

Vítor Luís da Cunha Costa Neves

Processamento e valorização de cogumelos comestíveis e funcionais:
Controlo do processo produtivo e desenvolvimento de novos produtos

Orientador: Professora Doutora Marta Helena Fernandes Henriques

Coimbra

2025

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Vítor Luís da Cunha Costa Neves

**Processamento e valorização de cogumelos comestíveis e funcionais:
Controlo do processo produtivo e desenvolvimento de novos produtos**

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de
Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do
grau de mestre em ENGENHARIA ALIMENTAR

Orientador: Professora Doutora Marta Helena Fernandes Henriques

Coimbra

2025

Agradecimentos Pessoais

Este relatório representa uma das etapas mais desafiantes da minha vida, evidenciada por desafios, superações, conquista de resultados e, acima de tudo aprendizagens. As conquistas ao longo da nossa vida só são possíveis quando temos pessoas especiais e competentes à nossa volta, as quais eu gostaria de demonstrar o meu apreço.

Começo por agradecer ao meu orientador externo Engenheiro Paulo Guilherme Ferreira Campos Fernandes Antunes e à minha orientadora interna Professora Doutora Marta Helena Fernandes Henriques. Agradeço a oportunidade que o Sr. Paulo me deu de estagiar numa empresa com enorme potencial na área da micologia, todas as aprendizagens, disponibilidade, orientação e apoio ao longo destes meses. Agradeço à Professora Doutora Marta Helena Fernandes Henriques pela orientação irrepreensível, disponibilidade, sugestões, revisão crítica do texto e resultados.

Expresso a minha gratidão também aos meus colegas de estágio, Alexandre Simões, Gonçalo Santos e João Silva, pela disponibilidade de colaboração nos trabalhos, aprendizagens de diferentes áreas e perspetivas, o bom ambiente proporcionado, conselhos e seriedade.

A todos os professores do mestrado em Engenharia Alimentar, agradeço a disponibilidade e ensinamentos transmitidos.

Aos meus pais, que estou eternamente grato, que muito mais que o apoio financeiro, foram o meu esteio emocional ao longo destes anos, transmitindo conselhos e capacidade de superação.

Ao meu irmão, que foi sempre uma enorme inspiração quer a nível académico como pessoal.

Aos meus avós, pelo apoio e notório orgulho que têm em mim.

À minha namorada, que esteve presente em todos os momentos, agradeço pela confiança, força e amor incondicional.

Aos pais da minha namorada pelo carinho e motivação constante.

À minha restante família, agradeço pela confiança e todas as palavras de carinho e motivação.

Aos meus amigos, por todo o apoio, coragem e companhia ao longo desta etapa.

À turma MEAL 2023/2025, agradeço a amizade e o bom ambiente de trabalho que proporcionaram.

Aos restantes não mencionados, que de alguma forma contribuíram para o meu sucesso, o meu obrigado.

Por último, agradeço à Escola Superior Agrária de Coimbra, todos os docentes e não docentes da mesma. Foram bons anos da minha vida, acompanhado por pessoas que levo para a vida, que contribuíram para o meu sucesso em todas as etapas.

Agradecimentos Institucionais

Quero agradecer à Escola Agrária de Coimbra uma vez que este trabalho foi parcialmente apoiado pelo Programa Iberoamericano de Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento - CYTED (*através da Rede ALProSos 125RT0165*)

Resumo

Este relatório sintetiza as atividades e resultados do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Alimentar na empresa Goldencap, dedicada à produção e valorização de cogumelos comestíveis e funcionais. O trabalho envolveu pesquisa bibliográfica, atividades experimentais e operacionais, com foco na relevância nutricional e funcional de todas as espécies produzidas e mantidas em stock na empresa. As espécies produzidas para frutificação foram o cogumelo Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*), Shiitake (*Lentinula edodes*) e Juba de Leão (*Hericium erinaceus*). Já as mantidas em stock, em meio sólido e líquido, incluíram “casco de cavalo” (*Fomes Fomentarius*), Reishi (*Ganoderma Lucidum*), cogumelo da Castanha (*Pholiota adiposa*), cogumelo do Cardo (*Pleurotus eryngii*), Enoki (*Flammulina velutipes*), Shimeji branco e castanho (*Hypsizygus tessellatus*) e “Fungo da Lagarta” (*Cordyceps militaris*). O interesse nestas culturas deve-se à presença de compostos bioativos que estimulam o sistema imunitário a combater determinadas patologias demonstrando assim o seu potencial terapêutico.

Foram acompanhadas todas as atividades e etapas do processo produtivo, desde o isolamento das culturas, preparação de meios e substratos, frutificação e controlo dos parâmetros críticos de desenvolvimento, bem como a gestão de stocks. As operações laboratoriais foram realizadas em condições apropriadas de assepsia aplicando as boas práticas de manipulação através de rotinas de assepsia minimizando possíveis contaminações por géneros como *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma*.

Ao nível dos processos produtivos foram descritos procedimentos para a preparação de substratos, meios de cultura, técnicas de inoculação e controlo dos parâmetros críticos como temperatura, humidade relativa, renovação de ar, incidência luminosa para desenvolvimento dos micélios e posteriormente dos cogumelos. Foram definidas um conjunto de práticas de prevenção e controlo de pragas e contaminações, através da utilização de armadilhas cromotrópicas, boas práticas de higiene e procedimentos de rastreabilidade, determinantes para a implementação de um sistema HACCP na futura unidade da Goldencap.

No desenvolvimento de novos produtos executaram-se dois projetos. O primeiro focou-se na valorização de um subproduto, os pés de shiitake, através do estudo das condições operatórias na criação de uma receita que resultasse num snack desidratado, otimizando o tempo de secagem e melhoria do caldo de cozedura. Foram analisados o rendimento do processo, os custos dos ingredientes utilizados e custos energéticos do processo. O segundo projeto consistiu na produção de um suplemento alimentar à base de cogumelo Juba de Leão. Após desidratação do cogumelo, foi moído, encapsulado em cápsulas vegetais com 0,4 g com recomendação de toma diária de 2-3 unidades.

Este trabalho permitiu consolidar conhecimentos e adquirir competências em micologia, microbiologia, gestão e qualidade de processos e alimentos, comprovando o potencial dos cogumelos como matéria-prima funcional e sustentável. No futuro destaca-se o aprofundamento das tecnologias de desidratação, visando maior rendimento e controlo, a implementação do HACCP na unidade industrial e a obtenção de certificações que suportam a comercialização e a confiança do cliente.

Os resultados obtidos relativamente ao snack desidratado de Shiitake foram promissores, contudo devia-se ter variado menos parâmetros na receita imediatamente antes da desidratação

do produto para uma análise mais credível e percebermos o rendimento do processo, bem como uma análise dos custos mais completa para a introdução deste produto no mercado.

Palavras-chave: Cogumelos comestíveis, cultivo de cogumelos, controlo da qualidade, subprodutos de cogumelos, suplementos alimentares.

Abstract

This report summarizes the activities and outcomes of the curricular internship for the Master's Degree in Food Engineering at the company Goldencap, dedicated to the production and valorization of edible and functional mushrooms. The work involved bibliographic research, experimental and operational activities, with a focus on the nutritional and functional relevance of all species produced and maintained in stock by the company. The species cultivated for fruiting were grey oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*), shiitake (*Lentinula edodes*), and lion's mane (*Hericium erinaceus*). The species kept in stock, in both solid and liquid media, included tinder fungus (*Fomes fomentarius*), reishi (*Ganoderma lucidum*), chestnut mushroom (*Pholiota adiposa*), king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*), enoki (*Flammulina velutipes*), white and brown shimeji (*Hypsizygus tessellatus*), and cordyceps (*Cordyceps militaris*). The interest in these cultures arises from the presence of bioactive compounds that stimulate the immune system in combating certain pathologies, thus demonstrating their therapeutic potential.

All activities and stages of the production process were followed, from culture isolation, preparation of media and substrates, fruiting and control of critical development parameters, to stock management. Laboratory operations were carried out under appropriate aseptic conditions, applying good handling practices through aseptic routines, thereby minimizing possible contaminations by genera such as *Penicillium*, *Aspergillus*, and *Trichoderma*.

Regarding production processes, procedures were described for the preparation of substrates, culture media, inoculation techniques, and control of critical parameters such as temperature, relative humidity, air renewal, and light incidence for the development of mycelium and, subsequently, mushrooms. A set of practices for pest and contamination prevention and control were defined, including the use of chromotropic traps, good hygiene practices, and traceability procedures, which are crucial for the implementation of an HACCP system in Goldencap's future production facility.

Two projects were carried out in the scope of new product development. The first focused on the valorization of a by-product, shiitake stems, through the study of operational conditions to develop a recipe for a dehydrated snack, optimizing drying time and improving the cooking broth. Process yield, ingredient costs, and energy costs were analyzed. The second project involved the production of a dietary supplement based on lion's mane mushroom. After dehydration, the mushroom was ground and encapsulated into vegetable capsules containing 0.4 g each, with a recommended daily intake of 2–3 capsules.

This work enabled the consolidation of knowledge and the acquisition of skills in mycology, microbiology, and food and process management and quality, confirming the potential of mushrooms as a functional and sustainable raw material. Future developments include further advancement of dehydration technologies, aiming at greater yield and control, the implementation of HACCP in the industrial unit, and the achievement of certifications to support commercialization and customer trust.

The results obtained regarding the dehydrated Shiitake snack were promising, however, fewer parameters in the recipe should have been varied immediately before the product's dehydration for a more credible analysis and to understand the process yield, as well as a more comprehensive cost analysis for the introduction of this product to the market.

Key-words: Edible mushrooms, mushroom cultivation, quality control, mushroom by-products, dietary supplements.

ÍNDICE

Agradecimentos Pessoais	i
Agradecimentos Institucionais	ii
Resumo	iii
Abstract	v
1. Introdução.....	1
1.1. Apresentação da Goldencap	1
1.2. Objetivos gerais e específicos do estágio	3
Acompanhamento e otimização de processos produtivos	3
Controlo da qualidade e segurança alimentar.....	4
Desenvolvimento de novos alimentos	4
Desenvolvimento de suplemento alimentar e aplicação da legislação associada.....	4
Contributo para a expansão da capacidade produtiva da empresa	4
2. Revisão bibliográfica.....	5
2.1. Relevância científica e nutricional	5
2.2. Potencial de mercado dos cogumelos.....	18
2.2.1. Potencial de mercados dos cogumelos comestíveis	18
2.2.2. Potencial de mercado de cogumelos com fins medicinais	20
2.3. Retrospectiva histórica do consumo de cogumelos.....	20
2.4. Ciclo de vida dos cogumelos.....	23
3. Tecnologias de produção de cogumelos da empresa Goldencap.....	26
3.1. Conceitos gerais das atividades realizadas no laboratório.....	30
3.2. Culturas em placa, culturas líquidas e tubos de Falcon	31
3.2.1. Receitas aplicadas para cada tipo de propagação	31
3.2.2. Procedimentos para a obtenção do meio de cultura	31
3.2.3. Inoculação do fragmento de cogumelo para desenvolvimento do micélio.....	32
3.2.4. Repicagem de cultura-mãe para manutenção de stock.....	35
3.2.5. Repicagem da cultura-mãe para um meio líquido	35
3.2.6. Repicagem da cultura-mãe para tubo de Falcon.....	36
3.3. Preparação de substrato (sementes de inóculo)	36
3.4. Preparação de substrato final para frutificação	37
3.5. Processo de incubação.....	38
3.6. Parâmetros de cultivo	39
3.7. Frutificação e colheita	40
3.8. Pragas presentes no processo produtivo	43
3.8.1. Prevenção e controlo de pragas	44
4. Desenvolvimento de novos produtos.....	46
4.1. Valorização integral do shiitake (<i>Lentinula edodes</i>).....	46

4.2. Desenvolvimento de <i>Jerky</i> de shiitake	46
4.3. Análise do processo tecnológico e impacto no rendimento	48
4.4. Análise de custos de produção do <i>Jerky</i> de shiitake.....	50
4.5. Juba de leão (<i>Hericium erinaceus</i>) em cápsulas.....	52
4.5.1. Desenvolvimento do suplemento alimentar de (<i>Hericium erinaceus</i>)	53
5. Conclusões e sugestões	56
Referências bibliográficas.....	57

Lista de figuras

Figura 1 - Cogumelos produzidos na Goldencap: A) <i>Pleurotus ostreatus</i> (cogumelo Ostra Cinza); B) <i>Lentinula edodes</i> (cogumelo Shiitake); C) <i>Hericium erinaceus</i> (cogumelo Juba de Leão).....	2
Figura 2 - Bloco de <i>Lentinula edodes</i> (cogumelo Shiitake) pronto a produzir	2
Figura 3 - Suplementos alimentar de cogumelo Juba de Leão em cápsulas.	2
Figura 4 - Potencial pré-biótico dos cogumelos	16
Figura 5 – Principais espécies de cogumelos cultivados e comercializados mundialmente: 1. <i>Agaricus bisporus</i> (Champignon); 2. e 5. <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake); 3. <i>Pleurotus ostreatus</i> (Ostra Cinza); 4. <i>Auricularia auricula.judae</i> (cogumelo Orelha de Judas); 6. <i>Flammulina velutipes</i> (Enoki); 7. <i>Tuber spp.</i> (Trufa)	18
Figura 6 - Crescimento de mercado das diferentes espécies de cogumelos	19
Figura 7 - Cogumelo <i>Boletus edulis</i> da ordem Boletales	21
Figura 8 - Família da ordem de cogumelos Agaricales	21
Figura 9 – A) Cogumelo <i>Fomes fomentarius</i> e B) Cogumelo <i>Fomitopsis betulina</i>	22
Figura 10 – A) Cogumelo <i>Amanita muscaria</i> e B) Cogumelo <i>Psilocybe cubensis</i>	22
Figura 11 - Ciclo de vida dos cogumelos	24
Figura 12 - Anatomia genérica dos cogumelos	25
Figura 13 - Fluxograma relativo às atividades laboratoriais para obtenção de placas de Petri colonizadas.	28
Figura 14 - Fluxograma relativo às atividades para obtenção de culturas líquidas desenvolvidas.	29
Figura 15 - Fluxograma relativo à preparação dos substratos para produção de cogumelos... ..	30
Figura 16 - Inoculação fragmento interior do cogumelo (micélio).....	32
Figura 17 - Inoculação de placa de Petri em semente estéril	33
Figura 18 - Gestão de stock de culturas das espécies cultivadas na Goldencap.	34
Figura 19 - Contaminações em placa de Petri e substrato (grão).....	34
Figura 20 - Processo de repicagem de culturas. A) análise do vigor da cultura-mãe; B) corta-se um pequeno pedaço de ágar; C) inocula-se numa nova placa de Petri com meio de cultura estéril e D) sela-se a nova placa de Petri com parafilm	35
Figura 21 - Cultura líquida inoculada com a espécie Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	36
Figura 22 - Preparação da semente de milho painço como inóculo: a) semente hidratada e escorrida; b) enchimento de 2,5 kg de semente em saco esterilizável; c) esterilização 3-5 horas a 121 °C; d) arrefecimento na câmara de fluxo laminar; e) Replicação de spawn; f) incubação com 7 dias; g) incubação com 14 dias; h) incubação com 21 dias.....	37
Figura 23 - Betoneira utilizada para preparação dos substratos	38
Figura 24 - Esterilização dos substratos	38
Figura 25 - Incubação de spawn do cogumelo Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	39
Figura 26 – Inoculação de spawn do cogumelo Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>) em substrato final.....	39

Figura 27 - Sacos de frutificação do cogumelo Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	41
Figura 28 - Blocos de frutificação do cogumelo Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>).....	41
Figura 29 - Sacos de frutificação do cogumelo Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	41
Figura 30 - Frutificação do cogumelo Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>) pronto para colheita	42
Figura 31 - Frutificação do cogumelo Ostra Cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>) pronto para colheita	42
Figura 32 - Diferentes métodos de produção de Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	42
Figura 33 – Frutificação do cogumelo Juba de leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	43
Figura 34 - Contaminações que podem surgir nos blocos de produção de cogumelos: a) <i>Penicillium chermesinum</i> ; b) <i>Sepedonium chrysosporium</i> ; c) <i>Sporendonema purptirescens</i> ; d) <i>Trichoderma harzianum</i> ; e) <i>Verticillium fungícola</i>	43
Figura 35 - Colocação de armadilhas cromotrópicas no laboratório	45
Figura 36 - Colocação de armadilhas cromotrópicas na sala de frutificação.....	45
Figura 37 – A) Cozedura dos pés de Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>) na receita. B) Desidratação dos pés de Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	48
Figura 38 - Relação entre a massa desidratada e massa inicial	49
Figura 39 - Relação entre o rendimento de desidratação e tempo de desidratação.....	50
Figura 40 - Relação entre o custo de produção de 100 g de jerky e a perda de água durante a etapa de desidratação.....	51
Figura 41 – Contribuição dos A) Custos da formulação e dos B) Custos do processo (cozedura e desidratação) no Custo Total de produção de 100 g de jerky.	52
Figura 42 - Colheita do cogumelo Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	53
Figura 43 – Fatiamento do cogumelo Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	54
Figura 44 – Desidratação do cogumelo Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	54
Figura 45 - Trituração do cogumelo Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	55
Figura 46 - Suplemento alimentar de Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>) em cápsula.....	55

Lista de tabelas

Tabela 1 - Aplicações potenciais de diferentes cogumelos e seus subprodutos	6
Tabela 2 - Composição nutricional dos diferentes cogumelos (g/ 100 g de cogumelo seco).....	7
Tabela 3 - Composição nutricional de cogumelos comestíveis e medicinais (g/100 g de cogumelo seco).....	7
Tabela 4 - Composição química de cogumelos medicinais (g/100 g de cogumelos secos)	8
Tabela 5 – Ingredientes bioativos presentes nos cogumelos e o benefício associado	10
Tabela 6 - Conteúdo de β -glucanos de espécies de cogumelos	12
Tabela 7 - Compostos bioativos dos cogumelos medicinais e os seus efeitos em promoção de saúde.....	13
Tabela 8 - Aplicações na indústria alimentar de cogumelos medicinais	14
Tabela 9 - Aplicações na indústria alimentar de cogumelos medicinais	15
Tabela 10 - Fatores que influenciam na incubação e frutificação dos cogumelos	40
Tabela 11 - Ingredientes utilizados nas formulações de jerky de Shiitake.....	47
Tabela 12 - Percentagem de ingredientes utilizados nos diferentes lotes (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 e L8) por 100 g de pé de Shiitake utilizados e rendimentos do processo	48

1. Introdução

Os cogumelos têm sido valorizados desde a antiguidade devido ao seu potencial nutricional e medicinal. São fontes de proteínas, fibras, vitaminas e compostos bioativos, reconhecidos pelos benefícios para a saúde, incluindo reforço imunitário e prevenção de doenças crónicas. Considerados como alimentos funcionais e matéria-prima para suplementos alimentares, fazendo parte de um mercado em expansão (El-Ramady et al., 2022).

O cultivo de cogumelos demonstra-se uma prática sustentável, devido a utilização de substratos de origem agrícola e promovendo a valorização de subprodutos locais.

1.1. Apresentação da Goldencap

A Goldencap é uma empresa especializada na produção de cogumelos comestíveis e funcionais. Embora de pequena dimensão, destaca-se pelo elevado conhecimento científico em micologia e emprego das técnicas de biotecnologia. Desde a sua criação, a empresa investiu na construção de um laboratório bem equipado, onde são realizadas todas as fases do processo produtivo, desde o isolamento das culturas até à frutificação em ambiente controlado. A empresa está sediada na Lousã, distrito de Coimbra, na Rua do Comércio nº 93, (3200-227 Lousã), na Zona Industrial do Alto Padrão, sendo que o laboratório e o contentor para frutificação dos cogumelos situam-se na Rotunda das Lages, Parque Verde do Mondego, Santa Clara, 3041-901, Coimbra. Este último local foi no qual foram desenvolvidos os projetos de investigação na medida em que o local da Lousã está ainda por construir.

Atualmente a produção e venda de cogumelos na empresa centra-se em três espécies principais: Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*), Shiitake (*Lentinula edodes*) e Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) (Figura 1A,B,C). Também disponibiliza blocos de Shiitake (*Lentinula edodes*) prontos a produzir (Figura 2), permitindo que os clientes cultivem os seus próprios cogumelos.

O banco de culturas sólidas e líquidas da empresa inclui outras espécies como: o Casco de Cavalo (*Fomes Fomentarius*), Reishi (*Ganoderma Lucidum*), cogumelo da Castanha (*Pholiota adiposa*), cogumelo do Cardo (*Pleurotus eryngii*), Enoki (*Flammulina velutipes*), Shimeji branco e castanho (*Hypsizygus tessellatus*) e Fungo da Lagarta (*Cordyceps militaris*).



Figura 1 - Cogumelos produzidos na Goldencap: A) *Pleurotus ostreatus* (cogumelo Ostra Cinza); B) *Lentinula edodes* (cogumelo Shiitake); C) *Hericium erinaceus* (cogumelo Juba de Leão).



