

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS CENTRAL SEDE ANÁPOLIS - CET
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MILANNA PAULA CABRAL NUNES

**PÓS-COLHEITA DE COGUMELOS SHIMEJI BRANCOS *IN NATURA*
SUBMETIDOS À RADIAÇÃO UV-C E CLORETO DE CÁLCIO**

ANÁPOLIS-GO
2021

MILANNA PAULA CABRAL NUNES

**PÓS-COLHEITA DE COGUMELOS SHIMEJI BRANCOS *IN NATURA*
SUBMETIDOS À RADIAÇÃO UV-C E CLORETO DE CÁLCIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás - UEG, Câmpus Central Sede Anápolis – CET, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração CNPQ: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Orientador: Prof. Dr. André José de Campos

Coorientadora: Dr^a. Cristiane Maria Ascari Morgado

ANÁPOLIS-GO
2021



TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL (BDTD)

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Estadual de Goiás a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UEG), regulamentada pela Resolução, CsA n.1087/2019 sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

Dados do autor (a)

Nome Completo: Milanna Paula Cabral Nunes

E-mail: milannanunes@icloud.com

Dados do trabalho

Título: Pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à radiação UV-C e cloreto de cálcio.

Data da Defesa: 24/08/2021.

Tipo

[] Tese [x] Dissertação

Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu* em Engenharia Agrícola

Concorda com a liberação documento

[x] SIM

[] NÃO Casos de impedimento: Período de embargo por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo necessita de justificativa junto à coordenação do Programa.

[] Solicitação de registro de patente;

[] Submissão de artigo em revista científica;

[] Publicação como capítulo de livro;

[] Publicação da dissertação/tese em livro.

Anápolis, 05/11/2021

Milanna Paula Cabral Nunes

Assinatura do autor (a)

Rubens

Assinatura do orientador (a)

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

NM367 Nunes, Milanna Paula Cabral
p Pós-colheita de cogumelos shimeji brancos in natura
 submetidos à doses de radiação UV-C e cloreto de
 cálcio. / Milanna Paula Cabral Nunes; orientador André
 José de Campos; co-orientador Cristiane Maria Ascari
 Morgado. -- Anápolis, 2021.
 80 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação
Mestrado Acadêmico em Engenharia Agrícola) -- Câmpus
Central - Sede: Anápolis - CET, Universidade Estadual
de Goiás, 2021.

1. Armazenamento. 2. Cálcio. 3. Fungos comestíveis.
4. Irradiação. 5. Pleurotus ostreatus. I. Campos, André
José de, orient. II. Morgado, Cristiane Maria Ascari,
co-orient. III. Título.

MILANNA PAULA CABRAL NUNES

**PÓS-COLHEITA DE COGUMELOS SHIMEJI BRANCOS *IN NATURA*
SUBMETIDOS À RADIAÇÃO UV-C E CLORETO DE CÁLCIO**

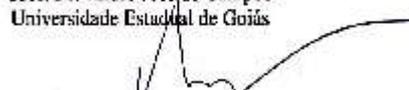
Dissertação defendida ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia Agrícola, Campus Central
Sede Anápolis – CET, Universidade Estadual de Goiás,
para obtenção do título de mestre.

Aprovada: Anápolis, 24 de Agosto de 2021.

Banca examinadora



Prof. Dr. André José de Campos
Universidade Estadual de Goiás



Prof. Dr. Rogério Lopes Vicites
Universidade Estadual Paulista



Prof. Dr. Luis Carlos Cunha Junior
Universidade Federal de Goiás

ANÁPOLIS – GO
2021

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. André José de Campos, pela orientação, apoio, amizade, ética e dedicação.

À minha coorientadora e amiga Dra Cristiane Maria Ascari Morgado, por toda ajuda intelectual e manual na execução de diversas etapas no decorrer do mestrado.

Aos meus familiares, por todo suporte e por serem grandes incentivadores da minha caminhada até aqui.

Ao meu companheiro Igor Vespucci que sempre foi meu incentivador na vida, por toda colaboração e apoio.

Aos amigos de laboratório, por toda ajuda.

Aos Professores do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Goiás, por toda contribuição para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Programa de Mestrado *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, pela possibilidade de alcançar tal mérito. Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração.

À Universidade Estadual de Goiás, pela oportunidade da realização do curso e a CAPES pelo auxílio financeiro para a realização desta pesquisa.

Aos membros da banca pelas considerações prestadas neste trabalho.

E a todos que indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

“Uma resposta aproximada ao problema certo vale muito mais do que uma resposta exata para um problema aproximado”

John Wilder Tukey

RESUMO

A vida pós-colheita de cogumelos comestíveis é limitada pela deterioração acelerada e desenvolvimento de patógenos, culminando na senescência dos frutos que é caracterizada por um rápido escurecimento e amolecimento. Desta forma, objetivou-se avaliar a pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C e concentrações de cloreto de cálcio. Foram realizados dois experimentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em ambos os experimentos utilizou-se esquema fatorial 5x8, sendo o primeiro: 5 doses de radiação UV-C x 8 dias de análise, e no segundo: 5 concentrações de CaCl₂ x 8 dias de análise, contendo 3 repetições, com 70±1 gramas de cogumelos. No primeiro experimento, os frutos foram expostos a diferentes doses de radiação UV-C, sendo: 0 (controle), 1, 2, 3 e 4 kJm⁻², já para o segundo, os frutos foram imersos em diferentes concentrações de cloreto de cálcio, sendo elas: 0% controle – imerso em água destilada; 1%, 2%, 3% e 4% de CaCl₂. Os dois foram armazenados por 14 dias (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias), com análises a cada 2 dias. Todas as unidades experimentais foram armazenadas em embalagem de cloreto de polivinila (PVC) + poliestireno expandido (EPS) em incubadora B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à 2±0,5°C e 60±3,8% UR para UV-C e 51±5% UR para CaCl₂. Os parâmetros avaliados foram: perda de massa, firmeza, sólidos solúveis, potencial hidrogeniônico, coloração (luminosidade, croma, °hue, índice de escurecimento, índice de brancura e diferença de cor), atividade antioxidante total (DPPH e ABTS) e polifenóis extraíveis totais. Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) (P≤0,05) e, quando significativos, foram demonstrados por meio de dendrograma e análise de componentes principais (PCA), utilizando matriz de distância euclidiana. Para o primeiro experimento não houve significância para a interação, tampouco para o fator dias, somente para o fator doses de radiação UV-C. As doses de radiação UV-C formaram 3 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos mediante as variáveis. Já em relação a PCA, dentre as doses aplicadas, a dose de 2 kJm⁻² mostrou-se eficaz na manutenção da qualidade de cogumelos com maior luminosidade, maior índice de brancura, maior quantidade de polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Já a dose de 3 kJm⁻² apresentou características indesejáveis, bem como maior índice de escurecimento, diferença de cor e croma, conseqüentemente cogumelos mais escuros e inaptos ao consumo. Conclui-se que a dose de 2 kJm⁻² foi efetiva na manutenção de características pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura*. No segundo experimento, observou-se que as concentrações de cloreto de cálcio foram separadas por agrupamentos, conforme os desempenhos apresentados, no que tange a qualidade dos cogumelos. Dentre as concentrações aplicadas em cogumelos comestíveis as doses de 2 e 3% garantiram a manutenção da firmeza e preservação da coloração clara. Já as demais concentrações obtiveram maiores perda de massa, maior diferença de cor e cogumelos mais escuros. Conclui-se que as concentrações de 2 e 3% foram efetivas na manutenção de qualidade pós-colheita de cogumelos shimeji brancos até o 12º dia, conferindo coloração clara. Já as doses de 0, 1 e 4% de cloreto de cálcio se mantiveram próximas aos dias finais de armazenamento, sendo eles: 10, 12 e 14º dia, o que é caracterizado por cogumelos mais escuros e com qualidade inferior de comercialização.

Palavras-chave: Armazenamento, Cálcio, Fungos comestíveis, Irradiação, *Pleurotus ostreatus*, vida útil.

ABSTRACT

The post-harvest life of edible mushrooms is limited by the accelerated spoilage and development of pathogens, culminating in the senescence of the fruit which is characterized by rapid browning and softening. Thus, the objective was to evaluate the post-harvest of in natura white shimeji mushrooms subjected to different doses of UV-C radiation and calcium chloride concentrations. Two experiments were carried out in a completely randomized design (DIC), in both experiments a 5x8 factorial scheme was used, the first: 5 doses of UV-C radiation x 8 days of analysis, and the second: 5 concentrations of CaCl₂ x 8 days of analysis, containing 3 replicates, with 70±1 grams of mushrooms. In the first experiment, the fruits were exposed to different doses of UV-C radiation, as follows: 0 (control), 1, 2, 3 and 4 kJm⁻², while for the second, the fruits were immersed in different concentrations of chloride of calcium, as follows: 0% control – immersed in distilled water; 1%, 2%, 3% and 4% CaCl₂. Both were stored for 14 days (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 days), with analyzes every 2 days. All experimental units were stored in polyvinyl chloride (PVC) + expanded polystyrene (EPS) packaging in a B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) at 2±0.5°C and 60±3.8% RH for UV-C and 51±5% RH for CaCl₂. The parameters evaluated were: mass loss, firmness, soluble solids, hydrogenic potential, color (brightness, chroma, °hue, darkening index, whiteness index and color difference), total antioxidant activity (DPPH and ABTS) and total extractable polyphenols. Data were subjected to permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) (P≤0.05) and, when significant, were demonstrated by means of dendrogram and principal component analysis (PCA), using a Euclidean distance matrix. For the first experiment there was no significance for the interaction, neither for the days factor, only for the UV-C radiation doses factor. The UV-C radiation doses formed 3 groups, according to the similarities of their behavior through the variables. Already in relation to PCA, among the doses applied, the dose of 2 kJm⁻² proved to be effective in maintaining the quality of mushrooms with greater luminosity, greater whiteness, greater amount of total extractable polyphenols and total antioxidant activity. On the other hand, the dose of 3 kJm⁻² presented undesirable characteristics, as well as a higher browning index, color and chroma difference, consequently darker mushrooms and unsuitable for consumption. It is concluded that the dose of 2 kJm⁻² was effective in maintaining the postharvest quality of white shimeji mushrooms. In the second experiment, it was observed that the concentrations of calcium chloride were separated by groupings, according to the performances presented, regarding the quality of the mushrooms. Among the concentrations applied to edible mushrooms, the doses of 2 and 3% ensured the maintenance of firmness and preservation of the light color. The other concentrations had greater mass loss, greater color difference and darker mushrooms. It was concluded that the concentrations of 2 and 3% were effective in maintaining the postharvest quality of white shimeji mushrooms until the 12th day, providing light coloration. The doses of 0, 1 and 4% of calcium chloride remained close to the final days of storage, namely: 10, 12 and 14th day, which is characterized by darker mushrooms with lower quality of sale.

Keywords: Storage, Calcium, Edible Fungi, Irradiation, *Pleurotus ostreatus*, shelf life.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ranking mundial de produtores de cogumelos comestíveis em milhões de toneladas por ano	22
Figura 1 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e Curva do ABTS x absorbâncias (B) para cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes doses de radiação UV-C	42
Figura 2 - Conservação pós-colheita de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes doses de radiação UV-C (0, 1, 2, 3 e 4 kJm ⁻²) e armazenados a 2±0,5°C e 58±3% UR, por 14 dias em incubadora B.O.D.	44
Figura 3 - Dendrograma fundamentado em coeficiente de dissimilaridade euclidiana e método de agrupamento Ward, com distância de 0,65 como ponto de corte, para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> , submetidos à diferentes doses de radiação UV-C (0 - controle; 1 - radiação UV-C de 1kJm ⁻² ; 2 - radiação UV-C de 2kJm ⁻² ; 3 - radiação UV-C de 3kJm ⁻² e 4 - radiação UV-C de 4kJm ⁻²)	45
Figura 4 - Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes doses de radiação UV-C. Legenda: (0 - controle; 1 - radiação UV-C de 1kJm ⁻² ; 2 - radiação UV-C de 2kJm ⁻² ; 3 - radiação UV-C de 3kJm ⁻² e 4 - radiação UV-C de 4kJm ⁻² ; WL – perda de massa; L* - luminosidade; BI – índice de escurecimento; WI – índice de brancura; CD – diferença de cor; C – cor; H - °Hue; F – firmeza; pH – potencial hidrogeniônico; SS – sólidos solúveis; atividade antioxidante total por método de ABTS – (2,2'-AZINO-BIS(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; TEP – polifenóis extraíveis totais; atividade antioxidante total por método de DPPH - (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)	49
Figura 1 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e Curva do ABTS x absorbâncias (B) para cogumelos Shimeji brancos submetidos a diferentes concentrações de cloreto de cálcio	63
Figura 2 - Conservação pós-colheita de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0, 1, 2, 3 e 4%) e armazenados a 2±0,5°C e 51±5% UR, por 14 dias em incubadora B.O.D.	64
Figura 3 - Dendrograma fundamentado em coeficiente de dissimilaridade euclidiana e método de agrupamento Ward, com distância de 2,5 como ponto de para os cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio em função de 14 dias de armazenamento. Legenda: (C0 - 0% de cloreto de cálcio (CaCl ₂); C1 - 1% CaCl ₂ ; C2 - 2% CaCl ₂ ; C3 - 3 CaCl ₂ ; C4 - 4% CaCl ₂ ; D0 - Dia zero - Instalação do experimento; D2 – 2° dia	

de análise; D4 – 4° dia de análise; D6 – 6° dia de análise; D8 – 8° dia de análise; D10 – 10° dia de análise; D12 – 12° dia de análise; D14 – 14° dia de análise)	66
Figura 4 - Análise de componentes principais (PCA) para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio em função de 14 dias de armazenamento. Legenda: (C0 - 0% de cloreto de cálcio (CaCl ₂); C1 - 1% CaCl ₂ ; C2 - 2% CaCl ₂ ; C3 - 3 CaCl ₂ ; C4 - 4% CaCl ₂ ; D0 - Dia zero - Instalação do experimento; D2 – 2° dia de análise; D4 – 4° dia de análise; D6 – 6° dia de análise; D8 – 8° dia de análise; D10 – 10° dia de análise; D12 – 12° dia de análise; D14 – 14° dia de análise; WL – perda de massa; L* - luminosidade; BI – índice de escurecimento; WI – índice de brancura; CD – diferença de cor; C – croma; H - °Hue; F – firmeza; pH – potencial hidrogeniônico; SS – sólidos solúveis; atividade antioxidante total pelo método de ABTS – (2,2'-AZINO-BIS(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammoninum salt; TEP – polifenóis extraíveis totais; antioxidante total pelo método DPPH - (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes principais (PCs), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e porcentagem da variância explicada acumulada (VCPA) das características avaliadas nos cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes doses de radiação UV-C	46
Tabela 2 - Autovetores de correlação entre as variáveis nos três primeiros componentes principais (PC1, PC2, PC3) de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes doses de radiação UV-C	47
Tabela 1 - Componentes principais (PCs), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e porcentagem da variância explicada acumulada (VCPA) das características avaliadas em cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio	67
Tabela 2 - Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (PC1, PC2, PC3) em relação às variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos <i>in natura</i> submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio e armazenados por 14 dias	68

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	15
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO II	22
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
1.1 Caracterização do cogumelo Shimeji branco	22
1.2 Radiação ultravioleta C (UV-C)	24
1.3 Cloreto de cálcio	27
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO III	37
1 INTRODUÇÃO	38
2 MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1 Origem e preparo dos cogumelos	39
2.2 Caracterização e condução do experimento	39
2.3 Variáveis analisadas	41
2.3.1 Perda de Massa (WL)	41
2.3.2 Firmeza (F)	41
2.3.3 Sólidos Solúveis (SS)	41
2.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH).....	41
2.3.5 Coloração.....	41
2.3.6 Atividade antioxidante Total	42
2.3.7 Polifenóis extraíveis totais (TEP).....	42
2.4 Análise estatística	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4 CONCLUSÃO	50
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
CAPÍTULO IV	58
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 Origem e preparo dos cogumelos	60
2.2 Caracterização e condução do experimento	61
2.3 Variáveis analisadas	61
2.3.1 Perda de Massa (WL)	61

2.3.2 Firmeza (F)	62
2.3.3 Sólidos Solúveis (SS)	62
2.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH).....	62
2.3.5 Coloração.....	62
2.3.6 Atividade antioxidante Total	63
2.3.7 Polifenóis extraíveis totais (TEP).....	63
2.4 Análise estatística	63
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4 CONCLUSÃO	72
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O cogumelo trata-se do corpo de frutificação de um macrofungo, que pode ser colhido a mão e tem seu desenvolvimento tanto abaixo quanto acima do solo. Presume-se que a domesticação dos cogumelos silvestres se deu por volta de 600 a.C. na China com o cogumelo *Auricularia auricula* sendo produzido em toras, já o cultivo em substrato composto surgiu na França em meados de 1600 (CHANG e MILES, 2004). De acordo com Chatterjee et al. (2017), dentre as espécies amplamente cultivadas estão o *Agaricus* spp., *Pleurotus* spp., *Lentinula edodes*, *Grifola frondosa*, *Volvariella volvacea*, *Hericium erinaceus*, *Auricularia auricula-judae*, *Ganoderma lucidum*, *Flammulina velutipes*, *Tremella fuciformis*, *Pholiota nameko*, *Lepista nuda* e *Coprinus comatus*.

As espécies cultivadas de cogumelos comestíveis representam uma vultosa produção em todo o mundo. Dados da FAOSTAT (2019) mostram que a produção mundial é liderada pela China, com aproximadamente 9 milhões de toneladas ano⁻¹, o que reflete em 75% de todos os cogumelos produzidos anualmente. Já, a produção nacional, apesar de não constar no ranking mundial da FAOSTAT, segundo Gomes et al. (2016) representa cerca de 1 milhão de toneladas ano⁻¹. Em relação ao gênero *Pleurotus*, ele corresponde a 24% da produção mundial e 16% da produção nacional de cogumelos (SANCHEZ, 2010; GOMES et al., 2016, MASRI et al., 2017; KAPAHI, 2018). Apesar de número tão expressivos, segundo a Associação Nacional de Produtores de Cogumelos (ANPC), o consumo no Brasil ainda é restrito, sendo em média de 160 gramas por pessoa ao ano, bem aquém à países asiáticos que tem seu consumo em torno de 8kg pessoa/ano.

O *Pleurotus ostreatus* é conhecido pelos orientais como Hiratake e no restante do mundo como Shimeji, podendo também ser chamado de cogumelo ostra, devido a sua forma. O shimeji é um dos cogumelos mais apreciados por causa do seu sabor, aroma e textura características (BONONI et al., 1995; COHEN et al., 2002; KALAC, 2013). Já, a incorporação de *Pleurotus ostreatus* na dieta alimentar pode ser considerada positiva, pois possui considerável valor nutricional contendo de 10 a 29% do seu peso seco composto por proteína, fibras, carboidratos, vitaminas e minerais. Além disso, possui baixo valor calórico, gorduras, sódio e nove aminoácidos, sendo eles a leucina, valina, treonina, lisina, metionina, triptofano, isoleucina, fenilalanina, histidina que são considerados essenciais para humanos (SILVEIRA, 2003; BELUHAN e RANAGAJEC, 2011; KAKON et al., 2012; WANG et al., 2017; MELO et al.,

2020). Segundo Tavares (2015), estes fungos (*Pleurotus ostreatus*) possuem 8,6% de proteína, 3,2% de lipídeos, 35,2% de fibras, 9,0% de cinzas, 14,9% de matéria seca e 29,1% de carboidratos disponíveis. Além de alta quantidade de água, alcançando o índice de 85,11% em média de umidade.

Dentre os benefícios medicinais descritos, um deles é a prevenção ao câncer pela produção de β -glucanas, melhoria do sistema imunológico, prevenção de doenças cardiovasculares e Alzheimer, devido à presença de compostos bioativos (ABDEL-AZIZ et al., 2015). Tais propriedades antioxidantes, antitumorais e antimicrobianas faz com que ele seja usado como comida internacional e fonte para desenvolvimento de medicamentos e produtos nutricionais (KHATUN et al., 2015). Estes benefícios se dão pela presença de proteínas, peptídeos, terpenos, ácido oxálico, taninos, saponinas, fenóis, esteroides, antraquinonas, quinolonas, alcaloides, que estão presentes tanto *in natura* quanto em extratos (ABDEL-AZIZ et al., 2015; VALVERDE et al., 2015).

Entretanto, os cogumelos *in natura* tendem a perder a qualidade em um ritmo acelerado após a colheita, em temperatura ambiente levam cerca de 1 a 3 dias para se degradarem (OLIVEIRA et al., 2012; SAPATA et al., 2017). Em geral, os cogumelos têm uma vida útil considerada relativamente curta em comparação com frutas e hortaliças frescas, devido principalmente à falta de cutículas que atuam como barreira física contra danos mecânicos. Bem como, devido à fina estrutura epidérmica, perda de água, alta respiração, ataque microbiano e escurecimento, o que dificulta a distribuição e comercialização (MAHAJAN et al., 2008; LI et al., 2016; GHOLAMI et al., 2017; WEI et al., 2017; WANG et al., 2018).

Dentre os fatores que afetam a comercialização de cogumelos um dos mais temidos é o escurecimento enzimático que pode estar relacionado ao número de enxágue, à atividade e à quantidade da polifenoloxidase (PPO), aos compostos fenólicos, aos patógenos e ao ambiente pós-colheita, tais como: temperatura e umidade relativa. Por consequência, o controle destes fatores está entre os tópicos mais populares em estudos de preservação pós-colheita de cogumelos (GANTNER et al., 2017; GHOLAMI et al., 2017; GHASEMI-VARNAMKHASTI et al., 2018; JOSHI et al., 2018). Neste contexto, surge o resfriamento que tem sido o mais amplamente utilizado para estabelecer o prazo de validade de produtos agrícolas. No entanto, esta técnica apresenta efeito limitado e por este fato, tem se usado outros métodos, como embalagens, revestimentos, radiação, cloreto de cálcio, inibidores da polifenoloxidase e atmosfera modificada a fim de prolongar a vida útil do cogumelo (SANCHES et al., 2017; LIN e SUN, 2019).

Dentre estas técnicas, cabe ressaltar o potencial benéfico da radiação, no que tange à radiação ultravioleta-C (UV-C) e do cloreto de cálcio aplicados em pós-colheita. A UV-C age com o intuito de garantir a segurança do alimento, inativando microrganismos e prevenindo a deterioração, devido à suas propriedades germicidas (PIGEOT-RÉMY et al., 2012; ODUEKE et al., 2016; BARKAI-GOLAN e FOLLETT, 2017). Outro benefício relatado na literatura sobre a aplicação de UV-C em cogumelos está relacionado ao controle do escurecimento, já que esta técnica tem se mostrado eficaz em inativar a PPO (MANZOCCO et al., 2009; MANZOCCO et al., 2011; CHEN et al., 2016; BALBINOT FILHO e BORGES, 2020).

