

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SOLUÇÕES ANTIOXIDANTES E TRATAMENTO TÉRMICO
NA QUALIDADE DE BATATA-DOCE MINIMAMENTE
PROCESSADA**

Isabela Nogueira Fonseca Cordeiro
Engenheira de Alimentos

2018

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**SOLUÇÕES ANTIOXIDANTES E TRATAMENTO TÉRMICO
NA QUALIDADE DE BATATA-DOCE MINIMAMENTE
PROCESSADA**

**Isabela Nogueira Fonseca Cordeiro
Orientador: Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

2018

Cordeiro, Isabela Nogueira Fonseca
C794s Soluções antioxidantes e tratamento térmico na qualidade de batata-
doce minimamente processada / Isabela Nogueira Fonseca
Cordeiro. -- Jaboticabal, 2018
x, 53 p. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2018

Orientador: Ben-Hur Mattiuz

Banca examinadora: Kelly Magalhães Marques, Teresinha de
Jesus Deléo Rodrigues

Bibliografia

1. *Ipomoea batatas*. 2. Enzimas. 3. Tecnologia pós-colheita. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 635.22

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SOLUÇÕES ANTIOXIDANTES E TRATAMENTO TÉRMICO NA QUALIDADE DE BATATA-DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA

AUTORA: ISABELA NOGUEIRA FONSECA CORDEIRO

ORIENTADOR: BEN-HUR MATTIUZ


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. KELLY MAGALHÃES MARQUES
Departamento de Agronomia / Centro Universitário Moura Lacerda - Ribeirão Preto/SP



Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEO RODRIGUES
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 13 de julho de 2018

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Isabela Nogueira Fonseca Cordeiro – nascida em Barreiras-Ba, no dia 12 de junho de 1985. Filha de Jailton Alves Cordeiro e Josefa Rodrigues Nogueira. Iniciou o curso de Engenharia de Alimentos em julho de 2003, na Universidade Federal do Tocantins, que foi concluído em julho de 2008. Em janeiro de 2010 ingressou no curso de Especialização da Universidade Estadual do Maranhão na área de Vigilância Sanitária dos Alimentos. Recebeu o título de especialista em julho de 2012. Em agosto de 2016 iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada na cidade de Jaboticabal - São Paulo, na linha de pesquisa em Pós-colheita.

*Aos meus pais Jailton e Jô, e a irmã Isadora
Eles me ensinaram o valor da luta,
E a felicidade da conquista
Por não medirem esforços para a minha formação*

DEDICO

*Ao meu eterno companheiro, Carlos Eduardo,
Pela motivação e paciência nos momentos difíceis,
E a nossa benção, Alice,
Por ser felicidade em nossa vida*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Deus, que pela sua graça e misericórdia me abençoou com saúde, família, amigos e a oportunidade de fazer aquilo que tanto amo... Toda honra e toda glória a Ti, Senhor.

Ao IFMA (Instituto Federal do Maranhão) e UNESP e (Universidade Estadual Paulista) pela parceria no Minter e financiamento da pós-graduação.

Ao meu orientador professor Dr. Ben-Hur Mattiuz, pela atenção, apoio, recursos (humano e material) e por dividir comigo o saber e me guiar pelo caminho dos vencedores.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dra. Teresinha de Jesus Deléo Rodrigues e Dra. Kelly Magalhães Marques, pela disponibilidade e sugestões para a melhoria do trabalho.

A doce e meiga, professora Dra. Claudia Fabrino, pelas palavras de incentivo, pela atenção, por compartilhar conhecimento.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Pós-colheita, especialmente a José, Emmanoel, Anderson, Ariadne, Bene, Karol. Obrigada pela ajuda, convivência e aprendizado dentro e fora do Lab. Todo sucesso a vocês!

Aos meus Professores do curso de Mestrado em Produção Vegetal, aos Funcionários da Seção de pós-graduação e do Departamento de Tecnologia, pelo auxílio e estadia em Jaboticabal.

Aos meus queridos amigos, de longe (Harvey, Diana e Gustavito), e aos de perto (Helen, Roberta, Alcides e Lívia) pela amizade e pelos muitos momentos de alegria passados em Jabuka e nossas divertidas idas à “Riberbão”. Vocês são especiais, com certeza formamos uma família de coração!

À minha família, meus pais e irmã que não mediram esforços para estarem comigo no final do ano... por se fazerem presentes em todos os momentos, ainda que de longe, obrigada pelo amor, preocupação e apoio.

As minhas sogras (Denise e Nilce), Zezeca e ao Vô... um verdadeiro exemplo de bondade e doação pela família. Obrigada por toda a ajuda, apoio, compreensão e por cuidarem do meu precioso tesouro. A disposição de vocês é incrível! Deus abençoe a todos.

Ao meu amado marido, Carlos Eduardo, pelas sábias palavras de motivação, incentivo, paciência e conforto para eu cumprir esta etapa. E principalmente por compartilhar a sua vida comigo e dividir a responsabilidade de cuidar do nosso amor, nossa querida Alice. Todo o seu apoio na hora do banho, sono, comida e os intermináveis tempo sem a mamãe, foram fundamentais. Sem a sua ajuda nada disso seria possível! É um Paizão de verdade! Admiro-te imensamente...e te amo cada dia mais.

Ao meus olhinhos de Jaboticaba, Alice, que mesmo tão pequeninha tem me acompanhado... assistindo aulas, saindo da sua rotina, do convívio com a família... por de certa forma, entender e me amar assim mesmo. Por encher meu coração de alegria e esperança todos os dias. Por me ensinar a ter mais e mais paciência e principalmente a ter fé acima de tudo. Sou diariamente e extremamente grata por ter você na minha vida!

E àqueles que, embora não tenha citado os nomes, de uma forma ou de outra, contribuíram para tornar este momento possível.

Muito obrigada!!!

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 A Batata-doce	13
2.2 Produto minimamente processado (PMP).....	16
2.3 Escurecimento enzimático.....	17
2.4 Soluções antioxidantes e tratamento térmico.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Experimento 1: Uso de ácido cítrico (AC) na qualidade de batata-doce minimamente processada.	23
3.2 Experimento 2: Uso de ácido ascórbico (AA) na qualidade de batata-doce minimamente processada.	23
3.3 Experimento 3: Uso de tratamento térmico (TT) na qualidade de batata-doce minimamente processada.	23
3.4 Avaliações.....	24
3.5 Análise dos dados.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Experimento 1: Uso de Ácido cítrico (AC) na qualidade de batata-doce minimamente processada	27
4.2 Experimento 2: Uso do ácido ascórbico (AA) na qualidade de batata-doce minimamente processada	39
4.3 Experimentos 3: Uso do tratamento térmico (TT) na qualidade de batata-doce minimamente processada	47
5. RECOMENDAÇÕES	57
6. REFERÊNCIAS	58

SOLUÇÕES ANTIOXIDANTES E TRATAMENTO TÉRMICO NA QUALIDADE DE BATATA-DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA

RESUMO – A Batata-doce é um alimento versátil, de fácil aquisição e produção, entretanto, as raízes apresentam inconvenientes como desuniformidade, descasque e rápido escurecimento após o corte, por isso, esse vegetal mostra-se um produto com características a serem superadas pelo processamento mínimo. O uso de agentes antioxidantes e/ou tratamento térmico tem apresentado efeitos satisfatórios na qualidade pós-colheita de produtos hortícolas. Os ácidos cítrico e ascórbico atuam na inativação de enzimas responsáveis pelo escurecimento, devido à redução de pH e ação antioxidante, respectivamente. O tratamento térmico moderado que age na inativação de enzimas do escurecimento sem alterar a textura do vegetal. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do ácido cítrico, ascórbico e tratamento térmico em diferentes concentrações e tempos na qualidade de batata-doce minimamente processadas. As raízes de casca rosada e polpa amarela, foram higienizadas, descascadas e feitos cortes transversais ao eixo principal obtendo rodela de 1 cm de espessura, que foram submetidas a diferentes tratamentos, à saber, imersão em soluções de ácido cítrico (AC) à 0, 1, 2 e 3% por 1 min; ácido ascórbico (AA) à 0, 1, 2 e 3% por 1min e tratamento térmico (TT) à 50°C por 0, 1, 3 e 5 min. Em seguida as batatas-doce foram centrifugadas e armazenadas em bandejas de tereftalado de polietileno (PET) a temperatura de 5 °C e 85% UR por um período de 8 dias. A cada 2 dias avaliou-se a perda acumulada de massa fresca, firmeza, índice de branqueamento, o pH, acidez titulável, sólidos solúveis, atividade respiratória. Amostras foram congeladas e armazenadas para análises posteriores de compostos fenólicos, atividade das enzimas peroxidase (POD), polifenoloxidase (PPO) e açúcares solúveis. Batata-doce minimamente processada tratadas com 2% de ácido cítrico mostraram melhores resultados no escurecimento enzimático e qualidade do vegetal, enquanto o ácido ascórbico na concentração de 2%, apresentou melhor resultado na diminuição da atividade enzimática e qualidade do vegetal. O tratamento térmico a 50°C por 3 min, mostrou-se eficiente na qualidade de batata-doce minimamente processada.

Palavras-chave: enzimas; compostos fenólicos; *Ipomoea batatas*; tecnologia pós-colheita

ANTIOXIDANT SOLUTIONS AND THERMAL TREATMENT IN THE QUALITY OF SWEET POTATO MINIMALLY PROCESSED

ABSTRACT - Sweet potato is a versatile food, easy to acquire and produce, however, the roots present disadvantages such as unevenness, peeling and fast darkening after cutting, so this vegetable shows a product with characteristics to be overcome by the minimally processed. The use of antioxidants and / or heat treatment has shown satisfactory effects on the post-harvest quality of vegetables. The citric and ascorbic acids act in the inactivation of enzymes responsible for darkening, due to the reduction of pH and antioxidant action, respectively. The moderate heat treatment that acts in the inactivation of darkening enzymes without changing the texture of the vegetable. Therefore, this study aims to evaluate the effect of the acids citric and ascorbic combine with heat treatment at different concentrations and times in the quality of sweetened sweet potato processed. The roots with rosy peel and yellow pulp were cleaned, peeled and cut transversally around the principal axis, obtaining slices with 1 cm of thickness. The slices were submitted to different treatments, namely immersion in citric acid solutions (AC) at 0, 1, 2 and 3 % for 1 min; ascorbic acid (AA) at 0, 1, 2 and 3 % for 1min and, heat treatment (TT) at 50 °C for 0 (immersion in water at room temperature), 1, 3 and 5 min. Then, the pretreated sweet potatoes were centrifuged and stored in polyethylene terephthalate trays (pet) at 5°C and 85±5 % RH for a period of 8 days. Every 2 days the loss of accumulated fresh mass, firmness, whiteness index, pH titratable acidity, soluble solids and respiratory activity were evaluated. Samples were frozen and stored for further analysis of phenolic compounds, peroxidase enzyme activity (POD), polyphenoloxidase (PPO) and soluble sugars. The acid citric concentration of 2% provided the best whiteness index of the slices. Minimally processed sweet potato treated with 2% citric acid presented better results in enzymatic darkening and vegetable quality, while ascorbic acid at 2% concentration showed better results in the decrease of the enzymatic activity and the quality of the vegetable. The heat treatment at 50 °C for 3 min was efficient in the quality of the minimally processed sweet potato.

Keywords: enzymes; phenolic compounds; *Ipomoea batatas*; technology post-harvest

1. INTRODUÇÃO

A batata-doce é uma hortaliça tuberosa, sendo considerada uma cultura rústica devido sua resistência a déficit hídrico, baixo custo de produção e boa adaptação a clima tropicais e subtropicais. Existe uma grande variedade, desse vegetal de polpa e casca coloridas, sendo a casca rosada e polpa amarelada a mais procurada e a principal forma de consumo entre os brasileiros são raízes cozidas, assadas ou fritas. Dados do IBGE registraram, no Brasil, em 2015, uma produção de 669.454 toneladas. (IBGE, 2016).

Grande parte do consumo de batata-doce se deve as suas propriedades nutricionais, variedade de compostos como polifenóis, ácidos fenólicos, minerais, vitaminas e outros, apresentando também atividade antioxidante (TEOW et al., 2007; SHEKHAR et al., 2014; PARK et al., 2014). Além disso, a batata-doce tem despertado interesse do público em geral por conter carboidratos de baixo índice glicêmico com liberação lenta no organismo, que mantém, por mais tempo, a sensação de saciedade.

Embora seja um alimento versátil, apresenta inconvenientes como desuniformidade das raízes, descasque e fatiamento complexos que dificultam sua estocagem nas residências e um rápido escurecimento após o corte, contudo, a batata-doce mostra-se um produto com características a serem superadas pelo processamento mínimo. Os produtos minimamente processados (PMP's) ganharam destaque entre os consumidores devido a demanda por alimentos frescos, práticos e fáceis de consumir, no entanto, há diminuição da vida útil quando comparado com o produto que não passou por nenhuma etapa de processamento.

A injúria promovida pelo corte e o descasque acarretam alterações metabólicas no vegetal, implicando na qualidade pós-colheita destes produtos, uma delas é o escurecimento enzimático. Esse evento em vegetais minimamente processados é um dos mais importantes, provocando redução da vida de prateleira e influenciando na decisão de compra do consumidor (OMS-OLIU et al., 2010). As enzimas oxidativas polifenoloxidase (PPO) e a peroxidase (POD) estão presentes naturalmente nas células dos vegetais. Quando as células são rompidas pelo corte, por exemplo, as enzimas entram em contato com seu substrato (compostos fenólicos) tendo como

principal produto dessa reação pigmentos escuros insolúveis, chamados de melanoidinas.

Uma alternativa, frente a esse problema é o uso de substâncias químicas com efeito antiescurecimento ou ainda uso do calor para inativar as enzimas responsáveis pelo escurecimento, a fim de evitar a depreciação do produto e perda do valor comercial e nutritivo.

O ácido cítrico (AC) e ácido ascórbico (AA) são os principais agentes utilizado na indústria alimentícia para prevenção do escurecimento. São eficazes, barato e sensorialmente aceito pelo consumidor. O AC, possui ação quelante ou redutor do pH e o AA, age como redutor da transformação de compostos fenólicos em orto-quinonas e de também de pH. Resultados satisfatórios do uso do ácido cítrico já foram comprovados por Muratore et al. (2015), conseguindo manter a qualidade de alcachofras minimamente processadas utilizando soluções antiescurecimento com a combinação de 1% de ácido ascórbico e de 0,2% de ácido cítrico.

A aplicação contínua de temperaturas moderadas inferiores a 50°C, tem sido bastante estudada para produtos hortícolas, visto que, conseguem inativar gradativamente enzimas responsáveis pelo escurecimento sem causar danos à estrutura do produto. Isso foi comprovado por Zhang et al. (2017), onde relataram que cogumelos submetidos a 40 °C durante 5 min escureciam tardiamente.

No propósito de estudar tecnologias comercialmente viáveis e desenvolver trabalhos científicos, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o efeito de diferentes agentes antiescurecimento e tratamento térmico na manutenção da qualidade pós-colheita durante o armazenamento de batata-doce minimamente processada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Batata-doce

A espécie *Ipomoea batatas*, batata-doce, é originária de regiões tropicais de baixa altitude na América do Sul, sendo seu cultivo realizado pelos indígenas há séculos. Essa planta herbácea apresenta caule rastejante, que atinge 3 m de comprimento, e folhas com pecíolos longos. A parte aérea é constituída por vegetação agressiva, que forma boa cobertura do solo. Trata-se de uma planta perene, porém cultivada como anual (FILGUEIRA, 2008).

Existem no mundo, mais de 1000 espécies de batata-doce, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., (WOOLFE, 1992). Uma seleção genética natural por meio de hibridizações e mutações resultou em um grande número de cultivares que diferiram em sua morfologia, textura, cor da casca e polpa, qualidade nutricional e atributos sensoriais (OJEDA et al., 2016). Segundo Filgueira (2003), as cultivares preferidas no mercado devem apresentar raízes com formato fusiforme, alongado, e coloração externa branca, rosada ou roxa.

A cor predominante da polpa pode variar entre branca, creme, creme-escuro, amarelo-pálido, amarelo-vermelho (MOHANRAJ; SIVASANKAR, 2014). Segundo Filgueira (2007), o consumidor brasileiro não aprecia raízes de batata-doce muito grandes ou muito pequenas e, os mercados mais exigentes tem preferência por batatas com 13-15 cm de comprimento, peso unitário de 200-400 g, lisas, formato fusiforme- alongado, isentas de danos ou anomalias fisiológicas.

A quantidade e variedade dos compostos presentes na raiz, como por exemplo, antocianinas e carotenoides, é o principal motivo para este evento, amplamente difundido na cultura (FAN et al., 2007; KIM et al., 2015).

