

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

ATRIBUTOS SENSORIAIS, PROCESSOS OXIDATIVOS E ANTIOXIDATIVOS
SÃO DIFERENCIADOS PELO FORMATO DE INHAME (*Dioscorea* spp.)
MINIMAMENTE PROCESSADO

Serra Talhada - PE

2019

**M
O
R
A
I
S**

**M
A
S**

**I
N
H
A
M
E**

.

.

.

**2
0
1
9**

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

ATRIBUTOS SENSORIAIS, PROCESSOS OXIDATIVOS E ANTIOXIDATIVOS
SÃO DIFERENCIADOS PELO FORMATO DE INHAME (*Dioscorea* spp.)
MINIMAMENTE PROCESSADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões

Co-orientadora: Dra. Kelem Silva Fonseca

Serra Talhada - PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

M827a Morais, Maria Aparecida dos Santos

Atributos sensoriais, processos oxidativos e antioxidativos são diferenciados pelo formato de inhame (*Dioscorea* spp.) minimamente processado / Maria Aparecida dos Santos Morais. - Serra Talhada, 2019.

53 f. : il.

Orientador: Adriano do Nascimento Simões

Coorientadora: Kelem Silva Fonseca

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2019.

Inclui referências.

1. Inhame. 2. Enzimas. 3. Processamento mínimo. I. Simões, Adriano do Nascimento, orient. II. Fonseca, Kelem Silva, coorient. III. Título.

CDD 631

MARIA APARECIDA DOS SANTOS MORAIS

ATRIBUTOS SENSORIAIS, PROCESSOS OXIDATIVOS E ANTIOXIDATIVOS SÃO
DIFERENCIADOS PELO FORMATO DE INHAME (*Dioscorea spp.*) MINIMAMENTE
PROCESSADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADA em 28/02/2019.

Banca Examinadora

Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões - UFRPE/UAST

Orientador

Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva - UFRPE/UAST

Examinador Interno

Dra. Kelem Silva Fonseca - UFRPE/UAST

Co-orientadora, Examinadora Externa

A Deus por sua presença e proteção diária.

Aos meus pais José Leandro de Moraes e Severina Cordeiro dos Santos Moraes e ao meu irmão Cleuson dos Santos Moraes, por sempre acreditarem em mim, e me incentivarem a nunca desistir dos meus sonhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por toda força, fé e perseverança que Ele sempre me concedeu durante o percurso para a realização deste sonho.

Aos meus pais José Leandro e Severina Cordeiro (Silvia) por todo amor, compreensão, palavras sábias e pela mais pura demonstração de felicidade a cada conquista minha.

À minha avó Antônia Maria (Vó Toinha) *in memoriam*, pela ligação mais forte que já tive na vida... É muito difícil chegar aqui sem ter a senhora para vibrar comigo mais um sonho que realizo.

Ao meu irmão Cleuson Santos, por ser sempre tão companheiro e me incentivar a não desistir dos meus objetivos.

À minha família de um modo geral, por todos os ensinamentos e torcida.

À Dona Santa e Dona Maria de Quiterinha (minhas avós de coração) por serem duas senhoras de muita fé e luz que além de me colocarem em suas orações, me deram os melhores conselhos e palavras de conforto.

À George Araújo, Naiara Albuquerque e Andréa Santos, por serem aqueles anjos enviados por Deus que sempre estiveram presentes nos momentos em que mais precisei no decorrer desses dois anos, a vocês, minha eterna gratidão, sem a força, companheirismo e torcida de vocês, eu não teria conseguido vencer essa batalha.

Ao meu orientador Adriano Simões, por todas as oportunidades e desafios que me propôs ao longo desses cinco anos de orientação. Sou grata por todos os ensinamentos profissionais e pessoais.

À minha co-orientadora Kelem Fonseca, por todas as contribuições para este trabalho e momentos vividos dentro e fora da universidade.

Ao Núcleo de Estudos em Fisiologia Pós-colheita de Frutos, Hortaliças e Flores (NEFP) por toda a contribuição e momentos compartilhados durante essa trajetória, em especial a Rafael Anchieta, Maria Louize (Malú), Lucas Pierre e Rosilene Medeiros por serem meus fieis escoteiros do início ao fim deste trabalho, a vocês meu muito obrigada!

A Suelyson Cordeiro por sempre está disposto a me ajudar no transporte do inhome de Custódia-PE a Serra Talhada-PE.

Aos professores André Lima, Rogério Saraiva, Sérgio Luiz e Katya Maria, bem como aos meus colegas Nielson Brito, Marcos Cícero, Neto Barroso, Andréa Santos,

Raliuson Silva, George Araújo e Alexandre Jardim por todas as contribuições científicas e suporte técnico para o desenvolvimento desta pesquisa.

Às minhas amigas Thialla Amorim, Patrícia Menezes, Rosany Marques, Adeilma Souza, Beatriz Moraes (Bia) e Manuévely Silva (Manu) por toda a cumplicidade, amizade, e é claro, ajuda no laboratório em dias e horários não convencionais.

À minha turma de Mestrado (9 pérolas), Andréa Santos, Alexandre Jardim, Elizangela Nunes (Bibi), Juracy Barroso Neto (Neto), George Araújo, Naiara Albuquerque, Raliuson Silva e Renilson Pessoa, por tudo o que vivemos ao longo desses dois anos. Não posso esquecer-me de Laamon Simões, Marcondes Sá e Lypson Simões que em meados de 2017 chegaram para somar o time das 9 pérolas... Tenho um imenso orgulho de ter feito mestrado com profissionais tão competentes como vocês.

A Pedro Hermínio, Rafael Mateus, Mery Assis, Gabriel Novaes, Rafael Pereira e Pedro Pereira por demonstrarem preocupação comigo e mesmo não fazendo parte do NEFP, não me deixavam ficar sozinha no laboratório. O mundo precisa de mais pessoas como vocês.

Às minhas amigas da graduação, Moara Gomes e Ana Maria Tavares que nos últimos dias se fizeram tão presentes, e sem dúvidas suas palavras e atitudes foram essenciais para esta conquista.

À Thalyta Soares, Allan Rodrigues, Gabriela Queiroz, Aline Oliveira, Regina Maria, Janaina Renata e Ana Maria Camelo por todas as caronas e momentos de descontrações, mesmo quando conversávamos sobre assuntos sérios, tornando meu dia a dia mais leve.

A todos os meus colegas e amigos mestrandos do PGPV e estagiários dos grupos de pesquisa que desenvolvem atividades nos laboratórios do programa, por todos os momentos compartilhados e relações construídas.

Aos funcionários da UFRPE/UAST, Marcos Barros, José Iago, Arnaldo Nogueira, Lucimar Maria (Dona Lucy), Dona Izete, Seu Nogueira, Danilo Moraes, Anderson Barbosa e Nádia Freire por toda a disposição em contribuir de alguma forma para a realização deste trabalho.

Ao pessoal do Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE (Sede), em especial a Seu Marcelo Andrade e ao Professor Carlos Guaraná por nos receberem tão bem em seus laboratórios, e ao Professor Francisco Souza e a Stephanie Lima, bolsista PNPB/CAPES do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE (Sede),

por além de permitirem o uso do microscópio equipado com câmera digital, terem disponibilidade e boa vontade para nos auxiliarem durante os registros fotográficos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST) e ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal (PGPV), por oportunizar a minha qualificação profissional e realizar o meu sonho de ser mestre em uma das melhores universidades federais do país.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da bolsa, e à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela disponibilização de reagentes e equipamentos.

A todos, minha eterna gratidão!

Deus tem visto suas lutas, Sabe das suas dores. Não pense que na caminhada de sua vida estas sozinho. Deus está com você, guiando os teus passos, te fortalecendo e te fazendo merecedor das graças que vai te dar, lá na frente você vai ver que tudo valeu a pena, até suas dores, pois foram elas que te aproximaram de Deus!

(Raquel Santana)

RESUMO

Processamento mínimo é uma técnica usada para alimentos que além de levar praticidade para o consumidor, contribui para agregação de valor de produtos vegetais, sendo uma alternativa para valorização de culturas negligenciadas, como exemplo o inhame (*Dioscorea* spp.), no qual o formato do corte pode ser um atrativo adicional para sua comercialização, como acontece com as ‘babycassava’ e ‘babycarrots’. Entretanto, o inhame escurece rapidamente após o corte, interferindo na sua qualidade. Porém, o corte de inhame em diferentes formatos, pode resultar em suscetibilidade diferencial ao escurecimento, não apenas por intensidade de ferimento, mas também, por manter células de parênquima de reserva remanescentes na superfície dos formatos. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a aceitação sensorial e estudar o metabolismo oxidativo e sua caracterização histoquímico-anatômica de inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’. Raízes de inhame (*Dioscorea* spp.) foram adquiridas no município de Custódia-PE, e transportadas para a Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST). As raízes foram minimamente processadas nos formatos ‘Rodela com periderme’, ‘Rodela sem periderme’, ‘Cubo’ e ‘Cateto’, mantidas a 5 ± 2 °C, por 14 dias. Os resultados demonstraram que todos os formatos foram bem aceitos, preferencialmente as ‘rodelas sem periderme’ e o ‘cateto’. Foi evidenciado que durante a conservação refrigerada, o tempo de vida útil do inhame minimamente processado variou de 8 a 12 dias em função do seu formato. Além disso, observou-se que a lesão causada pelo corte induziu respostas fisiológicas com intensidades diferentes, não só em função do tipo do ferimento gerado pelo corte e abrasões adicionais, mas também da natureza da célula cortada. O metabolismo oxidativo muda de intensidade dependendo do tipo da superfície celular exposta em cada formato. Fica evidente que nas células do parênquima de reserva localizadas na superfície, são menos responsivas às mudanças citadas, mesmo submetidas a ferimentos mais agressivos, como o torneamento. E isso resultou em retardo no escurecimento do formato ‘cateto’. Todos esses resultados contribuíram para o retardo do escurecimento das superfícies abrasionadas que deram origem ao formato ‘cateto’. O formato do inhame minimamente processado, além de atenuar o problema de escurecimento enfrentado por raízes de inhame cortadas, pode ser uma excelente alternativa para expandir sua comercialização.

Palavras-chave: *Dioscorea* spp.; processamento mínimo; metabolismo fenólico; enzimas antioxidantes

ABSTRACT

Minimal processing is a technique used for food that, in addition to bringing practicality to the consumer, contributes to the aggregation of the value of vegetal products, being an alternative for appreciation of neglected crops, such as yam (*Dioscorea* spp.). In which the cut can be an additional asset to your marketing, as with 'babycassava' and 'babycarrots'. However, the yam darkens rapidly after cutting, interfering with its quality. However, yam cutting in different formats may result in differential susceptibility to darkening, not only by injury intensity, but also by keeping reserve parenchyma cells remaining on the surface of the formats. The objective of the present study was to evaluate the sensory acceptance and to study the oxidative metabolism and its histochemical-anatomical characterization of minimally processed yams in the formats 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' and 'cateto'. Yam (*Dioscorea* spp.) roots were purchased in the municipality of Custódia-PE, and transported to the Federal Rural University of Pernambuco / Serra Talhada Academic Unit (UFRPE / UAST). The roots were minimally processed in the 'Rodela com periderme', 'Rodela sem periderme', 'Cubo' and 'Cateto' formats, maintained at 5 ± 2 ° C for 14 days. The results showed that all formats were well accepted, preferentially the 'Rodela com periderme' and the 'Cateto'. It was evidenced that during refrigerated conservation, the life time of the minimally processed yam varied from 8 to 12 days in function of its format. Furthermore, it was observed that the cut injury induced physiological responses with different intensities, not only depending on the type of wound generated by the cut and additional abrasions, but also on the nature of the cut cell. Oxidative metabolism changes in intensity depending on the type of cell surface exposed in each format. It is evident that in the cells of the reserve parenchyma located on the surface, they are less responsive to the cited changes, even subjected to more aggressive injuries, such as turning. And this resulted in a delay in the browning of the 'Cateto' shape. All of these results contributed to the delay in browning of the abraded surfaces that gave rise to the 'cateto' shape. The format of the minimally processed yam, in addition to alleviating the problem of browning faced by cut yam roots, can be an excellent alternative to expand its marketing.