Figura 2 - Bloco de *Lentinula edodes* (cogumelo Shiitake) pronto a produzir

Além da venda de cogumelos frescos e de blocos de cultivo, a empresa desenvolveu um novo produto que consiste em pó de Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) (Figura 3) que passa por um processo de desidratação, trituração e encapsulação.



Figura 3 - Suplementos alimentar de cogumelo Juba de Leão em cápsulas.

A missão da Goldencap é produzir cogumelos de elevada qualidade, por métodos cientificamente comprovados e ambientalmente sustentáveis, com o uso substratos locais promovendo a inovação, segurança alimentar e valorização dos recursos naturais disponíveis na região. A empresa acredita que a micologia é uma solução alimentar saudável, funcional e ecológica. A investigação é um dos focos da sua atividade, servindo para a formação e para a disseminação dos benefícios nutricionais e terapêuticos dos cogumelos.

Atualmente, o modelo de produção é especializado e com foco regional, mas com potencial de crescimento. Além da comercialização de cogumelos frescos, possui também venda de *spawn* (material de inoculação utilizado na produção de cogumelos, constituído

por micélio cultivado sobre um substrato estéril, geralmente grãos de cereais) de diversas culturas, fornecendo consultoria e apoio técnico a produtores interessados em explorar novas espécies. A combinação do conhecimento científico, da prática laboratorial e da consciência ambiental define o seu posicionamento e linha de atuação.

A escolha da empresa Goldencap para a realização do estágio curricular foi motivada pela sua relevância nas áreas envolvidas no meu percurso académico, na medida em que conjuga os conhecimentos adquiridos na licenciatura em Biotecnologia e no mestrado em Engenharia Alimentar. Este estágio curricular, permitiu-me colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos.

A produção e comercialização de cogumelos comestíveis exige um conhecimento científico específico, que requer a interligação de princípios microbiológicos, controlo da qualidade das várias etapas do processo, higiene industrial e segurança alimentar.

A minha experiência prévia com manipulação assética e o uso de equipamentos laboratoriais foi crucial.

Durante o estágio, apliquei estas competências na preparação de meios de cultura, esterilização de materiais e controlo rigoroso de parâmetros microbiológicos e físico-químicos. Participei ativamente na avaliação e controlo de Pontos Críticos de Controlo (PCCs), implementando um plano de rastreabilidade que permitiu uma análise retrospectiva de falhas e a aplicação de ações corretivas.

A Goldencap proporcionou-me o ambiente ideal para consolidar conhecimentos em tecnologia e segurança alimentar, controlo de pragas e manutenção de sistemas HACCP, fortalecendo as minhas competências técnicas e analíticas para o setor agroalimentar.

1.2. Objetivos gerais e específicos do estágio

Os objetivos gerais do estágio foram a aquisição de conhecimentos acerca do processo produtivo de cogumelos, no controlo da qualidade e segurança alimentar, assim como no contributo para a expansão da capacidade de produção da empresa. De forma mais específica, pretendeu-se desenvolver novos produtos alimentares, através de otimização de processos de secagem e formulação de uma calda aromatizada para produção de um *snack* desidratado, assim como colaborar no desenvolvimento de um suplemento alimentar à base de Juba de Leão (*Hericium erinaceus*), tendo em conta requisitos legais de rotulagem e aplicação de boas práticas de fabrico.

Acompanhamento e otimização de processos produtivos

Durante o estágio, um dos principais objetivos foi compreender o processo produtivo e integrar-me na equipa para adquirir experiência prática. Este contacto direto consistia no acompanhamento de todas as etapas, desde a preparação de meios de cultura e inoculação de fragmentos de cogumelo, até ao crescimento micelial e à conservação do produto final, sempre em condições asséticas e com recurso a equipamentos de laboratório específicos.

Além disto, procedeu-se à realização de ensaios com diferentes misturas de substratos e suplementações, com o objetivo de avaliar o desenvolvimento micelial e

otimizar o rendimento produtivo de cogumelos, através do aproveitamento eficiente dos recursos locais.

Controlo da qualidade e segurança alimentar

Em simultâneo, outro objetivo era a participação na identificação e prevenção de contaminações, no aperfeiçoamento dos procedimentos de higienização e rastreabilidade, bem como na aplicação de boas práticas de controlo da qualidade nas diversas etapas do processo produtivo, compreendendo a importância da uniformização dos processos e da documentação necessária para a futura implementação do sistema de HACCP numa nova unidade industrial.

Desenvolvimento de novos alimentos

Pretendia-se ainda que através da valorização de subprodutos, como os pés do Shiitake, contribuísse no desenvolvimento de um novo produto alimentar (*snack*). Neste contexto, foi necessário realizar ensaios com várias formulações e condições operacionais até alcançar as características organoléticas desejadas.

Desenvolvimento de suplemento alimentar e aplicação da legislação associada

Outro dos objetivos consistiu na colaboração, ao nível da elaboração e da legalização do suplemento alimentar à base de pó de Juba de Leão (*Hericium erinaceus*), assegurando a conformidade legal da rotulagem segundo os regulamentos europeus aplicáveis, incluindo requisitos de enquadramento, rotulagem, informação ao consumidor e alegações nutricionais.

Contributo para a expansão da capacidade produtiva da empresa

Como último objetivo, o meu contributo seria participar ativamente no planeamento técnico e científico de uma nova unidade de produção da empresa, propondo medidas com base nos critérios legais da segurança no trabalho, segurança alimentar, higiene e implementação de boas práticas do sistema de HACCP. Este planeamento contemplou a separação funcional das áreas dedicadas à laboração de suplementos alimentares, às de embalamento, esterilização, micropropagação fúngica, incubação de culturas, preparação dos substratos e elaboração de novos alimentos, além da previsão de certificações futuras e boas práticas laboratoriais para garantir a qualidade, segurança e crescimento sustentável da empresa.

2. Revisão bibliográfica

Os cogumelos comestíveis e funcionais têm despertado crescente interesse nas áreas da gastronomia, nutrição e saúde humana. O seu sabor único permite a sua fácil introdução em diversos produtos alimentares ou como complemento proteico das refeições. Além do seu valor nutricional (El-Ramady *et al.*, 2022) que inclui proteínas de alta qualidade, fibra alimentar, vitaminas (B, C, D, E) e minerais (potássio, ferro, magnésio, fósforo e zinco), destacam-se pela presença de compostos bioativos com potencial terapêutico.

2.1. Relevância científica e nutricional

Espécies como *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Gandoderma lucidum* e *Hericiium erinaceus*, têm sido amplamente estudadas devido à presença de compostos de interesse para além das componentes nutricionais gerais.

Estes cogumelos apresentam uma composição bioquímica rica em β -glucanos, ergosterol, terpenoides, flavonoides, polissacarídeos e alcaloides, cujas propriedades conferem efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios, imunomoduladores, antitumorais e hipocolesterolémicos. Estas características explicam resultados clínicos, que apontam o consumo de cogumelos como potencial regulador da microbiota intestinal, no controlo da glicemia, na redução do stress oxidativo e no fortalecimento do sistema imunitário (Singh *et al.*, 2025).

Na Tabela 1 pode-se observar as várias aplicações dos cogumelos comestíveis e medicinais. Além do uso tradicional na culinária, os cogumelos apresentam outras potencialidades na área da cosmética devido aos compostos presentes na sua constituição, na área da biorremediação fixando compostos indesejados num meio poluído, na síntese de nanopartículas metálicas, na área da agroindústria contribuindo para a redução de fertilizantes sintéticos, na área da saúde devido à presença de compostos bioativos e produção de enzimas celulolíticas, na área ambiental devido à produção de bioetanol através da fermentação de resíduos, películas e mico materiais ideais para a redução de embalagens sintéticas e produção de biochar, um material semelhante ao carvão de alto valor, devido à potencialidade de melhoria do solo, fertilidade do mesmo e remoção de poluentes como metais pesados, pesticidas entre outros contaminantes (El-Ramady *et al.*, 2022; Hu *et al.*, 2021).

Tabela 1 - Aplicações potenciais de diferentes cogumelos e seus subprodutos (El-Ramady et al., 2022)

Aplicações potenciais dos cogumelos comestíveis e funcionais	
	1. Consumo de alimentos (prontos a comer/cozinhar ou como pré-bióticos para suplementação alimentar)
	2. Cosméticos como fórmulas para cuidados da pele (devido à lentinano, carotenoides, ceramidas, etc.)
	3. Biosorvente ou bio degradador através da biorremediação de ambientes poluídos
	4. Síntese verde de nanopartículas metálicas (por exemplo, Ag, Au, Cu, Se, TiO ₂ , ZnO)
	5. Fertilizantes bio ou orgânicos (reciclagem de resíduos agropecuários ou substrato de cogumelos usado)
	6. Propriedades terapêuticas (compostos bioativos como polissacarídeos, antioxidantes, etc)
	7. Produção de enzimas celulolíticas (por exemplo, lacase, xilanase, mananase, etc.)
	8. Produção de bioetanol através da bio fermentação a partir de resíduos agroindustriais ou agro-resíduos
	9. Filme comestível à base de cogumelos como cobertura para indústrias de embalagens alimentares
	10. Produção de biochar (remoção de poluentes) e pontos de carbono (para aplicações bioquímicas)

Os cogumelos têm cada vez maior procura de mercado e representam uma ótima fonte alternativa a outros produtos como a carne, o peixe, ovos e laticínios, já que na sua constituição apresentam proteínas de alto valor biológico, fibras alimentares, vitaminas e sais minerais com elevado interesse para o funcionamento do organismo humano (El-Ramady et al., 2022).

A grande maioria dos cogumelos apresentam reduzido valor energético, baixo em gorduras e sódio. Por outro lado, apresentam compostos bioativos como β -glucanos, polifenóis, ergosterol e extratos fenólicos diversos, alguns destes com capacidade antioxidante, anti-inflamatória, anti-cancerígena e imunomoduladora, entre outras. Estas moléculas possuem uma enorme relevância na prevenção e controlo de diversas patologias, como doenças cardiovasculares, alterações metabólicas e problemas relacionados com o envelhecimento, além de reforçar o sistema imunitário, otimizando a capacidade de resposta contra agentes virais ou outras possíveis ameaças (El-Ramady *et al.*, 2022).

A Tabela 2 e a Tabela 3, sintetizam a informação nutricional de várias espécies de cogumelos, silvestres e cultivados, a partir de diversos autores. Embora haja uma grande variabilidade nos valores, os dados evidenciam o potencial dos cogumelos como excelente fonte de proteína, particularmente para dietas vegans. Além dos valores de proteína, destacam-se também alguns valores elevados de hidratos de carbono e fibras, e baixos valores de gordura (Dimopoulou *et al.*, 2025; El-Ramady *et al.*, 2022).

A maioria dos cogumelos apresentados na Tabela 2 e Tabela 3, podem ser considerados como “rico em proteína” uma vez que pelo menos 20% do valor energético do alimento é proveniente deste macronutriente, “rico em fibra” na medida em que possuem no mínimo 6 g de fibra em 100 g de cogumelo e também se podem considerar com “baixo teor de gorduras” visto que apresentam até 3 g de gordura por 100 g de cogumelo.

Esta análise atende aos critérios do (Regulamento (CE) n. o 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2006 , relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos, 2006).

Tabela 2 - Composição nutricional dos diferentes cogumelos (g/ 100 g de cogumelo seco) (adaptado de El-Ramady *et al.*, 2022)

Espécies	Humidade (%)	Proteína total (%)	Hidratos de carbono totais (%)	Fibra total (%)	Cinzas (%)	Fenóis (%)
i. Várias espécies						
<i>Auricularia auricular</i> , <i>Ganoderma lucidum</i> , <i>Pleurotus citrinopileatus</i> , <i>P. eryngii</i> , <i>P. ostreatus</i>	4-11	20-45	11-61	5-40	6-10	1-8
<i>Agaricus bisporus</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Lentinula edodes</i>	88-92	1,7-2,11	3-9	20-37	0,8-1,15	1,1-1,5
<i>Tricholoma</i> , <i>Lentinula edodes</i> , <i>Pleurotus eryngii</i> , <i>Dictyophora indusiata</i>	6,9-15,5	8,5-36,9	0,5-37,3	14,4-70,2	1,3-10,1	-
ii. Espécie isolada						
<i>Agaricus bisporus</i>	81,79	29,29	20,57	24,56	7,12	-
<i>Flammulina velutipes</i>	-	18,42	56,37	7,81	6,33	-
<i>Hericium erinaceus</i>	95,69	23,3	57,0	7,8	9,4	-
<i>Pleurotus ostreatus</i>	85,55	30,92	31,40	12,10	7,05	-

Tabela 3 - Composição nutricional de cogumelos comestíveis e medicinais (g/ 100 g de cogumelo seco) (adaptado de Dimopoulou *et al.*, 2025)

Espécie	Cinzas (g/100g)	Energia (Kcal/100g)	Proteína (g/100g)	Açúcar (%)	Hidratos de carbono (g/100g)	Gordura (g/100g)	Sal (g/100g)
<i>Agaricus bisporus</i> comestível	9,3	336	25,1	<0,1	52,7	1,7	<0,1
<i>Agaricus bisporus</i> cultivado	8,7	303-324	14,0-36,3	<0,1	50,9-74,0	0,8-2,5	<0,1
<i>Lentinula edodes</i> comestível	6,1	340	20,7	<0,1	59,5	1,3	<0,1
<i>Lentinula edodes</i> cultivado	6,7	386	4,4-20,5	<0,1	67,9-87,0	1,7-6,3	<0,1
<i>Pleurotus ostreatus</i> comestível	8	421	13,2	<0,1	75,1	3,58	<0,1
<i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado	6	416	7,0-23,8	<0,1	51,9-85,0	0,5-5,4	<0,1
<i>Pleurotus eryngii</i> comestível	6	421	16,2-26,6	<0,1	64,9	3,5	<0,1
<i>Pleurotus eryngii</i> cultivado	6	421	11,0-22,0	<0,1	70,5-81,4	1,4-1,6	<0,1
<i>Flammulina velutipes</i> comestível	9,4	346	17,89	<0,1	70,9	1,8	<0,1
<i>Flammulina velutipes</i> branco cultivada	0,8	367	23,8	<0,1	73,8	1,9	<0,1
<i>Flammulina velutipes</i> castanho cultivada	0,68	367	24,8	<0,1	76,2	1,7	<0,1

Na Tabela 4, referente ao autor Łysakowska et al., estão representados os valores nutricionais de seis espécies denominadas Reishi (*Ganoderma lucidum*), Juba de Leão (*Hericium erinaceus*), Chaga (*Innotus obliquus*), Cordyceps (*Ophiocordyceps sinensis*), Shiitake (*Lentinula edodes*) e cogumelo Nuvem (*Trametes versicolor*).

Tabela 4 - Composição química de cogumelos medicinais (g/ 100 g de cogumelos secos) (Łysakowska et al., 2023)

Nome comum	Nome em latim	Humidade	Proteína	Carboidratos	Lípidos	Fibra alimentar	Cinzas	A fonte da literatura
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	7.5–12.99	13.3–23.6	42.8–82.3	3–5.8	14.81	4	[19,22,23]
Juba de Leão	<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers.	7.03 *	22.3	57.0	3.5	3.3–7.8	7.1	[19,23]
Chaga	<i>Innotus obliquus</i> (Ach. ex Pers.) Pilát	3.5	2.4	10.3	1.7	67.5	s.d.	[20]
Cordyceps	<i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones e Spataforanome anterior <i>Cordyceps sinensis</i>	3.5 *	21.9–23.1	24.2–49.3	5.5–8.2	7.7	13.13	[19,23]
Shiitake	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	7.14	17.2–27.09	38.1–66.0	1.26–2.95	46,19–49,09 (IDF: 40,7–44,2 e SDF: 1,95–8,4)	6.05–6.73	[24,25,26,27]
Cauda de peru Também conhecido como:, Cogumelo nuvem, Yun Zhi, Kawaritake	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	-	11.07	-	1.35	-	-	[28]

(-) - sem dados; (*) - pesquisa própria não publicada, IDF - fibra dietética insolúvel em água, SDF - fibra dietética solúvel em água.

As proteínas também são um grupo com elevada relevância na composição química destes cogumelos e analisando os valores da Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4. verificamos que existem espécies com elevado teor deste macronutriente. Espécies como a Juba de leão (*Hericium erinaceus*), Cordyceps (*Ophiocordyceps sinensis*), Shiitake (*Lentinula edodes*), Shimeji (*Flammulina velutipes*), Ostra cinza (*Pleurotus ostreatus*) e Champignon branco (*Agaricus bisporus*) destacam-se na medida em que possuem 20% ou mais de proteína por 100 g de amostra. Compostos como lectinas, nucleases, ribonucleases e ergotioneína, presentes na constituição destes cogumelos têm sido associados ao correto funcionamento do sistema imunitário e à eliminação dos processos inflamatórios e metabólicos, demonstrando desta forma capacidade antioxidante, anticancerígena, antiviral e antibacteriana (Łysakowska et al., 2023).

Em relação ao conteúdo lipídico os valores são reduzidos, podendo ser considerado “com baixo teor de gordura” segundo o (Regulamento (CE) n. o 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro de 2006 , relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos, 2006) uma vez que na sua generalidade apresentam valores inferior a 3%, ou seja, inferior a 3 g por 100 g de amostra. Este conteúdo lipídico é constituído essencialmente por ácidos gordos insaturados, como ácido oleico e linoleico, compostos reconhecidos pelos efeitos benéficos na prevenção de doenças cardiovasculares e estimulação da capacidade anti-inflamatória. As espécies *Cordyceps* (*Cordyceps sinensis*) e Shiitake (*Lentinula edodes*) possuem na sua composição nutricional elevados índices destes compostos (Łysakowska *et al.*, 2023).

Em relação às vitaminas, os cogumelos medicinais apresentam fontes importantes de vitamina A, C, E, D2 e do complexo B e minerais como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro e zinco. A vitamina B12, um micronutriente tradicionalmente associado a alimentos de origem animal, constitui um desafio para quem segue uma alimentação vegana. Nestas espécies de cogumelos medicinais, são encontradas vitaminas do complexo B, e mais especificamente B12. Desta forma o seu consumo poderá colmatar esta deficiência nutricional. Contudo, é de extrema importância que o ambiente no qual estes se desenvolvem seja rigorosamente controlado, evitando contaminações e garantindo a qualidade físico-química e de segurança para o consumidor (Łysakowska *et al.*, 2023).

É necessário fazer uma avaliação específica para cada indivíduo e entender se a utilização de cogumelos deste tipo faz sentido na sua dieta, no seu quotidiano. Indivíduos que necessitem de determinadas doses diárias de comprimidos, devem ter em conta que os compostos bioativos presentes na constituição dos cogumelos medicinais podem ter interferência com os compostos de determinado fármaco. Daí que estas introduções na dieta, seja como alimento, seja como suplemento, devem ser bem analisadas por um profissional de saúde e requerem estudos aprofundados que envolvam um conjunto de pessoas abrangente, para maior fidelidade de resultados (Łysakowska *et al.*, 2023).

A identificação destas espécies de cogumelos com propriedades medicinais, composição química de macro e micronutrientes de interesse e o seu conteúdo em compostos biologicamente ativos, traz aos indivíduos que consumam estes produtos, efeitos multifuncionais no organismo e desta forma poderá tornar estes cogumelos um possível complemento alimentar. (Łysakowska *et al.*, 2023).

A Tabela 5, apresenta as espécies de cogumelos: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Polyporus*, *Russula*, *Tricholoma* e *Verpa*, os compostos bioativos presentes na sua constituição e os efeitos terapêuticos e medicinais inerentes ao seu consumo.

Tabela 5 – Ingredientes bioativos presentes nos cogumelos e o benefício associado (adaptado de El-Ramady *et al.*, 2022)

Cogumelos comestíveis e seus ingredientes bioativos		
↓		
Lista de alguns cogumelos comestíveis/medicinais		
<i>Agaricus arvenses</i>	<i>Pleurotus eryngii</i>	<i>Russula delica</i>
<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Pleurotus florida</i>	<i>Russula virescens</i>
<i>Agaricus brasiliensis</i>	<i>Pleurotus ostreatus</i>	<i>Tricholoma focale</i>
<i>Agaricus comtulus</i>	<i>Pleurotus sajor-caju</i>	<i>Tricholoma terreum</i>
<i>Agaricus campestris</i>	<i>Polyporus squamosus</i>	<i>Verpa conica</i>
Compostos bioativos geralmente encontrados no cogumelos comestíveis/medicinais		
Triterpenóides	Polissacarídeos	Fenólicos
Terpenóides, ergosterol, peróxido de ergosterol	β-glucanos, sacarose, fucogalactano, compostos sulfato, lentinano	Flavonas, flavonóis, ácido gálico, ácido cafeico
Ácidos orgânicos voláteis	Vitaminas	Ácidos alifáticos
Ácidos linoleico e palmítico	E, D, B2, B9	Ácidos málico, oxálico, quinico
Benefícios terapêuticos ou medicinais de cogumelos comestíveis/medicinais		
Antienvelhecimento; Anti obesidade; Anti-infeccioso; Antidiabético; Antimicrobiano; Antialérgico.	Antioxidante; Anti-inflamatório; Anti tumoral Antiasmático; Anti-carcionogêncio; Anti-hipertensivo.	Efeitos pré-bióticos; Imunomoduladora; Efeito protetor solar; Regulador metabólico; Desenvolvimento neuronal.