No Brasil, a batata-doce é cultivada principalmente por pequenos agricultores, principalmente para comercialização como alimento base para populações de baixa renda, ou até mesmo destinada à alimentação animal. Quando a raiz é cultivada em regiões tropicais, torna-se mais eficiente em termos de quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo (NEDUNCHEZHIAN et al., 2012).

A colheita das raízes deve ser realizada quando 60 a 70% das raízes atingem o tamanho, o número de raízes e o peso comercial, o qual vai depender das exigências do mercado. (TRAYNOR, 2006). A classificação comercial das raízes é de acordo com

o peso: EXTRA A – 301 a 400 g; EXTRA B – 201 a 300 g; ESPECIAL – 151 a 200 g; DIVERSOS – 80 a 150 g ou maiores que 400 g, conforme Embrapa (2008).

Considerando produtos hortícolas de importância econômica, a produção de batata-doce ocupa o quinto lugar nos países em desenvolvimento (FAOSTAT, 2014). A cultura da batata-doce é produzida em 111 países. O continente asiático é responsável por 90% do volume de produção de batata-doce. A China é o primeiro país produtor no mundo com volume de 78 milhões de toneladas (76% da produção mundial) (FAOSTAT, 2015; IBGE, 2014).

O Brasil ocupa a 26ª posição, com uma área cultivada de 49,6 mil hectares, com um volume de produção de 669 mil toneladas, permitindo uma produtividade média de 14 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

As principais regiões produtoras de batata-doce são as regiões Sul e Nordeste. O Estado de São Paulo é o quinto no ranking nacional com uma produção anual para o ano 2014 de 41 mil toneladas, em uma área explorada de 3,7 mil hectares, com produtividade média de 11,21 t ha⁻¹ (IBGE, 2015).

A grande importância da batata-doce no contexto humano torna-se evidente quando consideramos nossa exigência nutricional (a qual deve ser atendida diariamente a fim de se evitar doenças relacionadas à falta de nutrientes essenciais) e a conveniência na utilização da batata-doce como suplemento nutricional na dieta de povos carentes. (LEITE, 2017).

A Tabela 1 ilustra os dados sobre a composição centesimal para a batata-doce.

Tabela 1. Composição centesimal de batata-doce

	Batata-doce cozida	Batata-doce <i>in natura</i>
Umidade (%)	80,4	69,5
Energia (Kcal / KJ)	77 / 321	118 / 495
Proteína (g)	0,6	1,3
Lipídios (g)	0,1	0,1
Colesterol (mg)	N.A.*	N.A.*
Carboidrato (g)	18,4	28,2
Fibras (g)	2,2	2,6
Cinzas (g)	0,4	0,9
Vitamina C (mg)	23,8	16,5

Fonte: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO (UNICAMP, 2011). **N.A.*:** Não aplicável.

O principal componente da massa seca das raízes de batata-doce é o amido (67-79%) seguido pelos açúcares solúveis (8,2-15,3%). As fibras dietéticas insolúveis representam 6,1 a 7,7% do total de matéria seca (KOHYAMA; NISHINARI, 1992).

A batata-doce é considerada um alimento promissor também para erradicação de carências nutricionais em grupos populacionais com deficiência de consumo em calorias ou nutrientes e pessoas com aumento das necessidades, como crianças, mulheres em idade fértil e gestantes, inclusive pessoas esportistas, dada a sua elevada composição nutricional (KEHOE et al., 2015).

A batata-doce é rica em vitaminas e minerais, além de compostos com atividade antioxidante, como carotenoides, antocianinas, polifenóis e ácidos fenólicos (TEOW et al., 2007; SHEKHAR et al., 2014; PARK et al., 2014).

Vizzotto et al. (2018), ao quantificarem minerais presentes em genótipos de batata-doce de polpa colorida, bem como verificar o percentual de adequação de consumo em grupos de risco nutricional, observaram que genótipos de coloração creme sobressaíram na quantidade de fósforo, e que o consumo de uma porção média de 200g do vegetal forneceria 28% da necessidade de magnésio a crianças de 4 a 8 anos, e em torno de 20 e 10% das necessidades diárias de magnésio e potássio, respectivamente, para gestantes.

Estudo realizado para avaliar o teor de cálcio na composição mineral de 12 cultivares de batatas-doces africanas, demonstrou uma variação de 23 a 30 mg de cálcio 100 g⁻¹ de polpa (SANOUSI et al., 2016). Esse mineral é fundamental para o organismo, devido ao seu papel na coagulação sanguínea, na contração muscular, na função neurológica, na formação de ossos e dentes, e nos processos metabólicos (SENGA KITUMBE et al., 2013).

2.2 Produto minimamente processado (PMP)

O maior mercado consumidor de produtos minimamente processados (PMP's), ainda são as redes de *fast foods*, com constante expansão de consumo no varejo e nas redes de *food service* (MARTIN-DIANA et al., 2007; LATORRE et al., 2010). O

processamento mínimo possibilita ao consumidor, além da economia de tempo, redução da produção de resíduos, maior praticidade de consumo e facilidade no preparo, importantes características para o nicho de mercado atual, que busca aliar melhorias na qualidade nutricional das refeições com a conveniência dos produtos (GOMES et al., 2014).

O termo minimamente processado pode ser definido como produtos “frescos”, que são comercializados limpos, convenientes e que podem ser preparados e consumidos em menos tempo (CANTWELL, 1992). De acordo com a Associação Internacional de Produtos Minimamente Processados (IFPA), produtos minimamente processados são frutas ou hortaliças modificadas fisicamente, mas que mantêm o seu estado fresco.

A batata-doce é comumente consumida cozida ou assada, mas também pode ser utilizada como matéria-prima na obtenção de doces, farinhas, flocos e féculas (ROESLER et al., 2008). Trata-se de um produto hortícola bastante versátil podendo ser consumida em diversas preparações culinárias. No entanto, apresenta inconvenientes como desuniformidade das raízes, descasque e fatiamento complexos que dificultam sua estocagem nas residências e rápido escurecimento após o corte. Apesar do desafio, a batata-doce mostra-se um produto com características a serem superadas pelo processamento mínimo devido a sua importância econômica.

Em contraste às facilidades dos PMP's, há perdas durante seu preparo e armazenamento, implicando em modificações dos processos e dos produtos para consumo imediato, sendo assim, é uma ação que apresenta causa e efeitos sobre os alimentos manipulados. É difícil preservar a qualidade de frutas minimamente processadas (WU et al., 2012). A ruptura dos compartimentos celulares causada pelo descascamento ou corte faz com que enzimas oxidativas (polifenoloxidase) e substratos (polifenóis) se complexem e produzam reações que resultem em compostos escuros (LIMBO; PIERGIOVANNI, 2007).

2.3 Escurecimento enzimático

O escurecimento de frutas e de certos vegetais é iniciado através da degradação oxidativa dos compostos fenólicos pela atuação de duas enzimas: a polifenoloxidase e a peroxidase (TOMÁS-BARBERÁN; ESPÍN, 2001). O produto final da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominado melanina, ou reage não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também melanina (LUPETTI et al., 2005).

Os fatores mais importantes na determinação do grau de escurecimento enzimático em frutas e hortaliças são a concentração enzimática ativa, os compostos fenólicos presentes, o pH, a temperatura e a concentração de oxigênio no tecido (LAURILA; KERVINEN; AHVENAINEN, 1998).

A polifenoloxidase (PPO) é a principal enzima responsável por essa reação em tecidos vegetais e frutas, sendo outros fatores determinantes a concentração de compostos fenólicos, pH, temperatura e disponibilidade de oxigênio. O pH ótimo varia em uma ampla faixa que depende da fonte da enzima e do substrato. Em muitos casos, essa faixa de pH varia de 4 a 7 (ERAT e SAKIROGLU; KUFREVIOLU, 2006; MARTINEZ; WHITAKER, 1995; VÁMOS-VIGYÁZÓ, 1981). Em relação à temperatura, a resistência desta enzima ao calor varia de acordo com a espécie e cultivar, mas em geral a atividade ótima varia desde valores próximos à temperatura ambiente até temperaturas mais elevadas, entre 50 e 65 °C; já em temperaturas acima de 80 °C ela é completamente destruída (BELLUZZO, 2008; VÁMOS-VIGYÁZÓ, 1981).

Acredita-se que a (PPO) seja um promotor da atividade da enzima peroxidase (POD), uma vez que o peróxido de hidrogênio é gerado como subproduto durante a oxidação dos substratos fenólicos (TOMÁS-BARBERÁN; SPÍN, 2001).

Os compostos fenólicos se originam do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além de atuarem como agentes antimicrobianos e contribuírem na pigmentação (NACZK; SHAHIDI, 2004). O acúmulo de compostos fenólicos específicos é induzido em resposta ao estresse biótico e abiótico, e estes metabólitos são referidos como fitoalexinas, as quais possuem amplo espectro de ação contra os patógenos e sua acumulação em plantas pode promover a resposta de defesa do hospedeiro (ANTON et al., 2017).

A diminuição dos compostos fenólicos pode ter ação indireta no controle do escurecimento enzimático em produtos hortícolas. Os principais substratos das enzimas PPO e da peroxidase (POD) em batatas-doces são os compostos fenólicos, representados pelo ácido clorogênico e seus derivados oxidados podem formar quinonas, que reagem com outras moléculas para originar polímeros de cor marrom (MARSHALL et al., 2000).

Ao avaliarem o conteúdo de compostos fenólicos em raízes de mandioca minimamente processadas tratadas com solução antioxidante (3% de ácido cítrico + 3% de ácido ascórbico), Coelho et al. (2017) observaram que no dia inicial o teor total de fenol solúvel era em média 2,25 vezes maior para os tratamentos contendo antioxidantes. Os autores da pesquisa afirmam, que o teor de fenóis foi decrescendo ao longo dos dias de armazenamento quando comparado com o tratamento de controle.

2.4 Soluções antioxidantes e tratamento térmico

As técnicas pós-colheita para minimizar as perdas são baseadas em tecnologias tradicionais como congelamento, refrigeração, atmosfera modificada, desidratação e conservas (KLUGUE; PRECZENHAK, 2016).

Uma estratégia interessante para reduzir as perdas ao longo do tempo de armazenamento e durante o processamento tem sido a utilização de aditivos aplicados nas etapas de elaboração dos PMP's. Existem muitos métodos, tais como imersão em soluções antioxidantes contendo ácidos orgânicos, cisteína, 4-hexilresrocinol entre outros. (PÉREZ-GAGO et al., 2010; BARBAGALLO et al., 2012),

O ácido L-ascórbico e seus sais neutros são utilizados como antioxidantes em frutas para prevenir o escurecimento e outras reações oxidativas e atuam na redução dos o-benzoquinona a o-didroxifenol e/ou pela inativação irreversível da polifenoloxidase (KLUGE et al., 2014).

O ácido ascórbico é um dos compostos mais amplamente utilizados, pois é bastante efetivo em reduzir o escurecimento, reconhecidamente seguro, barato e

aceito pelos consumidores (ROBLES-SÁNCHEZ et al., 2013). Em produtos minimamente processados, o ácido ascórbico é muito utilizado para evitar perdas na aparência, ocasionadas pelo escurecimento. As concentrações utilizadas variam bastante (0,5 a 4%), conforme o produto e às condições em que o ácido é aplicado (SOGVAR et al., 2016).

Em berinjela 'Birgah' minimamente processada, Barbagallo et al. (2012) reportaram redução na atividade da PPO de 121% após aplicação de 0,5% ou 1% do ácidos L-ascórbico. Esse resultado, aliado aos baixos valores de escurecimento, demonstraram a eficiência do ácido ascórbico em prolongar a vida de prateleira de berinjelas minimamente processadas. Saleh et al. (2013) imergindo quiabo minimamente processado em solução de ácido ascórbico a 0,5%, obtiveram redução significativa no escurecimento dos produtos.

O ácido cítrico é o principal agente acidulante utilizado na indústria alimentícia para prevenção do escurecimento, por possuir capacidade de bloquear a atividade da enzima tirosinase através da sua ação quelante e da redução do pH, além de ser sensorialmente aceito pela maioria dos consumidores quando utilizado a reduzidas concentrações. Por não haver uma legislação específica no Brasil sobre a concentração de ácido cítrico a ser utilizada em alimentos, a definição deste parâmetro se dá por avaliações sensoriais, químicas e físicas (ROCCULI et al., 2007; MODA et al., 2005).

Conforme Pineli (2004), o ácido cítrico é o principal ácido orgânico de frutas e vegetais, atuando sinergicamente com ácidos ascórbico e eritórbico e seus sais neutros. É capaz de inativar a polifenoloxidase ao complexar pró-oxidantes como o cobre do centro ativo controlando as reações de escurecimento. A aplicação de ácido cítrico em associação a outros ácidos tem apresentado resultados satisfatórios em produtos minimamente processados, tanto em relação à prevenção do escurecimento enzimático quanto na redução da carga microbiana (WILEY, 1994; AHVENAINEN, 1996; LEE et al., 2003; LIMBO e PIERGIOVANNI, 2007; CALDER et al., 2011; CHIUMARELLI et al., 2011).

Muratore et al. (2015) concluíram que é possível manter a qualidade de alcachofras minimamente processadas utilizando soluções antiescurecimento com a combinação de 1% de ácido ascórbico e de 0,2% de ácido cítrico.

Goyeneche et al. (2014) constataram que, a imersão de fatias de rabanete em soluções com baixa concentração de ácido cítrico (0,3%) foi um tratamento útil para controlar as alterações indesejáveis de cor durante o armazenamento. Da mesma forma, o ácido cítrico pareceu ser mais eficaz na inibição do escurecimento de batata palito fresca à medida que a concentração aumentou de 1 para 3% (CALDER et al., 2011).

O controle do escurecimento enzimático ou preservação da cor de vegetais submetidos a tratamentos com ácidos cítrico e ascórbico, isolados ou combinados, podem ser constatados em batata baroa, caqui Vermelho Brilhante e mandioca (SANTANA, 2003; GHIDELLE et al., 2013; COELHO et al., 2017)

Várias alternativas, além de agentes antiescurecimento, foram propostas como métodos de conservação visando estender a vida útil de PMP's. Entre elas, destacamos o uso da refrigeração, atmosfera modificada, recobrimentos comestíveis, tratamento térmico entre outros. Resultados satisfatórios com uso do calor, foram constatados por Zhang et al. (2017), que ao estudarem os efeitos do tratamento térmico moderado 1 e 5 min a 40 °C na inibição do escurecimento de cogumelos fatiados durante 6 dias de armazenamento, relataram que o tratamento de 40 °C por 5 min, retardou a ocorrência do escurecimento de cogumelos fatiados, além de prolongar o prazo de validade de dois para mais de seis dias.

A aplicação de tratamentos térmicos moderados tem sido uma metodologia utilizada para induzir alterações benéficas no comportamento fisiológico dos frutos e hortaliças durante o período pós-colheita (LURIE, 1998).

Envolvem a aplicação de calor por imersão dos produtos em água, vapor ou contato com correntes de ar quente, a intensidade térmica aplicada com benefícios na retenção de fatores da qualidade é muito variável, e incluem a utilização de temperaturas inferiores a 50 °C para diferentes tempos de tratamento (segundos a horas). Os binômios tempo-temperatura possíveis variam de acordo com os efeitos pretendidos, sem induzir danos pelo calor (LURIE, 1998). As respostas fisiológicas induzidas pelos tratamentos são igualmente dependentes das cultivares, local de produção, práticas agrícolas e estado de maturação (FALLIK, 2004).

Com relação ao escurecimento enzimático, a elevação contínua da temperatura, implica em inativação gradativa da enzima até inativação total causada

pela desnaturação da proteína (BOBBIO; BOBBIO, 2003). Nesse sentido, a aplicação desses métodos combinadas ou não, em intensidades menores pode melhorar a qualidade pós-colheita de produtos hortícolas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas batata-doce com coloração da casca rosada e polpa amarela, com peso entre 200-300g, sadias e uniformes quanto ao tamanho e cor, livres de injúrias mecânicas, provenientes de produtores comerciais da região de Jaboticabal-SP. Após a colheita, as raízes foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da FCAV-UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

No laboratório, as raízes foram novamente selecionadas visando dar maior uniformidade ao lote. Após seleção, foram lavadas com detergente neutro e sanitizadas por imersão em solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado (NaDCC), a 200 mg L⁻¹ de cloro ativo, durante 15 minutos, enxaguadas em seguida e deixadas secar a temperatura de 20 °C. Em seguida, as batatas foram colocadas em câmara fria a 12 °C durante 12 horas prévias ao processamento.

A higiene do processo foi assegurada por meio dos procedimentos estabelecidos pelas boas práticas de fabricação. Equipamentos, acessórios e utensílios foram sanitizados com solução de NaDCC a 200 mg L⁻¹ de cloro ativo. Todas as operações de processamento dos vegetais foram realizadas manualmente em ambiente climatizado a 12°C.

