



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ANDERSON DOS SANTOS FORMIGA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE
E PEROXIDASE EM BROTOS DE PALMA**

2017

POMBAL

ANDERSON DOS SANTOS FORMIGA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE
E PEROXIDASE EM BROTOS DE PALMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito básico para conclusão do curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos.

Orientador: D. Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa

POMBAL
2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F725c Formiga, Anderson dos Santos.
Caracterização física, química e atividade da polifenoloxidase e peroxidase em brotos de palma / Anderson dos Santos Formiga. – Pombal, 2017.
31f. : il. color.

Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa".

1. Cladódios. 2. Orelha de elefante. 3. Opuntia. 4. Compostos bioativos.
I. Costa, Franciscleudo Bezerra da. II. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal (PB). III. Título.

CDU 633.3(043)

ANDERSON DOS SANTOS FORMIGA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E ATIVIDADE DA POLIFENOLOXIDASE
E PEROXIDASE EM BROTOS DE PALMA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

APROVADO EM: 20/12/2016

EXAMINADORES

Prof. D. Sc. Franciscleudo Bezerra da Costa
UFCG / CCTA / UATA – Orientador

Prof. D. Sc. Stelio Braga da Fonseca
UFCG / CCTA / UATA – Examinador

Me. Emmanuel Moreira Pereira
UFPB / CCHSA / DA – Examinador

POMBAL – PB

2017

“Dedico esta obra em homenagem aos meus pais, Anchieta Formiga e Meire Formiga, a minha irmã, Kayza Formiga, e a meus avós, Zé Miguel Pereira e Francisca Formiga...”.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser presença constante em minha vida.

Aos meus pais Anchieta Formiga e Meire Formiga e minha irmã Kayza Formiga, por sempre me apoiarem e terem acreditado no meu potencial, por todo amor, carinho e dedicação.

Ao meu orientador Franciscleudo Bezerra, pela oportunidade, por toda dedicação, paciência e ensinamentos que levarei por toda a minha vida.

Aos meus avós Zé Miguel Pereira e Francisca Formiga, que sempre me apoiaram em toda essa trajetória.

Aos meus tios Vicente Caminha e Zuleide Formiga, que sempre me ajudaram nos momentos mais difíceis.

Aos demais familiares que contribuíram de alguma forma para que esse sonho se concretizasse.

Aos meus amigos Emmanuel Pereira, Rodolfo Cavalcante, Marcio Santos, Yasmin Brasil e Kátia Gomes que me apoiaram, fizeram parte dessa trajetória e que levarei até o fim da vida.

À toda a equipe do laboratório de Análise de Alimentos, em especial Ismarques Silva, Álvaro Silva, Bren Carla Lima e demais pessoas que de forma direta ou indireta contribuíram na realização deste trabalho.

A meus amigos César Carlos e Alexandre Fernandes que contribuíram na realização deste trabalho.

FORMIGA, A. S. **Caracterização física, química e atividade da polifenoloxidase e peroxidase em brotos de palma.** 2017. 31 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2017.

Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar a atividade das enzimas polifenoloxidase (PFO) e peroxidase (POD) em brotos de palma em diferentes estádios de desenvolvimento, avaliando seus efeitos na qualidade dos brotos como hortaliça. Os brotos de palma ‘Orelha de Elefante’ com 4 a 20 cm de comprimento foram provenientes da Zona Rural do município de Pombal-PB e, conduzidos ao laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande. Os brotos foram avaliados quanto à atividade da enzima polifenoloxidase, peroxidase e suas características físicas, físico-químicas e químicas. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) a partir dos brotos da palma ‘Orelha de Elefante’ em quatro estádios de desenvolvimento: estágio 1 - brotos de 4,0 a 8,0 cm; estágio 2 - brotos de 8,01 a 12,0 cm; estágio 3 - brotos de 12,01 a 16,0 cm; estágio 4 - brotos de 16,01 a 20,0 cm. As alterações na coloração verde dos brotos de palma não tem relação apenas com as clorofilas. Os estádios E3 e E4 destacaram-se com a melhor qualidade nutricional, contendo teores mais elevados de compostos bioativos. Nos estádios E1 e E2 foi encontrada uma menor atividade enzimática e foram mais indicados para o consumo. Os brotos de palma são menos sujeitos ao escurecimento enzimático do que hortaliças comercialmente valorizadas pelo mercado de hortaliças.

Palavras-chave: Cladódios. Orelha de elefante. *Opuntia*. Compostos bioativos.

FORMIGA, A. S. **Physical, chemical and activity characterization of polyphenoloxidase and peroxidase in palm buds**. 2017. 31 f. Monograph (Graduation in Food Engineering) - Federal University of Campina Grande, Pombal, 2017.