Os cogumelos comestíveis, além de possuírem uma composição nutricional e medicinal muito interessante, evidenciam-se na medida em que para a sua produção são utilizados essencialmente resíduos florestais, demonstrando assim uma prática sustentável, contribuindo para uma economia circular. Segundo pesquisas, têm sido cada vez mais estudadas as possibilidades de utilização de variados tipos de resíduos florestais, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a eficiência e otimização de processo produtivo. Assim sendo, a valorização destes subprodutos no processo produtivo de cogumelos, revela-se essencial. A escolha de resíduos lignocelulósicos tem sido estudada para se entender o comportamento do micélio nesta matéria, que tem de ser hidratada e esterilizada ou pasteurizada consoante o respetivo processo utilizado em determinada indústria. Estas práticas sustentáveis fazem com que a cadeia de alimentos relacionados, sejam também sustentáveis, contribuindo assim para uma indústria com menor pegada ecológica e ambiental, agregando maior valor à cadeia produtiva (Dimopoulou *et al.*, 2025; El-Ramady *et al.*, 2022).

No que diz respeito à nutrição destes substratos, já foram estudados os macro e micronutrientes passíveis de serem introduzidos de forma a maximizar a eficiência biológica, tendo sido introduzido selênio de forma a aumentar os metabolitos bioativos de cogumelos como *Pleurotus ostreatus*, *Cordyceps militaris*, *Hericium erinaceus* e *Ganoderma lucidum*. Este tipo de abordagem é extremamente relevante, na medida em que oferece uma solução inovadora para combater disfunções alimentares, atendendo às necessidades de populações vulneráveis, contribuindo positivamente para a saúde pública, de forma sustentável. Associado a estes fatores, está também envolvida a possibilidade de investimento em novas tecnologias de cultivo, contribuindo para o desenvolvimento científico desta área, criando produtos com elevado valor nutricional e medicinal, promovendo uma alimentação mais saudável e sustentável (El-Ramady *et al.*, 2022).

Na Tabela 6 está representado o conteúdo de β -glucanos presentes na constituição dos cogumelos com propriedades medicinais. Destaca-se a espécie *Trametes versicolor* com um valor de 60,79 g por 100 g de produto desidratado, seguido de *Hericium erinaceus* com 35,3 g por 100 g, a *Lentinula edodes* e a *Ganoderma lucidum* podem chegar a 25,3 g e 23,6 g por 100 g, respetivamente. Estes cogumelos medicinais possuem na sua constituição elevados valores de hidratos de carbono, destacando a quitina e β -glucanos, considerados fibras alimentares com diversas propriedades funcionais. Existem alguns fatores, como a estrutura química dos glucanos, o tipo de ligação glicosídica, o peso molecular e a sua estrutura em hélice, que influenciam a sua capacidade em combater determinadas patologias. Em concreto, o Shiitake (*Lentinula edodes*) produz lentinano, um β -glucano associado ao tratamento de doenças como o cancro e a sida, o cogumelo “Cauda de Perú” (*Trametes versicolor*) contém polissacarídeo-K(crestina) (PSK) e *Poly Saccharo Peptide* (PSP) utilizados em tratamentos oncológicos, e o Cordyceps (*Ophiocordyceps sinensis*) que se destaca pela presença de um componente de nome cordicepina que é capaz de interferir quer na replicação de DNA e RNA de agentes patógenos, quer na resposta imunitária e combater inflamações provenientes de danos musculares (Łysakowska *et al.*, 2023).

Os polifenóis, nomeadamente ácidos fenólicos, conferem capacidade antioxidante aos cogumelos, em especial o cogumelo Chaga (*Innotus obliquus*), trata-se da espécie com elevados teores deste composto, que contribuem para o combate aos radicais livres e proteção contra agentes infecciosos (Łysakowska *et al.*, 2023). Os terpenóides, também presentes neste cogumelo e no Reishi (*Ganoderma lucidum*) possuem atividade anti-inflamatória, podendo ser usados no tratamento de doenças neurodegenerativas, como a doença de Alzheimer (Łysakowska *et al.*, 2023).

Ao longo da história da humanidade, os cogumelos possuíram uma relevante importância para o Homem, desde a sua aplicabilidade de consumo direto, bem como nas suas potencialidades na medicina popular nos tempos passados. Este tipo de produto é consumido em praticamente todos os continentes e, segundo estudos, foi dos primeiros alimentos a serem consumidos pelos humanos, juntamente com a prática da caça e colheita de vegetais. Embora no ambiente das cozinhas sejam considerados frequentemente um vegetal, os cogumelos pertencem ao reino dos fungos, sendo biologicamente diferentes dos organismos dos reinos Animalia, Plantae e Protista. Estima-se que existam 2,2 a 3,8 milhões de espécies de fungos pelo mundo, das quais apenas 150 mil foram identificadas

cientificamente, sendo consideradas consumíveis cerca de 2 mil e com potencialidades medicinais apenas 200 espécies (Łysakowska *et al.*, 2023).

Entre os cogumelos comestíveis e os medicinais, existem algumas diferenças relativamente ao seu conteúdo em compostos bioativos, comprovados com fins terapêuticos, benéficos para a prevenção e combate de determinadas patologias. Estes cogumelos medicinais, contêm na sua constituição um conjunto de metabolitos primários e secundários que lhes conferem propriedades funcionais que podem, e devem ser aproveitadas, para a indústria alimentar e farmacêutica. No entanto, há um conjunto de fatores que influenciam os valores nutricionais apresentados, como a estirpe utilizada dentro da mesma espécie, que pode sintetizar compostos diversificados, as condições de cultivo (substratos utilizados para o desenvolvimento do micélio e posterior cogumelo), o grau de maturidade que possui quando colhido para análise e também fatores ambientais como a água disponível, luz, radiação, fungos competidores, etc (Łysakowska *et al.*, 2023).

Tabela 6 - Conteúdo de β -glucanos de espécies de cogumelos (Łysakowska *et al.*, 2023)

Nome comum	Nome em latim	Teor de β -glucanos (g / 100 g db)
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	4.3–23.6
Juba de Leão	<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers.	35.3
Chaga	<i>Inonotus obliquus</i> (Ach. ex Pers.) Pilát	8.5
Tampa Shiitake/vapor	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	20.0/25.3
Cauda de peru	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	60.79
Cordyceps	<i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones e Spatafora <i>nome anterior Cordyceps sinensis</i>	3.79

A Tabela 7 apresenta os compostos químicos presentes nos cogumelos referidos anteriormente e os seus benefícios após consumo. Os dados apresentam estudos em humanos, bem como estudos *in vitro*. De referir que a área dos cogumelos medicinais está em constante crescimento, mas são necessários mais estudos que comprovem estas avaliações positivas da sua constituição química e no potencial que estes produtos possuem relativamente aos benefícios metabólicos e fisiológicos, no combate e prevenção a determinadas patologias.

Tabela 7 - Compostos bioativos dos cogumelos medicinais e os seus efeitos em promoção de saúde (Łysakowska *et al.*, 2023)

Nome comum	Nome em latim	Compostos com Potencial Bioativo	Efeitos promotores da saúde
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Polissacarídeos Glicoproteínas (lectinas) Fenóis Esteróides Triterpenóides Nucleotídeos Ácidos graxos Vitaminas Minerais	Anti-inflamatório Anticancerígeno Antiviral (incluindo HIV) Antimicrobiano Efeito hipotensor Cardiotônico Imunomodulação Nefrotônico Hepatoprotetor Neurotônico Anti-asmático
Juba de Leão	<i>Hericium erinaceus</i> (Bull.) Pers.	Hericerinas, erinacinas, glicoproteínas, polissacarídeos, beta-glucanos, esteróis, lactona, ácidos graxos Compostos voláteis (por exemplo, ácido hexadecanóico, ácido linoleico, fenilacetaldéido, benzaldeído)	Anticancerígeno, Antioxidante, Antienvhecimento, Imunomodulação, Neurotônico, Anti-asmático, Efeitos hipoglicêmicos Efeitos hipocolesterolêmicos
Chaga	<i>Inonotus obliquus</i> (Ach. ex Pers.) Pilát	Polissacarídeos Ácidos graxos Hidroxíácidos Polifenóis (ácidos fenólicos, flavonóides, cumarinas, quinonas e estilipironas) Triterpenóides (lanosterol) Esteróides (ergosterol e peróxido de ergosterol)	Antioxidante, Antienvhecimento, Atividade antimicrobiana, Atividade antitumoral, Efeito hipoglicêmico antiinflamatório, Efeito antilipidêmico, Efeito antiglicação, Efeitos cardioprotetores imunorreguladores
Cordyceps	<i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora <i>nome anterior Cordyceps sinensis</i>	Cordicepina (alcalóide purina) Cordimina (peptídeo) Adenosina Ácido cordycepico (D-MANITOL) Trealose Polissacarídeo Beta-glucanos Saponinas Ácidos graxos poliinsaturados, Ergosterol δ-tocoferol Ácido hidroxibenzóico	Antitumoral, Efeito hipoglicemiante Efeito hipocolesterolêmico, Anti-inflamatório, Antioxidante, Atividade antienvhecimento, Atividade antimicrobiana, Atividade anticonvulsivante, Proteção cardiovascular (reduz arritmia cardíaca e insuficiência cardíaca crônica)
Shiitake	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	Polissacarídeos, beta-glucanos (lentinan) glicoproteínas, fenóis, esteróides, terpenóides, nucleotídeos	Efeitos de reforço imunológico, antitumoral, antioxidante, atividade antienvhecimento, atividade antimicrobiana, efeito hipocolesterolêmico, redução da pressão arterial
Cauda de peru Também conhecido como: Cogumelo nuvem, Yun Zhi, Kawaritake	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	Polissacarotídeo (PSP) e polissacarídeo K (PSK) (1,3) (1,6) -β-D-glucanos, polifenóis (ácidos fenólicos: p-hidroxibenzóico, protocatecuico, vanílico e homogentísico), vitamina B, ácidos graxos (linoleico, oleico, esteárico, linolênico)	Antitumoral Imunorregulador, Atividade antioxidante Previne a obesidade, Antimicrobiano, Antidiabético Inibidor da AChE
um—estudos in vivo. b—estudos in vitro.			

Neste contexto a incorporação destes cogumelos em alimentos, com o objetivo de os tornar funcionais com propriedades de interesse, seja no aumento de proteína e fibra, seja na presença dos compostos bioativos, trata-se de uma solução com futuro promissor. No entanto, como já referido, é de extrema importância que os processos de cultivo dos cogumelos, sigam normas adequadas para manutenção da sua qualidade durante a cadeia produtiva, assegurando a saúde dos consumidores. As espécies referidas já foram utilizadas na forma desidratada, aplicando-as a produtos como chouriço, cerveja, salsicha, pão, iogurte, massa, bolachas e rissóis apresentados na Tabela 8. O aumento dos macro e micronutrientes e do potencial antioxidante nos alimentos, foi evidenciado nos estudos realizados, existindo um aumento de proteína, fibra alimentar, redução na gordura e aumento de minerais como ferro, fósforo, zinco e cálcio (Łysakowska *et al.*, 2023).

Tabela 8 - Aplicações na indústria alimentar de cogumelos medicinais (Łysakowska *et al.*, 2023)

Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Macarrão de sêmola enriquecido com 2,5 e 5% de pó de cogumelos	(~) Compostos fenólicos (†) Propriedades antirradicais ABTS(†) Ácido sinigico(~) Teor de β-glucano(~) Propriedades anticancerígenas	Não analisado
Juba de Leão	<i>Hericiium erinaceus</i> (Bull.) Pers.	Macarrão de sêmola enriquecido com 2,5 e 5% de pó de cogumelos	(~) Compostos fenólicos (~) Propriedades antioxidantes(~) Propriedades antirradicais ABTS(†) Vanilina (~) Teor de β-glucano(~) Propriedades anticancerígenas	Não analisado
Shiitake	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	Bolachas com cogumelos em pó 10%	(†) Proteína (†) Mineral (Fe, P, Zn, Ca) (†) Fibra alimentar total e insolúvel	Avaliação sensorial: (~) aroma, (~) cor, (~) textura, (~) prazo de validade
Shiitake	<i>Lentinula edodes</i> (Berk.) Pegler	Pão enriquecido com 5–15% de adição de pó de cogumelos	(†) Fibra alimentar	Massa de pão: (†) absorção de água; (↓) tempo de desenvolvimento; (↓) estabilidade; >5% diminuiu a resistência
				da massa Qualidade física do pão: (↓) altura do pão; (†) teor de umidade; (↓) volume específico; >5% (†) goma do pão; >5% de dureza do pão (†); (↓) porosidade
		Rissóis	Não analisado	(†) textura +; (†) suculência +; (†) Umidade +
		de porco 0–6% de adição ao pó de cogumelos		
		Macarrão de sêmola enriquecido com 5–15% de adição de pó de cogumelo	Não analisado	(†) Perda por cozimento (~) Absorção de água; (~) Teor de umidade; (~) Resistência à tração; (†) Firmeza

Tabela 8 - Aplicações na indústria alimentar de cogumelos medicinais (Continuação)

Nome comum	Nome em latim	Produto/ Tamanho do Aditivo	Impacto na composição química (~) Falta de impacto (↓) Diminuição (↑) Aumento	Impacto nos parâmetros de qualidade
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Chouriço de peixe fumado 1% de cogumelo esmagado	(↑) Propriedades antioxidantes (↑) Teor total de fenol: + (↓) Umidade: - (↑) Cinzas: + (↑) Proteína: + (↓) Gordura: - Fibra: +	(↑) Prazo de validade (↓) Textura Avaliação sensorial: (↓) sabor, (↓) cor, (↓) sabor, (↓) textura, (↓) aparência, (↓) geral
		1% de extrato aquoso	(↑) Propriedades antioxidantes (↑) Teor total de fenol (↓) Umidade: - (↑) Cinza (↓) Proteína: - (~) Gordura (↑) Fibra: +	(↑) Prazo de validade (↑) Textura - Avaliação sensorial: (↑) sabor, (↑) cor, (↑) sabor, (↑) textura, (~) aparência, (↑) geral
		0,25% de esporos	(↑) Propriedades antioxidantes (↑) Teor total de fenol (↓) Umidade: - (↑) Cinza (↑) Proteína (↑) Gordura (↓) Fibra	(↑) Prazo de validade (~) Textura Avaliação sensorial: (↓) sabor, (↓) cor, (↓) sabor, (↓) textura, (~) aparência, (↓) geral
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Cerveja Pilsner 0,1-1,5 mL/L de extrato alcoólico		Avaliação sensorial: (~) aroma (↑) sabor (↑) corpo (↑) amargor (↑) vivacidade (↑) impressão geral
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Tipo de emulsão Salsicha 1% de corpos frutíferos secos	(↑) Propriedades antioxidantes	Avaliação sensorial: (~) textura - (↓) sabor (↓) Cor - (↓) Cheiro (↓) Aceitabilidade (~) Índice de peróxido (↑) Análise microbiológica +
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	Pão 2/4/6/8% de extrato de água		(↑) Perda de cozimento (↓) Amargor Avaliação sensorial: (↑) 2-4%, (↓) 6-8% Textura: (~) 2-4% (↓) 6-8% -
Reishi	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P. Karst.	logurte 2% Resíduos industriais (resíduos da extração aquosa)	(↑) efeito anti-coli, (↑) contra <i>E. coli</i>	(↓) Textura (↓) Gosto

A Figura 4 ilustra a importância da microbiota intestinal e o impacto que a mesma possui na saúde dos indivíduos, representando os produtos ácido gama amino-butírico (GABA) e os β -glucanos. Estes compostos disponibilizados pela ingestão de cogumelos atravessam a membrana epitelial e fazem com que o sistema imunitário esteja em alerta face a possíveis contaminantes, visto que influenciam as células imunitárias e ajudam a manter o

equilíbrio e integridade da barreira do epitélio. Além das células do sistema imunitário como macrófagos e células dendríticas, estes compostos bioativos (GABA e β -glucanos), fazem com que o nervo vago atue levando a informação ao cérebro e permitindo desta forma, sinais de bem-estar e funcionamento cerebral. Assim sendo, é de extrema importância manter uma microbiota equilibrada através da ingestão de alimentos que ajudem neste processo, melhorando o sistema num todo, quer seja a resposta imunitária, cerebral ou muscular (Singh et al., 2025).

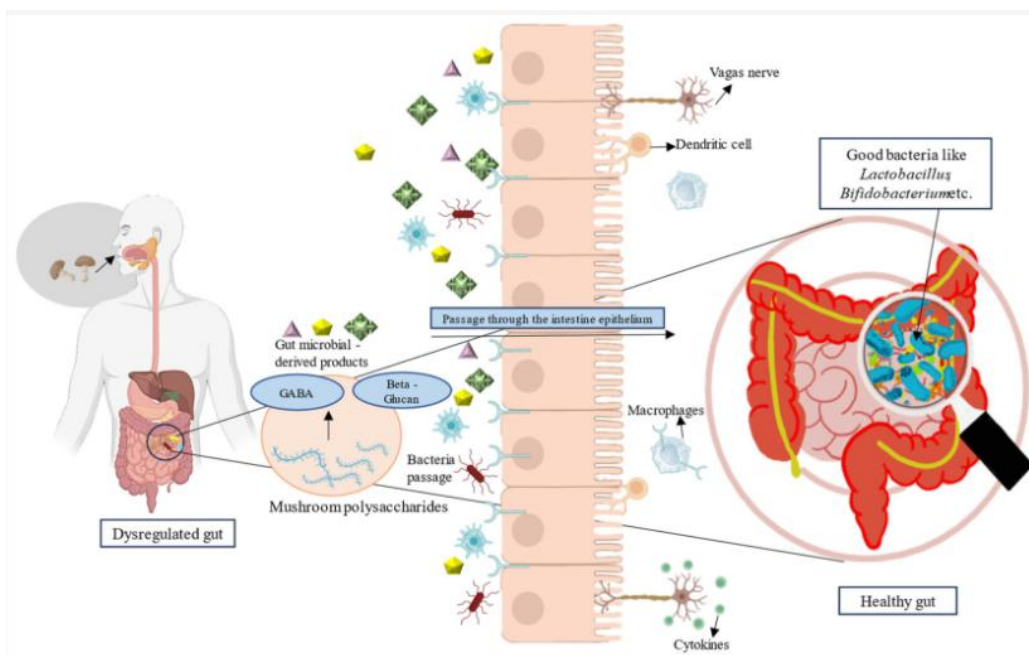


Figura 4 - Potencial pré-biótico dos cogumelos (Singh et al., 2025)

O crescimento exponencial do desenvolvimento de doenças metabólicas crônicas, como o caso da diabetes tipo 2, tem feito com que a procura por alternativas terapêuticas complementares aos fármacos, seja uma realidade atual em todo o globo, combinando eficácia, segurança e acessibilidade. Neste sentido, os cogumelos comestíveis e funcionais têm suscitado interesse científico, na medida em que apresentam na sua constituição compostos bioativos com propriedades multifuncionais. Entre os variados efeitos positivos que estes organismos trazem após consumo, destaca-se a capacidade de combater o stress oxidativo e modular a resistência à insulina, dois mecanismos fisiopatológicos no desenvolvimento de diabetes tipo 2 (Arunachalam et al., 2022).

Os cogumelos contribuem para a regulação da microbiota intestinal, que é também um fator importantíssimo na regulação da sensibilidade insulínica e do metabolismo energético. A melhoria da flora intestinal reduz a translocação de moléculas inflamatórias, permitindo um perfil metabólico geral mais bem constituído e mais capacitado para o combate a certas substâncias que poderão contribuir negativamente para o bom funcionamento do indivíduo (Arunachalam et al., 2022; Singh et al., 2025).

O stress oxidativo, proveniente da acumulação de espécies reativas de oxigénio (ROS), é um dos principais fatores que contribuem para o desenvolvimento da patologia

diabetes tipo 2, consistindo numa disfunção das células beta do pâncreas, resultando na evolução da resistência insulínica. Como certos tipos de cogumelos possuem a capacidade de combater esses radicais livres, torna-se evidente que a introdução destes organismos na dieta seja fundamental para um indivíduo com este tipo de patologia. Espécies como *Ganoderma lucidum*, *Grifola frondosa*, *Cordyceps militaris* e *Hericium erinaceus* revelaram demonstrar atividade antioxidante completa, aumentando os teores de enzimas endógenas protetoras como superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase, reforçando o sistema antioxidante e reduzindo os potenciais malefícios oxidativos em tecidos sensíveis à insulina como o fígado, músculo esquelético e tecido adiposo. O consumo destas espécies poderá contribuir para um funcionamento correto de todas as atividades metabólicas e fisiológicas de um indivíduo, oferecendo uma alternativa natural, segura e eficaz, relativamente à ministração de fármacos, posicionando este tipo de organismos como formulações terapêuticas e funcionais, abrindo portas para inovações alimentares que aliam a saúde e tecnologia (Arunachalam *et al.*, 2022).

