

CLARISSA SOARES FREIRE

ATIVIDADE DE ENZIMAS OXIDATIVAS ENVOLVIDAS COM O ESCURECIMENTO
EM MANDIOCA DE MESA MINIMAMENTE PROCESSADA

Serra Talhada – PE

2014

CLARISSA SOARES FREIRE

ATIVIDADE DE ENZIMAS OXIDATIVAS ENVOLVIDAS COM O ESCURECIMENTO
EM MANDIOCA DE MESA MINIMAMENTE PROCESSADA

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. DSc. Adriano do Nascimento Simões.

Co-orientadores: Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior e Dr. Marcos Ribeiro da Silva Vieira.

Serra Talhada – PE

2014

Com base no disposto na **Lei Federal Nº 9.610**, de 19 de fevereiro de 1998. [...] Autorizo para fins acadêmicos e científico a UFRPE/UAST, a divulgação e reprodução TOTAL, desta Dissertação “Atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento em mandioca de mesa minimamente processada”. Sem ressarcimento dos direitos autorais, da obra, a partir da data abaixo indicada ou até que manifestação em sentido contrário de minha parte determine a cessação desta autorização.

Clarissa Soares Freire

Assinatura

23/04/2014

Data

Ficha catalográfica

B574o Freire, Clarissa Soares.

Atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento em mandioca de mesa minimamente processada. / Clarissa Soares Freire. – 2014.

62 f.: il.

Orientador: Adriano do Nascimento Simões.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2014.

Referências.

1. *Manihot esculenta* Crantz. 2. Deterioração fisiológica pós-colheita. 3. Escurecimento enzimático. 4. Estresse oxidativo. 5. Qualidade. I. Simões, Adriano do Nascimento, Orientador. II. Barros Júnior, Aurélio Paes, Co-orientador. III. Vieira, Marcos Ribeiro da Silva, Co-orientador. IV. Título.

CDD 631

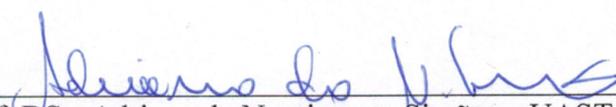
CLARISSA SOARES FREIRE

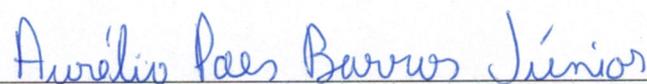
ATIVIDADE DE ENZIMAS OXIDATIVAS ENVOLVIDAS COM O
ESCURECIMENTO EM MANDIOCA DE MESA MINIMAMENTE PROCESSADA

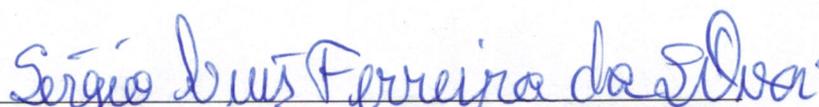
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

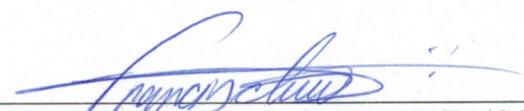
APROVADA em: 28/02/2014.

Banca Examinadora


Prof. DSc. Adriano do Nascimento Simões – UAST/UFRPE
Orientador


Prof. Dr. Aurélio Paes Barros Júnior – DCV/UFERSA
Co-orientador,


Prof. Dr. Sérgio Luiz Ferreira da Silva – UAST/UFRPE
Examinador Interno


Prof. DSc. Franciscleudo Bezerra da Costa – UATA/CCTA/UFCG
Examinador Externo

Aos meus pais, Almir José Freire e Célia Soares Freire, e a minha avó, Edna Noberto Soares, exemplos de caráter e honestidade. Pelo apoio, preocupação e incentivo que sempre demonstraram durante toda a minha vida acadêmica. Compartilhando momentos de luta, glórias, angústias, ausência. Norte para que eu pudesse vencer mais essa prova.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus – único, eterno, imutável, imaterial, onipotente, soberanamente justo e bom, infinito em todas as perfeições – que em ato de misericórdia nos permitiu retornar, vida após vida, para fins de evolução moral e intelectual. A Ele pela oportunidade e privilégio de concluir mais um ciclo profissional.

Aos meus irmãos, Raíssa e Hugo Freire, pelo eterno amor, amizade e companheirismo... A Raíssa, pelo amor que a distância só fez fortalecer.

A Carlos Soares, pelo amor, amizade, carinho, equilíbrio e ensinamentos demonstrados nos últimos sete anos. Estímulo para perseguir os meus sonhos, dando-me forças pra continuar sem queixas, levantar a cada queda e seguir.

As minhas amigas, Laura Bezerra e Renata Silva pelos momentos de amizade, confidências, conselhos e companheirismo ao longo dos anos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV) pela iniciativa ímpar em ofertar curso de mestrado no Sertão do Pajeú. Por toda a infraestrutura, apoio e recursos recebidos.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo financiamento do projeto de pesquisa e pela bolsa concedida durante o período do curso.

Ao meu orientador, Adriano do Nascimento Simões, pela orientação, dedicação, paciência e incentivo no decorrer desse curso, sendo imprescindível ao meu crescimento profissional. Aos meus co-orientadores, Aurélio Paes Barros Júnior e Marcos Ribeiro da Silva Vieira, pelas valiosas contribuições.

Ao Núcleo de Estudos em Fisiologia e Pós-colheita de Frutos e Hortaliças (NEPF), coordenado pelo Prof. Adriano do N. Simões e composto por: Edson Fábio da Silva, Luiz F. Coelho Jr., Maria Luiza Araújo, Fred Lourêdo Brito, Maria José Sá, Daniel Coelho, Domingos Neto, Rúbia Maia, Valécia Nogueira, Moab Andrade e Darliclécia Lopes. Agradeço a todos pela ajuda na montagem e condução dos experimentos em campo e laboratório, auxílio nas análises laboratoriais e momentos

agradáveis de convivência. Em especial, ao Msc. Diego Andrade, pela perseverança, resignação e dedicação com a qual conduziu o experimento em campo, sendo o precursor e corresponsável por esta obra. E também, a Edson Fábio da Silva “Baiano” pela amizade e imprescindível auxílio nas inúmeras análises laboratoriais.

Ao corpo docente do PPGPV, pelas orientações e ensinamentos prestados, principalmente, aos professores Aurélio P. Barros Júnior e Cristiano Lima. E ainda, a Monalisa A. D. S. Camargo Pinto, Alexandre T. da Rocha e Emídio Cantídio A. de Oliveira. Pelo aprendizado e trabalhos acadêmicos, colaborando diretamente no meu crescimento profissional.

Ao Laboratório de Química pelo suporte técnico e estrutural, tão fundamental às pesquisas desta Unidade Acadêmica. A Cícero Alves, Danilo Silva, Anderson Barbosa e Tony Carvalho pelas incessantes orientações e auxílio quanto às análises laboratoriais.

Ao prof. Emídio Cantídio A. de Oliveira e ao Grupo de Extensão e Pesquisa em Agroenergia (GEPAE) pela amizade, longas conversas, momentos agradáveis de convivência e parceria profissional.

A todos do Laboratório de Fisiologia Vegetal (LFV), coordenados pela Profa. Rejane Mansur. Em especial, a Hugo Henrique do Nascimento, David Medeiros, Cibele Alves, Hugo Bentzen, Rafaela Souza, Natalia Vaz, Marcelle Silva e Cinthya Pacheco pelo apoio incondicional e carinho eterno... Meus irmãos de coração!... Ainda, a Jacqueline Pereira do Laboratório de Expressão Gênica (LABEG) e Elaine Silva (LFV) pela colaboração nas análises enzimáticas.

Aos recém-formados mestres em Produção Vegetal, verdadeiros mestres em superar as adversidades. Especialmente, a Rayana Marques, pela convivência diária, bons momentos; A Francilene Alves e Antunes Nascimento, pelos momentos inesquecíveis de convívio e superação; E a Vanessa Sousa, pela parceria acadêmica e ajuda essencial em momentos difíceis. A todos esses, pela amizade.

Aos doutores, mestres e funcionários que direta ou indiretamente contribuíram para realização desta obra.

A todos que não foram mencionados, mas que, de alguma forma, contribuíram para a concretização desse trabalho, os meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Toda vez que uma grande prova se aproximar, lembremo-nos de nos preparar para ela.

Respirar fundo, meditar, orar. São recursos que temos para saber agir nesses momentos de dificuldade.

São nesses momentos que precisamos recordar de tudo que a religião que abraçamos nos fornece. São nesses instantes que devemos colocar em prática o que aprendemos na teoria das palestras, dos estudos.

Evitar o desespero, o pânico - eis o primeiro passo.

Evitar a reação direta, impensada, simplesmente emocional - eis o segundo.

Todo problema apresenta solução. Talvez nós tenhamos dificuldade em enxergá-la, num primeiro momento - o que é compreensível - mas, saibamos que ela existe.

Todo problema, toda crise é chance de aprendizado. Sempre temos a chance de sair maiores do que entramos, quando numa experiência grave.

Confia em Deus. Confia em Suas Leis. Confia nas forças que teu próprio coração guarda, e decide: *Serei vencedor!*

Recorda de Jesus proclamando:

No mundo terei tribulações. Mas, tende bom ânimo, eu venci o mundo.

Redação do Momento Espírita, com citações do cap. 22 do livro Floresções evangélicas, pelo Espírito Joanna de Ângelis, psicografia de Divaldo Pereira Franco, ed. Leal. Em 23/09/2009.

RESUMO

Estudos recentes reportam que o formato de mandioca de mesa minimamente processada Rubiene, submetido ao torneamento, apresenta prolongada vida útil quando comparado ao não torneado, o Minitolete. Esse comportamento pode estar relacionado à maior participação de enzimas envolvidas na proteção contra danos oxidativos ocorridos durante a conservação. Assim, estudar as relações do metabolismo fenólico e oxidativo nos diferentes formatos de mandioca de mesa minimamente processada pode trazer informações adicionais ao que se conhece sobre o escurecimento de seus tecidos quando cortados. O objetivo da presente pesquisa foi: avaliar o efeito do formato de mandioca de mesa minimamente processada sobre a deterioração fisiológica pós-colheita com ênfase na atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento de tecidos, visando melhor entendimento do metabolismo fenólico e oxidativo. Raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, foram produzidas entre os meses de agosto de 2011 e julho de 2012 no campo experimental da Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Serra Talhada – PE. Aos 14 meses de idade, foram colhidas e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. O produto, composto por uma embalagem contendo aproximadamente 200 g, foi conservado a 5 ± 2 °C e 90 ± 5 % de umidade relativa por 11 dias. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x6, referente aos formatos (Minitolete e Rubiene) e tempos de conservação refrigerada (0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias), respectivamente, com 3 repetições. Foram avaliados: análise visual do produto processado, fenóis solúveis totais, atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase, dismutases do superóxido, catalases e peroxidases do ascorbato. Os resultados indicam que mudanças no metabolismo fenólico e oxidativo em raízes de mandioca de mesa são tecido-dependente, pois as células do parênquima de reserva, remanescentes no formato Rubiene, mostraram-se menos responsivas a deterioração fisiológica pós-colheita, contrapondo-se a sensibilidade observada nos tecidos superficiais do ‘Minitolete’. Dessa forma, a intensidade do ferimento não se mostrou relacionada ao escurecimento, tampouco a severos danos oxidativos. Assim, o formato Rubiene manteve a qualidade durante os 11 dias de conservação a 5 ± 2 °C, 4 dias a mais em relação ao ‘Minitolete’.

Palavras-chave: *Manihot esculenta* Crantz, deterioração fisiológica pós-colheita, escurecimento enzimático, estresse oxidativo, qualidade.

ABSTRACT

Recent studies report that the format of minimally processed sweet cassava Rubiene, subjected to turning, has longer life compared to the non-turning mini-oarlocks. This behavior may be related to greater participation of enzymes involved in protection against oxidative damage occurred during storage. Thus, studying the relationships of phenolic and oxidative metabolism in different formats of minimally processed sweet cassava can bring additional information to what is known about the darkening of their tissues when cut. The objective of this study was: to evaluate the effect of the shape of minimally processed sweet cassava on post-harvest physiological deterioration with emphasis on the activity of oxidative enzymes involved with the darkening of tissues aiming at better understanding of the phenolic and oxidative metabolism. Roots of sweet cassava cv. Mossoró were produced between August 2011 and July 2012 in the experimental field of the Academic Unit of Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada - PE. At 14 months of age, were collected and minimally processed in Mini-oarlocks and Rubiene shapes. The product with a package containing about 200 g was maintained at 5 ± 2 °C and $90 \pm 5\%$ relative humidity for 11 days. The experimental design was completely randomized in a 2x6 factorial design, referring to shapes (Mini-oarlock and Rubiene) and refrigerated storage times (0, 3, 5, 7, 9 and 11 days), respectively, with 3 replications. Visual analysis of the processed product, total soluble phenols, polyphenol oxidase enzyme activity, peroxidase, superoxide dismutases, catalases and ascorbate peroxidases were evaluated. The results indicated that changes in phenolic and oxidative metabolism in roots of sweet cassava are tissue-dependent, because the storage parenchymal cells, remaining in the Rubiene shape, were less responsive to post-harvest physiological deterioration, in contrast to the sensitivity observed in the superficial tissues of 'Mini-oarlock'. Thus, the intensity of the injury was not related to darkening, or the severe oxidative damage. Thus, the shape Rubiene remained quality during the 11 days of storage at 5 ± 2 °C, 4 days more compared to the 'Mini-oarlock'.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, post-harvest physiological deterioration, enzymatic darkening, oxidative stress, quality.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Temperatura do ar média, precipitação acumulada e umidade relativa do ar média durante o cultivo de mandioca de mesa, cv. Mossoró, entre maio de 2011 e julho de 2012. A seta (\downarrow) indica o mês de colheita das raízes. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 19
- Figura 2 Fluxograma para obtenção dos formatos de mandioca de mesa minimamente processada. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 23
- Figura 3 Absorbância a 620 nm em função de diferentes concentrações de Glicose anidra para confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 28
- Figura 4 Absorbância a 725 nm em função de diferentes concentrações de Ácido gálico para confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. 29
- Figura 5 Análise visual de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. A linha segmentada (- - -) indica ao limite de aceitação do produto, referente à nota 3. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 34
- Figura 6 Perda de massa fresca de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014 36
- Figura 7 Potencial hidrogeniônico de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 37
- Figura 8 Sólidos solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e

	conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	40
Figura 9	Açúcares solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	41
Figura 10	Fenóis solúveis totais em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	44
Figura 11	Atividade da Polifenoloxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	47
Figura 12	Atividade da Peroxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	48
Figura 13	Atividade das Dismutases do superóxido em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	51
Figura 14	Atividade das Catalases em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	52
Figura 15	Atividade das Peroxidades do ascorbato em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Caracterização química do solo do campo experimental da UFRPE/UAST, coletado a profundidade de 0 a 20 cm. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 20
- Tabela 2 Imagem representativa, sua respectiva nota e critérios utilizados para identificar problemas visuais em mandioca minimamente processada no formato Minitolete. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 25
- Tabela 3 Imagem representativa, sua respectiva nota e critérios utilizados para identificar problemas visuais em mandioca minimamente processada no formato Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014 26
- Tabela 4 Glicose anidra, água destilada e antrona utilizados para a confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. 27
- Tabela 5 Ácido gálico, metanol P.A., água destilada, folin cioucauteu e carbonato de sódio utilizados para a confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 29
- Tabela 6 Rendimento agroindustrial para obtenção dos formatos Minitolete e Rubiene de raízes de mandioca de mesa minimamente processada, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014..... 32
- Tabela 7 Análise visual de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. .. 35
- Tabela 8 Perda de massa fresca de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo

	Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	38
Tabela 9	Potencial hidrogeniônico de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra, entre as linhas, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. ..	39
Tabela 10	Sólidos solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra, entre as linhas, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.	40
Tabela 11	Açúcares solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	43
Tabela 12	Tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0 e 11 dias. Letras minúsculas comparam os formatos em cada dia de conservação refrigerada, enquanto que, letras maiúsculas comparam os dias de conservação refrigerada dentro de cada formato. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. ..	43
Tabela 13	Fenóis solúveis totais em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014	45

Tabela 14	Atividade da Polifenoloxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.	48
Tabela 15	Atividade da Peroxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	49
Tabela 16	Atividade das Dismutases do superóxido em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra, entre as linhas, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	50
Tabela 17	Atividade das Catalases em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene e conservada a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra, entre as linhas, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. ..	52
Tabela 18	Atividade das Peroxidases do ascorbato em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.....	54

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CULTIVO.....	19
2.2 PREPARO DA ÁREA DE CULTIVO, PADRONIZAÇÃO E PLANTIO DAS MANIVAS.....	20
2.3 TRATOS CULTURAIS	21
2.4 COLHEITA, PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO.....	22
2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.	23
2.6 AVALIAÇÕES.....	24
2.6.1 Rendimento agroindustrial (RA).	24
2.6.2 Análise visual (aparência).....	24
2.6.3 Massa fresca acumulada (MFA).....	26
2.6.4 Potencial hidrogeniônico (pH).....	26
2.6.5 Sólidos solúveis (SS)	27
2.6.6 Açúcares solúveis (AS).....	27
2.6.7 Tempo de cocção (TC)	28
2.6.8 Fenóis solúveis totais (FST)	28
2.6.9 Polifenoloxidase e peroxidase (PPO e POD).....	30
2.6.10 Dismutases do superóxido, catalases e peroxidases do ascorbato (SODs, APXs e CATs).....	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
3.1 RENDIMENTO AGROINDUSTRIAL (RA)	32
3.2 ANÁLISE VISUAL (APARÊNCIA).	33
3.3 PERDA DE MASSA FRESCA (PMF)	35
3.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	37
3.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)	39
3.6 AÇÚCARES SOLÚVEIS (AS).....	40
3.7 TEMPO DE COCÇÃO (TC)	42
3.8 FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS (FST)	43
3.9 POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE (PPO E POD)	46
3.10 DISMUTASES DO SUPERÓXIDO, CATALASES E PEROXIDASES DO ASCORBATO (SODs, CATs E APXs)	50
4 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

As recentes mudanças no perfil dos consumidores apontam para crescente busca por alimentos de preparo prático e cômodo, seguros, nutritivos e convenientes (MORETTI, 2007). Nesse contexto, o processamento mínimo apresenta-se, no Brasil, como um nicho de mercado em fase de crescimento, desenvolvimento e consolidação para um perfil específico de consumidor (SATO; MARTINS; BUENO, 2007). É uma tendência que atende não só as atuais demandas alimentícias, como também pode agregar valor ao produto e reduzir perdas pós-colheita (MORETTI, 2007).

Em se tratando de mandioca de mesa, as perdas pós-colheita estimadas correspondem de 5 a 25 % da produção (WENHAM, 1995). Isso ocorre, principalmente, devido à deterioração fisiológica pós-colheita (DFP) que se inicia de 24 a 72 horas após a colheita (WHEATLEY, 1987). Os principais sintomas para raízes *in natura* e na forma minimamente processada são a formação de estrias azuladas, descoloração vascular e escurecimento dos tecidos ao longo do parênquima de armazenamento (ARAÚJO, 1999). Assim, a manutenção da qualidade das raízes é o objetivo dos produtores, da indústria alimentícia e de pesquisadores.

Estudos recentes evidenciaram que as raízes de mandioca de mesa apresentam potencial de adequação ao processamento mínimo, representando uma alternativa para o aumento em sua comercialização. Barros et al. (2011), Andrade (2013), Silva et al. (2013) e Brito et al. (2013) demonstraram que procedimentos de processamento mínimo e de conservação da mandioca de mesa, vêm sendo ajustados, a exemplo de novos formatos de apresentação do produto, como os propostos ‘Minitolete’ e ‘Rubiene’, sendo esse último, produzido com o auxílio de uma torneadora, cuja técnica é aplicada em outros tubérculos, como cenoura (LANA et al., 2001) e batata inglesa (PINELI; MORETTI, 2004). A abrasão, causada pelo torneamento, permite a retirada de tecidos superficiais, podendo assim, retardar alguns sintomas de DFP, como relatado por Silva et al. (2013). Ambos os formatos visam constituir nova opção para o agronegócio desta raiz devido à alta atratividade visual, com esperada crescente no consumo pelos mercados de *food service*, *delivery* e redes hoteleiras.

No entanto, o processamento mínimo atua como um indutor de estresse no tecido vegetal, pois os danos mecânicos causados pelo descasque, corte, fatiamento e/ou torneamento causam a quebra da homeostase dos tecidos, resultando em descompartimentação celular nos locais do ferimento, que promove o aumento dos

processos oxidativos catalisados pelas polifenoloxidase (PPO) e peroxidases (POD) (TOMÁS-BERBERÁN; SPÍN, 2001) que atuam na oxidação dos compostos fenólicos, produzindo pigmentos insolúveis e escuros (TOMÁS-BERBERÁN; SPÍN, 2001). Ainda, há o aumento da taxa respiratória que pode ocasionar o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS), potencialmente prejudiciais, responsáveis por danos oxidativos a proteínas, DNA e lípidios, desestruturando as membranas celulares, dentre outras alterações degenerativas (APEL; HIRT, 2004; MØLLER et al., 2007).

Pesquisas recentes abordam os efeitos negativos e formas de controle do escurecimento enzimático e estresse oxidativo em raízes de mandioca de mesa (ZIDENGA et al., 2012; XU et al., 2013), uma vez que o metabolismo fenólico e oxidativo afetam diretamente a qualidade comercial dos tubérculos. De acordo com Xu et al. (2013) há correlação entre o acúmulo de EROS e o escurecimento enzimático das raízes de mandioca de mesa. Reilly et al. (2004) ratificam o papel duplo desempenhado pelas EROS que atuam tanto na sinalização da morte celular em resposta a injúria ou, ainda, na oxidação de compostos fenólicos para produzir sintomas visíveis de DFP.

Os efeitos deletérios da produção de EROS são minimizados por meio da ativação de um complexo mecanismo enzimático de defesa, para fins de neutralização das alterações fisiológicas e bioquímicas. A princípio, atuam as enzimas dismutases do superóxido (SODs), seguida da catalases (CATs) (APEL; HIRT, 2004). Ainda, algumas peroxidases promovem a remoção de átomos de hidrogênio dos álcoois, combinando-os com peróxido de hidrogênio, nocivo às células, para formar moléculas de água, como as peroxidases do ascorbato (APXs) (APEL; HIRT, 2004).

Xu et al. (2013) relatam o papel fundamental das SODs e CATs na minimização dos efeitos negativos das altas concentrações de EROS em raízes de mandioca de mesa. Durante as primeiras 24 horas após a colheita, a atividade das SODs foi severamente aumentada tanto para as plantas do tipo selvagem como nas transgênicas (XU et al., 2013). As SODs atuam na redução da concentração do radical superóxido, convertendo-o a H_2O_2 e as CATs, por sua vez, são capazes de neutralizar o efeito tóxico do H_2O_2 , convertendo-o a água (APEL; HIRT, 2004). Os sintomas visíveis de DFP podem estar intimamente relacionados à atividade das SODs e CATs. Na sua fase inicial, a atividade das CATs e SODs é suficiente pra promover a desintoxicação celular. No entanto, quando a capacidade total de eliminação pelas CATs é superada, ocorre acúmulo de H_2O_2 , expressando, portanto, a DFP. (XU et al., 2013).

Os desequilíbrios provocados por meio do processamento mínimo são expressos pelos atributos físico-químicos de qualidade. Os mais comumente reportados pela literatura são a aparência, massa fresca, pH e teor de sólidos solúveis. No que tange às raízes minimamente processadas que devem passar pelo processo de cozimento, como é o caso da mandioca de mesa, deve-se considerar a qualidade culinária que está relacionada a variáveis como textura, plasticidade e pegajosidade. Essas características estão associadas ao tempo de cocção (PEREIRA; LORENZI; VALLE, 1985).

Estudos recentes reportam que o formato Rubiene, embora tenha o tecido exposto a uma maior intensidade de injúrias mecânicas, pelo torneamento, não escurece na mesma velocidade, comparando-se ao formato não torneado, denominado 'Minitolete', mantendo, portanto, o produto com qualidade para consumo por um maior período (ANDRADE, 2013; SILVA et al., 2013). Acredita-se que esse comportamento pode estar relacionado à maior participação de enzimas envolvidas na eliminação de EROS, como proposto por Xu et al. (2013) e Iyer et al. (2010). Assim, estudar as relações do metabolismo fenólico e oxidativo nos diferentes formatos pode trazer informações adicionais ao que se conhece sobre o escurecimento de tecidos cortados de raízes de mandioca de mesa.

Dessa forma, objetivo da presente pesquisa foi avaliar o efeito do formato de mandioca de mesa minimamente processada sobre a deterioração fisiológica pós-colheita com ênfase na atividade de enzimas oxidativas envolvidas com o escurecimento de tecidos, visando melhor entendimento do metabolismo fenólico e oxidativo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE CULTIVO

O cultivo de mandioca de mesa da cv. Mossoró ocorreu entre os meses de maio de 2011 a julho de 2012, em área com 43,2 m², implantada na Fazenda Saco que se localiza na Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE), em Serra Talhada – PE (Latitude 07° 59' 31" S, Longitude 38° 17' 54" O e situado a altitude predominante de 429 metros), região denominada Baixo Sertão do Pajeú, no Semiárido Pernambucano (CPRM, 2005).

O clima da região é caracterizado como BSW_h (Tropical Seco, na classificação de Köppen). Os meses chuvosos compreendem os de janeiro a julho e os mais secos de agosto a dezembro (CPRM, 2005), com índices pluviométricos baixos situados entre 350 e 700 mm/ano (MELO et al., 2008). Além de médias anuais térmicas superiores a 25°C (MELO et al., 2008) e umidade relativa média do ar de 63 % (CPRM, 2005). Durante o cultivo, foram coletados dados médios de temperatura e umidade relativa do ar, bem como da precipitação acumulada, com o auxílio da estação meteorológica da UAST (Figura 1).

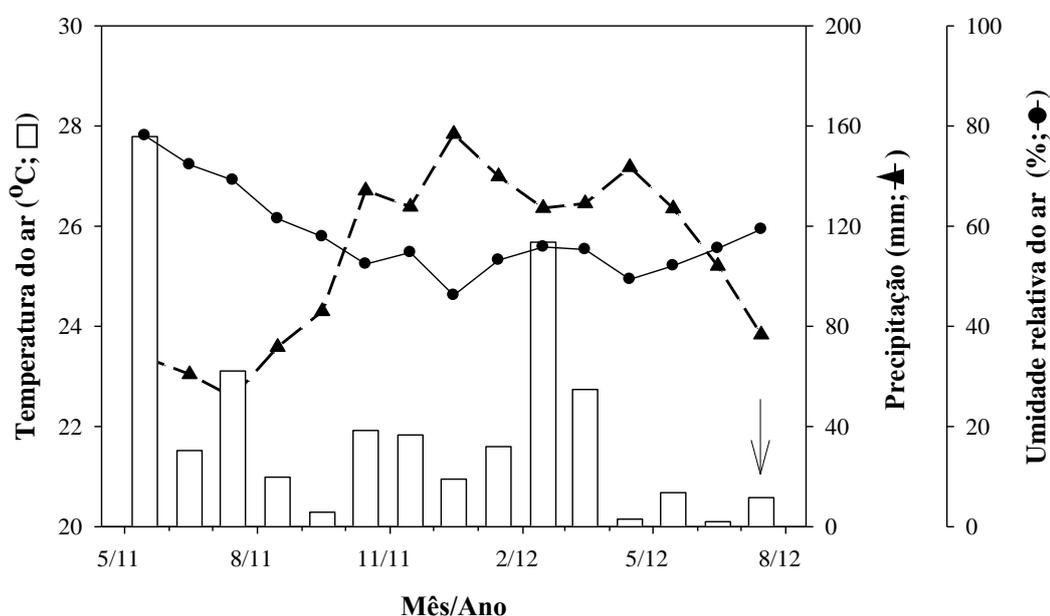


Figura 1. Temperatura do ar média, precipitação acumulada e umidade relativa do ar média, durante o cultivo de mandioca de mesa, cv. Mossoró, entre maio de 2011 e julho de 2012. A seta (↓) indica o mês de colheita das raízes.

O solo de cultivo foi classificado como Luvissole Crômico Órtico típico com horizonte A fraco, de textura arenosa de acordo com Embrapa (1999). Foi feita análise química de uma amostra de solo composta representativa da área de cultivo, formada por amostras simples coletadas a profundidade de 0 a 20 cm, cujo resultado está disposto na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química do solo do campo experimental da UAST/UFRPE, coletado a profundidade de 0 a 20 cm.

Determinação	Valores
pH (H ₂ O)	7,20
M.O. (%)	1,28
P (mg/dm ³)	14,00
K ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,55
Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,09
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,00
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	3,90
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	1,20
H (cmol _c /dm ³)	0,90
SB (cmol _c /dm ³)	5,74
m (%)	0,00
V (%)	86,45
CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	6,64

M.O. (%) – Porcentagem de matéria orgânica; SB – Soma de bases (K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺); m (%) – Porcentagem de saturação por Al³⁺; V (%) – Porcentagem de saturação por bases; CTC efetiva – Capacidade de troca catiônica efetiva.

