



Alterações na composição físico-química de pinhões (*Araucaria angustifolia*) armazenados em diferentes embalagens e ambientes

Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa¹, Rossana Catie Bueno de Godoy², Carolina Lopes Leivas¹, Leticia Oelke Pereira³, Nina Waszczynskyj¹

¹Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Química, Rua Francisco Heráclito dos Santos, 210, Jardim das Américas, CEP 82590-300, Curitiba, PR, Brasil

²Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, CP. 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

³Faculdade Paranaense, Alameda Dom Pedro II, 432, Batel, CEP 80420-060, Curitiba, PR, Brasil

*Autor correspondente:

fernandaogc@gmail.com

Termos para indexação:

Pós-colheita
Frigoconservação
Polietileno

Index terms:

Post-harvest
Refrigeration
Polyethylene

Resumo - O pinhão é um alimento de grande importância econômica e gastronômica no Brasil, mas com dificuldade de conservação pós-colheita. No presente estudo avaliou-se as características dos pinhões armazenados no ambiente doméstico, utilizando-se embalagens de polietileno (PEBD) e juta, sob temperatura ambiente ou refrigeração. Foram realizadas análises, a cada 15 dias (durante 90 dias), da composição centesimal, umidade, atividade de água, perda de massa, cor de casca, cor do endosperma, pH, açúcares solúveis, teor de amido e quantificação de sementes avariadas. O pinhão foi melhor conservado em embalagem de polietileno sob refrigeração, mantendo a umidade, menor perda de massa e cor. Embalagens de juta favoreceram maior degradação da cor e aumento do apodrecimento e brotação. Sugere-se que é viável a comercialização de pinhões mantidos sob refrigeração por até três meses, em embalagem de polietileno.

Changes in the physical-chemical composition of Brazilian pine seeds (*Araucaria angustifolia*) stored in different packages and environments

Abstract - *Araucaria angustifolia* seeds are considered important food product of Brazilian diet but with post-harvest conservation problems. In the present study, the characteristics of the seeds stored in the domestic environment and under refrigeration, were evaluated. The experiment used low-density polyethylene and jute packaging. Analysis of centesimal composition, moisture, water activity, mass loss, skin color, endosperm color, pH, soluble sugars, starch content and quantification of damaged seeds, were carried out every 15 days for 90 days. The seeds were better preserved in polyethylene packaging under refrigeration, keeping moisture, less loss of mass and color. Jute packaging promoted color degradation and increased rotting and sprouting. It is suggested that the commercialization of Brazilian pine seeds could be viable if kept for up to three months under refrigeration in polyethylene packaging.

Histórico do artigo:

Recebido em 18/07/2022

Aprovado em 01/06/2023

Publicado em 12/09/2023



O artigo é originário da Tese intitulada "Avaliação, caracterização de pinhão (sementes de *Araucaria angustifolia*) nativas do estado do Paraná e seu uso em um produto alimentício", do primeiro autor.

Introdução

Araucaria angustifolia é uma conífera perene encontrada na floresta Ombrófila Mista, conhecida Floresta com Araucária ou pinheiral, podendo atingir 2 m de diâmetro, e de 35 a 60 m de altura. Essa espécie ocorre na Argentina, Chile, Paraguai e Brasil, onde é denominada popularmente de pinheiro do Paraná (Bittencourt et al., 2004; Menezes et al., 2009).

A sua semente, o pinhão, possui formato cuneiforme, com casca resistente, de coloração avermelhada quando maduro, tendo em seu interior o endosperma branco e o embrião (Carmo et al., 2021). É rico em amido, fibras dietéticas, baixo índice glicêmico, baixos teores de lipídios, açúcares (Cordenunsi et al., 2004; Yamagushi et al., 2005) e compostos com caráter funcional (antioxidantes e amido resistente), com potencial de promoção de saúde do consumidor (Koehnlein et al., 2012), sendo, em geral, consumido cozido ou assado.

No Sul do Brasil a semente tem grande importância sócio econômica, sendo fonte de renda para comunidades de baixa renda, além de fonte de alimentos (Silveira et al., 2011; Danner et al., 2012). Apesar do potencial alimentício e econômico, um dos principais problemas do pinhão no mercado é causado pela má conservação da semente (Godoy et al., 2018).

A deterioração ocorre progressivamente pelos microrganismos ou reações bioquímicas, físicas e fisiológicas, tornando o alimento indesejável, com alterações de cor, sabor, textura, aparência e odor (Giménez et al., 2012; Fu et al., 2020). Esses danos são afetados pelas condições de embalagem, temperatura, armazenamento, bem como pelo estágio de maturação (Schmidt, et al., 2018). O prolongamento na vida de prateleira se dá com o uso de matérias-primas de boa qualidade, boas práticas durante a exposição comercial, uso de embalagens apropriadas e controle da temperatura e da umidade relativa do ar (Kumar & Kalita, 2017; De Vitis et al., 2020).

Embalagens apropriadas podem estender o armazenamento dos produtos embalados, pois conferem proteção mecânica, química e biológica, além de exercer barreira à luz, oxigênio, umidade, microrganismos, poeira e gases (Montero-Calderón et al., 2008; Qi et al., 2014).

Os estudos científicos que abordam as condições de conservação do pinhão são escassos. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as alterações físico-químicas de pinhões, simulando as condições de armazenamento adotadas pelos consumidores e produtores.

Material e métodos

As pinhas de *Araucaria angustifolia* Bertol O. Kuntze (genótipo k09B08) foram coletadas no Banco de Germoplasma da Embrapa Florestas (Latitude 25°19'17,76"S e longitude 49°9'23,61"W), no município de Colombo, PR. Essa região apresenta clima favorável para o desenvolvimento dessa espécie, sendo do tipo Cbf, de Köppen que é subtropical úmido mesotérmico, apresentando temperatura média de 22 °C no mês mais quente e de 18 °C do mês mais frio. Os invernos são rigorosos, com ocorrências de geadas severas e frequentes (Grodzki & Boeger, 2001).

