

Avaliação da vida de prateleira de mandioca minimamente processada tratada com solução antioxidante e película comestível à base de fécula de mandioca

Evaluation of the shelf life of minimally processed cassava treated with antioxidant solution and edible cassava starch-based film

Juliana Cristina Castro^{01*}, Natália Santos Pretes⁰¹, Ana Laura Castilho Franco⁰¹, Anna Beatriz da Silva⁰¹, Manoel Genildo Pequeno^{2†}, Rerison Catarino da Hora⁰², Juliana Scanavacca⁰², Cristiane Mengue Feniman Moritz⁰²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá, PR, Brasil.

²Universidade Estadual de Maringá – UEM, Umuarama, PR, Brasil.

*jccastro2@uem.br
†In memoriam

Recebido: 21 de dezembro de 2023.
Aceito: 19 de dezembro de 2024.
Publicado: 27 de dezembro de 2024.

RESUMO

A praticidade do fácil preparo de mandioca minimamente processada torna esse segmento de mercado uma alternativa viável para a agregação de valor ao produto. Entretanto, verifica-se a intensificação das alterações por deterioração fisiológica das raízes no armazenamento. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o cozimento em função do tempo, taxa de respiração e as propriedades físico-químicas durante a vida de prateleira da mandioca minimamente processada tratada com solução antioxidante conservadora, solução formadora de película à base de fécula de mandioca e o conjunto de solução antioxidante e película, além do tratamento controle. Todos os tratamentos foram avaliados nos tempos de zero, três, seis, nove, 12 e 15 dias de armazenamento sob refrigeração de 4 °C. As análises realizadas foram: colorimetria, índice de escurecimento, umidade, perda de peso, pH, acidez, força de cisalhamento, força de compressão, tempo de cocção e taxa de respiração. Os dados foram submetidos à análise de variância de medidas repetidas e comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. Foi possível verificar que os tratamentos com película, solução conservadora e ambos aplicados nas raízes de mandioca minimamente processada apresentaram o mesmo tempo de vida de prateleira que o tratamento controle. No entanto, as mandiocas tratadas apenas com película tiveram valores mais elevados na respiração e acidez e, embora os resultados tenham apresentado diferença significativa, a solução conservadora demonstrou resultados promissores e que ainda devem ser melhor estudados, frente a novas formulações e testes para avaliação da manutenção da qualidade e tempo de armazenamento.

Palavras-chave: Estabilidade química. *Manihot esculenta*. Revestimento comestível. Valor agregado. Vida útil.

ABSTRACT

The practicality of the easy preparation of minimally processed cassava makes this market segment a viable alternative for adding value to the product. However, there is an intensification of the alterations due to physiological deterioration of the roots in storage. In light of this, the aim of this study was to evaluate cooking time, respiration rate and physicochemical properties during the shelf life of minimally processed cassava treated with preservative antioxidant solution, cassava starch-based film-forming solution and the set of antioxidant solution and film, in addition to the control treatment. All treatments were evaluated at zero, three, six, nine, 12 and 15 days of storage under refrigeration at 4 °C. The following analyses were conducted: colorimetry, browning index, moisture, weight loss, pH, acidity, shear force, compressive force, cooking time and respiration rate. The data were submitted to analysis of variance with repeated measures and comparison of means using Tukey's test at 5% significance. It was found that the treatments with film, preservative solution and both applied to the roots of minimally processed cassava presented the same shelf life as the control treatment. However, cassava treated only with film had higher values in respiration and acidity and although the results showed a significant difference, the preservative solution showed promising results that warrant further research in view of new formulations and tests to assess quality maintenance and storage time.

Keywords: Added value. Chemical stability. Edible film. *Manihot esculenta*. Shelf life.

INTRODUÇÃO

A praticidade gerada pela fácil preparação de alimentos minimamente processados contribui com o segmento do mercado, ao qual dispõe uma alternativa viável para a adição do valor do produto e uma forte tendência para o comércio. Esse tipo de processamento em frutas e hortaliças envolve os principais passos de operação, como limpeza, sanitização, descascamento, corte, embalagem e armazenamento (Vidigal et al., 2015; Patil, Shams & Dash, 2023).

Entretanto, há uma intensificação de mudanças nos vegetais devido à deterioração fisiológica, principalmente causada pelas injúrias do tecido em virtude da manipulação e do processamento que promove grande interação entre as enzimas e os substratos, causando escurecimento enzimático e perda de compostos celulares e umidade. Essas mudanças causam rápidos mecanismos no metabolismo e, consequentemente, têm decréscimo na qualidade do produto, interferindo no tempo de vida de prateleira (Patil et al., 2023; Wang et al., 2023).

Um dos vegetais que possuem um alto consumo no mundo é a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), podendo ser consumida cozida, frita ou integrada a pratos mais complexos.