Já, em relação ao cloreto de cálcio, diversos autores têm relatado vantagens na aplicação de cálcio para garantir estabilidade às membranas celulares, o que é desejável aos cogumelos, visto que um dos fatores de deterioração está intimamente ligado ao amolecimento (YAMAMOTO et al., 2011; WANG e LONG, 2015; KHALIQ et al., 2015; FERRAZ et al., 2016; ADAY, 2016; ALVEZ, 2019; HAN LYN et al., 2020; CAEIRO, 2020).

Nessa conjuntura, a utilização de técnicas que têm como princípio reduzir ou impedir os danos pós-colheita, além de prolongar a vida útil são ações indispensáveis para a manutenção da qualidade de cogumelos ao longo do armazenamento. O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características pós-colheita de cogumelos comestíveis Shimeji brancos submetidos à diferentes doses de radiação UV-C e a imersão deles em diferentes concentrações de cloreto de cálcio, em associação com a refrigeração e embalagens.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, S. M.; HAMID, H. A.; FADEL, M. Edible mushrooms: a green biotechnology and great nutritional value for improving human health. **EPH- International Journal of Science and Engineering**, Chhattisgarh, v.1, n.8, p.01-17, 2015.

ADAY, M.S. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.68, n.1, p.44-51, 2016.

ALVEZ, A.M.A. **Conservação de melão ‘Cantaloupe’ minimamente processado com diferentes recobrimentos**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

ANPC - Associação nacional de produtores de cogumelos. **Cogumelos**. Disponível em: <<https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

BALBINOT FILHO, C.A.; BORGES, C.D. Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.23, n.1, p.2018321, 2020.

BARKAI-GOLAN, R.; FOLLETT, P. A. **Irradiation for quality improvement, microbial safety and phytosanitation of fresh produce**. 1 ed. London: UK Academic Press, 2017. 302p.

BELUHAN, S.; RANOGAJEC, A. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. **Food Chemistry**, Barking, v.124, n.3, p.1076-1082, 2011.

BONONI, V.L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S.F.B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone, 1995. 206p.

CAEIRO, L.F.N. **Estudo dos efeitos da suplementação de cálcio, na cultivar Galega vulgar, para proteção contra antracnose da azeitona**. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Olivicultura e Azeite) – Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Évora, 2020.

CHANG, S. T.; MILES, G. **Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact**. 2 ed. Boca Raton: CRC press, 2004. 480 p.

CHATTERJEE, S.; SARMA, M. K.; DEB, U.; STEINHAUSER, G.; WALTHER, C.; GUPTA, D. K. Mushrooms: from nutrition to mycoremediation. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v.24, n.24, p.19480-19493, 2017.

CHEN, C.; HU, W.; HE, Y.; JIANG, A.; ZHANG, R. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.111, n.1, p.126-131, 2016.

COHEN, R. L.; PERSKY, L.; HADAR, Y. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. **Applied Microbiological Biotechnology**, Berlin, v.58, n.5 p.582-594, 2002.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2021.

FERRAZ, D.M.M.; BLUM, L.E.B.; CRUZ, A.F.; VASCONCELOS, T.M.M.; UESUGI, H.; BARRETO, M.L.A. Efeito do cloreto de cálcio sobre antracnose e características de frutos de goiaba e pós-colheita. **Agrotrópica**, Ilhéus, v.28, n.3, p.311-318, 2016.

GANTNER, M.; GUZEK, D.; POGORZELSKA, E.; BRODOWSKA, M.; WOJTASIK-KALINOWSKA, I.; GODZISZEWSKA, J. The effect of film type and modified atmosphere packaging with different initial gas composition on the shelf life of white mushrooms (*Agaricus bisporus* L.). **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v.41, n.1, p.13083, 2017.

GHASEMI-VARNAMKHASTI, M.; MOHAMMAD-RAZDARI, A.; YOOSEFIAN, S. H.; IZADI, Z. Effects of the combination of gamma irradiation and Ag nanoparticles polyethylene films. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v.42, n.7, p.13652, 2018.

GHOLAMI, R.; AHMADI, E.; FARRIS, S. Shelf life extension of white mushrooms (*Agaricus bisporus*) by low temperatures conditioning, modified atmosphere, and nanocomposite packaging material, **Food Packaging Shelf Life**, Amsterdã, v.14, n.1, p.88–95, 2017.

GOMES, D.; AKAMATSU, I.; SOUZA, E.; FIGUEIREDO, G.J.B. Censo paulista de produção de cogumelos comestíveis e medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.13, n.1, p.1-6, 2016.

HAN LYN, F.; MARYAM ADILAH, Z.A.; NOR-KHAIZURA, M.A.R.; JAMILAH, B.; NUR HANANI, Z.A. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v.23, n.1, p.100451, 2020.

JOSHI, K.; WARBY, J.; VALVERDE, J.; TIWARI, B.; CULLEN, P. J.; FRIAS, J. M. Impact of cold chain and product variability on quality attributes of modified atmosphere packed mushrooms (*Agaricus bisporus*) throughout distribution. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.232, n.1, p.44–55, 2018.

KAKON, A.; CHOUDHURY, M.B.K.; SHA, S. Mushroom is na ideal food supplement. **Journal of Dhaka National Medical College & Hospital**, Savar, v.18, n.1, p.58-62, 2012.

KALAC, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.93, n.2, p.209-218, 2013.

KAPAHI, M. Recent Advances in Cultivation of Edible Mushrooms. *In*: SINGH B. P.; LALLAWMSANGA, C.; PASSARI, A. K. **Biology of Macrofungi, Fungal Biology**. 1. ed. Springer, 2018. cap.13, p.265-286.

KHALIQ, G.; MOHAMED, M.T.M.M.; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H.M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.190, n.1, p.187-194, 2015.

KHATUN, S., ISLAM, A.; CAKILCIOGLU, U.; GULER, P.; CHATTERJEE, N. C. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, Amsterdã, v.72, n.1, p.1–5, 2015.

LI, D.; QIN, X.; TIAN, P.; WANG, J. Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. **Food Chemistry**, Barking, v.196, n.1, p.1092–1100, 2016.

LIN, X.; SUN, D. Research advances in growing of button mushroom (*Agaricus bisporus*): Affecting factors and controlling methods. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.90, n.1, p.63-75, 2019.

MAHAJAN, P. V.; OLIVEIRA, F. A. R.; MACEDO, I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.84, n.2, p.281-288, 2008.

MANZOCCO, L.; QUARTA, B.; DRI, A. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdã, v.10, n.4, p.506-511, 2009.

MANZOCCO L.; PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.;

VIANELLO, A.; NICOLI, M.C. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.6, n.2-3, p.165-171, 2011.

MASRI, H. J.; MAFTOUN, P.; MALEK, R.A.; BOUMEHIRA, A.Z.; PAREEK, A.; HANAPI, S.Z.; LING, O.M.; EL ENSHASY, H. The Edible Mushroom *Pleurotus* spp.: II. Medicinal Values. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, Ontario, v.6, n.1, p.1-11, 2017.

MELO, M.B.; TELES, A.C.A.; JÚNIOR, W.P.S. Contribuição ao estudo de componentes químicos e princípios ativos de cogumelos medicinais. **Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, Aracaju, v.6, n.1, p.23-42, 2020.

ODUEKE, O. B.; FARAG, K. W.; BAINES, R. N.; CHADD, S. A. Irradiation applications in dairy products: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.9, n.5, p.751-767, 2016.

OLIVEIRA, F.; SOUSA-GALLAGHER, M. J.; MAHAJAN, P. V.; TEIXEIRA, J. A. Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.111, n.2, p.466-473, 2012.

PIGEOT-RÉMY, S.; SIMONET, F.; ATLAN, D.; LAZZARONI, J.C.; GUILLARD, C. Bactericidal efficiency and mode of action: A comparative study of photochemistry and photo-catalysis. **Water Research**, Amsterdã, v.46, n.10, p.3208-3218, 2012.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da.; MOREIRA, E. G. S.; SANTOS, E. X. dos.; TRIPOLONI, F. M. Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, p.45-58, 2017.

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

SAPATA, M.M.; FERREIRA, A.; RAMOS, A.C.; MACHADO, H. **Conservação de cogumelos frescos em atmosfera modificada**. 1.ed. Lisboa: Vida Rural, 2017. 3p. (Dossier Técnico).

SILVEIRA, M.L.L. **Comparação entre o desempenho do inoculo sólido e inoculo líquido para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

TAVARES, A.C.D. **Cultivo do cogumelo comestível *Pleurotus ostreatus* INPA 1467: Produção, composição centesimal e mineral**. 2015. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**, New York, v.14, n.7, p.1-14, 2015.

WANG, L.; HU, Q.; PEI, F.; MUGAMBIB, M.A.; YANG, W. Influence of different Storage conditions on physical and sensor Properties of freeze-dried *Agaricus bisporus* slides. **LWT - Food Science and Technology**, London, v.97, n.1, p.164-171, 2018.

WANG, Q.; CHU, L.; & KOU, L. UV-C treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.225, n.1, p.380–385, 2017.

WANG, Y.; LONG, L.E. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. **Food Chemistry**, Barking, v.181, n.1, p.241-247, 2015.

WEI, W.; LU, P.; XIA, Q.; TAN, F.; SUN, F.; YU, W.; JIA, L.; CHENG, J. Fresh-keeping effects of three types of modified atmosphere packaging of pine-mushrooms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.132, n.1, p.62–70, 2017.

YAMAMOTO, E.L.M.; FERREIRA, R.M.A.; FERNANDES, P.L.O.; ALBUQUERQUE, L.B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.6, n.2, p.49-55, 2011.

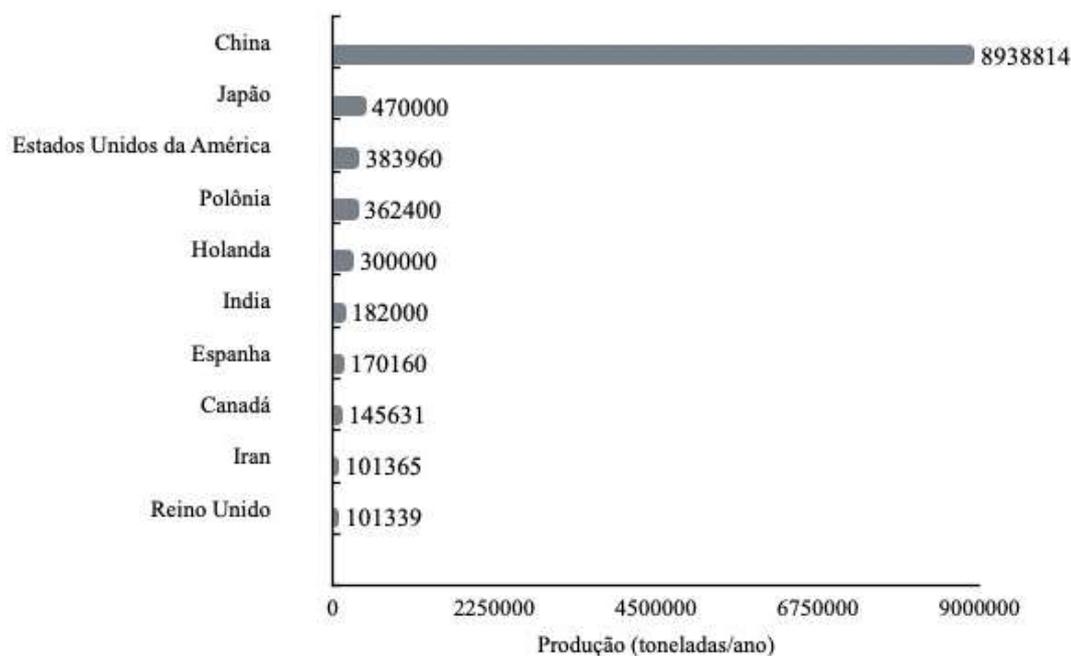
CAPÍTULO II

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Caracterização do cogumelo Shimeji branco

Os cogumelos são bastante apreciados em todo o mundo, sendo considerável a produção mundial. No ano de 2019, segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAOSTAT), a China ocupou o primeiro lugar no ranking mundial com produção de aproximadamente 9 milhões de toneladas ano⁻¹, o que representa 75% de toda a produção mundial, seguida pelo Japão e Estados Unidos da América (Figura 1).

Figura 1 - Ranking mundial de produtores de cogumelos comestíveis em milhões de toneladas por ano.



Fonte: Própria autora, adaptado de dados da FAOSTAT (2019).

Gomes et al. (2016) destacam que a maioria dos produtores de cogumelos no Brasil estão concentrados em São Paulo, contabilizando em média 500, assim, tais produtores estariam produzindo anualmente cerca de um milhão de toneladas. Entretanto, existem certas dificuldades em obter dados de produtividade nacional, sendo que tal fato é evidenciado ao analisar o ranking de produtores da FAOSTAT em que não consta a produtividade do Brasil. Já, em relação ao consumo nacional, de acordo com a Associação Nacional de Produtores de Cogumelos (ANPC), a ingestão no Brasil gira em torno de 160g *per capita* e está bem aquém de países asiáticos, com média de 8 kg por pessoa/ano.

Dentre os cogumelos comestíveis produzidos em todo mundo, o *Pleurotus ostreatus* ocupa a segunda posição na produção mundial de cogumelos. Já, no cenário nacional, a produção de shimeji representa 24% da produção de cogumelos comestíveis, devido às suas propriedades nutricionais e medicinais, pelo sabor agradável e por sua grande disponibilidade, além da facilidade de cultivo (SÁNCHEZ, 2010; GOMES et al., 2016; MASRI et al., 2017; KAPAHI, 2018).

O cogumelo *Pleurotus ostreatus* pertence ao filo Basidiomycota, família Pleuroteaceae e que teve origem na China, contudo, tem sua distribuição em todo o mundo (PISKA et al., 2017). O cultivo de cogumelos do gênero *Pleurotus* teve seu início na década de 1950 com as primeiras tentativas de cultivo empregando serragem como substrato. Mas a partir da década de 60 foi se introduzindo outros substratos, bem como palhas de capim, arroz e trigo, para produção em escala comercial. No Brasil, o *Pleurotus ostreatus* começou a ser cultivado de modo incipiente na década de 70 por meio de linhagens provenientes da Europa e Ásia. Entretanto, foi somente nos anos 80 que ocorreu um aumento tanto de produção quanto de consumo no país, graças à popularização dos cogumelos (BONONI et al., 1995; SÁNCHEZ, 2010; GOMES et al., 2016).

A parte macroscópica, visível, conhecida como cogumelo, também é chamada de fruto (CARLILE et al., 2001) que é composto pelo corpo frutífero do shimeji, caracterizado por píleo (chapéu), lâmina e estipe (pé) definidos. O píleo é convexo, expandindo em forma de concha com 5 a 15cm de diâmetro, possui coloração variável, creme, castanho acinzentado, cinzentos ou azulados, mas em geral é branco. A coloração do corpo de frutificação do *Pleurotus* spp. está relacionada com a intensidade de luz e variedade, podendo variar do branco ao cinza-escuro ou preto. A variedade do shimeji branco é denominada de *Pleurotus ostreatus* var. Branco e a do shimeji preto é *Pleurotus ostreatus* var. Preto. As lâminas do shimeji branco são claras a branco acinzentadas, altas, desiguais, bifurcadas e anastomosadas perto do estipe. A estipe é curta, compacta, rígida e proporciona a inserção do cogumelo no substrato (CHANG e MILES, 2004; BAPTISTA-FERREIRA, 2013; ODEYEMI e ADENIYI, 2015, LANZA, 2019).

O cultivo deste cogumelo demanda de tecnologia considerada simples e de baixo custo, respaldado em um tipo de agronegócio lucrativo que proporciona um crescimento consistente e de alta eficiência (KHAN et al., 2017). Os cogumelos shimeji brancos apresentam características desejáveis de produção, sendo elas: alta resistência a pragas, alta eficiência biológica por serem decompositores primários, adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas, além de rápido *payback* de investimento, pois iniciam frutificação de 3 à 4 semanas após a inoculação (CHANG, 2009; GRIMM e WÖSTEN, 2018; KAPAHI, 2018).

Dentre os benefícios ao ser humano, incluem a melhoria do sistema imunológico por meio da estimulação de células dendríticas, linfócitos NK, linfócitos T, macrófagos e produção de citocinas. Além disso, previnem desenvolvimento de cânceres pela formação de β -glucanas, que impulsionam o sistema fagocitário a expelir células estranhas, além de auxiliar no controle de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas, como Alzheimer, pela presença de diversos compostos bioativos (ABDEL-AZIZ et al., 2015).

Tais proveitos à saúde se dão em razão da presença de metabólitos primários e secundários, tais como: ácido oxálico, proteínas, peptídeos, terpenos, esteroides, antraquinonas, derivados do ácido benzoico, quinolonas, alcaloides, taninos, saponinas, glicosídeos cardiotônicos, β -glucanas e fenóis. Estas propriedades benéficas podem ser encontradas tanto no cogumelo *in natura*, quanto em forma de extratos (ABDEL-AZIZ et al., 2015; VALVERDE et al., 2015; SARI et al., 2017). De acordo com Wang et al. (2017), os cogumelos são ricos em vitaminas, fibras, minerais, proteínas e todos os aminoácidos essenciais exigidos pelos humanos. Sendo eles: a leucina, valina, treonina, lisina, metionina, triptofano, isoleucina, fenilalanina, histidina. No entanto, apesar de todo potencial positivo, os cogumelos tendem a ser altamente perecíveis e degradam em até 3 dias em temperatura ambiente, devido à estrutura dérmica fina, elevada taxa de respiração e alto teor de umidade (OLIVEIRA et al., 2012; SAPATA et al., 2017, WEI et al., 2017; HAN LYN et al.; 2020, MELO et al., 2020).

1.2 Radiação ultravioleta C (UV-C)

Diversas técnicas pós-colheita têm sido empregadas para garantir a manutenção e qualidade pós-colheita de produtos hortícolas ou *in natura*, dentre elas a radiação ultravioleta é considerada uma abordagem eficaz a manutenção da qualidade de frutos (LIN e SUN, 2019; YAN et al., 2021). No geral, esta técnica é amplamente utilizada para garantir a segurança dos alimentos, já que tem a capacidade de reduzir a população microbiana, conseqüentemente eliminando o desenvolvimento de doenças que possam ser transmitidas por estes alimentos (ODUEKE et al., 2016; BARKAI-GOLAN e FOLLETT, 2017).

A luz ultravioleta é a parte do espectro eletromagnético com comprimentos de onda que variam de 100 a 400nm. Dentro dessa faixa, a fração que tem o maior efeito germicida é compreendida entre 100 a 280nm, e é conhecida como luz UV-C (PIGEOT-RÉMY et al., 2012). A aplicação da luz UV-C por meio de fontes artificiais, normalmente se dá pelo emprego de lâmpadas de vapor de mercúrio, podendo ser monocromáticas de baixa pressão, com pico de emissão de fótons a um comprimento de onda de 254nm. Essas lâmpadas são consideradas com

maior poder germicida, ou policromáticas de média pressão, que emitem fótons a uma faixa mais ampla de comprimentos de onda abrangendo a região de luz visível (KOUTCHMA e ORLOWSKA, 2012).

No entanto, a eficácia germicida desta tecnologia está relacionada com a dosagem no momento da aplicação. Tal dosagem é mediada pela função da intensidade do fluxo ou irradiância (Wm^2), medida por um radiômetro, com o tempo de exposição da amostra no equipamento de luz UV-C, que será expressa como exposição radiante (Jm^2) e posteriormente é convertida em kJm^2 . Essa dose é calculada multiplicando a intensidade aplicada pelo tempo de exposição (GUEDES et al., 2009; KOUTCHMA, 2009; MENEZES, 2020).

As dosagens de descontaminação podem variar de acordo com a finalidade do tratamento, devido à carga microbiana e à ampla variedade de microrganismos e suas linhagens (GUEDES et al., 2009). Entretanto, em produtos de coloração clara tem sido empregado doses menores, visto que altas doses e tempo de exposição prolongados podem provocar um escurecimento acentuado (GÓMEZ et al., 2010; MANZOCCO et al., 2011). De acordo com Manzocco et al. (2011), tecidos irradiados por altas doses de UV-C têm sido acometidos com escurecimento que por sua vez, tem sido associado ao contato entre enzimas e substrato por causa do rompimento das células.

Nesse contexto, surgem os efeitos adaptativos e benéficos em virtude da aplicação de baixas doses de UV-C em frutos e hortaliças. Esses efeitos são conhecidos como *hormesis* que é um fenômeno muito observado em pós-colheita em relação à resistência induzida às doenças, bem como ao amadurecimento e senescência retardados (STEVENS et al., 1996; ARUL et al., 2001; SHAMA e ALDERSON, 2005; CHARLES e ARUL, 2007). A *hormesis* é definida como a estimulação por baixas doses de qualquer agente potencialmente prejudicial (LUCKEY, 1980). Apesar de não existir relatos de *hormesis* em pós-colheita de cogumelos, Zied et al. (2017) conseguiram observar claramente o efeito de *hormesis* em cultivo de *Agaricus bisporus* após aplicação de baixas doses de fungicidas. Sendo assim, torna-se possível o estudo de tal efeito benéfico em cogumelos.

Em relação à inativação de microrganismos, a luz UV-C consegue inativar uma gama desses agentes patogênicos e deteriorantes, garantindo a mínima perda da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos. Assim, reduz doenças pós-colheita já que induz o metabolismo secundário, produzindo compostos antimicrobianos, além da produção de múltiplos metabólitos benéficos à saúde humana (ALAM KHAN e ABRAHEM, 2010; RIBEIRO et al., 2012; SHEN et al., 2013; GAYÁN et al., 2014; ODUEKE et al., 2016; BARKAI-GOLAN e FOLLETT, 2017; DENG et al., 2020; MA et al., 2020). Além disso, a radiação UV-C age nas

atividades enzimáticas dos produtos (MANZOCCO et al., 2009; MANZOCCO et al., 2011; CHEN et al., 2016), buscando inativar a polifenoloxidase (PPO) (BALBINOT FILHO e BORGES, 2020), o que é necessário para cogumelos, visto que a coloração deles é mediada pela ação desta enzima (LEI et al., 2018). A eficácia deste método está diretamente relacionada ao controle do escurecimento enzimático (GUAN et al., 2013; LU et al., 2016; LEI et al., 2018).

A redução desse escurecimento por meio dos raios UV-C se dá pela ação antibacteriana que proporciona o aumento da atividade antioxidante total e por consequência reduz a quantidade de PPO (GHASEMI-VARNAMKHASTI et al., 2018; LEI et al., 2018). Já, a inativação da PPO pela luz ultravioleta C ocorre por meio da desnaturação da enzima, quando essa luz é potencializada pelo desdobramento das cadeias proteicas em temperatura ambiente, o que oportuniza a luz UV-C ser absorvida pelas ligações duplas, gerando assim a desnaturação (GUERRERO-BELTRAN, 2004).