Quinze pinhas foram coletadas em estágio de maturação fisiológica e mantidas sob temperatura ambiente até que se abrissem naturalmente, liberando as sementes, em torno de 20 dias. Os pinhões foram selecionados em função da integridade física, limpos e acondicionados em dois tipos de embalagens: sacos de juta (18,5 cm x 21,0 cm) e embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade (@Girassol; 10,0 cm x 24,0 cm), com espessura média dos filmes: 0,08 mm, taxa de permeabilidade de 4,057 g m⁻² dia⁻¹ (37,8 °C/80%UR) e permeabilidade ao vapor de água de 6,189 10⁻¹⁰ g m⁻² dia⁻¹ (37,8 °C / 80% UR). Cada embalagem continha, em média, 100 g de pinhão. Duas condições de armazenamento foram empregadas: temperatura ambiente e refrigeração a 6,5 °C.

O experimento consistiu de três tratamentos, sendo T1 (pinhões em embalagem de juta e conservação sob temperatura ambiente), T2 (pinhões em embalagem de juta e conservação refrigerada) e T3 (pinhões em embalagem de polietileno e conservação refrigerada), durante 90 dias. Cada tratamento consistiu de três repetições, com cerca de 20 sementes cada (Figura 1). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado. Os resultados foram avaliados por análise estatística univariada (análise de variância - ANOVA) e testes de médias de Duncan através do software Statística 7.0.



Figura 1. Embalagens de (A) polietileno de baixa densidade e (B) juta.

Figure 1. (A) Low-density polyethylene and (B) jute packaging.

Análises físico-químicas

A composição centesimal do pinhão foi avaliada nos tempos 0 (zero) e 90 dias. As variáveis umidade, atividade de água, perda de massa, cor de casca, cor do endosperma, pH, açúcares solúveis, teor de amido e quantificação de sementes avariadas foram avaliados a cada 15 dias, durante 90 dias.

Composição centesimal

Os teores de umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e fibra alimentar foram determinados por meio dos protocolos 925.10, 960.52, 920.39C, 923.03 e 962.09, respectivamente, (AOAC, 2011).

Efeito das condições de armazenamento nas propriedades físico-químicas

A umidade foi determinada por leitura direta em balança de infravermelho, marca Sartorius (modelo MA35), conforme recomendação do manual do fabricante.

A atividade de água foi avaliada em determinador de atividade de água, marca Acqua Lab série 3B V.3.

O procedimento foi conduzido de acordo como o manual do fabricante, sendo que as amostras descascadas e trituradas foram acondicionadas no recipiente apropriado para a leitura (Silva et al., 2009).

O procedimento para a determinação da perda de massa durante o armazenamento foi realizado de acordo com Javanmardi & Kubota (2006), sendo as amostras pesadas e seu peso subtraído da massa inicial. A perda de massa foi expressa em porcentagem em relação à massa inicial.

A textura do endosperma dos pinhões foi avaliada por meio da determinação da firmeza em texturômetro (CT1, Brookfield, Middleboro, MA, USA), com ponta de prova cilíndrica em aço inoxidável com 2 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento (TA 39). O pinhão descascado manualmente foi centralizado na base (TA-BT-KIT) para a execução do teste de força de compressão, com profundidade de penetração de 5,0 mm e velocidade de 0,5 mm s⁻¹. Os resultados de firmeza foram expressos em Newton (N).

A cor da casca e do endosperma foi determinada em colorímetro portátil (Miniscan XE Plus, modelo 450-L, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA) com sistema CIE L*a*b* que consiste em três componentes de cores: (L*) luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), (a*), que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo) e (b*), que varia de azul (negativo) a amarela (positivo), os dois últimos não apresentam limites numéricos específicos. O ângulo do observador empregado foi de 10°, o iluminante D65 e o equipamento foi calibrado utilizando-se padrões de cor fornecidos pelo fabricante.

A cor do endosperma foi obtida pela leitura direta do endosperma triturado em processador (Black & Decker, modelo KPMHC31X). A cor da casca foi avaliada com o auxílio de um suporte opaco, que exclui a interferência da luz externa na amostra. O pinhão com casca foi introduzido no suporte, sendo realizadas medidas de cor em quatro posições: duas com a parte externa do pinhão para cima e duas com a parte interna do pinhão para cima. O resultado final da cor da casca foi obtido pela média dos valores dos parâmetros de L, a* e b* (MacDougall, 2000; Costa et al., 2013).

O pH foi determinado em equipamento da marca Hanna Instruments (modelo HI221 calibration check microprocessor pH meter), previamente calibrado (IAL, 2005), sendo utilizados 10 g da amostra (previamente triturada e homogeneizada em triturador Marca:

Black & Decker, modelo KPMHC31X), diluídos em 100 mL de água.

As análises de teores de açúcares foram feitas pelo método fenol-sulfúrico, de acordo com Dubois et al. (1956), baseando-se na determinação de açúcares simples, polissacarídeos e seus derivados incluindo os metil-ésteres com grupos redutores livres, após a desidratação dos mesmos pelo ácido sulfúrico e subsequente complexação dos produtos formados com o fenol. A mudança da cor da solução é medida na região do visível e é proporcional à quantidade de açúcares presentes na amostra. Os teores de açúcares totais foram determinados por espectrofotometria a um comprimento de onda de 490 nm, utilizando-se uma curva padrão de glicose no intervalo de 10 a 90 mg.

Os teores de amido foram determinados por meio do protocolo 996.11 (AOAC, 2011). Uma curva de calibração utilizando glicose como padrão foi construída.