Comercialmente, a mandioca é encontrada principalmente na forma de alimentos minimamente processados, refrigerados e/ou congelados. Entretanto, uma vez que a vida de prateleira da mandioca processada é curta, isso gera desperdício pela indústria, feiras e mercados e, consequentemente, perda de capital, mão de obra, materiais utilizados no preparo do alimento e energia. Os resíduos orgânicos provenientes do descarte de alimentos já em processo de escurecimento enzimático e outras alterações pós-colheita indesejáveis implicam, ainda, impactos ambientais e ineficiência da indústria (Thuppahige, Moghaddam, Welsh, Wang & Karim, 2023).

Dentre as possíveis formas de conservação pós-colheita, os revestimentos comestíveis apresentam-se como uma alternativa viável e econômica. Os revestimentos comestíveis são definidos como substâncias empregadas na superfície de frutos e hortaliças com finalidade de proteger os alimentos de danos físico-químicos, contaminação microbiológica e exposição à luz. Usualmente, são desenvolvidos com moléculas de lipídios, polissacarídeos, proteínas e a mistura de ambos (Patil et al., 2023). É importante enfatizar, ainda, que os revestimentos devem

ser seguros, juntamente com o produto, podendo, assim, ser consumidos sem riscos aos consumidores. E embora haja vários tipos de revestimentos comestíveis, o objetivo é definido pela proteção e manutenção da qualidade dos alimentos durante a pós-colheita ou seu processamento (Chettri, Sharma & Mohite, 2023).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o tempo de cocção e as propriedades físico-químicas durante a vida de prateleira da mandioca minimamente processada submetida aos tratamentos com película comestível de fécula de mandioca, solução conservadora antioxidante e sua combinação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Reagentes

Os reagentes e amido utilizados foram: ácido ascórbico (Synth, Diadema/São Paulo, Brasil), ácido cítrico (Synth, Diadema/São Paulo, Brasil), cloreto de cálcio (Dinâmica, Indaiatuba/São Paulo, Brasil), cloreto de sódio (Synth, Diadema/São Paulo, Brasil) e amido de mandioca (Zaeli, Umuarama/Paraná, Brasil).

Amostras

Para a realização deste estudo, foi utilizada a cultivar 576-70, tipo de solo: textura arenosa, associados aos arenitos da Formação Caiuá, colhida após 22 meses de plantio, cultivada na Fazenda Experimental (-23.79105934715043 de longitude Leste/Oeste, -53.255664729595686 de longitude Norte/Sul) do Departamento de Agronomia do Campus Regional de Umuarama – Universidade Estadual de Maringá. A região é caracterizada com precipitação anual média de 1.400,1 - 1.600 mm, com médias anuais de temperatura entre 22,1 °C – 23 °C e umidade relativa anual média de 65,1% – 70%. Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfa (Nitsche, Caramori, Ricce & Pinto, 2019).

A colheita foi realizada pela manhã, onde as raízes foram levadas para a planta piloto de processamento e higienizadas. Na recepção, as raízes médias foram selecionadas e minimamente processadas nas seguintes etapas: descascamento, higienização, corte, aplicação de película, secagem e embalagem.

Tratamentos

Apenas os cortes medianos foram utilizados, sendo a base e a ponta descartadas. Os tratamentos foram baseados no estudo de Fontes, Sarmiento, Spoto e Dias (2008), envolvendo: (1) controle; (2) aplicação (imersão por dois minutos) de solução conservante (ácido ascórbico a 1%, (m:v) ácido cítrico a 0,5% (m:v), cloreto de cálcio a 0,25% (m:v) e cloreto de sódio a 0,7% (m:v) depois do corte; (3) aplicação (imersão por dois minutos) de solução formadora de filme (suspensão do amido de mandioca a 3% (m:v) e aquecimento a 70 °C sob agitação constante e, após isso, deixou-se a solução atingir 15 °C para a aplicação nas raízes); (4) aplicação da solução conservadora e solução formadora de filme (aplicação por dois minutos em cada solução), denominada solução conservadora + película.

Todos os tratamentos, incluindo o grupo controle, foram secados por 30 minutos com a ajuda de ventilação em temperatura ambiente. As raízes foram, em seguida, acondicionadas em bandejas de polietileno (três pedaços em cada bandeja), envoltas em filme de PVC (espessura de 21 µm), mantidas sob refrigeração em 4 °C por 15 dias.

Análises

Os períodos de análise foram nos dias zero, três, seis, nove, 12 e 15, sendo realizadas análises de colorimetria (Bible & Singha, 1993; Palou, López-Malo, Barbosa-Cánovas, Wel-

Chanes & Swanson, 1999), tempo de cocção após a imersão das raízes em água fervente (Lorenzi, 1994), textura – força de cisalhamento e compressão (Menoli & Beleia, 2007), taxa de respiração (Daiuto, Vieites, Tremocoldi & Russo, 2010), perda de peso, umidade, pH e acidez total (IAL, 2005). Para as análises de tempo de cocção e respiração, foi feita apenas uma leitura em cada tempo e as demais foram analisadas em triplicata.

Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância. Esses resultados foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), comparando diferentes tempos x tratamento e diferentes tratamentos x tempo, com delineamento inteiramente casualizado. A análise estatística foi realizada pelo *R software*, versão 4.4.0 para análises.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aspecto visual do produto foi avaliado por análise de cor, sendo esse um dos principais atributos visados pelo consumidor no momento de aquisição. Os dados obtidos foram demonstrados para os parâmetros L^* (luminosidade), variando de zero (preto) para 100 (branco); a^* variando de verde para vermelho (valores positivos indicam coloração vermelha, valores negativos indicam verde e zero é neutro); b^* variando de azul para amarelo (valores positivos indicam coloração amarela, valores negativos indicam azul e zero é neutro) e índice de escurecimento, sendo todos os parâmetros apresentados na Tabela 1.

O parâmetro L^* demonstrou valores elevados devido à coloração clara das raízes (Tabela 1). Os tempos de análises T0, T3, T6, T9, T12 e T15 não demonstraram diferença significativa para os valores de L^* entre os tratamentos avaliados. Tais dados sugerem que a cor das raízes apresentou intensidade frente a luminosidade, provavelmente em decorrência do contato ambiental e processamento (Henrique, Prati & Sarmiento, 2015); isso demonstra que, independentemente do tratamento, ambos, incluindo o controle, contribuíram com a manutenção da cor clara nas amostras. Para o parâmetro a^* , o controle apresentou uma diminuição nos valores negativamente, indicando um possível escurecimento enzimático. Já os tratamentos não apresentaram alterações (diferenças estatísticas a 5%) frente ao tempo. Esses resultados (valores negativos baixos) indicam leve coloração verde a neutra das raízes. É importante citar que, para cada dia, uma embalagem foi utilizada para avaliação, e embora as raízes tenham sido colhidas no mesmo dia e processadas imediatamente, essa pequena diferença na coloração pode ser justificada por esses fatores. No parâmetro b^* , os resultados foram positivos, indicando coloração ligeiramente amarela devido à variação da planta. Estatisticamente, houve variação entre os tratamentos e tempos de armazenamento ($p < 0,05$) somente para solução conservadora e frente ao T9, correlacionado aos tratamentos. Os resultados sugerem estabilidade frente a alteração da coloração amarela nas condições avaliadas (tratamentos e tempo).

O índice de escurecimento (Tabela 1), calculado em função dos parâmetros L^* , a^* e b^* , demonstrou que o tratamento película e solução conservadora + película apresentaram diferença ao longo do armazenamento, claramente observada. Esse parâmetro, como mencionado anteriormente, é um dos atributos sensoriais importantes no momento da compra do produto. Os resultados mostraram que houve alterações significativas ao longo do armazenamento, de forma que as raízes apresentaram uma boa conservação ao longo dos dias de avaliação frente aos tratamentos utilizados. Dessa forma, do ponto de vista de manutenção da cor, há indicação de aplicação de tratamentos de mandioca minimamente processados

por até 15 dias sob refrigeração, especialmente a solução conservadora.

Os dados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 2. Houve diferenças estatísticas entre os tempos de armazenamento e tratamentos para as variáveis pH, acidez, força de cisalhamento e compressão. Frente a perda de peso, a mesma não demonstrou redução no peso das raízes de mandioca (%) estatisticamente. Correlacionada à perda de peso, a percentagem de umidade das raízes também não mostrou decréscimo de massa (água). Embora não tenha sido observada diferença na perda de

massa e manutenção da umidade ao longo do armazenamento frente aos tratamentos, conforme Patil et al. (2023), os revestimentos auxiliam na redução da perda de umidade dos frutos e vegetais, conseqüentemente evitando o murchamento e mantendo a textura do alimento. Esses dados estão de acordo com os resultados deste estudo, entretanto, embora o controle também não tenha apresentado diferença significativa em relação aos demais tratamentos, essa diferença não tem implicações sobre a manutenção da qualidade das raízes.

Tabela 1

Médias dos valores dos parâmetros L^* , a^* , b^* e índice de escurecimento pela análise de colorimetria de mandioca minimamente processada durante 15 dias de armazenamento a 4 °C.