Keywords: *Dioscorea* spp.; minimum processing; phenolic metabolism; antioxidant enzymes

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Fluxograma operacional do processamento mínimo de inhame nos formatos: 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto'.....22
- Figura 2.** Coleta da região superficial (0-5 mm) de inhame minimamente processados nos formatos: 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto. As setas indicam a região amostrada. As linhas pontilhadas para fora indicam toda a região coletada.....22
- Figura 3.** Intenção de compra (%) para inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme'; 'rodela sem periderme'; 'cubo' e 'cateto'30
- Figura 4.** Inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto', aos 0, 8 e 14 dias de conservação refrigerada a 5 ± 2 ° C.....32
- Figura 5.** Análise visual (A) e Perda de massa fresca (B) em inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto' e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. A linha contínua vermelha na Fig. 5 representa a nota limite para consumo e comercialização.....33
- Figura 6.** Teores de compostos fenólicos totais (mg de ácido gálico 100 g⁻¹ MF) (A), atividade da peroxidase – POD (μmol de Guaiacol. G MF⁻¹ min⁻¹) (B) e atividade da polifenoloxidase – PPO (μmol de catecol. gMF⁻¹ min⁻¹) (C) em inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto' e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. As letras representam diferença significativa entre os tratamentos, letras maiúsculas para os formatos e minúsculas para os dias de conservação.....34
- Figura 7.** Detecção de H₂O₂ por meio de infiltração a vácuo com DAB em raízes de inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto' aos 0, 6 e 12 dias de armazenamento a 5 ± 2 ° C. As fatias a esquerda foram coinfiltradas com DAB e o ascorbato antioxidante (controle), enquanto as fatias a direita foram infiltradas apenas com DAB.....36
- Figura 8.** Atividade da superóxido dismutase - SOD (U.A min⁻¹ g⁻¹ MF) (A) e atividade da catalase - CAT (μmol H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ MF) (B) em inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto' e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. As letras representam diferença significativa entre os tratamentos, letras maiúsculas para os formatos e minúsculas para os dias de conservação.....38

Figura 9. Capacidade de redução do DPPH (%) em inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. As letras representam diferença significativa entre os tratamentos, letras maiúsculas para os formatos e minúsculas para os dias de conservação.....39

Figura 10. Microfotografia mostrando a região superficial (0-5mm) de inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderma’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ no início e fim da conservação refrigerada. As imagens de A – H foram coradas com azul de toluidina para identificar as camadas de tecidos estruturais coradas, e as imagens de a-h foram coradas com lugol para mostra o conteúdo de amido. Observam-se câmbio organizado (C), parênquima amilífero (PA), câmbios adicionais (CA) e debris celulares (DC). Escala de 0,2 μ m.....40

Figura 11. Microfotografia do dia 0 da conservação refrigerada, mostrando: (A) tecidos presentes em inhame minimamente processado no formato ‘rodela com periderme’, e (B) tecidos presentes nos formatos não havia presença da periderme, ou seja, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’. Escala de 0,2 μ m.....41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhome minimamente processado no formato rodela com periderme.....	24
Tabela 2. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhome minimamente processado no formato rodela sem periderme.....	24
Tabela 3. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhome minimamente processado no formato cubo.....	25
Tabela 4. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhome minimamente processado no formato cateto.....	25
Tabela 5 Aparência visual de inhome minimamente processado nos formatos rodela com periderme; rodela sem periderme; cubo e cateto.....	30

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	18
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1. OBTENÇÃO DAS RAÍZES, PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO.....	21
2.2 ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA.....	23
2.3 ANÁLISE VISUAL.....	23
2.4 PERDA DE MASSA FRESCA (PMF).....	26
2.5 DANOS OXIDATIVOS E DEFESA E ANTIOXIDANTE.....	26
2.5.1 Determinação de Fenóis Solúveis Totais (FST).....	26
2.5.2 Extração e ensaio da atividade da Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD).....	27
2.5.3 Detecção de Peróxido de Hidrogênio (H ₂ O ₂).....	27
2.5.4 Extração e ensaio da atividade da superóxido dismutase (SOD) e da catalase (CAT).....	28
2.5.5 Determinação da capacidade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH (radical 2,2- difenil-1-picril-hidrazil).....	28
2.6 ANÁLISE ESTRUTURAL E HISTOQUÍMICA.....	29
2.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	30
3.RESULTADOS.....	30
3.1 ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA.....	30
3.2 ANÁLISE VISUAL E PERDA DE MASSA FRESCA.....	31
3.3 MUDANÇAS OXIDATIVAS E ANTIOXIDATIVAS.....	33
4.DISSCUSSÃO.....	42
5.CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma monocotiledônea pertencente à família Dioscoreaceae. Desde antes de Cristo existe relatos sobre sua domesticação na África Ocidental (OBIDIEGWU; AKPABIO, 2017). Atualmente, o continente africano é o principal produtor e consumidor de inhame no mundo, sua produção representa cerca de 97% da produção mundial (FAO, 2014), sendo a Nigéria responsável por cerca de 66% da produção global (FAO, 2014). Segundo a FAO (2014), depois do continente africano, a América do Sul se destaca como produtora de inhame, na qual o Brasil é responsável por 247.000 t/ano, a região Nordeste representa 34,778 t/ano desta produção, destacando-se como maior produtor regional o estado de Pernambuco com 15.806 t (IBGE, 2006).

Somado a isso, o inhame possui importância socioeconômica para as populações que o cultivam, bem como é rico em carboidratos, fibras, gorduras, proteínas e minerais dietéticos, sendo indicado para dietas saudáveis (BHANDARI, KASAI, KAWABATA, 2003). Representa uma das fontes nutricionais energéticas mais baratas e capazes de nutrir as populações dos países em desenvolvimento, o qual pode ser consumido cozido, frito, assado ou nas versões industrializadas sob a forma de farinha ou molho (ADEPOJU, BOYEJO, ADENIJI, 2018). No entanto, a cultura do inhame ainda é pouco valorizada e carente de apoio técnico, neste contexto surge a tecnologia de processamento mínimo, como uma forma de agregar valor ao inhame e expandir seu consumo e comercialização.

Processamento mínimo é uma técnica usada para frutas e hortaliças que além de levar praticidade para o consumidor, contribui para agregação de valor de produtos vegetais. Esta técnica consiste basicamente, nas etapas de seleção e classificação, descascamento, corte, sanitização, enxágue, drenagem, embalagem e armazenagem (ARTÉS; ALLENDE, 2014), dentre estas etapas, o corte que dá origem aos formatos é uma das etapas mais importante para que haja a aceitação do produto no mercado, já que a aparência do produto, é o primeiro passo para atrair o consumidor (CIVILLE; OFTEDAL, 2012), como estudado em raízes de mandioca (FONSECA et al., 2018). No qual o formato do corte poderia ser um atrativo adicional para sua comercialização, como é o caso de chips em batata-doce (COELHO JUNIOR et. al., 2018), cenouretes ‘baby carrots’ e catetinhos em cenouras (LANA et al., 2001) e ‘baby cassava’ em mandioca de mesa (FONSECA et al., 2018), entre outros.

O inhame escurece rapidamente após o corte, interferindo na sua qualidade (COELHO JÚNIOR et. al., 2019). O escurecimento parece ser mais intenso na região próxima ao ferimento e os sinais envolvidos na comunicação celular vai se propagando com o tempo para regiões mais distantes (SALTVEIT, 1997; COELHO JÚNIOR et. al., 2019). Esses eventos fisiológicos imediatos, ocasionados pelo corte, parece ser mediado primariamente pelo ATP, levando a uma sinalização secundária feita por Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), etileno e ácido jasmônico, em tecidos de cenoura e alface (SURJADINATA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2012; CISNEROS-ZEVALLOS et al., 2014; SALTVEIT, 2018) , no qual desencadeia mecanismos de proteção ao tecido, como o aumento do conteúdo fenólico e, conseqüentemente a capacidade antioxidante (REYES, CISNEROS-ZEVALLOS, 2003; REYES, VILLARREAL, CISNEROS-ZEVALLOS, 2007; RUIZ-CRUZ et al., 2007).

O aumento do conteúdo fenólico induz atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase que atuam na oxidação dos fenóis, tendo como produto as quinonas que se polimerizam e formam os pigmentos amarronzados responsáveis pelo escurecimento superficial (VAMOS-VIGYÁZÓ, 1981; MINIBAYEVA; BECKETT; KRANNER, 2015). Além disso, raízes minimamente processadas de cenoura e inhame sem periderme podem apresentar superfícies esbranquiçadas no armazenamento (SIMÕES et al., 2009; DONEGÁ et al., 2013). Enzimas antioxidantes como a Superóxido Dismutase (SOD) e a Catalase (CAT) parecem minimizar essas respostas, maximizando a detoxificação celular e conseqüentemente reduzindo o escurecimento em mandioca de mesa (XU et al., 2013.) e recentemente em inhame minimamente processado (COELHO et al., 2017).

As respostas do tecido ao ferimento, geralmente, ocorrem mais intensamente nas células próximas à lesão (SALTVEIT, 2002), como visto, também em inhame cortado, por Coelho et al. (2019). Sabe-se que em alface (SALTVEIT et al., 2018), cenoura (SURJADINATA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2012) e pitaya (LI et al., 2017) a intensidade do ferimento acelera as respostas fisiológicas subseqüentes que culminam em síntese transiente de compostos fenólicos, como também, no escurecimento. Embora que em mandioca de mesa, uma maior intensidade de ferimento feito por abrasão (retirando 5mm da superfície) o parênquima de reserva mais interno, não resultou em incrementos de compostos fenólicos, nem por enzimas envolvidas, como polifenoloxidase, peroxidase e as enzimas associadas a desintoxicação celular como superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase (FREIRE et al., 2015). Isso evidencia que em mandioca de mesa, as células parenquimáticas internas apesar de sofrerem mais danos por torneamento não

escurecem na mesma intensidade. A gravidade da lesão não aumentou a atividade de enzimas do metabolismo fenólico e detoxificação celular e conseqüentemente o escurecimento são tecidos-dependentes (FREIRE et al., 2015). Assim, em mandioca de mesa, um artifício tecnológico para minimizar escurecimento dessa raiz minimamente processada, é a retirada da superfície por abrasão, obtendo-se um formato alternativo denominado "rubiene" (FONSECA et al., 2018).

Entende-se com esses achados que as mudanças fisiológicas das células remanescentes não são dependentes apenas da intensidade do ferimento ou mesmo de sua proximidade com o ferimento, mas também da natureza da célula, seu metabolismo e função no tecido, também seja mais uma variante que influencie na atividade antioxidante das células remanescentes ao ferimento, como também foi sugerido por Saltveit et al. (2002). Nesse contexto, em mandioca de mesa, as respostas ao ferimento foram tecidos-dependente, e o parênquima de reserva são menos responsivos ao escurecimento, em relação à região mais superficial, mesmo com menor intensidade de ferimento (FREIRE et al., 2015), tornando o torneamento, uma tecnologia acessível e econômica para manter a qualidade de mandioca de mesa minimamente processada (FONSECA et al., 2018).

Em inhame minimamente processado no formato rodela, verificou-se que as respostas fisiológicas são mais evidentes nos tecidos mais próximos da ferida, e transmitidas com menos intensidade para os tecidos mais distantes (COELHO JÚNIOR et al., 2019). Além disso, o tipo de tecido ferido pode influenciar nas respostas fisiológicas, deste modo, o corte de inhame em diferentes formatos, pode resultar em suscetibilidade diferencial ao escurecimento, não apenas por intensidade de ferimento, mas também, por manter células de parênquima de reserva remanescentes na superfície dos formatos. Sendo assim, acredita-se que formatos oriundos de regiões mais internas escurecem menos, devido em parte, terem tecidos menos suscetíveis a respostas oxidativas e menor alteração no metabolismo fenólico.

Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar a aceitação sensorial e estudar o metabolismo oxidativo e sua caracterização histoquímico-anatômica de inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto'.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS RAÍZES, PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO

Raízes de inhame (*Dioscorea* spp.) foram adquiridas no município de Custódia, Pernambuco, Brasil e transportadas para a cozinha industrial da Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. As raízes foram selecionadas, pesadas, lavadas em água corrente e imersas em água fria a 8 ± 2 °C por 5 minutos. Em seguida, foram cortadas em rodelas de aproximadamente 2 cm de espessura para os formatos ‘rodela com periderme’ e ‘rodela sem periderme’, para este último formato acrescentou-se o descasque. Para os formatos ‘cubos’ e ‘catetos’, as rodelas foram cortadas com aproximadamente 3 cm de espessura e divididas em quatro partes para obtenção dos cubos. Os catetos oriundos dos cubos passaram por 50 segundos de torneamento (Fig. 1). Os pedaços foram imersos em água fria por 10 segundos, em soluções cloradas, em um primeiro enxágue a 200 mg L^{-1} de cloro ativo e em um segundo enxágue a 5 mg L^{-1} de cloro ativo, ambos, por 10 minutos. Em seguida, foram drenados por 10 minutos, embalados em Nylon multicamadas de $15 \mu\text{m}$ e mantidos em expositor refrigerado a 5 ± 2 °C por um período de 14 dias (Fig. 1).

As avaliações foram realizadas a cada dois dias durante a conservação refrigerada. As amostras foram coletadas da região superficial correspondente a 0-5 mm do tecido mais próximo do ferimento de todos os formatos (Fig.2), para a determinação de fenóis solúveis totais (FST); determinação da atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POD), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT); detecção de Peróxido de hidrogênio (H_2O_2); determinação da capacidade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH (radical 2,2- difenil-1-picril-hidrazil) e para a análise estrutural e histoquímica.