A radiação UV-C é considerada letal em grande parte dos microrganismos, sejam eles bactérias, vírus, protozoários, fungos, leveduras e algas. Esse efeito antimicrobiano letal é fotoquímico, visto que a luz UV-C induz à formação de subprodutos do DNA, isto é, os dímeros de pirimidina, que são originados de ligações cruzadas dentre bases pirimídicas sensíveis à radiação a 254nm (GIESE e DARBY, 2000; BOLTON e LINDEN, 2003; FRANZ et al., 2009; CUTLER e ZIMMERNAN, 2011; GAYÁN et al., 2014; BRAGA et al., 2015; BARBA et al., 2017).

Isto é, por meio da energia absorvida pelas ligações não saturadas, sobretudo as bases nitrogenadas pirimídicas, ocasiona a dimerização de pirimidinas adjacentes com rompimento de encaixes de filamentos de DNA. Esse processo de dimerização corresponde à formação de uma molécula, chamada dímero, a partir de duas menores, devido às alterações provocadas pela radiação ultravioleta (FERNANDES et al., 2019). As moléculas pirimídicas resultantes, uma vez unidas, deformam a estrutura helicoidal do DNA e dificultam a replicação do ácido nucleico. Caso a replicação ocorra, as novas células serão descendentes com mutações e incapazes de se duplicar (GONÇALVES, 2003). Isso interfere na precisão da replicação, o que pode levar a erros na transcrição ou impedir a divisão celular, com consequente prejuízo ou morte celular (USEPA, 1999; GEHRA et al., 2003; GONÇALVES, 2003).

O efeito antimicrobiano da UV-C também é relatado por estar associado à ativação de enzimas regulatórias para a síntese de compostos fenólicos que têm um efeito antifúngico, tal efeito foi observado em morangos, tomates, cogumelos e uvas (WU et al., 2016; SHENGA et al., 2018; ESUA et al., 2019).

Dentre as principais vantagens/benefícios da UV-C citadas na literatura, vem a ser a não formação de compostos orgânicos clorados ou tóxicos residuais na superfície do produto. Posto isto, esta técnica não altera a natureza química do alimento, considerada então uma tecnologia simples de aplicar, de baixo custo de implementação/manutenção e sem a produção de odor. Além de ser um método eficaz de desinfecção e ser apontado como uma estratégia para uso em nutrientes termossensíveis, pois não é um tratamento térmico, então não há alteração dos compostos (YAUN et al., 2004; LOPES-RUBIRA et al., 2005; KEYSER et al., 2008; SETHI et al., 2018).

Apesar dos diversos benefícios, deve-se ponderar com cautela a dose e o tempo de exposição a fim de evitar danos aos tecidos (GUAN et al., 2013; FAN et al., 2017). De acordo com Buhler et al. (2019), o efeito germicida está diretamente relacionado à dose de radiação e à duração da exposição.

1.3 Cloreto de cálcio

O amolecimento em cogumelos é um dos principais fatores que caracterizam a deterioração, pois durante o armazenamento pós-colheita tendem a perder a firmeza e resistência da parede celular (ADAY, 2016; HAN LYN et al., 2020). Diversos métodos têm sido estudados como alternativa a tal amolecimento, dentre eles se tem o cloreto de cálcio, conhecido por ser um componente relacionado à estruturação e regulação da parede celular, além de proporcionar redução na taxa respiratória de frutos e garantir a manutenção da vida útil (GAYED et al., 2017; SANCHES et al., 2017; BEZERRA, 2020).

Além desse aspecto, outro fator que interfere na qualidade dos cogumelos é o escurecimento enzimático, mediado pela ação da enzima tirosinase, tornando os shimejis marrons amarelados durante o armazenamento (ZHANG et al., 2018; HAN LYN et al., 2020). De acordo com Martín-Diana et al. (2007) e Ferraz et al. (2016), o cálcio proporciona redução dos distúrbios fisiológicos, tais como: o escurecimento, o que vem a ser benéfico para a comercialização dos cogumelos (OJEDA et al., 2019).

Portanto, diversas são as vantagens relatadas na literatura sobre a utilização de cálcio em pré ou pós-colheita, sendo em pós-colheita considerado mais eficaz por ser aplicado na superfície dos produtos (KADIR, 2005). A forma de aplicação por meio de imersão vem sendo amplamente utilizada, bem como a infiltração a vácuo (VALERO e SERRANO, 2010; SILVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2015). Contudo, os cogumelos são considerados sensíveis a diversos fatores físicos (SILVA et al., 2020) e devido a incipiência de trabalhos com aplicação de cloreto de cálcio em cogumelos a melhor alternativa torna-se a aplicação por imersão. A

técnica de imersão consiste em imergir o fruto na solução de cálcio, que vem a ser mais eficiente, pois o sal entra em contato direto com o produto (KADIR, 2005).

A ação do cálcio se dá pela estabilização da parede celular e integridade das membranas reforçando os polímeros pécticos, garantindo rigidez a essas paredes. Os íons de Ca^{2+} se ligam às cadeias pécticas, gerando o pectato de cálcio, o que confere rigidez aos tecidos, aumenta a estabilidade do complexo e controla a vulnerabilidade ao ataque enzimático (YAMAMOTO et al., 2011; WANG e LONG, 2015; KHALIQ et al., 2015; FERRAZ et al., 2016; ALVEZ, 2019; CAEIRO, 2020). Tal efeito é esperado nos cogumelos, visto que são ricos em fibras alimentares, como a pectina (BOBEK, et al., 1996; BOBEK e GALBABY, 1999; FURLANI, 2004; LEMOS, 2009; KADNIKOVA et al., 2015).

Sendo assim, vale ressaltar o ineditismo inerente a esta pesquisa, haja vista que não existem estudos e dados semelhantes com o cogumelo, aumentando consideravelmente a relevância acadêmica deste trabalho, que poderá servir como ponto de partida para maiores aprofundamentos nas questões que serão abordadas. Vale ressaltar que, apesar de ser um produtor representativo de cogumelos comestíveis, o Brasil ainda conta com rarefeitas e incipientes pesquisas com relação a esta cadeia produtiva, em especial no que se refere aos aspectos de técnicas aplicadas na pós-colheita.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-AZIZ, S. M.; HAMID, H. A.; FADEL, M. Edible mushrooms: a green biotechnology and great nutritional value for improving human health. **EPH- International Journal of Science and Engineering**, Chhattisgarh, v.1, n.8, p.01-17, 2015.

ADAY, M.S. Application of electrolyzed water for improving postharvest quality of mushroom. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.68, n.1, p.44-51, 2016.

ALAM KHAN, K.; ABRAHEM, M, Efeito da irradiação na qualidade de especiarias. **International Food Research Journal**, Selangor, v.17, n.4, p. 25-836, 2010.

ALVEZ, A.M.A. **Conservação de melão ‘Cantaloupe’ minimamente processado com diferentes recobrimentos**. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2019.

ANPC - Associação nacional de produtores de cogumelos. **Cogumelos**. Disponível em: <<https://www.anpccogumelos.org/cogumelos>>. Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

ARUL, J.; MERCIER, J.; CHARLES, M.T.; BAKA, M.; MAHARAJ, R. Photochemical treatment for control of post-harvest diseases in horticultural crops. In: VICENT, C.; PANNETON, B.; FLEURAT-LESSARD, F. (Eds.). **Physical Control Methods in Plant Protection**. 1 ed. Paris: INRA Editions, 2001, p.146–161.

- BALBINOT FILHO, C.A.; BORGES, C.D. Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.23, n.1, p.2018321, 2020.
- BARBA, F.J.; KOUBAA, M.; DO PRADO-SILVA, L.; ORLIEN, V.; DE S. SANTANA, A. Mild processing applied to the inactivation of the main foodborne bacterial pathogens: A review. **Trends Food Science Technology**, Loughborough, v.66, n.1, p.20–35, 2017.
- BARKAI-GOLAN, R.; FOLLETT, P. A. **Irradiation for quality improvement, microbial safety and phytosanitation of fresh produce**. 1 ed. London: UK Academic Press, 2017. 302p.
- BAPTISTA-FERREIRA, J. **Guia de colector de cogumelos - para cogumelos silvestres comestíveis com interesse comercial em Portugal**. Portugal: DGADR, 2013. 150p.
- BEZERRA, S.R.B. **Produção, qualidade e teores de nutrientes em sementes de alface com aplicação de cálcio e boro via foliar**. 2020. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.
- BOBEK, P., OZDÍN, L., KUNIAK, L. Effect of oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) an its ethanolic Extract in diet on absorption and turnover of colesterol in hypercholesterolemic rat. **Nahrung**, Berlim, v.40, n.4. p.222-224, 1996.
- BOBEK, P.; GALBAVY, S. Hypocholesterolemic and antiatherogenic effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rabies. **Nahrung**, Berlim, v.43, n.5, p.339-342, 1999.
- BOLTON, J.; LINDEN, K. G. Standardization of methods for fluence (UV dose) determination in bench-scale UV experiments. **Journal of Environmental Engineering**, New York, v.129, n.1, p.209-215, 2003.
- BONONI, V.L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S.F.B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone, 1995. 206p.
- BRAGA, G.U.L.; RANGEL, D.E.N.; FERNANDES, É.K.K.; FLINT, S.D.; ROBERTS, D.W. Molecular and physiological effects of environmental UV radiation on fungal conidia. **Current Genetics**, New York, v.61, n.1, p.405–425, 2015.
- BUHLER, S.; SOLARI, F.; GASPARINI, A.; MONTANARI, R.; SFORZA, S.; TEDESCHI, T. UV irradiation as a comparable method to thermal treatment for producing high quality stabilized milk whey. **LWT - Food Science and Technology**, London, v.105, n.1, p.127–134, 2019.
- CAEIRO, L.F.N. **Estudo dos efeitos da suplementação de cálcio, na cultivar Galega vulgar, para proteção contra antracnose da azeitona**. 2020. 78 f. Dissertação (Mestrado em Olivicultura e Azeite) – Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Évora, 2020.
- CARLILE, M.J.; WATKINSON, S.C.; GOODAY, G.W. Fungal cells and vegetative growth. In: CARLILE, M.J.; WATKINSON, S.C.; GOODAY, G.W. **The Fungi**. 2ed. London: Academic Press, 2001. Cap.3. p.85-184.

CHANG, S.T. **Training manual on mushroom cultivation technology**. 12 ed. Beijing: United Nations-Asian And Pacific Centre For Agricultural Engineering And Machinery (UN-APCAEM), 2009. 65p.

CHANG, S.T.; MILES, G. **Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact**. 2 ed. Boca Raton: CRC press, 2004. 480 p.

CHARLES, M.T.; ARUL, J. UV treatment of fresh fruits and vegetables for improved quality: a status report. **Stewart Postharvest Review**, v.3, n.6, p.1–8, 2007.

CHEN, C.; HU, W.; HE, Y.; JIANG, A.; ZHANG, R. Effect of citric acid combined with UV-C on the quality of fresh-cut apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.111, n.1, p.126-131, 2016.

CUTLER, T.D.; ZIMMERNAN, J.J. Ultraviolet irradiation and the mechanisms underlying its inactivation of infectious agents. **Animal Health Research Reviews**, Cambridge, v.12, n.1, p.5-23, 2011.

DENG, L.; MUJUMDAR, A.; PAN, Z.; VIDYARTHI, S.K.; XU, J.; ZIELINSKA, M.; XIAO, H. Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v.60, n.15, p.2481-1508, 2020.

ESUA, O.J.; CHIN, N.L.; YUSOF, Y.A.; SUKOR, R. Effects of simultaneous UV-C radiation and ultrasonic energy postharvest treatment on bioactive compounds and antioxidant activity of tomatoes during storage. **Food Chemistry**, Barking, v.270, n.1, p.113–122, 2019.

FAN, X.; HUANG, R.; CHEN, H. Application of ultravioleta C technology for surface decontamination of fresh produce. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.70, n.1, p.9-19, 2017.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>>. Acesso em: 17 de fevereiro 2021.

FERNANDES, C.N.; CAVALCANTE, F.L.; BATISTA, R.O. (Org.) **Desinfecção solar de efluentes sanitários**. 1 ed. Natal: Editora IFRN, 2019, 107p.

FERRAZ, D.M.M.; BLUM, L.E.B.; CRUZ, A.F.; VASCONCELOS, T.M.M.; UESUGI, H.; BARRETO, M.L.A. Efeito do cloreto de cálcio sobre antracnose e características de frutos de goiaba e pós-colheita. **Agrotrópica**, Ilhéus, v.28, n.3, p.311-318, 2016.

FRANZ, C.M.A.P.; SPECHT, I.; CHO, G.S.; GRAEF, V.; STAHL, M.R. 2009. UV-C-inactivation of microorganisms in naturally cloudy apple juice using novel inactivation equipment based on Dean vortex technology. **Food Control**, Amsterdã, v.20, n.1, p.1103-1107, 2009.

FURLANI, R.P.Z. **Valor nutricional de cogumelos cultivados no Brasil**. 2004. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GAYÁN, E.; CONDÓN, S.; ALVAREZ, I. Biological aspects in food preservation by ultraviolet light: A review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.7, n.1, p.1-20, 2014.

GAYED, A.A.N.A.; SHAARAWI, S.A.M.A.; ELKHISHEN, M.A.; ELSHERBINI, N.R.M. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage and shelf-life. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.41, n.2, p.220-231, 2017.

GEHRA, R.; WAGNER, M.; VEERASUBRAMANIAN, P.; PAYMENT, P. Desinfection efficiency of paracetic acid, UV and ozone after enhanced primary treatment of municipal wastewater. **Water Research**, Amsterdã, v.37, n.19, p.4573-4586, 2003.

GHASEMI-VARNAMKHASTI, M.; MOHAMMAD-RAZDARI, A.; YOOSEFIAN, S. H.; IZADI, Z. Effects of the combination of gamma irradiation and Ag nanoparticles polyethylene films. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v.42, n.7, p.13652, 2018.

GIESE, N.; DARBY, J. Sensitivity of microorganisms to different wavelengths of UV light: implications on modeling of medium pressure UV systems. **Water Research**, Amsterdã, v.34, n.16, p.4007-4013, 2000.

GOMES, D.; AKAMATSU, I.; SOUZA, E.; FIGUEIREDO, G.J.B. Censo paulista de produção de cogumelos comestíveis e medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.13, n.1, p.1-6, 2016.

GÓMEZ, P.L.; ALZAMORA, S.M.; CASTRO, M.A.; SALVATORI, D. M. Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. **Journal of food Engineering**, New York, v.98, n.1, p.60-70, 2010.

GONÇALVES, R.F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários**. 1 ed. Rio de Janeiro : ABES, RiMA, 2003. 436p.

GRIMM, D.; WÖSTEN, H. A. B. Mushroom cultivation in the circular economy. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v.102, n.1, p.7795-7803, 2018.

GUAN, W.; FAN, X.; YAN, R. Effect of combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide on inactivation of Escherichia coli O157: H7, native microbial loads, and quality of button mushrooms. **Food Control**, Amsterdã, v.34, n.2, p.554-559, 2013.

GUEDES, A.M.M.; NOVELLO, D.; MENDES, G.M.P.; CRISTIANINI, M. Tecnologia de Ultravioleta para preservação de alimentos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v.27, n.1, p.59- 70, 2009.

GUERRERO-BELTRAN, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, Thousand Oaks, v.10, n.3, p.137-147, 2004.

HAN LYN, F.; MARYAM ADILAH, Z.A.; NOR-KHAIZURA, M.A.R.; JAMILAH, B.; NUR HANANI, Z.A. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster

mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v.23, n.1, p.100451, 2020.

KADIR, S.A. Fruit quality at harvest of “Jonathan” apple treated with foliarly applied calcium chloride. **Journal of Plant Nutrition**, Landau, v.27, n.11, p.1991-2006, 2005.

KADNIKOVA, I.A.; COSTA, R.; KALENIK, T.; GURULEVA, O.; YANGUO, S. Chemical composition and nutritional value of the Mushroom *Auricula-judae*. **Journal of Food Nutrition Research**, Newark, v.3, n.8, p.478-482, 2015.

KAPAHI, M. Recent Advances in Cultivation of Edible Mushrooms. *In*: SINGH B. P.; LALLAWMSANGA, C.; PASSARI, A. K. **Biology of Macrofungi, Fungal Biology**. 1. ed. Springer, 2018. cap.13, p.265-286.

KEYSER, M.; MÜLLER, I. A.; CILLIERS, F. P.; NEL, W.; GOUWS, P. A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdã, v.9, n.1, p.348–354, 2008.

KHALIQ, G.; MOHAMED, M.T.M.M.; ALI, A.; DING, P.; GHAZALI, H.M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.190, n.1, p.187-194, 2015.

KHAN, A.A; GANI, A; MASSODI, F.A; MUSHTAQ, U; NAIK, A.S. Structural, rheological, antioxidante, and functional properties of β -glucan extracted from edible mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Coprinus atrimentarius*. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, Amsterdã, v.11, n.1, p.67-74, 2017.

KOUTCHMA, T. Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. **Food Bioprocess Technology**, v.2, n.1, p.138–155, 2009.

KOUTCHAMA, T.; ORLOWSKA, M. Ultraviolet light for processing fruits and fruit products. *In*: RODRIGUES, S.; FERNADES, F.A.N. (Eds.). **Advances in fruit processing technologies**. 1 ed. Boca Raton: CRC Press, 2012, Cap.1, p.2-27.

LANZA, V.X. **Qualidade microbiológica de cogumelos e modelagem do comportamento de *Listeria monocytogenes* em *Pleurotus ostreatus* var. Branco e Preto**. 2019. 73f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Universidade de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2019.

LEI, J.; LI, B.; ZHANG, N.; YAN, R.; GUAN, W.; BRENNAN, C. S.; GAO, H.; PENG, B. Effects of UV-C treatment on browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different tissues of *Agaricus bisporus* during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.139, n.1, p.99–105, 2018.

LEMOS, F.M.R. **Elaboração e caracterização de produtos análogo a hambúrguer de cogumelo *Agaricus brasiliensis***. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LIN, X.; SUN, D. Research advances in browning of button mushroom (*Agraricus bisporus*): Affecting factors and controlling methods. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.90, n.1, p.63-75, 2019.

LÓPEZ-RUBIRA, V.; CONESA, A.; ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.37, n.1, p.174-185, 2005.

LU, Y.; ZHANG, J.; WANG, X.; LIN, Q.; LIU, W.; XIE, X. Effects of UV-C irradiation on the physiological and antioxidant responses of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.51, n.6, p.1502-1508, 2016.

LUCKEY, T.D. **Hormesis with ionizing radiation**. 1 ed. USA: CRC Press, 1980, 222 p.

MA, M.; ZHANG, H.; XIE, Y.; YANG, M.; TANG, J.; WANG, P.; YANG, R.; GU, Z. Answer to the nutritional and functional composition, antinutritional factors and antioxidants activity in soybeans germinated under UV-B radiation. **LWT - Food Science and Technology**, London, v.118, n.1, p.108709, 2020.

MANZOCCO, L.; QUARTA, B.; DRI, A. Polyphenoloxidase inactivation by light exposure in model systems and apple derivatives. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdã, v.10, n.4, p.506-511, 2009.

MANZOCCO L.; PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; VIANELLO, A.; NICOLI, M.C. Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.6, n.2-3, p.165-171, 2011.

MARTÍN-DIANA, A.B.; RICO, D.; BARRY-RYAN, C.; FRÍAS, J.M.; HENEHAN, G.T.M. BARAT, J.M. Efficacy of steamer jet-injection as alternative to chlorine in fresh-cut lettuce. **Postharvest Biology and Tecnology**, Amsterdã, v.45, n.1, p.97-107, 2007.

MASRI, H. J.; MAFTOUN, P.; MALEK, R.A.; BOUMEHIRA, A.Z.; PAREEK, A.; HANAPI, S.Z.; LING, O.M.; EL ENSHASY, H. The Edible Mushroom *Pleurotus* spp.: II. Medicinal Values. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, Ontario, v.6, n.1, p.1-11, 2017.

MELO, M.B.; TELES, A.C.A.; JÚNIOR, W.P.S. Contribuição ao estudo de componentes químicos e princípios ativos de cogumelos medicinais. **Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, Aracaju, v.6, n.1, p.23-42, 2020.

MENEZES, N.M.C. **Inativação de fungos filamentosos termorresistentes de maçã por luz ultravioleta**. 202. 131 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2020.

ODEYEMI, O.; ADENIYI, M. **Ecology and pictorial atlas of Nigerian mushrooms**. 1 ed. Nigéria: Signet Impressions & Designs Ltd, 2015, 298p.

ODUEKE, O. B.; FARAG, K. W.; BAINES, R. N.; CHADD, S. A. Irradiation applications in dairy products: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.9, n.5, p.751–767, 2016.

OJEDA, G.A.; SGROPPO, S.C.; MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Chitosan/tripolyphosphate nanoaggregates enhance the antibrowning effect of ascorbic acid on mushroom slices. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.156, n.1, p.110934, 2019.

RIBEIRO, C.; CANADA, J.; ALVARENGA, B. Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. **Journal Food Agriculture**, Chichester, v.24, n.6, p.586-597, 2012.

OLIVEIRA, F.; SOUSA-GALLAGHER, M. J.; MAHAJAN, P. V.; TEIXEIRA, J. A. Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.111, n.2, p.466-473, 2012.

PIGEOT-RÉMY, S.; SIMONET, F.; ATLAN, D.; LAZZARONI, J.C.; GUILLARD, C. Bactericidal efficiency and mode of action: A comparative study of photochemistry and photo-catalysis. **Water Research**, Amsterdã, v.46, n.10, p.3208–3218, 2012.

PISKA, K.; SUŁKOWSKA-ZIAJA, K.; MUSZYŃSKA, B. Edible mushroom *Pleurotus ostreatus* (*Oyster mushroom*) – its dietary significance and biological activity. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, Lublin, v.16, n.1, p.151–161, 2017.

USEPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Alternative Desinfectants and Oxidants Guidance Manual**. EPA 815-R-99-014, Washington, 346p. 1999.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da.; MOREIRA, E. G. S.; SANTOS, E. X. dos.; TRIPOLONI, F. M. Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, p.45-58, 2017.

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

SAPATA, M.M.; FERREIRA, A.; RAMOS, A.C.; MACHADO, H. **Conservação de cogumelos frescos em atmosfera modificada**. 1.ed. Lisboa: Vida Rural, 2017. 3p. (Dossier Técnico).

SARI, M.; PRANGE, A.; LELLEY, J.I.; HAMBITZER, R. Screening of beta-glucan contents in commercially cultivated and wild growing mushrooms. **Food Chemistry**, Barking, v.216, n.1, p.45-51, 2017.