Variável	Tempo	Controle	Solução conservadora	Película à base de mandioca	Solução conservadora + Película
L^*	T0	80,6 ^{ba} ± 5,0	80,5 ^{bA} ± 5,2	84,7 ^{aA} ± 2,3	85,8 ^{aA} ± 4,4
	T3	90,1 ^{aA} ± 0,8	88,7 ^{aA} ± 1,2	85,4 ^{aA} ± 4,2	87,7 ^{aA} ± 1,5
	T6	86,3 ^{abA} ± 3,0	85,1 ^{abA} ± 2,5	84,4 ^{aA} ± 2,5	86,3 ^{aA} ± 1,7
	T9	85,4 ^{abA} ± 4,2	87,2 ^{abA} ± 1,8	84,9 ^{aA} ± 1,2	88,4 ^{aA} ± 0,3
	T12	86,2 ^{abA} ± 1,9	86,7 ^{abA} ± 3,4	85,8 ^{aA} ± 0,5	86,6 ^{aA} ± 0,7
	T15	86,7 ^{abA} ± 1,6	86,3 ^{abA} ± 0,1	85,9 ^{aA} ± 2,1	87,5 ^{aA} ± 3,3
a^*	T0	-0,7 ^{ba} ± 0,2	-1,4 ^{aA} ± 0,4	-1,3 ^{aA} ± 0,4	-1,5 ^{aA} ± 0,0
	T3	-1,5 ^{abA} ± 0,1	-1,3 ^{aA} ± 0,2	-1,3 ^{aA} ± 0,0	-1,4 ^{aA} ± 0,1
	T6	-1,4 ^{abA} ± 0,2	-1,3 ^{aA} ± 0,3	-1,1 ^{aA} ± 0,5	-1,4 ^{aA} ± 0,4
	T9	-1,5 ^{abA} ± 0,2	-1,2 ^{aA} ± 0,3	-0,9 ^{aA} ± 0,8	-1,6 ^{aA} ± 0,1
	T12	-1,6 ^{abA} ± 0,9	-1,1 ^{aA} ± 0,4	-1,1 ^{aA} ± 0,3	-1,3 ^{aA} ± 0,1
	T15	-2,0 ^{aA} ± 0,4	-1,5 ^{aA} ± 0,8	-1,3 ^{aA} ± 1,0	-1,3 ^{aA} ± 0,5
b^*	T0	27,3 ^{aA} ± 3,3	26,7 ^{aA} ± 2,6	26,3 ^{aA} ± 1,3	24,1 ^{aA} ± 6,1
	T3	21,1 ^{aA} ± 0,9	19,1 ^{ba} ± 1,8	21,9 ^{aA} ± 3,3	20,3 ^{aA} ± 0,5
	T6	20,8 ^{aA} ± 1,1	20,0 ^{ba} ± 0,9	19,8 ^{aA} ± 1,8	18,8 ^{aA} ± 0,6
	T9	21,5 ^{abB} ± 0,8	18,5 ^{bb} ± 1,2	23,6 ^{aA} ± 2,7	20,2 ^{aAB} ± 1,0
	T12	20,5 ^{aA} ± 4,4	18,6 ^{ba} ± 3,2	19,9 ^{aA} ± 1,6	18,3 ^{aA} ± 1,4
	T15	23,5 ^{aA} ± 5,8	19,7 ^{ba} ± 2,3	22,8 ^{aA} ± 7,2	21,4 ^{aA} ± 0,5
Índice de escurecimento	T0	39,2 ^{aA} ± 4,0	37,5 ^{aA} ± 4,8	34,8 ^{aA} ± 3,5	31,3 ^{aA} ± 10,8
	T3	24,6 ^{ba} ± 1,1	22,4 ^{ba} ± 2,6	27,8 ^{aA} ± 6,7	24,2 ^{aA} ± 0,4
	T6	25,4 ^{abA} ± 1,1	24,8 ^{ba} ± 0,7	24,9 ^{aA} ± 1,6	22,6 ^{aA} ± 0,4
	T9	26,9 ^{abAB} ± 2,6	22,1 ^{bb} ± 1,6	30,7 ^{aA} ± 4,7	23,7 ^{aAB} ± 1,4
	T12	25,2 ^{abA} ± 6,4	22,4 ^{ba} ± 4,6	24,6 ^{aA} ± 2,4	21,9 ^{aA} ± 2,0
	T15	29,2 ^{abA} ± 9,6	23,8 ^{ba} ± 2,8	29,1 ^{aA} ± 11,1	26,0 ^{aA} ± 1,2

Fonte: Os autores.

Notas. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística em 5% entre os tempos dentro do mesmo tratamento; letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença estatística em 5% entre os tratamentos dentro do mesmo tempo. T0: dia zero; T3: dia três; T6: dia seis; T9: dia nove; T12: dia 12 e T15: dia 15 após tratamento e armazenamento da mandioca minimamente processada. L^* (luminosidade), variando de zero (preto) a 100 (branco); a^* variando de verde a vermelho (valores positivos indicam coloração vermelha, valores negativos indicam verde e zero é neutro) e b^* variando de azul a amarelo (valores positivos indicam coloração amarela, valores negativos indicam azul e zero é neutro).