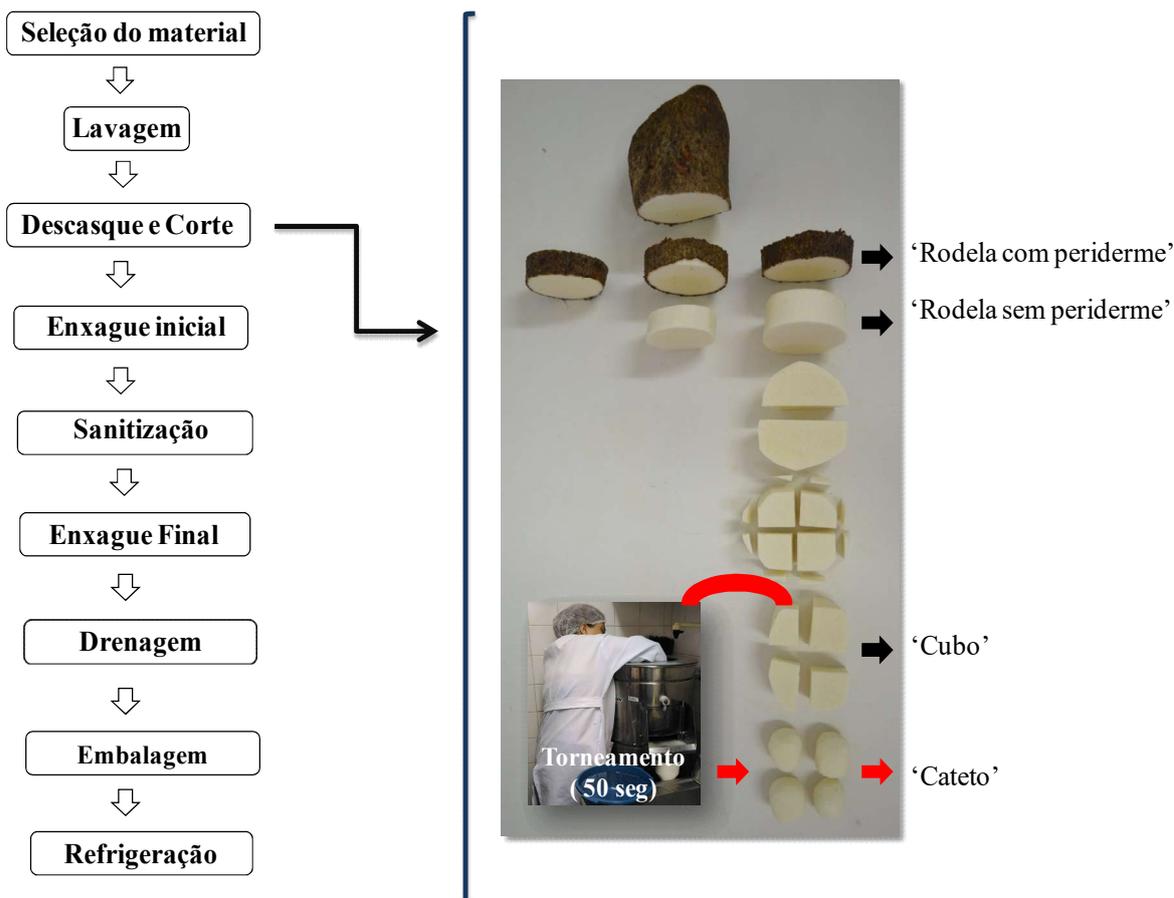


Figura 1: Fluxograma operacional do processamento mínimo de inhame nos formatos: ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’.

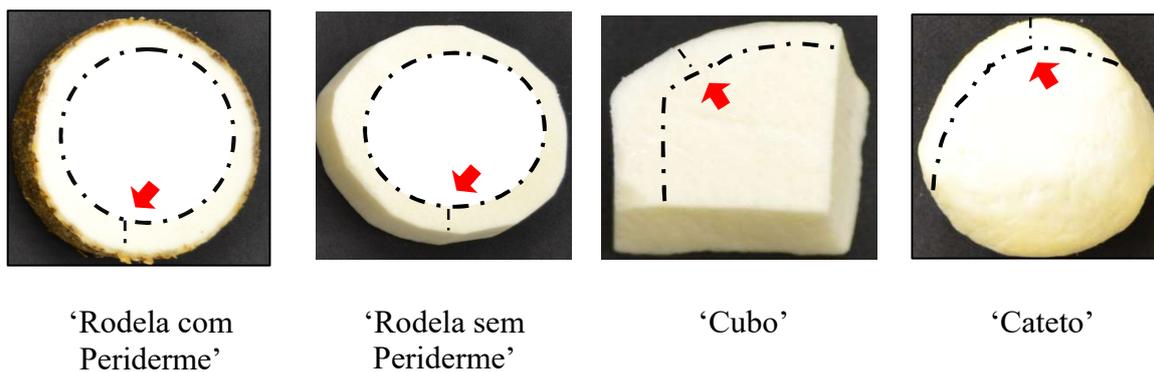


Figura 2. Coleta da região superficial (0-5 mm) de inhame minimamente processados nos formatos: ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’. As setas indicam a região amostrada. As linhas pontilhadas para fora indicam toda a região coletada.

2.2 ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA

A análise sensorial foi desenvolvida apenas para o item aparência, e realizada com 112 avaliadores não treinados, sendo estes, alunos e funcionários da própria Universidade.

As amostras foram identificadas com caracteres numéricos, de três dígitos de forma aleatória e expostas aos avaliadores em um recipiente contendo gelo para evitar o rápido escurecimento das raízes, acompanhadas de uma ficha de avaliação que por meio de uma escala hedônica estruturada de nove pontos: gostei muitíssimo (9), gostei muito (8), gostei regularmente (7), gostei ligeiramente (6), não gostei nem desgostei (5), desgostei ligeiramente (4), desgostei regular (3), desgostei muito (2), desgostei muitíssimo (1) (MEILGAARD et al., 1987), avaliou-se a aparência, e com uma pergunta referente a intenção de compra, verificou-se a aceitação e intenção de compra para cada um dos formatos de inhame minimamente processado.

2.3 ANÁLISE VISUAL

Foram elaboradas escalas do tipo Likert para cada um dos formatos, com cinco pontos de acordo com a intensidade da área escurecida e/ou esbranquecida (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

Tabela 1. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhame minimamente processado no formato rodela com periderme.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Rodela com superfície branca característica, sem nenhum indício de escurecimento, aparência e odor excelentes para o consumo e comercialização.
	4	Rodela com superfície branca e aparecimento de algumas estrias esbranquecidas, mas com aparência e odor excelentes para consumo e comercialização.
	3	Rodela com superfície branca, aumento da área esbranquecida e leve escurecimento. Limite de aceitação para o consumo e comercialização.
	2	Rodela com área superficial preenchida com estrias esbranquecidas, aumento da área escurecida, amolecimento próximo a região da periderme, ou seja, aparência imprópria para o consumo e comercialização.
	1	Rodela com superfície intensamente esbranquecida e/ou escurecida, além de odor alcoólico, totalmente imprópria para o consumo e comercialização.

Tabela 2. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhame minimamente processado no formato rodela sem periderme.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Rodela com superfície branca característica, sem nenhum indício de escurecimento, aparência e odor excelentes para o consumo e comercialização.
	4	Rodela com superfície branca e aparecimento de algumas estrias esbranquiçadas, mas com aparência e odor excelentes para consumo e comercialização.
	3	Rodela com superfície branca, aumento da área esbranquiçada e leve escurecimento. Limite de aceitação para o consumo e comercialização.
	2	Rodela com área superficial preenchida com estrias esbranquiçadas, leve escurecimento, porém com aparência imprópria para o consumo e comercialização.
	1	Rodela com superfície intensamente esbranquiçada e/ou escurecida, além de odor alcoólico, totalmente imprópria para o consumo e comercialização.

Tabela 3. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhame minimamente processado no formato cubo.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Cubo com superfície branca característica, sem nenhum indício de escurecimento, aparência e odor excelentes para o consumo e comercialização.
	4	Cubo com superfície branca e aparecimento de algumas estrias esbranquiçadas, mas com aparência e odor excelentes para consumo e comercialização.
	3	Cubo com superfície branca, aumento da área esbranquiçada e leve escurecimento. Limite de aceitação para o consumo e comercialização.
	2	Cubo com área superficial preenchida com estrias esbranquiçadas, leve escurecimento nas extremidades, porém com aparência imprópria para o consumo e comercialização.
	1	Cubo com superfície intensamente esbranquiçada e/ou escurecida, totalmente imprópria para o consumo e comercialização.

Tabela 4. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de inhame minimamente processado no formato cateto.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Cateto com superfície branca característica, sem nenhum indício de escurecimento, aparência e odor excelentes para o consumo e comercialização.
	4	Cateto com superfície branca e aparecimento de algumas estrias esbranquiçadas, mas com aparência e odor excelentes para consumo e comercialização.
	3	Cateto com superfície branca, aumento da área esbranquiçada e leve escurecimento. Limite de aceitação para o consumo e comercialização.
	2	Cateto com área superficial preenchida com estrias esbranquiçadas, leve escurecimento, porém com aparência imprópria para o consumo e comercialização.
	1	Cateto com superfície intensamente esbranquiçada e/ou escurecida, totalmente imprópria para o consumo e comercialização.

2.4 PERDA DE MASSA FRESCA (PMF)

A perda de massa fresca foi pesada a cada dois dias e calculada pela diferença entre a massa inicial do produto minimamente processado contido nas embalagens e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semi-analítica (Modelo ARD 110, Marca OHAUS Adventurer, fabricado em Parsippany-EUA).

$$PMF = [(MFI-MFF) / MFI] \times 100$$

Sendo:

PMF = Perda de massa fresca, %

MFI = Massa fresca inicial, g

MFF = Massa fresca final, g

2.5 MEDIDAS SOBRE METABOLISMO OXIDATIVO

2.5.1 Determinação de Fenóis Solúveis Totais (FST)

Foi realizado de acordo com método de Reyes, Villarreal, Cisneros-Zevallos (2007) com adaptações. 0,3 g de regiões superficiais (0-5 mm) do tecido foram maceradas em almofariz contendo 1,5 mL de metanol puro. Em seguida, as amostras permaneceram em repouso por 20 horas no escuro a 4 °C. Após esse período, foram centrifugadas a 10.000 x g a 2 °C por 21 minutos.

O ensaio foi realizado com a utilização de 150 µL do extrato 2.400 µL de água destilada e 150 µL de Folin Cioucauteu (0,25 M). A mistura foi homogeneizada, por 3 minutos, e em seguida foram adicionados 300 µL de carbonato de sódio (1 M), mantidos no escuro em temperatura ambiente por 2 horas. O branco foi feito com 150 µL de metanol substituindo o sobrenadante.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Modelo libra S8, Biochrom, fabricado em Cambridge, Inglaterra) a 725 nm e os resultados expressos em mg equivalente a de Ácido Gálico 100 g⁻¹ MF, quantificados com base em curva-padrão de Ácido Gálico.

2.5.2 Extração e ensaio da atividade da Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD)

A determinação da atividade das enzimas PPO e POD foram realizadas de acordo com Simões et al., (2015), com adaptações. Uma amostra de 0,25 g da região superficial (0-5 mm) do tecido foi homogeneizada em 1,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,2 M (pH 6,0). O extrato foi centrifugado a 7.960 x g por 23 minutos a 4°C.

O ensaio da PPO foi determinado pela adição de 40 µL do sobrenadante ao meio de reação, contendo 1,5 mL de tampão de fosfato 0,2 M (pH 6,0) e 1,3 mL de catecol (0,2 M). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Modelo libra S8, Biochrom, fabricado em Cambridge, Inglaterra) a 425 nm, a uma temperatura de 25 °C, por dois minutos. A atividade da PPO foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 3,4 mM cm⁻¹ para catecol e expressa em µmol de catecol min⁻¹ g⁻¹ MF.

O ensaio da POD foi determinado pela adição de 150 µL do sobrenadante ao meio de reação contendo 1 mL de tampão fosfato de potássio 0,2 M (pH 6,0), 100 µL de guaiacol (0,5%) e 100 µL de peróxido de hidrogênio (0,08%). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (Modelo libra S8, Biochrom, fabricado em Cambridge, Inglaterra) a 470 nm, a 30 °C, por três minutos. A atividade da POD foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 26,6 mM cm⁻¹ para guaiacol, e expressa em µmol de guaiacol min⁻¹ g⁻¹ MF.