As doenças não transmissíveis, cardiovasculares, distúrbios neurológicos e vários tipos de cancro, são responsáveis por 80% das debilidades na União Europeia, sendo a nutrição um fator de enorme relevância para a prevenção e combate destes malefícios. Surgem assim cada vez mais consumidores que procuram alternativas complementares aos fármacos tradicionais (Dimopoulou *et al.*, 2025).

2.2. Potencial de mercado dos cogumelos

2.2.1. Potencial de mercados dos cogumelos comestíveis

O mercado mundial dos cogumelos tem registado um crescimento contínuo especialmente nas últimas décadas, devido a fatores nutricionais, ambientais e tecnológicos. Atualmente o setor da área da micologia apresenta estimativas de valor que variam entre 31,7 mil milhões de dólares e 63 mil milhões de dólares em 2023, existindo um grande conjunto de variáveis nos estudos apresentados, como cogumelos estudados, natureza dos mesmos, metodologias aplicadas e área de aplicação. As projeções para os próximos anos apontam para um grande crescimento deste setor, podendo atingir 65,8 mil milhões e 90 mil milhões de dólares até 2030-2032, correspondendo a uma taxa de crescimento anual entre 6,7% e 11,2% (Dataintelo, s.d.; Dimopoulou et al., 2025; View Research, 2030).

Entre as espécies mais consumidas mundialmente destacam-se o Champignon (*Agaricus bisporus*), Shiitake (*Lentinula edodes*), cogumelo Ostra (*Pleurotus spp.*), cogumelo Palha (*Volvariella volvacea*), Enoki (*Flammulina velutipes*) e Orelha de Judas (*Auricularia auricula-judae*) (Dimopoulou et al., 2025).

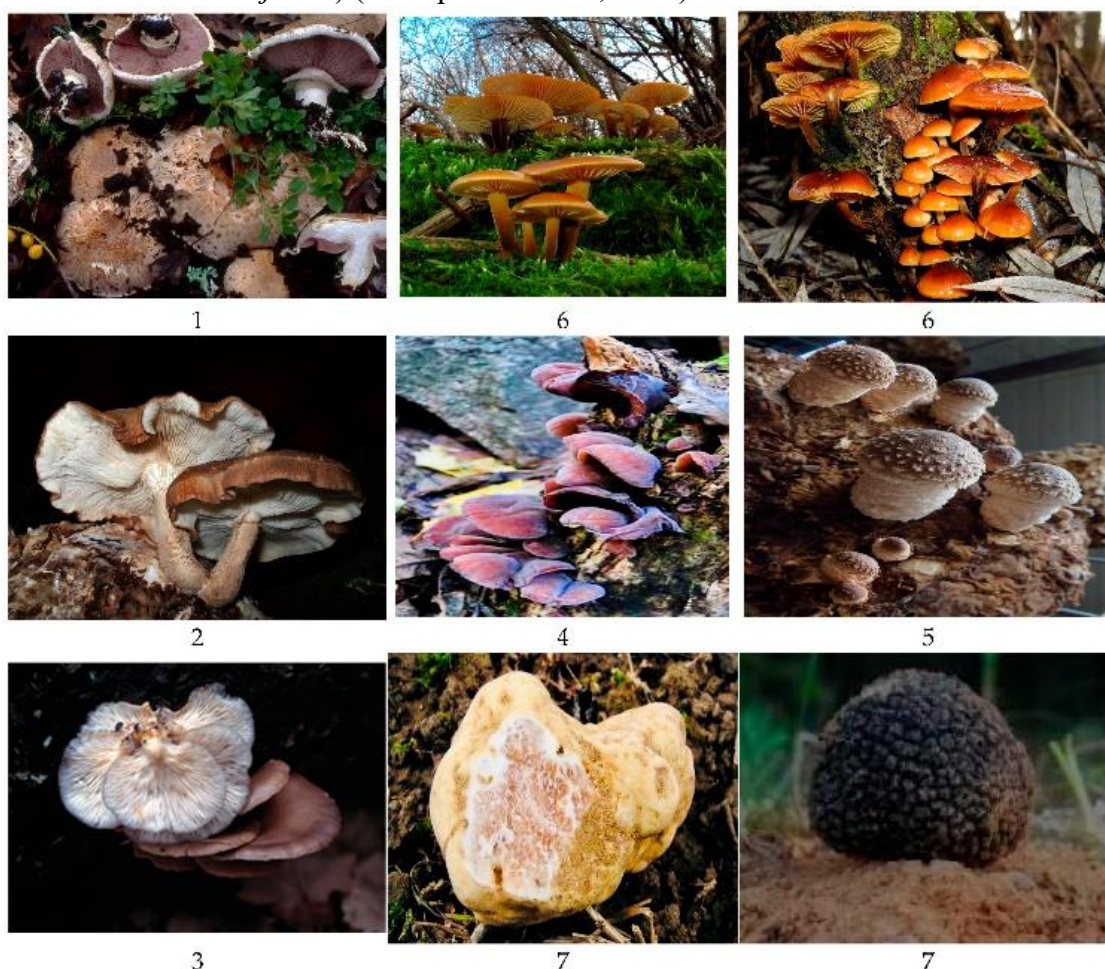


Figura 5 – Principais espécies de cogumelos cultivados e comercializados mundialmente (Dimopoulou et al., 2025). 1. *Agaricus bisporus* (Champignon); 2. e 5. *Lentinula edodes* (Shiitake); 3. *Pleurotus ostreatus* (Ostra Cinza); 4. *Auricularia auricula-judae* (cogumelo Orelha de Judas); 6. *Flammulina velutipes* (Enoki); 7. *Tuber spp.* (Trufa)

Os países que mais produzem cogumelos cultivados são os Estados Unidos da América (43,8%), China (36,2%), Itália (12,8%), Holanda (4,2%) e Polónia (3%). Embora os cogumelos silvestres apresentem um perfil nutricional com outro tipo de características face aos cultivados, a sua utilização é bem mais limitada, quer devido à sazonalidade, quer à toxicidade que podem apresentar e aos seus malefícios após consumo. Desta forma, os cogumelos cultivados têm ganho espaço no mercado como uma alternativa sustentável, segura e versátil, já que se podem otimizar os rendimentos de produção, nomeadamente, através da seleção dos melhores substratos para cada espécie, do ajuste das condições de cultivo, do uso eficiente e controlado dos recursos como a água, a redução das emissões de gases, o controlo de contaminações, entre outros (Dimopoulou *et al.*, 2025).

Outro fator relevante no crescimento do mercado de cogumelos tem sido o aumento dos investimentos em técnicas de cultivo e produção automatizadas como a agricultura vertical e cultivo em ambiente controlado, facilitando a colheita durante todo o ano, gerando mais valor e aumentando os rendimentos e a eficiência dos processos. As técnicas de cultivo centradas na micropropagação e manipulação de culturas, têm elevado consideravelmente a qualidade da produção, diminuindo custos operacionais e melhorando a eficiência desde a produção até à distribuição.

A sustentabilidade é também cada vez mais valorizada no setor agrícola e a melhor gestão dos recursos disponíveis para reduzir a pegada ecológica no setor industrial é indispensável. A produção de cogumelos distingue-se também nesta temática, na medida em são utilizados resíduos agrícolas como substratos, que devem ser locais para reduzir o impacto ambiental, e ainda deve ser reduzido o consumo de água, que é um fator preponderante numa indústria. Estes fatores, são cada vez mais valorizados pelos consumidores preocupados com as questões ambientais e de gestão de recursos, e tem feito com que a produção de cogumelos seja uma área de interesse e valorização.

A Figura 6 apresenta o potencial de mercado de variadas espécies de cogumelos nos próximos anos com valor perspectivado de 90 mil milhões de dólares e uma taxa de crescimento anual já referida anteriormente de 12,1% (View Research, 2030).

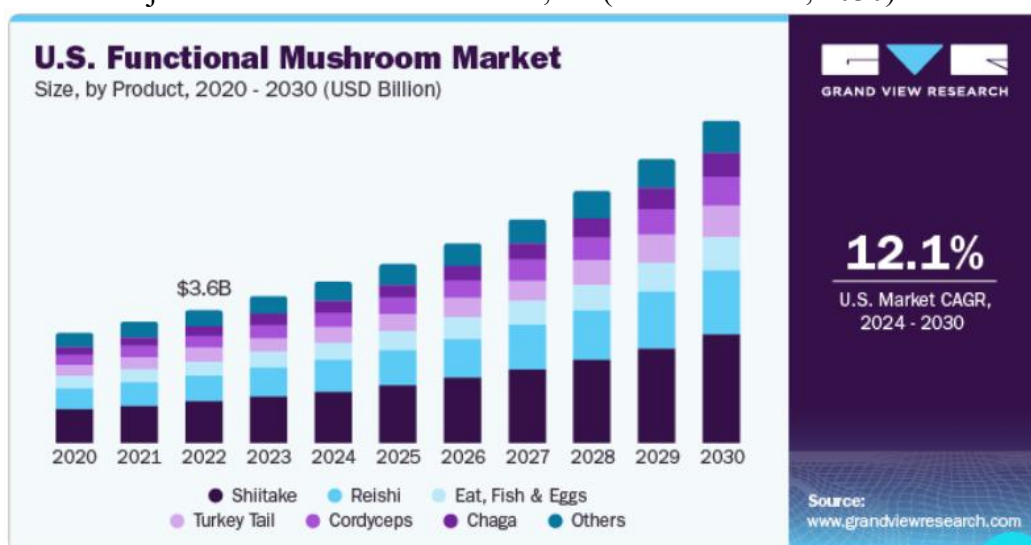


Figura 6 - Crescimento de mercado das diferentes espécies de cogumelos (View Research, 2030)

Relativamente à aplicação deste tipo de espécies de cogumelos noutros produtos, destacam-se aplicações em alimentos e bebidas possuindo uma percentagem de mercado com cerca de 41,9%, sendo que a área dos suplementos diatéticos e farmacêutica também possuem elevado interesse (View Research, 2030).

2.2.2. Potencial de mercado de cogumelos com fins medicinais

O mercado de cogumelos funcionais tem demonstrado um desenvolvimento exponencial demonstrando a sua potencialidade devido à sua constituição nutricional e bioativa. Cogumelos como Juba de Leão (*Hericium erinaceus*), Chaga (*Innotus obliquus*), Shiitake (*Lentinula edodes*), Reishi (*Ganoderma lucidum*), Cordyceps (*Cordyceps sinensis*) e cogumelo Nuvem (*Trametes versicolor*), entre outros, são utilizados na indústria farmacêutica, suplementar, alimentar e até na cosmética. Avaliado em 31,09 mil milhões de dólares em 2024, estando projetado para 2032 um valor de mercado de 62,18 mil milhões de dólares, com crescimento anual de 9,14%. A Ásia-Pacífico lidera o mercado com 51,72% de participação no mercado, impulsionada pela tradição medicinal e produção na China, Japão e Coreia do Sul, seguida pelos Estados Unidos da América, cujo mercado pode chegar a 8,92 mil milhões em 2032. O cogumelo (*Cordyceps sinensis*) mantém a maior fatia devido à procura de suplementos energéticos. A China trata-se do maior produtor de cogumelos Shiitake (*Lentinula edodes*) e Chaga (*Innotus obliquus*) há largos anos utilizados na medicina tradicional. A Índia com elevada importância na produção de suplementos de Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) e Reishi (*Ganoderma lucidum*). A Alemanha caracteriza-se pela elevada procura de suplementos orgânicos à base de plantas, na medida em que o consumidor procura aumentar as suas capacidades imunológicas e funcionais que os cogumelos também fornecem (Business Inshights, 2025). O cogumelo Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) destaca-se no mercado dos suplementos alimentares naturais devido ao seu potencial neuro protetor, cognitivo e promotor do bem-estar cerebral, devido aos compostos bioativos como hericenonas e erinacinas que estimulam o fator de crescimento nervoso (NGF). O mercado global do seu extrato, em pó ou líquido, avaliado em 150 milhões de dólares em 2024, deve atingir 400 milhões de dólares até 2033, com uma taxa anual de crescimento de 12,5%, impulsionado pela procura de soluções naturais para a saúde mental e neuronal. Além das cápsulas e pó, o extrato já é incorporado em chás, snacks e proteínas em pó, melhorando a nutrição do produto e benefícios funcionais. Contudo, o setor enfrenta desafios, como o estabelecimento de normas relativamente ao processo produtivo, qualidade dos substratos e micélio e necessidade de certificações e análises periódicas dos produtos para assegurar a presença de compostos bioativos na sua constituição (Business Inshights, 2025).

2.3. Retrospectiva histórica do consumo de cogumelos

O consumo de cogumelos é uma prática que acompanha a evolução do Homem, na medida em que foram encontradas evidências arqueológicas do tempo Paleolítico Superior

(há cerca de 18 700 anos). Uma mulher conhecida como a “Red Lady” continha, na composição dental vestígios de cogumelos da ordem *Boletales* (Figura 7) e *Agaricales* (Figura 8) (Kotowski, 2019).



Figura 7 - Cogumelo *Boletus edulis* da ordem Boletales (Pitorac, s.d.)



Figura 8 - Família da ordem de cogumelos *Agaricales* (NaturData, s.d.)

O “Ötzi”, outro ser humano encontrado congelado nas montanhas perto do vale de Ötztal no Tirol do Sul, na Áustria, tinha vestígios de cogumelos, utilizando o cogumelo “casco de cavalo” (*Fomes fomentarius*) (Figura 9A) para iniciar uma fogueira caso necessário ou servir como uma lanterna, e o “cogumelo da bétula” (*Fomitopsis betulina*) (Figura 9B) como o primeiro cogumelo com propriedades medicinais. O corpo foi

investigado e perceberam que teria falecido devido à presença de um parasita no organismo de nome *Trichuris trichiura* (lombriga) e é relevante referir que, atualmente, sabe-se que a composição química do cogumelo *Fomitopsis betulina* apresenta compostos com potencial no tratamento deste tipo de infecção parasitária (Kotowski, 2019).



Figura 9 – A) Cogumelo *Fomes fomentarius* e B) Cogumelo *Fomitopsis betulina* (Docker, 2023)

Ao longo da evolução dos humanos, os cogumelos tiveram sempre interesse do ponto de vista alimentar, medicinal e terapêutico, com este tipo de registos associados ao estudo nas áreas forenses. Há ainda registos de consumo de cogumelos psicoativos como *Amanita Muscaria* e *Psilocybe cubensis* (Figura 10) com o intuito de experienciar estímulos e estados de consciência alternativos (Kotowski, 2019).



Figura 10 – A) Cogumelo *Amanita muscaria* (Kotowski, 2019) e B) Cogumelo *Psilocybe cubensis* (*Psilocybe cubensis*, sem data)

Existiam civilizações, como as egípcias e romanas, que valorizavam este tipo de alimento considerando-o um produto luxuoso, símbolo de poder, e o qual não poderia ser nem tocado pelas classes mais desfavorecidas. *Amanita muscaria* foi o primeiro cogumelo utilizado como enteógeno em sessões espirituais, religiosas que dariam contacto com algo

divino, não habitual ao quotidiano. Desta forma fazia com que os seres tivessem conexões cerebrais que os levavam a estados desconhecidos. No entanto, a visão sobre este tipo de cogumelos não foi sempre positiva, na medida em que existiram relatos de infeções por toxicidade e foram desconsideradas as suas propriedades medicinais, visto que alguns cogumelos tóxicos, levavam mesmo à morte (Kotowski, 2019).

Na Polónia, a visão de desconfiança foi perpetuada por literários. Ainda assim com o avanço do conhecimento e identificação científica no século XIX, existiram mudanças de opinião, valorizando-se novamente os benefícios nutricionais, químicos e dietéticos dos cogumelos. Este país é atualmente o maior consumidor de cogumelos na União Europeia (Dimopoulou *et al.*, 2025; Kotowski, 2019).

2.4. Ciclo de vida dos cogumelos

Os cogumelos pertencem a um pequeno ramo na evolução do reino Fungi *Eumycota* e são comumente conhecidos como os “fungos carnudos”. Estes organismos são seres não fotossintéticos, que evoluíram a partir de algas e o seu papel principal é a decomposição da matéria orgânica, demonstrando a sua capacidade em regenerar os solos, degradando matéria morta aproveitando-a para o seu metabolismo. Inicialmente eram classificados como pertencentes ao reino Plantae. Neste momento estão bem estabelecidos no reino Fungi, devido a características únicas que os diferenciam das plantas e dos animais. A maioria das espécies cultivadas pertence aos filos *Basidiomycota* e *Ascomycota*, reproduzindo-se por esporos e em condições de temperatura, humidade e luz favoráveis desenvolvem hifas, que no seu conjunto dão origem ao micélio. Estas hifas podem ser monocariotas, caso o tecido seja primário, ou dicariotas caso tenha existido fusão de hifas compatíveis. É um reino com largas dezenas de milhares de espécies, no entanto estes organismos representam uma pequena fração no reino Fungi (Paul Stamets, 1983; WorldMush, 2004).

O conhecimento do ciclo de vida dos cogumelos, mesmo que de forma simples, permite aos cultivadores adquirirem conhecimentos sobre as técnicas essenciais no processo produtivo. Estes organismos são os corpos de frutificação do micélio, sendo que esta estrutura vegetativa possui uma vasta rede de células interligadas, que se alimentam do substrato disponível para o seu desenvolvimento e só irão dar origem aos cogumelos, caso as condições de temperatura, humidade e nutrição sejam satisfeitas. Geralmente, o micélio progenitor tem a função de se replicar garantindo as gerações seguintes, daí que sejam libertados um conjunto de esporos à sua volta. No ciclo de vida do cogumelo, os corpos de frutificação surgem durante um período bastante reduzido. Em natureza pode levar até mesmo anos para que o micélio tenha a capacidade de dar origem aos cogumelos, dependendo das condições do solo, temperatura, luz, humidade e pH. Nesta fase de frutificação, o micélio está sob *stress*, acumulando nutrientes e formando os primórdios, massas densas arredondas que surgem à superfície. São estas massas que vão dar origem ao cogumelo final. As lamelas vão-se formando ao longo do crescimento dos primórdios e vão abrindo até formar o chapéu que está completamente povoado de células produtoras de esporos designados basídios (Paul Stamets, 1983).

A Figura 11 demonstra o ciclo de vida do cogumelo desde a deposição dos esporos e formação das primeiras hifas de micélio até à formação do corpo frutífero, o cogumelo.



Figura 11 - Ciclo de vida dos cogumelos adaptado de (Paul Stamets, 1983)

O ciclo de vida dos cogumelos começa pela germinação dos esporos haploides uninucleados (cada célula apresenta apenas um núcleo) que originam o micélio primário. Quando dois micélios compatíveis se encontram, ocorre a plasmogamia formando o micélio dicariótico (cada célula apresenta dois núcleos), condição essencial para a frutificação. Esse micélio é mais vigoroso e que em condições adequadas frutificará designando-se micélio terciário. O micélio acumula nutrientes até estar pronto a frutificar. Antes deste processo os núcleos aumentam e reorganizam-se. Nas lamelas, os basídios amadurecem e fundem-se por cariogamia, formando um núcleo diploide. Este, por meiose divide-se em quatro núcleos haploides dando origem aos esporos, que são ativamente libertados para o meio ambiente (Paul Stamets, 1983).

Do ponto de vista estrutural, o cogumelo é um corpo reprodutor eficiente. O chapéu funciona como um escudo face às alterações climatéricas como a chuva e exposição ao solar, protegendo as lamelas onde está a informação genética. Algumas espécies possuem o véu que é como uma camada protetora das lamelas, que se rompe pouco antes da libertação dos esporos. O chapéu é sustentado pelo pé, que eleva as lamelas de forma a permitir que os esporos sejam libertados para zonas ao seu redor através da ação do vento.

Cada estrutura do cogumelo desempenha a mesma função de assegurar a reprodução e manutenção da espécie, protegendo quanto possível do ambiente adverso. Com o envelhecimento, a capacidade de libertar esporos reduz-se drasticamente. Nesta fase, reduz a massa, encharca e decompõe-se (Paul Stamets, 1983). A Figura 12 ilustra as diferentes estruturas presentes na formação dos corpos frutíferos.

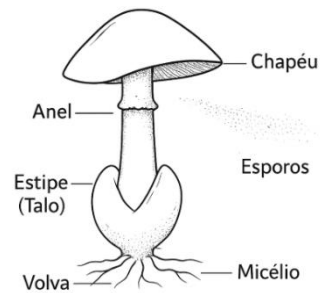


Figura 12 - Anatomia genérica dos cogumelos

3. Tecnologias de produção de cogumelos da empresa Goldencap

Na Goldencap toda a cadeia do processo produtivo de cogumelos segue um conjunto de procedimentos e atividades devidamente planejados para evitar quebras na produção.

As Figura 13, Figura 14 e Figura 15 detalham todo o processo implementado pela empresa, englobando as etapas desde a manipulação das culturas puras em laboratório até à frutificação dos cogumelos.

O processo inicia-se com o isolamento e manutenção das culturas puras, através da preparação de meios nutritivos e técnicas para isolamento micelial, seguido da preparação e esterilização do grão que irá funcionar como semente para o substrato final. As fases de incubação e colonização são rigorosamente controladas quanto à temperatura, humidade e assepsia, para que haja um desenvolvimento uniforme das culturas e a minimização do risco de contaminação microbiana. São aplicadas condições ambientais de *stress* para indução de frutificação, garantindo o aparecimento dos primórdios saudáveis até à formação de cogumelos de excelência.