SETHI, S.; JOSHI, A.; ARORA, B. UV treatment of fresh fruits and vegetables. In: SIDDIQUI, M.W. (Ed.) **Postharvest disinfection of fruits and vegetables**. 1ed. Cambridge: Academic Press, 2018. Cap.7. p.137-157.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. 2005. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialisation. **Trends Food Science Technology**, Loughborough, v.16, n.4, p.128–136, 2005.

SHEN, Y.; SUN, Y.; QIAO, L.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidant capacity of minimally processed *Satsuma mandarin* during refrigerated storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.76, n.1, p.50–57, 2013.

SHENGA, K.; ZHENG, H.; SHUIA, S.; YANA, L.; LIUA, C.; ZHENG, L. Comparison of postharvest UV-B and UV-C treatments on table grape: Changes in phenolic compounds and their transcription of biosynthetic genes during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.138, n.1, p.74–81, 2018.

SILVA, D.S.H.; TIMM, T.G.; COSTA, T.M.; HELM, C.V.; TAVARES, L.B.B. Secagem de cogumelos comestíveis como prática sustentável. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Palhoça, v.9, n.1, p.830-846, 2020.

SILVA, W.B.; SILVA, G.M.C.; SILVA, L.R.; WALDAN, W.R.; OLIVEIRA, J.G. Tratamento com cloreto de cálcio na pós-colheita retarda o desverdeamento e a perda de firmeza do mamão UENF/Caliman01. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.3, p.588-599, 2015.

SILVEIRA, A.C.; AGUAYOB, E.; CHISARIC, M.; ARTÉS, F. Calcium salts and heat treatment for quality retention of fresh-cut ‘Galia’ melon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.62, n.1, p.77-84, 2011.

STEVENS, C.; WILSON, C.L.; LU, J.Y.; KHAN, V.A.; CHALUTZ, E.; DROBY, S.; KABWE, M.K.; HAUNG, Z.; ADEYEYE, O.; PUSEY, L.P. WISNIEWSKI, M.E.; WEST, M. Plant hormesis induced by ultraviolet light-C for controlling postharvest diseases of tree fruits. **Crop Protection**, Guildford, v.15, n.2, p.129–134, 1996.

VALERO, D.; SERRANO, M. Calcium treatments. In: VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. New York: CRS, 2010. v.1, cap.6, p.109.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**, New York, v.14, n.7, p.1-14, 2015.

WANG, Q.; CHU, L.; & KOU, L. UV-C treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.225, n.1, p.380–385, 2017.

WANG, Y.; LONG, L.E. Physiological and biochemical changes relating to postharvest splitting of sweet cherries affected by calcium application in hydrocooling water. **Food Chemistry**, Barking, v.181, n.1, p.241-247, 2015.

WEI, W.; LV, P.; XIA, Q.; TAN, F.; SUN, F.; YU, W.; JIA, L.; CHENG, J. Fresh-keeping effects of three types of modified atmosphere packaging of pine-mushrooms. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.132, n.1, p.62–70, 2017.

WU, X.; GUAN, W.; YAN, R.; LEI, J.; XU, L.; WANG, Z. Postharvest Biology and Technology Effects of UV-C on antioxidant activity, total phenolics and main phenolic

compounds of the melanin biosynthesis pathway in different tissues of button mushroom. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.118, n.1, p.51–58, 2016.

YAMAMOTO, E.L.M.; FERREIRA, R.M.A.; FERNANDES, P.L.O.; ALBUQUERQUE, L.B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.6, n.2, p.49-55, 2011.

YAN, L.; ZHENG, H.; LIU, W.; LIU, C.; JIN, T.; LIU, S.; ZHENG, L. UV-C treatment enhances organic acids and GABA accumulation in tomato fruits during storage. **Food Chemistry**, Barking, v.338, n.1, p.128126, 2021.

YAUN, B. R.; SUMNER, S. S.; EIFERT, J. D.; MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdã, v.90, n.1, p.1-8, 2004.

ZHANG, K.; PU, Y.; SUN, P. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.78, n.1, p.72-82, 2018.

ZIED, D.C.; DOURADO, F.A. DIAS, E.S.; PARDO-GUIMÉNEZ, A. First study of hormesis effect on mushroom cultivation. **World Journal Microbiology and Biotechnology**, Amsterdã, v.33, n.195, p.1-6, 2017.

CAPÍTULO III

Pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à radiação UV-C

Resumo. Diversas técnicas pós-colheita têm sido empregadas a fim de melhorar a vida útil de cogumelos comestíveis, e a radiação UV-C ou não ionizante mostra-se como uma técnica rápida, econômica e ambientalmente correta. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar as características pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x8 (doses de radiação UV-C x dias de análise), sendo as doses: 0 (controle), 1, 2, 3 e 4 kJm⁻² e os dias de análise: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, contendo 3 repetições com 70±1 gramas de cogumelos cada. Após a exposição às diferentes doses, eles foram armazenados em embalagem de cloreto de polivinila (PVC) + poliestireno expandido (EPS) em incubadora B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à 2±0,5°C e 60±3,8%UR. Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) (P≤0,05) e, quando significativos, foram demonstrados por meio de dendrograma de similaridade pelo método de agrupamento de Ward e análise de componentes principais (PCA), utilizando matriz de distância euclidiana. Não houve significância para a interação, tampouco para o fator dias, somente para o fator doses de radiação UV-C. De acordo com o dendrograma, as doses de radiação UV-C formaram 3 agrupamentos, conforme as similaridades de seus comportamentos mediante as variáveis. Já, em relação a PCA, dentre as doses aplicadas, a dose de 2 kJm⁻² mostrou-se eficaz na manutenção da qualidade de cogumelos com maior luminosidade, maior índice de branquidão, maior quantidade de polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante total. Já, a dose de 3 kJm⁻² apresentou características indesejáveis, bem como maior índice de escurecimento, diferença de cor e croma, consequentemente cogumelos mais escuros e inaptos ao consumo. Conclui-se que a dose de 2 kJ m⁻² foi efetiva na manutenção de qualidade pós-colheita de cogumelos shimeji brancos.

Palavras-chave: Armazenamento. Fungos comestíveis. Irradiação. *Pleurotus ostreatus*. Vida útil. Irradiação.

Postharvest quality of white shimeji mushrooms subjected to UV-C radiation

Abstract: Several post-harvest techniques have been employed in order to improve the shelf life of edible mushrooms, and radiation is shown to be a fast, economical and environmentally correct technique. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the postharvest quality characteristics of white shimeji mushrooms subjected to different doses of UV-C radiation. The experimental design was completely randomized, in a 5x8 factorial scheme (doses of UV-C radiation x days of analysis), with the doses: 0 (control), 1, 2, 3 and 4 kJm⁻² and the days of analysis: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, containing 3 repetitions and each repetition composed of 70±1 grams of mushrooms. They were stored in polyvinyl chloride (PVC) + expanded polystyrene (EPS) packaging in a B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) at 2 ± 0.5°C and 60 ± 3.8% RH. The data were subjected to permutational multivariate variance analysis (PERMANOVA) (P≤0.05) and, when significant, they were demonstrated by means of a similarity dendrogram using Ward's clustering method and principal component analysis (PCA), using Euclidean distance matrix. There was no significance for the interaction, nor for the days factor, only for the factor of doses of UV-C radiation. According to the dendrogram, the UV-C radiation doses formed 3 groups, according to the similarities of their behavior through the variables. Regarding PCA, among the doses applied, the dose of 2 kJm⁻² proved to be effective in maintaining the quality of mushrooms with greater luminosity, higher whiteness index, greater amount of total extractable polyphenols and total antioxidant activity. The dose of 3 kJm⁻², on the other hand, presented undesirable characteristics, as well as a higher

darkening index, color and chroma difference, consequently darker mushrooms and unfit for consumption. It was concluded that the dose of 2 kJm^{-2} was effective in maintaining postharvest quality of white shimeji mushrooms.

Keywords: Storage. Edible fungi. *Pleurotus ostreatus*. Shelf-life.

1. INTRODUÇÃO

Os cogumelos comestíveis têm crescido em popularidade como alimentos funcionais, repercutindo em crescimento da demanda e consumo nas últimas décadas em todo o mundo. A crescente demanda é graças às suas propriedades nutricionais, sendo elas: a quantidade de proteínas, fibras, vitaminas, minerais, carboidratos e aminoácidos essenciais, além das propriedades medicinais, tais como: a prevenção de doenças cardiovasculares e degenerativas, melhoria no sistema imunológico e nas funções antitumorais e antioxidantes. Diversos compostos presentes nos cogumelos são responsáveis por esses benefícios, principalmente os componentes bioativos (SILVEIRA, 2003; KALAC, 2013; ABDEL-AZIZ et al., 2015; KATUN et al., 2015; WANG et al., 2017).

O consumo do *Pleurotus ostreatus* no mundo, principalmente *in natura*, faz com que ele ocupe a segunda posição dentre as espécies cultivadas de cogumelos comestíveis (CHATTERJEE et al., 2017) e represente 24% da produção brasileira (GOMES et al., 2016). Todavia, os cogumelos tendem a perder a qualidade rapidamente após a colheita, podendo se degradar de 1 a 3 dias em temperatura ambiente em torno de 22°C (OLIVEIRA et al., 2012; SAPATA et al., 2017). Logo, estender o armazenamento pós-colheita é uma busca constante na cadeia de produção e suprimento de cogumelos (LI et al., 2016). Desta forma, surge a necessidade de se adequar técnicas que proporcionem a manutenção de qualidade destes cogumelos, preservando a vida útil e reduzindo as perdas nutricionais (HAN LYN, 2020).

Dentre as técnicas pós-colheita empregadas em cogumelos comestíveis, pode se considerar a refrigeração a mais amplamente utilizada para prolongar a vida útil, contudo, esta técnica apresenta efeito limitado em inibir o escurecimento desses cogumelos. Por conseguinte, outros métodos têm sido utilizados, tais como: embalagens, revestimentos comestíveis, tratamentos químicos, tratamentos com ozônio, irradiações ionizantes e não ionizantes, entre outros. Todos com objetivo central de prolongar o prazo de validade dos cogumelos (LIN e SUN, 2019). Contudo, nas técnicas anteriormente mencionadas existem imperfeições, bem como o acúmulo de água na superfície, complexidade de aplicação, exigências da manutenção de umidade e temperatura, além de altos gastos com aparelhos e reagentes, portanto, torna-se necessário aprimoramentos e usos associados de técnicas (WANG et al., 2017).

Neste contexto, surge a irradiação não ionizante, uma técnica que atua com o intuito de manter a qualidade e segurança dos alimentos, além de prolongar a vida útil, já que consegue eliminar o desenvolvimento de doenças transmitidas por alimentos (ODUEKE et al., 2016; BARKAI-GOLAN e FOLLETT, 2017). Estudos avançaram bastante ao demonstrarem os efeitos positivos da utilização de irradiação no controle de escurecimento de cogumelos: UV-C (GUAN et al., 2013; LU et al., 2016b; LEI et al., 2018); radiação gama (WANI et al., 2009, MAMI et al., 2013; GHASEMIVARNAMKHAHASTI et al., 2018); radiação por feixe de elétrons (MAMI et al., 2014). Deste modo, a radiação, principalmente a UV-C, tem se mostrado capaz de suprimir o escurecimento enzimático devido às suas propriedades antibacterianas, aumentando a capacidade antioxidante total e reduzindo a atividade da PPO (polifenoloxidase) (GHASEMI-VARNAMKHAHASTI et al., 2018; LEI et al., 2018). Conquanto, deve-se verificar a dosagem e o tempo de exposição para evitar danos aos tecidos e neutralizar a atividade antiescurecimento (GUAN et al., 2013).

Outras vantagens do uso da radiação UV-C como forma de desinfecção de produtos são a não formação de compostos tóxicos residuais na superfície do produto, o baixo custo e a não produção de odor (YAUN et al., 2004; LOPES-RUBIRA et al., 2005; KEYSER et al., 2008). O efeito antimicrobiano letal causado pelo UV-C é fotoquímico em que a luz UV-C induz em bactérias a formação de dímeros de pirimidinas (GIESE e DARBY, 2000) que inibem a formação de um novo DNA no processo de replicação das células, inativando o microrganismo afetado (BOLTON e LINDEN, 2003). A inativação da PPO pela exposição ao tratamento de UV-C pode ocorrer pela desnaturação das enzimas, assim, o efeito do tratamento com luz UV-C pode ser potencializado pelo desdobramento das cadeias proteicas em temperatura ambiente. Desta forma, aumenta a possibilidade de a luz UV-C ser absorvida pelas ligações duplas conjugadas, o que leva à desnaturação dessas enzimas (GUERRERO-BELTRAN, 2004).

Mediante o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características pós-colheita de cogumelos comestíveis Shimeji brancos *in natura* submetido à diferentes doses de radiação UV-C em associação com refrigeração e embalagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem e preparo dos cogumelos

Os cogumelos Shimeji brancos foram colhidos no mês de abril de 2020, no cultivo comercial Shimeji Shop, localizado a 16° 41' 39,8''S de latitude e 49° 17' 02,6''O de longitude, no município de Goiânia-GO.

Os basidiocarpos foram colhidos manualmente e, após a colheita, foram transportados em ambiente climatizado, por meio de ar condicionado veicular com temperatura aproximada de 19°C, em caixas de poliestireno expandido (EPS) até ao laboratório de Pós-colheita, do Centro de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG), do Campus Central – Sede Anápolis (CET), da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO. No laboratório, os cogumelos foram selecionados de forma manual e visualmente, visando à uniformidade do lote, no que tange à cor, tamanho e forma, respeitando os padrões de comercialização sugeridos por Wang et al. (2019). Isto é, coloração branca, sem sensação viscosa, livres de manchas e traumas mecânicos, e, posteriormente, foi removida toda terra aderida manualmente por meio de movimentos delicados. Todos os procedimentos foram realizados com o auxílio de luvas descartáveis de nitrilo para o manuseio dos cogumelos, a fim de reduzir o contato.

2.2 Caracterização e condução do experimento

Os cogumelos foram expostos a diferentes doses de radiação UV-C, obtidas por diferentes tempos de exposição à fonte irradiadora, e armazenados em atmosfera modificada passiva, proporcionada pelo emprego de embalagem de cloreto de polivinila (PVC) + poliestireno expandido (EPS). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo 5x8 (doses de radiação UV-C x dias de análise), com 3 repetições, sendo cada repetição composta de 70 ± 1 gramas de cogumelos por embalagem, totalizando 8,4 kg de basidiocarpos.

Foram utilizadas cinco doses de irradiação UV-C: 0 (controle), 1, 2, 3 e 4 kJm^{-2} , em que os cogumelos permaneceram no protótipo por 0, 67,41, 134,83, 202,24 e 269,66 segundos, respectivamente. Utilizou-se o fotoradiômetro (Delta OHM, HD2302.0, Caselle, Itália), a fim de verificar a radiação emitida pelo protótipo, expresso Wm^{-2} , após isso, foram determinados os tempos de exposição à fonte UV-C, assim, a unidade foi expressas em kJm^{-2} .

O protótipo de irradiador ultravioleta C utilizado possui câmara cilíndrica de polímero plástico e um grupo de 2 lâmpadas germicidas sem filtro, sendo 1 na parte superior e 1 na parte inferior, com 30 watts cada, ligadas em paralelo, e com estrutura geométrica medindo 0,5x0,5x0,9m (largura x altura x comprimento) e tela trefilada galvanizada, dividindo o equipamento em parte superior e inferior. As lâmpadas possuem amplitude de onda de 254nm.

Para avaliação do armazenamento pós-colheita, os cogumelos foram armazenados em incubadora tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $60 \pm 3,8\% \text{UR}$, por um período de 14 dias, sendo as análises realizadas a cada 2 dias (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias).

2.3 Variáveis analisadas

2.3.1 Perda de massa (WL): Para a análise de perda de massa foi utilizada balança digital de precisão (Shimadzu, BL 3200H, Kyoto, Japão) com precisão de 0,5g com carga máxima de 3200g, considerando a massa inicial de cada cogumelo, sendo calculada a porcentagem de perda a partir da equação (1):

$$\text{Perda de Massa}(\%) = \frac{M_i - M_d}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Em que: M_i : Massa inicial do cogumelo (g); M_d : Massa do cogumelo no dia de análise (g).

2.3.2 Firmeza (F): A avaliação da firmeza do cogumelo foi realizada no aparelho texturômetro (Brookfield - *Texture Analyser* CT3 50K, Middleborough, EUA) por meio de compressão com velocidade de $5,0\text{mm s}^{-1}$ e 15 mm de deformação, ponteira probe cilíndrica TA-11, com 3,8cm de diâmetro e 1,9cm de altura. Foram realizadas duas leituras no pôleo e duas na estipe. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.3.3 Sólidos Solúveis (SS): O teor de sólidos solúveis foi medido por leitura refratométrica em °Brix, à 20°C, com refratômetro digital portátil (Reichert Brix, RI-Check, Buffalo, EUA), medindo de 0 a 62°Brix, conforme metodologia da AOAC (2016).

2.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH): Foi determinado por potenciometria com auxílio de pHmetro digital (Tecnal, R-Tecnal-7-MP, Piracicaba, Brasil), segundo método da AOAC (2016).

2.3.5 Coloração: Foi realizada por refletância, utilizando-se colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão), em que a coordenada L^* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a^* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b^* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). A partir das coordenadas a^* e b^* , foram calculados: o Croma (saturação da cor), equação (2), o °Hue (tonalidade da cor), equação (3) (KONICA MINOLTA, 2007), o Índice de escurecimento (BI), equação (4, 5) e o Índice de brancura (WI), equação (6), de acordo com Borchert et al. (2014), e diferença de cor (CD), equação (7) (SONG et al., 2019).

$$\text{Croma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$\text{°Hue} = \arctang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

$$\text{BI} = \frac{100(x-0,31)}{0,17} \quad (4)$$

$$x = \frac{(a^* + 1,75L^*)}{(5,645L^* + a^* - 3,012b^*)} \quad (5)$$

$$\text{WI} = L^* - 3b^* + 3a^* \quad (6)$$

$$CD = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (7)$$

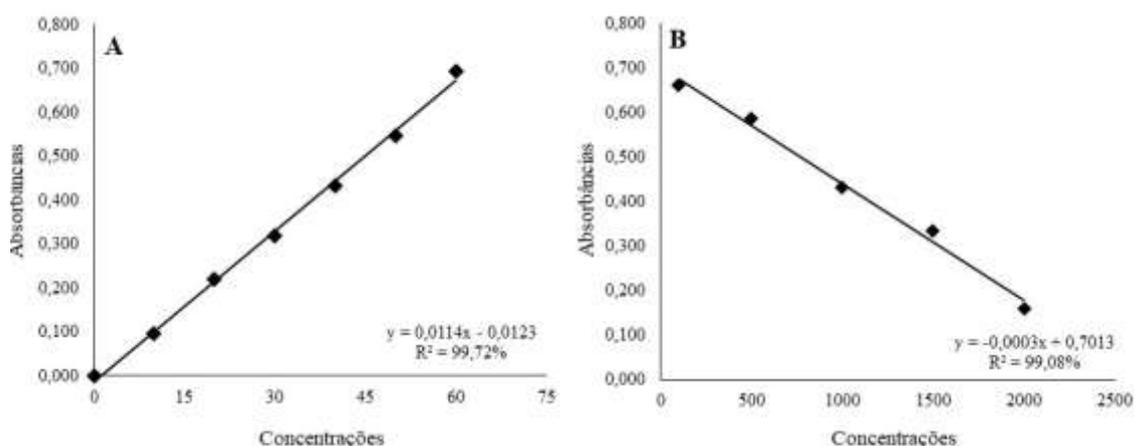
Em que:

a^* = Valor de a^* , obtido pelo Colorímetro; b^* = Valor de b^* , obtido pelo Colorímetro, L^* = Valor de L^* obtido pelo Colorímetro, x = constante da fórmula 4.

Para a determinação da atividade antioxidante total e polifenóis extraíveis totais, as amostras foram secas em estufa de circulação e renovação de ar (Tecnal, TE-394/2-MP, Piracicaba, Brasil) a 65°C por 4 horas (PAULI, 2010), e armazenadas em dessecador de sílica, em embalagem escura, até o momento da realização das análises.

2.3.6 Atividade antioxidante total: A atividade antioxidante total foi determinada usando-se os métodos de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme Rufino et al. (2010), com curva padrão apresentada na figura 1A, e os resultados expressos em EC50g cogumelo seco g⁻¹ DPPH, e captura do radical ABTS (2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), também de acordo com Rufino et al. (2010) com curva padrão mostrada na figura 1B, e os resultados foram expressos em μmol de trolox g⁻¹ de cogumelo seco. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Instrutherm, UV-2000A Visível, São Paulo, Brasil) a 515nm para DPPH e 734nm para ABTS, ambos no tempo de 6 minutos após a adição da amostra.

Figura 1 - Curva do DPPH x absorbâncias (a) e curva do ABTS x absorbâncias (b) para cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C.



2.3.7 Polifenóis extraíveis totais (TEP): Os teores de polifenóis extraíveis totais foram quantificados usando-se o método de Folin Ciocalteu de acordo com Rufino et al. (2010). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico 100g⁻¹ de cogumelo seco.

2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($P \leq 0,05$) e, quando significativos, foram realizados análise de agrupamento hierárquica (dendrograma) e análise de componentes principais (PCA) utilizando matriz de distância euclidiana, por meio do Software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2020).

A análise de agrupamento hierárquica foi processada utilizando-se como coeficiente de semelhança a medida de dissimilaridade euclidiana e o algoritmo de Ward como estratégia de agrupamento (SNEATH e SOKAL, 1973; HAIR et al., 2009).

Análise de componentes principais (PCA). A técnica de PCA gera variáveis latentes ortogonais, centradas na região de maior variabilidade. Para tanto, foi calculada uma matriz de covariâncias e extraídos os autovalores. Estes geram autovetores (componentes principais ou PCs), que são combinações lineares das variáveis originais (KAISER, 1960). Para a escolha dos componentes principais, utilizaram-se três critérios. O primeiro foi sugerido por Jolliffe (1986), no qual os componentes com autovalor inferior a 0,7 são passíveis de descarte (PIRES et al., 2019). Outro critério avaliado foi considerar os autovalores iguais ou superiores a 1,0, uma vez que as variáveis originais também apresentam variância igual a 1,0, após terem sido padronizadas, conforme proposto por Kaiser (1960) e Fraga et al. (2016). Já, o terceiro critério foi proposto por Rencher (2002), em que pelo menos 70% da variância total deve ser explicada pelos dois primeiros componentes principais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da aceitação de cogumelos Shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C e armazenados à $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$, por 14 dias, estão apresentados na figura 2. De acordo com o observado, a dose de 2kJm^{-2} foi eficiente na conservação da coloração de cogumelos Shimeji brancos armazenados, pois conseguiu preservar por mais dias os frutos aptos para o consumo. O índice de brancura dos cogumelos no 14º dia foi de 19,20, 20,58, 21,13, 11,03, 20,67 para 0, 1, 2, 3 e 4 kJm^{-2} respectivamente, portanto, a dose de 2kJm^{-2} manteve maiores índices de brancura ao final do armazenamento (Figura 2).