As sementes que apresentaram podridão, danos causados por insetos, brotamento e/ou fungos foram descartadas e contabilizadas como avariadas.

Análise dos dados

Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com três repetições. Os resultados foram avaliados por análise estatística univariada (análise de variância - ANOVA) e testes de médias de Duncan através do *software Statistica 7.0*.

Resultados

Os resultados obtidos de composição centesimal das amostras de pinhão nos tempos de armazenamento 0 zero) e 90 dias encontram-se na Tabela 1. O teor de carboidratos foi calculado por diferença. As variações ocorridas no início do tratamento decorrem das variações naturais da matéria-prima, pois os pinhões foram coletados da mesma matriz. Em relação à umidade, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as amostras no início do armazenamento, uma vez que os pinhões haviam sido recém coletados. No entanto, após 90 dias, as amostras armazenadas sob temperatura ambiente e embalagem de juta foram afetadas significativamente pela perda da umidade. A redução de umidade foi observada em todos os tratamentos, sendo que os pinhões refrigerados não diferiram entre si.

O teor de cinzas dos pinhões diferiu apenas para T3 no início do experimento. Ao final do período de armazenamento, o teor de cinzas mostrou-se estável (Tabela 1). Resultado semelhante foi observado com o teor de proteínas, sendo que a única variação significativa observada no experimento foi uma redução no T3, comparando-se o tempo 0 com 90 dias. Não foi observada diferença significativa da variação no teor de fibras e fração lipídica entre as amostras no tempo 0, apesar de observada uma pequena redução no teor de fibras ao longo do período analisado. No tempo 0 os tratamentos foram similares para a composição de carboidratos, no entanto, após 90 dias, observou-se um acréscimo significativo nesses compostos ($T1 > T2 > T3$).

Tabela 1. Composição centesimal das amostras de pinhão nos diferentes tratamentos, tempo 0 e 90 dias.

Table 1. Centesimal composition of Brazilian pine seeds in different treatments, time 0 and 90 days.

Amostra	Umidade	Cinzas	Proteína	Fibras	Lipídeos	Carboidratos
T1 – 0	56,19 ± 0,28 ^a	2,85 ± 0,14 ^b	6,49 ± 0,18 ^{ab}	7,11 ± 0,14 ^a	2,33 ± 0,13 ^{ab}	25,03 ± 0,31 ^d
T1 – 90	34,66 ± 1,10 ^c	3,74 ± 0,25 ^a	6,01 ± 0,17 ^{abc}	6,86 ± 0,24 ^a	2,49 ± 0,23 ^a	46,25 ± 1,99 ^a
T2 – 0	56,25 ± 0,55 ^a	2,96 ± 0,13 ^b	6,38 ± 0,30 ^{abc}	5,69 ± 0,55 ^b	2,25 ± 0,11 ^{ab}	26,48 ± 0,65 ^d
T2 – 90	44,26 ± 3,06 ^b	3,94 ± 0,29 ^a	5,78 ± 0,34 ^{bc}	5,56 ± 0,46 ^b	2,56 ± 0,54 ^a	37,90 ± 3,52 ^b
T3 – 0	55,29 ± 0,39 ^a	3,88 ± 0,11 ^a	6,72 ± 0,20 ^a	7,27 ± 0,14 ^a	1,87 ± 0,06 ^b	25,09 ± 0,37 ^d
T3 – 90	46,48 ± 0,97 ^b	4,10 ± 0,51 ^a	5,73 ± 0,68 ^c	7,23 ± 0,35 ^a	2,31 ± 0,47 ^{ab}	34,16 ± 1,21 ^c

Nota: Amostras armazenadas sob temperatura ambiente e embalagem de juta (T1); amostras armazenadas sob refrigeração e embalagem de juta (T2); amostras armazenadas sob refrigeração e embalagem de polietileno (T3). Tempos de armazenamento zero (0) e noventa (90) dias. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ($p > 0,05$).

Efeito das condições de armazenamento nas propriedades físico-químicas

O perfil da temperatura na câmara refrigerada apresentou variações máximas e mínimas, sendo o valor médio observado de 6,5 °C e o perfil de temperatura ambiente apresentou valor médio de 16,9 °C. A umidade relativa registrada para a câmara refrigerada ficou na faixa de 72,3% e para ambiente de 71,4%.

Os resultados das análises físico-químicas de umidade, atividade de água, perda de massa e textura estão apresentados na Figura 2.

A umidade, em base úmida, foi reduzida de 58,1% (tempo 0) para 33,6% (90° dia) nas amostras envasadas

em saco de juta/temperatura ambiente (T1). A mesma embalagem (T2) sob refrigeração chegou ao final do período com maior umidade (Figura 2A). As amostras em polietileno (T3) passaram de 57,4% para 46,4% aos 90 dias. Foi verificada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos do 1° e do 60° ao 90° dia de armazenamento.

A atividade de água dos pinhões sofreu pouca variação ao longo da estocagem. O valor inicial foi o mesmo para todos os tratamentos (0,987), atingindo ao final do armazenamento 0,959, 0,977 e 0,981, para T1, T2 e T3, respectivamente (Figura 2B). Houve diferença significativa entre as amostras somente no 75° dia de armazenamento.