Abstract

The objective of this work is to determine the activity of the polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD) enzymes in palm sprouts at different stages of development, evaluating their effects on the quality of sprouts as vegetables. The 'Orelha de elefante' cultivars, 4 to 20 cm long, came from the rural area of the city of Pombal-PB and were taken to the Food Analysis laboratory. The sprouts were then evaluated for the activity of the polyphenoloxidase enzyme, peroxidase and their physical, chemical and chemical characteristics. The experimental design was the completely randomized (DIC) with the cultivar 'Orelha de elefante' in four stages of development: stage 1 - sprouts of 4.0 to 8.0 cm; Stage 2 - sprouts of 8.01 to 12.0 cm; Stage 3 - sprouts 12.01 to 16.0 cm; Stage 4 - sprouts of 16.01 to 20.0 cm. Changes in the green color of the palm sprouts are not related only to chlorophylls. Stages E3 and E4 stood out with the best nutritional quality, containing higher levels of bioactive compounds. In the E1 and E2 stages a lower enzymatic activity was found and they were more indicated for the consumption. Palm sprouts are less subject to enzymatic browning than commercially valued vegetables.

Keywords: Cladodes. Elephant ear. *Opuntia*. Bioactive compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Brotos de palma (<i>Opuntia tuna</i> (L.) Mill.) em quatro estádios de desenvolvimento: E1 - brotos de 4,0 a 8,0 cm; E2 - brotos de 8,01 a 12,0 cm; E3 - brotos de 12,01 a 16,0 cm; E4 - brotos de 16,01 a 20,0 cm. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	3
Figura 2 - Teores de sólidos solúveis dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	8
Figura 3 - pH (a) e acidez titulável (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	9
Figura 4 - Razão sólidos solúveis e acidez titulável dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.....	10
Figura 5 - Teores de Vitamina C dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	11
Figura 6 - Teores de fenóis totais (a) e flavonoides (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	11
Figura 7 - Teores de clorofilas (a) e carotenoides (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.....	13
Figura 8 - Atividade da polifenoloxidase (PFO) em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016...	14
Figura 9 - Atividade da peroxidase (POD) em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aspectos físicos dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	6
Tabela 2 - Parâmetros de cor dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.	7
Tabela 3 - Atividade da polifenoloxidase (PFO) em UE g ⁻¹ min ⁻¹ , em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.	14
Tabela 4 - Atividade da peroxidase (POD) em UE g ⁻¹ min. ⁻¹ , em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.	16

Sumário

INTRODUÇÃO	1
MATERIAL E MÉTODO.....	2
MATERIAL VEGETAL.....	2
Estádios de desenvolvimento e delineamento experimental	2
ANÁLISES FÍSICAS	3
Diâmetro e espessura do broto.....	3
Massa fresca	3
Análise Colorimétrica.....	3
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	4
Preparo das amostras	4
Sólidos solúveis	4
Potencial Hidrogeniônico (pH).....	4
Acidez titulável.....	4
Razão sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)	4
Vitamina C.....	4
Compostos fenólicos.....	4
Flavonoides.....	5
Clorofila e carotenoide	5
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	6
RESULTADO E DISCUSSÃO	6
CONCLUSÕES.....	16
REFERÊNCIAS	16

O Trabalho de Concluso de Curso segue as normas da Revista Caatinga (On-line version ISSN 1983-2125) que, encontra-se anexo ao manuscrito.

INTRODUÇÃO

A palma (*Opuntia* spp.) é uma cactácea de origem mexicana, faz parte do ambiente natural e dos sistemas agrícolas de muitas regiões do mundo (BARBERA, 2001), é uma planta perene com grande teor de água em seus tecidos e durante décadas tem sido muito utilizada no semiárido brasileiro como forragem (SANTOS et al., 2013).

A palma é resistente à seca e a alta temperatura se adapta a solos pouco férteis e tem alta produtividade, devido a sua alta eficiência no uso da água (BARBERA, 2001). O seu mecanismo de fixação do CO₂ atmosférico (Metabolismo Ácido das Crassuláceas-MAC) garante tal eficiência. A palma tem produções anuais de aproximadamente 50 t de MS/ha/ano em condições de sequeiro (FREIRE, 2012), tais características tornam uma das espécies mais bem sucedidas e com grande potencial produtivo no sertão brasileiro.

A cultivar ‘Orelha de elefante mexicana’ (*Opuntia tuna* (L.) Mill.) apresenta crescimento horizontal sendo rica em matéria seca, em relação ao cultivar ‘Gigante’, possui pêlos e é resistente à falsa cochonilha-do-carmim (LIMA, 2014). Na Paraíba, o cultivar ‘Orelha de elefante mexicana’ tem substituído às variedades ‘Gigante’ e ‘Redonda’ (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) e ‘Miúda’ (*Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck), devido a sua maior resistência a doenças, a estiagem e a sua produtividade alta.

Em relação ao consumo humano, os cladódios ou brotos de palma são tradicionalmente consumidos no México, sendo uma “especialidade” nos Estados Unidos e em outros países. São considerados de boa qualidade os cladódios finos, de aparência fresca, túrgidos e com uma cor verde brilhante (CANTWELL, 2001), devem ser colhidos de 30 a 60 dias após a brotação, quando estiverem pesando entre 80 e 120 g e tiverem um comprimento de 15 a 20 cm (FLORES VALDEZ, 2001).

O broto de palma se apresenta como uma boa fonte de nutrientes, sendo suculento, constituído principalmente de água e carboidratos, incluindo fibras, proteínas e minerais. Contêm fitoquímicos com propriedades antioxidantes como vitamina C, clorofilas, carotenoides e fenólicos, quando comparado a outras hortaliças (FARIAS, 2013).