Todas estas etapas seguem boas práticas por parte do colaborador e controlo sistemático dos parâmetros críticos, assegurando a integridade do produto final, produção consistente e manutenção da qualidade e segurança alimentar.

As atividades apresentadas, seguem uma sequência lógica dos trabalhos desenvolvidos em laboratório e posteriormente no contentor em ambiente controlado, conforme descrito de seguida por etapas:

1. Lavagem e desinfecção de material de laboratório com detergente e desinfetante;
2. Secagem do material de laboratório no desidratador (SS-80H, Dalle, China) a 40 °C cerca de 1 hora;
3. Esterilização de material de laboratório na autoclave (LS-200LD, HEZE, China) durante 20 minutos a 121 °C;
4. Preparação de meios de cultura sólidos, esterilização em autoclave (LS-200LD, HEZE, China) durante 20 minutos a 121 °C, arrefecimento até 50 °C e enchimento das caixas de Petri esterilizadas já na câmara de fluxo laminar;
5. Cultura de tecidos de várias espécies de cogumelos em caixa de Petri na câmara de fluxo laminar (BBS-V1300, BioBase, China), que consiste na abertura de um cogumelo, cisão de um pedaço do seu interior e colocação na placa para desenvolvimento do micélio.
6. Preparação de meio líquido, enchimento em frasco e esterilização em autoclave (LS-200LD, HEZE, China) durante 20 minutos a 121 °C;
7. Inoculação, na câmara de fluxo laminar (BBS-V1300, BioBase, China), de um pedaço de micélio cultivado anteriormente em caixa de Petri ou através de uma

- biopsia específica, que consiste na introdução de uma ponta de seringa num cogumelo, esta ponta irá ficar com um pedaço de cogumelo e de seguida injeção na cultura líquida, através do orifício de pórtico de injeção;
8. Incubação das culturas na incubadora (SI60D, Stuart Scientific, UK), programada a 23 °C;
 9. Hidratação do milho painço (grão) durante 24 h e escorrimento do excesso de água;
 10. Enchimento de sacos de polipropileno com 2,5 kg de grão;
 11. Esterilização da semente em sacos, na autoclave (LS-200LD, HEZE, China) durante 3-5 h a 121 °C;
 12. Arrefecimento dos sacos em câmara de fluxo laminar (BBS-V1300, BioBase, China) e inoculação com cultura sólida (metade de uma placa de Petri bem desenvolvida); ou líquida (20-30 mL de meio com inóculo), consoante as necessidades;
 13. Selagem dos sacos com uma seladora;
 14. Incubação dos sacos na estante de incubação, a 23 °C e humidade relativa > 90%, durante duas semanas para completa colonização. Estes são denominados “spawn”;
 15. Preparação do substrato final através da mistura de vários componentes com o auxílio de uma betoneira. A água é adicionada até que a mistura obtenha a capacidade de campo. Ou seja, após aperto da mistura, sairão apenas gotículas de água. Os principais componentes do meio são: serradura de vários tipos de madeira; casca de arroz ou luzerna, como suplementação; e carbonato de cálcio, para regular pH e aumentar tempo de prateleira.
 16. Enchimento dos sacos de polipropileno com 2,5 kg de substrato;
 17. Esterilização em autoclave (LS-200LD, HEZE, China) do substrato final entre 3-5 horas a 121 °C;
 18. Arrefecimento dos sacos em câmara de fluxo laminar;
 19. Inoculação dos sacos de substrato final com 5% do “spawn”, em câmara de fluxo laminar;
 20. Selagem dos sacos inoculados com o “spawn”;
 21. Incubação dos sacos na estante de incubação a 23 °C, com humidade > 90% e em cerca de duas semanas, estará completamente colonizado;
 22. Passagem dos sacos para a câmara de frutificação a 23 °C e humidade > 90%, ajustando os valores consoante as culturas presentes a câmara e realização do corte em “X” no saco para o cogumelo iniciar a produção;

23. Monitorização da temperatura, humidade, luz e renovações de ar, podendo também haver necessidade de voltar a mergulhar os sacos em água;
24. Colheita realizada com luvas e auxílio de uma tesoura para não apresentar vestígios do substrato.
25. Armazenamento da produção numa câmara frigorífica e/ou comercialização.

A Figura 13 representa esquematicamente sob a forma de fluxograma todas as etapas necessárias para a obtenção de uma cultura em caixa de Petri colonizada com determinado micélio de cogumelo desejado.

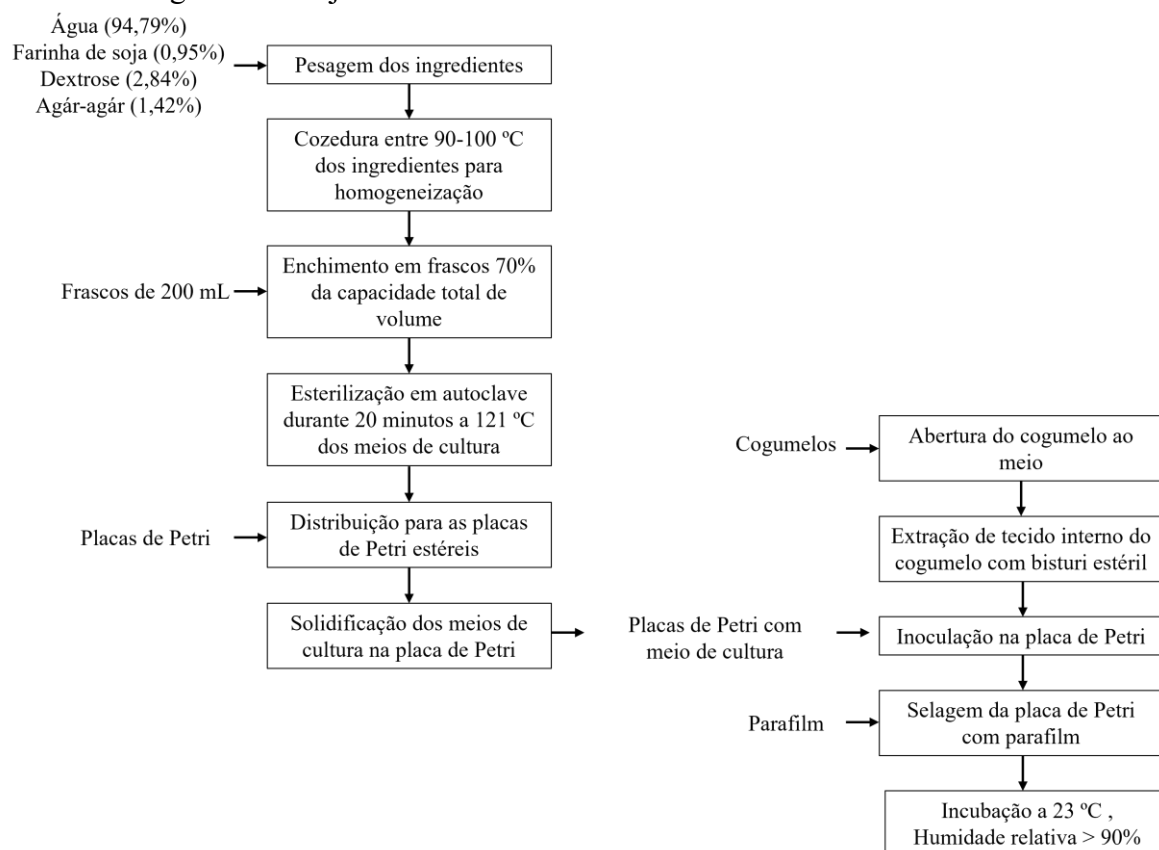


Figura 13 - Fluxograma relativo às atividades laboratoriais para obtenção de placas de Petri colonizadas.

A Figura 14 representa esquematicamente sob a forma de fluxograma todas as etapas necessárias para a obtenção de uma cultura líquida colonizada com determinado micélio de cogumelo desejado.

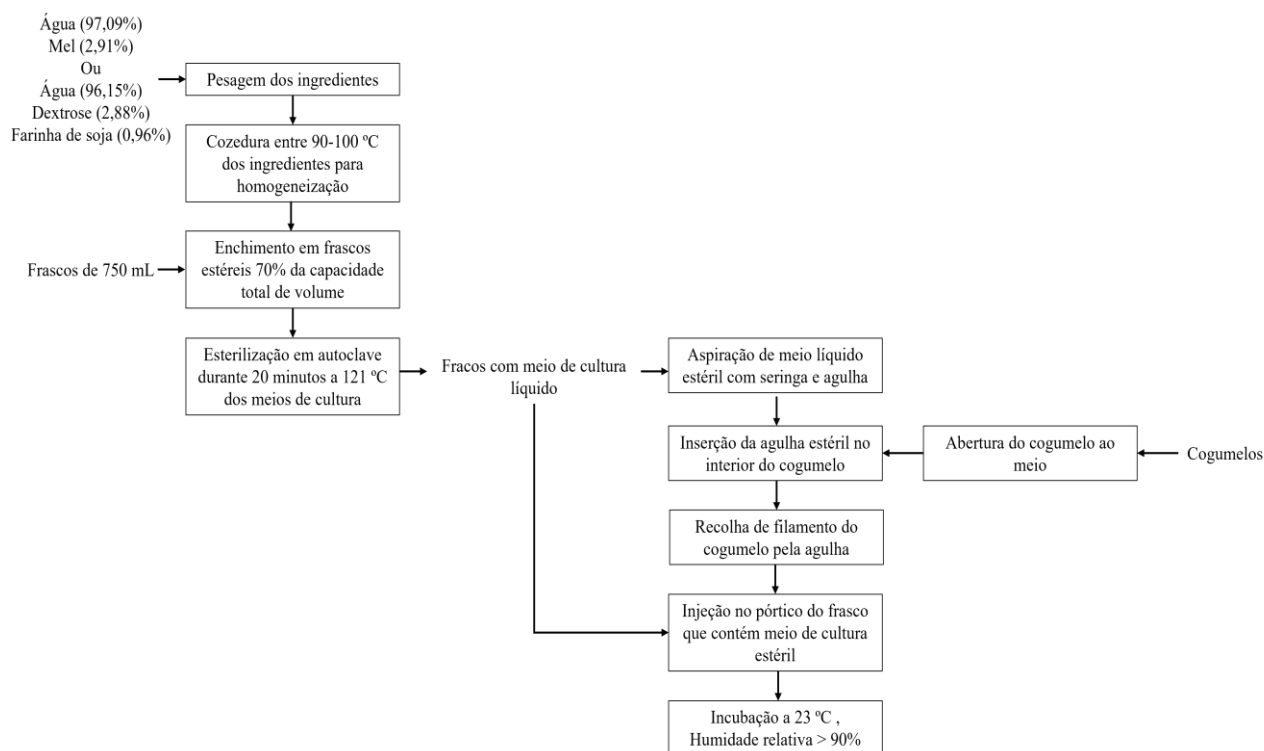


Figura 14 - Fluxograma relativo às atividades para obtenção de culturas líquidas desenvolvidas.

A Figura 15 representa esquematicamente sob a forma de fluxograma todas as etapas necessárias para a preparação de substratos para a produção de cogumelos.

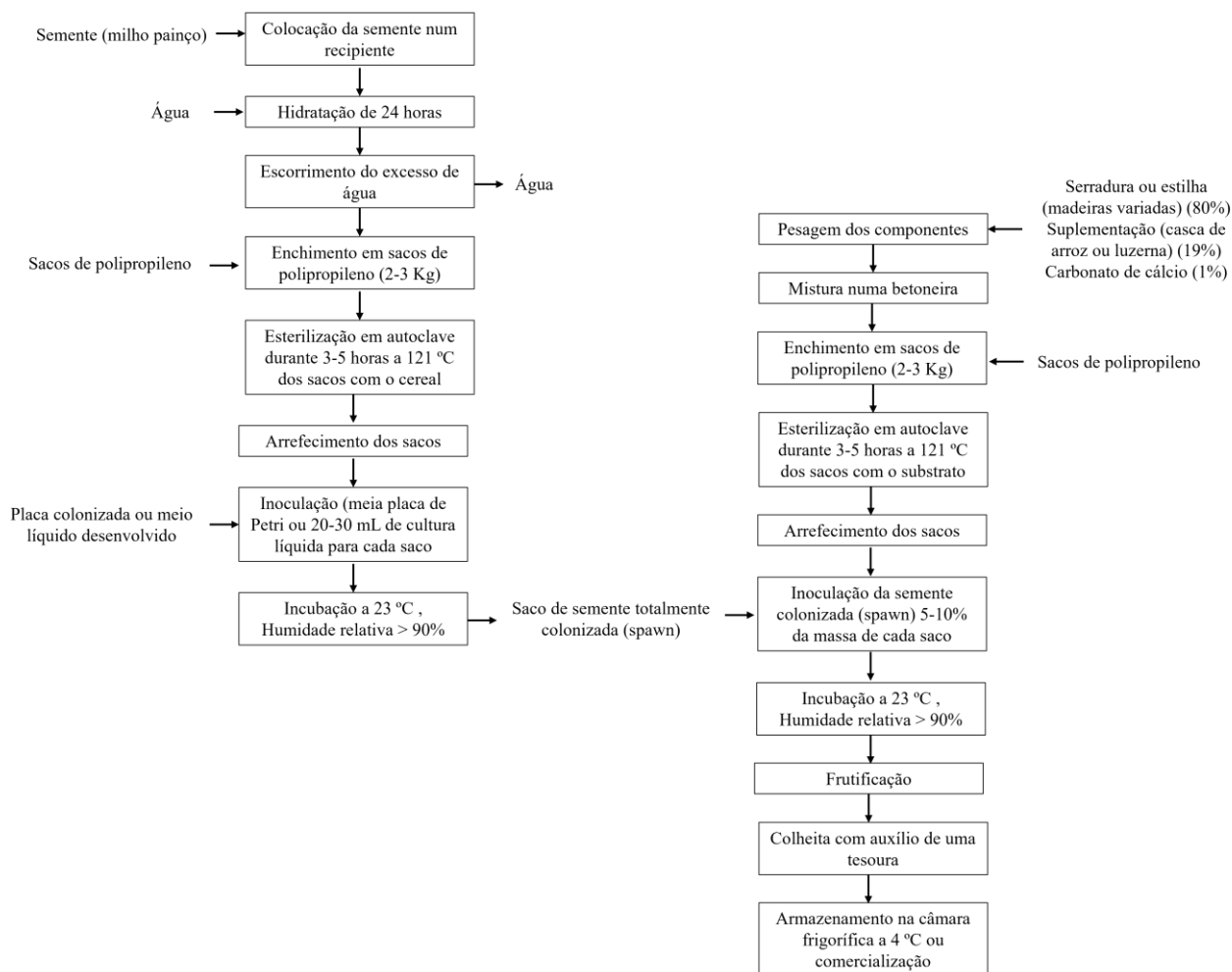


Figura 15 - Fluxograma relativo à preparação dos substratos para produção de cogumelos

3.1. Conceitos gerais das atividades realizadas no laboratório

As atividades realizadas no laboratório, devem seguir um conjunto de boas práticas de higiene, condições de esterilidade e assepsia, com o objetivo de reduzir a probabilidade de aparecimento de contaminações indesejadas. Os organismos que mais frequentemente surgem neste tipo de setor, quer seja na cultura em placa de Petri, cultura líquida, nos sacos de semente ou nos sacos de substrato final pertencem aos géneros *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma* e desenvolvem-se rapidamente num ambiente adequado ao seu crescimento e fazem com que o micélio não se consiga propagar, demonstrando assim a competição dos organismos em meio nutritivo.

3.2. Culturas em placa, culturas líquidas e tubos de Falcon

Os fluxogramas da Figura 13 e Figura 14 estão interligados com este tópico sendo que sintetizam o trabalho laboratorial, para a preparação de culturas em placa de Petri, culturas líquidas e tubos de falcon.

Para iniciar o desenvolvimento de micélio, existe a necessidade de obter uma cultura pura ou cultura-mãe, sendo que esta deve possuir elevada qualidade para os procedimentos consequentes. Esta cultura pode ser obtida através do isolamento de esporos de determinado cogumelo ou através da cultura de tecidos, no qual retiramos uma pequena porção do interior desse cogumelo e colamos esse tecido num meio nutritivo de forma a obter um micélio vigoroso. Estas culturas podem ser obtidas através de empresas de especialização de cultura de micélio, mas não é tão favorável economicamente face a realizarmos todo o processo. A partir da cultura-mãe podem ser originadas várias culturas, para desenvolvimento em placa de Petri com ágar ou em cultura líquida, sendo que a cultura-mãe fica de reserva para não perder a informação genética de qualidade.

3.2.1. Receitas aplicadas para cada tipo de propagação

A preparação do meio de cultura trata-se de uma etapa de extrema importância para o correto desenvolvimento do micélio. O meio é constituído por dois componentes principais, fonte de carbono (açúcar) e fonte proteica, sendo utilizada a dextrose como fonte de carbono, e como fonte de proteína a farinha de soja.

As proporções para meio sólido são as seguintes: 1 L de água, 30 g de dextrose, 10 g de farinha de soja e 15 g de ágar.

Relativamente aos meios líquidos são utilizadas duas formulações: 1) para 1 L de água, 30 g de mel; 2) para 1 L de água, 30 g de dextrose e 10 g de farinha de soja.

Para conservação da cultura em tubo de Falcon, a formulação utilizada é 1 L água, 30 g de dextrose, 10 g de farinha de soja e 20 g de ágar. Este aumento de ágar tem a ver com a necessidade de preservação do material por tempo prolongado.

3.2.2. Procedimentos para a obtenção do meio de cultura

Para obtenção do meio de cultura pronto a nutrir o fragmento de cogumelo que colocamos na caixa de Petri, em cultura líquida ou nos tubos de Falcon, existem procedimentos que devem ser seguidos com a maior precaução possível seguindo boas práticas laboratoriais. A mistura de ingredientes para a preparação do meio de cultivo deve ser realizada numa panela utilizada apenas para este fim. Com o auxílio de uma colher de laboratório, são medidas as massas dos componentes e consoante o volume que queremos propagar são ajustados os valores. Assim que juntamos todos os ingredientes, deve-se colocar a panela numa placa magnética, de forma a homogeneizar os componentes através da elevação de temperatura, fazendo com que não exista deposição dos constituintes. Após homogeneização, procede-se ao enchimento em frascos de vidro “Compal”, apertam-se as tampas e pode-se passar ao próximo passo que é a esterilização durante 20 minutos a 121 °C. Estando o processo de esterilização terminado, deixa-se diminuir a pressão da autoclave até

chegar a 0 MPa (pressão relativa) e a temperatura até aos 60-70 °C para manter as condições de segurança. Abre-se a autoclave com o auxílio de uma luva protetora, borrifam-se os frascos com álcool a 70% devido à transição da autoclave para a câmara de fluxo laminar e de seguida colocam-se na câmara de fluxo laminar. Na câmara de fluxo laminar deixam-se arrefecer até próximo dos 50 °C, e distribui-se o líquido para as placas de Petri que foram devidamente esterilizadas.

Os procedimentos são idênticos nas 3 formas de propagação de micélio, apenas as percentagens dos componentes é que variam, sendo que a fervura de extrema importância para homogeneizar todos os constituintes do meio de cultura, as boas práticas laboratoriais, mantendo a câmara de fluxo laminar bem higienizada com uma solução de álcool isopropílico de 70%, correto manuseamento dos utensílios e equipamentos, adequada higiene do operador, utilização de bata laboratorial e desinfeção constante das mãos.

3.2.3. Inoculação do fragmento de cogumelo para desenvolvimento do micélio

Para a obtenção da cultura-mãe é necessário obter o micélio vigoroso capaz de se desenvolver adequadamente nos meios de cultura. Esta cultura pode ser obtida por dois métodos principais: i) o isolamento de esporos, no qual o cogumelo é posicionado com a estrutura reprodutiva voltada para baixo, sobre uma placa de Petri aberta em câmara de fluxo laminar; ou ii) a cultura de tecidos (Figura 16), que consiste na retirada de uma pequena porção do interior do cogumelo e a sua colocação em meio nutritivo promovendo o crescimento do micélio livre de contaminações.

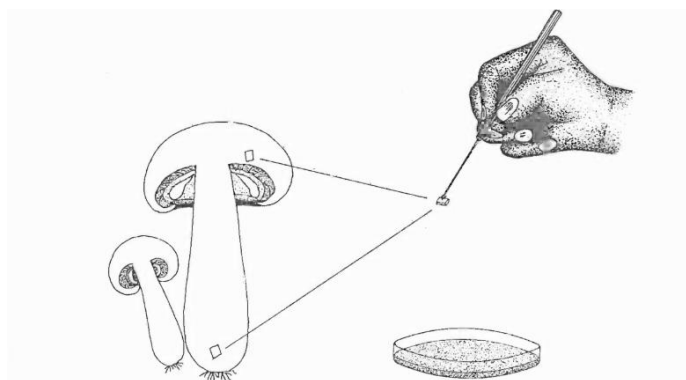


Figura 16 - Inoculação fragmento interior do cogumelo (micélio) (Paul Stamets, 1993)

A etapa de inoculação consiste na introdução do micélio em substrato apropriado. Este micélio, denominado “semente”, é cultivado no meio nutritivo estéril, sendo utilizado como inóculo nas fases subsequentes de produção. O processo de inoculação também pode ser referido como sementeira. O micélio pode ser multiplicado por sucessivas inoculações, o que demonstra o seu carácter replicável e capacidade de expansão. A partir de uma placa de Petri ou cultura líquida de primeira geração, pode-se dar origem a culturas de segunda, terceira, ou sucessivas gerações, até alcançar o substrato final para produção de cogumelos.