2.5.3 Detecção de Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂)

O H₂O₂ foi detectado histoquimicamente pelo método de infiltração a vácuo com 3,3 Diaminobenzidina Tetrahydrocloro (DAB), adaptado de Vallélian-Bindschedler et al. (1998). Pedacos de iname abrangendo aproximadamente 0-5 mm da região superficial do tecido ferido foram infiltradas a vácuo, a -25 Ba, por 5 horas no escuro. Logo após, passaram por lavagem corrente em hipoclorito de sódio, e em aproximadamente 1 min, as amostras foram registradas em câmera digital semi-profissional modelo Nykon D3100 (14,2 megapixels). As amostras controle foram infiltradas com ácido ascorbato (1 mM).

2.5.4 Extração e ensaio da atividade da superóxido dismutase (SOD) e da catalase (CAT)

Foi homogeneizado 0,12 g do tecido (0-5 mm) da região superficial em 2 mL de tampão fosfato de sódio 0,1 M (pH 7,0). O extrato foi centrifugado a 7.960 x g por 23 minutos a 4 °C, adaptada de Giannopolitis; Ries (1977).

A atividade da SOD foi determinada como descrito por Shi et al. (2007), com adaptações. Aliquotas de 100 µL do sobrenadante foram adicionadas a 1.660 µl de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,8) contendo (1 µM EDTA e 13 mM de metionina), 40 µL de riboflavina 1mM e 200 µl de Nitro blue tetrazolium chloride (NBT) a 750 µM.

A reação foi realizada em câmara clara, permanecendo sob incidência de luz (lâmpada fluorescente de 25 W) por seis minutos. As leituras foram feitas a 560 nm. A atividade foi determinada com base na inibição da redução de NBT, definindo-se uma unidade de atividade como a quantidade da enzima necessária para inibir 50 % da fotorredução (BEAUCHAMP; FRIDOVICH, 1971). A atividade foi expressa em U.A min⁻¹ g⁻¹ MF.

O ensaio da CAT foi determinado de acordo com Pukacka; Ratajczar (2005). Aliquotas de 300 µL do sobrenadante foram adicionadas a 2,7 mL de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,0), contendo H₂O₂ (20 mM). A reação ocorreu a 30°C e foi acompanhado pelo decaimento da absorbância a 240 nm durante três minutos, com leituras sucessivas a cada 30 segundos.

A atividade da catalase foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 36 M⁻¹ cm⁻¹ para o H₂O₂, e expressa em µmol H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ MF.

2.5.5 Determinação da capacidade antioxidante pelo sequestro do radical DPPH (radical 2,2- difenil-1-picril-hidrazil)

A capacidade antioxidante foi determinada usando o radical DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl) de acordo com Brand-Williams et al. (1995), os resultados foram convertidos em porcentagem da capacidade antioxidante. 500 miligramas das amostras frescas das foram pesadas e adicionados em tubos com 10 ml de metanol (80%), permaneceram em repouso por 72 horas, em seguida foram incubadas por 5 minutos no banho ultrassônico (Lavadora ultrassônica, Eco-sonics, fabricado em Indaiatuba-SP, Brasil). As amostras foram centrifugadas a 9000 g por 21 minutos a 5 ° C. Utilizou-se 640 µL da solução de solução de DPPH (0,064 mg/mL), 1240 µL de etanol (96%), 70

μL do sobrenadante e 50 μL de DMSO (Dimetilsulfóxido). Para controle, foi adicionado 640 μL da solução de DPPH, 1240 μL de etanol (96%), 70 μL de metanol (80%) e 50 μL de DMSO.

As leituras foram feitas após 30 minutos de reação em espectrofotômetro (Modelo libra S8, Biochrom, fabricado em Cambridge, Inglaterra), a 517 nm, a 25 °C. O decaimento da absorbância das amostras resultou na porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL), que pode ser expressa por meio da equação:

$$\% \text{inibição} = \frac{(\text{Abs Controle DPPH} - \text{Abs amostra}) \times 100}{\text{Abs Controle DPPH}}$$

2.6 ANÁLISE ESTRUTURAL E HISTOQUÍMICA

As avaliações anatômicas foram realizadas com amostras de iname minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’, coletadas da região superficial (0-5 mm) de cada formato, no início e fim da conservação refrigerada.

As amostras foram fixadas em FAA₅₀ (formaldeído, ácido acético glacial, etanol 50%, 5:5:18, v/v) por 72 horas e mantidas em etanol 70%, com adaptações de Johansen (1940). As mesmas foram incluídas em historresina seguindo o protocolo do fabricante (Leica Historesin®). As amostras emblocadas foram seccionadas em cortes transversais (5 μm de espessura) em micrótomo rotativo (Modelo CUT 5062, Marca SLEE, fabricado em Mainz, Alemanha)

Para a análise estrutural os cortes foram corados em solução de azul de toluidiana, no qual o processo durou 20 min (O’ BRIEN et al., 1964) e as lâminas foram montadas em Permout. Para detecção da presença de amido, os cortes foram corados em lugol, por 5 min.

As observações foram realizadas em fotomicroscópio (Modelo DM 500, Marca LEICA, fabricado em Wetzlar, Alemanha) equipado com câmera digital, e o registro fotográfico foi realizado através do programa LAS EZ.

2.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial, correspondente a quatro formatos ('rodela com periderme', 'rodela sem periderme', 'cubo' e 'cateto') e oito dias de avaliações (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias, com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por uma embalagem contendo aproximadamente 150 g de inhame minimamente processado. A análise sensorial foi realizada no dia 0 e a detecção de H₂O₂ aos 0, 6 e 12 dias. A análise estrutural e histoquímica realizada no início e fim da conservação.

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade, análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do *software* R x 64 3.4.0. Os gráficos e desvio padrão foram feitos utilizando o *software* Sigma Plot versão 12.0.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA

O formato 'rodela sem periderme' foi o que apresentou maior aceitação, enquanto que os demais formatos não tiveram diferença significativa entre eles (Tab. 5). Em relação à intenção de compra, os formatos que obtiveram maiores percentuais, foram a 'rodela sem periderme' e o 'cateto', com 34 e 28%, respectivamente (Fig.3).

Tabela 5. Aparência visual de inhame minimamente processado nos formatos 'rodela com periderme'; 'rodela sem periderme'; 'cubo' e 'cateto'.

Formatos	Aparência
Rodela sem periderme	7.7 a
Rodela com periderme	6.8 b
Cubo	7.1 b
Cateto	7.0 b

*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

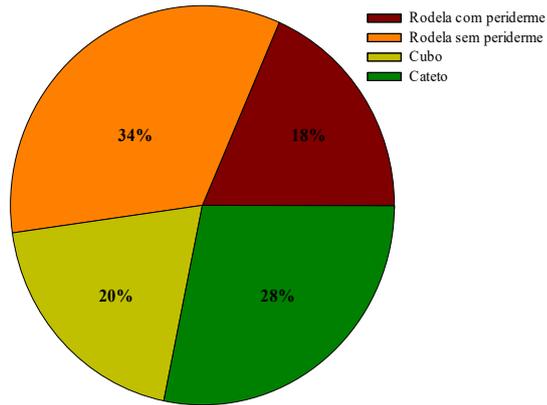


Figura 3. Intenção de compra (%) para inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’; ‘rodela sem periderme’; ‘cubo’ e ‘cateto’.

3.2. ANÁLISE VISUAL E PERDA DE MASSA FRESCA

Durante a conservação refrigerada, o escurecimento aumentou em todos os formatos de inhame (Fig. 4), resultando em redução nos valores da análise visual (Fig. 5A). Os formatos ‘rodela sem periderme’ e ‘cateto’ apresentaram notas iguais ou superior a 3 até os 12 dias (Fig. 5A), nota considerada limite de aceitação para o consumo (Fig. 4 e 5A). O formato ‘cubo’ apresentou notas acima ou igual a três até 10 dias e o formato ‘rodela com periderme’ até os 8 dias (Fig. 5A).

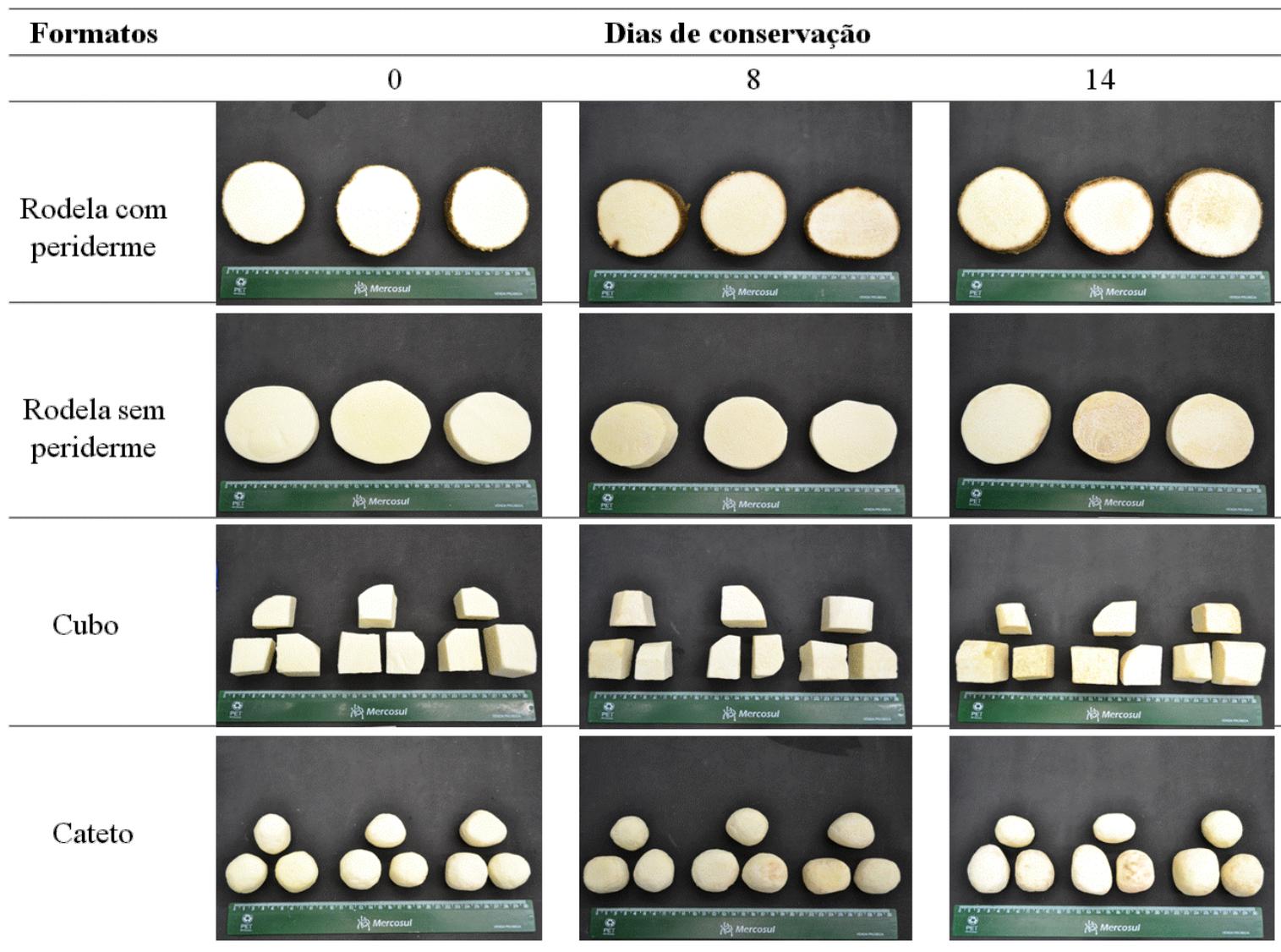


Figura 4. Inhamo minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’, aos 0, 8 e 14 dias de conservação refrigerada a 5 ± 2 ° C.

A perda de massa fresca foi mínima para todos os formatos, principalmente para os formatos ‘rodela sem periderme’ e ‘cateto’, no qual aos 12 dias de conservação perderam apenas 0,12 e 0,19% de massa fresca, respectivamente.(Fig. 5B).