Houve variação significativa nos resultados da análise de acidez entre os tratamentos e os tempos (Tabela 2), com aumento da acidez frente ao armazenamento até o T12 e queda dos ácidos orgânicos em T15. Corroborando esse dado, até o T12, as raízes já se apresentavam no início de degradação, devido ao aumento da produção de ácido orgânico, justificando o aumento da acidez em ambos os tratamentos. Entretanto, em T15, sugere-se início da senescência das raízes com degradação dos compostos. Considerando todos os tratamentos, o controle teve diferença estatística frente aos tratamentos, entretanto, não indicou uma redução na formação de ácidos orgânicos, sem uma

notável melhora na preservação das raízes tratadas com o filme composto de fécula a 3%, solução conservadora e sua associação.

Nas análises de força de cisalhamento das raízes nos primeiros dias (Tabela 2), a força expressa em N foi maior que os demais tempos, com diferença significativa entre os tempos e tratamentos. Dessa forma, foi observado o decréscimo na força ao longo do tempo, provavelmente devido ao amolecimento das raízes durante a vida de prateleira. Na compressão, quanto ao tratamento controle e o tratamento da solução conservadora, uma menor força exercida neles no tempo T0 foi notável em comparação com os outros tempos. Embora os dados tenham apresentado

diferenças significativas entre as variáveis avaliadas, essas alterações indicam a resistência ao corte das raízes de mandioca e essa grande variação dos valores obtidos provavelmente está correlacionada à heterogeneidade de composição das raízes de mandioca.

A taxa de respiração medida em CO₂ (Figura 1) demonstrou que os tempos T0 e T3 tiveram uma baixa concentração de CO₂ em função da massa da amostra e tempo, algo que é justificado pelo fato de que as raízes estavam ainda recentemente expostas ao ambiente externo, conduzindo a uma baixa respiração. Mas no tempo T6, em ambos os tratamentos exceto o controle, as raízes tiveram uma alta taxa de CO₂,

especialmente no tratamento de fécula, mostrando uma taxa nos tempos T6 e T12. Observou-se uma tendência de os tratamentos aplicados aumentarem a taxa de respiração das raízes de mandioca minimamente processadas em relação ao tratamento de controle. Conforme demonstrado em outros estudos, a presença da cobertura de fécula favoreceu um ambiente anaeróbico, acarretando o processo de fermentação das raízes, ajudando, conseqüentemente, no aumento da respiração. Outro fator relevante é que com o aumento da respiração, substratos orgânicos, como os ácidos, são consumidos (Nunes, Silva, Souza, Ferrari & Germer, 2021), justificando, assim, a redução de ácidos orgânicos no último dia de armazenamento avaliado.

Tabela 2

Valores médios obtidos nas análises físicas e químicas da mandioca minimamente processada durante 15 dias de armazenamento a 4 °C.