Na (Figura 17) está representado o processo produtivo para a preparação da semente com o inóculo (micélio). O objetivo é retirar com um bisturi estéril, um pequeno fragmento da placa de Petri totalmente colonizada, para um substrato, neste caso algum tipo de grão para expandir o micélio, grão este que também foi previamente esterilizado em autoclave. A imagem demonstra o carácter replicativo deste processo na medida em que a partir de uma placa de Petri podemos obter muitos frascos com micélio pronto a utilizar na etapa seguinte, a inoculação em substrato final para produção de cogumelos.

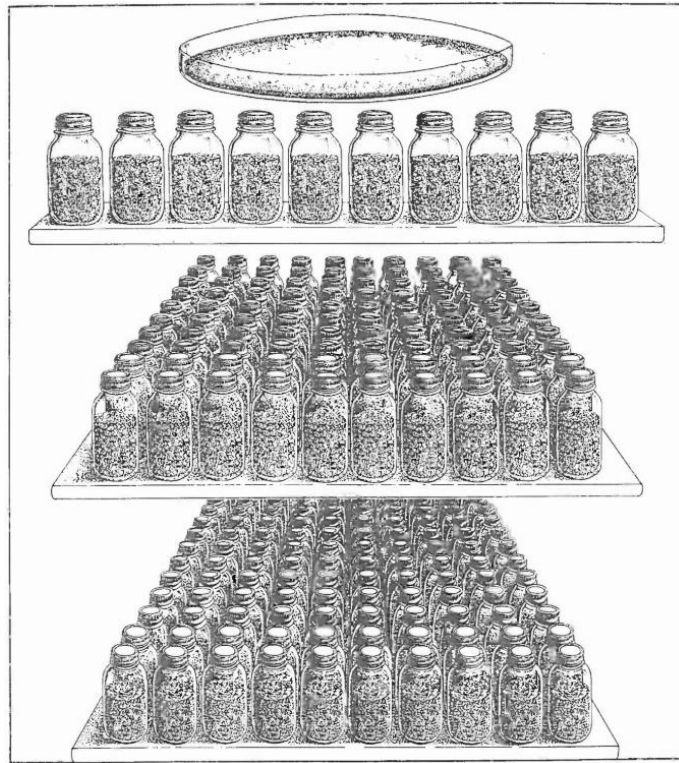


Figura 17 - Inoculação de placa de Petri em semente estéril (Paul Stamets, 1983)

A preservação das culturas é uma etapa crítica, devendo ser realizadas repicagens periódicas a partir da cultura-mãe. É fundamental manter o *stock* em boas condições de refrigeração, assegurando a manutenção do material genético e a integridade do micélio, controlando o seu vigor para as etapas de produção seguintes (Figura 18). Como medida de segurança, recomenda-se manter *stock* das culturas em tubo de Falcon, armazenados noutra local, sob condições de temperatura e humidade controladas, prevenindo a perda das culturas em caso de falha no laboratório.



Figura 18 - Gestão de stock de culturas das espécies cultivadas na Goldencap.

Todas as atividades devem seguir protocolos padronizados que incluem práticas rigorosas de higienização e desinfecção do ambiente e utensílios do laboratório. A utilização da câmara de fluxo laminar é fundamental no processo. O equipamento disponível possui cabine fechada, garantindo um ambiente estéril bastante controlado. Durante a manipulação deve-se trabalhar o mais perto possível do filtro de ar na medida em que se diminui o risco de contaminação, desde que se mantenha a correta manutenção do equipamento.

As placas de Petri que apresentem contaminações indesejáveis (Figura 19) devem ser descartadas. Nestes casos, a cadeia produtiva deve ser rastreada para identificar a etapa onde ocorreu a falha, e deverá ser realizada uma análise de qualidade para se verificar qual foi efetivamente a origem dessa contaminação. Segundo Paul Stamets, (1983) os principais vetores de contaminação são: o operador, o ar, o meio de cultura, os utensílios, o inóculo, equipamentos e instalações.



Figura 19 - Contaminações em placa de Petri e substrato (grão)

3.2.4. Repicagem de cultura-mãe para manutenção de stock

Este processo é realizado após se obter uma cultura-mãe vigorosa e consiste em repicar uma pequena porção do micélio desta placa para outra constituída por um meio de cultura estéril, que irá dar origem a um micélio vigoroso com a mesma informação genética que a anterior.

Podemos considerar as seguintes etapas para a realização deste processo:

1. Seleção da melhor cultura-mãe da espécie, com o maior vigor e desenvolvimento, sem existência de nenhum tipo de contaminação para repicagem;
2. Ligação do fluxo laminar, desinfecção da bancada com solução de álcool isopropílico de 70%, introdução dos utensílios necessários para o processo e desinfecção/esterilização dos mesmos: cultura-mãe, novas placas de Petri já esterilizadas e com meio de cultura estéril, bisturi, lâmina de bisturi, esterilizador de pontas, borrifador de álcool 70%, parafilm e canetas acetato;
3. Desinfecção das mãos, remoção do parafilm da cultura-mãe e esterilização do bisturi no esterilizador de pontas cerca de 5 segundos quando bem quente;
4. Corte de um pequeno pedaço de ágar da cultura-mãe e inoculação na nova placa de Petri. Este processo deve ser realizado com eficiência e rapidez para não expor os meios;
5. Selagem da nova placa de Petri com parafilm, identificação da espécie, meio utilizado e data do dia;
6. Incubação das novas culturas numa incubadora a 23 °C.

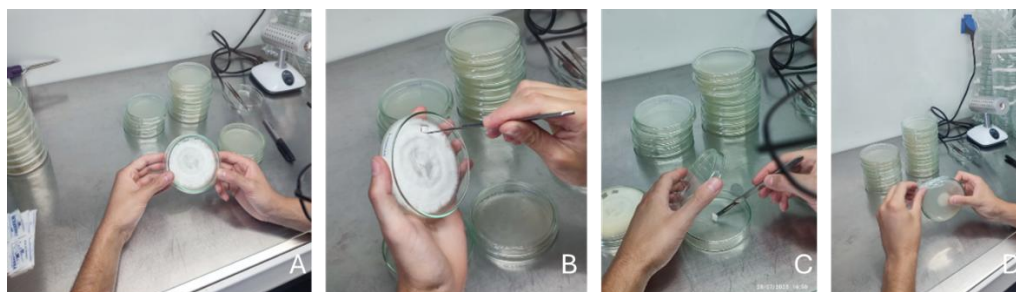


Figura 20 - Processo de repicagem de culturas. A) análise do vigor da cultura-mãe; B) corta-se um pequeno pedaço de ágar C) inocula-se numa nova placa de Petri com meio de cultura estéril e D) sela-se a nova placa de Petri com parafilm

3.2.5. Repicagem da cultura-mãe para um meio líquido

O objetivo é semelhante nos meios líquidos, com a diferença que o micélio se vai desenvolver em três dimensões, em contraste com o crescimento bidimensional em placa de Petri. Este método promove o desenvolvimento do micélio e inoculação posterior em semente ou substrato final. Este tipo de propagação exige oxigenação do meio de cultura, obtida por agitação manual ou através de homogeneizador, de modo a aumentar a superfície de contacto com o meio e evitar a deposição nas paredes dos frascos. Este método é amplamente utilizado em laboratórios de propagação de micélio, embora exista uma técnica

menos suscetível a contaminação, a biopsia ao cogumelo. Neste caso utiliza-se uma seringa e uma agulha, que é introduzida no interior do cogumelo aberto, em seguida, com o auxílio do líquido presente na seringa, injeta-se o filamento para o frasco com meio líquido. Esta operação é realizada na câmara de fluxo laminar para garantir assepsia.

Na Figura 21 representa-se um exemplo de cultura líquida, utilizada nas etapas seguintes da cadeia produtiva. O banco de culturas da Goldencap contém todas as espécies referidas anteriormente.



Figura 21 - Cultura líquida inoculada com a espécie ostra-cinza (*Pleurotus ostreatus*)

3.2.6. Repicagem da cultura-mãe para tubo de Falcon

O método na inoculação de micélio em tubos de Falcon, tem como objetivo preservar culturas por longos períodos mantendo o stock em triplicado. Estes são armazenados em local externo ao laboratório, reduzindo o risco de perdas de material genético.

A preservação por longos períodos requer refrigeração, essencial para manter o vigor das culturas e abrandar a taxa metabólica. Ainda assim, é de extrema importância efetuar repicagens intermédias.

O procedimento é semelhante ao da repicagem em placa de Petri, diferenciando-se apenas no recipiente utilizado, neste caso os tubos de Falcon. Após inoculação, os tubos são incubados a 23 °C até que ocorra desenvolvimento micelial de posteriormente transferidos para uma câmara frigorífica externa garantindo o stock da cultura.

3.3. Preparação de substrato (sementes de inóculo)

O fluxograma da Figura 15 sintetiza a informação referente ao tópico da preparação de substratos para o desenvolvimento do micélio de cogumelo.

Os meios nutritivos diferem conforme a etapa do processo produtivo. Inicialmente emprega-se um meio de cultura para obtenção de uma cultura pura ou cultura-mãe. Após o seu desenvolvimento, o micélio é propagado em vários tipos de semente. Podem ser utilizadas “sementes” de trigo, milho, milho painço, aveia, centeio, sorgo, arroz, entre outros.

Durante o estágio foi utilizado inicialmente trigo; contudo optou-se posteriormente pelo milho painço, devido ao maior número de pontos de inoculação e à maior velocidade de colonização micelial neste substrato.

Estas sementes são empregues na produção das primeiras e segundas gerações de micélio. Os sacos de semente, designados por *spawn*, funcionam como inóculo para sacos de cultivo com substrato final. Assim, são considerados um substrato intermédio que fornece os nutrientes necessários para a colonização total do saco e posterior escalonamento. Além dos grãos mencionados, diversos outros materiais podem funcionar como substratos alternativos. Os mais comuns incluem as borras de café, bagaço de cana-de-açúcar, espigas de milho, cascas de cereais ou até papel e papelão.

As etapas de processamento da semente estão representadas na Figura 22 e seguem a sequência:

1. Hidratação por 24 horas, seguida do escoamento da água em excesso;
2. Enchimento de sacos de polipropileno com 2,5 kg de semente;
3. Esterilização em autoclave por 3-5 horas a 121 °C;
4. Arrefecimento dos sacos após esterilização e transferência para a câmara de fluxo laminar;
5. Inoculação dos sacos em câmara de fluxo laminar com cultura sólida ou líquida, conforme o pretendido: para 2,5 kg de semente usa-se meia placa de Petri ou 20-30 mL de cultura líquida;
6. Selagem dos sacos com o auxílio de uma seladora térmica;
7. Incubação em estante de incubação a 23 °C, com humidade relativa superior a 90%, até aos 21 dias.



Figura 22 - Preparação da semente de milho painço como inóculo: a) semente hidratada e escorrida; b) enchimento de 2,5 kg de semente em saco esterilizável; c) esterilização 3-5 horas a 121 °C; d) arrefecimento na câmara de fluxo laminar; e) Replicação de *spawn*; f) incubação com 7 dias; g) incubação com 14 dias; h) incubação com 21 dias.

3.4. Preparação de substrato final para frutificação

Na Figura 15 sintetiza a informação referente ao tópico da preparação de substratos finais para frutificação de cogumelos. Os sacos ou blocos finais destinados à frutificação podem ser constituídos por diferentes tipos de matérias-primas dependendo da espécie a cultivar. Os materiais mais utilizados são à base serradura de diversas madeiras, fibras de folhosas, palha (de arroz por exemplo) compostos orgânicos, como estrume de animais.

Durante o estágio foram realizados ensaios com substratos esterilizados, acompanhando-se o processo produtivo e avaliando a rentabilidade das diferentes formulações. As misturas testadas foram as seguintes:

1. Estilha de choupo, faia e carvalho; luzerna; carbonato de cálcio
2. Estilha de choupo, faia e carvalho; casca de arroz; carbonato de cálcio
3. Pinheiro peletizado; luzerna; carbonato de cálcio
4. Pinheiro peletizado; casca de arroz; carbonato de cálcio
5. Estilha de *Acacia dealbata*; luzerna; carbonato de cálcio
6. Estilha de *Acacia dealbata*; casca de arroz; carbonato de cálcio
7. Estilha de *Acacia melanoxylon*; luzerna; carbonato de cálcio
8. Estilha de *Acacia melanoxylon*; casca de arroz; carbonato de cálcio

A preparação consistiu na mistura dos componentes em betoneira (Figura 23), adicionando-se água até atingir a capacidade de campo (teor de humidade de 50-60%) definida pela libertação de apenas umas gotículas de água após apertar o substrato com mão. Após homogeneização, os sacos esterilizáveis foram cheios com 2,5 kg de substrato e selados, sendo submetidos a esterilização em autoclave (Figura 24) por 3-5 h a 121 °C.



Figura 23 - Betoneira utilizada para preparação dos substratos



Figura 24 - Esterilização dos substratos

3.5. Processo de incubação

A incubação é etapa em que o micélio coloniza completamente o substrato aproveitando todos os nutrientes para se desenvolver. Quando os nutrientes disponíveis se esgotarem inicia-se a fase de frutificação. Caso o micélio esteja em “semente” deve ser transferido para outro substrato, se já estiver no substrato final, ocorre o aparecimento dos primórdios dos cogumelos.

O sucesso da incubação depende de um conjunto de fatores, que podem variar de acordo com a espécie cultivada. Destacam-se:

- Temperatura – geralmente, cerca de 25 °C;

- Concentração CO₂ - níveis elevados podem favorecer o desenvolvimento do micélio;
- Humidade – geralmente acima de 90%;
- Luz – incubação preferencialmente no escuro.



Figura 25 - Incubação de *spawn* do cogumelo ostra cinza (*Pleurotus ostreatus*)



Figura 26 – Inoculação de *spawn* do cogumelo ostra cinza (*Pleurotus ostreatus*) em substrato final

3.6. Parâmetros de cultivo

Os parâmetros de cultivo variam consoante a espécie e todos os fatores influentes na cadeia produtiva têm importância para a obtenção de um produto final de excelência. Os fatores são os seguintes:

- Estirpe utilizada na inoculação;
- Temperatura;
- Humidade relativa;
- Luminosidade;
- Atmosfera (oxigénio e dióxido de carbono);
- Substrato;
- Equipamentos e utensílios de laboratório;
- Instalações.

Tendo estes fatores em consideração, na Tabela 9 estão representados os parâmetros acompanhados ao longo do estágio.

Tabela 9 - Fatores que influenciam na incubação e frutificação dos cogumelos, adaptada de (Gąsecka *et al.*, 2020; Mleczek *et al.*, 2016; Rocha *et al.*, 2025)

Espécie	Fase	T (°C)	HR (%)	CO ₂ (ppm)	Luz (lux) Ciclo luminoso (h)
Ostra cinza (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Incubação	25	85-90	-	-
	Frutificação	15-16	85-90	< 1000	500 lux 10 h luz / 14 h escuro
Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	Incubação	23-27	65-95	-	-
	Frutificação	15-23	70-100	350-1350	-
Juba de Leão (<i>Hericiium erinaceus</i>)	Incubação	24-26	80-85	-	-
	Frutificação	16-18	85-90	-	200 lux / fluorescente 12 h luz / 12 h escuro

Estes parâmetros são gerais e podem ser ajustados conforme avaliação prática das condições observadas durante as fases de incubação e frutificação, de forma a otimizar o tempo e a produtividade. O controle dos parâmetros ambientais deve ser realizado por sistemas automatizados: climatização com termostatos para estabilizar a temperatura; humidificação regulada para manter níveis adequados de humidade relativa; ventilação com filtros e exaustores para renovar o ar e reduzir a acumulação de CO₂; e iluminação artificial, frequentemente com lâmpadas LED, para induzir ou regular a frutificação, dependendo da espécie.

3.7. Frutificação e colheita

Após a colonização de todo o micélio no substrato, inicia-se a fase de frutificação, caracterizada pelo desenvolvimento dos primórdios dos cogumelos. Geralmente é necessário ajustar os parâmetros como a temperatura, humidade relativa, reduzir a concentração de CO₂ e introduzir regimes de luminosidade adequados. Em algumas espécies, porém, poderão ser necessários estímulos adicionais tais como a suplementação nutricional e choques físicos, por forma a intensificar a formação de corpos frutíferos. Neste caso a implementação de choques físicos funciona como um fator de *stress* que estimula a produção.

Após a formação dos primórdios, geralmente os cogumelos encontram-se disponíveis para colheita passados sete dias. Esta etapa deve ocorrer na maturação ideal, garantindo as características organolépticas esperadas do produto. A colheita, se realizada precocemente implica que os corpos frutíferos ainda não estejam desenvolvidos; e se tardia, inicia-se uma fase de desidratação e senescência comprometendo a qualidade e a segurança alimentar.

O corte junto ao pé, é manual com auxílio de uma tesoura ou faca, ou manualmente através da torção suave do corpo frutífero.

A Figura 27, Figura 28 e Figura 29, e representam a frutificação dos cogumelos Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*), Shiitake (*Lentinula edodes*) e Juba de Leão (*Hericiium erinaceus*).



Figura 27 - Sacos de frutificação do cogumelo Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*)



Figura 28 - Blocos de frutificação do cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*)



Figura 29 - Sacos de frutificação do cogumelo Juba de Leão (*Hericiium erinaceus*)

O cogumelo Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*) é dos cogumelos mais simples de frutificar, uma vez que os substratos que utiliza para a sua produtividade são bastante diversificados, e desta forma são dos mais produzidos industrialmente. Após colocar o saco de produção na sala, fazendo um pequeno corte na zona média, surgirão primórdios em poucos dias e, após o aparecimento destes, em 3-5 dias poderão ser colhidos. É uma espécie com vários ciclos de produção, não sendo necessário induzir os cogumelos a frutificar através do mergulho em água (Figura 31).



Figura 31 - Frutificação do cogumelo Ostra Cinza (*Pleurotus ostreatus*) pronto para colheita.

O cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*) necessita de reidratação de 24 horas para induzir frutificação. Depois desta etapa o saco é retirado e colocado na sala com as condições adequadas ao seu desenvolvimento. Após colheita, os blocos devem ser novamente mergulhados de forma a criar condições de stress adequadas para voltar a frutificar (Figura 32). (Smithy, s.d.)

Uma particularidade interessante desta espécie é a formação de uma coloração castanha, um revestimento do substrato com o micélio.



Figura 32 - Diferentes métodos de produção de Shiitake (*Lentinula edodes*), fotos retiradas de (Smithy, s.d.)

O cogumelo Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) trata-se de um cogumelo medicinal, mas também um ótimo comestível com características organolépticas aproximadas de marisco ou até mesmo carne suína e bovina. O seu desenvolvimento é mais tardio relativamente aos anteriormente mencionados, mas pode também possuir vários ciclos de produção, sendo

comum em todas as espécies um decréscimo após a primeira colheita. São colocados a frutificar através de um corte na zona média do saco, como a espécie ostra-cinza. O ponto de colheita ideal é quando os filamentos do cogumelo possuem cerca de 3-4 cm e a coloração do cogumelo final pode escurecer relativamente aos primórdios. Quando colhidos deverão ser refrigerados ou desidratados, uma vez que se trata de um cogumelo com um tempo de prateleira bastante inferior aos cogumelos referidos anteriormente (Figura 33).



Figura 33 – Frutificação do cogumelo Juba de Leão (*Hericium erinaceus*)

3.8. Pragas presentes no processo produtivo

O processo produtivo de cogumelos é altamente suscetível à contaminação por microrganismos competidores e por pragas, exigindo rigorosos cuidados de higiene e monitorização ambiental.

A higiene e sanitização constante dos operadores, das instalações e utensílios são medidas essenciais para evitar a entrada e proliferação de organismos indesejados. O tratamento térmico eficiente dos substratos utilizados (pasteurização ou esterilização), são práticas fundamentais para reduzir ou eliminar bactérias, fungos e microrganismos indesejados. Existe um conjunto bastante vasto de bolores e leveduras contaminantes que podem aparecer nos blocos de substrato, tais como *Verticillium fungicola*, *Trichoderma harzianum*, *Sporendonema purptirescens*, *Sepedonium chrysosporium*, *Penicillium chermesinum*, e que comprometem o desenvolvimento do micélio, alteram as características organoléticas e podem obrigar ao próprio descarte dos blocos (Pennsylvania State University, 2002; Santana, 2024).