O processamento consistiu em descascar as raízes com descascador manual seguido de cortes transversais ao eixo principal das batatas-doces, obtendo rodela de 1 cm de espessura, eliminando-se as extremidades para dar maior uniformidade ao produto final. Em seguida as rodela aguardaram em solução a 14°C de NaDCC a 25 mg L⁻¹ de cloro ativo, até imersão em solução antioxidante e/ou água a 50 °C, previamente preparada.

3.1 Experimento 1: Uso de ácido cítrico (AC) na qualidade de batata-doce minimamente processada.

Os tratamentos consistiram na imersão, por 1 min, das batatas-doces minimamente processadas (BDMP) em soluções de ácido cítrico a 0% (imersão em água), 1%, 2% e 3%. Na sequência, as batatas foram centrifugadas manualmente para retirada do excesso de solução.

3.2 Experimento 2: Uso de ácido ascórbico (AA) na qualidade de batata-doce minimamente processada.

Os tratamentos consistiram na imersão, por 1 min, das batatas-doces minimamente processadas (BDMP) em soluções de ácido ascórbico a 0% (imersão em água), 1%, 2% e 3%. Na sequência, as batatas foram centrifugadas manualmente para retirada do excesso de solução.

3.3 Experimento 3: Uso de tratamento térmico (TT) na qualidade de batata-doce minimamente processada.

Os tratamentos consistiram na imersão das batatas-doces minimamente processadas (BDMP) em água à 50 °C por 0 min, 1 min, 3 min e 5 min. Para cessar o aquecimento, ao final de cada tempo, as BDMP foram imersas de água 4 °C por 1 minutos.

Após a aplicação dos tratamentos, em todos os experimentos, as batatas foram centrifugadas manualmente para retirada do excesso de solução. De cada tratamento, 200 g do produto foram colocados em bandeja de tereftalato de polietileno

(PET), transparente, com capacidade para 500 mL (marca Neoform N-90) e coberto com filme de policloreto de vinila (PVC) de 12 μm de espessura com taxas de permeabilidade de O_2 e CO_2 de 13,464 e 89,604 mL CNTP $\text{m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, respectivamente.

As bandejas foram armazenadas em expositor refrigerado a 5 ± 2 °C e $85 \pm 5\%$ UR por um período de 8 dias, sendo analisadas a cada 2 dias.

3.4 Avaliações

Amostras do material foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a temperatura de -60 °C para análises bioquímicas.

A perda acumulada de massa fresca foi obtida pela diferença entre o peso inicial de cada unidade experimental e aquele obtido a cada intervalo de tempo de amostragem, utilizando-se pesagem em balança com precisão de 0,01 g. O resultado foi expresso em porcentagem.

Os teores de sólidos solúveis das BDMP foi determinado, segundo AOAC (1997), a partir da polpa triturada do vegetal, utilizando gaze para a obtenção do líquido, e quantificado em refratômetro digital modelo PR 101, sendo os resultados expressos em °Brix.

Para firmeza, utilizou-se o penetrômetro da marca Digital Force Gauge, modelo: IP-200 com ponteira de 6 mm. A leitura foi realizada na parte central de cada rodela de batata-doce. Foi tomado 1leitura/rodela e 4 leituras por unidade experimental totalizando 12 por tratamento. Os resultados foram expressos em Newton.

A acidez titulável foi determinada pela metodologia descrita pela (AOAC, 1997), método 942.15, sendo expressa em % de ácido cítrico e o pH foi determinado utilizando-se um peagômetro modelo Tec-3MP.

A evolução da cor foi feita utilizando-se colorímetro MINOLTA CR 400, marca KONICA MINOLTA, onde os valores de L^* (100= branco; 0= preto), a^* (positivo= vermelho; negativo=verde) e b^* (positivo =amarelo; negativo=azul), (MINOLTA CORP, 1994). Utilizando os parâmetros de coloração (L^* ; a^* e b^*) foi calculado o Índice de

Brancura de acordo com a fórmula abaixo (AMANATIDOU, 2000). Foram avaliadas 4 rodela de batata-doce por bandeja, totalizando 12 repetições por tratamento.

$$IB = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^{*2}) + (b^{*2})}$$

Para análise de compostos fenólicos totais, a determinação foi realizada pelo método espectrofotométrico, utilizando o reativo de Folin-Ciocalteu, conforme metodologia descrita por Mishra et al. (2013). Foram pesados 1 g do material congelado e colocadas em tubos de centrífuga, contendo etanol 80%. Em seguida foram levados para banho ultrassônico por 20 min e, posteriormente, centrifugados a 6.000 x g durante 10 min, recuperando-se o sobrenadante. O precipitado foi reextraído e os sobrenadantes combinados. Alíquotas de 0,1 mL do sobrenadante foram transferidas para tubos de ensaio, juntamente com 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu e 2,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio (Na₂CO₃). Após 1 h de reação (completa precipitação do carbonato) foi realizada a leitura em espectrofotômetro com absorvância a 725 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (GAE por 100 g⁻¹ polpa).

A atividade da enzima Peroxidase (POD - EC 1.11.1.7), foi determinada utilizando o método de Lima; Brasil e Oliveira (1999). Para a reação foi misturado 1 mL do extrato vegetal concentrado com 0,5 mL de solução de peróxido de hidrogênio 30% e solução tampão de fosfato de potássio com pH 6,7 e 0,5 mL de solução de aminoantipirina e fenol. Ao final foi adicionado álcool etílico para parar a reação. A determinação foi realizada em espectrofotômetro com leitura a 505 nm. Os resultados foram expressos em mmol de H₂O₂ decomposto min⁻¹ g⁻¹.

Para determinação da atividade da Polifenoloxidase (PPO - EC 1.14.18.1), a mistura de 0,3mL do extrato bruto, 1,85mL de solução de catecol 0,1 M foi incubada em banho maria à 30°C por 30 minutos. Em seguida, adicionou-se 0,8 mL de ácido perclórico para a parada da reação enzimática e a absorvância foi medida a 395 nm. Os resultados foram expressos em μmol de catecol degradado g⁻¹ min⁻¹ (KAR; MISHA, 1976).

Os teores de açúcares solúveis (AS) foram determinados utilizando o método da antrona, preconizado por Yemm e Willis (1954) onde extratos foram obtidos

retirando-se amostras de aproximadamente 0,5 g das BDMP congeladas nos tempos de 0, 2, 4, 6 e 8 dias. Em seguidas maceradas com água destilada em almofariz e transferidas para balão volumétrico de 200 mL. Do extrato vegetal, foram retiradas alíquotas de 0,3 mL e transferidas para tubos de ensaio e em seguidas adicionados água destilada + 2 mL de solução de antrona. Esse sistema foi mantido em gelo e agitado em vortex e depois levados a banho maria a 100°C por 3 minutos e após resfriamento realizada a leitura em espectrofotômetro a 620 nm. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose. A partir dos valores de absorbância, foram realizados os cálculos com as devidas correções na diluição utilizada, sendo o resultado expresso em g de glicose 100 g⁻¹ de polpa.

A taxa respiratória das batatas-doces, foram avaliadas por meio das análises das amostras de gases, recolhidas com uma seringa de cromatografia, de frascos hermeticamente fechados contendo um peso conhecido das batatas, em cromatógrafo modelo Trace GC Ultra, Thermo Scientific, equipado com detector de ionização de chama (FID). O gás de arraste foi o hidrogênio a um fluxo de 35 mL min⁻¹. As temperaturas mantidas no aparelho foram de 110 °C para a coluna, 250 °C para o detector, 200 °C para o injetor e 350 °C para o metanador. A produção de CO₂ (mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹) foram determinadas pela diferença entre a concentração gasosa inicial (quando os frascos foram fechados) e final (após 1 h).

Paras as análises realizadas, foram utilizadas 3 repetições por tratamento. A unidade experimental foi constituída por bandeja de 200g de batata-doce minimamente processada.

3.5 Análise dos dados

A pesquisa foi conduzida seguindo um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial com 2 fatores, constituído de 4 tratamentos e 5 avaliações (0, 2, 4, 6, e 8 dias), com 3 repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o teste F para verificar o efeito dos tratamentos e o teste de Tukey para a comparação de médias entre os tratamentos.

Foram realizadas análises de regressão polinomial para testar, os efeitos linear e quadrático dos fatores sobre as variáveis avaliadas, sendo que, na escolha da equação de regressão, foram aceitas as equações que apresentaram pelo menos 5% de significância pelo teste F e coeficiente de determinação ($R^2 \geq 0,500$).

Nas análises estatísticas foi empregado o programa Agroestat versão 1.1, desenvolvido por Barbosa; Maldonado Junior, (2015) e os gráficos através do software GraphPad Prism, versão 5.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1: Uso de Ácido cítrico (AC) na qualidade de batata-doce minimamente processada

Com relação a perda acumulada de massa fresca, os dados para as batatas-doces minimamente processadas submetidas ao tratamento 1% de ácido cítrico diferiram significativamente dos demais tratamentos ao longo dos dias de avaliação (Tabela 2). Ao longo do período de armazenamento, observa-se uma tendência de perda massa fresca em todos os tratamentos, com destaque para o 1% que, ao final, apresentou um incremento de 58% na PAMF em relação ao controle (Figura 1).

Tabela 2. Caracterização qualitativa e físico-química de batata-doce minimamente processada submetidas a imersão em ácido cítrico armazenadas por 8 dias a 5 °C e 85± 5%

Tratamentos	PAMF (%)	Firmeza (Newton)	IB (%)	SS (°Brix)	Açúcares Solúveis (%)	pH	Acidez Titulável (% de AC)
Controle	1,26 b*	32,36 a	68,71 b	7,30 a	3,53 b	6,0 a	0,06 d
AC a 1%	2,0 a	29,68 b	71,70 a	6,62 b	4,11 a	5,78 b	0,07 c
AC a 2%	1,37 b	32,64 a	71,13 a	6,54 b	3,83 ab	5,51 c	0,09 b
AC a 3%	1,49 b	30,64 ab	69,0 b	7,50 a	4,03 a	4,73 d	0,10 a
DMS (5%)	0,38	2,35	1,42	0,6	0,43	0,12	0,04
CV (%)	25,66	15,96	4,43	3,88	11,38	2,36	6,02

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). PAMF = Perda acumulada de massa fresca; IB = Índice de Brancura; SS = sólidos solúveis; AC = Ácido cítrico; DMS = Diferença mínima significativa; CV = Coeficiente de Variação.

Com relação à firmeza, as rodela de batata-doce tratadas com 1% de AC obtiveram as menores médias, além de diferirem do tratamento controle (Tabela 2). Com relação ao período de armazenamento não foi possível explicar os valores observados da firmeza por meio de modelo matemático ($R^2 < 0,250$), sem uma tendência definida dos tratamentos, com uma média de 31,3 N para os tratamentos no período.

O processamento mínimo, geralmente, acelera o metabolismo desses produtos comprometendo a qualidade pós-colheita em vários aspectos, dentre eles a firmeza que tende a diminuir ao longo do período de armazenamento. A ação do ácido cítrico em menor concentração pode ter interferido na textura das rodela, visto que 2 e 3% de AC conseguiram manter esse parâmetro. Rinaldi et al. (2017), avaliando a ação do ácido cítrico na conservação de mandioca de mesa, relataram que, ocorreu redução nos valores de textura no decorrer do armazenamento do produto submetido a 2,0% de ácido cítrico.

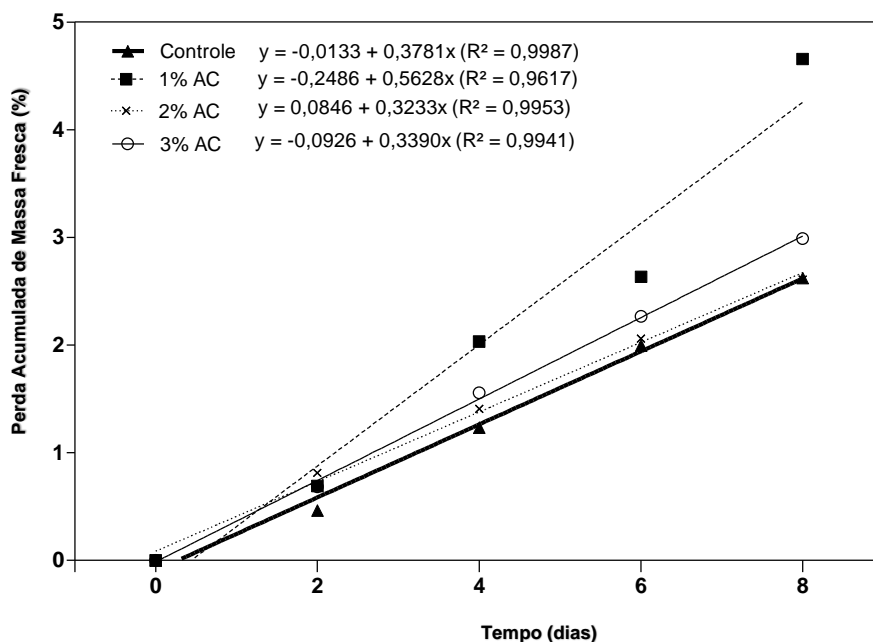


Figura 1. Perda acumulada de massa fresca de batata-doce minimamente processadas e tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico

Quanto ao índice de brancura (IB), verifica-se que os tratamentos a 1 e 2% de AC diferiram dos demais tratamentos, não diferindo entre si (Tabela 2). Estes dois tratamentos se destacaram por apresentarem as maiores médias, indicando que as BDMP estavam mais brancas que o controle e que a concentração de 3% de ácido cítrico foi excessiva, não conseguindo o efeito antiescurecimento esperado.

No geral, observou-se tendência linear crescente do IB dos produtos tratados com ácido cítrico, com destaque para tratamentos com uso de 1 e 2% de AC, que se apresentaram, aproximadamente 4% mais brancos que a média do controle (68,7%) (Figura 2).

Os tratamentos com ácido cítrico, 1 e 2% controlaram o escurecimento durante os dias de armazenamento representado pelos maiores índices de brancura, mantendo as rodela mais claras em relação ao controle.

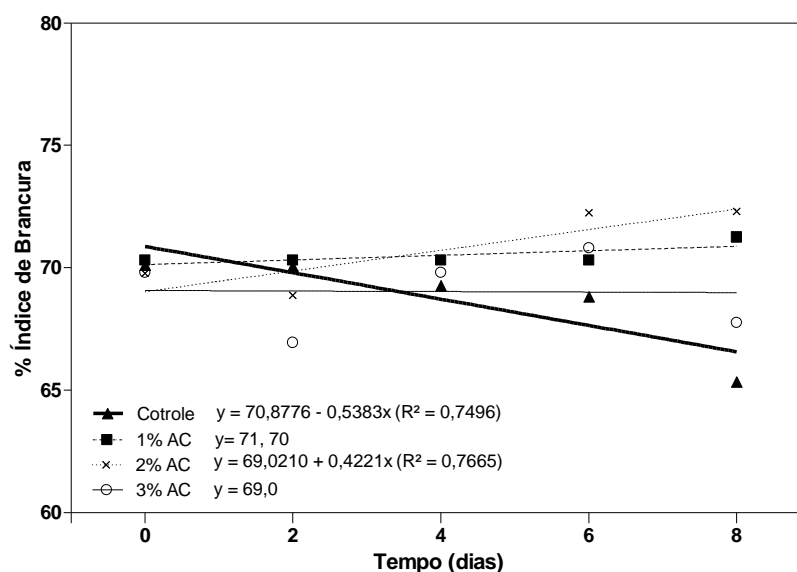


Figura 2. Índice de brancura de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico.

A susceptibilidade do tratamento controle ao escurecimento enzimático é possivelmente maior, devido a formação de quinonas que participam de reações secundárias responsáveis pela formação de pigmentos escuros. A cor da superfície do alimento é o primeiro parâmetro de qualidade avaliado pelos consumidores no momento da compra e é crítico para a aceitação do produto (LEÓN et al., 2006).

Quanto ao teor de sólidos solúveis (SS), o tratamento controle e o uso do AC na concentração 3% diferiram dos demais, porém não diferiram entre si, revelando as maiores médias durante o período de avaliação, contrariamente, 1 e 2% apresentaram menores valores (6,5) até o quarto dia (Tabela 2). No entanto, de acordo com a Figura 3A, observa-se uma tendência ao incremento de SS para estes tratamentos a partir até o sexto dia, e a partir daí, iguala-se ao controle e 3%, que, embora apresentasse maiores valores de SS, se mantiveram estáveis ao longo do período de armazenamento.

