
90 minutos	8,0 x 10 ¹	<i>Cladosporium</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.; <i>Aspergillus</i> sp.
120 minutos	2,5 x 10 ¹	<i>Cladosporium</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.; <i>Aspergillus</i> sp.
150 minutos	2,5 x 10 ¹	<i>Cladosporium</i> sp.
180 minutos	2,0 x 10 ¹	<i>Cladosporium</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp.

Fonte: Autores (2020)

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que o substrato sem pasteurização foi o que apresentou uma maior e mais diversa contaminação relacionada aos gêneros fúngicos encontrados. Após os tratamentos térmicos, ainda predominaram os gêneros *Cladosporium* sp. e *Penicillium* sp., e nos tratamentos de 90 e 120 minutos foi identificado também o gênero *Aspergillus* sp.

Apesar de demonstrada a eficiência do tratamento térmico na diminuição da contaminação, não foi possível estabelecer uma associação entre essa variável e fatores como produtividade e eficiência biológica. Entretanto, TESFAW e colaboradores (2015) demonstraram uma redução na produtividade de *P. ostreatus* em substratos contaminados pelo “mofo verde”. Segundo Gea (2001), os chamados “fungos verdes”, *Trichoderma* sp. e *Penicillium* sp., podem se desenvolver no substrato de cultivo de *Pleurotus* spp. durante a incubação para o crescimento micelial. Somado a isso, o gênero *Trichoderma* sp., além dos nutrientes solúveis disponíveis, é capaz também de degradar a celulose do substrato, o que o torna um problemático fungo no cultivo de espécies de *Pleurotus* sp.

De acordo com Houdeau e colaboradores (1991), o aparecimento de competidores está relacionado ao preparo do substrato, sendo a temperatura do tratamento um fator essencial a colonização de microorganismos contaminantes, como *Trichoderma* sp., *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. e *Fusarium* sp. Cabe salientar que já foi demonstrada a contaminação de variedades de grãos de arroz no sul do Brasil por espécies de *Fusarium* sp., assim como por *Aspergillus flavus* produtor de Aflatoxina B₁ (SAVI et al., 2018). Franco e colaboradores (2001) demonstram ainda a presença dos gêneros *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium* e *Penicillium* em grãos de arroz. Por serem fungos causadores de doenças no arroz, é possível que as contaminações demonstradas no presente estudo possam ser provenientes da palha de arroz utilizada no estudo. Observamos que, utilizando um tratamento térmico e linhagens fúngicas adequadas, fica evidenciado que a utilização da

palha de arroz pasteurizada para o cultivo de *P. sajor-caju* apresenta bons resultados de rendimento para pequenos produtores.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos, o tempo de pasteurização da palha de arroz por 30 minutos a 95°C é suficiente para o posterior cultivo de *Pleurotus sajor-caju* (PSC96/03). O menor tempo de pasteurização proporciona os melhores resultados de massa fresca, produtividade e eficiência biológica de *P. sajor-caju*, assim como, deve-se considerar que o menor tempo pode resultar em uma diminuição de custos ao produtor. Com isso, observamos que a palha de arroz pasteurizada a 30min apresenta alto potencial para o cultivo de *P. sajor-caju* (PSC96/03) em pequenas propriedades em condições semicontroladas.

REFERÊNCIAS

- BARNETT, H.L.; HUNTER, B.B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1972. 241p.
- BERNARDI, E. **Cultivo de *Pleurotus* spp. em substrato capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) pasteurizado**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- BERNARDI, E. et al. Cultivation of *Pleurotus* Mushrooms in Axenic Culture through the Use of Crop Residues. v. 11, n. 12, p. 66–70, 2018.
- BERNARDI, E. et al. Productivity, biological efficiency and bromatological composition of *Pleurotus sajor-caju* growth on different substrates in Brazil. **Agriculture and Natural Resources**, v. 53, n. 2, 2019.
- COLMENARES-CRUZ, S.; SÁNCHEZ, J. E.; VALLE-MORA, J. *Agaricus bisporus* production on substrates pasteurized by self-heating. **AMB Express**, v. 7, n. 1, 2017.
- ELLIS, M.B. **Dematiaceous hyphomycetes**. Kew: Commonwealth Mycological
- Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**. Paranaguá, PR, v.6, n.01, p. 01-14, set./mar., 2021

Institute, 1971. 608p

FELINTO, A.S. **Cultivo de cogumelos comestíveis do gênero *Pleurotus* spp. em resíduos agroindustriais**. 1999. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

FLETCHER, J.T.; WHITE, P.F.; GAZE, R.H. **Mushrooms- pest and disease control**. Inglaterra: Intercept, 1986. 156p.

FRANCO, D.F.; RIBEIRO, A.S.; NUNES, C.D.; FERREIRA, E. Fungos associados a sementes de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.7, n.3, p. 235-236, 2001

FUNDER, S. **Practical mycology: Manual for identification of fungi**. New York: Hafner, 1968. 146p.

GAITÁN-HERNÁNDEZ, R.; SALMONES, D. Obtaining and characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 118, n. 2, p. 106–110, 2008.

GEA, F.J. Plagas y enfermedades del género *Pleurotus* spp. In. SÁNCHEZ, J.E.; ROYSE, D. **La Biología y el cultivo de *Pleurotus* spp.** México:UTEHA, p. 205-224, 2001

HOUDEAU, G.; OLIVIER, J.M; LIBMOND, S.; BAWADIKJI, H. Improvement of *Pleurotus* cultivation. In. MAHER, M.J. **XIII Science and Cultivation of Edible Fungi**. Rotterdam: Balkema,1991, v.2, p.549-554.

JEZNABADI, E. K.; JAFARPOUR, M.; EGHBALSAIED, S. King oyster mushroom production using various sources of agricultural wastes in Iran. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 5, n. 1, p. 17–24, 2016.

ROYSE, D. J.; BAARS, J.; TAN, Q. Current Overview of Mushroom Production in the World. v. 2010, p. 5–13, 2017.

SÁNCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, n. 5, p. 1321–1337, 2010.

SAVI, G. D. et al. Incidence of toxigenic fungi and zearalenone in rice grains from Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 270, n. February,

p. 5–13, 2018.

SINGH, K.; FRISVAD, J.C.; THRANE, U.; MATHUR, S.B. **An illustrated manual on identification of some seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their mycotoxins.** Hellerup: Danish Government Institute of Seed Pathology and Department of Biotechnology, 1991. 133p.

TESFAW, A.; TADESSE, A.; KIROS, G. Optimization of oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom cultivation using locally available substrates and materials in Debre Berhan, Ethiopia. **Journal of Applied Biology & Biotechnology**, v. 3, n. 01, p. 15–20, 2015.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST-Sistema de Análise e Estatística. Registrado** na Secretária Especial de Informática, 066060 - categoria A. Pelotas, RS: Universidade Federal de Pelotas, 1984.

Enviado em: 19/06/2020

Aceito em: 07/06/2021

Editor Chefe: Prof. Dr. Everaldo dos Santos