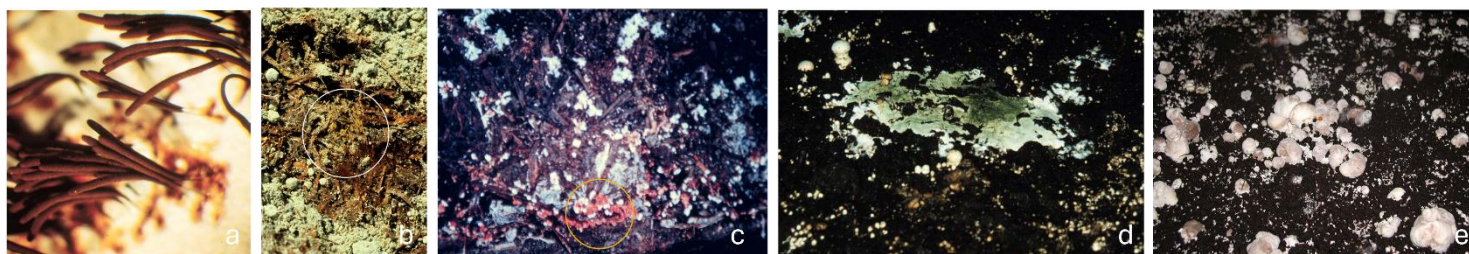


Figura 34 - Contaminações que podem surgir nos blocos de produção de cogumelos: a) *Penicillium chermesinum*; b) *Sepedonium chrysosporium*; c) *Sporendonema purptirescens*; d) *Trichoderma harzianum*; e) *Verticillium fungicola* (Pennsylvania State University, 2002)

Estes microrganismos competidores causam perdas de produção devido à probabilidade de descarte do bloco total, diminuição da qualidade do cogumelo (se conseguirmos com que o bloco não fique completamente contaminado, salvando assim a

cultura) devido à potencialidade de interferir com as características organoléticas do produto e proliferação de insetos uma vez que matéria a decompor atrai este tipo de organismos.

As medidas passíveis de serem implementadas com vista a redução da proliferação destes organismos indesejados são:

- Higiene diária do operador;
- Colocação do uniforme para as práticas laboratoriais;
- Higienização e desinfecção constante das mãos;
- Higiene diária do local de propagação, dos equipamentos e utensílios presentes no laboratório e na sala de frutificação;
- Tratamento térmico (pasteurização ou esterilização) dos substratos utilizados para desenvolvimento do micélio;
- Ambiente controlado para o desenvolvimento do micélio;
- Controlo das variáveis processuais: temperatura, humidade relativa, concentração de dióxido de carbono, renovações de ar e intensidade luminosa;
- Controlo de mosquitos através do auxílio de armadilhas adesivas ou colantes;
- Eliminação do substrato contaminado em recipiente adequado;
- Isolar todas as possíveis aberturas no laboratório, sala de embalagem e salas de frutificação;
- Manutenção condições de higiene adequadas nos locais de propagação e frutificação;

A área de produção de cogumelos possui variadas etapas suscetíveis de contaminação. De modo geral, se as condições ambientais não forem as ideais, a probabilidade de contaminação por bactérias, ou outros microrganismos é elevada. No entanto, as principais fontes de contaminação são: o operador; o ar; as matérias-primas; os utensílios, equipamento e instalações; o inóculo, e os insetos.

3.8.1. Prevenção e controlo de pragas

Atualmente, o mercado disponibiliza produtos destinados ao controlo de pragas como os insetos, moscas, larvas. Estes produtos atuam em resposta a três estímulos: sexual, através da utilização de feromonas; alimentar, umas formulações líquidas ou sólidas; e visual recorrendo a armadilhas adesivas amarelas ou azuis. Em alguns casos, estas características podem estar integradas num único dispositivo como as armadilhas adesivas.

A escolha da estratégia de controlo deve ser realizada em função da praga que incide sobre os substratos de cogumelo, sendo fundamental intervir de forma precoce, de modo a evitar prejuízos para a cultura. Neste contexto, a utilização de armadilhas cromotrópicas é uma medida essencial para a captura e eliminação de insetos no interior das instalações, podendo o número de armadilhas ser ajustado conforme a intensidade da infestação.

Seguindo esta abordagem, foram colocadas armadilhas cromotrópicas amarelas nos locais mais suscetíveis na cadeia produtiva, nomeadamente no laboratório e na sala de frutificação (Figura 35 e Figura 36).

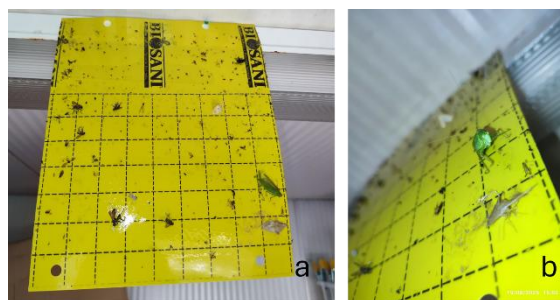


Figura 35 - Colocação de armadilhas cromotrópicas no laboratório



Figura 36 - Colocação de armadilhas cromotrópicas na sala de frutificação.

As armadilhas demonstraram elevada eficácia, tendo sido possível observar a grande quantidade de mosquitos, moscas e até gafanhotos capturados. A maior incidência foi registrada na sala de frutificação, devido às condições ambientais favoráveis, elevada humidade relativa e temperatura amena. De referir que mesmo com uma correta higienização, trata-se de pragas com bastante resistência. Ainda assim foi possível observar uma diminuição considerável de insetos na sala de frutificação.

As pragas geralmente são atraídas pela matéria orgânica presente nos substratos, uma vez que o micélio aproveita os seus constituintes para o desenvolvimento, e no processo libertam-se subprodutos do metabolismo que atraem variados tipos de insetos (Santana, 2024). Assim, o sucesso do processo produtivo, está interligado com o controlo preventivo e diário das variáveis ambientais. A deteção precoce da presença de pragas permite um ajuste rápido das condições e a aplicação de medidas corretivas específicas para o local.

Caso surjam contaminações nos substratos, é necessário isolar as estirpes ou blocos afetados, realizar a rastreabilidade da origem do problema e proceder ao descarte do material afetado. Em situações específicas, a recuperação dos blocos, poderá passar por tratamentos biológicos com extratos naturais na tentativa de combater os microrganismos patogénicos (Santana, 2024).

4. Desenvolvimento de novos produtos

Alguns clientes da Goldencap optam por não utilizar o cogumelo na sua totalidade, preferindo apenas determinadas partes, como os chapéus. Esta escolha está associada a fatores como textura, sabor ou facilidade de preparação, já que certas partes podem ser mais fibrosas ou menos apelativas ao paladar. Esta prática levanta questões não só em termos de aproveitamento integral do alimento e redução do desperdício, mas também de valorização gastronómica e nutricional, visto que todas as partes do cogumelo possuem propriedades benéficas.

O aproveitamento integral dos cogumelos representa por isso uma oportunidade estratégica tanto a nível comercial como ambiental, no que diz respeito à sustentabilidade e aos princípios da redução do desperdício alimentar.

4.1. Valorização integral do Shiitake (*Lentinula edodes*)

No caso específico do Shiitake, o pé é frequentemente descartado, sendo considerado um desperdício de baixo valor na medida em que as cozinhas profissionais não o utilizam na confeção. No entanto, esta parte do cogumelo possui características organoléticas e nutricionais de interesse podendo ser incorporado em formulações inovadoras. O conteúdo nutricional é relevante, como já referido em “2.1. Relevância científica e nutricional”.

A valorização dos pés do Shiitake alia a redução dos desperdícios, às vantagens nutricionais e sensoriais, aumentando o seu valor económico e contribuindo para uma alimentação mais saudável, nutritiva e sustentável (Sayeed Ibrahim & Huda-Faujan, 2025).

Neste contexto, durante o estágio foi desenvolvido um novo produto à base de pés de cogumelo com o objetivo do aproveitamento total do cogumelo Shiitake (*Lentinula edodes*).

Outra vertente interessante na valorização de cogumelos, mas que não foi explorada neste trabalho, é a fermentação do micélio com o objetivo da produção de proteínas alternativas. A aplicação de técnicas como a desidratação e impregnação de sabores permite a criação de produtos inovadores tais como “snacks” funcionais, atendendo à crescente procura por alimentos saudáveis e com elevado valor organolético (Hashempour-Baltork *et al.*, 2020).

4.2. Desenvolvimento de *Jerky* de shiitake

O *jerky* é um tipo de snack, originalmente produzido de carne magra de boi, cortada em tiras e desidratada (seca) com sal e outros temperos, para conservação prolongada e sem necessidade de refrigeração.

O desenvolvimento do *jerky* de Shiitake iniciou-se com a formulação de uma receita adequada ao conceito de *snack*, de modo a reproduzir atributos sensoriais semelhantes aos aperitivos existentes no mercado, privilegiando um perfil de sabor apelativo e equilibrado. Para tal, foram selecionados ingredientes que, em conjunto, proporcionaram complexidade organolética e valor nutricional ao produto final (Tabela 10).

Tabela 10 - Ingredientes utilizados nas formulações de jerky de Shiitake

Ingrediente	Função
Pés de shiitake	Base do produto, contribuíram para fornecimento de compostos com característico umami
Óleo de coco	Contribuiu para hidratar o produto e aquisição da textura desejada
Molho de soja	Reforça a intensidade umami com toque salgado
Xarope de ácer ou de agave	Contribuíram para adicionar notas adocicadas ao produto final
Pimenta preta	Intensificador de picante
Paprika fumada	Intensificador de picante e fumado
Cebola e alho	Reforçaram a base aromática
Sumo de limão	Contribuiu para o equilíbrio de sabores traduzindo numa maior acidez
Sal	Atuou como potenciador global de sabor

A combinação destes ingredientes permitiu a obtenção de um snack com equilíbrio entre intensidade, complexidade e persistência gustativa (*after-taste*), características essenciais para a aceitação do produto pelo consumidor.

Após a definição da formulação do snack, delineou-se o processo tecnológico capaz de transformar os pés de shiitake num produto com textura e características próximas do *jerky*. As etapas para a realização deste produto foram as seguintes:

- Corte dos pés de shiitake;
- Elaboração da receita com incorporação dos ingredientes selecionados;
- Cozedura a 90 °C durante cerca de 40 min, permitindo a absorção dos sabores e promovendo o tratamento térmico do produto;
- Escorrimento do líquido;
- Desidratação, tendo variado o tempo do processo para obtenção da textura ideal característica do *jerky* e contribuindo para a preservação dos compostos bioativos;
- Embalamento em saco com fecho ZIP do produto final;
- Expedição.

Não obstante o processo descrito, os tempos de cozedura e, sobretudo, de desidratação foram ajustados consoante a quantidade de produto e a textura final pretendida. Este carácter adaptativo foi essencial para garantir consistência sensorial entre lotes experimentais.

O produto revelou-se promissor, na medida em que a cozedura possibilitou a realização de um tratamento térmico ao produto, complementado com a junção dos ingredientes, potenciando o valor nutritivo e sensorial do produto final. A desidratação contribuiu para a preservação dos compostos e aproximou as características organoléticas ao *jerky*.



A



B

Figura 37 – A) Cozedura dos pés de Shiitake (*Lentinula edodes*) na receita. B) Desidratação dos pés de Shiitake (*Lentinula edodes*)

4.3. Análise do processo tecnológico e impacto no rendimento

A Tabela 11 apresenta as percentagens dos ingredientes utilizados nas formulações por 100 g de pé de Shiitake. Percebe-se claramente que existiu uma grande variação (entre 11,44% e 26,11%) na percentagem total dos ingredientes para cada lote, e que esta variação tem influência direta no rendimento da secagem e por conseguinte na velocidade de remoção de água e nas alterações do ponto de vista sensorial.

Tabela 11 - Percentagem de ingredientes utilizados nos diferentes lotes (L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7 e L8) por 100 g de pé de shiitake utilizados e rendimentos do processo

Ingredientes	L1 12 h	L4 6,5 h	L5 6,5 h	L8 6,5 h	L6 6 h	L7 6 h	L2 4,5 h	L3 4,5 h
massa inicial de shiitake (g)	2242	1131,5	1125,5	376	1193	1880	1189	1280
massa cozida de shiitake (g)	2237	1102	1130	340	1142	1814	1034	1085
massa desidratada de shiitake (g)	398	562	615	109	366	637	265	397
óleo de côco	2,50%	2,25%	2,23%	6,00%	6,00%	4,38%	4,74%	4,43%
molho de soja	3,25%	3,00%	2,97%	3,02%	3,00%	2,81%	6,84%	6,40%
xarope de açúcar	3,25%	3,00%	1,39%	3,02%	3,00%	2,81%	6,84%	6,40%
tempero de cogumelos	0,45%						0,95%	0,89%
pimenta preta	0,25%	0,50%	0,50%	0,60%	0,60%	0,63%	0,74%	0,79%
paprika fumada	0,25%	0,40%	0,40%	0,60%	0,60%	0,63%	0,53%	0,49%
cebola	0,15%						0,32%	0,30%
alho em pó	0,25%	0,50%	0,50%	0,60%	0,60%	0,63%	0,53%	0,49%
sumo de limão	1,50%	2,00%	1,98%	3,02%	3,00%	3,13%	3,16%	2,96%
Sal	0,25%	1,50%	1,49%	2,51%	2,50%	2,50%	0,53%	2,96%
Total Ingredientes (%)	12,10%	13,15%	11,44%	19,37%	19,30%	17,50%	25,16%	26,11%
Rendimento cozedura (%)	100%	97%	100%	90%	96%	96%	87%	85%
Rendimento desidratação (%)	17,8%	51,0%	54,4%	32,1%	32,0%	35,1%	25,6%	36,6%
Rendimento Total (%)	17,8%	49,7%	54,6%	29,0%	30,7%	33,9%	22,3%	31,0%
Desidratação (%)	82,2%	49,0%	45,6%	67,9%	68,0%	64,9%	74,4%	63,4%

A relação entre a massa inicial cozida e massa final desidratada (Figura 38), revelou uma correlação linear positiva traduzida pela equação $y = 0,3616x + 58,02$ com um coeficiente correlação $R^2 = 0,7206$, o que indica que mesmo com variação do tempo de desidratação, visto que a temperatura foi sempre a mesma (50 °C), a perda de água ocorre de forma proporcional. Os lotes 1, 2 e 3 foram excluídos da análise de regressão linear, na medida em que, durante a sua produção, o processo de desidratação ainda se encontrava em fase de ajuste. Optou-se por considerar apenas os dados referentes ao intervalo temporal próximo das seis horas, período o qual, se verificou a obtenção do produto final com as características desejadas.

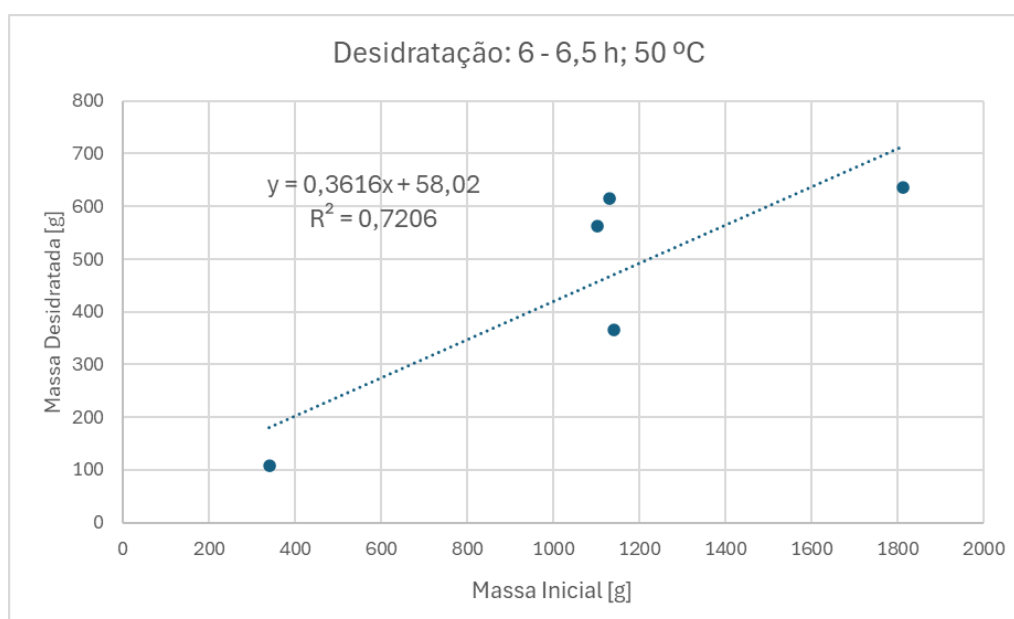


Figura 38 - Relação entre a massa desidratada e massa inicial

Na prática esta equação é de extrema importância, uma vez que sabemos aproximadamente qual a quantidade inicial necessária para obter determinada massa final de produto desidratado.

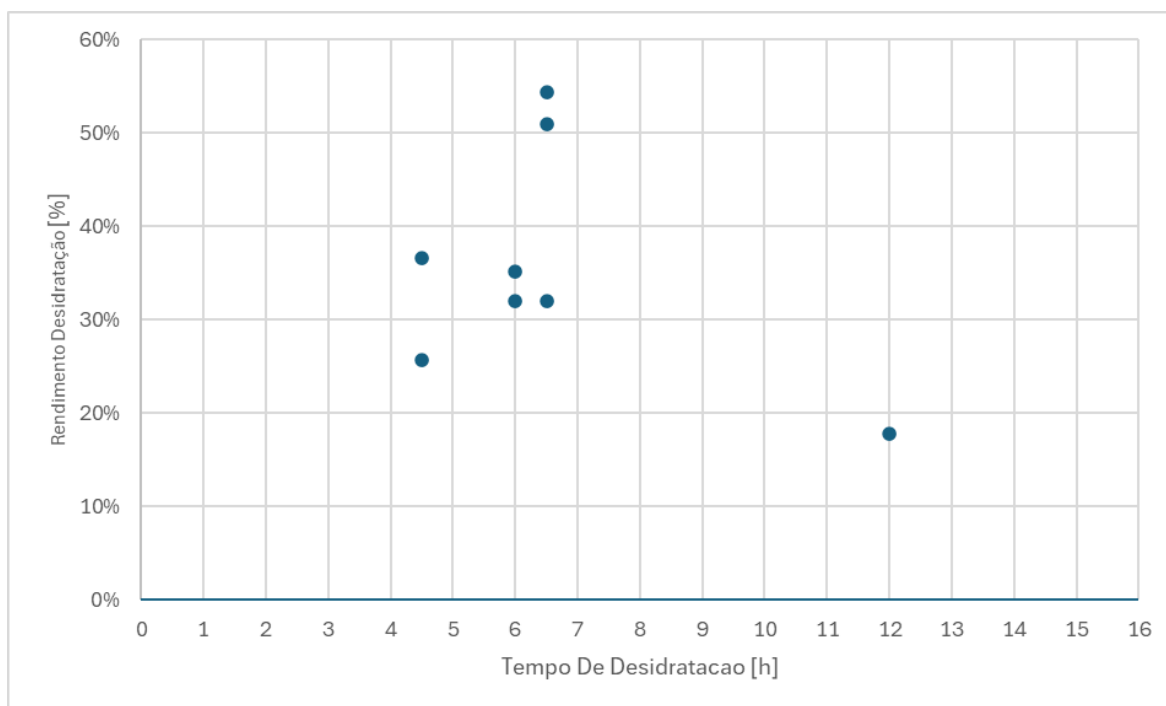


Figura 39 - Relação entre o rendimento de desidratação e tempo de desidratação

O rendimento do processo de desidratação face ao tempo que o produto permanece no desidratador não é linear, uma vez que existiram diferenças de composição do produto no mesmo processo e tempo de desidratação. Olhando a Figura 39 identificamos que existiram tempos semelhantes de desidratação com diferenças no rendimento do produto final. Isto deveu-se ao facto de terem sido utilizados diferentes ingredientes na cozedura (imediatamente antes da desidratação). A utilização de ingredientes diferentes em cada lote, foi por tentativa e erro de modo a obter um produto com as características desejadas.

4.4. Análise de custos de produção do *Jerky* de Shiitake

Foi realizada uma análise relativamente ao custo de produção de 100 g de produto final em função da perda de água durante o processo de desidratação. A relação é representada por uma regressão linear, $y = 8,908x - 2,7384$, $R^2 = 0,8335$ (Figura 40), indicando que quanto maior for a perda de água, maior será o custo de produção. Este resultado é coerente com o esperado, uma vez que a análise de custos apenas teve em conta os custos associados ao processo tecnológico, não envolvendo por exemplo, o tempo que o operador demora a produzir determinada quantidade de produto, o preço dos equipamentos utilizados, dos utensílios, dos produtos de limpeza e desinfecção, etc. Por estas razões, considerando apenas os custos energéticos associados ao processo tecnológico, é expectável que quanto maior o tempo de desidratação, maior será a perda de água do produto, que implica um aumento do consumo de energia, portanto, maior o custo final.

Esta análise é de extrema importância para avaliar o processo de desidratação e o seu impacto no fabrico deste produto, por forma a tentar reduzir os custos de produção mantendo as características finais desejáveis do produto. Neste caso é evidenciada a interdependência entre os parâmetros tecnológicos de processo na produção do *jerky*.