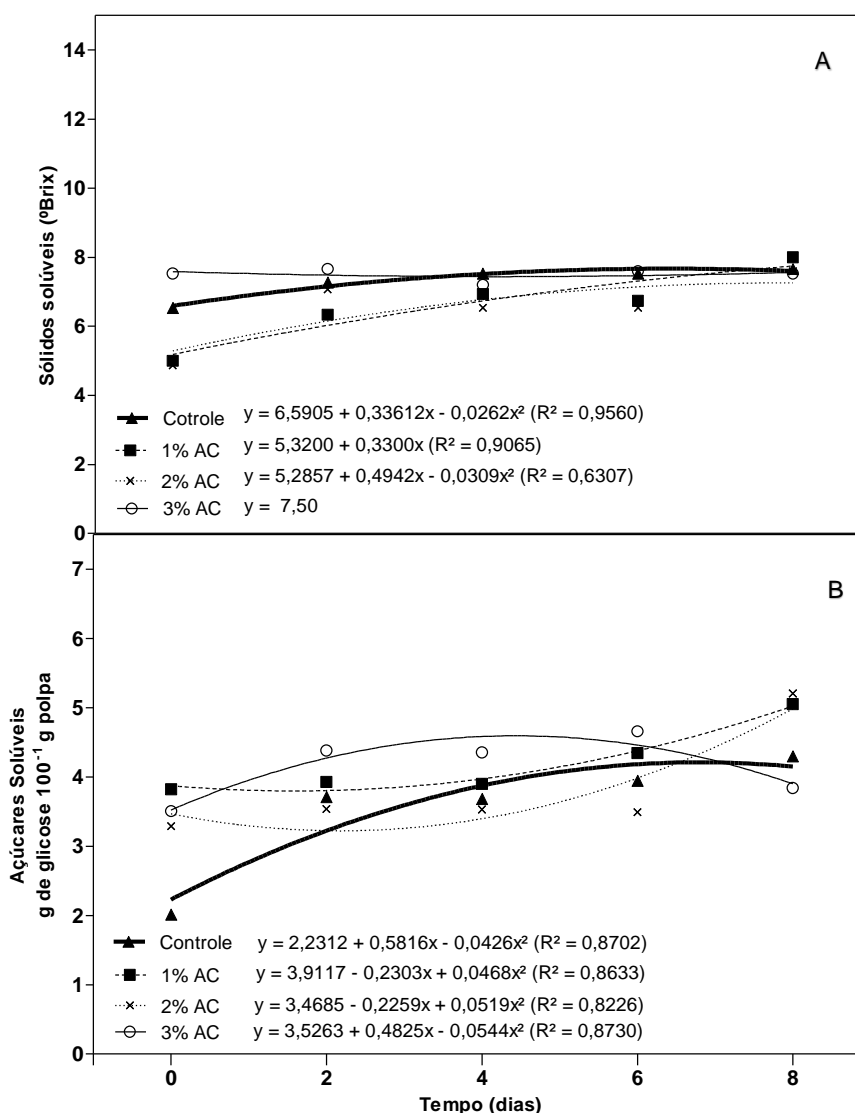


Figura 3. Sólidos solúveis (A) e açúcares solúveis (B) de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico.

Em relação aos açúcares solúveis, as BDMP do controle diferiram dos demais tratamentos a exceção da concentração de 2% de AC. Não houve diferença significativa entre 1, 2 e 3% AC (Tabela 2). Todavia, observou-se que, os tratamentos, inclusive controle, apresentaram uma tendência ao aumento de açúcares no vegetal, sendo que 1 e 2% de AC chegaram ao 8º com dia 21% de açúcares solúveis maior do que a média registrada para os demais tratamentos que foi de 4% (Figura 3B).

O acréscimo nos valores de açúcares solúveis, pode estar relacionado com a conversão de carboidratos complexos (amido) a carboidratos mais simples (açúcares). Esse aumento é esperado em hortaliças, pois com o passar dos dias, ocorrem eventos ligados à biossíntese, à degradação de polissacarídeos e ainda à perda de água. Ressalta-se que o tratamento com imersão em 1% de ácido cítrico também foi o responsável pela maior perda de massa fresca acumulada.

Com relação ao pH, verifica-se que o maior valor se deu nas BDMP não tratadas (pH = 6,0) (Tabela 2). Como era o esperado, os produtos tratados com solução de ácido cítrico a 1%, 2% e 3%, apresentaram as menores médias (4,5 a 5,8). Observa-se uma relação inversamente proporcional entre a concentração das soluções e o pH das BDMP, sendo que o uso do ácido cítrico na concentração 3% conseguiu reduzir o pH em, aproximadamente, 30% em relação ao controle.

Houve uma tendência de diminuição de pH para o tratamento de maior concentração (Figura 4A). No geral, enzimas oxidativas possuem pH e temperatura ótimos para atuação, a redução do pH, especificamente, pode diminuir a atividade catalítica destas, especialmente da polifenoloxidase.

O uso do ácido cítrico tem ligação direta com a diminuição do pH apresentada nos tratamentos antioxidante. Segundo Limbo e Piergiovanni (2006), há redução da atividade da enzima envolvida no escurecimento enzimático em até 40% quando o pH é inferior a 6. Além disso, o pH baixo contribui para minimizar o crescimento de microrganismos patogênicos e, conseqüentemente, aumento da vida de prateleira do produto.

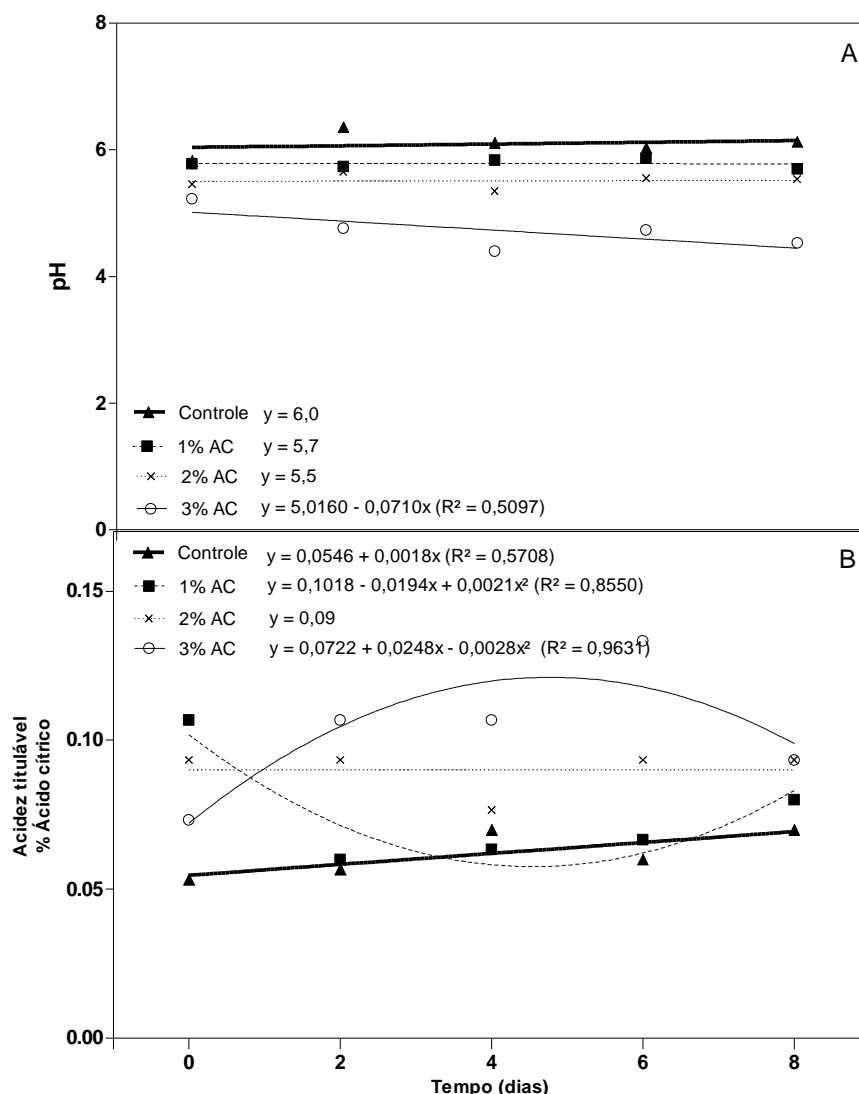


Figura 4. pH (A) e acidez titulável (B) de batata-doce minimamente processadas e tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico.

Semelhante ao pH, os tratamentos diferiram entre si em relação a acidez titulável (Tabela 2). As concentrações de 1 e 3% AC, apresentaram tendência de aumento da acidez ao longo dos dias de armazenamento, sendo que este último tratamento, 3% AC, foi responsável pelas maiores médias (53% maior em relação aos demais), registrada no quarto dia de avaliação (Figura 4B). O incremento da acidez (3% AC), nos primeiros dias de armazenamento, pode ser atribuído a diminuição do

pH, pois são parâmetros inversamente proporcionais. Já o decréscimo dos valores para esse tratamento, a partir do dia 4, pode estar relacionada ao fato de que, ácidos orgânicos podem ser utilizados como substrato metabólico no processo de respiração pelo vegetal (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Com relação ao efeito do ácido cítrico no teor de compostos fenólicos totais das BDMP, verifica-se que as concentrações de 1 e 3% de AC apresentaram as menores médias e não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização qualitativa e bioquímica de batata-doce minimamente processada submetidas a tratamentos com ácido cítrico, armazenada por 8 dias a 5 °C e 85± 5% UR.

Variável	CFT (GAE por 100 g ⁻¹ polpa)	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto min ⁻¹ g ⁻¹ MF)	PPO (mmol de catecol degradado min ⁻¹ g ⁻¹ MF)	Atividade respiratória (mL CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹)
Controle	200,32 b*	4,68 a	72,05 a	10,82 b
1% de AC	173,56 c	2,51 c	67,85 b	10,02 c
2% de AC	227,41 a	4,07 b	71,04 a	8,51 d
3% de AC	160,15 c	2,70 c	69,59 ab	11,78 a
DMS (5%)	23,22	0,31	2,67	0,26
CV (%)	12,46	9,06	3,88	2,65

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CFT = Compostos fenólicos totais; GAE = Equivalente de ácido gálico; POD = Peroxidase; PPO = Polifenoloxidase; AC = Ácido cítrico; DMS = Diferença média significativa; CV = Coeficiente de variação

Observa-se que as BDMP tratadas com ácido cítrico a 3,0% apresentaram tendência decrescente ao longo dos dias de armazenamento, ao contrário dos demais tratamentos que indicam incremento de polifenóis totais, (Figura 5).

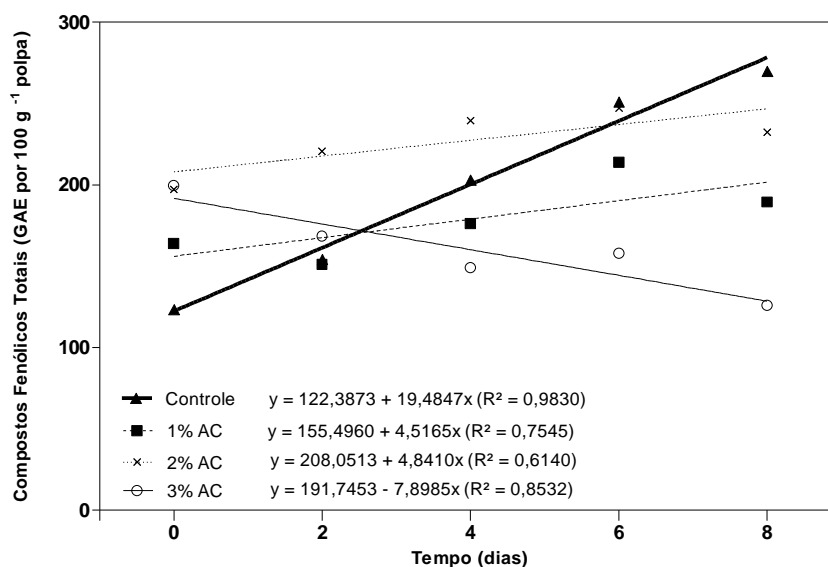


Figura 5. Compostos fenólicos totais de batata-doce minimamente processada tratada com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico.

As etapas envolvidas no processamento mínimo têm a capacidade de expor os vegetais a condições de estresse. Quando o vegetal é submetido às operações de descasque e de corte, ocorre aumento do seu teor de compostos fenólicos, como resposta de proteção ou combater condições adversas. O que explicaria as maiores médias, para os tratamentos, no início do período de armazenamento.

Resultados similares foram encontrados por Leite (2017) quando relatou que concentrações de compostos fenólicos variando entre 250,4 a 145,6 GAE por 100 g⁻¹ polpa para variedade de batata-doce Katiy (casca rosada e polpa creme). Os dados obtidos com uso de ácido cítrico corroboram com Koala et al. (2013) ao avaliar oito cultivares de batatas-doces de polpa alaranjada quanto a atividade antioxidante, encontrando valores para o conteúdo de compostos fenólicos totais variando entre 106,2 a 243,2 GAE por 100 g⁻¹ polpa.

Do ponto de vista pós-colheita, os compostos fenólicos são os principais substratos das enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático, e a sua diminuição é um resultado importante para estudos em vegetais que apresentem essa inconveniência.

BDMP tratadas com ácido cítrico apresentam as menores atividades da enzima POD, diferindo do controle (Tabela 3). A maior atividade da POD foi verificada para batata controle durante os dias de armazenamento ($4,7 \mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$), observando tendência de incremento da atividade dessa enzima ao longo do período, com exceção das BDMP tratadas com 1% de AC (Figura 6A).

Os tratamentos com AC, apresentaram menor atividade da POD em todos os dias de avaliação. Isso é uma resposta benéfica do ácido utilizado, pois o aumento da atividade dessa enzima verificado nas BDMP no controle é preocupante devido a atuação sobre uma gama de substrato levando a problemas como descoloração, à formação de compostos aromáticos indesejáveis, perdas nutricionais e escurecimento dos tecidos dos produtos.

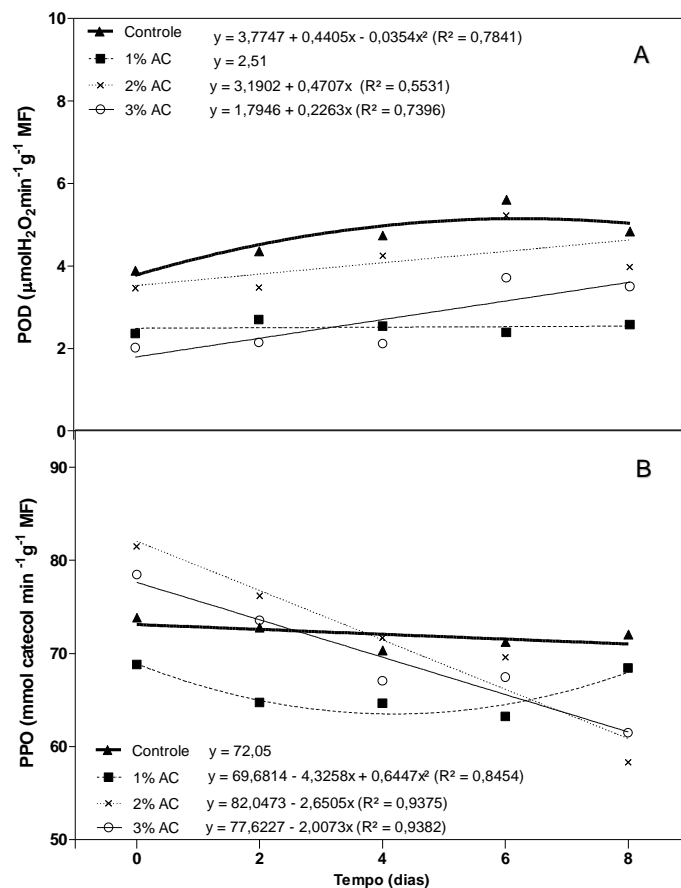


Figura 6. Atividade enzimática da Peroxidase - POD (A) e Polifenoloxidase - PPO (B) de batata-doce minimamente processada tratada com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5°C e $85 \pm 5\%$ UR. AC = ácido cítrico.

Diante disso, esse experimento revela que, o fato de o ácido cítrico na concentração de 1% induzir a menores valores de pH, garante o controle da atuação da enzima POD sobre as rodela de batata-doce minimamente processadas. Coelho et al. (2017), relatou que o uso de substâncias antioxidantes combinadas (3% ácido cítrico + 3% ascórbico) é uma boa alternativa para minimizar as lesões de corte e reduzir o escurecimento em mandioca minimamente processada. De acordo com Moretti et al. (2002) observaram que o estresse mecânico causado pelo processamento mínimo aumentou a atividade metabólica de forma significativa de raízes de batata-doce minimamente processadas, com aumento do escurecimento enzimático nas raízes da cultivar Princesa.