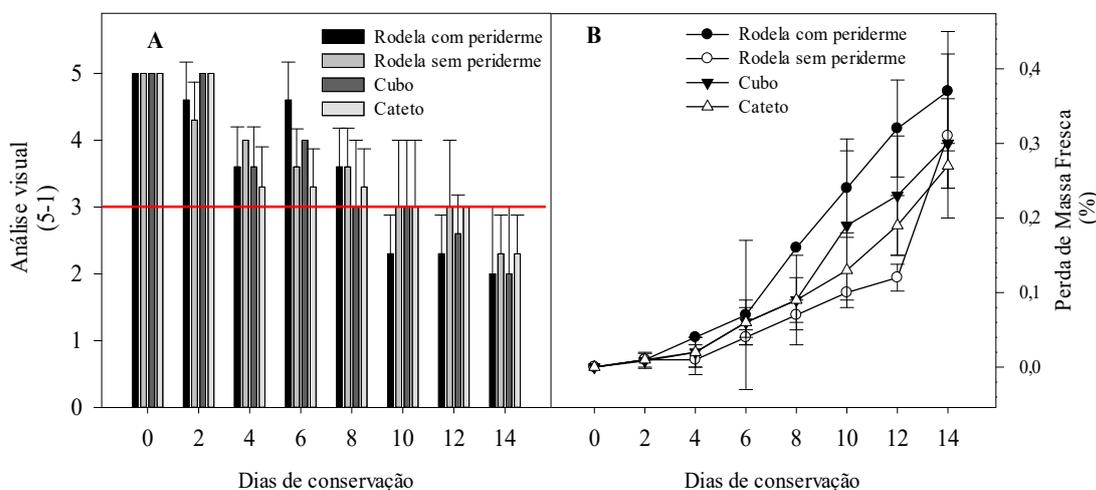


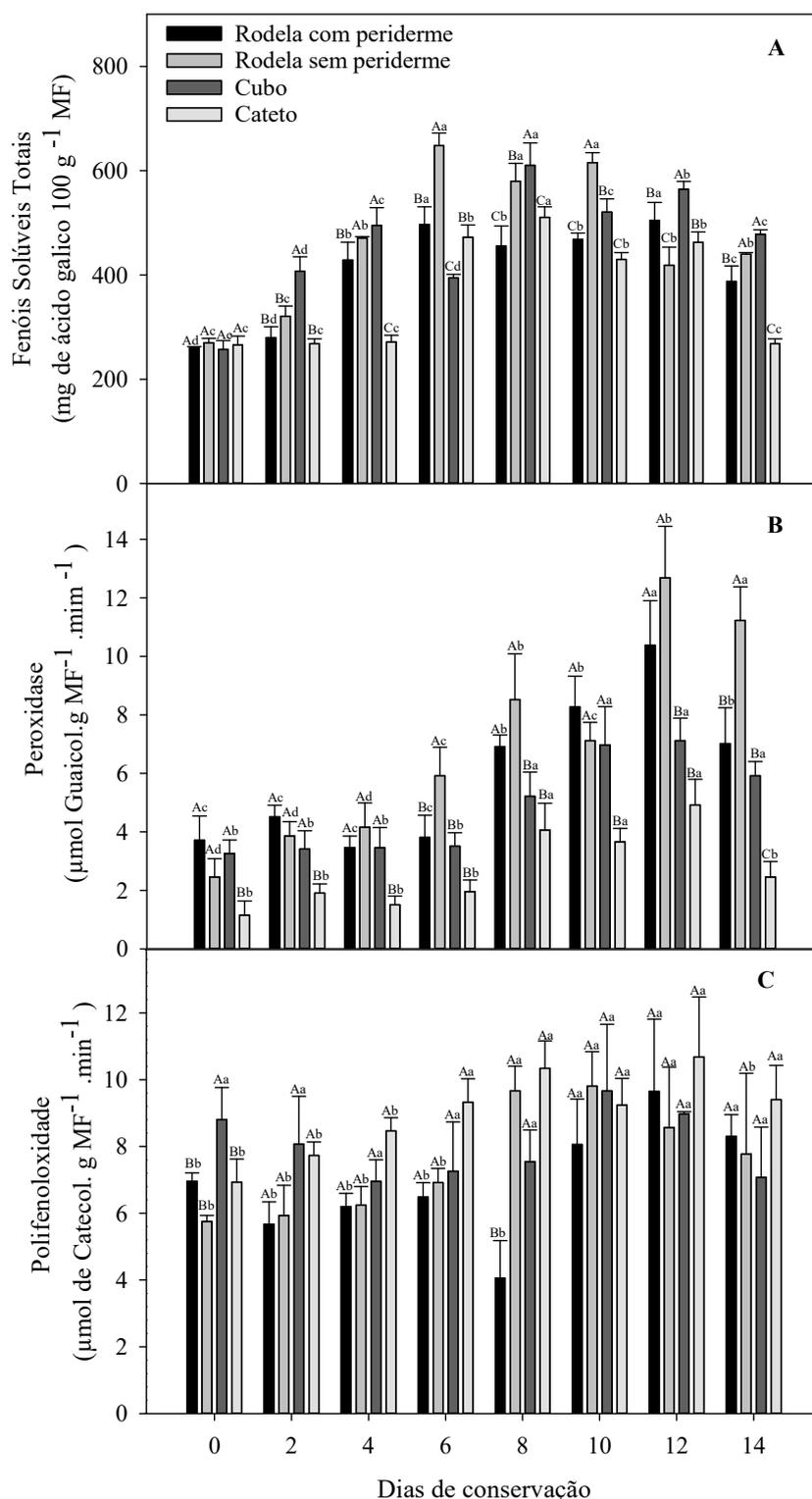
Figura 5. Análise visual (A) e Perda de massa fresca (B) em inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. A linha contínua vermelha na Fig. 5 representa a nota limite para consumo e comercialização.

3.3 DANOS OXIDATIVOS E DEFESA E ANTIOXIDANTE

Observou-se que no dia 0 os teores de fenóis solúveis totais não apresentaram diferença significativa entre os formatos (Fig. 6A). Com o passar do tempo, verificou-se um aumento transiente nos compostos fenólicos para todos os formatos, com comportamento parabólico (Fig. 6A). De forma que durante a conservação, houve incremento até os 10 dias, sendo que ‘rodela com periderme’ e o ‘cateto’ foram os formatos que menos incrementaram (Fig. 6A).

A atividade da POD aumentou gradativamente até os 12 dias de conservação para todos os formatos, de modo que, os formatos rodela com ou sem periderme, apresentaram os maiores incrementos em relação aos demais formatos, 20,5 e 20,7%, respectivamente (Fig. 6B). Por outro lado, os menores incrementos foram para os formatos ‘cubo’ e ‘cateto’, 14,5 e 4,3%, respectivamente (Fig. 6B).

A atividade da PPO apresentou diferença significativa para o formato ‘cubo’ no dia 0, quando comparado com demais formatos. Já no decorrer na conservação verificou-se até os 12 dias, um aumento da atividade da PPO para todos os formatos, não havendo diferença significativa entre eles (Fig. C).



Amostras mais escurecida quando comparadas com o tratamento controle indicam a presença de H_2O_2 em todos os formatos, (Fig. 7). Deste modo, o formato 'rodela com periderme' apresentou maior presença de H_2O_2 no dia 0 e reduziu ao longo da conservação (Fig. 8). Enquanto que os formatos 'rodela sem periderme' e 'cubo' incrementaram aos 6 dias de conservação e aparentemente houve uma redução do H_2O_2 aos 12 dias, já o formato 'cateto' aumentou ao longo da Conservação (Fig.7) .

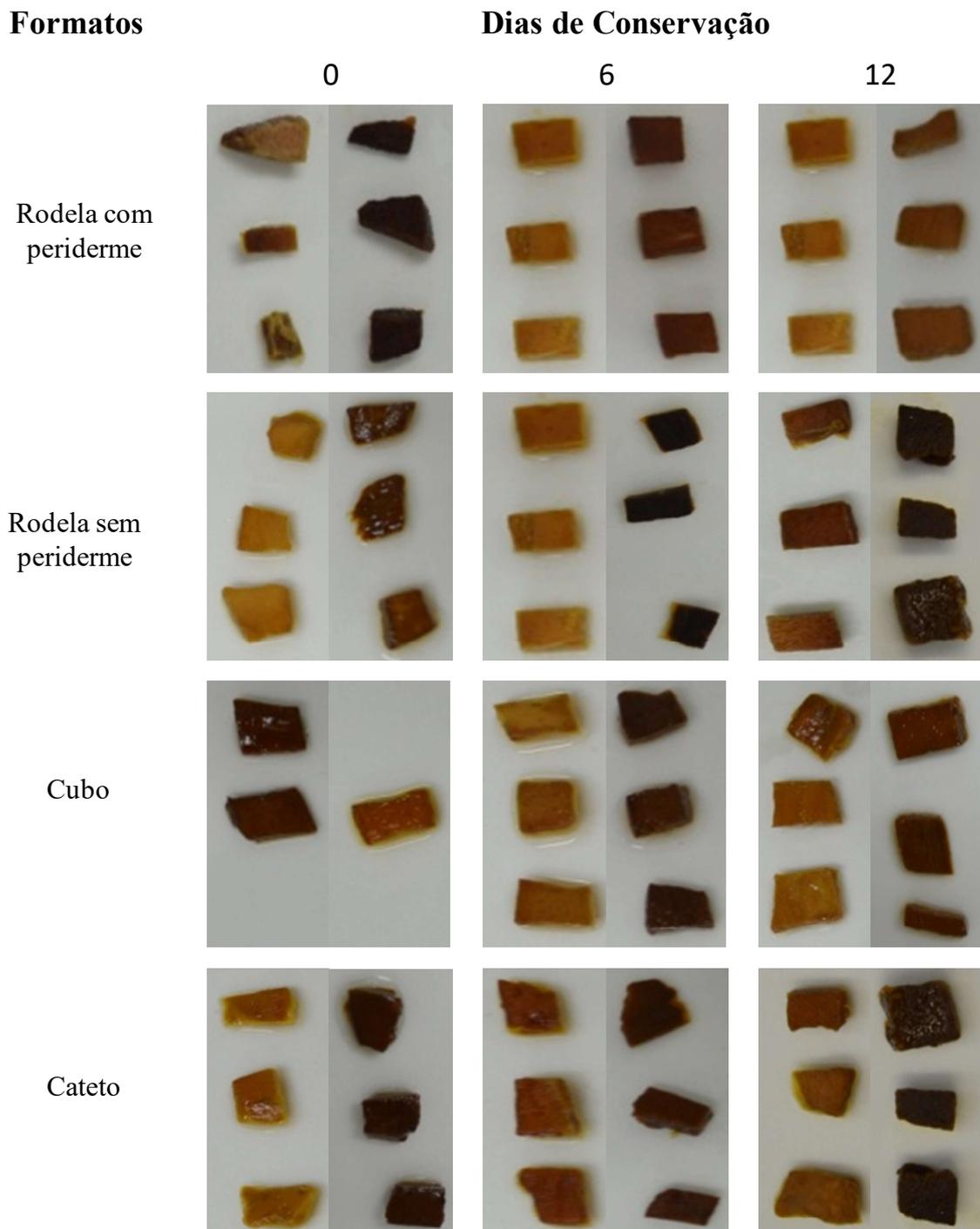


Figura 7. Detecção de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), por meio de infiltração a vácuo com Diaminobenzidina Tetrahidrocloro (DAB) em raízes de inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ aos 0, 6 e 12 dias de armazenamento a 5 ± 2 °C. As fatias a esquerda foram coinfiltradas com DAB e o ascorbato antioxidante (controle), enquanto as fatias a direita foram infiltradas apenas com DAB.

No dia 0, os formatos ‘rodela com periderme’ e ‘cateto’ obtiveram maiores atividades da SOD, quando comparados com os demais formatos (Fig. 8A). A ‘rodela com periderme’ permaneceu com esse comportamento até o 6º dia de conservação. Entre os dias 4 e 8, o formato ‘cubo’ apresentou incrementos significativos (Fig. 8A).

Nos dias 0 e 2, a atividade da CAT não apresentou diferença significativa entre formatos (Fig. 8B). No dia 4, a atividade do formato ‘cubo’ foi alta diferenciando-se significativamente dos demais formatos. Durante a conservação, observou-se que os formatos ‘rodela com periderme’ e ‘cateto’ reduziram a atividade em relação aos demais formatos (Fig. 8B).