Farias (2013) estudou o desenvolvimento dos brotos de palma, onde classificou os mesmos em quatro estádios de desenvolvimento e apresentou seus aspectos físicos, nutricionais e tecnológicos. Contudo, algumas características não foram estudadas, como a atuação das enzimas envolvidas no metabolismo oxidativo, que ainda é desconhecida. Tais enzimas são decisivas na qualidade pós-colheita dessas plantas, podendo causar perdas

nutricionais e sensoriais. Dentre as enzimas envolvidas nas alterações na qualidade pós-colheita de hortaliças pode-se destacar as polifenoloxidasas (PFO) e as peroxidases (POD).

As Polifenoloxidasas são enzimas que catalisam duas reações distintas, a hidroxilação de monofenóis para *o*-difenois e a oxidação desses compostos para respectivas *o*-quinonas. As *o*-quinonas são compostos bastantes reativos, se ligando irreversivelmente a proteínas, onde diminui a qualidade das mesmas (SHIMIZU, 2004).

As Peroxidases são capazes de oxidar diferentes compostos, na presença de peróxidos, gerando radicais livres. Seu substrato principal é o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), embora possam atuar sobre fenóis e aminas aromáticas. As PODs podem, na ausência de peróxidos, catalisar a oxidação de alguns substratos com auxílio do oxigênio molecular (KWIATKOWSKI; OLIVEIRA; CLEMENTE, 2012).

Objetivou-se com este trabalho caracterizar físico-quimicamente e determinar a atividade da polifenoloxidase e peroxidase em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de maturação, avaliando seus efeitos na qualidade dos brotos como hortaliça voltada para o consumo humano.

MATERIAL E MÉTODO

MATERIAL VEGETAL

Os brotos do ‘Orelha de elefante mexicana’ (*Opuntia tuna* (L.) Mill.), com 4 a 20 cm de comprimento, foram provenientes da zona rural do município de Pombal-PB. Os mesmos foram colhidos manualmente entre as 14:00 e 15:00 horas de novembro de 2016. Os brotos foram selecionados quanto à ausência de danos físicos, e com aparência fresca e cor característica. Em seguida foram transportados em sacos plásticos e conduzidos ao Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), Câmpus de Pombal, da Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - PB.

Estádios de desenvolvimento e delineamento experimental

Os brotos de palma foram divididos em quatro estádios de desenvolvimento de acordo com o diâmetro longitudinal descrito por Farias (2013), demonstrado na figura 1.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com o cultivar ‘Orelha de Elefante mexicana’ em quatro estádios de desenvolvimento: estágio 1 - brotos de 4,0 a 8,0 cm; estágio 2 - brotos de 8,01 a 12,0 cm; estágio 3 - brotos de 12,01 a 16,0 cm; estágio 4 - brotos de 16,01 a 20,0 cm, contendo seis repetições cada estágio.