Para a atividade da PPO, verifica-se que as BDMP tratadas com 2% AC não, diferiram do controle (Tabela 3). A atividade da PPO das amostras do controle se manteve constante ao longo do período de avaliação, enquanto que o tratamento com 3% de AC, reduziram a atividade ao longo do armazenamento (Figura 6B). No último dia, o tratamento a 2% de AC, atingiu a menor atividade de PPO (58,31 μmol de catecol degradado $\text{g}^{-1} \text{min}^{-1}$), uma redução de 20% em relação a amostras do controle.

O mecanismo de ação do ácido cítrico na diminuição da atividade da enzima PPO, se baseia na capacidade desse agente em reduzir o pH, comprometendo a atuação da enzima, além de atuar como quelante do cobre no sítio ativo da PPO. Os resultados dessa pesquisa, indicam que todos os tratamentos com uso do AC foram eficientes em diminuir atividade das enzimas, com destaque para os tratamentos 1% (atividade da POD) e 3% (atividade da PPO). Nesse aspecto, estes tratamentos, contribuem para preservação da cor de batata-doce minimamente processada, cujo inconveniente é o escurecimento provocado pelas enzimas.

A respeito da taxa respiratória, houve diferença entre os tratamentos (Tabela 3). Verificou-se o incremento da respiração, para os tratamentos até o sexto dia do período de armazenamento, sendo que a evolução de CO_2 para as concentrações utilizando 1 e 2% de ácido cítrico foi cerca de 30% menor na média dos períodos, ao final da avaliação, comparadas ao controle (Figura 7). Após o sexto dia, houve tendência de decréscimo para os tratamentos até o final do período de avaliação. O aumento observado na atividade respiratória de produtos frescos minimamente processados é causado por lesão sofrida durante o processamento.

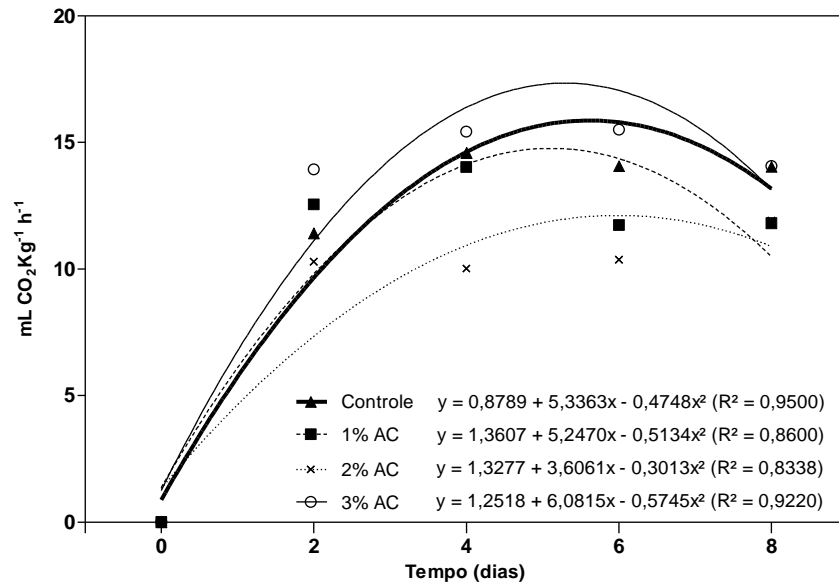


Figura 7. Taxa de respiração de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido cítrico.

Esse resultado está de acordo com o teor de sólidos solúveis (SS) encontrado nesse trabalho. O fato dos tratamentos controle e 3% de ácido cítrico apresentarem maiores o incremento da respiração, justifica maiores teores de SS para os mesmos tratamentos, visto que, os principais componentes dos SS são os açúcares e estes, por sua vez, são substratos do processo respiratório. A elevação da respiração é um fator importante, devido sua relação com a vida útil do produto, além disso, maior quantidade de açúcares propicia o desenvolvimento de microrganismos patogênicos.

Para o experimento com ácido cítrico (AC) a concentração de 2% foi a que proporcionou melhor índice de brancura das rodela, além disso, diminuiu a perda de massa fresca, reduziu o pH do produto em 30%, influenciando indiretamente na diminuição de 20% da atividade da PPO.

4.2 Experimento 2: Uso do ácido ascórbico (AA) na qualidade de batata-doce minimamente processada

As BDMP tratadas com AA apresentaram as maiores perdas acumuladas de massa fresca, diferindo do controle. (Tabela 4).

No último dia de avaliação, os produtos tratados por imersão em 2% de AA apresentaram uma tendência de perda de massa fresca 47% maior que a média das amostras controle (Figura 8).

Tabela 4. Caracterização qualitativa e físico-química de batata-doce minimamente processada submetidas a imersão em ácido ascórbico por 8 dias a 5 °C e 85± 5% UR.

Variável	PAMF (%)	Firmeza (Newton)	IB (%)	SS (°Brix)	Açúcares Solúveis (%)
Controle	1,32 b*	23,75 b	71,10 ab	8,33 a	6,71 a
1% de AA	1,80 a	21,56 b	72,11 a	7,38 b	5,90 b
2% de AA	1,81 a	28,80 a	71,14 ab	7,28 b	5,81 b
3% de AA	1,67 a	26,25 ab	70,26 b	7,40 b	6,10 ab
DMS (5%)	0,23	2,60	1,28	0,30	0,66
CV (%)	14,57	21,08	3,80	4,03	11,03

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). PMFA = Perda acumulada de massa fresca; IB = Índice de Brancura; SS = sólidos solúveis; AA = Ácido ascórbico; DMS = Diferença mínima significativa; CV = Coeficiente de Variação

Quanto aos dados de firmeza, observa-se que o tratamento a 2% de AA obteve as maiores médias, diferindo do tratamento controle (Tabela 4). Ao longo do período de armazenamento não foi possível explicar os valores observados para a firmeza por meio de modelo matemático ($R^2 < 0,300$), sem uma tendência definida dos tratamentos, apresentando uma média de 26,0 N para os tratamentos no período.

Firmeza é uma característica de textura e corresponde ao grau de resistência dos tecidos vegetais à compressão e é considerada como um dos principais atributos da qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O incremento da firmeza do vegetal pode ser atribuído à perda de umidade, propiciando aumento de elasticidade da polpa causando assim, uma maior resistência à penetração, isso explica o fato de amostras de batata-doce submetida à solução antiescurecimento (AA) a 2%, que por apresentarem maior perda de massa, conseqüentemente, se tornaram mais firmes ao longo do período de armazenamento.

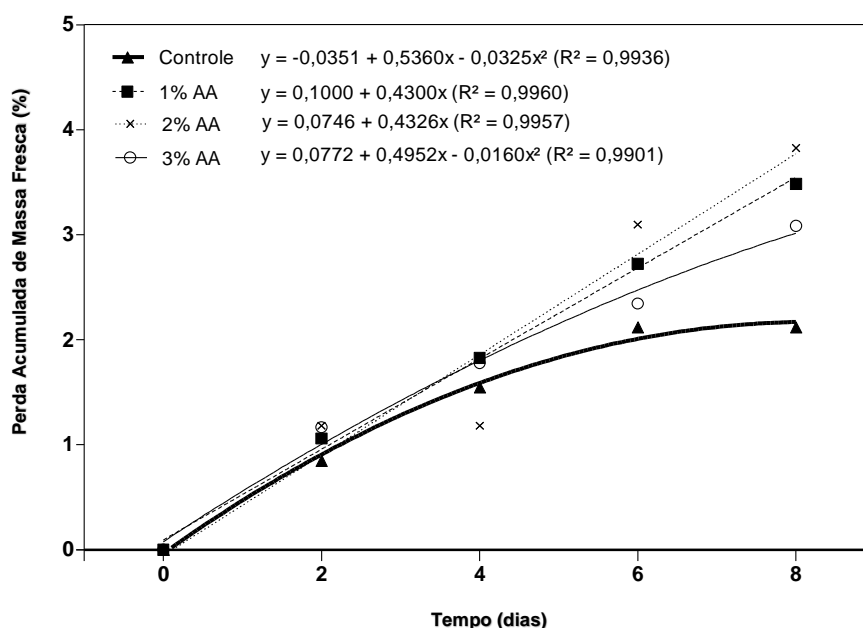


Figura 8. Perda Acumulada de Massa Fresca de batata-doce minimamente processadas e tratadas com ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento 5 °C e 85± 5%. AA = ácido ascórbico.

Com relação ao índice de brancura (IB) das BDMP, nota-se que o tratamento com uso do ácido ascórbico na concentração de 1 e 3% diferiram entre si, mas não diferiram do controle (Tabela 4).

Até o oitavo dia do período de avaliação, observou-se tendência ao aumento do índice de brancura (IB) para todos os tratamentos (Figura 9). As BDMP submetidas a solução 1% de AA, apresentaram os maiores valores para este parâmetro, com incremento de, aproximadamente 8%, em relação ao controle, ao fim do período. Isso indica que, batata-doce submetidas a este tratamento apresenta coloração mais clara, uma vez que, essa variável demonstra o quão claro (maior valor) ou escuro (menor valor) é o produto.

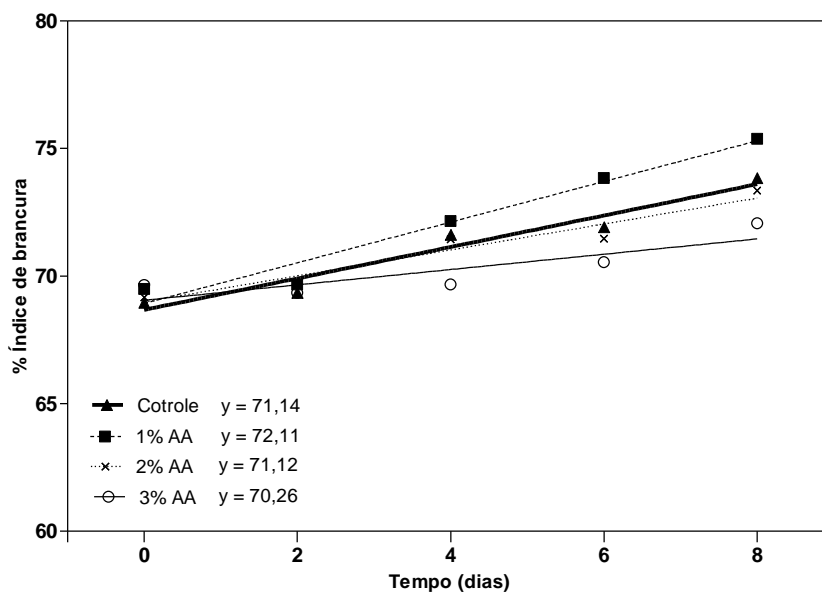


Figura 9. Índice de brancura de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AC = ácido ascórbico.

O incremento dos valores do IB é explicado por alguns autores, como sendo devido a formação de lignina na superfície do corte, a combinação entre desidratação e a formação de lignina ou ainda a resquícios de amido (BOLIN; HUXSOLL, 1991; CINEROS-ZEVALLOS et al., 1995; FERNANDES, 2013). Como a batata-doce é rica em amido e, sendo este de coloração branca, após o corte esse composto pode ter se aderido à superfície, conferindo aspecto esbranquiçado ao produto.

As BDMP dos tratamentos com solução de ácido ascórbico nas concentrações estudadas apresentaram as menores médias de SS, diferindo das do controle (Tabela 4). Houve uma tendência de aumento gradativo dos teores de SS ao longo do período avaliado, em todos os tratamentos (Figura 10A). A ausência do AA nas batatas controle proporcionou tendência a maior teor de sólidos solúveis até o final do período de armazenamento, chegando ao oitavo dia, 16% maior em relação à média dos demais tratamentos que foi de 9%.

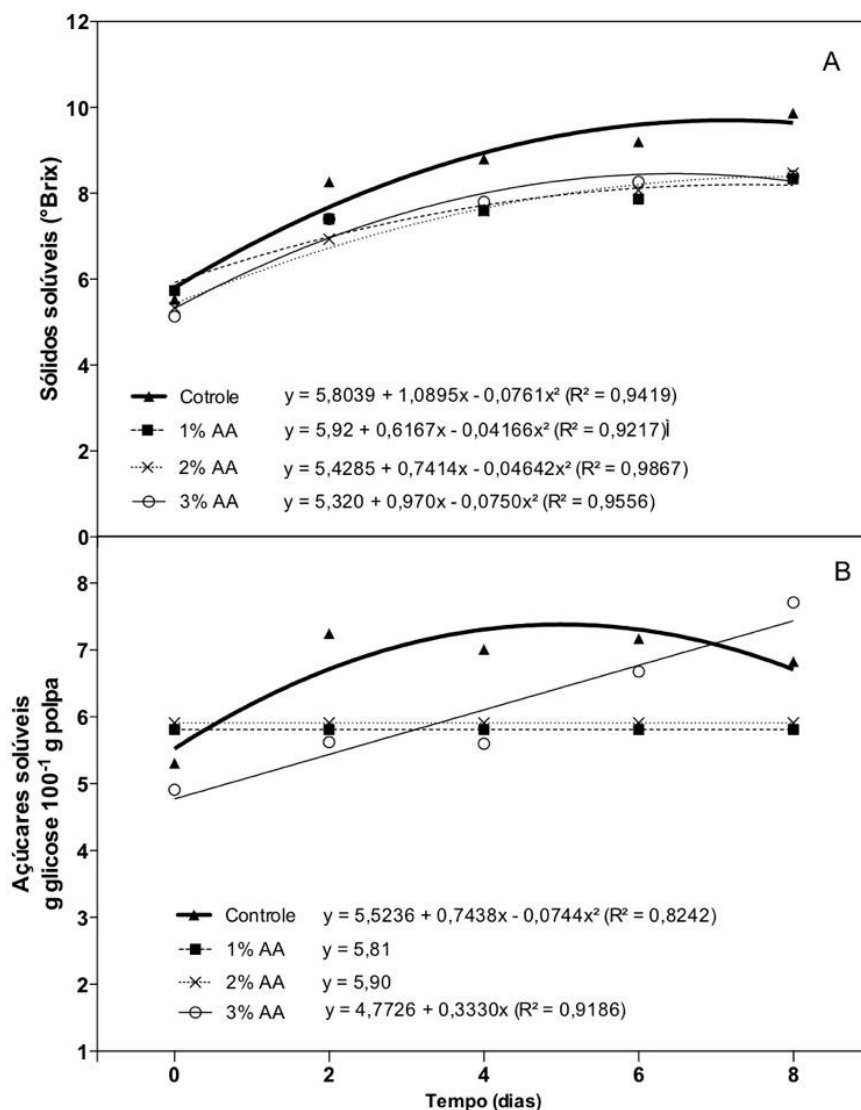


Figura 10. Sólidos solúveis (A) e açúcares solúveis (B) de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido cítrico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AA = ácido ascórbico.

É possível que o acréscimo desses valores esteja relacionado a conversão de amido em açúcares ou ainda concentração do soluto em decorrência da perda de água. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), sólidos solúveis são utilizados como uma medida indireta do teor de açúcares, variando de 2 a 25 % a depender do clima, estágios de maturação e a espécie analisada.

As batatas-doces minimamente processadas e submetidas a 1 e 2% de AA apresentando teor médio de açúcares solúveis mais baixo, diferindo do controle, (Tabela 4). Quanto ao teor de açúcares solúveis observa-se que as rodela de

batata-doce dos tratamentos com ácido ascórbico na concentração de 3% e do controle apresentaram tendência de aumento do teor de açúcares ao longo do período de armazenamento (Figura 9B). Geralmente, vegetais que são submetidos a algum tipo de injúria, como processamento mínimo, apresentam aumento na quantidade de açúcares, devido à conversão de amido, isso explica o incremento de açúcares para o tratamento 3% AA durante todo o período de armazenamento.

Não houve diferença significativa para os dados de pH e acidez titulável em batatas-doces minimamente processadas imersa em solução de ácido ascórbico (dados não mostrados).

Quanto aos dados de compostos fenólicos, observa-se que, todos os tratamentos diferiram entre si, sendo o tratamento com AA na concentração de 3,0%, responsável pelas menores médias (Tabela 5). Ao longo do período de armazenamento não foi possível explicar os valores observados para compostos os fenólicos por meio de modelo matemático ($R^2 < 0,3048$), sem uma tendência definida dos tratamentos, apresentando uma média de 136,6 GAE por 100 g⁻¹ polpa, para os tratamentos no período.

Tabela 5. Caracterização bioquímica de batata-doce minimamente processada submetidos a tratamentos com ácido ascórbico armazenadas por 8 dias a 5 °C e 85± 5% UR.