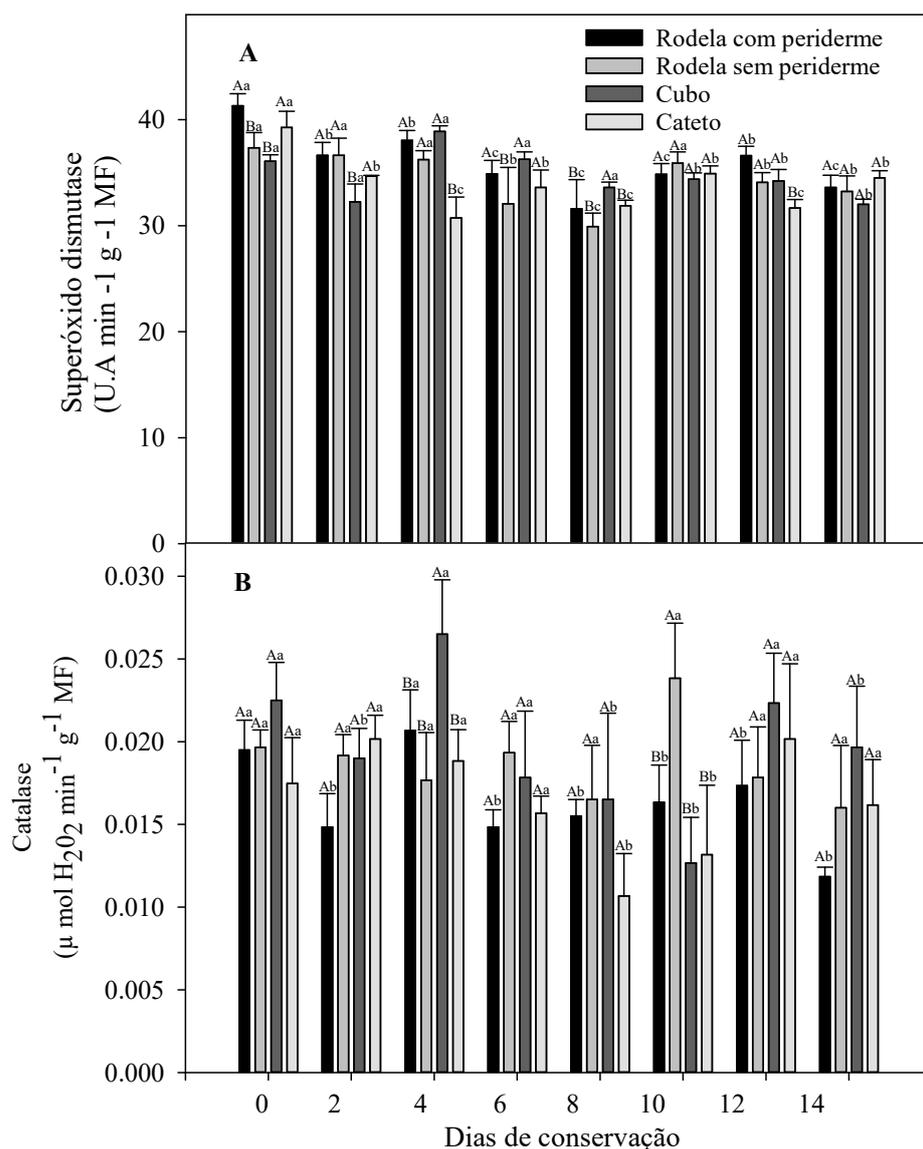


Figura 8. Atividade da superóxido dismutase - SOD (U.A min⁻¹ g⁻¹ MF) (A) e atividade da catalase - CAT (μmol H₂O₂ min⁻¹ g⁻¹ MF) (B) em inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. As letras representam diferença significativa entre os tratamentos, letras maiúsculas para os formatos e minúsculas para os dias de conservação.

No dia 0, o formato ‘rodela com periderme’ apresentou menor capacidade antioxidante em relação aos demais formatos, no entanto apresentaram incrementos significativos do 4° ao 10° dia (Fig. 9). Até os 12 dias de conservação verificou-se que o formato ‘cateto’ mesmo não apresentando diferença estatística, tendeu a incrementar mais que os demais formatos (Fig. 9). Depois dos 10 dias a capacidade antioxidante tendeu a diminuir para todos os formatos (Fig. 9).

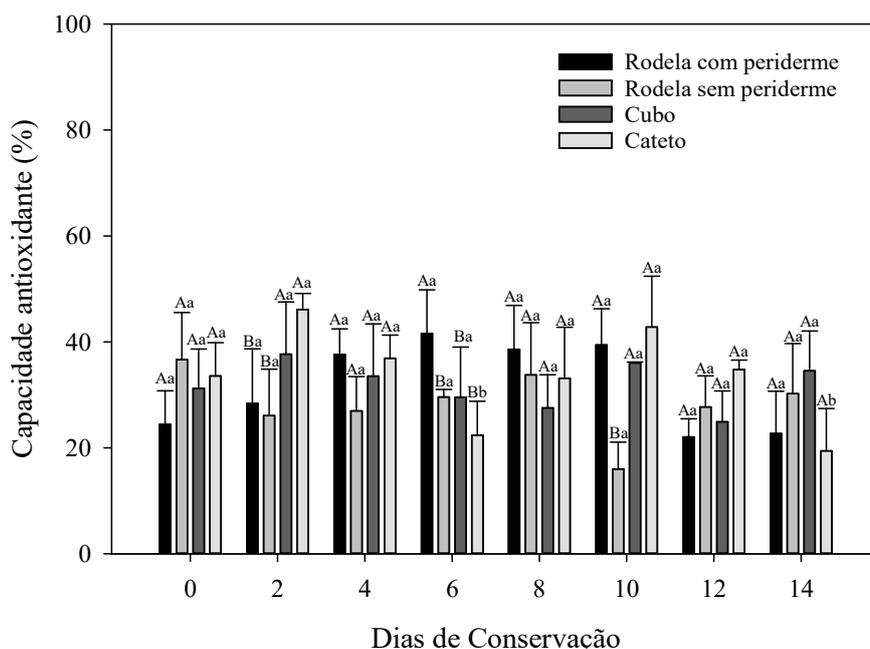


Figura 9. Capacidade de redução do DPPH (%) em inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderme’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ e mantidos armazenados a 5 ± 2 ° C por 14 dias. As barras representam o erro padrão da média. As letras representam diferença significativa entre os tratamentos, letras maiúsculas para os formatos e minúsculas para os dias de conservação.

Por meio do corte transversal na região superficial (0-5 mm), foi possível observar diferenças teciduais entre os formatos de inhame minimamente processado (Fig. 10). O formato ‘rodela com periderme’ apresenta camadas de suberina, feloderme, e câmbio organizado com floema e xilema, células de parênquima amilífero, e entre as células de parênquima amilífero há alguns câmbios adicionais desorganizados (Fig. 10). Este rearranjo ocorre tanto no início como fim da conservação (Fig. 10).

Observou-se que com a retirada da periderme, os formatos ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’, possuem apenas células de parênquima amilífero (Fig. 11) e alguns câmbios adicionais que são formados com floema e xilema desorganizados (Fig. 11).

Todos os formatos apresentam algumas rupturas celulares na superfície da região cortada ou torneada. Entretanto, ao final da conservação, o único formato que se diferenciou estruturalmente foi o ‘cateto’ que devido o torneamento verificou-se o acúmulo de restos de células, que compõem o tecido, denominadas *debris* celulares (Fig. 10H).

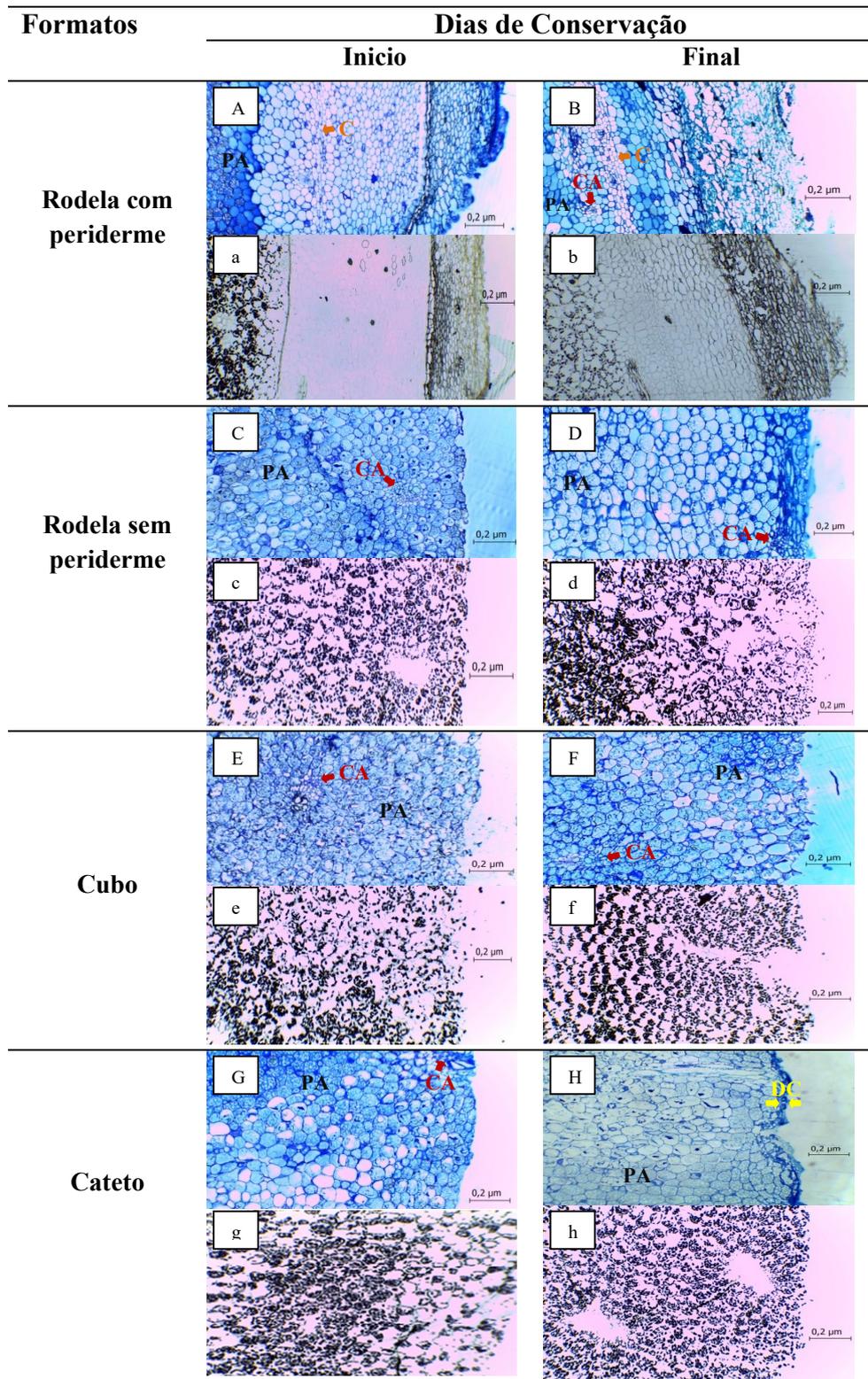


Figura 10. Microfotografia mostrando a região superficial (0-5mm) de inhame minimamente processado nos formatos ‘rodela com periderma’, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’ no início e fim da conservação refrigerada. As imagens de A – H foram coradas com azul de toluidina para identificar as camadas de tecidos estruturais coradas, e as imagens de a-h foram coradas com lugol para mostra o conteúdo de amido. Observam-se câmbio organizado (C), parênquima amilífero (PA), câmbios adicionais (CA) e debris celulares (DC). Escala de 0,2 µm.