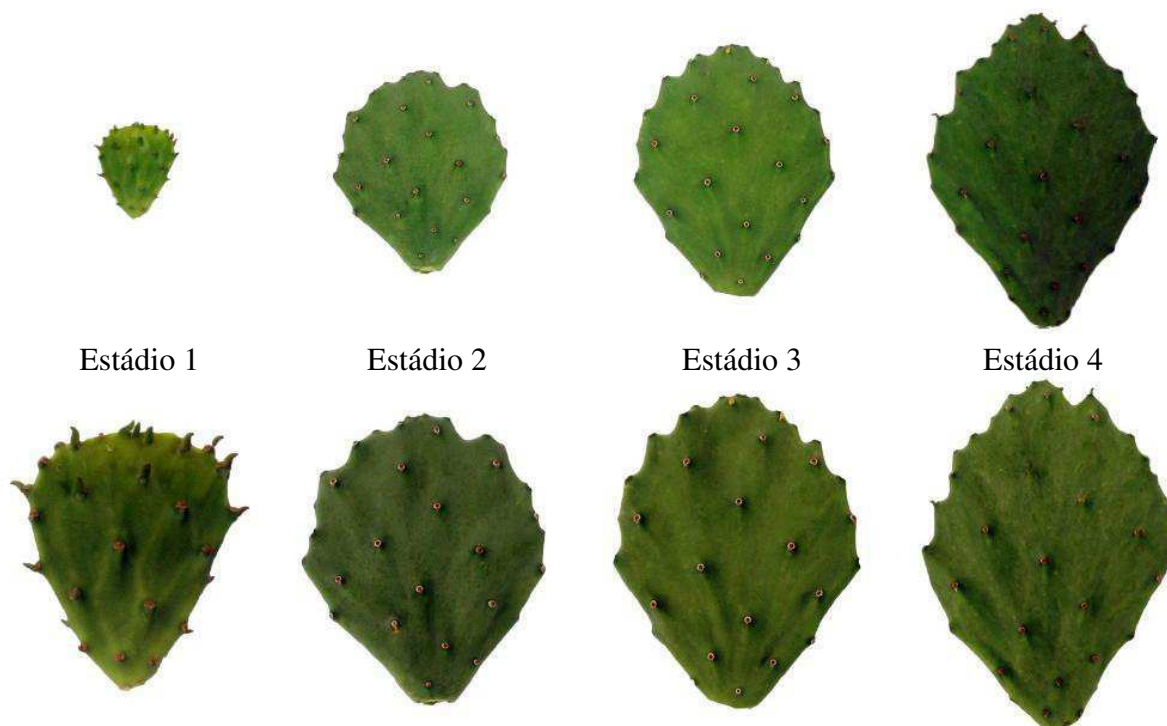


Figura 1 - Brotos de palma (*Opuntia tuna* (L.) Mill.) em quatro estádios de desenvolvimento: E1 - brotos de 4,0 a 8,0 cm; E2 - brotos de 8,01 a 12,0 cm; E3 - brotos de 12,01 a 16,0 cm; E4 - brotos de 16,01 a 20,0 cm. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

ANÁLISES FÍSICAS

Diâmetro e espessura do broto

O diâmetro longitudinal, transversal e a espessura dos brotos foram estimados com o auxílio de um paquímetro digital, expressos em centímetros (cm).

Massa fresca

A massa foi determinada por meio da pesagem dos brotos em balança semianalítica com precisão de 0,01 g, expressa em gramas (g).

Análise Colorimétrica

A cor dos brotos de palma foi determinada no sistema CIELAB (L^* , a^* e b^*) utilizando um colorímetro portátil Konica Minolta (CR/10 - Japão). Para cada amostra foi utilizada a média de três repetições para avaliação da cor. As cores nos brotos foram descritas por luminosidade (L^*) numa escala de variável de 0 = preta a 100 = branca; a^* representando a intensidade de cor com valores variando de $-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelha; b^* com variação de $-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarela (BOITEUX, 2007).

Com os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* , foram calculados os valores da diferença total de cor (ΔE), conforme a equação 1 (GOYENECHE et al., 2014):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 + (\Delta L)^2} \quad (1)$$

A diferença de cor total é usada para reconhecer a diferença entre duas cores, de acordo com a seguinte escala: ΔE^* (0-0,5) = traços de diferença, ΔE^* (0,5-1,5) = ligeira diferença, ΔE^* (1,5-3,0) = notável diferença, ΔE^* (3,0-6,0) = considerável diferença, ΔE^* (6,0-12,0) = grande diferença e ΔE^* (>12,0) = diferença óbvia (GOYENECHÉ et al., 2014).

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Preparo das amostras

Os brotos de palma foram imersos em banho de gelo por 10 minutos, em seguida processados em liquidificador da Philips, modelo Viva RI7632 e armazenados em recipientes plásticos protegidos da luz para posteriores análises.

Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis foram determinados através do extrato celular dos brotos de palma, sendo lido em refratômetro digital com compensação automática de temperatura modelo ITREFD65, expresso em porcentagem (IAL, 2008).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial Hidrogeniônico foi determinado no extrato celular dos brotos de palma, utilizando-se um potenciômetro digital de bancada da Digimed, modelo DM-22 (IAL, 2008).

Acidez titulável

A acidez titulável foi medida em 1 g do extrato celular dos brotos de palma, homogeneizado em 50 mL de água destilada. A solução contendo a amostra foi titulada com NaOH 0,1 N até atingir o ponto de viragem do indicador fenoftaleína. A acidez titulável foi expressa como porcentagem de ácido málico, abundante na palma equivalente à quantidade de NaOH 0,1N gasto na titulação (RYAN; DUPONT, 1973).

Razão sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT)

Obtida dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável.

Vitamina C

O teor de vitamina C foi estimado por titulação, utilizando-se 1 g extrato celular dos brotos de palma, acrescido de 49 mL de ácido oxálico 0,5 % e titulado com solução de Tillmans até atingir coloração rosa, conforme método (365/IV) descrito pelo IAL (2008).

Compostos fenólicos

Estimados a partir do método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse (2006) com modificações. Os extratos foram preparados a partir da diluição de 2 g de amostra em 100 mL de água destilada e deixados em repouso por 30 min. Uma alíquota de 500 μ L do extrato foi

transferida para um tubo de ensaio, contendo 1,625 µL de água e 125 µL do reagente folin ciocalteau. A mistura permaneceu em repouso por 5 minutos e logo após foi adicionado 250 µl de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 40 °C, por 30 minutos. A curva padrão foi preparada com ácido gálico e as leituras medidas a 765 nm.

Flavonoides

Determinados de acordo com a metodologia de Francis (1982) e calculados por meio da equação 2. Cerca de 1,5 g de amostra fresca foi macerada em almofariz com 10 mL de etanol - HCl (1,5 N) na proporção 85:15 em ambiente escuro e deixados em repouso por 24 horas na geladeira. Em seguida as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 10 °C e 3000 rpm. Foram tomadas alíquotas numa cubeta e realizada as leituras a 374 nm.

$$\text{Flavonoides (mg/100g)} = \frac{Fd \times Abs}{76,6} \quad (2)$$

Clorofila e carotenoide

Os teores de clorofila foram determinados como descrito por Lichtenthaler (1987) e calculados por meio das equações 3 e 4. O extrato celular dos brotos de palma foi macerado em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 5 mL de acetona (80%) em ambiente escuro. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C, 3.000 rpm por 10 minutos e os sobrenadantes lidos em espectrofotômetro a 470, 646 e 663 nm.