Tal comportamento pode ser explicado pelo efeito semelhante a *hormese*, isto é, quando uma característica biológica é estimulada por baixas doses de um composto, mas inibida por altas doses da mesma composição, ou seja, tem efeito benéfico ao estímulo em doses baixas e inibição ou efeito tóxico em altas doses (BUKOWSKI e LEWIS, 2000; CALABRESE e BALDWIN, 2000; CALABRESE e BALDWIN, 2001; TURTURRO et al., 2001), efeito semelhante já observado em cogumelos comestíveis *Agaricus bisporus* após aplicação de

baixas doses de fungicidas (ZIED et al., 2017). Em relação a aplicação da dose de 2 kJm^{-2} , têm-se resultados semelhantes encontrados por Wang et al. (2017) que conseguiram melhor preservação da coloração de *Pleurotus ostreatus* após 15 dias de armazenamento refrigerado à 4°C , com a aplicação de 2 kJm^{-2} de UV-C. Lu et al. (2016a, 2016b) também relataram que o tratamento UV-C pode reduzir o escurecimento de cogumelos de botão.

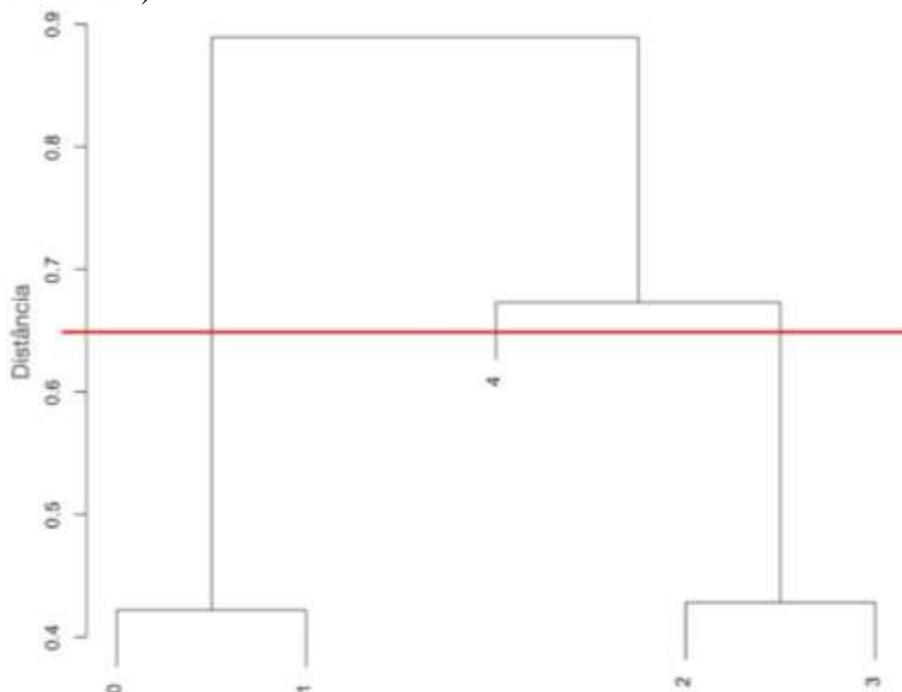
Figura 2 - Conservação pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C (0, 1, 2, 3 e 4 kJm^{-2}) e armazenados a $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $58 \pm 3\% \text{UR}$, por 14 dias em incubadora B.O.D.



De acordo com a permanova, a 5% de probabilidade, não houve significância para a interação, tampouco para o fator dias, somente para o fator doses de radiação UV-C. Sendo assim, para a confecção do dendrograma e da análise de componentes principais (PCA) foi trabalhado somente com o fator doses. Baseando-se nas características físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos produziu-se um agrupamento hierárquico das doses utilizadas de radiação ultravioleta C, fundamentado em coeficiente de dissimilaridade euclidiana e método de agrupamento por algoritmo de Ward, utilizando a distância de 0,65 como ponto de corte para separação dos agrupamentos (Figura 3).

Constatou-se no dendrograma a separação de 3 grupos de interesse, sendo o grupo 1, contendo a dose 0 kJm^{-2} e 1 kJm^{-2} de radiação UV-C, seguido pelo grupo 2, composto pela dose 4 kJm^{-2} , e por fim, o grupo 3, composto pela dose 2 kJm^{-2} e 3 kJm^{-2} .

Figura 3 - Dendrograma fundamentado em coeficiente de dissimilaridade euclidiana e método de agrupamento de Ward, com distância de 0,65 como ponto de corte, para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos *in natura*, submetidos à diferentes doses de radiação UV-C (0 - controle; 1 - radiação UV-C de 1kJ m^{-2} ; 2 - radiação UV-C de 2kJ m^{-2} ; 3 - radiação UV-C de 3kJ m^{-2} e 4 - radiação UV-C de 4kJ m^{-2}).



A tabela 1 apresenta os autovalores, a porcentagem de variância explicada e a variância explicada acumulada. Pode-se observar que foi apresentado até o componente principal 4 (PC4), visto que os demais foram descartados por apresentarem autovalores inferiores a 0,7 e a variância acumulada já atingiu 100% no PC4. Os dois primeiros componentes principais explicaram mais de 70% da variabilidade dos dados, sendo o componente 1 responsável por 47,10% e o componente 2 por 26,22% e apresentaram autovalores superiores a 1,0, demonstrando sua representatividade. Portanto, selecionou-se os componentes 1 e 2 para as análises de dendrograma e análise de componentes principais (PCA).

Tabela 1 - Componentes principais (PCs), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e porcentagem da variância explicada acumulada (VCPA) das características avaliadas nos cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C.

PCs	Autovalor	VCP (%)	VCPA (%)
PC1	6,1231	47,10	47,10
PC2	3,4082	26,22	73,32
PC3	2,7185	20,91	94,23
PC4	0,7501	5,77	100,00

Os coeficientes de correlação de Pearson entre as características avaliadas variaram de -0,864 a 0,965 (Tabela 2). Ao analisar os autovetores, os parâmetros luminosidade (L^*), índice de brancura (WI), pH, sólidos solúveis, atividade antioxidante total pelo método de ABTS e polifenóis extraíveis totais (TEP) foram as variáveis com maior correlação positiva, já, a atividade antioxidante total pelo método de DPPH obteve a maior correlação negativa ao componente 1. Portanto, à medida que os parâmetros positivos aumentam o inverso ocorre com a atividade antioxidante (DPPH) que está negativamente correlacionada, o que é desejável visto que, para se atingir maior atividade antioxidante, o valor de captura do radical DPPH tem que ser menor, pois indica que é necessário menor quantidade de amostra para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical DPPH (OLIVEIRA et al., 2020).

Já para o componente 2, os parâmetros mais significativos foram o croma (C), índice de escurecimento (BI) e diferença de cor (CD), correlacionados positivamente, e negativamente foram a perda de massa (WL) e o *Hue* (H). Tais parâmetros estão relacionados a cogumelos com qualidade inferior, logo não seriam facilmente comercializáveis. Portanto, a perda de massa e o escurecimento acentuados, provenientes da perda de água e atividade enzimática, são os principais problemas a serem enfrentados na pós-colheita de cogumelos (SINGH et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

Para o terceiro componente principal (PC3), apenas a firmeza (F) obteve alto valor de correlação. O PC3 obteve autovalor superior a 1,0 e, portanto, ele foi analisado juntamente com o primeiro e segundo a fim de entender o comportamento das variáveis. Contudo, ele não foi selecionado para ser utilizado na PCA, visto que, para diferentes autores a escolha do componente está relacionada à importância, ou seja, a maior variância. Por isso, escolhe-se o primeiro componente que represente o máximo da variabilidade dos dados, seguido pelo segundo de maior valor (MANLY, 1986; JOHNSON e WICHERN, 1998; ANDERSON, 2003;

FERREIRA, 2011). O terceiro componente representa aproximadamente 20% da variabilidade dos dados, valor inferior e ao primeiro e segundo componente.

Tabela 2 - Autovetores de correlação entre as variáveis nos três primeiros componentes principais (PC1, PC2, PC3) de características físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidas à diferentes doses de radiação UV-C.

Autovetores	PC1	PC2	PC3
Perda de massa (WL)	-0,556	-0,824	0,106
Luminosidade (L*)	0,991¹	-0,127	0,028
Índice de escurecimento (BI)	-0,567	0,700	-0,428
Índice de brancura (WI)	0,771	-0,446	0,427
Diferença de cor (CD)	-0,403	0,678	0,439
Croma (C)	-0,156	0,825	-0,533
°Hue (H)	0,087	-0,605	-0,517
Firmeza (F)	-0,305	0,385	0,869
pH	0,782	0,430	0,445
Sólidos solúveis (SS)	0,769	0,258	-0,572
Atividade antioxidante total (ABTS)	0,965	0,156	0,106
Polifenóis extraíveis totais (TEP)	0,864	0,253	0,294
Atividade antioxidante total (DPPH)	-0,864	-0,107	0,461

¹Números em negrito destacam variáveis com maiores valores de correlação observada em cada PC.

De acordo com a análise de componentes principais (PCA), as doses foram distinguidas completamente, indicando, assim, que houve diferença significativa entre as doses utilizadas. Tal resultado obtido na análise de componentes principais, evidencia dose 4kJm^{-2} se mostrou mais distante das demais, indicando a presença de características distintas, em razão de não ter agrupado próximo aos vetores com maior representatividade. Já as doses 0 (controle) e 3kJm^{-2} mostraram-se próximas, provavelmente por terem resultados semelhantes no cogumelo, ou seja, por apresentarem cogumelos com características de escurecimento. Enquanto, as doses 1 e 2kJm^{-2} mantiveram isoladas uma em cada quadrante, estando a dose 1kJm^{-2} sem posicionamento evidente de vetores e a dose de dose de 2kJm^{-2} correlacionada aos vetores desejáveis para qualidade pós-colheita e a (Figura 4).

Ao analisar os parâmetros com maior correlação positiva no componente principal 1 (PC1) temos L, WI, pH, SS, ABTS e PET com proximidade à dose aplicada de 2kJm^{-2} . Tais vetores representam características desejáveis para a qualidade pós-colheita de cogumelos, evidenciando maior atividade antioxidante, maior índice de brancura, luminosidade e pH mais elevados.

Constatou-se que a dose 2kJm^{-2} resultou em aumento do pH, o que pode ter inibido o crescimento microbiano. Han Lyn et al. (2020) observaram que a proliferação de microrganismos, tais como: *Clostridium botulinum*, ou respiração anaeróbica em cogumelos leva à redução do pH. Ding et al. (2011) ao avaliarem água eletrolisada em cogumelos concluíram que com a inibição do crescimento de microrganismos houve menor produção de ácidos orgânicos, logo, valores de pH com pouca variação. A redução de carga microbiana é almejada após aplicação de UV-C, que tem por finalidade reduzir a quantidade de microrganismos, controlar o aparecimento de doenças e consequente deterioração dos produtos (TIECHER et al., 2010; ALAM KHAN e ABRAHEM, 2010; RIBEIRO et al., 2012; SHEN et al., 2013).

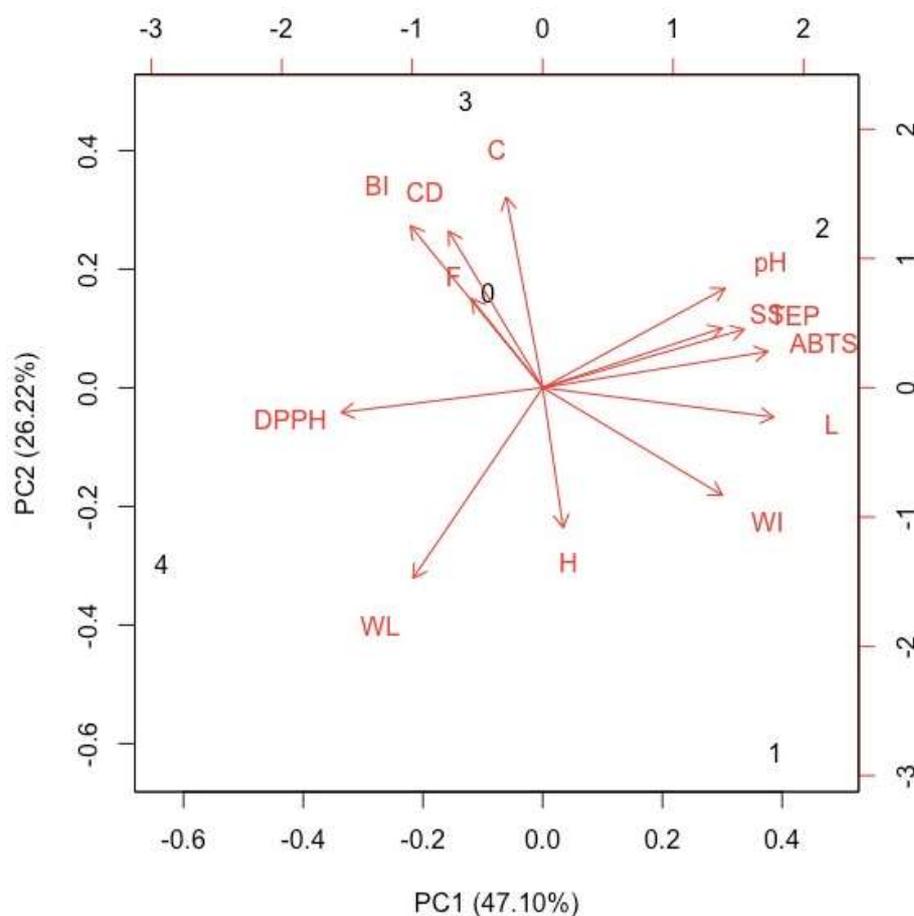
O índice de brancura e a luminosidade mostraram-se mais próximos da dose 2kJm^{-2} o que é favorável à qualidade pós-colheita de cogumelos. Portanto, a dose de 2kJm^{-2} foi eficiente na manutenção de brilho, representado pela luminosidade, e conservação da coloração branca ao longo do armazenamento do *Pleurotus ostreatus*. Segundo Ojeda et al. (2019), o escurecimento faz com que se reduza substancialmente a aceitação dos cogumelos pelos consumidores, fato este de grande importância neste trabalho.

Durante o processo natural de senescência dos cogumelos ocorre a hidrólise de carboidratos em açúcares e isso resulta em maior teor de sólidos solúveis (JIANG, 2013, ZHANG et al., 2019). Observa-se que a dose de 2kJm^{-2} foi eficiente na retenção de SS, o que o que de acordo com Wang et al. (2017), é proporcionado pela radiação UV-C em que demonstra ser um potencial meio de reter o conteúdo de sólidos solúveis nos cogumelos e, consequentemente, atuando na prevenção de maior taxa metabólica.

A dose 2 (2kJm^{-2}) está caracterizada por maior quantidade de polifenóis extraíveis totais, já que está próxima ao vetor TEP e ter maior atividade antioxidante total por estar localizada próximo ao vetor ABTS, oposto ao DPPH. Já, menores valores de DPPH indicam uma maior atividade antioxidante dos produtos (SRIDHAR e CHARLES, 2019; OLIVEIRA et al., 2020). Cogumelos irradiados com UV-C têm expressado melhoria nas propriedades antioxidantes por meio das propriedades antibacterianas, diminuição da atividade de polifenoloxidase (PPO) mediante o aumento dos fenóis totais e consequentemente uma menor formação de melanina

(NAYGA-MERCADO e ALABASTRO, 1989; GAUTAM et al., 1998; BEAULIEU et al., 1999, BEAULIEU et al., 2002; XING et al., 2007; KIM et al., 2009; XIONG et al., 2009; DUAN et al., 2010; GHASEMI-VARNAMKHAISTI et al., 2018; LEI et al., 2018).

Figura 4 - Análise de componentes principais para as variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes doses de radiação UV-C. Legenda: (0 - controle; 1 - radiação UV-C de 1kJm^{-2} ; 2 - radiação UV-C de 2kJm^{-2} ; 3 - radiação UV-C de 3kJm^{-2} e 4 - radiação UV-C de 4kJm^{-2} ; WL - perda de massa; L* - luminosidade; BI - índice de escurecimento; WI - índice de brancura; CD - diferença de cor; C - croma; H - °Hue; F - firmeza; pH - potencial hidrogeniônico; SS - sólidos solúveis; atividade antioxidante total por método de ABTS - (2,2'-AZINO-BIS(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; TEP - polifenóis extraíveis totais; atividade antioxidante total por método de DPPH - (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).



O parâmetro de atividade antioxidante total pelo método de DPPH apresenta correlação negativa ao componente principal 1, estando mais próximo da dose 4 (4kJm^{-2}) e oposto a dose 2, ou seja, a dose 4 apresentou maior quantidade de DPPH em que demonstrou menor atividade antioxidante já que ela é medida em EC_{50} . Já, a dose 2 apresentou menores valores de DPPH e consequente maior atividade antioxidante. A porcentagem de inibição de DPPH é expressa em concentração efetiva (EC_{50}), que é a quantidade necessária para reduzir a concentração inicial

do radical em 50% (SRIDHAR e CHARLES, 2019). Portanto, segundo Oliveira et al. (2020), para indicar maior atividade antioxidante, o valor de captura do radical DPPH tem que ser menor, pois indica que é necessário menor quantidade de amostra para reduzir 50% a quantidade inicial do radical DPPH, fato este verificado neste trabalho.

Ao avaliar os vetores correlacionados negativamente ao componente 2 (PC2), encontrou perda de massa (WL) e *Hue* (H). A perda de massa está alinhada à dose 4 que também apresentou proximidade ao DPPH, o que mostra que a dose superior proporcionou maior perda de massa e menor atividade antioxidante. Segundo Han Lyn et al. (2020), um dos principais problemas durante o armazenamento pós-colheita de cogumelos é a desidratação rápida pela perda de água, o que leva diretamente à perda de massa. Isso ocorre porque o cogumelo é revestido por uma fina estrutura epidérmica, além dos altos índices de respiração e transpiração (NASIRI et al., 2017; SINGH et al., 2018). Logo, a dose 4 kJm^{-2} não se apresentou efetiva na manutenção da perda de massa de cogumelos *Pleurotus ostreatus*.

Em relação aos vetores correlacionados ao PC2, podemos constatar que o índice de escurecimento (BI), diferença de cor (CD) e croma (C) estão correlacionados positivamente, estando alinhados e próximos as doses de 0 kJm^{-2} e 3 kJm^{-2} o que evidencia que estas doses proporcionaram atributos indesejáveis para a pós-colheita dos cogumelos Shimeji brancos, logo estes cogumelos mostraram-se mais escuros, com maior diferença de cor e croma.

Sendo assim, pode se verificar que a variável croma está diretamente relacionada ao escurecimento dos cogumelos, visto que de acordo com Corrêa (2016) e Seifert (2017), o aumento do croma (saturação de cor) é um indicativo para aferição do índice de escurecimento, já que valores crescentes de croma denotam aumento da coloração marrom e conseqüentemente cogumelos mais escuros. Alterações nos parâmetros de coloração durante o armazenamento de diversos produtos agrícolas, inclusive de cogumelos, ocorrem em sua grande maioria em decorrência de alterações enzimáticas levando ao escurecimento do produto, prejudicando assim sua comercialização (JIANG et al., 2011; SOLINO et al., 2012; QUEVEDO et al., 2016; PERSIC et al., 2017).

Em relação a dose de 1 kJm^{-2} não foi possível constatar nenhum vetor com posicionamento evidente. Sendo assim, não foi possível de identificar seu comportamento na pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura*.

4 CONCLUSÃO

Dentre as doses avaliadas, nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que: a dose de 2 kJm^{-2} apresentou resultados satisfatórios no que tange a coloração e

atividade antioxidante total. Os cogumelos com esta dose apresentaram maior luminosidade, maior índice de brancura, pH, polifenóis extraíveis totais e maior atividade antioxidante pelos métodos de ABTS e DPPH.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIZ, S. M.; HAMID, H. A.; FADEL, M. Edible mushrooms: a green biotechnology and great nutritional value for improving human health. **EPH- International Journal of Science and Engineering**, Chattisgarh, v.1, n.8, p.01-17, 2015.
- ALAM KHAN, K.; ABRAHEM, H. Efeito da irradiação na qualidade de especiarias. **International Food Research Journal**, Selangor, v.17, n.4, p.825-836, 2010.
- ANDERSON, T.W. **Na introduction to multivariate statistical analysis**. New York: Wiley, 6ed. 2003. 374p.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20ed. Maryland, USA, 2016. 3100p.
- BARKAI-GOLAN, R.; FOLLET, P.A. **Irradiation for quality improvement, microbial safety and phytosanitation of fresh produce**. 1 ed. London, UK: Academic Press. 2017. 277 p.
- BEAULIEU, M.; D'APRANO, G.; LACROIX, M. Dose rate effect of γ irradiation on phenolic compounds, polyphenol oxidase, and browning of mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.1, p.2537-2543, 1999.
- BEAULIEU, M., D'APRANO, G., & LACROIX, M. Effect of dose rate of gamma irradiation on biochemical quality and browning of mushrooms *Agaricus bisporus*. **Radiation Physics and Chemistry**, Amsterdã, v.63, n.1, p.311–315, 2002.
- BOLTON, J.; LINDEN, K.G. Standardization of methods for fluence (UV dose) determination in bench-scale UV experiments. **Journal of Environmental Engineering**, Amsterdã, v.129, n.1, p.209-215, 2003.
- BORCHERT, N. B.; CRUZ-ROMERO, M. C.; MAHAJAN, P. V.; REN, M.; PAPKOVSKY, D. B.; KERRY, J. P. Application of gas sensing technologies for non-destructive monitoring of headspace gases (O₂ and CO₂) during chilled storage of pack- aged mushrooms (*Agaricus bisporus*) and their correlation with product quality parameters. **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v. 2, n.1, p.17-29, 2014.
- BUKOWSKI, J.A.; LEWIS, R.J. Hormesis and health: A little of what you fancy may be good for you. **Southern Medical Journal**, Birmingham, v.93, n.1, p.371-374, 2000.
- CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. History of chemical hormesis. **Human and Experimental Toxicology**, London, v.19, n.1, p.2-31, 2000.
- CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. Hormesis: a generalizable and unifying hypothesis. **Critical Reviews in Toxicology**, London, v.31, n.1, p.353-424, 2001.

CHATTERJEE, S.; SARMA, M. K.; DEB, U.; STEINHAUSER, G.; WALTHER, C.; GUPTA, D. K. Mushrooms: from nutrition to mycoremediation. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v.24, n.24, p.19480-19493, 2017.