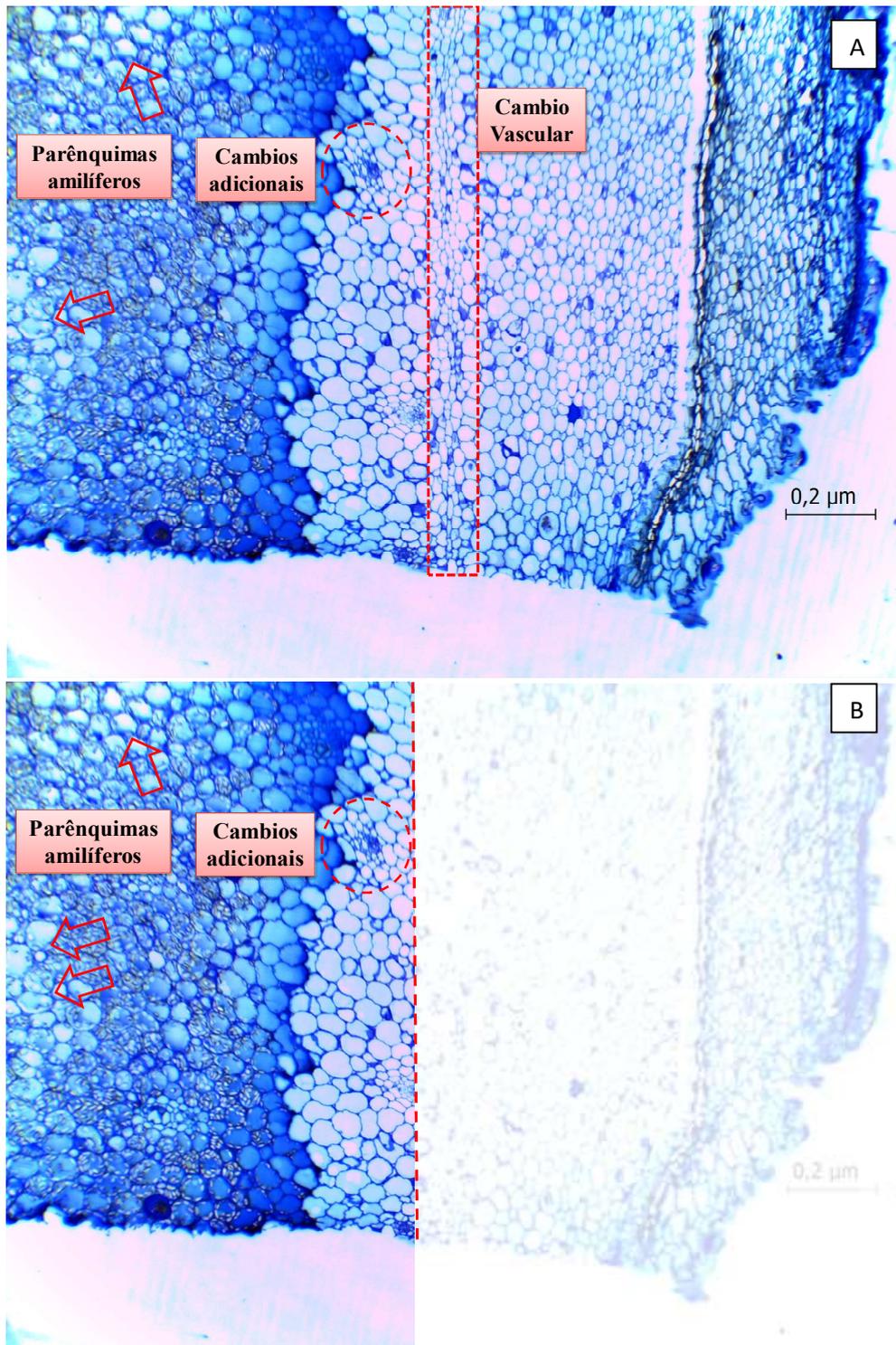


Figura 11. Microfotografia do dia 0 da conservação refrigerada, mostrando: (A) tecidos presentes em inhame minimamente processado no formato ‘rodela com periderme’, e (B) tecidos presentes nos formatos não havia presença da periderme, ou seja, ‘rodela sem periderme’, ‘cubo’ e ‘cateto’. Escala de 0,2 μm.

4 DISCUSSÃO

Formatos de raízes minimamente processadas podem tornar-se um diferencial para a intenção de compra por parte de consumidores (FONSECA et al., 2018). Além disso, os formatos nos quais se intensificam o corte também podem tornar uma raiz de cenoura e um fruto de pitaya mais suscetível a mudanças no metabolismo fenólico e oxidativo (SURJADINATA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2012; LI et al., 2017).

No presente estudo, avaliou-se do ponto de vista sensorial, mudanças bioquímico-fisiológicas e anatômico-estrutural de raízes de inhame em várias formas de apresentação minimamente processada: com periderme, sem periderme (rodela e cubo) e pedaços torneados (cateto). Com exceção do 'cateto', no qual os pedaços foram submetidos ao tornamento (abrasão da superfície) submetendo o tecido a uma maior intensidade de danos mecânicos, os demais formatos foram obtidos com uso de facas afiadas.

Observou-se que os formatos estudados influenciaram na aceitação e intenção de compra, tendo o formato 'rodela sem periderme' mais aceito e com maior intenção de compra, seguido do formato 'cateto' (Tab. 5, Fig. 3). A principal diferença na elaboração destes formatos é que no formato 'cateto', os pedaços passam por abrasão, enquanto na rodela não (Fig. 1). Alguns avaliadores relataram "Maior facilidade durante o preparo, é um ótimo ponto para quem estuda e não tem muito tempo para cozinhar"; "A ideia de se colocar um inhame mais arredondado no mercado é uma ótima forma de atrair o olhar das crianças para produtos saudáveis. Entretanto o corte tradicional sem casca é de certa forma mais atrativo"; "Creio que o 481 (cateto) está mais atrativo a ser empacotado e vendido num mercado", "A rodela sem casca é mais bonita do que a com casca. As bolinhas servem para acompanhamento de aperitivos"; "Pode tornar-se agradável em aparência para crianças", dentre outros comentários. Estes últimos comentários corroboram com os objetivos de Lana et al. (2001), ao desenvolverem os formatos 'cenouretes' e 'catetinhos' em cenouras, no qual visaram além de atender consumidores infantis, donas de casa dos grandes centros urbanos brasileiros, restaurantes e contribuir para a cadeia produtiva da cultura.

Constatou-se que a 'rodela com periderme', foi o formato que escureceu mais rápido, conseqüentemente, atingindo notas abaixo do limite comercial (nota 3) aos 10 dias, os formatos 'cateto' e 'rodela sem periderme' foram os que mais demoraram a escurecer, atingindo as maiores notas aos 12 dias (Fig. 5A), corroborando com o tempo

de vida útil observado em inhame minimamente processado no formato 'rodela sem periderme', sob as mesmas condições de armazenamento (COELHO JÚNIOR et al., 2019).

A perda de massa fresca foi mínima para todos os formatos, entretanto percebeu-se que os formatos 'rodela sem periderme' e 'cateto' foram os que perderam menos, não chegando nem a 0,2 %. Possivelmente, esse resultado contribuiu para o prolongamento do seu tempo de vida útil, pois se desidrataram menos, conseqüentemente houve menos deposição de amido na superfície que resulta no esbranquecimento superficial (DONEGÁ et al., 2013), que assim como o escurecimento compromete sua qualidade visual.

Sabe-se que o ferimento causado pelo corte desencadeia uma sinalização químico-física entre as células remanescentes, algumas conhecidas e outras não, que resultam em respostas fisiológicas subseqüentes (KANG; SALTVEIT, 2003; SALTVEIT, 2004), as quais ao longo do tempo parecem se propagar em áreas adjacentes ao tecido ferido (SALTVEIT, 1997).

No presente estudo, o ferimento foi produzido pelo corte com facas afiadas e com torneamento, no qual os danos são bem mais intensos (Fig. 1). O perfil dos fenóis totais aumentaram de forma transiente durante os 12 dias estudados (Fig. 6A), de forma que a 'rodela com periderme' e o 'cateto' apresentaram as menores variações 0,5 e 0,1 vezes em relação ao início, respectivamente (Fig. 6A). Enquanto que as 'rodelas sem periderme' e 'cubo' apresentaram os maiores incrementos 0,6 e 0,8 vezes, respectivamente (Fig. 6A). Os processos envolvendo síntese de compostos fenólicos solúveis totais estão maiores em relação aos processos envolvendo oxidação e/ou uso desses compostos (REYES; VILLARREAL; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007), possivelmente, durante a conservação houve a síntese tanto de substâncias pigmentadas responsáveis pelo escurecimento (TOIVONEN; BRUMMELL et al., 2008), como de outras substâncias fenólicas. Verificou-se ainda que esse incremento foi estendido entre 10 dias para 'rodelas sem periderme', 8 dias para 'cubo' e 'cateto' e 12 dias para 'rodela com periderme', indicando que no formato 'rodela com periderme' as mudanças foram estáveis. Além disso, observou-se notas maiores de aparência visual por até 12 dias para o formato 'cateto' (Fig. 5A), no qual é o formato que teve maior dano físico, devido o torneamento, indicando que as células mais internas das raízes foram menos responsivas às mudanças no metabolismo fenólico. Isso resultou em menor escurecimento, como também observado em raízes de mandioca de mesa (FREIRE et al., 2015).

O escurecimento trata-se de pigmentos amarronzados oriundos da atividade das enzimas PPO e POD no processo de oxidação de fenóis (TOIVONEN; BRUMMELL et al., 2008). Em relação a atividade da PPO, observou-se que no dia 0, o formato ‘cubo’ apresentou atividades mais altas, possivelmente, porque embora esse formato não tenha sido torneado, foi o que mais sofreu dano oriundo de faca afiada, como já observado em cenouras (SURJADINATA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2012), no decorrer da conservação houve um aumento da atividade dessa enzima para todos os formatos. Já a POD seguiu comportamento similar aos compostos fenólicos, corroborando com a qualidade visual (Fig. 5A), em que o formato ‘cateto’ incrementou menos e os formatos rodela com e sem periderme incrementaram mais (Fig. 6B).

O corte que dá origem aos formatos causa injúria física que leva ao estresse oxidativo, ou seja, a produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) na célula (FREIRE et al., 2015). As EROs, além de intoxicar e causar a morte celular, agem como moléculas sinalizadoras, exercendo um papel fundamental desencadeador de transdução de sinal dentro da célula (JACOMO-VELASQUER et al., 2011), induzindo a produção de enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) (CISNEROS-ZEVALLOS, 2014). É conhecido o papel das EROs na indução do metabolismo dos fenilpropanóides em cenoura (JACOMO-VELASQUER et al., 2011).

No presente trabalho, foi realizado a detecção de H_2O_2 por um método histoquímico com infiltração com DAB e ascorbato (controle) (Fig. 7). Verificou-se que a infiltração do DAB no ‘cateto’ foi marcante pela coloração escura das amostras, em relação as amostras de ‘rodela com periderme’ (Fig. 7). Isso foi acompanhado com menor atividade da POD para o ‘cateto’ (Fig. 6 B), evidenciando que a POD foi uma das enzimas atuantes na detoxificação por H_2O_2 (MINIBAYEVA; BECKETT; KRANNER, 2015). Embora que a CAT também tenha apresentando atividade baixa no ‘cateto’ em alguns tempos de conservação (Fig. 8 B).

A POD e a CAT utilizam H_2O_2 para suas reações oxidativas, verificou-se que a atividade da POD em inhame é em média 400 vezes mais alta que a da CAT (Fig. 6 B; 8 B). Possivelmente, por ela está presente em vários compartimentos celulares, como parede celular, citosol e organelas (TOIVONEN; BRUMMELL et al., 2008).

Nos formatos que foram retirados a periderme, principalmente o ‘cateto’ que teve maior dano devido o torneamento, a atividade da POD e SOD estavam mais baixas até 8 dias (Fig. 6 B; Fig. 8 A), conseqüentemente as detecções de H_2O_2 pareceram

maior, pedaços mais escuros no início da conservação (Fig. 7). A diferença nas células expostas do inhame minimamente processado no formato ‘rodela com periderme’ e ‘cateto’ são os tipos de tecidos coletados, no formato ‘rodela com periderme’ há tecido peridérmico (felogênio e feloderme) (Fig. 10 A) que são compostos por células de maior atividade metabólica em relação as regiões internas (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; HAYASHI, 2006), no qual acumula amido no parênquima de reserva (Fig. 10 B). Essa diferença funcional entre essas células, bem como maiores resultados das defesas antioxidantes podem explicar, em parte, o tempo de vida útil e atividades enzimáticas dos diferentes formatos com e sem periderme, bem como pode ter contribuído para o prolongamento em 12 dias com qualidade.

Por outro lado, no formato ‘cateto’, as células superficiais amostradas, correspondem monitoriamente a parênquima de reserva (Fig. 9), células com menor atividade da POD e SOD (Fig. 6B; Fig. 8A), apresentaram menores flutuações dos compostos fenólicos, mesmo sendo os formatos mais feridos (corte+abrasão) (Fig. 6 A). Entretanto, neste formato ao final da conservação verificou-se resíduos celulares, no qual pode ser uma barreira para dificultar entrada de O_2 , simultaneamente as reações oxidativas (Fig. 6; Fig. 8) e prolongando a qualidade até 12 dias (Fig. 5A), como também verificado por JACOMO-VELASQUER et al. (2011) e WEI et al. (2018).

Os resultados para capacidade antioxidante do tecido de todos os formatos (Fig. 9) foram inversos aos da presença de H_2O_2 (Fig.7), no qual percebeu-se que no dia 0, o formato menos ferido, ‘rodela com periderme’, apresentou menor capacidade antioxidante em relação aos demais formatos. No dia 2, os formatos ‘cubo e ‘cateto’ apresentaram incrementos significativos, evidenciando assim a atuação dos antioxidantes não enzimáticos na proteção oxidativa dos formatos mais feridos (SURJADINATA; CISNEROS-ZEVALLOS, 2012). No final da conservação não houve diferença significativa entre os formatos.

Anatomicamente, apenas as células do formato ‘rodela com periderme’ se diferenciam dos demais formatos (Fig. 10), as quais possuem uma periderme composta por camadas de suberina, células de parênquima e câmbios vasculares que dão origem a camadas de feixes de xilema e floema bem organizados, após a retirada da periderme, o inhame é basicamente formado por células de parênquima amilífero e câmbios adicionais que são formados por feixes de xilema e floema distribuídos aleatoriamente no tecido como visto em todos os formatos (Fig. 9). Além disso, esses formatos sem periderme apresentam desde o início do processamento mínimas rupturas nas células de

parênquimas amilíferos e feixes de xilema e floema, os quais podem levar tanto a desidratação das células, quanto a deposição de amido, contribuindo assim para o aparecimento das estrias esbranquiçadas na região superficial do inhame minimamente processado (DONEGÁ et al., 2009).