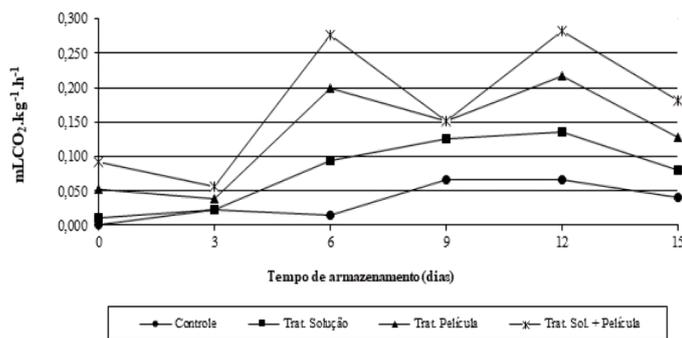
Variáveis	Tempo	Controle	Solução conservadora	Película à base de mandioca	Solução conservadora + Película
Perda de peso (%)	T0	-	-	-	-
	T3	0,5 ^{aA} ± 0,3	0,5 ^{aA} ± 0,3	0,5 ^{aA} ± 0,7	0,5 ^{aA} ± 0,4
	T6	1,1 ^{aA} ± 0,3	0,9 ^{aA} ± 0,8	0,9 ^{aA} ± 0,7	1,4 ^{aA} ± 0,7
	T9	1,2 ^{aA} ± 0,2	0,7 ^{aA} ± 0,4	1,3 ^{aA} ± 0,8	1,4 ^{aA} ± 0,8
	T12	1,4 ^{aA} ± 0,1	1,0 ^{aA} ± 0,6	0,8 ^{aA} ± 1,2	1,5 ^{aA} ± 0,3
	T15	1,4 ^{aA} ± 0,8	1,1 ^{aA} ± 0,4	1,6 ^{aA} ± 0,4	1,9 ^{aA} ± 0,8
Umidade (%)	T0	49,0 ^{aA} ± 0,0	48,6 ^{aA} ± 0,0	48,6 ^{aA} ± 0,0	48,9 ^{aA} ± 0,0
	T3	46,8 ^{aA} ± 0,0	48,8 ^{aA} ± 0,1	50,1 ^{aA} ± 0,1	43,1 ^{aA} ± 0,0
	T6	47,5 ^{aA} ± 0,0	58,2 ^{aA} ± 0,2	50,9 ^{aA} ± 0,0	46,7 ^{aA} ± 0,1
	T9	50,5 ^{aA} ± 0,0	47,4 ^{aA} ± 0,0	46,5 ^{aA} ± 0,1	52,9 ^{aA} ± 0,0
	T12	46,9 ^{aA} ± 0,0	45,2 ^{aA} ± 0,1	51,4 ^{aA} ± 0,0	50,3 ^{aA} ± 0,0
	T15	46,3 ^{aA} ± 0,0	43,5 ^{aA} ± 0,0	47,9 ^{aA} ± 0,0	47,6 ^{aA} ± 0,0
pH	T0	7,2 ^{aA} ± 0,3	7,8 ^{aA} ± 0,1	7,2 ^{aA} ± 0,1	7,0 ^{aA} ± 0,4
	T3	7,3 ^{aA} ± 0,4	7,2 ^{aA} ± 0,3	7,1 ^{aA} ± 0,3	7,4 ^{aA} ± 0,3
	T6	6,8 ^{aA} ± 0,1	6,8 ^{aA} ± 0,1	6,8 ^{aA} ± 0,2	7,0 ^{aA} ± 0,5
	T9	6,7 ^{aB} ± 0,1	7,1 ^{aA} ± 0,1	6,8 ^{aB} ± 0,5	6,4 ^{aB} ± 0,2
	T12	7,1 ^{aA} ± 0,5	7,0 ^{aA} ± 0,6	6,5 ^{aA} ± 0,2	6,6 ^{aA} ± 0,2
	T15	7,0 ^{aA} ± 0,5	7,5 ^{aA} ± 0,7	6,7 ^{aA} ± 0,6	6,8 ^{aA} ± 0,4
Acidez titulável (mL de NaOH mol L ⁻¹)	T0	8,8 ^{bcA} ± 5,2	8,3 ^{bcA} ± 3,6	5,6 ^{ba} ± 1,8	12,6 ^{abA} ± 2,4
	T3	5,3 ^{cA} ± 2,0	11,1 ^{abA} ± 0,6	5,2 ^{ba} ± 0,2	8,8 ^{bcA} ± 4,2
	T6	12,2 ^{bcAB} ± 2,0	11,2 ^{abAB} ± 1,1	18,2 ^{aA} ± 5,9	7,5 ^{bcB} ± 0,9
	T9	16,6 ^{ba} ± 0,9	16,0 ^{aA} ± 0,7	15,3 ^{aA} ± 1,2	16,4 ^{aA} ± 1,2
	T12	32,9 ^{aA} ± 6,4	14,1 ^{ab} ± 2,9	12,4 ^{abB} ± 4,0	11,2 ^{abB} ± 0,7
	T15	6,2 ^{cA} ± 1,1	4,3 ^{cAB} ± 0,2	5,7 ^{baB} ± 1,2	3,4 ^{cA} ± 0,8
Força de cisalhamento (N)	T0	107,5 ^{aA} ± 18,4	101,4 ^{aA} ± 10,3	67,3 ^{abB} ± 34,6	102,7 ^{aA} ± 13,9
	T3	51,1 ^{ba} ± 12,0	80,7 ^{aA} ± 28,3	58,7 ^{abA} ± 28,3	72,3 ^{abA} ± 37,3
	T6	80,5 ^{abA} ± 13,7	75,8 ^{abB} ± 33,4	69,3 ^{abAB} ± 21,9	45,4 ^{bcB} ± 12,0
	T9	47,1 ^{abA} ± 8,5	71,9 ^{aA} ± 10,2	44,5 ^{cA} ± 1,0	51,0 ^{bcA} ± 12,0
	T12	55,0 ^{ba} ± 28,9	70,5 ^{aA} ± 34,4	70,4 ^{abA} ± 33,8	37,1 ^{cA} ± 12,5
	T15	81,7 ^{abA} ± 35,8	86,2 ^{aA} ± 19,6	99,4 ^{aA} ± 19,6	46,5 ^{bcA} ± 13,1
Força de compressão (N)	T0	69,1 ^{bc} ± 13,3	95,8 ^{abC} ± 45,5	161,9 ^{aA} ± 32,0	123,7 ^{aB} ± 30,6
	T3	114,4 ^{aA} ± 20,5	120,8 ^{aA} ± 29,8	104,0 ^{ba} ± 23,6	124,4 ^{aA} ± 34,0
	T6	106,9 ^{abA} ± 29,9	83,5 ^{abA} ± 29,5	125,6 ^{abA} ± 32,1	91,0 ^{abA} ± 30,1
	T9	111,3 ^{aA} ± 27,8	115,5 ^{abA} ± 13,3	91,3 ^{ba} ± 24,9	94,0 ^{aA} ± 33,6
	T12	113,7 ^{aB} ± 22,8	126,7 ^{aA} ± 29,4	84,1 ^{bb} ± 29,8	88,0 ^{abB} ± 15,5
	T15	55,7 ^{cA} ± 27,6	69,5 ^{ba} ± 33,4	81,2 ^{ba} ± 38,3	45,9 ^{ba} ± 19,0

Fonte: Os autores.