CORRÊA, R.C. **Preservação de purê de maçã (*Malus domestica* Borkh) por agente químicos e físicos**. 2016. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

DING, T.; RAHMAN, S.M.E. OH, D.H. Inhibitory effects of low concentration electrolyzed water and other sanitizers against foodborne pathogens on oyster mushrooms. **Food Control**, Amsterdã, v.22, n.2, p.318-322, 2011.

DUAN, Z.; XING, Z.; SHAO, Y.; ZHAO, X. Effect of electron-beam irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of the white button mushroom, *Agaricus bisporus*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.58, n.1, p.9617–9621, 2010.

FERREIRA, D.F. **Estatística Multivariada**. Lavras: UFLA, 2011, 1ed. 2011, 675p.

FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; HONGYU, K.; SANTOS, D.D.S.; MURPHY, T.W.; LOPES, F.B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and production traits of crossbred Holstein x Zebu cows. **Tropical Animal Health and Production**, London, v.48, n.3, p.533-538, 2016.

GAUTAM, S.; SHARMA, A.; THOMAS, P. Gamma irradiation effects on shelf- life, texture, polyphenol oxidase and microflora of mushroom (*Agaricus bisporus*). **International Journal of Food Science and Nutrition**, London, v.49, n.1, p.5–10, 1998.

GHASEMI-VARNAMKHASTI, M.; MOHAMMAD-RAZDARI, A.; YOOSEFIAN, S.H.; IZADI, Z. Effects of the combination of gamma irradiation and Ag nanoparticles polyethylene films on the quality of fresh button mushroom (*Agaricus bisporus* L.). **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v.42, n.7, p.13652, 2018.

GIESE, N.; DARBY, J. Sensitivity of microorganisms to different wavelengths of UV light: implications on modeling of medium pressure UV systems. **Water Research**, Amsterdã, v.34, n.16, p.4007–4013, 2000.

GOMES, D.; AKAMATSU, I.; SOUZA, E.; FIGUEIREDO, G.J.B. Censo paulista de produção de cogumelos comestíveis e medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.13, n.1, p.1-6, 2016.

GUAN, W.; FAN, X.; YAN, R. Effect of combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, native microbial loads, and quality of button mushrooms. **Food Control**, Amsterdã, v.34, n.2, p.554-559, 2013.

GUERRERO-BELTRAN, J.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. Review: advantages and limitations on processing foods by UV light. **Food Science and Technology International**, Thousand Oaks, v.10, n.3, p.137-147, 2004.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise Multivariada de Dados**. 6 eds. Porto Alegre: Bookman, 2009. 682p.

- HAN LYN, F.; MARYAM ADILAH, Z.A.; NOR-KHAIZURA, M.A.R.; JAMILAH, B.; NUR HANANI, Z.A. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v.23, n.1, p.100451, 2020.
- JIANG, T. Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.76, n.1, p.91-97, 2013.
- JIANG, T.; ZHENG, X. LI, J.; JING, G.; CAI, L.; YING, T. Integrated application of nitric oxide and modified atmosphere packaging to improve quality retention of button mushroom (*Agaricus bisporus*). **Food Chemistry**, Barking, v.126, n.4, p.1693-1699, 2011.
- JOLLIFFE, I.T. **Principal components analysis**. New York: Springer-Verlag, 1986. 271p.
- JOHNSON, R.A; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. Madison: Prentice Hall International. 1ed. 1998. 816p.
- KAISER, H.F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, Santa Barbara, v.20, n.1, p.141-151, 1960.
- KALAC, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.93, n.2, p.209-218, 2013.
- KATUN, S.; ISLAM, A.; CAKILCIOGLU, U.; GULER, P.; CHATTERJEE, N.C. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). **NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences**, Amsterdã, v.72, n.1, p.1-5, 2015.
- KEYSER, M.; MÜLLER, I.A.; CILLIERS, F.P.; NEL, W.; GOUWS, P.A. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdã, v.9, n.3, p.348–354, 2008.
- KIM, J.H.; SUNG, N.Y.; KWON, S.K.; SRINIVASAN, P.; SONG, B.S.; CHOI, J.; YOON, Y.; KIM, J.K.; BYUN, M.W.; KIM, M.R.; LEE, J.W. γ -Irradiation improves the color and antioxidant properties of chaga mushroom (*Inonotus obliquus*) extract. **Journal of Medicinal Food**, Knoxville, v.12, n.1, p.1343–1347, 2009.
- KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Japão: Konica Minolta Sensing, 2007. 62p.
- LEI, J.; LI, B.; ZHANG, N.; YAN, R.; GUAN, W.; BRENNAN, C.S.; GAO, H.; PENG, BO. Effects of UV-C treatment on Browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different of *Agaricus bisporus* during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.139, n.1, p.99-105, 2018.
- LI, D.; QIN, X.; TIAN, P.; WANG, J. Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. **Food Chemistry**, Barking, v.196, n.1, p.1092–1100, 2016.

- LIN, X.; SUN, D. Research advances in Browning of button mushroom (*Agaricus bisporus*): Affecting factors and controlling methods. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.90, n.1, p.63-75, 2019.
- LÓPEZ-RUBIRA, V.; CONESA, A.; ALLENDE, A.; ARTÉS, F. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.37, n.1, p.174-185, 2005.
- LU, H.; LI, L.; LIMWACHIRANON, J.; XIE, J.; LUO, Z. Effect of UV-C on ripening of tomato fruits in response to wound. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.213, n.1, p.104-109, 2016 (a).
- LU, Y.; ZHANG, J.; WANG, X.; LIN, Q.; LIU, W.; XIE, X.; WANG, Z.; GUAN, W. Effects of UV-C irradiation on the physiological and antioxidant responses of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during storage. **HortScience**, Alexandria, v.51, n.6, p.1502-1508, 2016 (b).
- MAMI, Y.; PEYVAST, G.; ZIAIE, F.; GHASEMNEZHAD, M.; SALMANPOUR, V. Improvement of shelf-life and postharvest quality of white button mushroom by gama-ray irradiation. **Plant Knowledge Journal**, Lismore, v.2, n.2, p.1-7, 2013.
- MAMI, Y.; PEYVAST, G.; ZIAIE, F.; GHASEMNEZHAD, M.; SALMANPOUR, V. Improvement of shelf-life and postharvest quality of white button mushroom by electron beam irradiation. **Journal of Food Processing and Preservation**, Malden, v.38, n.4, p.1673-1681, 2014.
- MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods**. New York: Chapman and Hall. 1ed. 1986. 159p.
- NASIRI, M.; BARZEGAR, M.; SAHARI, M.A.; NIAKOUSARI, M. Tragacanth gum containing *Zataria multiflora* Boiss. essential oil as a natural preservative for storage of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Food Hydrocolloids**, Amsterdã, v.72, n.1, p.202-209, 2017.
- NAYGA-MERCADO, L.; ALABASTROF, E.F. Effects of irradiation on the storage quality of fresh straw mushrooms *Volvariella volvacea*. **Food Quality and Preference**, London, v.1, n.1, p.113-119, 1989.
- ODUEKE, O.B.; FARAG, K.W.; BAINES, R.N.; CHADD, S.A. Irradiation applications in dairy products: a review. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v.9, n.5, p.751-767, 2016.
- OJEDA, G.A.; SGROPPO, S.C.; MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Chitosan/tripolyphosphate nanoaggregates enhance the antibrowning effect of ascorbic acid on mushroom slices. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.156, n.1, p.110934, 2019.
- OLIVEIRA, B.F.; NASCIMENTO, C.P.; DANTAS, C.E.A.; LIMA, I.V.S.; SARMENTO, D.A.; SILVA, M.A.; FARIAS, V.L. Effect of enzymatic treatment on clone cacao pulping: Physicochemical characteristics, polyphenols content and antioxidant activity. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.1-21, 2020.

OLIVEIRA, F.; SOUSA-GALLAGHER, M. J.; MAHAJAN, P. V.; TEIXEIRA, J. A. Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.111, n.2, p.466-473, 2012.

PAULI, P.A. **Avaliação da composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em cogumelos comestíveis**. 2010. 73p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2010.

PERSIC, M.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SLATNAR, A.; VEBERIC, R. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic, content, enzymatic activity and Browning. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.82, n.1, p.23-31, 2017.

PIRES, L.C.; MACHADO, R.M.; FONSECA, J.D.; FONSECA, J.F.; PILE, E.; BRANDÃO, F.Z. Caracterização biométrica de caprinos da República de Cabo Verde. **Arquivos de Zootecnia**, Córdoba, v.68, n.263, p.384-394, 2019.

QUEVEDO, R.; ÉDRESCJO, F.; BASTIAS, J.M.; DÍAZ, O. Correlation of the fractal enzymatic browning rate with the temperature in mushroom, pear and apple slices. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.65, n.1, p.406-413, 2016.

R Core Team. **R: A Language and environment for statistical computing**. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2020.

RENCHE, A.C. **Methods of multivariate Analysis**. 2 ed. Nova York: Wiley-Interscience, 2002. 727p.

RIBEIRO, C.; CANADA, J.; ALVARENGA, B. Prospects of UV radiation for application in postharvest technology. **Journal Food Agriculture**, Chichester, v.24, n.6, p.586-597, 2012.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non tradicional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v.121, n.1, p.996-1002, 2010.

SAPATA, M.M.; FERREIRA, A.; RAMOS, A.C.; MACHADO, H. **Conservação de cogumelos frescos em atmosfera modificada**. 1.ed. Lisboa: Vida Rural, 2017. 3p. (Dossier Técnico).

SEIFERT, M. **Efeito do tempo de armazenamento refrigerado de maçã cv. 'Gala', in natura: na qualidade sensorial, físico-química e bioquímica de produtos minimamente processado em fatia, com epiderme, tratado com eritorbato de sódio e três diferentes coberturas comestíveis**. 2017. 151p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Pelotas, Pelotas, 2017.

SHEN, Y.; SUN, Y.; QIAO, L.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Effect of UV-C treatments on phenolic compounds and antioxidante capacity of minimally processed *Satsuma mandarin* during refrigered storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.79, n.6, p.50-57, 2013.

- SILVEIRA, M.L.L. **Comparação entre o desempenho do inoculo sólido e inoculo líquido para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- SINGH, S.; GAIKWAD, K.K.; LEE, M.; LEE, Y.S. Thermally buffered corrugated packaging for preserving the postharvest freshness of mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.2016, n.1, p.11-19, 2018.
- SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973, 573p.
- SOLINO, A.J.S.; ARAÚJO NETO, S.E.; SILVA, A.N.; RIBEIRO, A.M.A.S. Severidade da antracnose e qualidade os frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.57-66, 2012.
- SONG, C.; LI, A.; CHAI, Y.; LI, Q.; LIN, Q.; DUAN, Y. Effects of 1-methylcyclopropene combined with modified atmosphere on quality of fig (*Ficus carica* L.) during postharvest storage. **Journal of Food Quality**, London, v.4. n.1, p.1-9, 2019.
- SRIDHAR, K.; CHARLES, A.L. In vitro antioxidant activity of Kyoho grape extracts in DPPH and ABTS assays: Estimation methods for EC50 using advanced statistical programs. **Food Chemistry**, Barking, v.275, n.1, p.41-49, 2019.
- TIECHER, A; PAULA, L.A.; CHAVES, F.C.; ROMBALDI, C.V. UV-C effect on ethylene, polyamines and the regulation of tomato fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.86, n.1, p.230-239, 2013.
- TURTURRO, A.; HASS, B.; HART, R.W. Does caloric restriction induce hormesis. **Nutrition**, State College, v.17, n.1, p.78-82, 2001.
- WANI, A. M.; HUSSAIN, P. R.; MEENA, R. S.; DAR, M. A.; MIR, M. A. Effect of gamma irradiation and sulphitation treatments on keeping quality of white button mushroom *Agaricus bisporus* (J. Lge). **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, n.44, n.5, p.967–973, 2009.
- WANG, Q.; CHU, L.; KOU, L. UV-C treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.225, n.1, p.380-385, 2017.
- WANG, Y.; MO, Y.; LI, D.; XIANG, C.; JIANG, Z.; WANG, J. The main factors inducing postharvest lignification in king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*): Wounding and ROS-mediated senescence. **Food Chemistry**, Barking, v.301, n.1, p.125224, 2019.
- XING, Z.; WANG, Y.; FENG, Z.; ZHAO, Z.; LIU, X. Effect of 60Co-irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of *Hypsizygus marmoreus* fruit bodies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.55, n.1, p.8126–8132, 2007.
- XIONG, Q.L.; XING, Z.T.; FENG, Z.; TAN, Q.; BIAN, Y.B. Effect of 60Co γ - irradiation on postharvest quality and selected enzyme activities of *Pleurotus nebrodensis*. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.42, n.1, p.157-161, 2009.

YAUN, B. R.; SUMNER, S. S.; EIFERT, J. D.; MARCY, J. E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, New York, v.90, n.1, p.1-8, 2004.

ZHANG, K.; PU, Y.; SUN, P. Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.78, n.1, p.72-82, 2018.

ZHANG, Z.; ZHANG, X.; XIN, G.; GONG, X.; WANG, Y.; WANG, L.; SUN, B. Umami taste and its association with energy status in harvested *Pleurotus geesteranus* stored at different temperatures. **Food Chemistry**, Barking, v.279, n.1, p.179-186, 2019.

ZIED, D.C.; DOURADO, F.A. DIAS, E.S.; PARDO-GUIMÉNEZ, A. First study of hormesis effect on mushroom cultivation. **World Journal Microbiology and Biotechnology**, Amsterdã, v.33, n.195, p.1-6, 2017.

CAPÍTULO IV

Pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio

Resumo. Diversas técnicas vêm sendo utilizadas para garantir a manutenção da qualidade pós-colheita de cogumelos, visando principalmente a conservação da coloração e da firmeza. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à imersão em diferentes concentrações de cloreto de cálcio. O delineamento experimento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x8 (concentrações de CaCl₂ x dias de análise), em que as concentrações foram: 0% controle – imerso em água destilada; 1%, 2%, 3% e 4% de CaCl₂, armazenado por 14 dias (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias), contendo 3 repetições, com 70±1 gramas de cogumelos. Todas as unidades experimentais foram armazenadas em embalagem de cloreto de polivinila (PVC) + poliestireno expandido (EPS) em incubadora B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à 2±0,5°C e 51±5% UR. Os dados foram submetidos a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) (P≤0,05) e, quando significativos, foram demonstrados por meio de dendrograma e análise de componentes principais (PCA), utilizando matriz de distância euclidiana. As concentrações de cloreto de cálcio foram separadas por agrupamentos conforme os desempenhos apresentados, no que tange a qualidade dos cogumelos. Dentre as concentrações aplicadas as que proporcionaram a manutenção da firmeza e preservação da coloração clara foram as de 2 e 3%. Já as demais concentrações obtiveram maiores perdas de massa, maior diferença de cor e cogumelos mais escuros. Conclui-se que as concentrações de 2 e 3% foram efetivas na manutenção das características pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* até o 12º dia, conferindo coloração clara.

Palavras-chave: Cálcio. Coloração. Firmeza. Fungos comestíveis. *Pleurotus ostreatus*. Vida útil.

Postharvest quality of white shimeji mushrooms subjected to different concentrations of calcium chloride

Abstract: Several techniques are being used to ensure the maintenance of post-harvest quality by scientists, especially the conservation of color and firmness. Thus, the objective of this study was to evaluate the postharvest characteristics of fresh white shimeji mushrooms submitted to immersion in different concentrations of calcium chloride. The experimental design was completely randomized, in a 5x8 factorial scheme (CaCl₂ concentrations x days of analysis), in which the concentrations were: 0% control – immersed in distilled water; 1%, 2%, 3% and 4% of CaCl₂, stored for 14 days (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 14 days), containing 3 replicates, with 70±1 grams of mushrooms. All experimental units were stored in polyvinyl chloride (PVC) + expanded polystyrene (EPS) packaging in a B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) at 2±0.5°C and 51±5% RH. Data were subjected to permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) (P≤0.05) and, when significant, were demonstrated by means of dendrogram and principal component analysis (PCA), using a Euclidean distance matrix. Calcium chloride concentrations were separated by groupings according to the performances presented, regarding the quality of the mushrooms. Among the applied concentrations, those that provided the maintenance of firmness and preservation of light color were 2 and 3%. The other concentrations had greater mass losses, greater color difference and darker mushrooms. It was concluded that the concentrations of 2 and 3% were effective in maintaining the postharvest characteristics of *in natura* white shimeji mushrooms until the 12th day, providing light color. Keywords: Calcium. Coloring. Firmness. Edible fungi. *Pleurotus ostreatus*. Lifespan.

1 INTRODUÇÃO

O cogumelo shimeji branco (*Pleurotus ostreatus*) é considerado o terceiro mais produzido e consumido no mundo de acordo com Ventura-Aguilar et al. (2017) e a segunda espécie mais cultivada permanecendo atrás apenas do *Agaricus* spp. (CHATTERJEE et al., 2017). No Brasil, a espécie é responsável por 24% de toda produção de cogumelo comestíveis (GOMES et al., 2016). É um cogumelo *in natura* é apreciado devido ao sabor, aroma e textura (BONONI et al., 1995; COHEN et al., 2002; KALAC, 2013), além de conter vitaminas, fibras, minerais, carboidratos, alta quantidade de proteína correspondendo de 10% a 29% do seu peso seco, baixo valor calórico, de modo de que a cada 100g de cogumelos contenha apenas 28 Kcal, além de todos os nove aminoácidos essenciais exigidos pelos seres humanos, sendo eles leucina, valina, treonina, lisina, metionina, triptofano, isoleucina, fenilalanina, histidina (SILVEIRA, 2003; BELUHAM e RANAGAJEC, 2011; KAKON et al., 2012; WANG et al., 2017; MELO et al., 2020).

O *Pleurotus* tem propriedades antioxidantes, antitumoral pela produção de β glucanas, melhoria do sistema imunológico, prevenção de doenças cardiovasculares e Alzheimer, devido a presença de compostos bioativos, além de propriedades antimicrobianas que permitem ser usados como fonte para desenvolvimento de drogas (ABDEL-AZIZ et al., 2015; KATUN et al., 2015). Tais benefícios se dão pela presença de proteínas, peptídeos, terpenos, ácido oxálico, taninos, saponinas, fenóis, esteróides, antraquinonas, quinolonas, alcaloides, que estão presentes tanto *in natura* quanto em extratos (ABDEL-AZIZ et al., 2015; VALVERDE et al., 2015).

Entretanto, os cogumelos *in natura* tendem a perder a qualidade em ritmo acelerado após a colheita, em temperatura ambiente levam cerca de 1 a 3 dias para se degradarem (OLIVEIRA et al., 2012; SAPATA et al., 2017), devido a estrutura epidérmica ser fina, possuir alta taxa de respiração, elevado teor de umidade (MAHAJAN et al., 2008) e alta atividade da enzima polifenoloxidase (PPO). Logo, deve-se ter métodos adequados para manutenção da qualidade pós-colheita destes cogumelos, a fim de preservar a vida útil e reduzir possíveis perdas nutricionais (HAN LYN, 2020).

Diversas técnicas pós-colheita têm sido empregadas a fim de reduzir tais danos, dentre elas o resfriamento que tem sido o mais amplamente utilizado para estabelecer o prazo de validade de produtos agrícolas, no entanto, esta técnica apresenta efeito limitado. Outros métodos têm sido utilizados, como embalagens, revestimentos, irradiação ionizante e não ionizante, e atmosfera modificada para prolongar a vida útil dos cogumelos (LIN e SUN, 2019). Dentre as medidas comumente utilizadas para prevenir o escurecimento enzimático e garantir

a manutenção da qualidade, estão o uso de sais de cálcio, particularmente o cloreto de cálcio e o ascorbato de cálcio, que têm sido relatados como eficientes na manutenção da firmeza, inibição do escurecimento e prolongamento da vida útil dos produtos frescos (WANG et al., 2007; AGUAYO et al., 2010; TARDELLI et al., 2013; LI et al., 2015).

O uso do cloreto de cálcio, como técnica pós-colheita, pode reduzir a suscetibilidade as reações de escurecimento enzimático (GONÇALVES et al., 2000), promover a manutenção do frescor, da firmeza e a qualidade sensorial sobre a coloração e o sabor de frutas e hortaliças (NGAMCHUACHIT et al., 2014; KASIM e KASIM, 2015), funcionar como regulador da senescência e da taxa respiratória, estendendo a vida útil (GUZEK et al., 2012; MOLA et al., 2016; SANCHES et al., 2017), além de estar relacionado com a estabilização das paredes celulares, atuando, também, na estabilização da membrana, bem como na sinalização celular (KITTERMANN et al., 2010; AGHDAM et al., 2012; NOMURA e SHIINA, 2014).

Mediante a inexistência de trabalhos com cloreto de cálcio em cogumelos comestíveis *in natura*, espera-se que o comportamento do mineral seja semelhante ao desempenho obtido em frutas e hortaliças. Sabe-se que alguns cogumelos, assim como o shimeji, possuem fibras alimentares, bem como a pectina em sua composição (BOBEK, et al., 1996; BOBEK e GALBABY, 1999; FURLANI, 2004; LEMOS, 2009; KADNIKOVA et al., 2015), sendo tal elemento importante para as ações do cálcio nos tecidos, em que, os íons de cálcio se ligam as cadeias de pectinas, formando o pectato de cálcio, aumentando sua força e dando estruturação a parede celular (YAMAMOTO et al., 2011). As substâncias pécticas são ligadas inter e intramolecularmente pelo cálcio e são largamente responsáveis pela rigidez dos tecidos, aumentando a estabilidade do complexo e limitando sua vulnerabilidade ao ataque de enzimas (CAMARGO et al., 2000).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à imersão em diferentes concentrações de cloreto de cálcio em associação ao uso de resfriamento e embalagens.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Origem e preparo dos cogumelos

Os cogumelos Shimeji brancos foram colhidos no mês de abril de 2020, no cultivo comercial Shimeji Shop localizado 16° 41' 39,8''S de latitude e 49° 17' 02,6''O de longitude, no município de Goiânia-GO.

Os basidiocarpos foram colhidos manualmente e, após a colheita, foram transportados em ambiente climatizado, por meio de ar condicionado veicular com temperatura aproximada

de 19°C, em caixas de poliestireno expandido (EPS) até o laboratório de Pós-colheita, do Centro de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG), do Campus Central – Sede Anápolis (CET), da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/GO. No laboratório, os cogumelos foram selecionados de forma manual e visualmente, visando à uniformidade do lote, no que tange à cor, tamanho e forma, respeitando os padrões de comercialização sugeridos por Wang et al. (2019). Isto é, coloração branca, sem sensação viscosa, livres de manchas e traumas mecânicos, e, posteriormente foi removida toda terra aderida manualmente por meio de movimentos delicados. Todos os procedimentos foram realizados com o auxílio de luvas descartáveis de nitrilo para o manuseio dos cogumelos, a fim de reduzir o contato.