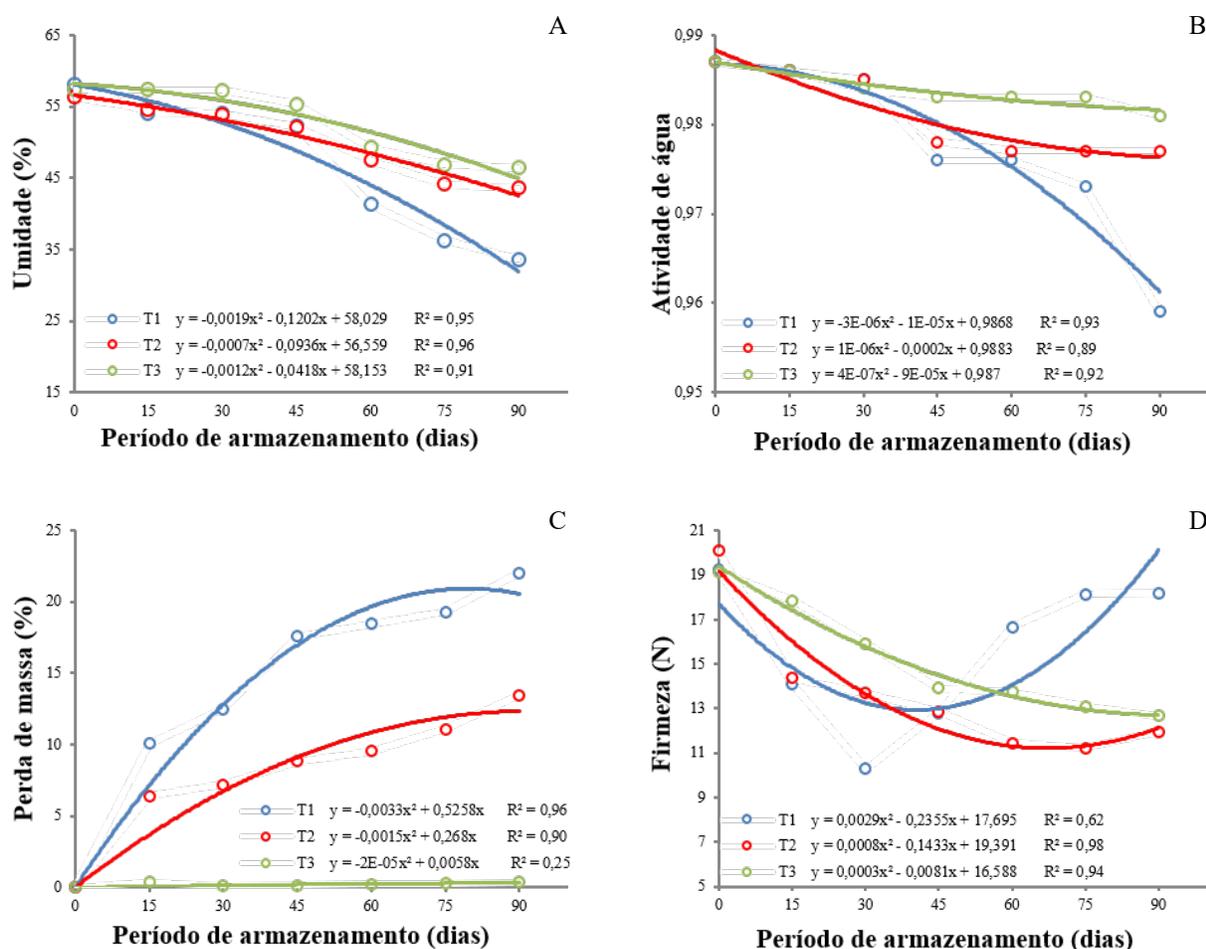


Figura 2. Correlações obtidas durante o armazenamento entre o número de dias e as propriedades de (A) umidade, (B) atividade de água, (C) perda de massa e (D) firmeza. T1 - amostras em juta/temperatura ambiente; T2 - amostras em juta/sob refrigeração; T3 – amostras em polietileno de baixa densidade/sob refrigeração. Tempo de armazenamento (T0 e T90 dias).

Figure 2: Correlations obtained during storage between the number of days and the properties of (A) moisture content, (B) water activity; (C) mass loss and (D) firmness. T1 - samples in jute/room temperature; T2 - samples in jute/under refrigeration; T3 – samples in low density polyethylene/under refrigeration. Storage time (T0 and T90 days).

A perda de massa acumulada nas amostras acondicionadas em T1 foi de 22,0%, sendo menor para as amostras T2 (12,5%) e T3 (0,4%), ao final do experimento (Figura 2D). A firmeza das sementes foi reduzida com o período de armazenamento, com maior redução nos tratamentos T1 (de 19,06 a 12,66 N) e T2 (de 20,09 a 11,97 N). Foi observada diferença significativa entre o 60º e 75º dia. No 75º dia, a amostra T3 apresentou diferença em relação à amostra T1, e a T2 diferenciou-se das demais embalagens (Figura 2C).

Os resultados das análises físico-químicas de pH, teor de açúcares, teor de amido e avariados estão apresentados na Figura 3. O teor de açúcares aumentou durante o período de armazenamento em todas as

amostras analisadas, variando de 2,72 a 18,18 mg L⁻¹ 100 g⁻¹ (T1), 5,98 mg L⁻¹ 100 g⁻¹ (T3) e 6,37 mg L⁻¹ (T2). No caso do amido, o comportamento foi inverso, decrescendo para 25,7% (T3); 35,4% (T2) e 19,2% (T1).

A quantidade de pinhões avariados (%) aumentou durante o período de armazenamento. No início do estudo foi semelhante entre os tratamentos, no entanto, ao final do período os defeitos foram mais evidentes em T1 (52,7%), seguido de T2 (38,4%) e T3 (28,1%), com diferenças significativas entre eles (Figura 3).

Os resultados das avaliações dos parâmetros de cor L, a* e b* estão apresentados na Figura 4, onde L* é a luminosidade, que varia de preto a branco, a* que varia de verde a vermelho e b* que varia de azul a amarelo.