Variável	CFT (GAE por 100 g ⁻¹ polpa)	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto min ⁻¹ g ⁻¹ MF)	PPO (mmol de catecol degradado min ⁻¹ g ⁻¹ MF)	Atividade respiratória (mL CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹)
Controle	186,2 a*	2,09 a	70,76 a	11,57 b
1% de AA	146,5 b	1,50 b	61,67 b	9,90 c
2% de AA	114,1 c	1,28 b	55,92 c	8,53 d
3% de AA	99,60 d	0,90 c	55,02 c	12,30 a
DMS (5%)	5,41	0,27	5,56	0,20
CV (%)	4,0	19,46	9,34	1,93

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CFT = Compostos fenólicos totais; GAE = Equivalente de ácido gálico; POD= Peroxidase; PPO = Polifenoloxidase; AA = Ácido ascórbico; DMS = Diferença média significativa; CV = Coeficiente de variação.

Atualmente, muitas pesquisas apoiam o uso dos fenóis como antioxidantes e anticarcinogênicos, estando disponíveis em frutas e vegetais. Entretanto, esses compostos gerados do metabolismo secundário nas plantas podem se formar frente a condições de estresse, infecções e injúrias. Em produtos minimamente

processados, onde batatas-doces foram descascadas, cortadas e conservadas a baixas temperaturas (5 °C), a disponibilidade destes compostos como substrato de enzimas de escurecimento (POD e PPO) podem tornar esses produtos mais perecíveis, diminuindo sua vida útil.

As BDMP submetidas aos tratamentos com AA apresentaram as menores atividades da enzima peroxidase (POD), diferindo das rodela não tratadas (controle) (Tabela 5). Para a atividade da POD ao longo do período, o uso do ácido ascórbico na concentração de 2% de AA revela tendência de diminuição da atividade da enzima, tendência contrária às BDMP controle (Figura 11A).

Para atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) das BDMP, os tratamentos com 2 e 3% de AA, obtiveram as menores médias de atividade, diferindo do controle que apresentou as maiores médias (Tabela 5). Do primeiro ao oitavo dia de avaliação, as rodela tratadas com AA apresentaram atividade da PPO inferior à das rodela apenas imersas em água. Os tratamentos químicos contendo diferentes concentrações de ácido ascórbico (2 e 3%) indicaram, no oitavo dia, a redução da atividade da PPO em 20 e 22%, respectivamente, comparadas a média do controle que foi 70,7 (Figura 11B). O tratamento 1%, apesar de ter apresentado pequeno incremento a partir do quarto dia de avaliação, também conseguiu reduzir a atividade da PPO em 12% comparado ao controle.

O efeito desse agente redutor, AA, pode ser considerado temporário, pois ele é oxidado irreversivelmente ao reagir com intermediários da reação de escurecimento, enzimas endógenas e metais como o cobre. Esse pode ser o motivo do incremento dos valores de PPO após quatro dias no tratamento com 1% e 2% de AA. Resultados similares foram verificados por Özoglu e Bayindirli. (2002), concluindo que o escurecimento em pedaços de maçã tratados com solução 1 e 2% de ácido ascórbico após 20 minutos de armazenamento foi devido à oxidação do ácido ascórbico.

O ácido ascórbico pode inibir o escurecimento enzimático catalisado pela PPO pela redução do produto quinona para σ -difenol, remoção de O₂, inibição da enzima pela redução do Cu²⁺ do sítio ativo para Cu⁺, além de diminuição do pH (WALKER, 1977).

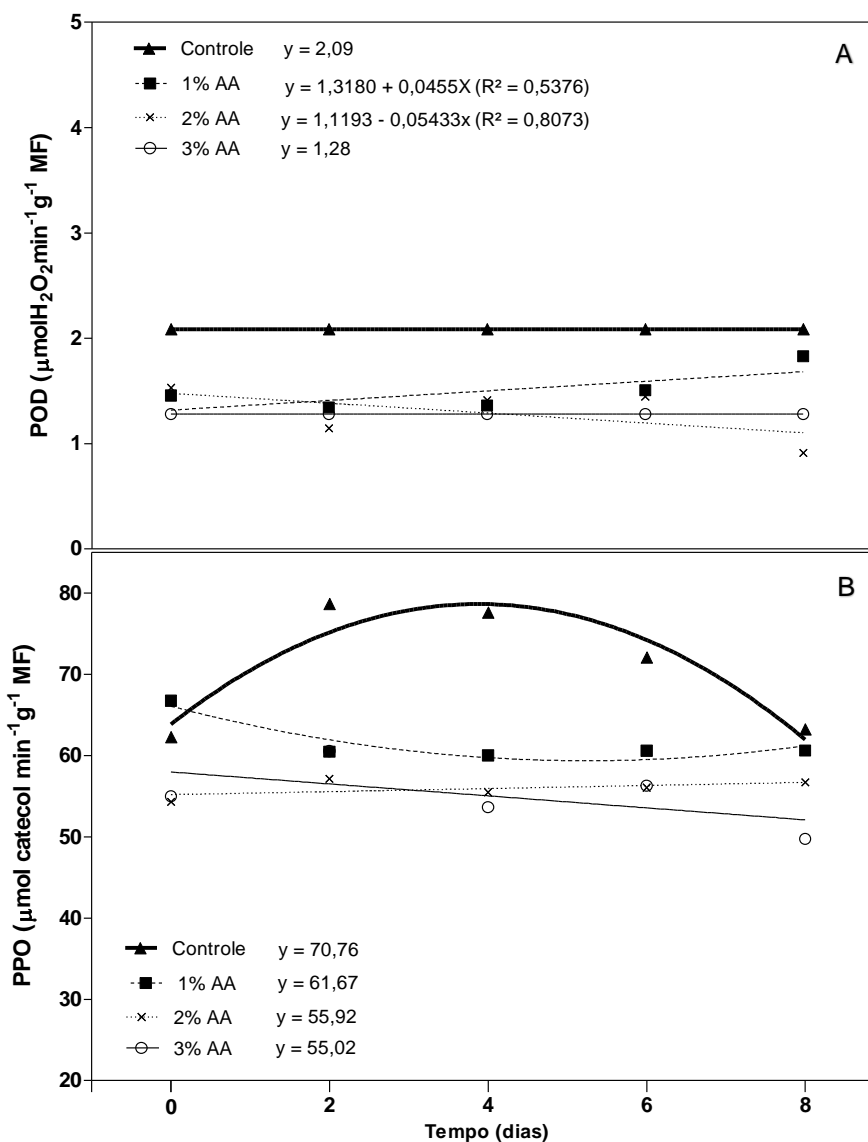


Figura 11. Atividade das enzimas Peróxidase – POD (A) e Polifenoloxidase – PPO (B) de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AA = ácido ascórbico

As BDMP imersas em solução de AA a 1 e 2 % apresentaram as menores taxas respiratórias dentre os tratamentos, diferindo do controle (Tabela 5). Para, o tratamento químico utilizando 2% de AA, verificou-se incremento até o quarto dia, seguido de decréscimos, chegando ao oitavo dia com média de 8,5 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, ou seja, cerca de 25 % menor em relação à média de amostras de BDMP com controle 11,5mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. (Figura 12).

O aumento observado na taxa de respiração pode estar associado à lesão sofrida durante o processamento mínimo, cujo resultado é importante pois está relacionado a vida de prateleira do produto em questão, haja vista que, quanto maior a taxa respiratória de um vegetal, maior é o consumo de suas reservas energéticas e da conversão de amido em açúcares, implicando em vida de prateleira menor.

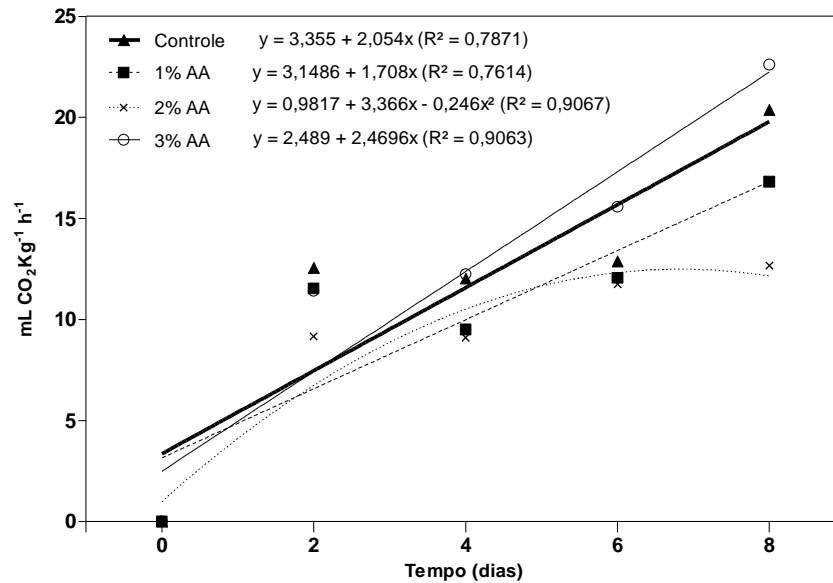


Figura 12. Taxa de Respiratória de batata-doce minimamente processadas tratadas com ácido ascórbico, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR. AA = ácido ascórbico

No experimento com ácido ascórbico (AA), os tratamentos com 2 e 3% foram eficientes na manutenção da qualidade das batata-doce minimamente processadas, ressaltando que, a concentração a 2% de AA, embora tenha sido responsável pela maior perda massa, reduziu a atividade da POD e PPO, além de ser responsável por atividade respiratória 25% menor comparado ao controle.

4.3 Experimentos 3: Uso do tratamento térmico (TT) na qualidade de batata-doce minimamente processada

Verifica-se que as imersões das BDMP por 3 ou 5 min apresentaram os menores valores para perdas acumuladas de massa fresca em relação ao controle e ao tratamento de 1 min (Tabela 6).

Tabela 6. Caracterização qualitativa e físico-química de batata-doce minimamente processada submetidas a tratamento térmico a 50 °C por 8 dias a temperatura a 5 °C e 85± 5% UR.

Variável	PAMF (%)	IB (%)	SS (°Brix)	pH
Controle	2,15 a*	68,70 b	7,40 a	5,96 a
1 min	2,20 a	70,71 a	6,71 b	5,87 b
3 min	1,60 b	71,14 a	6,32 c	5,92 ab
5 min	1,92 b	69,05 b	6,90 d	5,93 ab
DMS (5%)	0,23	1,4	0,21	0,07
CV (%)	12,10	4,43	3,30	1,20

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). PAMF = Perda acumulada de massa fresca; IB = Índice de Brancura; SS = sólidos solúveis; pH = potencial hidrogeniônico; DMS = Diferença média significativa; CV = Coeficiente de variação.

Os resultados obtidos na Figura 13, revelaram tendência ao aumento na perda de massa fresca durante o armazenamento para os produtos dos diferentes tratamentos. Segundo Brackmann et al. (2003) a perda de massa pode comprometer a qualidade dos frutos, a qual pode ser atribuída à perda de água por transpiração. As BDMP submetidas ao tratamento de 1 min a 50°C, seguida pelo controle, foram as que apresentaram tendência de maior perda de massa ao longo do período de armazenamento.

Observou-se que o aquecimento moderado durante 3 min preservou a água das rodela, que chegaram ao último dia de análise com perda de 25 e 30% menor quando comparados a média do controle e do tempo de 1min, respectivamente. Isso mostra que o tratamento térmico moderado a 50°C por 3min pode ser utilizado em batata-doce minimamente processada para controle do escurecimento enzimático, sem grandes impactos na perda de umidade do vegetal, o que contribui para sua qualidade pós-colheita.

Quanto aos dados de firmeza, não houve diferença significativa entre os tratamentos (dados não mostrados na tabela 6). Ao longo do período de armazenamento não foi possível explicar os valores observados para a firmeza por meio de modelo matemático ($R^2 < 0,300$), sem uma tendência definida dos tratamentos, apresentando uma média de 27,6 N para os tratamentos no período.

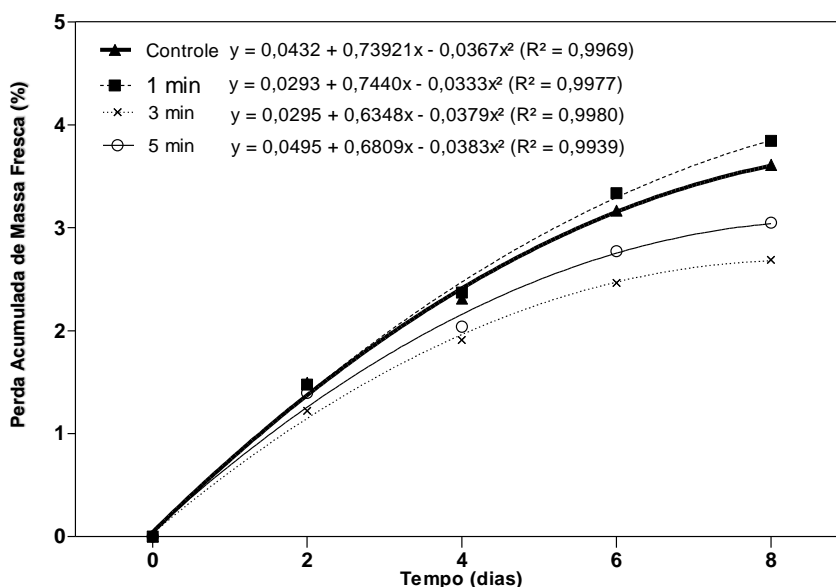


Figura 13. Perda Acumulada de Massa Fresca - PAMF de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50°C por 1, 3 e 5 min, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

Com relação aos dados do índice de brancura, observa-se que a BDMP submetidas ao tratamento térmico, 50 °C por 1 ou 3 min, obtiveram as maiores médias e diferiram do tratamento controle. Ao longo do período de armazenamento não foi possível explicar os valores observados para o índice de brancura por meio de modelo matemático ($R^2 < 0,300$), sem uma tendência definida dos tratamentos, apresentando uma média de 70% para os tratamentos no período.

Quanto ao teor de sólidos solúveis (Tabela 6), foram observadas diferença significativa entre todos os tratamentos. Os tratamentos com aquecimento a 50°C, apresentaram tendência ao aumento de SS, no entanto, as BDMP do controle, foi o tratamento que manteve as maiores médias (7,4%), ou seja, os sólidos solúveis foram

14% maior, em comparação à média dos demais, que foi de 7,2%, ao longo do período de avaliação (Figura 14A).

Quando há combinação de altas temperaturas e tempo de processamento, é possível que haja alterações na estrutura da parede celular do vegetal levando a perda de água e conseqüente acúmulo de açúcares (TONON et al., 2006). Isso pode explicar o fato do tratamento a 50°C por 1 min, que teve maior perda de água, ter apresentado teor de SS 5% maior em relação ao controle no oitavo dia de avaliação.

Outra explicação é a de que, durante a respiração das raízes, o amido é transformado em açúcares aumentando assim o teor de sólidos solúveis, tanto o tratamento térmico quanto o processamento mínimo podem induzir o vegetal a situação de estresse, que por sua vez, tende ao aumento da respiração.

Para os dados de açúcares solúveis, não houve diferença significativa entre os tratamentos durante o período de avaliação (dados não mostrados na tabela 6). A BDMP submetida ao tratamento térmico moderado durante 1 e 3 min, além do controle, apresentaram tendência ao aumento de açúcares solúveis, enquanto no tempo de 5 min, permaneceu constante ao longo dos dias de armazenamento (Figura 14B).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005) o teor de açúcar solúvel total normalmente constitui 85% a 90% dos sólidos solúveis. Os teores de açúcares encontrados nesse trabalho foram baixos (em torno de 4,5%), e podem estar associados à presença de outras substâncias dissolvidas no meio aquoso como ácidos orgânicos, pectinas e compostos fenólicos.

O acúmulo de açúcar em batata-doce, deve influenciar no sabor da mesma, tornando-a mais adocicada, contudo, do ponto de vista de conservação pós-colheita isso pode implicar em deterioração do produto, pois, podem ser utilizadas por microrganismos em processo de deterioração. Além disso, pode haver escurecimento não enzimático durante processo que utilizem calor, haja vista, a ocorrência da Reação de Maillard, cuja característica é formação de pigmentos escuros, originados pela ação de altas temperaturas sobre aminoácido e açúcares.