2.2 PREPARO DA ÁREA DE CULTIVO, PADRONIZAÇÃO E PLANTIO DAS MANIVAS

O cultivo foi conduzido em área total de 43,2 m². O preparo inicial do solo foi realizado de forma mecanizada convencional.

Inicialmente, procedeu-se a limpeza do terreno, seguida de gradagem cruzada. As covas, abertas mediante uso de enxadas, apresentaram dimensões de 20 cm de largura por 10 cm de profundidade. Foram quatro linhas de plantio composta por 18 plantas cada. O espaçamento adotado foi de 1,0 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, resultando na densidade de plantio de 16.666 plantas ha⁻¹. Área útil foi de 14,4 m², composta pelas 24 plantas centrais.

Hastes da cv. Mossoró, adquiridas na coleção de trabalho da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) em Mossoró – RN, foram colhidas de plantas

sadias, aos 12 meses de idade, dispostas em feixes e transportadas adequadamente para o Núcleo de Estudos em Fisiologia e Pós-colheita de Frutos e Hortaliças (NEPF), localizado na UAST/UFRPE. As hastes foram mantidas debaixo de árvores, enterradas sob dez centímetros de solo e recobertas com palha, para manutenção da umidade e protegida dos raios solares. A cada dois dias, foram verificadas às condições de umidade das hastes, em caso de necessidade, foram hidratadas.

Antes do plantio, as hastes foram seccionadas transversalmente, com o uso de serra manual. As manivas foram selecionadas quanto ao comprimento (15 cm) e número de gemas (10). Foram plantadas horizontalmente nas covas e cobertas por completo com solo.

2.3 TRATOS CULTURAIS

Durante os dois primeiros meses de cultivo, a irrigação foi feita manualmente, com o auxílio de regadores, no início da manhã e ao final do dia. Após esse período, o sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão com vazão de 30 litros por hora. A quantidade de água utilizada por planta foi de aproximadamente 4 litros por cova. Foi adotado, até os seis meses de idade, o ciclo de irrigação de uma hora com intervalo de rega de três dias. Após esse período, a irrigação foi intensificada, sendo realizada diariamente durante uma hora.

A partir da análise química do solo, bem como, da recomendação de adubação para o estado de Pernambuco (CAVALCANTE, 2008), seguiu-se adubação em duas etapas distintas: fundação, no momento do plantio, com superfosfato simples como fonte de fósforo (21 % de pentóxido de fósforo – P_2O_5), seguindo a recomendação de 30 kg de P_2O_5 ha^{-1} no qual foram aplicados 9 g planta⁻¹ do fertilizante; e de cobertura aos 15 dias após o plantio, cujas demandas de nitrogênio (30 kg N ha^{-1}) e de potássio (10 kg K ha^{-1}) foram supridas aplicando-se 0,9 g planta⁻¹ de sulfato de amônio $[(NH_4)_2SO_4]$ e 1 g de cloreto de potássio (KCl), por duas vezes. Na adubação nitrogenada, foram adicionados 5 % a mais de $(NH_4)_2SO_4$, devido à alcalinidade do solo e risco de volatilização de nitrogênio.

Procedeu-se também, o controle de pragas e levantamento de plantas infectadas com mosaico comum (*Cassava common* mosaic vírus - CsCMV). Aos 6 e 9 meses após o plantio, houve aplicações com o acaricida Abamectina (vertimec) para o controle do ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*), em conjunto com metomil (Lannate) para o controle da cochonilha (*Phenacoccus herreni*), utilizando-se a dosagem de 0,1 mililitro

por litro para vertimec e de 0,15 mililitro por litro de Lannate. As pulverizações foram realizadas com uso de pulverizador costal com 20 litros de capacidade. Foram realizadas também cinco capinas manuais: antes do plantio e aos 3, 7, 11 e 13 meses após plantio.

2.4 COLHEITA, PROCESSAMENTO MÍNIMO E CONSERVAÇÃO

Raízes de mandioca de mesa da cv. Mossoró, da área útil de cultivo, foram colhidas aos 14 meses de idade e transportadas imediatamente para o Núcleo de Estudos em Fisiologia e Pós-colheita de Frutos e Hortaliças (NEPF) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada/Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE). Foram padronizadas quanto ao tamanho, firmeza, ausência de danos mecânicos e ataques por patógenos e/ou pragas. As raízes selecionadas foram transportadas, em caixas plásticas, para a Cozinha Industrial da UAST/UFRPE.

As raízes foram lavadas em água corrente, com o auxílio de uma escova, para eliminação de resíduos provenientes do campo. Foram resfriadas em expositores refrigerados a $5^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ e $90 \pm 5\%$ de umidade relativa (UR) por 24 horas; retirada suas extremidades; imersas em água fria por 5 minutos; cortadas transversalmente em pedaços de 6 cm ('Toletes'), seguido de novo corte, com 3 cm de comprimento, para produção do 'Meio tolete'; e descascadas com o auxílio de faca inox (Figura 2).

A partir do formato Meio tolete descascado, foram confeccionados os formatos em teste. Para o 'Minitolete' procedeu-se corte transversal, enquanto que para o 'Rubiene', os pedaços de 'Meio tolete' foram postos em torneadora (DB-10 SKYMSEN) por 60 segundos (Figura 2) de acordo com Andrade (2013).

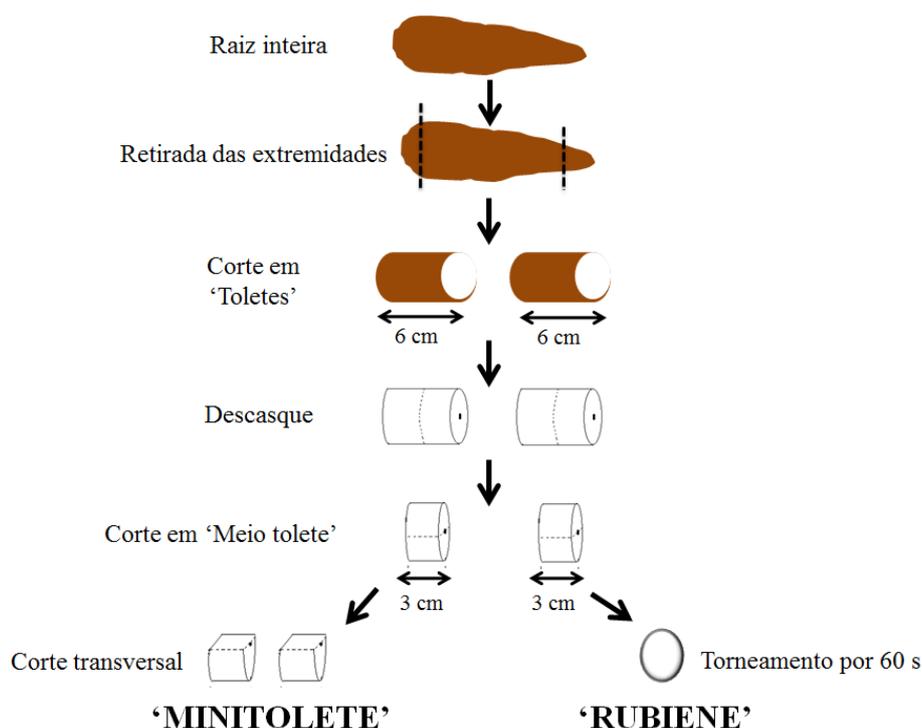


Figura 2. Fluxograma para obtenção dos formatos de mandioca de mesa minimamente processada (BRITO et al., 2013).

Ambos os formatos foram imersos em água fria por 10 segundos (enxágue inicial); sanitizados com dicloroisocianurato de sódio dihidratado a 3 % (nas concentrações de 200 e 5 ppm de cloro ativo, respectivamente) por 10 min (BRITO et al., 2013); centrifugados a velocidade angular 2800 rpm em centrífuga doméstica (C2A05BBBNA) por 60 segundos (BRITO et al., 2013); embalados em sacos de polipropileno (150 x 200 mm e 0,4 μ m de espessura) (MEDEIROS, 2009) e conservados em expositores refrigerados a 5 ± 2 °C e 90 ± 5 % de UR (SILVA et al., 2013) por 11 dias.

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x6, correspondendo, respectivamente, aos formatos em estudo (Minitolete e Rubiene) e os tempos de conservação refrigerada (0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias após o processamento mínimo). Para a variável tempo cocção, o delineamento experimental foi o DIC em esquema fatorial 2x2, correspondendo, respectivamente, aos

formatos (Minitolete e Rubiene) e os tempos de conservação refrigerada (0 e 11 dias após o processamento mínimo).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), quando significativos, as médias entre os formatos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade com o uso do programa computacional Sisvar. Para os tempos de conservação refrigerada foi ajustada, quando possível, equação de regressão linear ou não linear a 5 % de significância com o uso do programa Table curve (JANDEL SCIENTIFIC, 1991). Para as variável tempo de cocção foi feito o teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os gráficos foram gerados através do software Sigma Plot versão 10.0.

2.6 AVALIAÇÕES

2.6.1 Rendimento Agroindustrial (RA)

Quantificado pela razão entre as massas fresca do produto minimamente processado e as da matéria-prima utilizada, expresso em percentagem (ANDRADE, 2013).

Assim, calculou-se: $RA = [(MF/MI) \times 100]$. Em que: RA = rendimento agroindustrial (%). MI = massa inicial (matéria-prima) e MF = massa final (produto minimamente processado).

2.6.2 Análise visual (Aparência)

A avaliação visual foi feita, por dois provadores previamente treinados, pelo enquadramento das amostras em painel sensorial, cujos critérios estão especificados nas tabelas 2 e 3. Nelas constam notas subjetivas escalonadas que variam de 5 a 1, nota máxima e mínima, respectivamente. A nota 3 foi considerada como o limite para a aceitação do produto processado.

Tabela 2. Imagem representativa, sua respectiva nota e critérios utilizados para identificar problemas visuais em mandioca minimamente processada no formato Minitolete.

Nota	Critério
	Superfície branca característica, aparência e odor excelentes para o consumo. Com qualidade para comercialização;
	Leves indícios de escurecimento;
	Intensidade moderada de escurecimento. Limite de aceitação;
	Coloração amarela-esverdeada na superfície, característica de <i>Pseudomonas</i> spp., superfície pegajosa;
	Todos os sintomas anteriormente descritos, além de odor alcoólico, esbranquecimento na superfície, com desidratação. Totalmente impróprio ao consumo.

A cada pedaço contido nas embalagens, foi atribuída uma nota que foi estabelecida considerando alguns atributos sensoriais como: presença ou ausência de manchas escuras na superfície do tecido, descoloração amarelo-esverdeada e consistência pegajosa, características da contaminação por *Pseudomonas* spp., odor alcoólico e esbranquecimento (BARROS et al., 2011; SILVA et al., 2013). A nota final referiu-se à média dos pedaços por embalagem.

Tabela 3. Imagem representativa, sua respectiva nota e critérios utilizados para identificar problemas visuais em mandioca minimamente processada no formato Rubiene.

Nota	Critério
	Superfície branca característica, aparência e odor excelentes para o consumo. Com qualidade para comercialização;
	Pequenos pontos amarelados, característica de <i>Pseudomonas</i> spp.;
	Intensidade moderada de manchas amarelo/esverdeadas e pontos escurecidos. Limite de aceitação;
	Vasta superfície com coloração amarelo-esverdeado; superfície pegajosa;
	Todos os sintomas descritos, além de odor alcoólico. Totalmente impróprio para o consumo.

2.6.3 Massa fresca acumulada (MFA)

Determinada por gravimetria em balança semi-analítica (ARD110 OHAUS). A percentagem de massa fresca acumulada foi estimada a partir da diferença entre a massa inicial do produto (imediatamente após o processamento mínimo – dia 0) e a massa final correspondente ao do dia de avaliação.

Dessa forma, calcula-se: $MFA = [(MI-MF) \times 100] / MI$. Em que: MFA = massa fresca acumulada (%). MI = massa inicial e MF = massa final.

2.6.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Amostras de 15 g de raízes foram maceradas em almofariz. O pH foi medido através da imersão do eletrodo do peagâmetro digital de bancada PHS-3BW nos tecidos macerados.

2.6.5 Sólidos Solúveis (SS)

Amostras de 10 g de raízes foram maceradas em almofariz e filtradas em gases. Por compressão mecânica, uma gota do extrato foi posta no prisma do refratômetro digital portátil com compensação automática de temperatura modelo PAL-1. Os SS foram determinados a partir da leitura do suco celular extraído, realizada em %.

2.6.6 Açúcares solúveis (AS)

A determinação dos açúcares solúveis foi feita de acordo com a metodologia de Dische (1962) com adaptações.

Amostras de 1 g foram maceradas, em almofariz, contendo 10 mL de água destilada. O extrato foi centrifugado (Hettich; modelo Universal 320 R) a 2500 g durante 10 minutos.

Em um tubo de ensaio foi acrescentada uma alíquota de 1 mL do extrato sobrenadante e 100 mL de água destilada, totalizando uma diluição de 110 x. A mistura foi homogeneizada e foi retirada uma alíquota de 1 mL. A essa alíquota foi acrescentado 2 mL do reagente antrona. Os tubos foram colocados em banho-maria à temperatura de 100 °C por 3 minutos. Foram resfriados em banho de gelo até a estabilização da temperatura. A leitura foi realizada em espectrofotômetro (modelo libra S8; Biochrom) a 620 nm.

Os açúcares solúveis foram quantificados para ambos os formatos com o auxílio de única curva padrão utilizando glicose anidra na concentração de 100 mg/mL (Tabela 4) no qual, foi gerada equação de regressão (Figura 3).

Tabela 4. Glicose anidra, água destilada, antrona utilizados para a confecção da curva de calibração para os formatos Minitoleta e Rubiene.