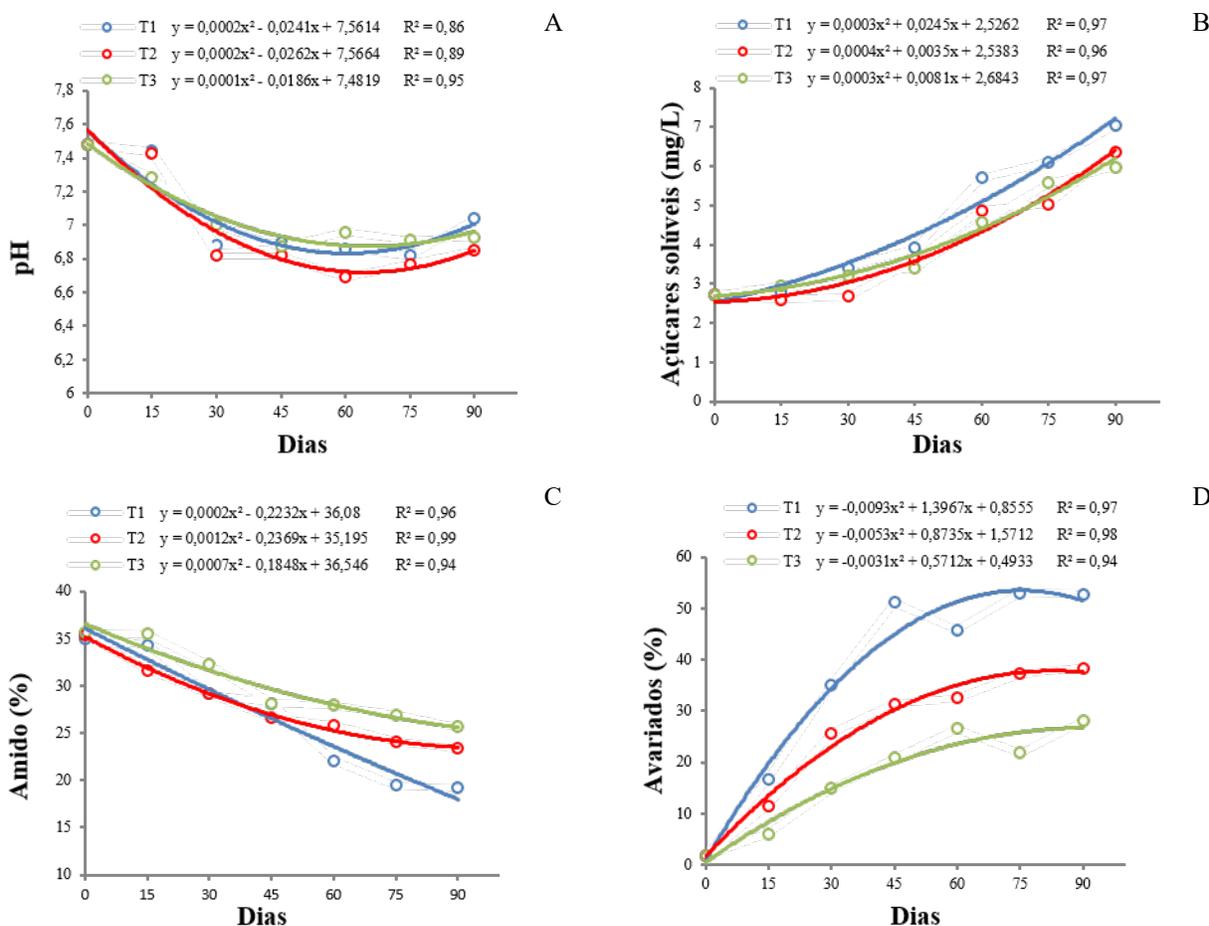


Figura 3. Correlações obtidas durante o armazenamento entre o número de dias e as propriedades físico-químicas dos pinhões: (A) pH, (B) açúcares solúveis, (C) amido e (D) avariados. T1 - amostras em juta/temperatura ambiente; T2 - amostras em juta/sob refrigeração; T3 – amostras em polietileno de baixa densidade/sob refrigeração. Tempo de armazenamento (T0 e T90 dias).

Figure 3. Correlations obtained during storage between the number of days and the physicochemical properties of Brazilian pine seeds: (A) pH, (B) sugar content, (C) starch content and (D) damage seeds. T1 - samples in jute/room temperature; T2 - samples in jute/under refrigeration; T3 – samples in low density polyethylene/under refrigeration. Storage time (T0 and T90 days).