Notas. Letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença estatística em 5% entre os tempos dentro do mesmo tratamento; letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença estatística em 5% entre os tratamentos dentro do mesmo tempo. T0: dia zero; T3: dia três; T6: dia seis; T9: dia nove; T12: dia 12 e T15: dia 15 após tratamento e armazenamento da mandioca minimamente processada.

Figura 1

Taxa de respiração da mandioca minimamente processada com diferentes tratamentos durante armazenamento de 15 dias a 4 °C.

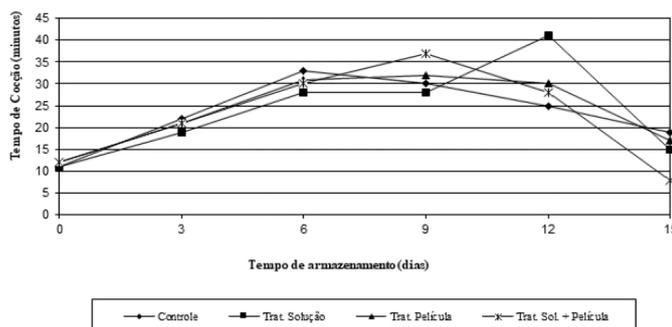


Fonte: Os autores.

Por fim, o tempo de cocção avaliado por minutos (Figura 2) nos tempos T3, T6, T9 e T12 demonstrou um aumento no tempo de cocção para as raízes. Nos tempos T0 e T15, o tempo de cocção foi menor, de modo que no tempo T0 as raízes foram coletadas e analisadas no mesmo dia, indicando o menor dos tempos depois da colheita e menos tempo requerido para a cocção. Já no tempo T15, a mandioca estava entrando em estado de degradação, a qual explica a sua fácil cocção.

Figura 2

Tempo de cocção (minutos) da mandioca minimamente processada com diferentes tratamentos durante armazenamento de 15 dias a 4 °C.



Fonte: Os autores.

Conforme estudo de Henrique, Prati e Sarmiento (2010), utilizando revestimentos comestíveis em mandioca minimamente processada com e sem vácuo, como fécula de mandioca e tratamento prévio com ácido ascórbico a 5%, avaliados em temperatura de 30 °C (temperatura ambiente estimada), durante o período de armazenamento a mandioca demonstrou deterioração fisiológica e aparente escurecimento enzimático. Visualmente, a utilização de ácido ascórbico não reduziu o escurecimento enzimático, fato também observado neste estudo quando avaliados os tratamentos de solução conservadora e fécula + solução conservadora.

A fécula de mandioca consiste em um revestimento comestível amplamente utilizado como biopolímeros, em especial pelo seu baixo custo e aplicações na indústria alimentícia e embalagens. A fécula, que apresenta amido em sua composição, permite o desenvolvimento de revestimentos incolores que possuem características semelhantes aos sintéticos (Patil et al., 2023). Embora os resultados do presente estudo não tenham sido promissores na conservação do alimento frente ao controle, os revestimentos comestíveis são importantes na ciência e tecnologia de alimentos, visando a economia, facilidade no

preparo, segurança microbiológica e fisiológica, retardamento do escurecimento enzimático e, ainda, manutenção da qualidade, como textura, aparência, sabor e aroma. O aumento da procura por alimentos práticos e saudáveis é crescente e, por sua vez, técnicas e formas de preparos dos alimentos visam contribuir com essa praticidade e contribuir, ainda, com a redução do uso de embalagens sintéticas e não biodegradáveis, que afetam negativamente o meio ambiente (Patil et al., 2023).

CONCLUSÃO

Os tratamentos com película de fécula, solução conservadora e fécula + solução conservadora aplicados para as raízes de mandioca minimamente processada mostraram o mesmo tempo de vida de prateleira comparado ao tratamento controle. Apesar de os resultados terem apresentado diferença significativa, a mandioca tratada somente com a película à base de fécula de mandioca teve um aumento nos valores de respiração e acidez, enfatizando que esse revestimento não apresentou benefícios na conservação e manutenção pós-colheita, embora a avaliação colorimétrica tenha apresentado resultados satisfatórios. A solução conservadora, por sua vez, demonstrou resultados promissores e que ainda devem ser melhor estudados, frente a novas formulações e testes para avaliação da manutenção da qualidade e tempo de armazenamento.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram a ausência de conflito de interesses.