Glicose anidra (mg/mL)	Glicose anidra (mL)	Água destilada (mL)	Antrona (mL)
0,0	0,000	1,00	2,0
1,66	0,050	0,95	2,0
3,33	0,100	0,90	2,0
4,98	0,150	0,85	2,0
6,64	0,200	0,80	2,0
8,30	0,250	0,75	2,0
9,96	0,300	0,70	2,0
11,62	0,350	0,65	2,0
13,28	0,400	0,60	2,0

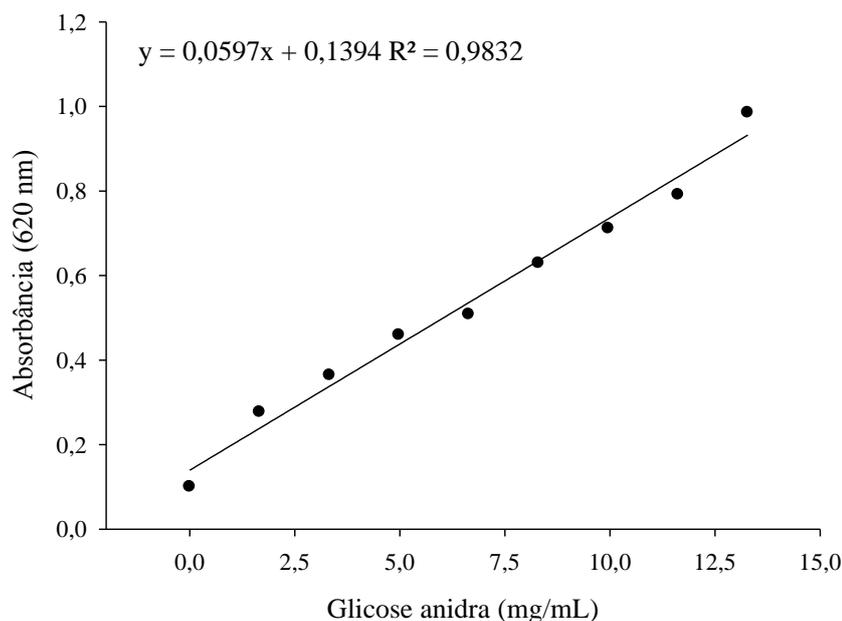


Figura 3. Absorbância a 620 nm em função de diferentes concentrações de glicose anidra para confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene.

2.6.7 Tempo de cocção (TC)

Amostras de 100 g do produto foram imersas em panela de aço inoxidável contendo 500 ml de água fervente (96 ± 2 °C). A cada 10 minutos, os pedaços foram perfurados com o uso de garfo inox. O grau de cozimento das raízes de mandioca de mesa foi realizado em função do tempo necessário para o amolecimento do tecido imerso em água fervente (BORGES; FUKUDA; ROSSETTI, 2002, com alterações).

2.6.8 Fenóis solúveis totais (FST)

Determinados conforme metodologia proposta por Reyes et al. (2007), com algumas alterações. Amostras de 2 g, retiradas do tecido superficial das raízes minimamente processadas (± 5 mm do tecido superficial), foram maceradas, em almofariz, contendo 10 mL de metanol puro e foram mantidas, no escuro, em expositor refrigerado a 5 °C por 24 horas. O extrato foi centrifugado (Hettich; modelo Universal 320 R) a 7960 g durante 21 minutos, 2 °C.

No ensaio, foram utilizados 150 μ L do extrato sobrenadante diluído em 2400 μ L de água destilada. Adicionou-se 150 μ L de Folin Cioucauteu (0,25 N). A mistura foi homogeneizada, em agitador de tubos (Biomixer; modelo ql-901), durante 3 minutos. Adicionaram-se 300 mL de carbonato de cálcio (1 N). O preparo do branco consistiu na

substituição do sobrenadante por 150 μL de metanol puro, permanecendo os demais procedimentos analíticos.

A reação, com volume final de 3,0 mL, foi mantida ao abrigo de luz e em temperatura ambiente por 2 horas. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo libra S8; Biochrom) a 725 nm. A partir das leituras, os FST foram quantificados com o auxílio de curva padrão utilizando o ácido gálico (Tabela 5) no qual, para cada formato foi gerada uma curva de regressão (Figura 4).

Tabela 5. Ácido gálico, metanol P.A., água destilada, folin cioucauteu e carbonato de sódio utilizados para a confecção da curva de calibração para os formatos Minitolete e Rubiene.

Ácido gálico (mM)	Ácido gálico (2 mM; μL)	MeOH (P.A.; μL)	Água destilada (mL)	FC (0,25 N; μL)	Na_2CO_3 (1 N; μL)
0,0	0	150	2,4	150	300
0,2	15	135	2,4	150	300
0,4	30	120	2,4	150	300
0,6	45	105	2,4	150	300
0,8	60	90	2,4	150	300
1,0	75	75	2,4	150	300

MeOH: metanol P.A.; FC: Folin Cioucauteu; Na_2CO_3 : carbonato de sódio.

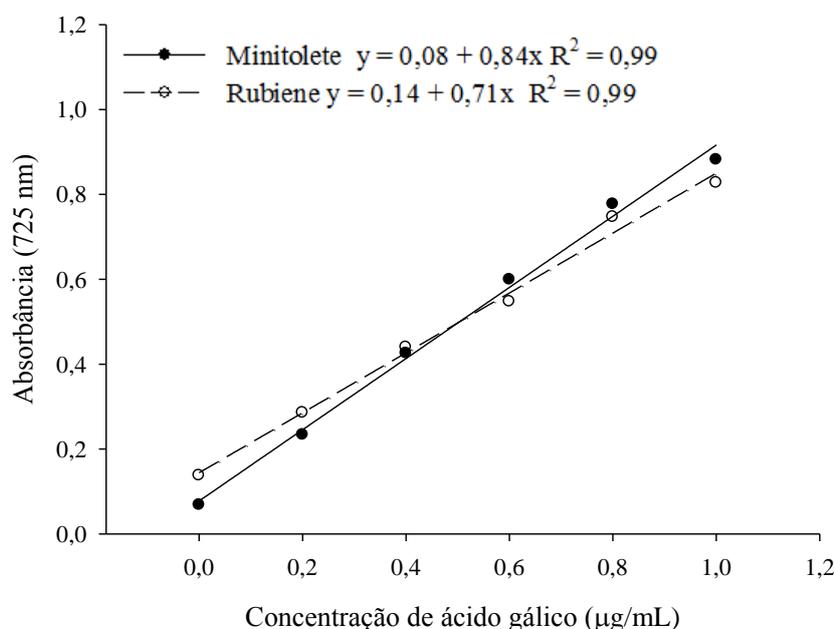


Figura 4. Absorvância a 725 nm em função de diferentes concentrações de Ácido gálico para confecção da curva de calibração para ‘Minitolete’ e ‘Rubiene’.

2.6.9 Polifenoloxidase (PPO. EC 1.10.3.1) e peroxidase (POD. EC 1.11.17)

A extração e a atividade da PPO e POD foram feitas segundo Coelho (2001), com adaptações para mandioca de mesa conforme Medeiros (2009). Amostras de 1 g, retiradas do tecido superficial (± 5 mm do tecido superficial) das raízes minimamente processadas, foram maceradas, em almofariz sob banho de gelo, contendo 6 mL de tampão fosfato de sódio [0,2 M; pH 6,0 e polivinilpirrolidona (PVPP a 1 %)]. Em seguida, o extrato foi centrifugado (Hettich; modelo Universal 320 R), a 7690 g por 23 minutos, 4 °C.

Na atividade da PPO, a reação, com volume final de 2,9 mL, foi composta por 100 μ L do sobrenadante do extrato enzimático e 1,5 mL do tampão fosfato de sódio (102,45 mM; pH 6,0 e PVPP a 1 %). A mistura permaneceu por 1 minuto, em temperatura ambiente (20 ± 5 °C), para estabilização da temperatura. A seguir, acrescentou-se 1,3 mL de catecol (89,65 mM). A reação foi acompanhada, em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8), pela variação da absorbância a 425 nm durante 2 minutos, com leituras a cada 30 segundos. A atividade foi expressa em variação de absorbância por minuto por miligrama de massa fresca.

A atividade da POD foi realizada com reação de volume final de 1,5 mL foi composta por 300 μ L de extrato sobrenadante e 1 mL do tampão de fosfato de sódio (133,33 mM; PVPP a 1 %; pH 6,0). A mistura permaneceu por 1,5 minutos, em temperatura ambiente (20 ± 5 °C), para estabilização da temperatura. A seguir, acrescentou-se 100 μ L de peróxido de hidrogênio (0,005 %) e 100 μ l de guaiacol (0,033 %). A reação foi acompanhada, em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8), pela variação da absorbância a 470 nm por 2 minutos, ocorrendo leituras a cada 30 segundos. A atividade foi expressa em variação de absorbância por minuto por miligrama de massa fresca.

Em ambas as enzimas foi utilizado, como branco, o volume do sobrenadante do extrato enzimático substituído pelo mesmo volume do tampão fosfato monobásico, perfazendo os demais procedimentos analíticos.

2.6.10 Dismutases do superóxido (SOD. EC 1.15.1.1), Catalases (CAT. EC 1.11.1.6) e Peroxidases do superóxido (APX. EC 1.11.1.1)

Amostras de 2 g, retiradas do tecido superficial (± 5 mm do tecido superficial) das raízes minimamente processadas, foram maceradas, em almofariz sob banho de

gelo, contendo 8 mL de tampão fosfato de potássio monobásico (0,1 M; pH 7,0). Foram centrifugadas a 7960 g por 12 minutos a 4 °C.

A atividade das SODs foi determinada conforme Giannopolitis e Ries (1977), com adaptações. A reação, com volume final de 3,0 mL consistiu em 100 µL do sobrenadante do extrato enzimático, 1,5 mL de tampão fosfato de potássio monobásico (50 mM; 0,1 µM EDTA; pH 7,8) 995 µL de metionina (16,58 mM), 375 µL de Nitro blue tetrazolium chloride (NBT) a 75 µM e, por fim, e 3 µL de riboflavina (2 µM). A reação foi exposta à luz (lâmpada fluorescente, 45 W) durante 15 minutos, seguida de leitura em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8) a 560 nm. Foram considerados brancos da reação, os tubos sem extrato, ou seja, substituído pelo tampão fosfato de potássio monobásico, expostos e não expostos à luz. Foi definida uma unidade de atividade de SOD (U) a quantidade de enzima necessária para inibir 50% da redução do NBT e a atividade foi expressa em U por grama de massa fresca por minuto.

A atividade das CATs foi determinada segundo Beers Júnior e Sizer (1952) com adaptações. A reação, com volume final de 1,75 mL foi composta de 350 µL do sobrenadante do extrato enzimático, 1,0 mL de tampão fosfato de potássio monobásico [57,14 mM; 0,1 µM de EDTA; pH 7,0; 40 ° C] e 400 µL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 114,28 mM. A reação foi acompanhada, em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8), a 240 nm, por meio da degradação do H₂O₂ por 1 minuto, ocorrendo leituras a cada 30 segundos. O coeficiente molar de extinção utilizado foi de 36 M⁻¹ cm⁻¹. O resultado foi expresso em µmol H₂O₂ por grama de massa fresca por minuto.

A atividade da APXs foi determinada conforme metodologia Nakano e Asada (1981), com adaptações. A reação, com volume final de 1,79 mL foi composta de 90 µL do sobrenadante do extrato enzimático, 1,2 mL de tampão fosfato de potássio monobásico (33,52 mM; 0,1 µM EDTA; pH 6,0), 250 µL de ascorbato (1,40 mM) e 250 µL de H₂O₂ (13,97 mM). A reação foi acompanhada, em espectrofotômetro (Biochrom; modelo libra S8) a 290 nm, em intervalo de 1 minuto, ocorrendo leituras a cada 30 segundos. O coeficiente molar de extinção utilizado foi de 2,8 mM⁻¹ cm⁻¹ e o resultado foi expresso em µmol ascorbato por grama de massa fresca por minuto.

Nas enzimas CATs e APXs foi utilizado, como branco, o volume do sobrenadante do extrato enzimático substituído pelo mesmo volume do tampão fosfato de potássio monobásico, perfazendo os demais procedimentos analíticos inerentes a cada enzima.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os formatos de mandioca de mesa minimamente processada e tempos de conservação refrigerada para as variáveis pH, sólidos solúveis totais, dismutases do superóxido, catalases e peroxidases do ascorbato. Não houve ajuste a curva de regressão para pH e sólidos solúveis. Para perda de massa fresca, análise visual, fenóis solúveis totais, polifenoloxidase, peroxidase e açúcares solúveis ocorreu efeito significativo para os fatores isolados, sem ajuste à curva de resposta para perda de massa fresca e açúcares solúveis totais.

Optou-se por demonstrar em gráficos de média e desvio-padrão, as variáveis em que não houve interação significativa entre os fatores. Isso porque, verificou-se que as pequenas diferenças não detectadas pela estatística podem possuir explicações biológicas.

3.1 RENDIMENTO AGROINDUSTRIAL (RA)

O rendimento agroindustrial, ao final do processamento mínimo, foi de aproximadamente 81 % para o formato Minitolete e de 68 % para o Rubiene (Tabela 6). A diferença, de aproximadamente 13 %, deve-se ao torneamento, etapa inerente ao formato Rubiene que, mediante abrasão, promove a retirada de tecidos superficiais (BRITO et al., 2013).

Tabela 6. Rendimento agroindustrial para obtenção dos formatos Minitolete e Rubiene de mandioca de mesa minimamente processada, cv. Mossoró, colhida aos 14 meses. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Rendimento Agroindustrial (%)
Minitolete	80,92 a
Rubiene	68,05 b
C.V. (%)	3,04

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

No presente trabalho, observou-se que o rendimento agroindustrial do produto processado depende diretamente do formato escolhido, pois a retirada de tecidos superficiais das raízes promove, conseqüentemente, menor RA. Esses resultados estão em conformidade com o relatado por Junqueira (2009), em que o rendimento agroindustrial do formato Palito foi influenciado pela área de corte. Para áreas de 144 e 100 mm², cuja remoção de tecidos superficiais foi menor, o rendimento foi de 40 % e

33 %, respectivamente. Enquanto que o ‘Palito’ com área de 68 mm², com maior retirada de tecido, em 28 %. Os formatos Meio tolete, Rodela (MARQUES et al., 2009) e Tolete (MEDEIROS, 2009), no qual é retirada apenas a periderme das raízes, apresentaram RA de 55, 40 e 60 % respectivamente. Para o Palito, em 30 %. (MARQUES et al., 2009).

A determinação do rendimento agroindustrial é de fundamental importância para produtores e empresas do ramo dos minimamente processados (CHITARRA; CHITARRA, 2005), pois permite não só estudos sobre a viabilidade do processamento mínimo, bem como, a quantificação dos resíduos, e dessa forma, permite o planejamento logístico da produção e avaliação da eficiência produtiva (CARNEIRO et al., 2004).

Ambos os formatos apresentaram RA acima de 50 %, valor superior aos percentuais encontrados para outros formatos (MEDEIROS, 2009; JUNQUEIRA, 2009; MARQUES et al., 2009). Portanto, recomenda-se o processamento de mandioca de mesa em ‘Minitolete’ e ‘Rubiene’ para produtores e empresas, sendo o ‘Minitolete’ o formato que promoveu maior RA.

3.2 ANÁLISE VISUAL (APARÊNCIA)

Os formatos apresentaram diferenças quanto à incidência de escurecimento nos seus tecidos (Figura 5).