2.2 Caracterização e condução do experimento

Os cogumelos foram imersos em diferentes concentrações de cloreto de cálcio (CaCl_2), sendo elas: 0% controle – imerso em água destilada; 1%, 2%, 3% e 4% de CaCl_2 . Todas as concentrações foram diluídas em água destilada e os cogumelos permaneceram imersos em solução por 10 minutos e, em seguida, foram retirados e deixados secar naturalmente em temperatura ambiente (20°C). Após a eliminação do excesso de água, os cogumelos foram embalados em atmosfera modificada passiva, proporcionada pelo emprego de embalagem de cloreto de polivinila (PVC) + poliestireno expandido (EPS).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo 5x8 (5 concentrações de CaCl_2 x 8 dias de análise), com 3 repetições, sendo cada repetição composta de 70 ± 1 gramas de cogumelos por embalagem, totalizando 8,4 kg de basidiocarpos.

Para avaliação do armazenamento pós-colheita, os cogumelos foram armazenados em incubadora tipo B.O.D. (*Biochemical Oxygen Demand*) à $2 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e $51 \pm 5\%$ UR, por um período de 14 dias, sendo as análises realizadas a cada 2 dias (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias).

2.3 Variáveis a serem analisadas

2.3.1 Perda de massa (WL): Para a análise de perda de massa foi utilizado balança digital de precisão (Shimadzu, BL 3200H, Kyoto, Japão) com precisão de 0,5g com carga máxima de 3200g, considerando a massa inicial de cada cogumelo. Sendo calculada a porcentagem de perda a partir da equação (1):

$$\text{Perda de Massa}(\%) = \frac{M_i - M_d}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Em que: M_i : Massa inicial do cogumelo (g); M_d : Massa do cogumelo no dia de análise (g).

2.3.2 Firmeza (F): A avaliação da firmeza do cogumelo foi realizada por meio do aparelho texturômetro (Brookfield - *Texture Analyser* CT3 50K, Middleborough, EUA) por meio de compressão com velocidade de 5,0mm s⁻¹ e 15mm de deformação, ponteira probe cilíndrica TA-11, com 3,8cm de diâmetro e 1,9cm de altura. Foram realizadas duas leituras no píleo e duas na estipe. Os resultados foram expressos em Newton (N).

2.3.3 Sólidos Solúveis (SS): O teor de sólidos solúveis foi medido por leitura refratométrica em °Brix, à 20°C, com refratômetro digital portátil (Reichert Brix, RI-Check, Buffalo, EUA), medindo de 0 a 62°Brix, conforme metodologia da AOAC (2016).

2.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH): Foi determinado por potenciometria com auxílio de pHmetro digital (Tecnal, R-Tecnal-7-MP, Piracicaba, Brasil) segundo método da AOAC (2016).

2.3.5 Coloração: Foi realizada por refletância, utilizando-se colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japão). Em que a coordenada L* indica quão escuro (0) e quão claro (100) é o produto, a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-a) a vermelho (+a) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-b) a amarelo (+b). A partir das coordenadas a* e b*, foram calculados: o Croma (saturação da cor), equação (2), o °Hue (tonalidade da cor), equação (3) (KONICA MINOLTA, 2007), o Índice de escurecimento (BI), equação (4, 5) e o Índice de brancura (WI), equação (6), de acordo com Borchert et al. (2014) e diferença de cor (CD), equação (7) (SONG et al., 2019).

$$Croma = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$^{\circ}Hue = arctang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

$$BI = \frac{100(x-0,31)}{0,17} \quad (4)$$

$$x = \frac{(a^*+1,75L^*)}{(5,645L^*+a^*-3,012b^*)} \quad (5)$$

$$WI = L^* - 3b^* + 3a^* \quad (6)$$

$$CD = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (7)$$

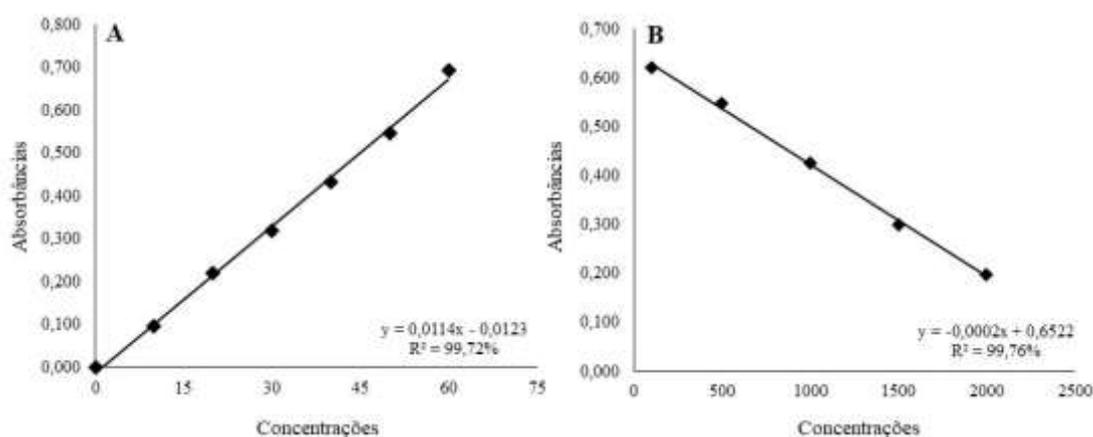
Em que:

a* = Valor de a*, obtido pelo Colorímetro; b* = Valor de b*, obtido pelo Colorímetro, L*= Valor de L* obtido pelo Colorímetro, x = constante da fórmula 4.

Para a determinação da atividade antioxidante total e polifenóis extraíveis totais, as amostras foram secas em estufa de circulação e renovação de ar (Tecnal, TE-394/2-MP, Piracicaba, Brasil) a 65°C por 4 horas (PAULI, 2010), e armazenadas em dessecador de sílica, em embalagem escura, até o momento da realização das análises.

2.3.6 Atividade antioxidante: A atividade antioxidante total foi determinada usando-se o método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), conforme Rufino et al. (2010), com curva padrão apresentada na figura 1A, e os resultados expressos em EC_{50} g cogumelo seco g^{-1} DPPH. Para o ensaio ABTS (2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt), o procedimento seguiu o método de Rufino et al. (2010) com curva padrão mostrada na figura 1B, e os resultados foram expressos em μmol de trolox g^{-1} de cogumelo seco. A absorbância foi medida em espectrofotômetro (Instrutherm, UV-2000A Visível, São Paulo, Brasil) a 515nm para DPPH e 734nm para ABTS, ambos no tempo de 6 minutos após a adição da amostra.

Figura 1 - Curva do DPPH x absorbâncias (A) e Curva do ABTS x absorbâncias (B) para cogumelos Shimeji brancos *in natura* submetidos a diferentes concentrações de cloreto de cálcio.



2.3.7 Polifenóis extraíveis totais (TEP): Os teores de polifenóis extraíveis totais foram quantificados usando-se o método de Folin Ciocalteu de acordo com Rufino et al. (2010). Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por $100g^{-1}$ de cogumelo seco.

2.4 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) ($P \leq 0,05$) e, quando significativos, foram realizados análise de agrupamento hierárquica (dendrograma) e análise de componentes principais (PCA) utilizando matriz de distância euclidiana, por meio do Software R 4.0.3 (R CORE TEAM, 2020).

A análise de agrupamento hierárquica foi processada utilizando-se como coeficiente de semelhança a medida de dissimilaridade euclidiana e o algoritmo de Ward como estratégia de agrupamento (SNEATH; SOKAL, 1973; HAIR et al., 2009).

Análise de componentes principais (PCA). A técnica de PCA gera variáveis latentes ortogonais, centradas na região de maior variabilidade. Para tanto, foi calculada uma matriz de covariâncias e extraídos os autovalores. Estes geram autovetores (componentes principais ou PCs), que são combinações lineares das variáveis originais (KAISER, 1960). Para a escolha dos componentes principais, empregou-se o critério sugerido por Kaiser (1960) e Fraga et al. (2016), visto que para eles se deve considerar autovalores superiores a 1,0, após serem padronizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da coloração dos cogumelos, após a imersão em diferentes concentrações de cloreto de cálcio armazenados por 14 dias a $2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, está apresentada na figura 2. De acordo com a figura, as concentrações incluindo o controle não promoveram retardo no processo de senescência dos cogumelos. Entretanto, as concentrações de 2 e 3% mostraram cogumelos mais claros do que as demais, demonstrando menor suscetibilidade ao escurecimento.

Figura 2 - Conservação pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio (0, 1, 2, 3 e 4%) e armazenados a $2\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $51\pm 5\%$ UR, por 14 dias em incubadora B.O.D.



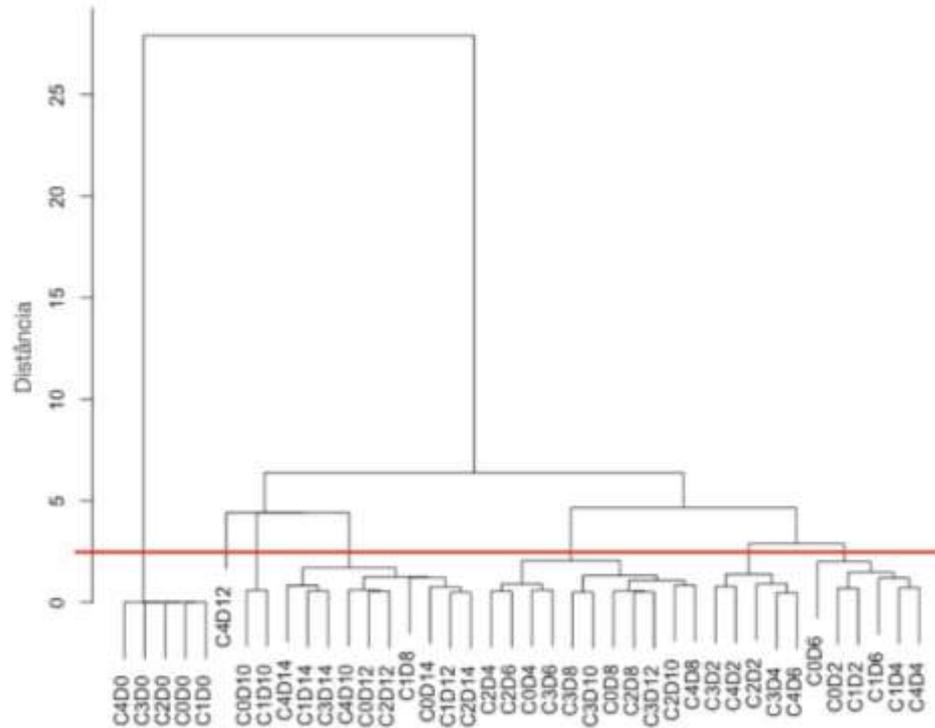
Resultados semelhantes foram encontrados por Ranjbar et al. (2018) ao observar que com o aumento das concentrações de cálcio o escurecimento da polpa reduziu, sendo a concentração de 2,5% a que apresentou menor escurecimento após um mês de armazenamento

de maçãs. O cálcio age fortalecendo as membranas, o que promove a prevenção da oxidação de compostos fenólicos pela enzima polifenoloxidase, reduzindo o escurecimento dos produtos (GONÇALVES et al., 2000; RANJBAR et al., 2018). Diversos autores têm relatado que o cloreto de cálcio é eficaz em reduzir a vulnerabilidade ao escurecimento e manutenção de cor (GONÇALVES et al., 2000; NGAMCHUACHIT et al., 2014; KASIM e KASIM, 2015; AL-QURASHI e AWAD, 2019), o que corrobora com os resultados obtidos com as concentrações de 2 e 3% de CaCl_2 no presente trabalho.

Mediante a execução da permanova, a 5% de probabilidade, foi possível verificar a significância para a interação dos fatores concentrações de cloreto de cálcio e dias de análise, diante disto as demais análises foram realizadas. Fundamentado nas características físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos *Pleurotus ostreatus* foi elaborado agrupamento hierárquico utilizando coeficiente de dissimilaridade euclidiana e algoritmo de Ward como estratégia de agrupamento (Figura 3).

O dendrograma gerado mostra a formação de agrupamento, quando a distância euclidiana de 2,5 é usada como ponto de corte. Os grupos se formaram de acordo com as características pós-colheita dos cogumelos. Assim, foi possível constatar a formação de 7 grupos, em que o grupo 1 é composto por todas as concentrações no dia zero de análise, evidenciando a homogeneidade da seleção dos cogumelos, durante a instalação do experimento. O grupo 2 apenas pela concentração de 4% no décimo segundo dia de armazenamento, o grupo 3 pela concentração 0 e 1%, ambos no décimo dia, o grupo 4 foi composto pelos dias finais de armazenamento, em sua maioria pelos dias 10, 12 e 14° de análise e as concentrações 1%, 2% e 4% CaCl_2 . O grupo 5 foi caracterizado, principalmente, pelas concentrações 0, 2 e 3%, estando presente os dias 4, 6, 8, 10 e 12° de armazenamento, o grupo 6 está composto pela concentração 2%, 3% e 4%, predominantemente no dia 2 de armazenamento, mas encontrando também o quarto e sexto dia, e, por fim, o grupo 7 composto por 0%, 1% e 4% nos dias iniciais.

Figura 3 - Dendrograma de similaridade utilizando distância euclidiana e método de agrupamento de Ward para os cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio em função de 14 dias de armazenamento. Legenda: (C0 - 0% de cloreto de cálcio (CaCl₂); C1 - 1% CaCl₂; C2 - 2% CaCl₂; C3 - 3% CaCl₂; C4 - 4% CaCl₂; D0 - Dia zero - Instalação do experimento; D2 - 2º dia de análise; D4 - 4º dia de análise; D6 - 6º dia de análise; D8 - 8º dia de análise; D10 - 10º dia de análise; D12 - 12º dia de análise; D14 - 14º dia de análise).



Com a finalidade de selecionar os componentes principais que melhor explicam a variabilidade dos dados para as diferentes concentrações de cloreto de cálcio, usou-se como base a tabela 1, que exhibe os autovalores, variância explicada e variância explicada acumulada correspondente a cada componente. Os componentes principais (PCs) representam a redução da dimensionalidade das variáveis a fim de explicar, em maior relevância, o conjunto de dados e a relação entre as variáveis (COSTELLO e OSBORNE, 2005; SARKHOT et al., 2011; MEIRA et al., 2012). Portanto, foi selecionado apenas o PC1, PC2, PC3, pois, somente os 3 primeiros componentes apresentaram autovalores superiores a 1,0, sendo 6,80, 1,77, 1,38, respectivamente.

Tabela 1 - Componentes principais (PCs), autovalores, porcentagem da variância explicada pelos componentes (VCP) e porcentagem da variância explicada acumulada (VCPA) das características avaliadas em cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio.

PCs	Autovalor	VCP (%)	VCPA (%)
PC1	6,8064	52,36	52,36
PC2	1,7797	13,31	65,66
PC3	1,3881	10,68	76,34
PC4	0,9861	7,58	83,92
PC5	0,7727	5,94	89,87
PC6	0,4593	3,53	93,40
PC7	0,3688	2,83	96,24
PC8	0,2237	1,72	97,96
PC9	0,1299	1,00	98,96
PC10	0,0647	0,49	99,46
PC11	0,0583	0,44	99,91
PC12	0,0103	0,08	99,99
PC13	0,0013	0,01	100,00

Assim sendo, observou-se que o primeiro componente explicou uma parcela mais relevante da variabilidade dos dados, representando 52,36%, o que de acordo com Aguiar et al. (2019) é recorrente, pois o primeiro componente tende a explicar uma porcentagem mais elevada da variabilidade dos dados, por apresentar maior proporção. O segundo componente explicou 13,31% da variabilidade dos dados, totalizando 65,66% da variância acumulada, valor considerado aceitável (HAIR et al., 2009, HAIR et al., 2014).

Para a análise de componentes principais (PCA), os três primeiros componentes escolhidos explicam conjuntamente 76,34% da variabilidade dos dados e obtiveram variações nos coeficientes de correlação de -0,972 a 0,932 (Tabela 2). Para o primeiro componente (PC1), os atributos que mais contribuíram positivamente foram: a perda de massa (WL), índice de escurecimento (BI), diferença de cor (CD) e croma (C), em contrapartida os atributos que mais contribuíram negativamente foram a luminosidade (L^*), índice de brancura (WI), sólidos solúveis (SS), ABTS e polifenóis extraíveis totais (TEP).

Portanto, esse comportamento indica que à medida que os cogumelos Shimeji brancos reduzem a luminosidade (L^*), o índice de brancura (WI) e, também, a atividade antioxidante, durante o armazenamento, ocorrem maior escurecimento e perda de sua massa, comprometendo a qualidade visual e a sua durabilidade. No processo de senescência dos cogumelos ocorre normalmente o aumento da perda de massa, redução da atividade antioxidante, em função da peroxidação lipídica, o que reflete diretamente nos parâmetros de cor, com o aumento do escurecimento e redução da luminosidade e índice de brancura. Em consequência dessa degradação, os cogumelos tornam-se menos atrativos aos consumidores, reduzindo a comercialização e o valor a ser empregado nestes produtos (BETT e PERONDI, 2011; WEIJIN et al., 2011; REN et al., 2012; SOLINO et al., 2012, LI et al., 2016; WANG et al., 2017; WANG et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

Tabela 2 - Autovetores de correlação dos três primeiros componentes principais (PC1, PC2, PC3) em relação às variáveis de qualidade físicas, físico-químicas e bioativas de cogumelos shimeji brancos *in natura* submetidos à diferentes concentrações de cloreto de cálcio e armazenados por 14 dias.

Autovetores	PC1	PC2	PC3
Perda de massa (WL)	0,837¹	-0,235	0,040
Luminosidade (L^*)	-0,820	0,247	0,190
Índice de escurecimento (BI)	0,932	-0,155	-0,084
Índice de brancura (WI)	-0,972	0,161	0,049
Diferença de cor (CD)	0,861	-0,054	-0,113
Croma (C)	0,882	-0,008	0,041
°Hue (H)	-0,118	0,145	-0,729
Firmeza (F)	0,144	0,819	0,305
pH	0,082	-0,061	-0,591
Sólidos solúveis (SS)	-0,821	0,284	-0,192
Atividade antioxidante total (ABTS)	-0,831	-0,406	-0,077
Atividade antioxidante total (DPPH)	0,326	0,641	-0,507
Polifenóis extraíveis totais (TEP)	-0,762	-0,454	-0,228

¹Números em negrito destacam variáveis com maiores valores de correlação observada.

Já para o segundo componente, os atributos mais significativos foram: firmeza (F) e atividade antioxidante total pelo método de DPPH, ambos correlacionados positivamente ao

PC2, demonstrando que os cogumelos com maior firmeza são considerados com melhor qualidade pós-colheita. Posto que, o amolecimento em cogumelos é relatado como sintoma de deterioração de textura, o que os tornam não consumíveis (GAO et al., 2014; JIANG et al., 2015). Para a atividade antioxidante total determinada pelo método DPPH, quanto maior esse índice, menor a atividade antioxidante, visto que é necessário maior quantidade de amostra para reduzir em 50% a quantidade inicial do radical (OLIVEIRA et al., 2020), portanto, à medida que aumenta a firmeza, aumentou a atividade antioxidante total (DPPH).

No que se refere ao terceiro componente, os atributos com maior correlação foram *°Hue* e o pH estando posicionados negativamente ao PC3. Tais variáveis são consideradas correlacionadas por apresentarem comportamento semelhante no que tange ao componente principal 3. O aumento do *°Hue* em cogumelos indica amarelecimento, ou seja, aproximam-se mais de 90°. O amarelecimento em cogumelos de coloração clara é recorrente, devido a ação da enzima tirosinase (GORMELEY, 1975; RAMOS et al., 2011, HAN LYN et al., 2020), portanto, o aumento do *°Hue* não é desejável para pós-colheita de cogumelos. Já, para o aumento do pH pode ser considerado esperado, visto que os cogumelos são classificados pela EMBRAPA como alimentos de baixa acidez por apresentar pH em torno de 6,4 (GOMES e SILVA, 2000).

Apesar dos três primeiros componentes apresentarem autovalor superior a 1, para a análise de componentes principais (PCA) foi definido somente os dois primeiros componentes para serem utilizados, visto que estão de acordo com o critério de Kaiser (KAISER, 1960; FRAGA et al., 2016) e são os componentes mínimos que maximizam a variância total explicada, o que foi proposto por Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010) e reafirmado por Lopes et al. (2019). Tal variância acumulada está acima de 60%, valor considerado mínimo aceitável, segundo Hair et al. (2014).

Ao avaliar a análise de componentes principais (PCA), é possível identificar a formação de agrupamentos nos quatro quadrantes (Figura 4). Em relação ao componente 1 da PCA, os parâmetros correlacionados positivamente são perda de massa (WL), índice de escurecimento (BI), diferença de cor (CD) e croma (C) com proximidade ao agrupamento presente no quadrante quatro. Este agrupamento é composto, predominantemente, pelas concentrações 0%, 1% e 4% CaCl₂ e, em sua maioria, pelos últimos dias de análise (10, 12 e 14° dia). Tais concentrações são caracterizadas por cogumelos mais escuros, com maior diferença de cor (CD) e croma (C), o que está diretamente relacionado ao índice de escurecimento (BI), além de maior perda de massa (WL), o que foi evidenciado nos últimos dias de armazenamento. Por conseguinte, a perda de massa (WL) está diretamente relacionada ao índice de escurecimento

(BI) e a atividade de enzimas como a tirosinase em cogumelos (ZHANG et al., 2018). Portanto, os cogumelos tendem a aumentar o escurecimento no decorrer dos dias de armazenamento devido a ação das enzimas (LIN et al., 2017; FATTAHIFAR et al., 2018; ZHANG et al., 2018; HAN LYN et al., 2020).

Nota-se que, a coloração de cogumelos é mediada por alterações nos parâmetros de cor, bem como diferença de cor (CD) e croma (C), já que o aumento de ambos está relacionado ao aumento da coloração marrom e como efeito o escurecimento (JIANG et al., 2011; QUEVEDO et al., 2016; PERSIC et al., 2017). Desta maneira, o acesso aos mercados de comercialização é minimizado, uma vez que existe a preferência por parte dos consumidores por produtos mais claros (BETT e PERONDI, 2011; WEIJIN et al., 2011; SOLINO et al., 2012, LI et al., 2016; WANG et al., 2018). Sendo assim, as concentrações de 0%, 1% e 4% citadas anteriormente, não foram adequadas para a qualidade pós-colheita de cogumelos ao final do armazenamento, sendo evidenciado pelos últimos dias compostos pelo 10, 12 e 14º dia.