FONTES DE FINANCIAMENTO

Os autores declaram a ausência de fontes de financiamento.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: J. C. C., J. S., C. M. F. M. *Curadoria de dados:* J. C. C. *Análise de dados:* J. C. C. *Pesquisa:* J. C. C. *Metodologia:* J. C. C., M. G. P., R. C. H., J. S., C. M. F. M. *Administração do projeto:* J. C. C., J. S., C. M. F. M. *Disponibilização de ferramentas:* M. G. P., R. C. H., J. S., C. M. F. M. *Desenvolvimento, implementação e teste de software:* J. C. C. *Supervisão:* J. S., C. M. F. M. *Validação de dados e de experimentos:* J. C. C., J. S., C. M. F. M. *Design da apresentação de dados:* J. C. C., N. S. P., A. L. C. F., A. B. S. *Redação do rascunho inicial:* J. C. C., C. M. F. M. *Revisão e edição da escrita:* J. C. C., N. S. P., A. L. C. F., A. B. S., J. S., C. M. F. M.

REVISÃO POR PARES

A Uningá Review agradece aos revisores anônimos por sua contribuição para a revisão por pares deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bible, B. B., & Singha, S. (1993). Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. *HortScience*, 28(10), pp. 992-993.
- Chettri, S., Sharma, N., & Mohite, A. M. (2023). Edible coatings and films for shelf-life extension of fruit and vegetables. *Biomaterials Advances*, 213632. doi: 10.1016/j.bioadv.2023.213632
- Daiuto, É. R., Vieites, R. L., Tremocoldi, M. A., & Russo, V. C. (2010). Taxa respiratória de abacate "hass" submetido a diferentes tratamentos físicos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 10(2), pp. 101-109.
- Fontes, L. C. B., Sarmiento, S. B. S., Spoto, M. H. F., & Dias, C. T. D. S. (2008). Conservação de maçã minimamente processada com o uso de películas comestíveis. *Food Science and Technology*, 28(4), pp. 872-880.
- Henrique, C. M., Prati, P., & Sarmiento, S. B. S. (2010). Alterações fisiológicas em raízes de mandioca minimamente processadas. *Pesquisa & Tecnologia*, 7(1). Recuperado de http://www.aptaaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=754&Itemid=284
- Henrique, C. M., Prati, P., & Sarmiento, S. B. S. (2015). Alterações de cor em raízes de mandioca minimamente processadas e embaladas a vácuo. *Revista Iberoamericana de tecnologia Postcosecha*, 16(1), pp. 129-135. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864019.pdf>
- Instituto Adolfo Lutz. (2005). *Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz*, (vol.1, 4ª ed., 1018 p.) Brasília, DF.

Lorenzi, J. O. (1994). Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. *Bragantia*, 53(2), pp. 237-245.

Menoli, A. V., & Beleia, A. (2007). Starch and pectin solubilization and texture modification during pre-cooking and cooking of cassava root (*Manihot esculenta* Crantz). *LWT-Food Science and Technology*, 40(4), pp. 744-747.

Nitsche, P. R., Caramori, P. H., Ricce, W. D. S., & Pinto, L. F. D. (2019). *Atlas climático do Estado do Paraná*. Londrina, PR: Instituto Agronômico do Paraná.

Nunes, L. P., Silva, V. M., Souza, E. C. G., Ferrari, C. C., & Germer, P. M. (2021). Stability of jaboticaba flakes obtained by drum drying with cassava starch as additive. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020085. doi: 10.1590/1981-6723.08520

Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Welti-Chanes, J., & Swanson, B. G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64(1), pp. 42-45.

Patil, V., Shams, R., & Dash, K. K. (2023). Techno-functional characteristics, and potential applications of edible coatings: a comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100886. doi: 10.1016/j.jafr.2023.100886

Thuppahige, V. T. W., Moghaddam, L., Welsh, Z. G., Wang, T., & Karim, A. (2023). Investigation of critical properties of Cassava (*Manihot esculenta*) peel and bagasse as starch-rich fibrous agro-industrial wastes for biodegradable food packaging. *Food Chemistry*, 422, 136200. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.136200

Vidigal, M. C., Minim, V. P., Simiqueli, A. A., Souza, P. H., Balbino, D. F., & Minim, L. A. (2015). Food technology neophobia and consumer attitudes toward foods produced by new and conventional technologies: A case study in Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 60, pp. 832–840.

Wang, C., Wu, J., Tang, Y., Min, Y., Wang, D., Ma, X., ... & Liu, Z. (2023). Understanding the changes of phenylpropanoid metabolism and lignin accumulation in wounded cassava root during postharvest storage. *Scientia Horticulturae*, 310, 111765.