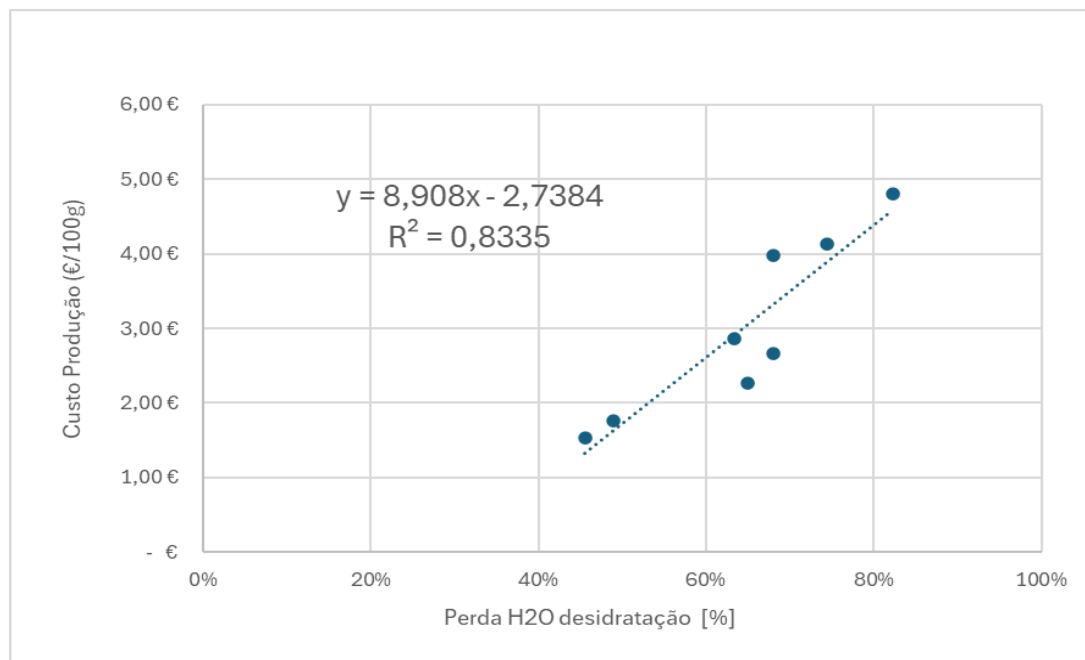


Figura 40 - Relação entre o custo de produção de 100 g de jerky e a perda de água durante a etapa de desidratação.

Com os lotes realizados observou-se que os melhores produtos finais (melhor textura e sabor) resultaram de ensaios onde o rendimento da etapa de desidratação se situou entre os 30 e 40% logo teremos de garantir uma perda de água do produto em cerca de 60 a 70% e que corresponde custos de produção na ordem 2,5 – 3,5 €/100 g de produto.

A Figura 41 ilustra a distribuição percentual dos custos associados à produção de *jerky*, diferenciando os custos da formulação (custos A) e processuais (custos B). Analisando a figura, percebemos que o custo dos ingredientes representa uma parcela significativamente superior aos custos de processamento (cozedura e desidratação) contribuindo em média com cerca 78,78% e 21,22%, respetivamente. Esta diferença indica que o preço dos ingredientes exerce um impacto superior no custo final do produto. Assim é de extrema importância otimizar os custos, seja pela substituição de ingredientes, escolhas alternativas mais económicas ou melhorias no processo de desidratação.

De notar, como referido anteriormente, que os únicos custos de produção avaliados ao nível das operações do processo de fabrico foram os energéticos, não tendo em conta taxas fixas, outros custos associados à produção, recursos humanos etc. Para uma avaliação de custos mais rigorosa teriam de se considerar todos os aspetos envolvidos no processo, desde a compra dos equipamentos e sua manutenção, utilidades necessárias ao processo ou na lavagem e higienização das instalações e equipamentos durante o processamento, entre outros.

O lote 8 que consistiu na desidratação de uma quantidade de produto bastante baixa (376 g de shiitake inicial e 109 g de shiitake desidratado) (Tabela 11), é um claro exemplo que não compensa realizar o processamento para uma pequena porção de produto, uma vez que o custo de produção aumentou consideravelmente em relação ao custo total, uma vez que o tempo necessário para a desidratação é sensivelmente o mesmo do que o necessário para o processamento de aproximadamente 3 vezes mais shiitake (Lotes: 4, 5 e 6).

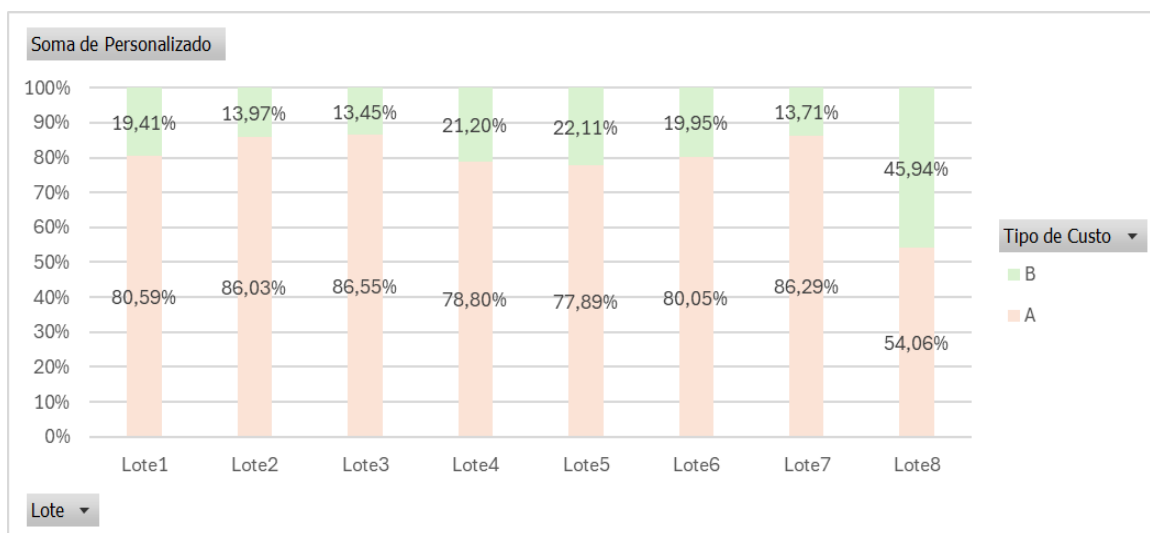


Figura 41 – Contribuição dos A) Custos da formulação e dos B) Custos do processo (cozedura e desidratação) no Custo Total de produção de 100 g de jerky.

4.5. Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) em cápsulas

O cogumelo Juba-de-leão (*Hericium erinaceus*) usado há séculos na medicina tradicional da China e Leste Asiático, tem ganho destaque a nível mundial como suplemento alimentar devido aos seus compostos bioativos, em especial hericenonas e erinacinas, com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas e neuroprotetoras. Estes compostos estimulam a síntese e regeneração do fator de crescimento nervoso (NGF), essencial para o funcionamento neuronal (Contato & Conte-Junior, 2025; Szućko-Kociuba *et al.*, 2023).

Estudos clínicos em humanos, embora limitados, sugerem benefícios cognitivos e bem-estar. Em idosos com déficit cognitivo ligeiro, a administração diária de 3 g de pó de *Hericium erinaceus* durante 16 semanas resultou em melhorias temporárias de função cognitiva. Noutro estudo, adultos saudáveis de 50 anos apresentaram ganhos cognitivos 12 meses de suplementação com 3,2 g por dia. Apesar do reduzido número de participantes estes resultados apontam para o potencial deste cogumelo na saúde mental (*Lion's Mane*, s.d.).

4.5.1. Desenvolvimento do suplemento alimentar de (*Hericium erinaceus*)

O processo produtivo do suplemento alimentar à base do cogumelo juba-de-leão foi desenvolvido para preservar os compostos bioativos do cogumelo fresco, recorrendo a baixas temperaturas de desidratação, assegurando uniformidade do produto e a segurança alimentar.

Após a frutificação do cogumelo, procede-se à colheita manual dos corpos frutíferos em condições controladas (Figura 42) garantindo a qualidade do produto. A colheita é realizada no momento de maturação adequada, maximizando o teor de metabolitos de interesse, como as hericenonas, erinacinas e β -glucanos. Esta colheita deve ser criteriosa, apenas com cogumelos íntegros e livres de contaminação, essenciais para a produção do suplemento.



Figura 42 - Colheita do cogumelo Juba de Leão (*Hericium erinaceus*)

Após colheita, os cogumelos são fatiados manualmente de modo uniforme (com auxílio de uma faca e uma tábua (Figura 43), facilitando a remoção de água durante a desidratação. Este processo decorre no desidratador a 40 °C durante 14 horas, reduzindo a água presente no cogumelo, de modo a prevenir o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, aumento a estabilidade do produto sem comprometer as propriedades organoléticas e nutricionais.



Figura 43 – Fatiamento do cogumelo Juba de Leão (*Herichium erinaceus*)



Figura 44 – Desidratação do cogumelo Juba de Leão (*Herichium erinaceus*)

Os cogumelos desidratados são posteriormente triturados (Figura 45) até um pó de granulometria fina, o qual é peneirado para garantir homogeneidade. Esta uniformidade é essencial para assegurar a consistência e dosagem nas cápsulas e das características funcionais do suplemento.



Figura 45 - Trituração do cogumelo Juba de Leão (*Hericium erinaceus*)

As partículas homogêneas de pó são então encapsuladas em cápsulas vegetais de hidroxilpropilmetilcelulose, uma alternativa às cápsulas de origem animal, adequadas para os consumidores vegetarianos ou veganos. O enchimento das cápsulas, ainda que manual, é realizado com auxílio de equipamentos permitindo um processo padronizado, preciso e higiênico. A utilização de cápsulas, ao invés do pó, permite neutralizar as características organoléticas do cogumelo e proporcionar uma toma/administração mais prática, rápida e eficiente com uma dosagem de 0,4 g de pó por cápsula e recomendação de 2-3 unidades por dia.

No embalamento final do produto, as cápsulas são quantificadas com uma pá medidora, assegurando uniformidade entre frascos. De seguida, são transferidas por um funil diretamente para os frascos de vidro, em condições de higiene. Cada pá acomoda 60 cápsulas sendo necessário encher duas vezes para perfazer as 120 unidades por frasco. Este procedimento requer atenção por parte do operador, assegurando a padronização e da qualidade do produto final. A Figura 46 representa a embalagem do suplemento alimentar juba de leão (*Hericium erinaceus*) em cápsulas.



Figura 46 - Suplemento alimentar de Juba de Leão (*Hericium erinaceus*) em cápsula

5. Conclusões e sugestões

Os objetivos propostos para o estágio na Goldencap foram alcançados na sua totalidade.

Ao nível do plano experimental, a participação direta em todas as fases do processo produtivo, desde o isolamento e manutenção das culturas, até à preparação dos substratos, processos de incubação, frutificação e colheita, permitiu-me conhecer esta área de produção, a complexidade das técnicas envolvidas e a necessidade do controlo rigoroso dos parâmetros críticos de desenvolvimento dos micélios e posteriormente dos cogumelos. A assepsia, esterilização dos substratos e materiais, bem como a monitorização das variáveis preventivas de contaminações por fungos competidores como *Penicillium*, *Aspergillus* e *Trichoderma*, revelaram-se metodologias de extrema importância para manter o correto funcionamento das atividades e o sucesso na cadeia produtiva.

No domínio da inovação em produtos alimentares, foram desenvolvidos dois projetos: a valorização dos pés de shiitake na forma de snack desidratado e a produção de um suplemento alimentar à base de cogumelo juba-de-leão. No primeiro, testaram-se formulações e otimizaram-se parâmetros de cozedura e secagem, com resultados promissores. Contudo, a análise económica evidenciou que os custos, sobretudo associados aos ingredientes, comprometem a viabilidade em pequena escala, reforçando a necessidade de estudos adicionais sobre eficiência energética e otimização da desidratação para viabilizar o escalonamento. O segundo projeto resultou na obtenção de cápsulas de pó de juba-de-leão, reconhecido pelo seu potencial neuroprotetor. Apesar do sucesso do processo, identificaram-se limitações relacionadas com a necessidade de análises mais aprofundadas de humidade, estabilidade, segurança microbiológica e quantificação de compostos bioativos. Assim, ambos os projetos demonstraram potencial inovador e relevância funcional, mas exigem estudos complementares que assegurem viabilidade económica, qualidade e segurança, essenciais para a sua implementação industrial e comercial.

Apesar da correta execução das práticas laboratoriais e industriais, bem como do potencial de mercado dos produtos desenvolvidos, identificaram-se fragilidades relevantes que não foram realizadas devido à duração do estágio, tais como a análise estatística dos resultados, a caracterização dos compostos bioativos presentes nos produtos e o estudo de vida útil, e ainda uma análise de custos mais detalhada e completa. Estas limitações apontam para trabalho futuro e melhorias.

Os resultados alcançados evidenciam o potencial dos cogumelos como matérias-primas sustentáveis e funcionais, demonstram que a sua valorização exige rigor analítico, validação de segurança e planeamento económico consistente. Assim, este trabalho constitui um contributo relevante para a inovação no setor agroalimentar, apontando caminhos de investigação e inovação na consolidação de práticas industriais aplicáveis e mais eficientes.

Referências bibliográficas

- Arunachalam, K., Sreeja, P. S., & Yang, X. (2022). The Antioxidant Properties of Mushroom Polysaccharides can Potentially Mitigate Oxidative Stress, Beta-Cell Dysfunction and Insulin Resistance. *Frontiers in Pharmacology*, 13.
<https://doi.org/10.3389/fphar.2022.874474>
- Business Inshights, F. (2025). *Fortune Business Insights*. Fortune Business Insights.
<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/functional-mushrooms-market-101511>
- Contato, A. G., & Conte-Junior, C. A. (2025). Lion's Mane Mushroom (*Hericium erinaceus*): A Neuroprotective Fungus with Antioxidant, Anti-Inflammatory, and Antimicrobial Potential—A Narrative Review. *Nutrients*, 17(8), 1307.
<https://doi.org/10.3390/nu17081307>
- Dataintelo. (sem data). *Mushroom Market Report | Global Forecast From 2025 To 2033*.
Obtido 4 de agosto de 2025, de <https://dataintelo.com/report/global-mushroom-market>
- Dimopoulou, M., Chinou, I., & Gortzi, O. (2025). A Systematic Review of the Seven Most Cultivated Mushrooms: Production Processes, Nutritional Value, Bioactive Properties and Impact on Non-Communicable Diseases. *Agriculture*, 15(13), Artigo 13. <https://doi.org/10.3390/agriculture15131329>
- Docker, S. (2023, novembro 3). Fascinating fungi – something for everyone. *Field Studies Council*. <https://www.field-studies-council.org/2023/11/03/fascinating-fungi-something-for-everyone/>
- El-Ramady, H., Abdalla, N., Badgar, K., Llanaj, X., Törös, G., Hajdú, P., Eid, Y., & Prokisch, J. (2022). Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: Nutritional and Medicinal Attributes. *Sustainability*, 14(9), Artigo 9.
<https://doi.org/10.3390/su14094941>

- Gąsecka, M., Siwulski, M., Magdziak, Z., Budzyńska, S., Stuper-Szablewska, K., Niedzielski, P., & Mleczek, M. (2020). The effect of drying temperature on bioactive compounds and antioxidant activity of *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray and *Hericium erinaceus* (Bull.) Pers. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 513–525. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04081-1>
- Hashempour-Baltork, F., Khosravi-Darani, K., Hosseini, H., Farshi, P., & Reihani, S. F. S. (2020). Mycoproteins as safe meat substitutes. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119958. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119958>
- Hu, Y., Mortimer, P. E., Hyde, K. D., Kakumyan, P., Thongklang, N., Hu, Y., Mortimer, P. E., Hyde, K. D., Kakumyan, P., & Thongklang, N. (2021). Mushroom cultivation for soil amendment and bioremediation. *Circular Agricultural Systems*, 1(1), 1–14. <https://doi.org/10.48130/CAS-2021-0011>
- Kotowski, M. (2019). History of mushroom consumption and its impact on traditional view on mycobiota – an example from Poland. *Microbial Biosystems*, 4(3), 1–13.
- Lion's Mane: Benefits and Nutrition Profile*. (sem data). Verywell Health. Obtido 26 de agosto de 2025, de <https://www.verywellhealth.com/lions-mane-benefits-and-nutrition-profile-7498004>
- Łysakowska, P., Sobota, A., & Wirkijowska, A. (2023). Medicinal Mushrooms: Their Bioactive Components, Nutritional Value and Application in Functional Food Production—A Review. *Molecules*, 28(14), 5393. <https://doi.org/10.3390/molecules28145393>
- Mleczek, M., Niedzielski, P., Siwulski, M., Rzymiski, P., Gąsecka, M., Goliński, P., Kozak, L., & Kozubik, T. (2016). Importance of low substrate arsenic content in mushroom cultivation and safety of final food product. *European Food Research and Technology*, 242(3), 355–362. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2545-4>

NaturData. (sem data). Pesquisa de Espécies • Naturdata—Biodiversidade em Portugal.

Naturdata - Biodiversidade em Portugal. Obtido 11 de agosto de 2025, de

<https://naturdata.com/especies-portugal/>

Paul Stamets. (1993). *Paul Stamets Growing Gourmet And Medicinal Mushrooms 2000*.

Ten Speed Press.

<http://archive.org/details/PaulStametsGrowingGourmetAndMedicinalMushrooms2000>

Paul Stamets, J. S. C. (1983). *Mushroom Cultivator A Practical Guide To Growing*

Mushrooms At Home. Agarikon Press.

<http://archive.org/details/MushroomCultivatorAPracticalGuideToGrowingMushroomsAtHome>

Pennsylvania State University, A. M. I. & P. D. of A. (2002). Mushroom Integrated Pest

Management. Em *Mushroom Integrated Pest Management*. American Mushroom Institute.

https://www.americanmushroom.org/clientuploads/IPM/mushroomIPMhandbook.pdf?utm_source=chatgpt.com

Pitorac, D. (sem data). *EPPO Global Database*. Obtido 11 de agosto de 2025, de

https://gd.eppo.int/taxon/BOLTED/photos?utm_source=chatgpt.com

Psilocybe cubensis: O Guia Definitivo dos Cogumelo. (sem data). 1102 Identificações de

Cogumelos: A Biblioteca Definitiva de Cogumelos. Obtido 11 de agosto de 2025,

de <https://ultimate-mushroom.com/pt/edible/763-psilocybe-cubensis.html>

Regulamento (CE) n. o 1924/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de

Dezembro de 2006 , relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os

alimentos, 404 OJ L (2006). <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj/por>

- Rocha, B. de S., Vieira Junior, W. G., de Paula, A. T. C., Santana, A. B., Freitas, M. A. da S., Hirai, M. M., Alves, L. da S., & Zied, D. C. (2025). Impact of Substrate Amount and Fruiting Induction Methods in *Lentinula edodes* Cultivation. *Horticulturae*, 11(8), 915. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11080915>
- Santana, L. (2024, outubro 9). *Pragas e Doenças no Cultivo de Cogumelos: Como Proporcionar uma Colheita Saudável - Plantar Cogumelos*. <https://plantarcogumelo.com/2024/10/09/pragas-e-doencas-no-cultivo-de-cogumelos-como-garantir-uma-colheita-saudavel/>, <https://plantarcogumelo.com/2024/10/09/pragas-e-doencas-no-cultivo-de-cogumelos-como-garantir-uma-colheita-saudavel/>
- Sayed Ibrahim, H. S., & Huda-Faujan, N. (2025). Potential Use of Underutilised Mushroom Stems in Meat Products and Meat Analogues: A Mini Review. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.33102/mjosht.v9i2.334>
- Singh, A., Saini, R. K., Kumar, A., Chawla, P., & Kaushik, R. (2025). Mushrooms as Nutritional Powerhouses: A Review of Their Bioactive Compounds, Health Benefits, and Value-Added Products. *Foods*, 14(5), Artigo 5. <https://doi.org/10.3390/foods14050741>
- Smithy, M. (sem data). *Growing Shiitake Mushrooms*. Smithy Mushrooms | Exotic Fresh & Dried Wild. Obtido 19 de agosto de 2025, de <https://smithymushrooms.com/blogs/news/growing-shiitake-mushrooms>
- Szućko-Kociuba, I., Trzeciak-Ryczek, A., Kupnicka, P., & Chlubek, D. (2023). Neurotrophic and Neuroprotective Effects of *Herichium erinaceus*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(21), 15960. <https://doi.org/10.3390/ijms242115960>

View Research, G. (2030). *Functional Mushroom Market Size And Share Report, 2030*.

<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/functional-mushroom-market-report>

WorldMush. (2004). *Mushroom Growers' Handbook 1: Oyster Mushroom Cultivation | PDF | Fungus | Mushroom*. Scribd.

<https://www.scribd.com/doc/97323446/Mushroom-Growers-Handbook-1-Oyster-Mushroom-Cultivation>