$$\text{Clorofila total} = \frac{17,3 \text{ Abs}_{646} + 7,18 \text{ Abs}_{663}}{\text{massa (g)}} \times 0,1 \quad (3)$$

$$\text{Carotenoides totais} = \frac{1000 \text{ Abs}_{470} - 1,82 C_a - 85,02 C_b}{198} \times 0,1 \quad (4)$$

DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Polifenoloxidase, PFO (E.C. 1.10.3.1)

A extração para a determinação da atividade enzimática foi realizada como descrito por Wissemann; Lee (1980); Aydin; Kadioglu (2001), adaptado por Costa (2009). A reação ocorreu em banho-maria a 30 °C por 2 minutos, as leituras foram monitoradas a 475 nm.

Peroxidase, POD (E.C. 1.11.1.7)

O procedimento de extração foi o mesmo empregado para a polifenoloxidase. As leituras foram monitoradas a 420 nm como descrito por Wissemann; Lee, 1980; Aydin; Kadioglu, 2001, com ajustes para a palma.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando-se um nível de significância 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa Assistat, versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). Os resultados da atividade enzimática foram submetidos a análise de regressão, onde foram ajustadas equações de acordo com o maior valor de R^2 .

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontram-se os valores de diâmetros longitudinal e transversal, espessura e massa fresca dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’. O diâmetro longitudinal foi usado como referência para classificação dos estádios de desenvolvimento dos brotos de palma. Observou-se que o crescimento transversal dos brotos não segue a mesma proporção do crescimento longitudinal, nos dois primeiros estádios de desenvolvimento, E1 e E2, o diâmetro transversal foi superior ao longitudinal, a partir do terceiro estádio ocorreu o alongamento do broto, como pode ser observado na tabela 1 e figura 1. Santos et al. (2013) descreveram os cladódios de ‘Orelha de elefante mexicana’ como sendo largos, de curta longitude e quase sem relação entre a longitude e a largura.

A espessura dos brotos variou de 0,41 a 0,75 cm, que ocorreu devido ao ganho de biomassa durante seu desenvolvimento, não houve diferença ($p \geq 0,05$) significativa entre os dois primeiros estádios de desenvolvimento (Tabela 1). Segundo Donato (2011), o aumento na espessura dos brotos deve-se a idade dos mesmos, cladódios primários são mais espessos, devido a sua função de sustentação e transporte de nutrientes e substâncias orgânicas, seguido dos cladódios secundários, terciários e demais presentes.

Tabela 1 – Aspectos físicos dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCEG, 2016.

Estádios	* D.L. (cm)	** D.T. (cm)	Espessura (cm)	Massa (g)
E1	7,11±0,61 d	8,33±0,52 d	0,41±0,01 c	13,16±1,76 c
E2	9,55±0,73 c	12,58±0,38 b	0,42±0,04 c	23,81±2,03 c
E3	14,98±0,70 b	10,92±0,42 c	0,67±0,03 b	58,84±3,98 b
E4	19,30±0,73 a	15,75±1,39 a	0,75±0,07 a	117,88±19,17 a
*** CV (%)	5,46	6,67	7,50	16,66

* D.L. = diâmetro longitudinal; ** D.T. = diâmetro transversal; *** CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O ganho de massa dos brotos de palma é justificado pelo aumento nos diâmetros e na espessura, a massa média variou de 13,16 a 117,88 g. Em brotos ‘Gigante’ e ‘Redonda’ entre

8 e 20 cm de comprimento foi encontrada variação de 7,22 a 54,51 g na cultivar ‘Gigante’ e 12,60 a 132,70 g na ‘Redonda’ (FARIAS, 2013).

Os parâmetros de cor nos brotos de palma em diferentes estádios de desenvolvimento atingiram valores crescentes ao longo do estágio de desenvolvimento (Tabela 2). A coordenada L* variou entre 42,06 a 44,05, indicando que houve tendência ao branco durante o desenvolvimento dos brotos. A coordenada a* variou de -14,26 a -10,11, com os estádios E1 e E2 diferindo ($p \leq 0,05$) dos estádios E3 e E4, se distanciando da cor verde durante o desenvolvimento. A coordenada b* variou entre 20,81 a 30,69, com os E1 e E2 diferindo ($p \leq 0,05$) do E3 e E4, durante o desenvolvimento dos brotos de palma, houve um afastamento da cor amarela, justificando a aparência mais escura dos brotos nos dois últimos estádios de maturação, com tendência a coloração azul conforme o sistema CIElab.