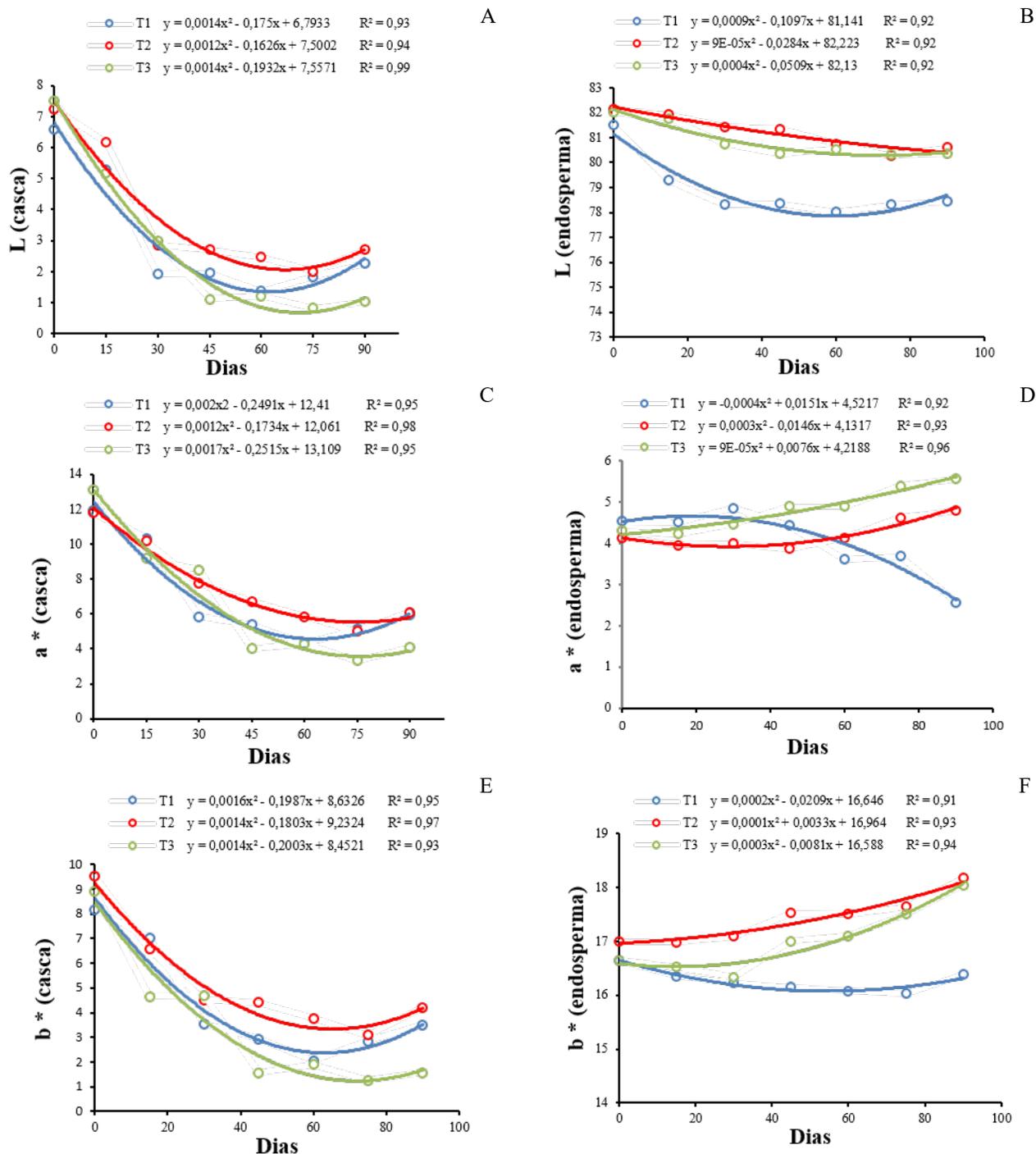


Figura 4. Correlações obtidas durante o armazenamento entre o número de dias e a cor dos pinhões: (A) luminosidade da casca; (B) luminosidade do endosperma; (C) a* da casca, (D) b* do endosperma, (E) b* da casca e (F) b* do endosperma. T1 - amostras em juta/temperatura ambiente; T2 - amostras em juta/sob refrigeração; T3 – amostras em polietileno de baixa densidade/sob refrigeração. Tempo de armazenamento (T0 e T90 dias).

Figure 4. Correlations obtained during storage between the number of days and the color of the Brazilian pine seeds: (A) luminosity of the shell; (B) a* of the endosperm; (C) b* of the shell; (D) of the endosperm; (E) a* of the shell; (F) b* of the endosperm. T1 - samples in jute/room temperature; T2 - samples in jute/under refrigeration; T3 – samples in low density polyethylene/under refrigeration. Storage time (T0 and T90 days).

Durante o período de armazenamento, a cor da casca dos pinhões foi significativamente afetada, perdendo o brilho e as tonalidades de cor (a^* e b^*), principalmente no tratamento T3, em que os pinhões foram armazenados em embalagem de polietileno de baixa densidade sob refrigeração. Foi observada diferença significativa entre os tratamentos no 30° e 90° dia para a luminosidade, no 45° e 75° para o parâmetro a^* e no 45° e 90° para a avaliação b^* .

A coloração da parte interna da semente (endosperma) permaneceu com maior estabilidade nos tratamentos que foram submetidos à refrigeração. Nos tratamentos T2 e T3 houve menor perda de luminosidade do endosperma, com um leve incremento nas tonalidades a^* e b^* ao longo do tempo de armazenamento. O tratamento em temperatura ambiente apresentou variação contrária, principalmente para a variável a^* (intensidade de cor vermelha). A luminosidade do endosperma apresentou diferença significativa entre o 30° e 45° dia e os valores de b^* no 45° e 75° dia de estocagem. Porém, o parâmetro a^* somente apresentou diferença significativa no último dia de armazenamento.

Discussão

A umidade média obtida nesse estudo para os pinhões recém colhidos (57,3%) foi próxima aos valores citados na literatura (42,7%, 49,5% e 46,7%), por Henriquéz et al. (2008), Cordenunsi et al. (2004) e Cladera-Olivera et al. (2008), respectivamente. Garcia et al. (2014) encontraram 45% de umidade em pinhões recém-colhidos, observando aumento aos 60 dias de armazenamento (48%) para as sementes armazenadas em freezer e 49% em refrigerador. A presença das embalagens plásticas permitiu um microambiente mais úmido para as sementes, em função da manutenção da taxa respiratória, mesmo quando a condição de armazenamento apresentou baixa umidade relativa do ar.

A atividade de água (A_w) é o parâmetro que mede a disponibilidade de água de um determinado alimento, sendo que sua presença, em interação com outros parâmetros, pode ter efeito sobre o crescimento de micro-organismos (Manna & Kim, 2017). Nesse trabalho, o período de armazenamento e embalagem tiveram pouco efeito sobre a atividade de água. Valores semelhantes para atividade de água (0,984), foram

encontrados por Cladera-Olivera et al. (2008) em seus estudos com pinhões.