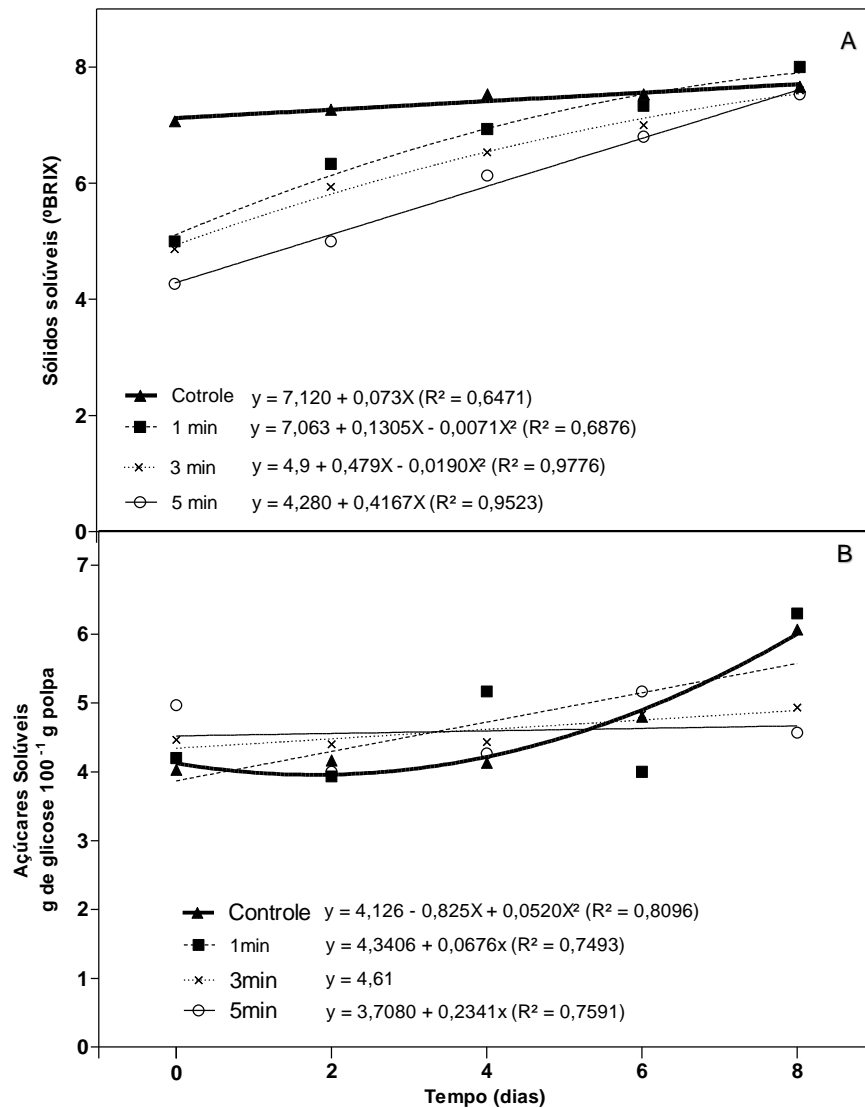


Figura 14. Sólidos solúveis (A) e Açúcares Solúveis (B) de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50°C por 1, 3 e 5 min, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

Para o parâmetro pH, o tratamento térmico por 1 min e o controle diferiram entre si, porém não diferiram entre os tratamentos nos tempos de 3 e 5 min (Tabela 6). Todos os tratamentos apresentaram tendência a diminuição ao longo dos dias de armazenamento (Figura 15A). A redução do pH está relacionada com o incremento da acidez, notadamente a partir do início do armazenamento. Acredita-se que a embalagem possa ter proporcionado um ambiente modificado eficiente no controle da

respiração das raízes, pois geralmente o teor de ácidos orgânicos diminuem em decorrência do processo respiratório ou da conversão dos mesmos em açúcares.

Indiretamente o abaixamento do pH provocado pela acidez, não foi suficiente para comprometer a atividade de enzimas oxidativas, cujo pH ótimo é 6 ou próximo da neutralidade.

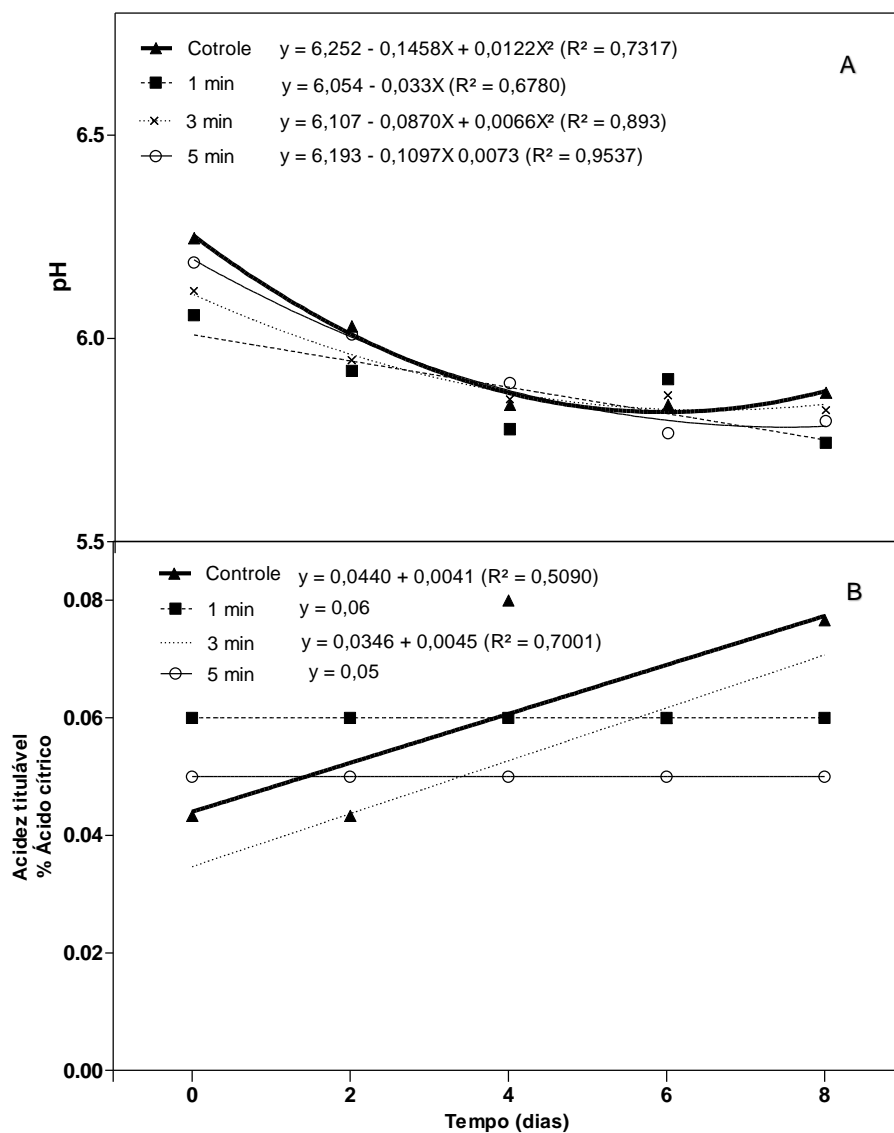


Figura 15. pH (A) e Acidez Titulável (B) de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50°C, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

Não houve diferença significativa para os dados de acidez titulável para batata-doce minimamente-processada submetidas a tratamento térmico a 50 °C em diferentes tempos (dados não mostrados na Tabela 6).

Os dados de compostos fenólicos revelam que, as BDMP submetidas ao tratamento térmico a 50 °C apresentaram os maiores conteúdos de compostos fenólicos, diferindo do controle, sendo que o tratamento a 5 min, apresentou a maior média.

Tabela 7. Caracterização bioquímica de batata-doce minimamente processada submetidas ao tratamento térmico a 50 °C armazenada por 8 dias a 5 °C e 85± 5% UR.

Variável	CFT (GAE por 100 g ⁻¹ polpa)	POD ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ decomposto $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ MF)	PPO ($\mu\text{mol de catecol}$ degradado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$ MF)	Atividade respiratória ($\text{mL CO}_2\text{Kg}^{-1} \text{h}^{-1}$)
Controle	178,8 c*	3,01 a	65,7 c	7,7 d
1 min.	183,7 b	1,5 b	62,7 c	10,7 b
3 min.	184,9 b	1,71 b	74,7 a	9,3 c
5 min.	221,4 a	1,47 b	70,08 b	14,0 a
DMS (5%)	3,55	0,24	4,02	0,27
CV (%)	1,88	12,84	6,01	2,23

* Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($P>0,05$). (CFT = Compostos fenólicos totais; GAE = Equivalente de ácido gálico; POD = Peróxidade; PPO = Polifenolxidase; DMS = Diferença média significativa; CV = Coeficiente de variação).

O teor de compostos fenólicos em BDMP submetidas a 50°C nos tempos de 1 e 3 min apresentam tendência a diminuição, chegando ao último dia, em média, 25% menor em relação ao controle, cuja média foi de 201,5%. O controle e o tratamento a 50°C por 5 min, apesar de se manterem com médias similares ao longo do período de avaliação, registou os maiores valores deste parâmetro (Figura 16).

Os tratamentos térmicos a 50°C por 1 e 3 min, foram eficientes em diminuir a níveis expressivos os polifenóis, compostos que se constituem em uma gama de substratos que podem ser utilizados por enzimas responsáveis pelo escurecimento enzimático. As operações de corte expõem esse substrato em contato com as enzimas e o oxigênio, e o resultado dessa reação, pigmentos escuros, tem sido apontado como um dos principais fatores limitantes a vida útil dos minimamente processados, causando perda do valor comercial.

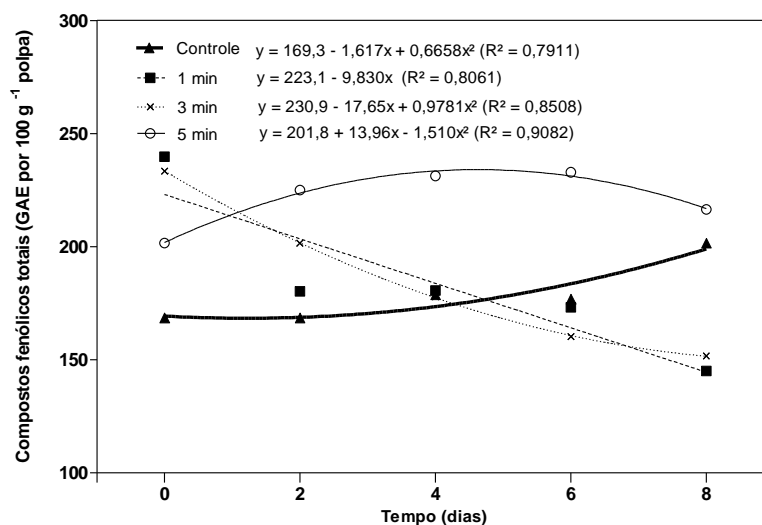


Figura 16. Compostos fenólicos totais de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50°C por 1, 3 e 5 min, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

Os tratamentos térmicos permitiram que as BDMP apresentassem as menores atividades da enzima peroxidase (POD), diferindo do controle (Tabela 7). Em relação a atividade da POD ao longo do período, observou-se que os tratamentos térmicos (TT) foram eficientes mantendo atividade dessa enzima em média 50% menor do que o controle (Figura 17A).

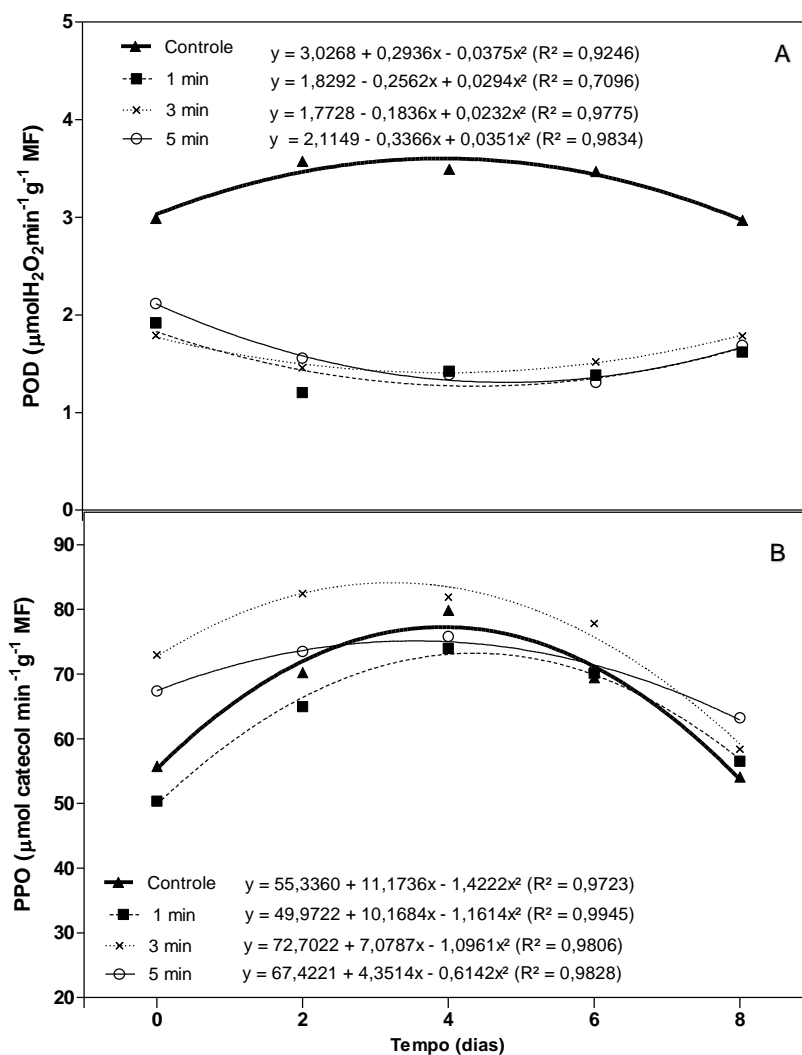


Figura 17. Atividade da peroxidase - POD (A) e atividade da polifenoloxidase – PPO (B) de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50°C por 1, 3 e 5min, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

A POD é considerada uma das enzimas mais termoresistente, sendo necessário um branqueamento entre 90 a 100 °C / 3 minutos para inativá-la (Araújo, 1999). Contudo, neste estudo, verificou-se que o tratamento térmico moderado, foi suficiente para a sua inativação, sem que houvesse comprometimento da estrutura do vegetal.

Apesar de os tratamentos diferirem entre si quanto a atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) nas BDMP, não se verifica uma explicação para os valores

obtidos para esta variável (Tabela 7). Em se tratando da atividade da enzimática da PPO em rodela de BDMP, verificou-se para todos tratamentos, tendência ao aumento até o dia quatro, e em seguida os valores decresceram até o final do período de avaliação, sendo que o TT por 1min foi responsável pelas menores médias (62,7 μmol de catecol degradado $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1} \text{MF}$), uma diminuição de 14% da atividade da PPO, do início ao fim do período de armazenamento (Figura 17B).

Toda enzima possui uma faixa de pH e temperatura ótimas de atividade, por exemplo, para a POD a atividade é mais alta no pH = 5 e temperatura entre 7 °C e 55 °C, já a PPO tem melhor desempenho num pH = 4, sendo destruída em temperaturas de 80 °C (SMITH, 1977; LAURILA et al., 1998). Considerando o princípio de manter o tecido do vegetal vivo na pós-colheita, a inativação dessas enzimas com alta temperatura pode ser viável, desde que, não ultrapasse 50 °C. Temperaturas acima dessas, podem ocasionar mudanças indesejáveis na cor, sabor, aroma e ou textura das rodela de batata-doce.

Ao longo do período de avaliação, nota-se tendência ao aumento na atividade respiratória para as BDMP, em todos os tratamentos (Figura 18).

Isso pode ser em decorrência do estresse sofrido pelos vegetais nas etapas de processamento mínimo aliada ao aquecimento. O aquecimento também é um fator de estresse para o vegetal, podendo ser comprovado pelo tratamento controle que, possivelmente, pela ausência do aquecimento, registrou taxa de respiração 30% menor que a médias dos tratamentos, ao longo do período de armazenamento.

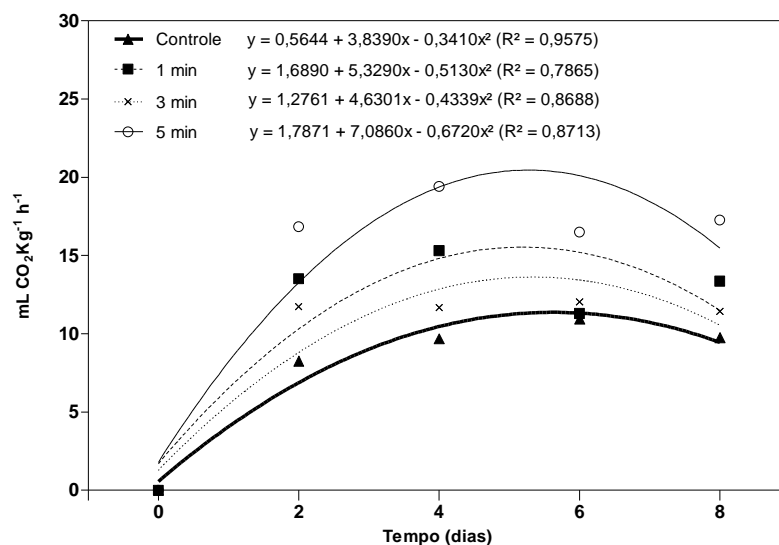


Figura 18. Atividade respiratória de batata-doce minimamente processadas submetidas a tratamento térmico a 50 °C por 1, 3 e 5 min, em função do tempo de armazenamento a 5 °C e 85± 5% UR.