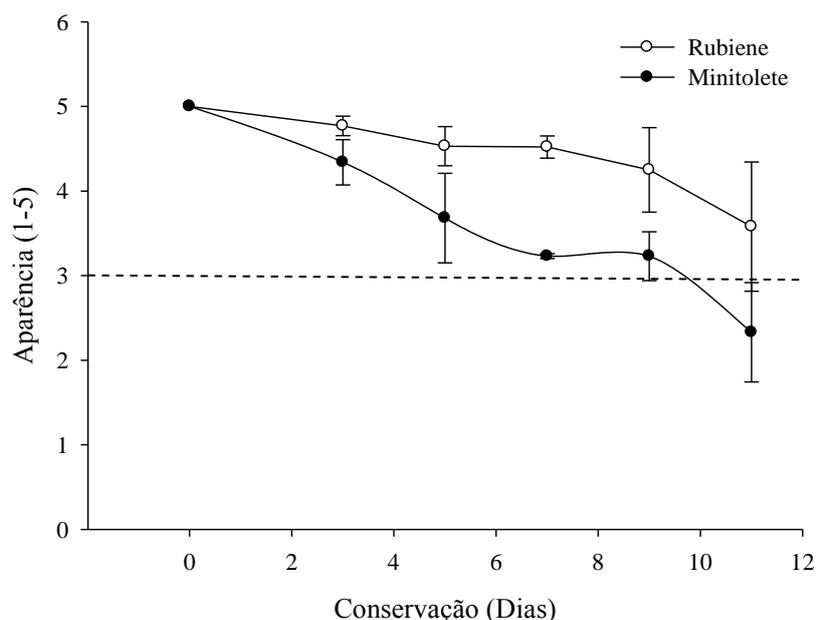


Figura 5. Análise visual de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas (5 ± 2 °C) a 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. A linha segmentada (- -) indica o limite de aceitação do produto processado, referente à nota 3.

O ‘Minitolete’ apresentou queda acentuada na aparência a partir do 3º dia de conservação, devido, principalmente, a presença de manchas escuras iniciadas nos tecidos do sistema I (felogênio e feloderme) das raízes (CARVALHO et al., 2000). Ao 7º dia de avaliação, o ‘Minitolete’ obteve nota inferior ao limite estabelecido, sendo considerado impróprio ao consumo.

Por outro lado, no formato Rubiene, o escurecimento foi incipiente ao longo da conservação, o que resultou em notas acima do limite de aceitação. A leve queda na qualidade foi promovida, sobretudo, pela presença de pequenos traços de amarelecimento, insuficientes para depreciar a aparência abaixo do limite estabelecido. Assim, o ‘Rubiene’ se manteve apto ao consumo durante toda a conservação. Resultado similar ao reportado por Silva et al. (2013) em que o ‘Rubiene’, pôde ser consumido por até 9 dias.

Em geral, o formato Rubiene escureceu menos quando comparado ao Minitolete (Tabela 7). Isso possivelmente ocorreu devido à retirada de tecidos superficiais por meio do torneamento, etapa característica para obtenção desse formato. Os tecidos remanescentes, apesar de serem submetidos a maiores injúrias, não transmitiram o dano na mesma proporção. Isso, possivelmente, está relacionado à menor atividade de

enzimas envolvidas no escurecimento enzimático, PPO e POD (ver tabelas 14 e 15), resultando na manutenção da qualidade por maior período de tempo.

Tabela 7. Análise visual de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Notas (1-5)
Minitolete	3,70 b
Rubiene	4,44 a
C.V. (%)	9,23

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A prolongada vida útil encontrada no presente trabalho é similar à observada por Junqueira (2009) cujos ‘Palitos’ apresentaram estabilidade no índice de escurecimento dos tecidos ao longo de 12 dias de conservação. Assim como observado para os formatos Cateto (COELHO et al., 2012) e Rubiene (COELHO et al., 2012; SILVA et al., (2013).

O formato de mandioca de mesa minimamente processada Minitolete promoveu rápida depreciação do produto, mesmo quando conservado a 5 °C, sendo considerado próprio à comercialização até o 7º dia de conservação. Para o Rubiene, esse prazo pode ser estendido por até 11 dias.

3.3 PERDA DE MASSA FRESCA (PMF)

Observou-se discreto aumento para a perda de massa fresca que atingiu o valor máximo, de 0,11 %, ao 11º dia de conservação (Figura 6). A mandioca minimamente processada, formato Tolete, embalada em polipropileno (PP) e mantida a 5 ± 2 °C também apresentou baixa perda de massa, em 0,26 % (MEDEIROS, 2009) e de 1,2 % para o formato Palito do conjunto produto-embalagem ao 12º dia de conservação (JUNQUEIRA, 2009). O formato ‘Minitolete’ conservado por 5 ± 2 °C durante 10 dias foi de aproximadamente, 0,20 % (MAIA et al., 2013).

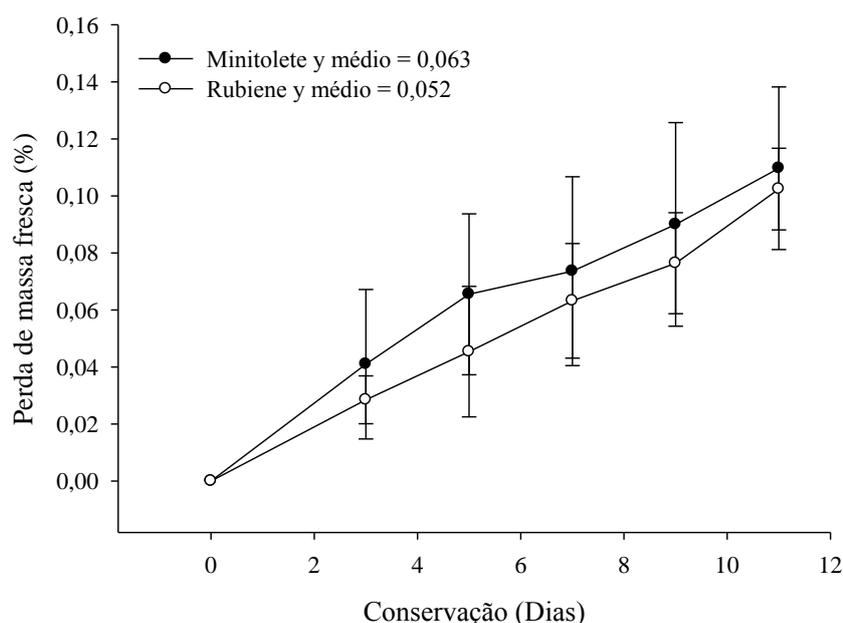


Figura 6. Perda de massa fresca de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O uso da embalagem de polipropileno (PP), independentemente do formato, possibilitou PMF inferior a 1 %, muito abaixo do limite de perda estabelecido de até 3 % da massa fresca por Chitarra e Chitarra (2007), refletindo-se em menor desidratação do produto. Isso sugere que o ressecamento não foi o fator para a perda de qualidade nos formatos estudados, mesmo que as percentagens para o ‘Minitolete’ tenham sido significativamente superiores ao Rubiene’ (Tabela 8). Provavelmente a maior PMF, para o ‘Minitolete’, pode estar relacionada à deposição de lignina que age como barreira natural a perda de água, resultando, portanto em maior suscetibilidade à desidratação.

No presente trabalho, os resultados indicaram a importância do uso da embalagem adequada, que ao promover alta barreira ao vapor d’água, reduziu os sintomas de desidratação. Assim, as diferenças observadas entre os formatos e ao longo da conservação foram consideradas de baixa expressividade.

Tabela 8. Perda de massa fresca de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Perda de massa fresca (%)
Minitolete	0,063 a
Rubiene	0,052 b
C.V. (%)	18,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

3.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Os valores de pH situaram-se entre 6,30 e 6,91 para o ‘Minitolete’ e de 6,25 a 6,67 para o ‘Rubiene’ durante os 11 dias de conservação (Figura 7).

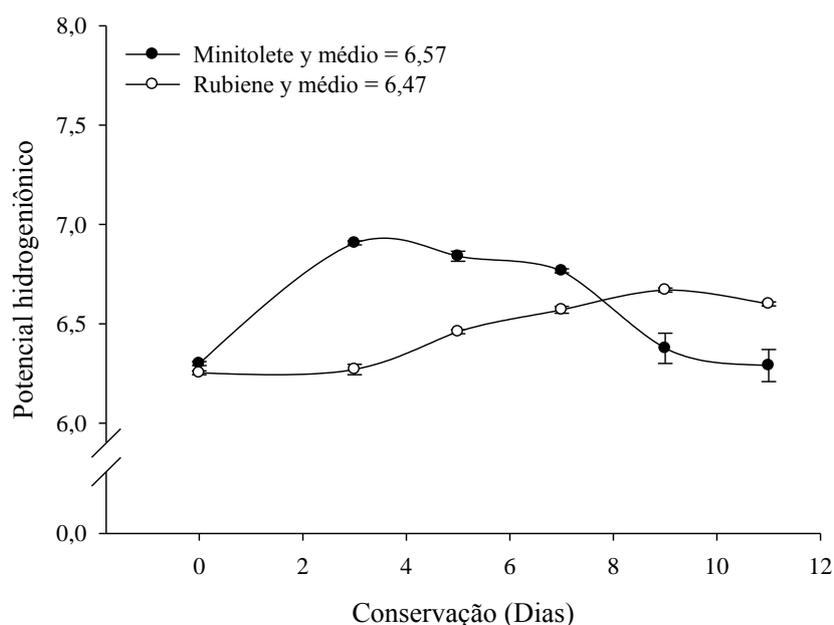


Figura 7. Potencial hidrogeniônico de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias de conservação (5 ± 2 °C). Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Conforme o pH, os produtos são classificados como não ácidos e suscetíveis a contaminação de microrganismos patogênicos (CHITARRA; CHITARRA, 1990). O presente trabalho não teve por objetivo a avaliação microbiológica. Porém, estudos

feitos por Silva et al. (2013) mostram a suscetibilidade da raiz a bactérias psicotróficas do gênero *Pseudomonas* spp.

O ‘Minitolete’, ao final do período de avaliação, obteve valores de pH similares aos observados imediatamente após o processamento mínimo (Figura 7). O ‘Rubiene’, por sua vez, apresentou acréscimos significativos durante toda a conservação, no qual o mais evidente, foi observado ao 9º dia de avaliação (6,72 %), se comparado ao pH do dia 0 (Figura 7). Comparando-se os formatos, as diferenças significativas ocorreram a partir do 3º dia de conservação. Até o 7º dia, o ‘Minitolete’ obteve pH superior ao do ‘Rubiene’. Contudo, a começar do 9º dia, esse comportamento não se confirmou e o formato ‘Rubiene’ apresentou maiores valores de pH (Tabela 9).

Tabela 9. Potencial hidrogeniônico de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Conservação (Dias)					
	0	3	5	7	9	11
Minitolete	6,30 a	6,91 a	6,84 a	6,72 a	6,38 b	6,29 b
Rubiene	6,25 a	6,27 b	6,46 b	6,57 b	6,67 a	6,60 a
C.V. (%)	0,53					

Médias seguidas de mesma letra entre as linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Aumentos no pH tem sido relatados em diversos produtos minimamente processados (KADER, 1986), assim como para a mandioca de mesa (PEDROSO, 2005; MEDEIROS, 2009), mas o mecanismo que explica tal comportamento não está bem elucidado. Acredita-se que esse aumento seja uma consequência da resposta de neutralização da acidez que é promovida pelo metabolismo normal dióxido de carbono, liberado durante a respiração. O CO₂ é eliminado do interior do tecido para o vacúolo ou para o ambiente (KADER, 1986).

As diferenças significativas observadas entre os dias de conservação e formatos, resultaram em valores de pH de baixa amplitude, de 0,66, durante todo o período de avaliação. Isso pode estar relacionado à associação entre temperatura de conservação (SILVA et al., 2013) e embalagem adequada (MEDEIROS, 2009), resultando em eficiente controle da respiração.

3.5 SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)

Detectou-se que no dia 0, o formato ‘Rubiene’ apresentou valores de SS significativamente maiores (19 %) em relação ao ‘Minitolete’ (Tabela 10). Esse comportamento foi verificado em todos os dias de avaliação, com exceção aos sete dias (Tabela 10). Isso, possivelmente, deve-se ao maior acúmulo de glicose (CARVALHO et al., 2004; OLIVEIRA; AGOSTINI; CARVALHO, 2005) e amido (CARVALHO et al., 2004) nos tecidos mais velhos (parênquima de reserva, xilema secundário e xilema primário).

Tabela 10. Sólidos solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Conservação (Dias)					
	0	3	5	7	9	11
Minitolete	9,10 b	8,43 b	7,07 b	7,57 a	7,43 b	5,13 b
Rubiene	10,83 a	9,27 a	8,37 a	7,17 b	8,13 a	9,60 a
C.V. (%)	2,74					

Médias seguidas de mesma letra entre as linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Verificou-se também queda nos SS para ambos os formatos (Figura 8). A mais evidente foi observada para o ‘Minitolete’ aos 11 dias de conservação, em 89 %. O ‘Rubiene’ obteve decréscimo de 56 %. Isso pode ser explicado pela exposição dos formatos ao estresse mecânico, provocado via processamento mínimo. Os tecidos injuriados apresentam maiores taxas de respiração com consequente utilização do açúcar como substrato respiratório, reduzindo o teor de SS (PINELI et al., 2005; NUNES; VILAS BOAS; XISTO, 2011). Ademais, o estresse mecânico, por promover o colapso das células, permite o extravasamento do suco celular, contribuindo também para tais reduções, como relatado por Sasaki et al. (2006).

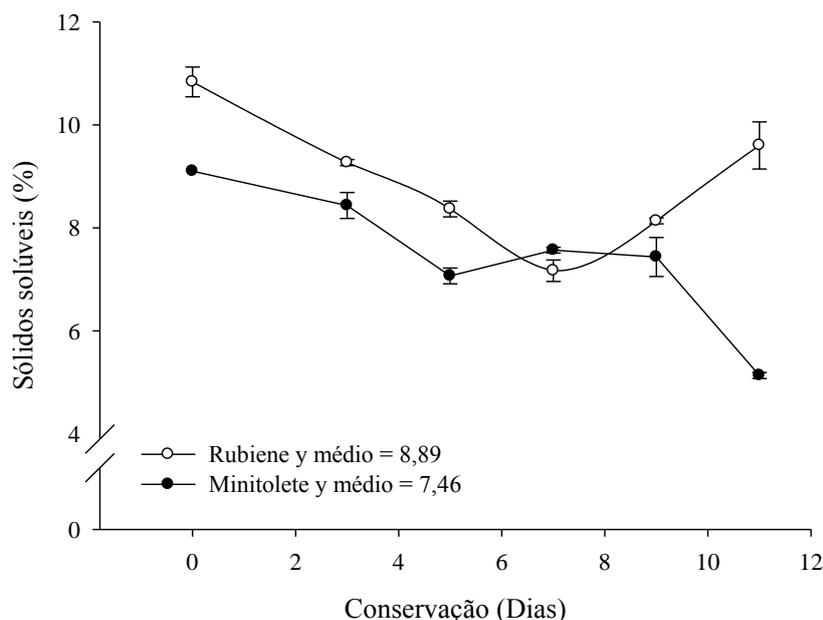


Figura 8. Sólidos solúveis de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST.