Os parâmetros correlacionados negativamente ao PC1 são: a luminosidade (L), índice de brancura (WI), sólidos solúveis (SS), atividade antioxidante total pelo método de ABTS e polifenóis extraíveis totais (TEP). Notou-se que no segundo quadrante em que se encontra o índice de brancura (WI), luminosidade (L) e sólidos solúveis (SS) tem-se parte do agrupamento composto em sua grande maioria pelas concentrações de 2 e 3% de cloreto de cálcio e os dias iniciais de armazenamento, sendo eles os com maior ocorrência os dias 2, 4 e 6. Portanto, pode-se inferir que tais concentrações nos dias iniciais de armazenamento possuem shimejis mais brancos, o que é desejável na qualidade pós-colheita e comercialização de cogumelos (OJEDA et al., 2019).

Já, os parâmetros de atividade antioxidante total pelo método de ABTS e polifenóis extraíveis totais (TEP) estão posicionados no quadrante três, sendo composto pelo dia zero de todas as concentrações, demonstrando que a atividade antioxidante e o conteúdo de polifenóis reduziram com o decorrer do armazenamento. De acordo com Ren et al. (2012) e Wang et al. (2017), a senescência dos cogumelos do gênero *Pleurotus* é mediada pela peroxidação lipídica e degradação da membrana celular, o que se dá em função da redução da defesa antioxidante do produto. Esse fenômeno pode ser relacionado ao encontrado no presente trabalho ao se reduzir a defesa antioxidante dos cogumelos no decorrer dos dias de armazenamento e consequente senescência.

et al., 2015). Tal amolecimento se origina da quebra enzimática das células e da perda de umidade que torna os cogumelos macios e não consumíveis (PARK e JHUNE, 2010; JIANG et al., 2015). Conforme verificado na PCA, os tratamentos 2 e 3% de CaCl_2 conseguiram garantir a manutenção de firmeza até o dia 12º dia de armazenamento, o que foi relatado por Li et al. (2016), ao avaliarem a qualidade pós-colheita de *Pleurotus eryngii* que após doze dias houve deterioração na textura proveniente da queda nos valores texturais.

Em relação à atividade antioxidante total pelo método de DPPH, a variável demonstra baixa atividade antioxidante para o agrupamento das doses de 2 e 3%, entretanto, de acordo com Silva (2008) e Sucupira et al. (2012), os métodos de atividade antioxidante totais são abundantes e alguns são mais adequados que os outros, dependendo da natureza dos compostos presentes na constituição do produto a ser avaliado. Silva (2015) verificou que, para o gênero *Pleurotus*, os valores de DPPH em EC_{50} foram baixos devido a menor capacidade dos cogumelos em doar elétrons ao radical. Krümmel (2018) comprovou que o DPPH em *Pleurotus sajor-caju* apresentou menor atividade antioxidante em comparação aos demais métodos utilizados, que é justificado por Benelli et al. (2010), pelo fato dos compostos antioxidantes estarem em pequena quantidade frente ao radical DPPH, e possuírem polaridade intermediária à alta. Portanto, tais autores validam que os cogumelos do gênero não apresentam afinidade ao método de DPPH, bem como verificado neste trabalho.

Por fim, com base na PCA, pode-se observar que no último agrupamento presente no quadrante três, representado pelas concentrações 0%, 1% e 4% de CaCl_2 contendo os dias 2, 4 e 6 de armazenamento, não foi possível constatar vetor com posicionamento evidente. Contudo, tal agrupamento está oposto aos vetores dos atributos de firmeza e DPPH, portanto, pode-se inferir que tal agrupamento apresentou menor firmeza, ou seja, cogumelos mais moles e com menores índices de DPPH, representando maior atividade antioxidante.

4 CONCLUSÃO

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que o uso de cloreto de cálcio aplicado na pós-colheita de cogumelos shimeji brancos *in natura* proporcionou manutenção na qualidade do produto durante o armazenamento. As doses de 2 e 3% garantiram até o 12º dia de armazenamento, maior firmeza na estrutura epidérmica e manutenção da coloração clara, o que é favorável à comercialização e consumo de cogumelos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-AZIZ, S. M.; HAMID, H. A.; FADEL, M. Edible mushrooms: a green biotechnology and great nutritional value for improving human health. **EPH- International Journal of Science and Engineering**, Chhattisgarh, v.1, n.8, p.01-17, 2015.
- AGHDAM, M.S.; HASSANPOURAGHDAM, M.B.; PALIYATH, G.; FARMANI, B. The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.144, n.1, p.102-115, 2012.
- AGUAYO, E.; REQUEJO-JACKMAN, C.; STANLEY, R.; WOOLF, A. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.57, n.1, p.52-60, 2010.
- AGUIAR, O.B.; VASCONCELOS, A.G.G.; BARREIRO, P.L.D. Identificação de padrões alimentares: comparação das técnicas de análise de componentes principais e de principais eixos fatoriais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v.22, n.1, p.1-12, 2019.
- AL-QURASHI, A.D.; AWAD, M.A. Postharvest gibberellic acid, 6-benzylaminopurine and calcium chloride dipping affect quality, antioxidant compounds, racial scavenging capacity and enzymes activities of ‘Grand Nain’ bananas during shelf life. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.253, n.1, p.187-194, 2019.
- AOAC, Association of Official analytical chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 20 ed. Maryland, USA, 2016, 3100p.
- BETT, C.F.; PERONDI, M.A. Análise do mercado de cogumelos comestíveis e medicinais: uma prospecção de alternativa de renda para agricultura familiar na região do sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v.6, n.1, p.1-9, 2011.
- BOBEK, P., OZDÍN, L., KUNIAK, L. Effect of oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) an its ethanolic Extract in diet on absorption and turnover of colesterol in hypercholesterolemic rat. **Nahrung**, Berlim, v.40, n.4, p.222-224, 1996.
- BOBEK, P.; GALBAVY, S. Hypocholesterolemic and antiatherogenic effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in rabies. **Nahrung**, Berlim, v.43, n.5, p.339-342, 1999.
- BELUHAN, S.; RANOGAJEC, A. Chemical composition and non-volatile componentes of Croatian wild edible mushrooms. **Food Chemistry**, Barking, v.124, n.3, p.1076-1082, 2011.
- BENELLI, P.; RIEHL, C.A.S.; SMÂNIA JR, A.; SMÂNIA, E.F.A.; FERREIRA, S.R.S. Bioactive extracts of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) pomace obtained by SFE and low pressure techniques: Mathematical modeling and extract composition. **The Journal of Supercritical Fluids**, Amsterdã, v.55, n.1, p.132-141, 2010.
- BONONI, V.L.; CAPELARI, M.; MAZIERO, R.; TRUFEM, S.F.B. **Cultivo de cogumelos comestíveis**. São Paulo: Ícone, 1995. 206p.
- BORCHERT, N. B.; CRUZ-ROMERO, M. C.; MAHAJAN, P. V.; REN, M.; PAPKOVSKY, D. B.; KERRY, J. P. Application of gas sensing technologies for non-destructive monitoring

of headspace gases (O₂ and CO₂) during chilled storage of pack- aged mushrooms (*Agaricus bisporus*) and their correlation with product quality parameters. **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v.2, n.1, p.17-29, 2014.

CAMARGO, Y.R.; LIMA, L.C.O.; SCALON, S.P.Q.; SIQUEIRA, A.C. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morango (*Fragaria ananassa* Duch.) cultivar Campineiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.968-972, 2000.

CHATTERJEE, S.; SARMA, M. K.; DEB, U.; STEINHAUSER, G.; WALTHER, C.; GUPTA, D. K. Mushrooms: from nutrition to mycoremediation. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlim, v.24, n.24, p.19480-19493, 2017.

COHEN, R. L.; PERSKY, L.; HADAR, Y. Biotechnological applications and potential of wooddegrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. **Applied Microbiological Biotechnology**, Berlim, v.58, n.5 p.582-594, 2002.

COSTELLO, A.B.; OSBORNE, J.W. Best practices in explorador factor analysis: Four recommendations for getting the most from your Analysis. **Practical Assessment**, Maryland, v.10, n.7, p.1-9, 2005.

FATTAHIFAR, E.; BARZEGAR, M.; GAVLIGHI, A.; SHARI, M.A. Evaluation of the inhibitory effect of pistachio (*Pistacia vera* L.) green hull aqueous extract on mushroom tyrosinase activity and its application as a button mushroom postharvest anti-browning agent. **Postharvest Biology and Techonology**, Amsterdã, v.145, n.1, p.157-165, 2018.

FRAGA, A.B.; SILVA, F.L.; HONGYU, K.; SANTOS, D.D.S.; MURPHY, T.W.; LOPES, F.B. Multivariate analysis to evaluate genetic groups and productiontraits of crossbred Holstein x Zebu cows. **Tropical Animal Health and Production**, London, v.48, n.3, p.533-538, 2016.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, Campinas, v.16, n.1, p.160-185, 2010.

FURLANI, R.P.Z. **Valor nutricional de cogumelos cultivados no Brasil**. 2004. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GAO, M.; FENG, L.; JIANG, T. Browning inhibition and quality preservation of button mushroom (*Agaricus bisporus*) by essential oils fumigation treatment. **Food Chemistry**, Barking, v.149, n.1, p.107-113, 2014.

GOMES, D.; AKAMATSU, I.; SOUZA, E.; FIGUEIREDO, G.J.B. Censo paulista de produção de cogumelos comestíveis e medicinais. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v.13, n.1, p.1-6, 2016.

GOMES, C.A.O.; SILVA, F.T. **Recomendações técnicas para o processamento em conservas de cogumelos comestíveis**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústrias e Alimentos, 2000. 19p. (Embrapa Agroindústrias e Alimentos, 43).

- GONÇALVES, N.B.; CARVALHO, V.D.; GONÇALVES, J.R.A. Efeito do cloreto de cálcio e do tratamento hidrotérmico na atividade enzimática e no teor de fenólicos do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2075-2081, 2000.
- GORMLEY, R. Chill storage of mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.2, n.1, p.401-411, 1975.
- GUZEK, D.; WIERZBICKA, A.; GŁĄBSKA, D. Influence of low temperature blanching and calcium chloride soaking on colour and consumer attractiveness of broccoli. **Journal of Food and Nutrition Research**, Newark, v.51, n.2, p.73-80, 2012.
- HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise Multivariada de Dados**. 6 eds. Porto Alegre: Bookman, 2009. 682p.
- HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Multivariate Data Analysis**. 7 eds. Harlow: Pearson Education Limited, 2014. 739p.
- HAN LYN, F.; ADILAH, A.A.M.; NOR-KHAIZURA, M.A.R.; JAMILAH, B.; NUR HANANI, Z.A. Application of modified atmosphere and active packaging for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Food Packaging and Shelf Life**, Amsterdã, v.23, n.1, p.1-6, 2020.
- JIANG, T.; ZHENG, X. LI, J.; JING, G.; CAI, L.; YING, T. Integrated application of nitric oxide and modified atmosphere packaging to improve quality retention of button mushroom (*Agaricus bisporus*). **Food Chemistry**, Barking, v.126, n.4, p.1693-1699, 2011.
- JIANG, T. J.; LUO, Z. S.; YING, T. J. Fumigation with essential oils improves sensory quality and enhanced antioxidant ability of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). **Food Chemistry**, Barking, v.172, n.1, p.692-698, 2015.
- KADNIKOVA, I.A.; COSTA, R.; KALENIK, T.; GURULEVA, O.; YANGUO, S. Chemical composition and nutritional value of the Mushroom *Auricula-judae*. **Journal of Food Nutrition Research**, Newark, v.3, n.8, p.478-482, 2015.
- KAISER, H.F. The application of electronic computers to factor analysis. **Educational and Psychological Measurement**, Santa Barbara, v.20, n.1, p.141-151, 1960.
- KAKON, A.; CHOUDHURY, M.B.K.; SHA, S. Mushroom is na ideal food supplement. **Journal of Dhaka National Medical College & Hospital**, Savar, v.18, n.1, p.58-62, 2012.
- KALAC, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.93, n.2, p.209-218, 2013.
- KASIM, R.; KASIM, M.U. Biochemical changes and color Properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. gina) treated with calcium chloride during Storage. **Food Science and Technology**, Amsterdã, v.15, n.2, p.85-92, 2015.

KATUN, S.; ISLAM, A.; CAKILCIOGLU, U.; GULER, P.; CHATTERJEE, N.C. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). **NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences**, Amsterdã, v.72, n.1, p.1-5, 2015.

KITTERMANN, D.; NEUWALD, D.A.; STREIF, J. Influence of calcium on fruit firmness and cell wall degrading enzyme activity in ‘Elstar’ apples during storage. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.877, n.6, p.1037-1043, 2010.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Japão: Konica Minolta Sensing, 2007. 62p.

KRÜMMEL, A. **Avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de extratos de cogumelo ostra (*Pleurotus sajor-caju*)**. 2018. 135p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

LEMO, F.M.R. **Elaboração e caracterização de produtos análogo a hambúrguer de cogumelo *Agaricus brasiliensis***. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LI, D.; QIN, X.; TIAN, P.; WANG, J. Toughening and its association with the postharvest quality of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) stored at low temperature. **Food Chemistry**, Barking, v.196, n.1, p.1092–1100, 2016.

LI, Y.; WILLS, R.B.H.; GOLDING, J.B. Sodium chloride, a cost effective partial replacement of calcium ascorbate and Ascorbic acid to inhibit surface browning on fresh-cut apple slices. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.64, n.1, p.503-507, 2015.

LIN, Q.; LU, Y.; ZHANG, J.; KIU, W.; GUAN, W.; WANG, Z. Effects of high CO₂ in-package treatment on flavor, quality and antioxidant activity of button mushroom (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.123, n.1, p.112-118, 2017.

LIN, X.; SUN, D. Research advances in browning of button mushroom (*Agaricus bisporus*): Affecting factors and controlling methods. **Trends in Food Science & Technology**, Loughborough, v.90, n.1, p.63-75, 2019.

LOPES, J.R.F.; DANTAS, M.P.; FERREIRA, F.E.P. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. **Nativa**, Sinop, v.7, n.1, p.77-83, 2019.

MAHAJAN, P. V.; OLIVEIRA, F. A. R.; MACEDO, I. Effect of temperature and humidity on the transpiration rate of the whole mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.84, n.2, p.281-288, 2008.

MEIRA, M.; QUINTELLA, C. M.; PEPE, I. M.; COSTA, N. P. R.; TANAJURA, A. S.; SILVA, H. R. G. Prediction of properties of biodiesel-diesel blends using spectrofluorimetry and multivariate calibration. **Central European Journal of Chemistry**, Coventry, v.10, n.4, p.1328-1337, 2012.

MELO, M.B.; TELES, A.C.A.; JÚNIOR, W.P.S. Contribuição ao estudo de componentes

químicos e princípios ativos de cogumelos medicinais. **Ciências Biológicas e de Saúde Unit**, Aracaju, v.6, n.1, p.23-42, 2020.

MOLA, S.; UTHAIRATANAKIJ, A.; SRILAONG, V.; AIAMLA-OR, S.; JITAREERAT, P. Impacts of sodium chlorite combined with calcium chloride, and calcium ascorbate on microbial population, browning, and quality of fresh-cut rose apple. **Agriculture and Natural Resources**, Bangkok, v.50, n.5, p.331-337, 2016.

NGAMCHUACHIT, P.; SIVERTSEN, H. K.; MITCHAM, E. J.; BARRETT, D. M. Effectiveness of calcium chloride and calcium lactate on maintenance of textural and sensory qualities of fresh cut mangos. **Journal of Food Science**, Chicago, v.79, n.5, p.1238-1246, 2014.

NOMURA, H.; SHIINA, T. Calcium signaling in plant endosymbiotic organelles: mechanism and role in physiology. **Molecular Plant**, Oxford, v.20, n.1, p.1094-1104, 2014.

OJEDA, G.A.; SGROPPO, S.C.; MARTIN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Chitosan/tripolyphosphate nanoaggregates enhance the antibrowning effect of ascorbic acid on mushroom slices. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdã, v.156, n.1, p.110934, 2019.

OLIVEIRA B.F.; NASCIMENTO, C.P.; DANTAS, C.E.A.; LIMA, I.V.S.; SARMENTO, D.A.; SILVA, M.A.; FARIAS, V.L. Efeito do tratamento enzimático no descolamento de cacaos do clone CCN-51: características físico-químicas, teor de polifenóis e atividade antioxidante. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.9, n.7, p.1-21, 2020.

OLIVEIRA, F.; SOUSA-GALLAGHER, M. J.; MAHAJAN, P. V.; TEIXEIRA, J. A. Development of shelf-life kinetic model for modified atmosphere packaging of fresh sliced mushrooms. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v.111, n.2, p.466-473, 2012.

PARK, Y.M.; JHUNE, C.S. Quality changes of king oyster mushrooms as influenced by controlled atmosphere regimens during storage and shelf temperature conditions. **Korean Journal of Horticultural Science & Technology**, Iseo-myeon, v.28, n.1, p.70-76, 2010.

PAULI, P.A. **Avaliação da composição química, compostos bioativos e atividade antioxidante em cogumelos comestíveis**. 2010. 73p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2010.

PERSIC, M.; MIKULIC-PETKOVSEK, M.; SLATNAR, A.; VEBERIC, R. Chemical composition of apple fruit, juice and pomace and the correlation between phenolic content, enzymatic activity and Browning. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.82, n.1, p.23-31, 2017.

QUEVEDO, R.; ÉDRESCJO, F.; BASTIAS, J.M.; DÍAZ, O. Correlation of the fractal enzymatic browning rate with the temperature in mushroom, pear and apple slices. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.65, n.1, p.406-413, 2016.

R Core Team. **R: A Language and environment for statistical computing**. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, 2020.

RAMOS, C.; SAPATA, M.; FERREIRA, A.; ANDRADA, L.; CANDEIAS, M. Produção de três espécies de cogumelos *Pleurotus* e avaliação da qualidade em atmosfera modificada. **Revista de Ciências Agrárias**, Portugal, v.34, n.1, p.1-8, 2011.

RANJBAR, S.; RAHEMI, M.; RAMEZANIAN, A. Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on Postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.240, n.1, p.57-64, 2018.

REN, Y.; WANG, Y.; BI, Y.; GE, Y.; WANG, Y.; FAN, C.; DENG, H. Postharvest BTH treatment induced disease resistance and enhanced reactive oxygen species metabolism in muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit. **European Food Research and Technology**, Berlim, v.234, n.6, p.963–971, 2012.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidante capacities of 18 non traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v.121, n.1, p.996-1002, 2010.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da.; MOREIRA, E. G. S.; SANTOS, E. X. dos.; TRIPOLONI, F. M. Extensão da vida útil de pitangas submetidas ao tratamento com cloreto de cálcio. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.6, n.1, p.45-58, 2017.

SAPATA, M.M.; FERREIRA, A.; RAMOS, A.C.; MACHADO, H. **Conservação de cogumelos frescos em atmosfera modificada**. 1.ed. Lisboa: Vida Rural, 2017. 3p. (Dossier Técnico).

SARKHOT, D. V.; GRUNWALD, S.; GE, Y.; MORGAN, C. L. S. Comparison and detection of total and available soil carbon fractions using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdã, v.164, n.1-2, p.22–32, 2011.

SILVA, N.G. **Estudo da capacidade antioxidante de cogumelos comestíveis**. 2015. 90p. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar) - Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

SILVA, W.S. **Qualidade e atividade antioxidante em frutos de variedades de aceroleira**. 2008. 167p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SILVEIRA, M.L.L. **Comparação entre o desempenho do inoculo sólido e inoculo líquido para o cultivo de *Pleurotus ostreatus* DSM 1833**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SNEATH, P.H.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy: the principles and practice of numeral classification**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973, 573p.

SOLINO, A.J.S.; ARAÚJO NETO, S.E.; SILVA, A.N.; RIBEIRO, A.M.A.S. Severidade da antracnose e qualidade os frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.57-66, 2012.

SONG, C.; LI, A.; CHAI, Y.; LI, Q.; LIN, Q.; DUAN, Y. Effects of 1-methylcyclopropene combined with modified atmosphere on quality of fig (*Ficus carica* L.) during postharvest storage. **Journal of Food Quality**, London, v.4, n.1, p.1-9, 2019.

SUCUPIRA, N.R.; SILVA, A.B.; PEREIRA, G.; COSTA, J.N. Métodos para determinação de atividade antioxidante em frutos. **Revista Unopar Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v.14, n.1, p.263-269, 2012.

TARDELLI, F.; GUIDI, L.; MASSAI, R.; TOIVONEN, P.M.A. Effects of 1-methylcyclopropene and post-controlled atmosphere air Storage treatments on fresh-cut Ambrosia apple slices. **Journal of the Science of Food Agriculture**, London, v.93, n.2, p.262-270, 2013.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**, New York, v.14, n.7, p.14, 2015.

VENTURA-AGUILAR, R.I.; COLINAS-LEÓN, M.T.; BAUTISTA-BAÑOS, S. Combination of sodium erythorbate and citric acid with MAP, extended storage life of sliced oyster mushrooms. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.79, n.1, p.437-444, 2017.

WANG, H.; FENG, H.; LUO, Y. Control of browning and microbial growth on fresh-cut apples by sequential treatment of sanitizers and calcium ascorbate. **Journal Food Science**, Chicago, v.72, n.1, p.1-7, 2007.

WANG, Q.; CHU, L.; KOU, L. UV-C treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v.225, n.1, p.380-385, 2017.

WANG, L.; HU, Q.; PEI, F.; MUGAMBIB, M. A.; YANG, W. Influence of different storage conditions on physical and sensory properties of freeze-dried *Agaricus bisporus* slices. **LWT - Food Science and Technology**, London, v.97, n.1, p.164–171, 2018.

WANG, Y.; MO, Y.; LI, D.; XIANG, C.; JIANG, Z.; WANG, J. The main factors inducing postharvest lignification in king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*): Wounding and ROS-mediated senescence. **Food Chemistry**, Barking, v.301, n.1, p.125224, 2019.

WEIJN, A.; TOMASSEN, M.M.M.; BASTIAAN-NET, S., HENDRIX, E.A.H.J.; BAARS, J.J.P.; SONNENBERG, A.S.M.; WICHERS, H.J.; MES, J.J. Browning sensitivity of button mushrooms. **Food Chemistry**, Barking, v.2, n.1, p.208– 216, 2011.

YAMAMOTO, E.L.M.; FERREIRA, R.M.A.; FERNANDES, P.L.O.; ALBUQUERQUE, L.B.; ALVES, E. O. Função do cálcio na degradação da parede celular vegetal de frutos.

Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v.6, n.2, p.49-55, 2011.

ZHANG, K.; PU, Y.; SUN, D. Recent advances in quality preservation o postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A Review. **Trends in Food Science & Techonology**, Loughborough, v.78, n.1, p.72-82, 2018.