O tratamento térmico à 50 °C por 3 min, mostrou-se eficiente na preservação da massa fresca das rodela, além de apresentar maiores médias para índice de brancura. Esse tratamento proporcionou redução de 50% nos valores de compostos fenólicos totais em relação ao controle, sendo que também apresentou diminuição de 50% da atividade da enzima POD.

5. RECOMENDAÇÕES

Batata-doce minimamente processada tratadas com 2% de ácido cítrico mostraram melhores resultados no escurecimento enzimático e qualidade do vegetal.

O ácido ascórbico na concentração de 2%, usado em batata-doce minimamente processada, apresentou melhor resultado na diminuição da atividade enzimática e qualidade do vegetal.

O tratamento térmico a 50°C por 3 min, mostrou-se eficiente na qualidade de batata-doce minimamente processada.

6. REFERÊNCIAS

AMANATIDOU, A.; SLUMP, R.A.; GORRIS, L.G.M.; SMID, E.J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. **Journal of Food Science**, v. 65(1), p. 61– 66, 2000.

ANTON, D.; BENDER, I.; KAART, T.; ROASTO, M.; HEINONEN, M.; LUIK, A.; PÜSSA, T. Changes in polyphenols contents and antioxidant capacities of organically and conventionally cultivated tomato *Solanum lycopersicum* L. fruits during ripening. **International Journal of Analytical Chemistry**, v. 2017, p. 10, 2017. DISPONÍVEL EM: < <https://doi.org/10.1155/2017/2367453>

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. Washington: Patrícia Cunniff, 1997.

BARBAGALLO, R. N.; CHISARI, M.; PATANÉ, C. Use in vivo of natural anti-browning agents against polyphenol oxidase activity in minimally processed eggplant. **Chemical Engineering Transactions**, v. 27, p. 49–54, 2012.

BELLUZZO, A. S. F. **Caracterização parcial da polifenoloxidase e avaliação de compostos fenólicos e antioxidantes em pêssego cv. Biuti**. 2008. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BRACKMANN, A.S.; TEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento de pêssego 'Chimarrita' em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, 2003.

CALDER, B.L.; KASH, E.A.; DAVIS-DENTICI, K.; BUSHWAY, A.A. Comparison of Sodium Acid Sulfate to Citric Acid to Inhibit Browning of Fresh-Cut Potatoes. **Journal of Food Science**, v. 76, p. 164-169, 2011.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. p. 277-281.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, p. 575, 2005.

CHIUMARELLI, M. **Avaliação da vida útil de manga (*Mangifera indica* cv 'Tommy Atkins') minimamente processada pré - tratada com ácido cítrico e coberturas comestíveis** 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2008.

CINEROS-ZEVALLOS, L.; SALVEIT, M. E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p. 320-324, 1995.

COELHO D. G. COELHO; ANDRADE, T. M.; NETO, M. D. F.; SILVA, S. L. F.; SIMÕES, A. N. Application Of Antioxidants And Edible Starch Coating To Reduce Browning Of Minimally Processed Cassava. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, p. 503–512, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n226rc>

ERAT, M.; SAKIROGLU, H.; KUFREVIOGLU, O. I. Purification and characterization of polyphenol oxidase from *Ferula* sp. **Food Chemistry**, v. 95, n. 03, p. 503-508, 2006.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, v. 32 (2): p.125-134, 2004.

FAN, G.; HAN, Y.; GU, Z.; GU, F.: Composition and colour stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. **Food Science and Technology**, v. 41, n.8, p. 1412-1416, 2007.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of United Nations (2014) Acessado em: 09 de março 2018 em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of United Nations (2015) Acessado em: 09 de março 2018 em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of United Nations (2016) Acessado em: 09 de março 2018 em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FERNANDES, L.S. **Caracterização química, físico-química e bioquímica de batata baroa minimamente processada**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

FILGUEIRA F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.

FILGUEIRA, A. F. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2007. 421 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. p.

GHIDELLI, C.; ROJAS-ARGUDO, C.; MATEOS, M.; PÉREZ-GAGO, M.B. Effect of antioxidants in controlling enzymatic browning of minimally processed persimmon 'Rojo Brillante'. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 487–493, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.07.034>

GOMES, H. M.; VIEIRA, T.; FUNDO, J. F.; ALMEIDA, D. P. F. Polyphenoloxidase activity and browning in fresh-cut 'Rocha' pear as affected by pH, phenolic substrates, and antibrowning additives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 91, p. 32-38, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.12.013> >

GOYENECHÉ, R.; AGUERO, M. V.; ROURA, S.I.; SKALA DI K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 106–113, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.02.011> >

IBGE 2014: Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v 41, 2014, p. 56

IBGE 2016: Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro, v 43, 2016, p. 16

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, p. 315-319, 1976.

KEHOE, S. H.; CHOPRA, H.; SAHARIAH, S. A.; BHAT, D.; MUNSHI, R. P.; PANCHAL, F.; YOUNG, S.; BROWN, N.; TARWANDE, D.; GANDHI, M.; MARGETTS, B. M.; POTDAR, R. D.; FALL, C. H. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. **British Journal of Nutrition**, v. 113, n. 5, p. 813-821, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/S000711451400419X>.

KIM, H. J.; PARK, W. S.; BAE, J. Y.; KANG, S. Y.; YANG, M. H.; LEE, S.; LEE, H. S.; KWAK, S. S.; AHN, M. J. Variation in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 188-193, 2015.

KLUGE, R. A; PRECZENHAK, A. P. Betalaínas em beterraba minimamente processada: perdas e formas de preservação **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 17, n. 2, p. 175-192, 2016.

KLUGE, R.A.; GEERDINK, G.M.; TEZOTTO-ULIANA, J.V.; GUASSI, S.A.D.; ZORZETO, T.Q.; SASAKI, F.F.C.; MELLO, S.C. Qualidade de pimentões amarelos minimamente processados tratados com antioxidantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 801-812, 2014. Disponível em: <http://DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n2p801>.

KOALA, M.; HEMA, A.; SOME, K.; PALE, E.; SEREME, A.; BELEM, J.; NACRO, M. Evaluation of eight orange fleshed sweet potato (OFSP) varieties for their total antioxidant, total carotenoid and polyphenolic contents. **Journal of Natural Sciences Research**, v 3, p. 67-72, 2013.

KOHYAMA, K.; NISHINARI, K. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. **Journal of Food Science**, v.57, n.1, p.128-131, 1992.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication**: color control from perception to instrumentation. Tokyo: Konica Minolta Sensing, INC. 2007. 62p.

LATORRE, M.E.; NARVAIZ, P.; ROJAS, A.M.; GERSCENSON, L.N. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physicochemical parameters of fresh-cut red beet (Beta

vulgaris L. var. conditiva) root. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 178–191, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.024>.

LAURILA, E. K.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. **Biotechnology and Food Research**. Finland, v. 9, n. 4, p. 53-66, 1998.

LEE, J.Y.; PARK, H.J.; LEE, C.Y.; CHOI, W.Y. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 03, p. 323–329, 2003.

LEITE, C. E. C. **Novas cultivares de batatas-doces *Ipomoea batatas* L. Lam.: potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem**. 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

LEÓN, K., MERY, D., PEDRESCHI, F., LEÓN, J. Color measurement in L * a * b* units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, p. 1084–1091, 2006.

LIMA, G. P. P.; BRASIL, O. G.; OLIVEIRA, A. M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agrícola**, v. 56, p. 21-25, 1999.

LIMBO, S.; PIERGIOVANNI, L. Shelf life of minimally processed potatoes: Part 1. Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. **Postharvest biology and technology**, v. 39, p. 254-264, 2006.

LIN, Y.; LIN, H.; LIN, Y.; ZHANG, S.; CHEN, Y.; JIANG, X. The roles of metabolism of membrane lipids and phenolics in hydrogen peroxide-induced pericarp browning of harvested longan fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 111, p. 53–61, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.030>

LUPETTI, K. O.; CARVALHO, L. C.; MOURA, A. A.; FATIBELLO-FILHO, O. Análise de imagem em química analítica: empregando metodologias simples e didáticas para entender e prevenir o escurecimento de tecidos vegetais. **Química Nova**, v. 28, p. 548-554, 2005.

LURIE, S. Postharvest heat treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, n.3, p. 257-269, 1998.

MARSHALL M. R., KIM J.; WEI C. I. Enzymatic browning in fruits, vegetables and sea foods. **Food and agricultural organization**. v. 41, p. 259-312, 2000.

MARTIN-DIANA, A.; RICO, D.; HENEHAN, G.; FRIAS, J. M.; BARAT, J. Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 18(7), p. 373-386, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.011>

MINOLTA CORP. Precise color communication: color control from feeding to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994. p.49.

MISHRA, B.B.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). **Food Chemistry**, v. 139, p. 105–114, 2013.

MODA, E. M.; SPOTO, M. H. F.; HORII, J.; ZOCCHI, S. S. Uso de peróxido de hidrogênio e ácido cítrico na conservação de cogumelos *Pleurotus sajor-caju* 'in natura'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 291-296, 2005.

MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S. Sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) a valuable medical food: A review. **Journal of medical food**, Vinayaka, v. 17, n.7, p. 733-741, jun. 2014.

MORETTI, C.L.; ARAUJO, A.L.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n. 3, p. 497-500, 2002.

MORETTI, C.L.; CALBO, A.G.; HENZ, G.P. Metabolismo respiratório na pós-colheita de frutas e hortaliças. **Universa**, Brasília, v.8, n.1, p.259-274, 2000.

MURATORE, G.; RESTUCCIA, C.; LICCIARDELLO, F.; LOMBARDO, S.; PANDINO, G.; MAUROMICALE, G. Effect of packaging film and antibrowning solution on quality maintenance of minimally processed globe artichoke heads. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 31, p. 97–104, 2015.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, n.1-2, p. 95-111, 2004.

NEDUNCHEZHIAN, M.; BYJU, G.; JATA, S. K. **Sweet Potato agronomy**. Fruit Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. Global Science Books. 2012.147p.

NUNES, M. U. C.; JESUS, A. F.; SANTOS, L. S.; LIMA, I. S.: Produtividade de genótipos de batata-doce com potencial para biofortificação em sistemas de produção orgânico em Sergipe. **Anais da IV Reunião de Biofortificação**, Teresina, 2011.

OJEDA, G.A.; SGROPPO, S.C.; ZARITZKY, N.E. Application of multivariate statistical analysis to assess browning susceptibility in sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) lam.) cultivars, based on chemical and enzymatic determinations. **International Food Research Journal**. v. 24, p. 1703-1712, 2016.

OMS-OLIU, G., ROJAS-GRAÜ, M.A., ALANDES GONZÁLEZ, L., VARELA, P., SOLIVA FORTUNY, R., HERNANDO HERNANDO, M.I., PÉREZ MUNUERA, I., FISZMAN, S., MARTÍN-BELLOSO, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 139–148, 2010.

OZOGLU, H., & BAYINDIRLI, A. Inhibition of enzymic browning in cloudy apple juice with selected antibrowning agents. **Food Control**, v. 13, n. 4, p. 213-221, 2002. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00011-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00011-7).

PARK, S. C.; KIM, S. H.; PARK, S.; LEE, H. U.; LEE, J. S.; PARK, W. S.; AHN, M. J.; KIM, Y. H.; JEONG, J. C.; LEE, H. S.; KWAK, S. S. Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing *lbOr-Ins* gene in purple-fleshed sweet potato cultivar. **Plant Physiology**, v. 86, p. 82-90, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.017>

PÉREZ-GAGO, M. B.; ROJAS-ARGUDO, C.; DEL RÍO, M.A.; MATEOS, M. Reducing enzymatic browning of fresh-cut eggplants by antioxidant application. **Acta Horticulturae**. v. 858, p. 235–238, 2010.

PINELI, L.L.O; ALMEIDA, G.C.; MORETTI, C.L.; ONUKI, A.C.A. Atividade respiratória de batatas ágata minimamente processadas armazenadas sob diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3, 2004, Viçosa. **Palestras...Viçosa:CEE**, 2004, p.200.

RINALDI, M. M.; FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; OLIVEIRA, T. A. R.; ASSIS, S. F. O. The use of citric acid in the post-harvest conservation of cassava roots. **Brazilian Journal off Food Technology**, Campinas, v. 20, e2017072, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.07217>

ROBLES-SANCHEZ, R. M., ROJAS-GRAÜ, M. A., ODRIOZOLA-SERRANO, I., GONZ_ALEZ-AGUILAR, G., & MARTIN-BELLOSO, O. Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes. **Food Science and Technology**, v. 50, p. 240-246, 2013.

ROCULLI, P.; GALINDO, F.G.; MENDOZA, F.; WADSÖ, L.; ROMANI, S.; ROSA, M.D.; SJOHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 151–157, 2007.

ROESLER, P. V. S. O; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, S. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 117-122, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1159>.

SALEH, M. A.; EL-GIZAWY, A. M.; EL-BASSIOUNY, R. E. L.; ALI, H. M. Effects of anti-coloring agents on blackening inhibition and maintaining physical and chemical quality of fresh-cut okra during storage. **Annals of Agricultural Science**, v. 58, p. 239–245, 2013.

SANOUSI, A. F.; ADJATIN, A.; DANSI, A.; ADEBOWALE, A.; SANNI, L. O.; SANNI, A. Mineral composition of ten elites sweet potato (*Ipomoea Batatas* [L.] Lam.) landraces of Benin. **International Journal of Current Microbiology and Applied**

Sciences, v. 5, n. 1, p. 103-115, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20546/ijcmas.2016.501.009>.

SENGA KITUMBE, P.; OPOTA ONYA, D.; TAMBA VEMBA, A.; TONA LUTETE, G.; KAMBU KABANGU, O.; COVACI, A.; APERS, S.; PIETERS, C. K. L. CIMANGA KANYANGA, R. Chemical composition and nutritive value study of the seed oil of *Adenanthera pavonina* L. (Fabaceae) growing in Democratic Republic of Congo. **International Journal of Pharm Tech Research**, v. 5, n. 1, p. 205-216, 2013.

SHEKHAR, S., MISHRA, D., BURAGOHAİN, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, v.7, 2014.

SILVA, J. B. C.; LOPES C. A.; MAGALHÃES, J. S.: Batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.). **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças**, Sistemas de Produção, nº 6 (versão eletrônica), 2008.

SILVA, J. B. C; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J.S. Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas*). Sistemas de Produção. In: CEREDA, M, P. **Agricultura: tuberosa amiláceas** Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargil, 2002. p. 448-504.

SMITH, O. **Potatoes: production, storing, processing**. Westport: The Avi Publishing, 1977. 121p.

SOGVAR, O. B.; SABA, M. K.; EMAMIFAR, A. *Aloe vera* and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 114, p. 29–35, 2016.

TEOW, C. C., TRUONG, V. D., MC FEETERS, R. F., THOMPSON, R. L., PECOTA, K.V., YENCHO, G. C. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry**, v. 103, p. 829-838, 2007.

TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. E. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 811, n. 7, p. 853-876, 2001.

TONON, R. V.; BARONI A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000300036>

TRAYNOR, M. **Sweet potato production, Guide for the Top end**. Darwin, NT: Departament of Primary Industry, Fisheries and Mines, 2006.13 p.

UNICAMP - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO. **Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação-NEPA, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP**, 4º ed., p.30, 2011.

VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, n. 01, p.49-127, 1981. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398109527312>

VERMA, V.M. **Sweet potato cultivation Guide**. USDA-NIFA. 2014.10p.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; CASTRO, L. A. D.; RAPHAELLI, C. O.; KROLOW, A. C. Mineral composition of sweet potato genotypes with coloured pulps and their consumption adequacy for risk groups. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 21, e2016175, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.17516>

WALKER, J. R. L. Enzymic browning in foods. Its chemistry and control. **Food Technology New Zealand**, v. 12, p. 19- 25, 1977.

WHITAKER, J. R.; LEE, C. Y. Recent advances in chemistry of enzymatic browning, In: _____ (Ed.). **Enzymatic browning and its prevention**. Washington DC: ACS Symposium Series, 1995. p. 2-7.

WILEY, R.C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman & Hall, 1994. 368p.

WOOLFE, J.A. Introduction. In: _____. (Ed.). **Sweet Potato An Untapped Food Resource**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. p. 1-12.

WU, Z.S.; ZHANG, M.; WANG, S. Effects of high pressure argon treatments on the quality of fresh-cut apples at cold storage. **Food Control**, v. 23, n. 1, p. 120-127, 2012.

YEMM, E.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by Anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZHANG, L.; SHUNFENG, L. W.; JING L.; ZONG, W. Mild heat treatment inhibits the browning of fresh-cut *agaricus bisporus* during cold storage. *Food science and technology* v. 82, p. 104-112, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.035>