Portanto, o formato Rubiene apresentou maior teor de SS em relação ao Minitolete. Durante os 11 dias de avaliação, os teores foram reduzidos para ambos os formatos.

3.6 AÇÚCARES SOLÚVEIS (AS)

Logo após o processamento mínimo, o formato ‘Rubiene’ apresentou maior teor de açúcares (2,09 %), em relação ao observado pelo ‘Minitolete’ (Figura 15), percentual similar ao verificado entre os formatos, em que o ‘Rubiene’ foi superior em 2,38 % (Tabela 11). Ainda, ambos os formatos apresentaram estabilidade na concentração de AS o longo da conservação refrigerada (Figura 9). Esses resultados indicam equilíbrio entre a síntese de açúcares, resultado da degradação do amido e o seu consumo, através da respiração, mascarando a queda real dos açúcares durante a conservação.

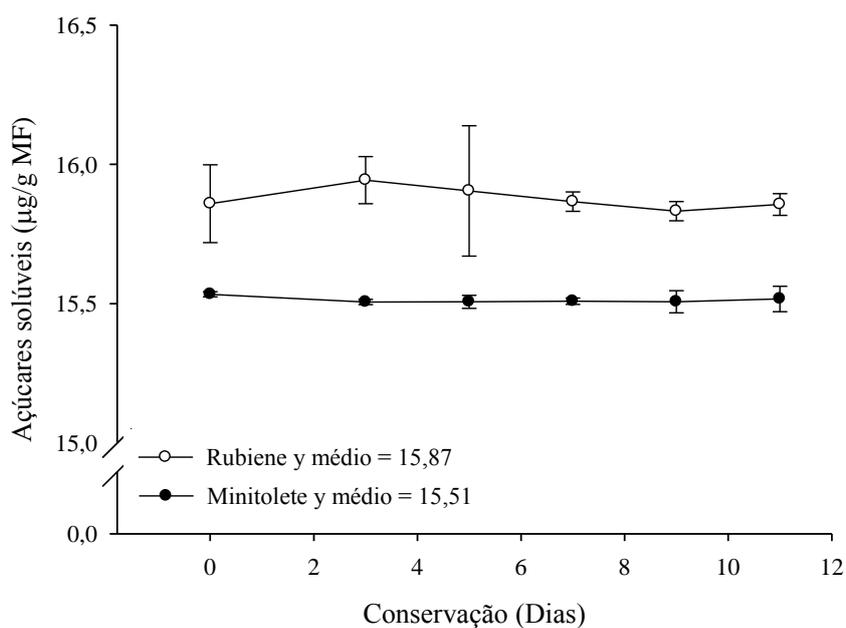


Figura 9. Açúcares solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST.

O maior teor de açúcares verificado para o ‘Rubiene’ logo após o processamento mínimo, em relação ao ‘Minitolete’ (Figura 9) e também entre os formatos (Tabela 11), se deve, possivelmente, ao padrão de distribuição de açúcar e amido que está relacionado à idade do tecido, como descrito por Carvalho et al. (2004). Em diversos tipos de mandioca, o principal açúcar livre encontrado na fração solúvel em água foi a glicose (CARVALHO et al., 2004).

O teor de glicose está relacionado ao tipo e a capacidade de armazenamento de cada tecido (OLIVEIRA; AGOSTINI; CARVALHO et al., 2005). Os sistemas de tecidos mais jovens I (felogênio e feloderme) e II (floema e câmbio) apresentam menor conteúdo de glicose, enquanto que o sistema III, formado por tecidos mais velhos (parênquima de reserva, xilema secundário e xilema primário), obteve maior teor de glicose (OLIVEIRA; AGOSTINI; CARVALHO et al., 2005; CARVALHO et al., 2004). Para o amido, foi verificado o mesmo comportamento (CARVALHO et al., 2004). Esses resultados corroboram com o relatado nesse trabalho em o formato ‘Rubiene’, cujas amostras foram retiradas de tecidos mais internos em relação ao

‘Minitolete’, apresentam maior teor de açúcares solúveis (Tabela 11), conseqüentemente, maior teor de SS (Tabela 10).

Tabela 11. Açúcares solúveis em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Açúcares solúveis ($\mu\text{g/g MF}$)
Minitolete	15,51 b
Rubiene	15,88 a
C.V. (%)	0,34

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Assim, o formato ‘Rubiene’, cujas amostras foram retiradas de tecidos mais internos em relação ao ‘Minitolete’, apresentam maior teor de açúcares solúveis (Tabela 11), corroborando com maior teor de SS nesse formato (Tabela 10). Durante os 11 dias de avaliação, os teores foram mantidos para ambos os formatos.

3.7 TEMPO DE COCÇÃO (TC)

Imediatamente após o processamento mínimo, o formato ‘Minitolete’ obteve TC superior ao ‘Rubiene’ em 2,83 minutos. Após 11 dias, o comportamento foi invertido, e o Rubiene foi superior em 1,84 min. (Tabela 12).

Tabela 12. Tempo de cocção de raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a $5 \pm 2^\circ\text{C}$ por 0 e 11 dias de conservação. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Conservação (Dias)	
	0	11
Minitolete	26,09 aB	29,57 Ba
Rubiene	23,26 bB	31,41 Aa
C.V. (%)	0,33	

Letras minúsculas comparam os formatos em cada dia de conservação refrigerada, enquanto que, letras maiúsculas comparam os dias de conservação refrigerada dentro de cada formato. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O maior tempo de cozimento inicialmente observado para o ‘Minitolete’ se deve, possivelmente, ao maior volume dos pedaços, resultando em menor velocidade de hidratação dos tecidos e maior tempo para que o centro do formato seja cozido. Aos 11 dias, mesmo o ‘Minitolete’ sendo o formato com maior volume, o ‘Rubiene’ demorou

mais a cozinhar. Isso pode estar relacionado à maior perda de massa fresca (Ver tabela 8).

Comparando-se o início e final da conservação, verificou-se que o tempo de cocção aumentou para ambos os formatos (Tabela 12). O acréscimo mais evidente foi registrado para o ‘Rubiene’, em 8,15 min, enquanto que o ‘Minitolete’ apresentou acréscimo de 3,48 min. Isso pode ser explicado devido ao torneamento que, possivelmente, potencializou a ativação de mecanismos de defesa que possibilitam à deposição de compostos fenólicos insolúveis, como a lignina, nas paredes das células danificadas (DIXON; PAIVA, 1995). A deposição de lignina, por sua vez, forma uma barreira que pode ter impedido o calor de contribuir o amolecimento dos tecidos, mantendo por mais tempo a textura inicial da polpa das raízes.

Dessa forma, ambos os formatos apresentaram tempos de cocção próximos ao limite de aceitação – de 15 a 25 minutos e não excederam a 30 minutos – (WHEATLEY; GÓMEZ, 1985), revelando a boa qualidade culinária das raízes (BORGES; FUKUDA; ROSSETTI, 2002). Ressaltando-se que o menor TC foi obtido na associação entre o formato Rubiene ao dia 0 de conservação, refletindo-se, assim, em melhor qualidade na massa cozida.

3.8 FENÓIS SOLÚVEIS TOTAIS (FST)

Os formatos apresentaram diferenças quanto aos teores de FST. O ‘Rubiene’ apresentou, ao dia 0 de conservação, teores duas vezes superiores aos do ‘Minitolete’, tendência mantida ao longo da conservação (Figura 10). Quando se comparou os valores médios, também se observou o mesmo comportamento, no qual o ‘Rubiene’ foi superior em duas vezes (Tabela 13).

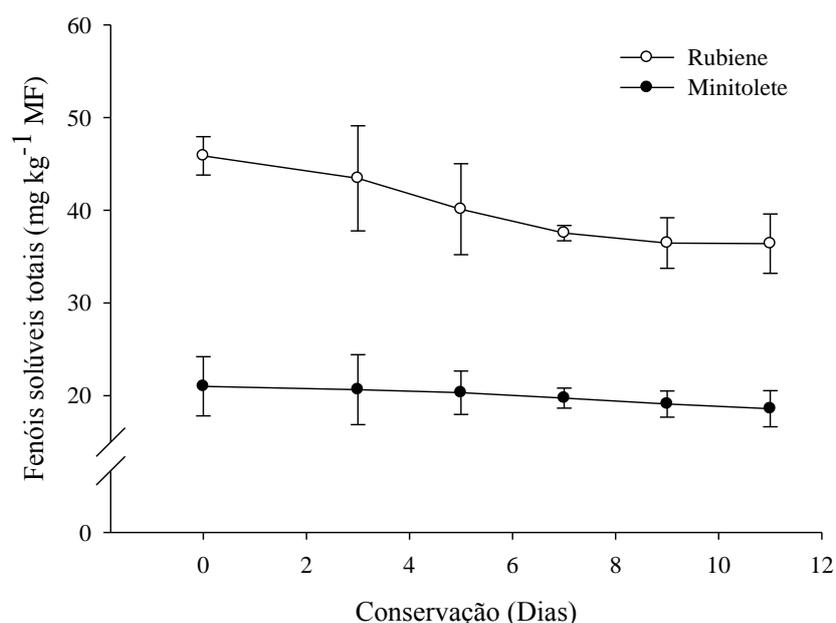


Figura 10. Fenóis solúveis totais em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitoleta e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Esses resultados podem estar associados à maior ativação, sobretudo para o ‘Rubiene’ do metabolismo fenólico via enzima fenilalanina amonialiase (PAL) que é a primeira envolvida no metabolismo dos fenilpropanóides (DIXON; PAIVA, 1995), responsável pela biossíntese de FST. Ademais, a menor atividade das enzimas polifenoxidase (PPO) e peroxidase (POD) registrada no ‘Rubiene’, provavelmente, ocasionou maior acúmulo de fenóis, uma vez essas enzimas promovem a redução do teor de FST nos tecidos, mediante oxidação (Ver figuras 11 e 12).

Tabela 13. Fenóis solúveis totais em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhida aos 14 meses, minimamente processada nos formatos Minitoleta e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Fenóis solúveis totais (mg Kg ⁻¹ MF)
Minitoleta	19,90 b
Rubiene	39,97 a
C.V. (%)	11,17

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Acredita-se que os maiores teores de FST para o formato 'Rubiene', verificados ao longo de toda a conservação em relação ao 'Minitolete' (Figura 10 e tabela 13), deve-se ao intenso ferimento, causado pelo torneamento, no qual estimulou a atividade da PAL. Assim, apesar das amostras para FST terem sido coletadas algumas horas após o torneamento, esse tempo foi suficiente para alterar o metabolismo dos fenilpropanóides. Isso possivelmente ocorreu devido ao estímulo promovido pela abrasão dos tecidos na torneadora que potencializou a produção de um elicitor, de natureza desconhecida, responsável pela comunicação intercelular, que promove, por sua vez, acréscimos na PAL em tecidos adjacentes as injúrias, como verificado por Saltveit et al. (2005), Choi, Tomás-barberán e Saltveit (2005) e Simões et al. (2010), e/ou através da indução de espécies reativas de oxigênio (EROS) (OROZCO-CÁRDENAS et al., 2001).

Mudanças no conteúdo de FST, juntamente com o aumento de atividade da PAL observadas em mandioca indicam que o aumento nos FST é, pelo menos em parte, devido à síntese *de novo* da PAL (WENHAM, 1995). Essas respostas resultam em maior acúmulo de compostos fenólicos solúveis. Resultado similar, ao encontrado por esse trabalho foi relatado por Vitti (2007) em batata inglesa Monalisa minimamente processada sem tratamento, cuja maior atividade da PAL resultou em maior teor de FST em relação às demais cultivares e tratamentos.

O escurecimento enzimático é influenciado diretamente pelo tipo e concentração do substrato fenólico (MARTÍN-BELLOSO; OLIVA-FORTUNY, 2006). A concentração de FST nos tecidos é resultado do balanço entre sua síntese e consumo (REYES et al., 2007). Os principais compostos fenólicos identificados em mandioca associados ao desenvolvimento de deterioração fisiológica incluem a escopoletina, escopolina, esculina, proantocianidinas, (+)-catequina e (+)-galocatequina (RICKARD, 1985).

Acredita-se que a queda de 88 % verificada entre o início e o final das avaliações para o 'Minitolete' (Figura 10) ocorreu, principalmente, em função da oxidação da escolopetina que é o principal responsável pelo escurecimento vascular em mandioca (TANAKA et al., 1983). Isso resultou na produção de pigmentos insolúveis e escuros, como a melanina, depreciando rapidamente a qualidade (Ver figura 5). Enquanto que, no 'Rubiene', cujo decréscimo registrado foi de 79 % (Figura10), pode ter havido a oxidação de compostos fenólicos que não resulta na produção de compostos escuros,

uma vez que esse formato apresentou apenas sintomas de amarelecimento em seus tecidos (Ver figura 5).

As respostas encontradas ao longo da conservação nesse trabalho, para o ‘Rubiene’ estão em conformidade com relatado por Junqueira (2009) em mandioca de mesa minimamente processada no formato Palito e conservada a 5 ± 2 °C. Foi verificado decréscimo nos teores de FST durante os 12 dias de avaliações, mas não foi relatado escurecimento.

Em adição, a queda nos FST em ambos os formatos também pode estar relacionada à cicatrização dos tecidos injuriados com desvio em direção à formação de fenóis insolúveis, tais como a lignina (REYES et al., 2007), o que pode explicar o aumento no tempo de cocção das raízes ao longo da conservação (Ver tabela 12) . Ainda, podem ter ocorrido devido ao seu papel como agentes antioxidantes, no qual reagem com os radicais livres, retardando os efeitos deletérios do estresse oxidativo (FERRARI; TORRES, 2003).

Assim, independentemente do formato, os teores de FST decresceram durante a conservação, no entanto, os formatos apresentaram respostas diferenciadas quanto ao escurecimento dos tecidos. O consumo do Rubiene possivelmente trará maiores benefícios à saúde, isso porque possui maior concentração de FST em relação ao Minitolete.

3.9 POLIFENOLOXIDASE (PPO) E PEROXIDASE (POD)

Observou-se que no dia 0, o formato Minitolete apresentou atividade superior em aproximadamente quatro vezes na atividade da PPO em relação ao ‘Rubiene’ (Figura 11).