O teor de cinzas encontrado nos pinhões, no presente estudo (3,5%), foi superior aos valores encontrados por Cordenunsi et al. (2004) e Henriquéz et al. (2008), sendo 1,6% e 2,1%, respectivamente. O teor proteico (média = 6,2%), ficou entre os valores determinados por Cordenunsi et al. (2004) e Henriquéz et al. (2008) que foi de 3,6% e 7,8%, respectivamente. O teor de fibras (6,6%) também foi superior ao relatado na literatura por Cordenunsi et al. (2004), que foi de 4,9% de fibras. O teor de lipídios (2,3%) foi superior aos mencionados por Henriquéz et al. (2008), Cordenunsi et al. (2004) e Cladera-Olivera et al. (2008), que relataram valores entre 1,1% e 1,3%.

Esses parâmetros são importantes do ponto de vista nutricional. As cinzas relacionam-se com conteúdo mineral do alimento (Ikezu et al., 2020); as proteínas com o fornecimento de aminoácidos essenciais (Joye, 2019); os lipídios para proporcionar os ácidos graxos essenciais (Punia et al., 2019) e as fibras para redução de doenças cardíacas, neoplasias e melhorias na microbiota intestinal (Gill et al., 2021).

Em relação à perda de massa, provavelmente devido à barreira apresentada pela embalagem de polietileno aliada a refrigeração, o tratamento T3 foi o que perdeu menos massa em todo o experimento. Moreira et al. (2020) avaliaram a perda de massa em pinhões, armazenados a 4 °C, durante 9 dias e verificaram perda de 1,9% em relação ao peso inicial. Um dos principais indicadores de redução de qualidade de produtos armazenados é perda de água dos tecidos vegetais, que além de promover a perda de massa e redução da atividade de água, acarreta alterações na textura (Porat et al., 2018).

As atividades metabólicas das sementes são reduzidas em temperaturas menores, uma vez que decresce a respiração (Eberle et al., 2019). É comum ocorrer o aumento de açúcares durante o armazenamento prolongado de alimentos amiláceos, devido à conversão do amido em açúcares (Pereira et al., 2021). Observou-se nesse estudo o dobro do teor de açúcares ao final do armazenamento (Figura 3B), em contraposição à redução do amido (Figura 3C), principalmente no T1 (juta em temperatura ambiente). Os valores médios de açúcares, encontrados nesse estudo foram de 2,75 mg L⁻¹ no tempo zero, foram próximos aos determinados por Cordenunsi et al. (2004), de 2,43 mg L⁻¹ em pinhões recém colhidos.

O teor de amido médio para os pinhões armazenados foi semelhante ao determinado por Cordenunsi et al. (2004) e Cladera-Olivera et al. (2008), que determinaram amido de 36,3% e 35,5%, respectivamente.

A porcentagem de avarias nos pinhões aumentou com o período de armazenamento. Alves et al. (2017) avaliaram pinhões em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD 40 µm) e verificaram que as sementes perderam a qualidade visual e sanitária, desqualificando-as como alimento, com 46,7% de incidência de fungos após 21 dias de armazenamento. A modificação da atmosfera pelas embalagens de polietileno propiciou um aumento na umidade no interior da mesma, favorecendo a proliferação de fungos. Godoy et al. (2022) verificaram que a maior quantidade de pinhões avariados foi em sementes atacadas por brocas, detectadas principalmente nos produtos vendidos no comércio por longos períodos. Nesses pinhões, também foi observado o início da germinação.

Um dos principais resultados apresentados, nesse estudo, foi a detecção da alteração nos parâmetros visuais do pinhão, com perda de coloração ao longo de 90 dias de armazenamento. A perda do brilho pode estar relacionada à perda da umidade e ao comprometimento dos parâmetros de qualidade do produto, pois o consumidor final seleciona o pinhão pela cor e brilho (Godoy et al., 2018). Alves et al. (2017) verificaram que aos 14 e 21 dias de armazenamento os pinhões acondicionados em embalagens de PEBD (polietileno de baixa densidade), com ou sem perfurações, apresentaram menor brilho (luminosidade).

Embora no presente estudo a firmeza das sementes tenha sido reduzida com o período de armazenamento, Alves et al. (2017) não observaram diferenças entre os tratamentos avaliados quanto aos atributos de textura do endosperma.

Conclusões

As embalagens utilizadas preservaram a qualidade dos pinhões armazenados sob refrigeração, principalmente em amostras acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade. Nessas embalagens, os pinhões mantiveram a umidade, textura, cor e parâmetros físico-químicos. Na embalagem de juta houve maior perda de umidade, degradação da cor e avarias.

Os pinhões mantidos sob refrigeração (6,5 °C), em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade, mantiveram suas características físico-químicas, durante 90 dias.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Contribuição de Autoria

Fernanda Janaína Oliveira Gomes da Costa: Investigação, Escrita – primeira redação;

Rossana Catie Bueno de Godoy: Conceituação, revisão, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição;

Carolina Lopes Leivas: Análise formal;

Leticia Oelke Pereira: Escrita – revisão e edição;

Nina Waszczynskyj: Supervisão.

Referências

Alves, E. de O. et al. Uso de embalagens na manutenção da qualidade de pinhões [sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto kuntze] em condições ambiente. **Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa- Congrega**, p. 1-8, 2017.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 18th. ed. Gaithersburg, 2005. Revisão 2011.

Bittencourt, V. et al. Conservation, management and sustainable use of *Araucaria angustifolia* genetic resources in Brazil. In: Vincenti, B. et al. **Challenges in managing forest genetic resource for livelihoods: examples from Argentina and Brazil**. Roma: IPGRI. 2004. p. 33-148.