Tabela 2 - Parâmetros de cor dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

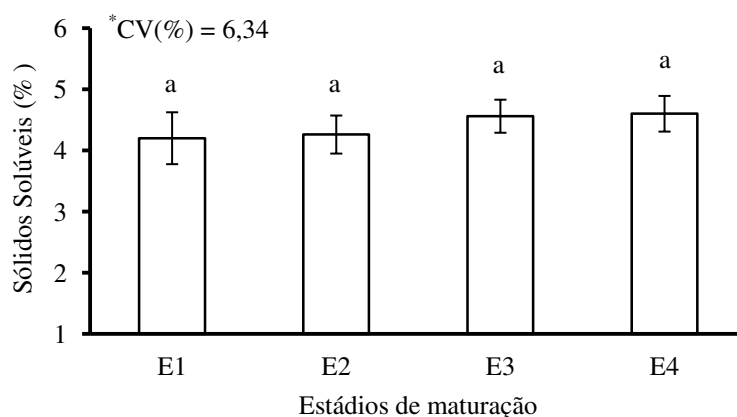
Estádio	L*	a*	b*	ΔE
E1	42,51±0,89 ab	-14,26±0,44 b	30,69±1,24 a	-
E2	42,06±1,13 b	-13,39±0,56 b	30,07±0,56 a	1,16
E3	43,97±1,51 a	-10,91±0,93 a	21,73±1,29 b	9,68
E4	44,05±0,62 a	-10,11±0,36 a	20,81±0,94 b	10,83
*CV (%)	2,25	5,01	3,88	-

*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si, Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os estádios E1 e E2 foram classificados na categoria de “ligeira diferença” em função da diferença de cor. O E3 e E4 foram considerados muito diferentes em relação ao E1 e classificados na categoria “grande diferença”. Ainda foi observado que os estádios E3 e E4 tiveram cores semelhantes e classificados na categoria “ligeira diferença” (Tabela 2). As mudanças de cor durante o desenvolvimento dos brotos de palma pode ser explicada pelas alterações nas concentrações dos pigmentos presentes, como as clorofilas e flavonoides, que estavam em concentrações significativas em todos os estádios estudados e no aumento da espessura da cutícula dos brotos, que dá um tom acinzentado nos brotos mais desenvolvidos.

Os sólidos solúveis não apresentaram diferença significativa durante o desenvolvimento dos brotos, variando entre 4,20 e 4,60 % (Figura 2). Farias (2013) encontrou um comportamento oposto nos brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’, onde os teores de sólidos solúveis reduziram. O aumento da acidez (Figura 3b), vitamina C (Figura 5) e dos fenóis totais (Figura 6) que compõe os sólidos solúveis em conjunto com os açúcares solúveis e aminoácidos justificam o aumento insignificante dos sólidos solúveis. A manutenção nos

teores de sólidos solúveis influencia de forma positiva no sabor, tal característica atribui aos brotos ‘Orelha de elefante mexicana’ vantagem em relação aos brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’.



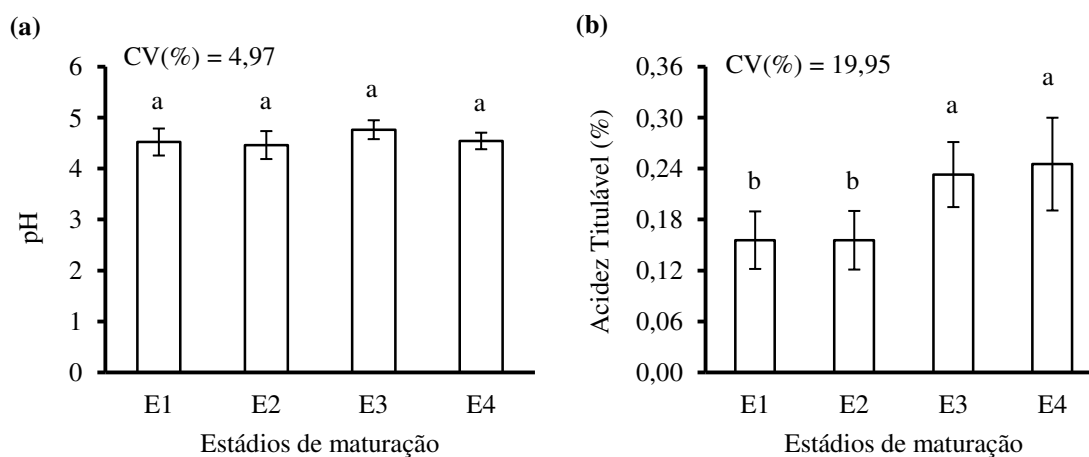
*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 2 - Teores de sólidos solúveis dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

Em alfaces crespas (*Lactuca sativa* L.) foi encontrado sólidos solúveis de 2,95% (ALCÂNTARA, 2009); 3,38 % (SANTOS et al., 2010) e 1,60 % (PEREIRA et al., 2016). Em rúculas (*Eruca sativa* Mill.), Campos; Oliveira; Oshiro (2013) e Sigrist (2002) obtiveram sólidos solúveis de 3,26 e 3,3 %, respectivamente. Em outras hortaliças como a couve-flor (*Brassica oleracea* L.) e acelga (*Beta vulgaris*) foram encontrados sólidos solúveis de 7,0 % (SIGRIST, 2002) e 1,23 % (PEREIRA et al., 2016). Apenas a acelga (*Beta vulgaris*) apresentou maior concentração de sólidos solúveis em relação aos brotos de palma.