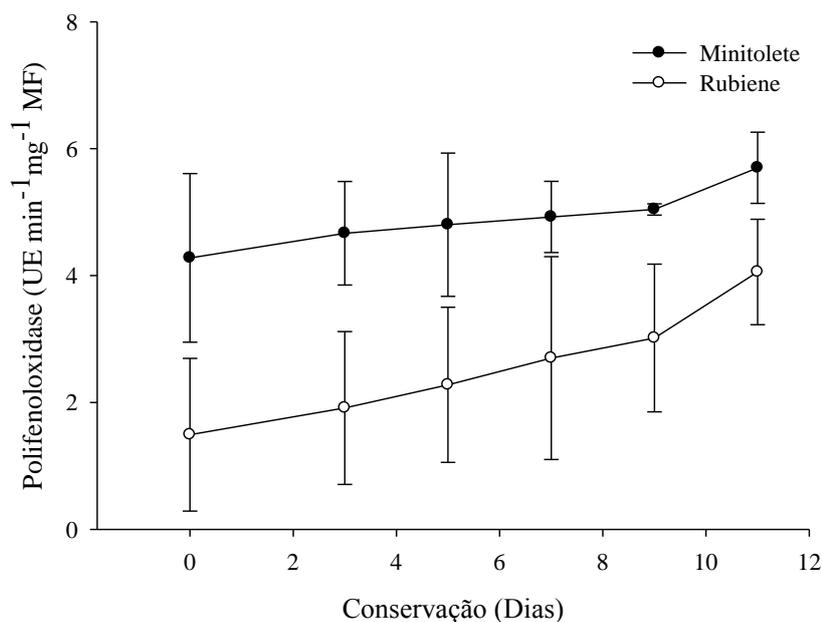


Figura 11. Atividade da Polifenoloxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST.

Essa tendência foi mantida durante os 11 dias de conservação (Figura 11) e confirmada pela diferença de 91 % registrada entre os formatos, com maior atividade da PPO para o ‘Minitolete’ (Tabela 14). Além disso, durante os dias de avaliações, foram observados acréscimos na atividade enzimática, sendo para o ‘Minitolete’ em 33 % e para o ‘Rubiene’ em, aproximadamente, quatro vezes (Figura 11).

Imediatamente após o processamento mínimo, o formato ‘Minitolete’ apresentou atividade da POD superior a do ‘Rubiene’, em 29 % (Figura 12). Assim como verificado na atividade da PPO, esse comportamento foi mantido durante os 11 dias de avaliação, resultando em maior atividade enzimática para o ‘Minitolete’, em 34,5% (Tabela 15). Durante a conservação, houve aumentos na atividade enzimática da POD, cujo acréscimo verificado entre o início e o final das avaliações foi de 21 % e 4 % para o ‘Minitolete’ e ‘Rubiene’, respectivamente (Figura 12).

Tabela 14. Atividade da Polifenoloxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses e minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Polifenoloxidase (UE min ⁻¹ mg ⁻¹ MF)
Minitolete	4,90 a
Rubiene	2,57 b
C.V. (%)	24,21

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O aumento da atividade da PPO e POD durante os 11 dias de conservação refrigerada (Figura 11 e 12) pode estar associada ao decréscimo nos teores de FST, (Figura 10). Isso porque, os FST são substratos para estas enzimas (CAMPOS; SILVEIRA, 2003). Aumentos na atividade da PPO e POD durante a conservação parecem ocorrer em raízes que escurecem, a exemplo da mandioca de mesa (MEDEIROS, 2009), mandioquinha-salsa (NUNES et al., 2010) e batata inglesa cv. Monalisa (VITTI, 2007).

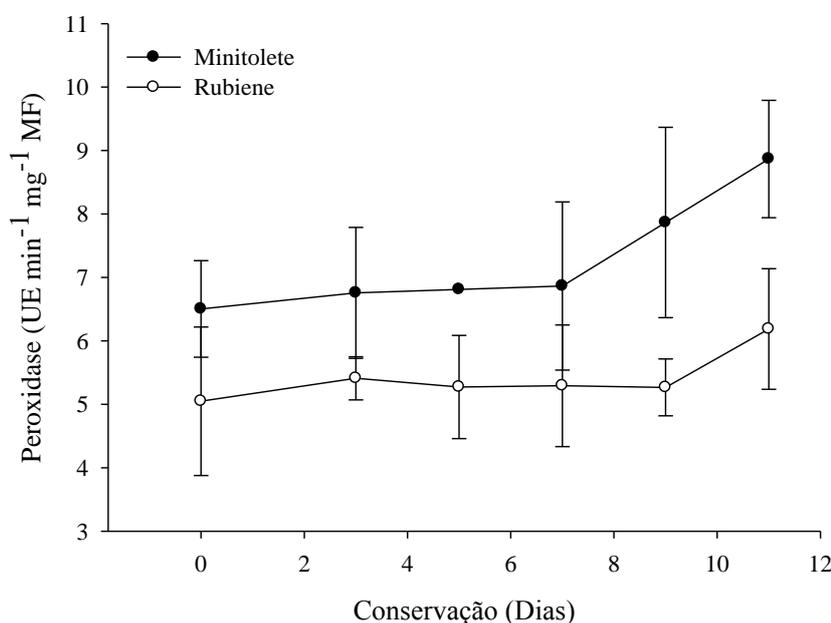


Figura 12. Atividade da Peroxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. UFRPE-UAST, 2014.

A atividade da POD pode ter ação sinérgica com a PPO (SUBRAMANIAN et al., 1999). Quanto maior a oxidação de alguns compostos fenólicos solúveis, por meio da PPO, maior é a produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), substrato para a POD (SUBRAMANIAN et al., 1999). Ademais, as injúrias associadas ao processamento mínimo, podem estimular o estresse oxidativo mediante aumento da taxa respiratória dos tecidos, resultando em acréscimos nos teores de espécies reativas de oxigênio (EROS), a exemplo do H_2O_2 , como ocorre em plantas submetidas a condições ambientais adversas (MITTLER, 2002). Dessa forma, ocorre a estimulação das peroxidases que atuam na remoção de átomos de hidrogênio dos álcoois, combinando-os com o H_2O_2 para formar moléculas de água (SALISBURY; ROSS, 1992).

Tabela 15. Atividade da Peroxidase em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Peroxidase (UE min ⁻¹ mg ⁻¹ MF)
Minitolete	7,28 a
Rubiene	5,41 b
C.V. (%)	14,27

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O processamento de mandioca no formato Palito exigiu a retirada de tecidos compreendidos desde a periderme até porções do xilema central (JUNQUEIRA, 2009). Nesse formato, não foi evidenciado escurecimento, apesar dos decréscimos observados para o FST ao longo da conservação (JUNQUEIRA, 2009). Esses resultados corroboram com o evidenciado no presente trabalho em que as células parenquimáticas mais internas, apesar de terem sido expostas pela abrasão promovida por meio do torneamento, não responderam proporcionalmente ao dano em relação aos tecidos que não foram torneados. Ressalta-se que, em ambos os formatos, os tecidos amostrados foram retirados dos 5 mm mais superficiais. Isso sugere que as respostas aos ferimentos dependem da região do tecido, conseqüentemente a evolução do escurecimento enzimático foi diferenciada entre os formatos. O ‘Minitolete’ escureceu intensamente, enquanto que o ‘Rubiene’ apresentou apenas manchas amareladas (Ver figura 5).

Portanto, o formato Minitolete apresentou maior atividade para PPO e POD em relação ao Rubiene, no qual pode estar diretamente relacionado à suscetibilidade ao escurecimento dos tecidos.

3.10 DISMUTASES DO SUPERÓXIDO (SODs), CATALASES (CATs) E PEROXIDASES DO ASCORBATO (APXs)

A atividade das SODs, logo após o processamento mínimo, foi superior em 19 % para o ‘Minitolete’ se comparado ao ‘Rubiene’ (Tabela 16 e figura 13). Esse comportamento foi mantido durante toda a conservação, porém as diferenças significativas entre os formatos ocorreram a partir do 3º dia de avaliação. A mais evidente foi observada ao 11º dia, em 60 % (Tabela 16).

Tabela 16. Atividade das Dismutases do superóxido em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Dismutases do superóxido (UA g ⁻¹ MF min ⁻¹)					
	Conservação (Dias)					
	0	3	5	7	9	11
Minitolete	8,02 a	14,88 a	19,25 a	21,62 a	22,34 a	22,37 a
Rubiene	6,72 a	6,86 b	8,20 b	8,40 b	8,77 b	8,97 b
C.V. (%)	7,00					

Médias seguidas de mesma letra, entre linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Durante a conservação, a atividade da SOD foi crescente independentemente do formato (Figura 13). Ao 11º dia de conservação, foram constatados, para o ‘Minitolete’, acréscimos de aproximadamente três vezes, em relação ao registrado ao dia 0. Para o ‘Rubiene’, o aumento foi de 33 % (Figura 13).

Raízes de mandioca dos tipos selvagem e transgênica exibiram, 24 horas após a colheita, maior atividade das SODs, mantendo seus níveis elevados até às 96 horas (Xu et al., 2013). Isso resultou em aumento na concentração de H₂O₂, sobretudo em plantas transgênicas (Xu et al., 2013). No presente trabalho, ambos os formatos tiveram os níveis de SODs aumentados ao longo do tempo, atingindo o pico de atividade em aproximadamente 11 dias de conservação, referente a 264 horas (Figura 13). Os

incrementos observados refletem a desintoxicação do tecido vegetal mediante eliminação do radical $O_2^{\cdot -}$, com conseqüente produção de H_2O_2 (APEL; HIRT, 2004).

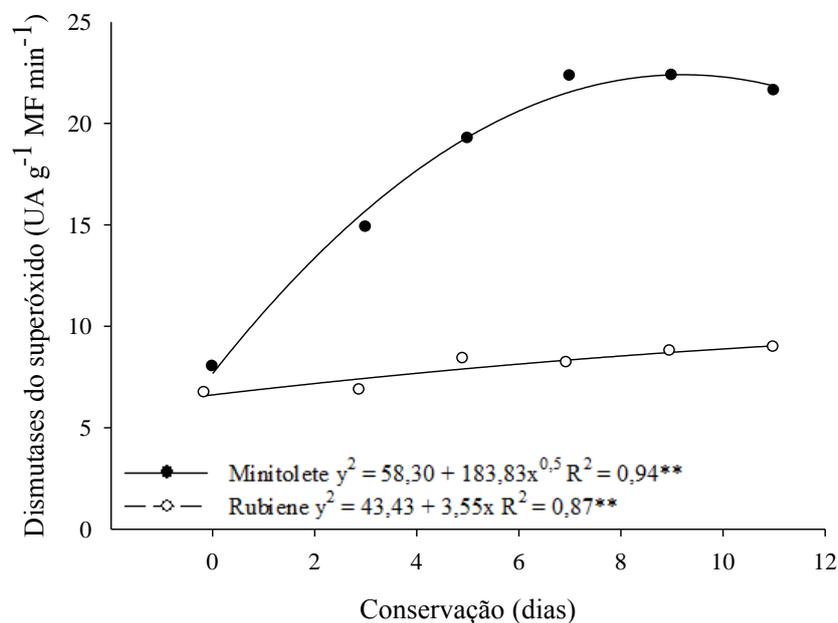


Figura 13. Atividade das Dismutases do superóxido em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitoleta e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. UFRPE-UAST, 2014.

Assim como verificado para as enzimas envolvidas no escurecimento enzimático, PPO e POD, a menor atividade das SODs no ‘Rubiene’ em relação ao ‘Minitoleta’, deve-se, possivelmente, aos diferentes tecidos amostrados. Para o ‘Minitoleta’, foi coletado os 5 mm de espessura superficiais sem a periderme. No ‘Rubiene’, os pedaços ainda passaram pelo processo de abrasão causado pelo torneamento, retirando mais camadas de células da superfície. Isso ratifica que diferentes células da superfície respondem diferentemente aos danos oxidativos.

Imediatamente após o processamento mínimo e até 7º dia de conservação, a atividade das CATs foi semelhante nos dois formatos estudados (Tabela 17). Aos 11 dias de avaliação, a diferença observada entre os formatos foi de 35 %, no qual o ‘Minitoleta’ foi superior ao ‘Rubiene’. Ainda, durante os 11 dias de conservação refrigerada, a atividade das CATs foi incrementada. Para o ‘Minitoleta’, o acréscimo observado foi de 42 %, enquanto que no ‘Rubiene’ foi de apenas 18 % (Figura 14 e tabela 17).

Tabela 17. Atividade das Catalases em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Catalases ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{MF min}^{-1}$)					
	Conservação (Dias)					
	0	3	5	7	9	11
Minitolete	14,40 a	16,37 a	17,17 a	17,88 a	23,20 a	24,85 a
Rubiene	15,08 a	16,09 a	16,72 a	16,81 a	17,82 b	18,45 b
C.V. (%)	10,93					

Médias seguidas de mesma letra, entre linhas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O formato Minitolete obteve atividade das APXs superior ao Rubiene, em 69 %, em todas as avaliações (Tabela 18). Ao dia 0 de conservação, o ‘Minitolete’ foi superior ao ‘Rubiene’ em 72 % (Figura 15). Isso mostra que o ‘Minitolete’ apresenta tecidos mais suscetíveis ao aumento transitório da atividade das APXs, em relação aos provenientes do ‘Rubiene’.

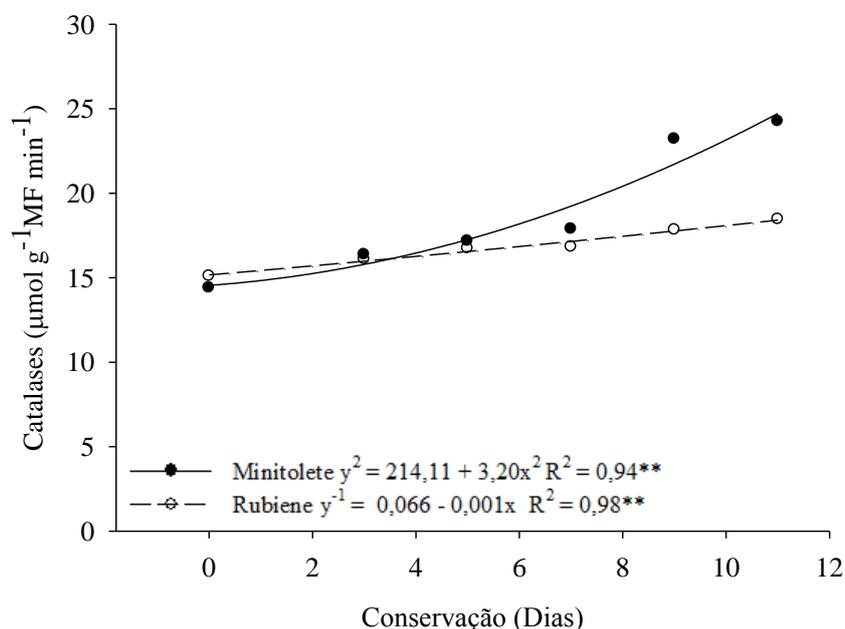


Figura 14. Atividade das Catalases em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Verificou-se também, incremento na atividade das APXs durante a conservação (Figura 15). Para o ‘Minitolete’, em 52 % quando comparados os valores observados ao 11º dia após o processamento mínimo, em relação ao dia 0. Para o ‘Rubiene’, esse acréscimo foi de 55 %. Esse comportamento foi observado para SODs e CATs (Ver figuras 13 e 14; Tabelas 16 e 17, respectivamente) que também atuam na remoção de EROS.