Carmo, A. A. O. do et al. Morfologia dos órgãos vegetativos e reprodutivos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze (Araucariaceae). In: Sousa, V. A. et al. (ed.). **Araucária: pesquisa e desenvolvimento no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 2, p. 35-45.

Cladera-Olivera, F. et al. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 900-907, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01540.x>.

Cordenunsi, R. et al. Chemical composition and glycemic index of brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) Seeds. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, n. 11, p. 3412-3416, 2004. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf034814l>.

Costa, F. J. O. G. et al. **Metodologia para a determinação instrumental da cor de pinhões de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013 (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 322). Embrapa. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/971116>.

- Danner, M. A et al. O cultivo da araucária para produção de pinhões como ferramenta para a conservação. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 72, p. 441-451, 2012.
- De Vitis, M. et al. Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. **Restoration Ecology**, v. 28, n. S3, p. 249-S255, 2020.
- Dubois, M. et al. Colorimetric method form determination of sugars and related substaces. **Nature**, v. 28, n.3, p. 350-356, 1956. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- Eberle, E. et al. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 42, p. 657-665, 2019.
- Fu, M. et al. Identification of rancidity markers in roasted sunflower seeds produced from raw materials stored for different periods of time. **LWT: Food Science and Technology**, v. 118, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108721>.
- Garcia, C. et al. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 857-867, 2014. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142404006>.
- Gill, S. K. et al. Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. **Nature Reviews: Gastroenterology & Hepatology**, v. 18, p. 101-114, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41575-020-00375-4>.
- Giménez, A. et al. Sensory shelf-life estimation: a review of current methodological approaches. **Food Research International**, v. 49, p. 311–325, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.008>.
- Godoy, R. C. B. de et al. Consumidor de pinhão: hábitos, atributos de importância e percepção. **Pesquisa Florestal Brasileira**, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.4336/2018.pfb.38e201801655>.
- Godoy, R. C. B. de et al. Estudo exploratório para identificação e separação de pinhões (*Araucaria angustifolia*) destinados ao consumo. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 55-67, 2022. <https://doi.org/10.32406/v5n1/2022/51-67/agrariacad>.
- Grodzki, L. & Boeger, M. R. T. Caracterização da vegetação pioneira de uma área de exploração de *Mimosa scabrella Benth.* (Bracatinga), no município de Colombo, PR. **Floresta**, v. 3, p. 31-98, 2001. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v3i1i12.2338>.
- Henríquez, C. et al. Characterization of piñon seed (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch) and the isolated starch from the seed. **Food Chemistry**, v. 107, p. 592-601, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.040>.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 2005. 1020 p.
- Ikezu U. J. M. et al. Comparative analysis of alkali, ash and moisture content of some agricultural wastes. **Waste Manage Xenobio**, v. 3, n. 1, 000137, 2020. <https://doi.org/10.23880/oajwx-16000137>. <https://doi.org/10.23880/oajwx-16000137>
- Javanmardi, J. & Kubota, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 4, p. 151-155, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.03.008>.
- Joye, I. Protein digestibility of cereal products. **Foods**, v. 8, n. 6, 199, 2019. <https://doi.org/10.3390/foods8060199>.
- Koehnlein, E. A. et al. Antioxidant activities and phenolic compounds of raw and cooked Brazilian pinhão (*Araucaria angustifolia*) seeds. **African Journal of Food Science**, v. 21, n. 6, p. 512-518, 2012. <https://doi.org/10.5897/AJFS12.128>.
- Kumar, D. & Kalita, P. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries: review. **Foods**, v. 6, n. 8, 2017. <https://doi.org/10.3390/foods6010008>.
- MacDougall, D. B. **Colour in food, improving quality**. Boca Raton: CRC Press, 2000. 381p.
- Manna, M. & Kim, K. D. Influence of temperature and water activity on deleterious fungi and mycotoxin production during grain storage. **Microbiology**, v. 45, n. 4, p. 240-254, 2017. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2017.45.4.240>.
- Menezes, E. et al. New information on carbohydrates in the Brazilian Food Composition Database. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 446–452, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.02.001>.
- Montero-Calderón, M. et al. Effect of packaging conditions on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 50, p. 182-189, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.03.014>.
- Moreira, M. K. V. et al. Conservação de pinhão minimamente processado pelo uso de revestimentos comestíveis com características antimicrobianas. **Semina**, v. 41, n. 6, p. 3093-3106, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p3093>.
- Pereira, A. M. et al. Quality of potato CV. innovator submitted refrigeration and recondition. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 34-38, 2021. <https://doi.org/10.1590/fst.26619>.
- Porat, R. et al. Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: quantifications, causes, and means of prevention. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 135-149, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.019>.
- Punia, S. et al. Omega 3-metabolism, absorption, bioavailability and health benefits: a review. **PharmaNutrition**, v. 10, 100162, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2019.100162>.
- Qi, L. et al. C²slds: A WSN-based perishable food shelf-life prediction and LSFO strategy decision support system in cold chain logistics. **Food Control**, v. 38, p. 19-29, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.023>.
- Schmidt, M. et al. Recent advances in physical post-harvest treatments for shelf-life extension of cereal crops: review. **Foods**, v. 7, n. 45, p. 1-22, 2018. <https://doi.org/10.3390/foods7040045>.
- Silva, A. et al. Utilização de extrato de cogumelo como antioxidante natural em óleo vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1103-1108, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400022>.
- Silveira, E. R. et al. Situação das famílias na extração e comercialização do pinhão no sudoeste do Paraná. **Synergismus Scientifica**, v. 6, n. 1, 2011.

Yamagushi, L. F. et al. Biflavonoids from Brazilian pine *Araucária angustifolia* as potentials protective against DNA damage and lipoperoxidation. **Phytochemistry**, v. 66, n. 18, p. 2238-2247, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.11.014>.