O pH dos brotos de palma é ácido e ficou entre 4,46 e 4,54 (Figura 3a). Farias (2013) descreveu o comportamento do desenvolvimento dos brotos ‘Gigante’ e ‘Redonda’, evidenciando um decréscimo no pH durante o desenvolvimento, o mesmo não foi encontrado neste estudo, ocorrendo um comportamento contrário. Este aspecto pode ter sido influenciado pelo horário de colheita, onde os brotos analisados neste estudo foram colhidos entre as 14 e 15 h, enquanto os analisados por Farias (2013) foram colhidos pela manhã (6:50 às 7:30 h), que influenciou na acidez dos brotos. A acidez influencia o pH e neste estudo pode ser considerada baixa em todos os estádios de desenvolvimento (0,16 a 0,25 % de ácido málico) (Figura 3b), pouco influenciando o pH. Farias (2013) encontrou a acidez entre 0,44 e 1,08 % de ácido málico, influenciando diretamente o pH dos brotos. Pereira (2014) descreveu a influencia dos horários de colheita em brotos de palma, onde encontrou no horário das 15

horas o terceiro menor valor de acidez, Rodríguez-Félix; Cantwell (1988); Cantwell (2001) encontrou nesse horário o menor teor de acidez em brotos de palma (*Opuntia ficus-indica*).



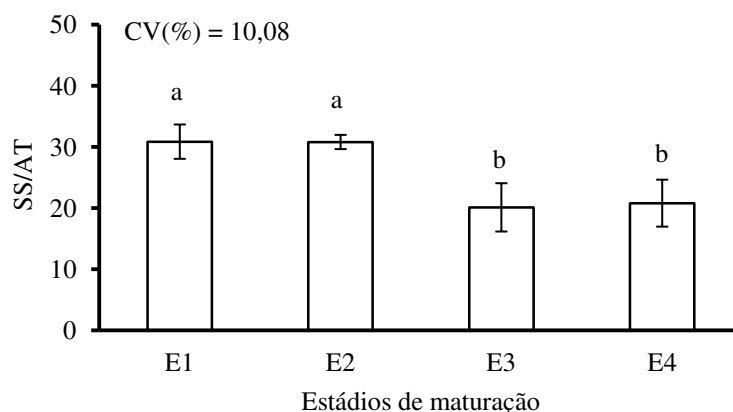
*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 3 - pH (a) e acidez titulável (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

Em alfaces cresas (*Lactuca sativa* L.) foi encontrado pH de 6,19 e acidez de 0,14% (ALCÂNTARA, 2009), em Couves-flores Júlia (*Brassica oleracea* L.) pH de 6,63 e acidez de 0,11 % (SIGRIST, 2002), em rúculas (*Eruca sativa* Mill) pH de 6,13 e acidez de 0,11% (SIGRIST, 2002) e em acelga (*Beta vulgaris*) pH de 5,62 e acidez de 0,08% (PEREIRA et al., 2016). Os brotos de palma apresentaram pH inferior e acidez titulável superior a todas as hortaliças citadas.

Os estádios E1 e E2 tiveram razão SS/AT aproximadas e diferiram ($p \leq 0,05$) dos estádios E3 e E4 que também apresentaram razão SS/AT semelhantes (Figura 4). Os sólidos solúveis e a acidez titulável aumentaram durante o desenvolvimento dos brotos, porém a razão SS/AT foi mais elevada nos estádios E1 e E2. Essa razão é uma das formas mais utilizadas para a avaliação do sabor, dando ideia do equilíbrio entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Em alfaces cresas (*Lactuca sativa* L.) a razão SS/AT foi de 21,51 (ALCÂNTARA, 2009) e 22,86 (PEREIRA et al., 2016), em rúculas (*Eruca sativa* Mill) 30,0 (SIGRIST, 2002) e em acelga (*Beta vulgaris*) 15,37 (PEREIRA et al., 2016). Os brotos de palma nos estádios iniciais obtiveram maior razão SS/AT, mostrando-se mais aceitáveis ao paladar do que as alfaces e a acelga.



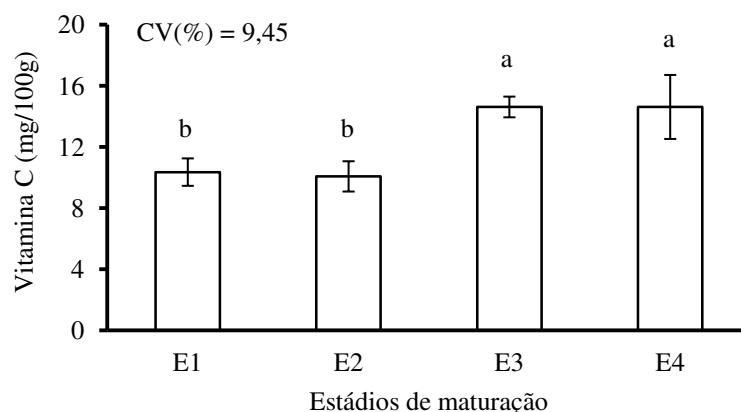
*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 4 - Razão sólidos solúveis e acidez titulável dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

A vitamina C é um dos principais indicadores de qualidade de frutas e hortaliças. Na literatura há diversos estudos sobre as concentrações dessa vitamina em brotos de palma, em brotos *Opuntia ficus-indica* foi encontrado 11,0 mg/100g (RODRÍGUEZ-FÉLIX; CANTWELL, 1988; CANTWELL, 2001), em brotos da ‘Gigante’ 21,0 mg/100g (PEREIRA et al., 2013) e 11,4 mg/100g (PEREIRA, 2014). Os teores encontrados nos brotos de palma ‘Orelha de Elefante mexicana’ (*Opuntia tuna* (L.) Mill.) variaram entre 10,1 e 14,6 mg/100g.