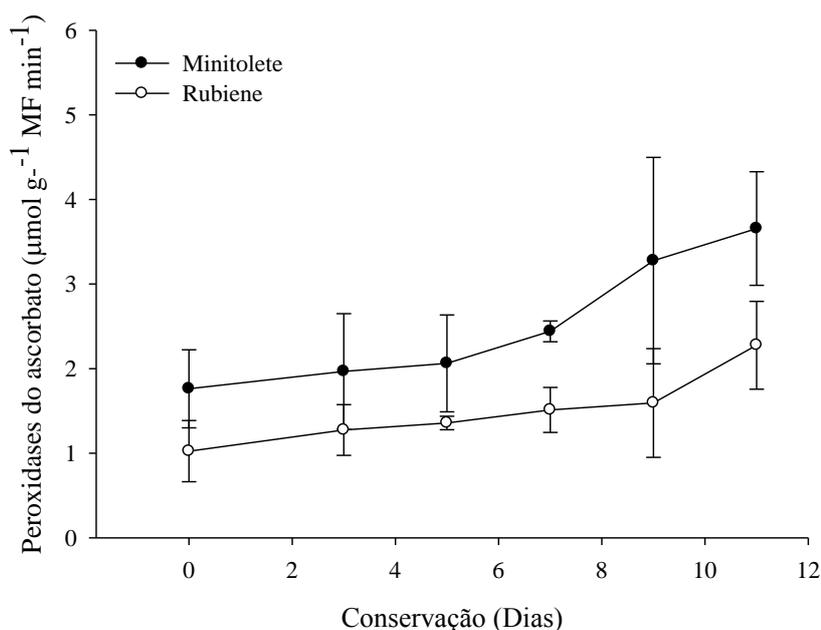


Figura 15. Atividade das Peroxidases do ascorbato em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias nos formatos Minitolete e Rubiene. UFRPE-UAST, 2014.

De forma geral, verificou-se que o estímulo à atividade das SODs, sobretudo no ‘Minitolete’, gerou maior concentração de H_2O_2 em seus tecidos, promovendo maior ação de enzimas secundárias envolvidas em sua neutralização, a exemplo das CATs (Ver figura 14) e APXs (Figura 15). Assim como verificado por Xu et al. (2013) em plantas de mandioca do tipo selvagem e para as transgênicas, cujo aumento na CATs foi verificado até 48 horas após a colheita.

O acúmulo de EROS e o escurecimento enzimático em mandioca de mesa são eventos correlacionados, no qual as EROS atuam, possivelmente, em duas vertentes: moléculas de sinalização, promovendo a morte celular programada e na oxidação dos fenóis solúveis (XU et al., 2013). Durante a fase inicial da DFP em mandioca ocorre a conversão imediata do radical $O_2^{\cdot-}$ e que as CATs disponíveis foram suficientes para

catalisar a conversão dessas EROS à água e oxigênio, diminuindo a concentração de H_2O_2 às 24 h após a colheita (XU et al., 2013). Após isso, o aumento gradual da atividade das CATs foi insuficiente para acompanhar o acúmulo de H_2O_2 . Os autores atribuíram esse fato a uma possível razão para o início de sintomas de deterioração fisiológica pós-colheita.

Tabela 18. Atividade das Peroxidases do ascorbato em raízes de mandioca de mesa, cv. Mossoró, colhidas aos 14 meses, minimamente processadas nos formatos Minitolete e Rubiene e conservadas a 5 ± 2 °C por 0, 3, 5, 7, 9 e 11 dias. Serra Talhada – PE, UFRPE-UAST, 2014.

Formato	Peroxidase do ascorbato ($\mu\text{mol ascorbato g}^{-1}\text{MF min}^{-1}$)
Minitolete	2,53 a
Rubiene	1,50 b
C.V. (%)	24,93

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados encontrados no presente trabalho indicam que o aumento proveniente na atividade das SODs, CATs e APXs, obtidos, sobretudo, para o formato Minitolete (Figuras 13, 14 e 15), não foram proporcionais para minimizar os efeitos citotóxicos advindos do acúmulo de EROS. Isso resultou em sintomas de DFP, com consequente depreciação na aparência (Ver figura 5). Resultados similares foram encontrados por Reilly et al. (2001) e Owiti et al. (2011) que reportaram aumento na atividade para SODs e CATs, no entanto, os acréscimos foram tardios e não impediram o surgimento de sintomas visíveis de deterioração fisiológica pós-colheita.

Assim, o formato Minitolete apresentou maior atividade do sistema de proteção oxidativa enzimático (SODs, CATs e APXs) quando comparado ao Rubiene. Esse sistema se tornou mais ativo durante a conservação, porém a crescente atividade de desintoxicação celular não impediu a depreciação da qualidade das raízes. Por outro lado, o ‘Rubiene’ apresentou menor atividade das SODs, CATs e APXs em relação ao ‘Minitolete’, com discretos aumentos ao longo da conservação, sendo esses satisfatórios para manutenção da qualidade.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados pode-se inferir que a intensidade do ferimento nem sempre resulta em incremento na atividade de enzimas do metabolismo fenólico e de desintoxicação celular, ou seja, que as mudanças nesses metabolismos, em mandioca de mesa, são tecido-dependente. Ao que se parece, as células do parênquima de reserva, remanescentes no formato Rubiene, são menos responsivas a deterioração fisiológica pós-colheita. Contrapondo-se a sensibilidade observada nos tecidos superficiais do 'Minitolete'.

Dessa forma, a intensidade do ferimento não se mostrou relacionada ao escurecimento, tampouco a severos danos oxidativos. Isso resultou em prolongamento da qualidade do formato Rubiene, considerado apto ao consumo por até 11 dias a 5 ± 2 °C após o processamento mínimo, 4 dias a mais em relação ao 'Minitolete'.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. P. **Cultivares de mandioca de mesa e idades de colheita: avaliação agrônômica e adequação ao processamento mínimo**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2013.
- APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, p. 373-399, 2004.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1999. 416 p.
- BARROS, J. F. et al. Qualidade de minitoletes de mandioca de mesa submetidos à centrifugação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA, 3., e ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO, 4., 2011, Nova Friburgo. **CD-ROM...** Nova Friburgo: SPC/EPM, 2011.
- BEERS JUNIOR, R. F.; SIZER, I. W. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxidase by catalase. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 195, n. 2, p. 133-140, nov.1952.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS/SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 32 p.
- BORGES, M. F.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.
- BRITO, F. A. L et al. Influence of minimum processing procedures on the quality of sweet cassava. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 2, p. 189-196, 2013.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M. L. **Metodologia para a determinação da peroxidase e da polifenol oxidase em plantas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. 3 p. (Comunicado Técnico, 87).

CARNEIRO, P. C. F. et al. Processamento do jundiá *Rhamdia quelen*: rendimento de carcaça. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.2, n.3, p. 11-17, jul./set. 2004.

CARVALHO, L. J. C. B, CABRAL, G. B.; CAMPOS, L. **Raiz de reserva de mandioca: um sistema biológico de múltiplas utilidades**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 16 p. (Série Documentos, 44).

CARVALHO, L. J. C. B. et al. Identification and characterization of a novel cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clone with high free sugar content and novel starch. **Plant Molecular Biology**, v. 56, p. 643-659, 2004.

CAVALCANTE, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a.aproximação**. 2 ed. rev. Recife, PE: IPA, 2008. 212 p. il.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras, MG: UFLA, 2005. 78p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, MG: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CHITARRA, M. I. F. CHITARRA, A. B. Processamento mínimo de alface. In: MORETTI, C. L (Ed.). **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças e SEBRAE, 2007. v. 1, cap. 16, p.299-342.

CHOI, Y. J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; SALTVEIT, M. E. Wound-induced phenolic accumulation and browning in lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf tissue is reduced by exposure to n-alcohols. **Post. Biol. Technol.**,v. 37, p.47-55, 2005.

COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface Americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

COELHO D. G. et al. Adequação do tempo de torneamento para ‘minimacaxeiras’. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 52., 2012, Salvador. **CD-ROM...** Salvador: ABH, 2012.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Ed.) **Carbohydrates chemistry**. Nova York: Academic Press, 1962. v.1, p.477-512,

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. **Plant Cell**, v.7, p.1085-1097, 1995.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FERRARI C. K. B.; TORRES E. A. F. S. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v.57, n.5-6, p.251–260, 2003.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES, S. K. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, n. 2, p. 309-314, 1977.

IYER S.; MATTINSON D. S.; FELLMAN, J. K. Study of the early events leading to cassava root postharvest deterioration. **Trop. Plant Biol**, v. 3, p. 151–165, 2010.

JANDEL SCIENTIFIC. **Tablecurve: curve fitting software**. Corte madeira, CA: Jandel Scientific, 1991. 280 p.

JUNQUEIRA, M. S. **Conservação de mandioca minimamente processada no formato Palito**. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, p. 99-104, 1986.

LANA, M. M. et al. Cenourete e catetinho: minicenouras brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 376-379, nov., 2001.

MAIA, R. K. M. et al. Qualidade de mandioca de mesa minimamente processada conservada em diferentes embalagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. **CD-ROM...** Salvador: SBM, 2013.

MARTÍN-BELLOSO, O.; SOLIVA-FORTUNY, R. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of fresh-cut fruits. **Stewart Postharvest**, v. 2, n. 1, fev. 2006.

MARQUES, C. S. et al. Rendimento e avaliação sensorial em Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) minimamente processada em diferentes formatos. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19., 2009, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2009. p.11.

MEDEIROS, E. A. A. **Deterioração pós-colheita de mandioca minimamente processada**. 2009. 113 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

MELO, R. O. et al. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5 (Número Especial), p.12-17, dez. 2008.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **TRENDS in Plant Science**, v. 7, n. 9, p. 405-410, 2002.

MØLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, p. 459-481, 2007.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 531 p.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplast. **Plant Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NUNES E. E. et al. Efeito de diferentes temperaturas na qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 311-315, jul./set. 2010.

NUNES, E. E.; VILAS BOAS, E. V. B.; XISTO, A. L. R. P. Qualidade de mandioquinha-salsa minimamente processada: uso de antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity [Online]**, v. 2, n.3, p.43-50, aug. 2011.

OLIVEIRA, S. J.; AGOSTINI, M. A. V.; CARVALHO, L. J. C. B. Variação da constituição dos amidos em três *landraces* de mandioca açucarada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 6. 2005. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 6., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBM, 2005. 4p.

OROZCO-CÁRDENAS, M. L. NARVÁEZ-VÁZQUES, J.; RYAN, C. A. Hydrogen peroxidase acts as a second messenger for the induction of defense genes in tomato plants in response to wounding, systemin, and methyl jasmonato. **The Plant Cell**, v. 13, p.179-191, jan. 2001.

OWITI, J. et al. iTRAQ-based analysis of changes in the cassava root proteome reveals pathways associated with post-harvest physiological deterioration. **Plant**, v. 67, p. 145-156, 2011.

PEDROSO, B. M. **Avaliação do efeito sinérgico da embalagem a vácuo, irradiação e refrigeração da mandioca minimamente processada**. 2005. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo para cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 47, n. 1, p. 27-32, 1985.

PINELI, L. L. O. et al. Caracterização química e física de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas ativas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1035-1041, out., 2005.

PINELI, L. L. O.; MORETTI, C. L. **Processamento mínimo de mini batatas**. 1. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. 16 p. (Comunicado Técnico, 24).

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 Chemistry**, v. 101, p. 1254–1262, 2007.

RICKARD, J. E. Physiological deterioration in cassava roots. **J. Sci. Food Agri.**, v. 36, p. 167-176, 1985.

REILLY, K.; HAN, Y.; TOHME, J.; BEECHING, J. R. Isolation and characterization of a cassava catalase expressed during post-harvest physiological deterioration. **Biochim. Biophys. Acta**, v.1518, p.317-323, 2001.

REILLY, K.; GÓMEZ-VÁSQUEZ, R.; BUSCHMANN, H.; TOHME, J.; BEECHING, J. R. Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. **Plant Mol Biol**, v. 56, p. 625–641, 2004.

SALTVEIT, M. E.; CHOI, Y. I.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.. Involvement of components of the phospholipid signaling pathway in wound induced phenylpropanoid metabolism in lettuce (*Lactuca sativa*) leaf tissue. **Physiol. Plant.**, v. 125, p. 345-355, 2005.

SASAKI F. F.; DEL AGUILA, J. S.; GALLO, C. R.; ORTEGA, E. M. M.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n.2, p. 170-174, abr./jun. 2006.

SATO, G. S.; MARTINS, V. A.; BUENO, C. R. F. Análise exploratória do perfil do consumidor de minimamente processados na cidade de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 6, jun. 2007.

SUBRAMANIAN, N. et al. Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.47, n.7, p.2571-2578, 1999.

SILVA, V. N. S.; MAIA, T. K. M.; COELHO, D. G.; ARAÚJO, M. L. P.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SIMOES, A. N. Escurecimento e incidência de *Pseudomonas* spp. Em ‘minimacaxeiros’ conservadas a 5 e 10 °C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. **CD-ROM...** Salvador: SBM, 2013.

TANAKA, Y. et al. Biochemical changes in secondary metabolites in wounded and deteriorated cassava roots. **Agr. Biol. Chem.**, 47, p. 693-700, 1983.

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.

VITTI, M. C. D. **Respostas fisiológicas e bioquímicas de diferentes cultivares de batatas ao processamento mínimo**. 2007. 98 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, 2007.

WENHAM J. E. **Post-harvest deterioration of cassava: a biotechnology perspective**. Plant Production and Protection, Paper FAO n. 130. Rome: FAO, 99 p, 1995.

WHEATLEY, C. C. **Conservación de raíces de yucca en bolsas de polietileno**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987. 33 p. (Serie 045c-07-06).

WHEATLEY, C. C.; GÓMEZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Qualitas Plantarum Plant Foods for Human Nutrition**, The Hage, v. 35, n.2, p. 121-129, 1985.

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, mar. 2013.

ZIDENGA, T.; LEYVA-GUERRERO, ELISA.; MOON, H.; SIRITUNGA, D.; SAYRE, R. Extending cassava root shelf life via reduction of reactive oxygen species production. **Plant Physiology**, v. 159, p. 1396–1407, aug. 2012.