Do ponto de vista anatômico acredita-se que o formato ‘rodela com periderme’ é mais propenso ao escurecimento que os demais formatos, como já visto nas análises bioquímicas, devido esse formato possuir a periderme, região superficial composta por felogênio e floema, ou seja, células metabolicamente ativas (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; HAYASHI, 2006).

Os resultados do presente trabalho demonstraram que todos os formatos foram bem aceitos, preferencialmente as ‘rodelas sem periderme’ e o ‘cateto’. Foi evidenciado que durante a conservação refrigerada, o tempo de vida útil de inhame minimamente processado pode variar de 8 a 12 dias em função do seu formato. Além disso, observou-se que a lesão causada pelo corte induz respostas fisiológicas com intensidades diferentes, não só em função do tipo do ferimento gerado pelo corte e abrasões adicionais, mas também da natureza da célula cortada. Em que o ‘cateto’, formato que maior sofreu abrasão, foi o formato que menos escureceu, possivelmente devido a atuação do sistema de proteção antioxidantes enzimáticos e não-enzimáticos (Fig. 7; Fig. 9), os tipos de células que formam sua superfície, bem como a formação de debris celulares que se formaram em volta do formato ‘cateto’ ao longo da conservação, como também visto em cenouras minimamente processada em um formato torneado (SIMÕES et al., 2010) a junção de todos esses fatores podem ter contribuído para o maior tempo de vida útil do inhame minimamente processado nesse formato.

Portanto, a aplicação da técnica de processamento mínimo em raízes de inhame pode vir a agregar valor a essa cultura, bem como expandir sua comercialização. No qual o formato do inhame minimamente processado além de contribuir para sua aceitação e conseqüentemente isenção no mercado, pode atenuar o problema de escurecimento enfrentando por raízes de inhame cortadas.

5 CONCLUSÕES

Inhames minimamente processados nos formatos ‘rodela sem periderme’ e ‘cateto’ são bem aceitos pelos avaliadores, e apresentaram maior tempo de vida útil durante a conservação refrigerada.

Os incrementos de compostos fenólicos e atividade da POD foram menores para o formato ‘cateto’.

As enzimas POD, CAT e SOD realizaram a detoxificação por H_2O_2 em todos os formatos, principalmente no formato ‘cateto’.

As ‘rodela com periderme’ apresentam tecidos metabolicamente mais ativos que os demais formatos estudados. Os formatos sem periderme não apresentam diferenças teciduais entre si. Entretanto, ao final da conservação, no ‘cateto’ devido o torneamento foi verificado *debris* celulares, diferenciando-se estruturalmente dos demais formatos.

Os formatos sem periderme apresentam maior capacidade antioxidante. Ficando evidente que nas células do parênquima amilífero que ficam mais internos em relação a região superficial do inhame são menos responsivas as mudanças citadas, mesmo submetidas a ferimentos mais agressivos, como o torneamento.

Portanto, os resultados obtidos contribuirão para o retardo do escurecimento das superfícies abrasionadas que deram origem ao formato ‘cateto’.

O formato do inhame minimamente processado, além de amenizar o problema de escurecimento enfrentando por raízes de inhame cortadas, pode ser uma excelente alternativa para expandir sua comercialização e agregar de valor à cultura.

REFERÊNCIAS

ADEPOJU, O. T.; BOYEJO, O.; ADENIJI, P. O. Effects of processing methods on nutrient and antinutrient composition of yellow (*Dioscorea cayenensis*) products. **Food Chemistry**, v. 238, p. 160-165, 2018.

ARTÉS, F.; ALLENDE. Minimal Processing of Fresh Fruit, Vegetables, and Juices in. **Minimal processing**, v.6 cap. 31 p.583-597, 2014.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; HAYASHI, A. H. Raiz. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, p. 267-281, 2006.

BHANDARI, M. R.; KASAI, T.; KAWABATA, J. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. **Food Chemistry**, v. 82, p.619-623, 2003.

BEAUCHAMP, C., FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: Improved assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, p.276–287, 1971.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

CISNEROS-ZEVALLOS, L., JACOBO-VELÁZQUEZ, DA., PECH J-C., KOIWA H, Signaling molecules involved in the postharvest stress response of plants: quality changes and synthesis of secondary metabolites, in **Handbook of Plant Crop Physiology**, 3ed, p.259–276, 2014.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N. Sensory evaluation techniques — Make “good for you” taste “good”. **Physiology & Behavior**, v. 107, p. 598-605, 2012.

COELHO, D. G.; ANDRADE, M. T.; MÉLO NETO, D. F.; FERREIRA-SILVA, S. L.; SIMÕES, A. N. Application of antioxidants and an edible starch coating to reduce browning of minimally-processed cassava. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, 2017.

COELHO JÚNIOR, L. F.; FERREIRA SILVA, S. L.; VIEIRA, M. R. S.; CARNELOSSI, M. A. G.; SIMOES, A. N. Darkening, damage and oxidative protection are stimulated in tissues closer to the yam cut, attenuated or not by the environment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v, 98, p.2223-2230, 2019.

COELHO JÚNIOR, L. F.; LINO, T. S.; SILVA, A. R.; ALBUQUERQUE, K. S. S.; CABRAL, P. A. G.; BARBOSA, S. S.; CAVALCANTI, K. Y. M.; RODRIGUES, J. M. C. P.; MELO, M. G. F.; BRITO, M. J. F.; GONÇALVES, M. E. C.; BATISTA, M. M.; SILVA, M. A. R.; PINTO, W. H. S. Sensory Acceptance of Sweet Potato in Chips Format by Public School Students in Sertânia, Pernambuco, Brazil. **International Journal of Horticulture & Agriculture**, v.3. p. 1-3, 2018.

DONEGÁ, M. A.; TESSMER, M. A.; MOOZ, E. D.; DALL'ORTO, L. T. C.; SASAKI, F. F. C.; KLUGE, R. A. Fresh cut yam stored under different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 248-254. 2013.

FONSECA, K. S.; COELHO, D. G.; SOUSA, A. E. D. MELO NETO, D. F.; BRITO, F. A. L., SILVA, R. M.; SIMÕES, A. N. Baby Cassava: An Alternative Marketing Strategy for Freshly Cut Cassava. In: **Cassava**. Reino Unido, Londres, v.1, cap 11, p. 185-198, 2018.

Food and Agricultural Organisation (FAO) of the United Nations. Statistics Division. Report. 2014. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, Accessed 02 november 2017.

FREIRE, C. S.; SIMÕES, A. N.; BARROS JÚNIOR, A. P.; VIEIRA, M. R. S.; SILVA, S. L. F.; SILVA, E. F. Activity of oxidative enzymes involved in the browning of minimally processed sweet cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 4, p. 296-302, 2015.

GIANNOPOLITIS, C.N; RIES S.K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. *Plant Physio.* 59(2):309-314. Iyer S, Mattinson DS, Fellman JK (2010) Study of the early events leading to cassava root postharvest deterioration. **Trop Plant Biol.** v. 3, p.151-165, 1977.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo Agropecuário, 2006. Acessado em 03 de novembro, 2017.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; RODRÍGUEZ, SILVIA DEL C.; CAO, C.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Plants as Biofactories: Physiological Role of Reactive Oxygen Species on the Accumulation of Phenolic Antioxidants in Carrot Tissue under Wounding and Hyperoxia Stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 59, p. 6583–6593, 2011.

JOHANSEN, D.A. Plant microtechnique. New York: **McGraw Hill Book**, p. 523, 1940.

LANA, M. M, VIEIRA, J.V., SILVA J. B. C. Cenourete e Catetinho: Minicenouras brasileiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 19, p. 376-379, 2001.

LI, X. LI, M., HAN, C., JIN, P.; ZHENG, Y, Increased temperature elicits higher phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit. **Postharv Biol Technol**, v. 129. p. 90–96, 2017.

KANG, H. M., SALTVEIT, M.E., 2003. Wound-induced increases in phenolic content of fresh-cut lettuce is reduced by a short immersion in aqueous hypertonic solutions. **Postharvest Biol. Technol**, v. 29, p. 271–277, 2003.

MEILGAARD, M. R.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**, Boca Raton: CRC Press, 159p, 1987.

MINIBAYEVA, F.; BECKETT, R. P.; KRANNER, I. Roles of apoplastic peroxidases in plant response to wounding. **Phytochemistry**, v. 112, n. 1, p. 122–129, 2015.

OBIDIEGWU, J. E.; AKPABIO, E. M. The geography of yam cultivation in southern Nigeria: Exploring its social meanings and cultural functions. **Journal of Ethnic Foods**, v. 4, n. 1, p. 28–35, 2017.

O' BRIEN, T.P.; FEDER, N.; MCCULLY, M.E. Polychromatic staining of plant cell

walls by toluidine blue. **Protoplasma**, v.59, n 2, p. 368-373, 1964.

REYES, L. F., CISNEROS-ZEVALLOS, L. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.51, p. 5296-5300, 2003.

REYES, L.F., VILLARREAL, J.E., CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chem.** v. 101, p. 1254-1262, 2007.

RUIZ-CRUZ, S., ISLAS-OSUNA, M.A., SOTELO-MUNDO, R.R., VÁZQUEZ-ORTIZ, F., GONZÁLEZAGUILAR, G.A., 2007. Sanitation procedure affects biochemical and nutritional changes of shredded carrots. **J. Food Sci.** v.72, S146–S152.

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: **Phytochemistry of Fruit and Vegetables**, p. 205-220, New York, NY: Oxford University Press Inc., 1997.

SALTVEIT, M. E. Fresh-Cut Vegetables in: **Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables**, cap. 29, p.691-712, 2002.

SALTVEIT, M.E., 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropanoid metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browning of whole and fresh-cut 'iceberg' lettuce. Postharvest, **Biol. Technol.** v. 34, p. 75–80, 2004.

SALTVEIT, M. E. Anaerobic exposure before or after wounding reduces the production of wound-induced phenolic compounds in fresh-cut lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 135 p. 77-82, 2018.

SHI, Q. DING, F WANG X and WEI, M. Exogenous nitric oxide protect cucumber roots against oxidative stress induced by salt stress. **Plant Physiol Biochem**, v.45, p.542–550, 2007.

SIMÕES, A. N.; JUAN A. TUDELA, J. A.; ALLENDE, A.; PUSCHMANN, R.; MARIA I. GIL, M. I. Edible coatings containing chitosan and moderate modified

atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 51, n. 3, p. 364-370, 2009.

SIMÕES, A. N.; VENTRELLA, M. C.; MORETTI, C. L.; CARNELOSSI, M. A. G.; PUSCHMANN, R. Anatomical and physiological evidence of white blush on baby carrot surfaces. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 55, p. 45-52, 2010.

SIMÕES, A. N.; SIMÕES, A. A.; TUDELA, J. A.; PUSCHMANN, R.; GIL, MARIA I. Optimum controlled atmospheres minimise respiration rate and quality losses while increase phenolic compounds of baby carrots. **LWT Food Sci. Technol**, v. 44, p. 277–283, 2011.

SIMÕES, A. N.; MOREIRA, S. I.; MOSQUIM, P. R.; SOARES, N. F. F.; PUSCHMANN, R. Effect of conservation temperature on quality and phenolic metabolism of intact and minimally processed kale leaves. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 1, p. 101-107, 2015.

SURJADINATA, B. B.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Biosynthesis of phenolic antioxidants in carrot tissue increases with wounding intensity. **Food Chemistry**, v. 134, p. 615-624, 2012.

TOIVONEN, P. M. A.; BRUMMELL, D. A. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, p.1-14, 2008.

PUKACKA, S. and RATAJCZAK, E. Production and scavenging of reactive oxygen species in *Fagus sylvatica* seeds during storage at varied temperature and humidity. **J Plant Physiol**, v. 162, p.873–885, 2005.

VAMOS-VIGYAZO, L. Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, p. 49-127, 1981.

WARM, E.; LATIES, G. G. Quantification of hydrogen-peroxide in plant-extracts by the chemiluminescence reaction with luminol. **Phytochemistry**, v.21, p. 827-831, 1982

WEI, X.; MAO, L.; HAN, X.; LU, W.; XIE, D.; REN, X.; ZHAO, Y. High oxygen facilitates wound induction of suberin polyphenolics in kiwifruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, p.2223-2230, 2018.

VALLÉLIAN-BINDSCHEDLER, V, L.; SCHWEIZER, P.; MO'SINGER, E.; ME'TRAUX, J.-P. Heat-induced resistance in barley to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) is associated with a burst of active oxygen species. **Physiol. Mol. Plant Pathol.** v, 52, p. 185-199, 1998.

XU, J., DUAN, X., YANG, J., BEECHING, J. R., ZHANG, P. Enhanced reactive oxygen species scavenging by overproduction of superoxide dismutase and catalase delays postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. **Plant Physiology**, v. 161, p.1517-1528, 2013.