Houve o aumento na concentração de vitamina C durante o desenvolvimento dos brotos de palma ‘Orelha de Elefante mexicana’. Os estádios E3 e E4 apresentaram vitamina C diferindo ($p \leq 0,05$) dos estádios E1 e E2 (Figura 5). Farias (2013) verificou o mesmo comportamento em brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’. Durante o desenvolvimento os brotos de palma passam a ter maior maturidade fisiológica e são mais resistentes às condições de estresse, possuindo maior capacidade de induzir a síntese de compostos antioxidantes como a vitamina C, carotenoides, flavonóis, compostos fenólicos e tocoferóis, que existem para protegê-los dos diversos fatores de estresse (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

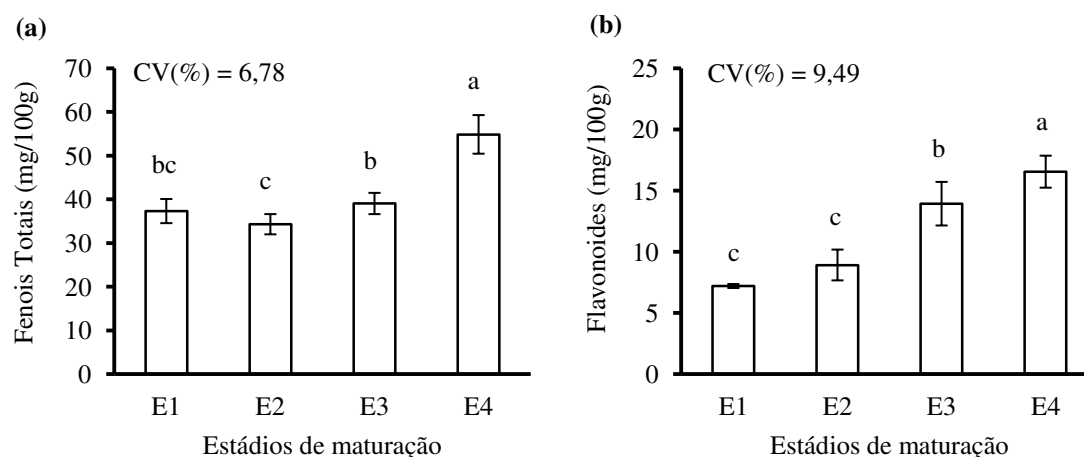
Os brotos dos estádios E3 e E4 tiveram concentrações de vitamina C próximas aos determinados em folhas de alfaces lisa (*Lactuca sativa* L.) 15,2 mg/100g (FAVARO-TRINDADE et al., 2007) e inferiores aos de couve-flor (*Brassica oleracea* L.) 100,4 mg/100g (SIGRIST, 2002), rúculas (*Eruca sativa* Mill) 115,8 mg/100g (SIGRIST, 2002), acelga (*Beta vulgaris*) 22,3 (PEREIRA et al., 2016) e repolho branco (*Brassica oleracea*) 34,5 mg/100g (MORAES et al., 2010).



*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5 - Teores de Vitamina C dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

As concentrações de compostos fenólicos nos brotos de palma cresceram nos últimos estádios de desenvolvimento (E3 e E4), variando entre 34,3 a 54,8 mg de ácido gálico/100g, com destaque para o estágio E4 que apresentou as maiores concentrações desses compostos (Figura 6a). Em brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’ foi observado um comportamento oposto, com a redução desses compostos durante o desenvolvimento dos brotos (FARIAS, 2013). Acredita-se que durante o desenvolvimento dos brotos a concentração desses compostos aumente, sendo justificado pelo aumento na atividade das enzimas PFO e POD (Figuras 8 e 9) nos dois últimos estádios de desenvolvimento.



*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 6 - Teores de fenóis totais (a) e flavonoides (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

Pereira (2016) encontrou em brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Miúda’ minimamente processado aproximadamente 122,0 e 37,0 mg de ácido gálico/100g, respectivamente. Farias (2013) obteve valores acima de 140 mg/100g nos brotos de palma ‘Redonda’. O broto de palma ‘Miúda’ (*Nopalea cochenilifera*) foi o que mais se aproximou do broto ‘Orelha de elefante mexicana’, utilizado nesse estudo (Figura 6a).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos se deve principalmente às suas propriedades de óxido-redução (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004), estes compostos podem ser pigmentos ou produtos do metabolismo secundário, originados de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente (SILVA et al., 2010).

Os teores de flavonoides seguiu um comportamento semelhante ao dos compostos fenólicos, evoluindo com o desenvolvimento dos brotos de palma. As concentrações de flavonoides variaram de 7,2 a 16,5 mg/100g, e houve diferença ($p \leq 0,05$) significativa entre os estádios E3 e E4 em relação aos E1 e E2 (Figura 6b).

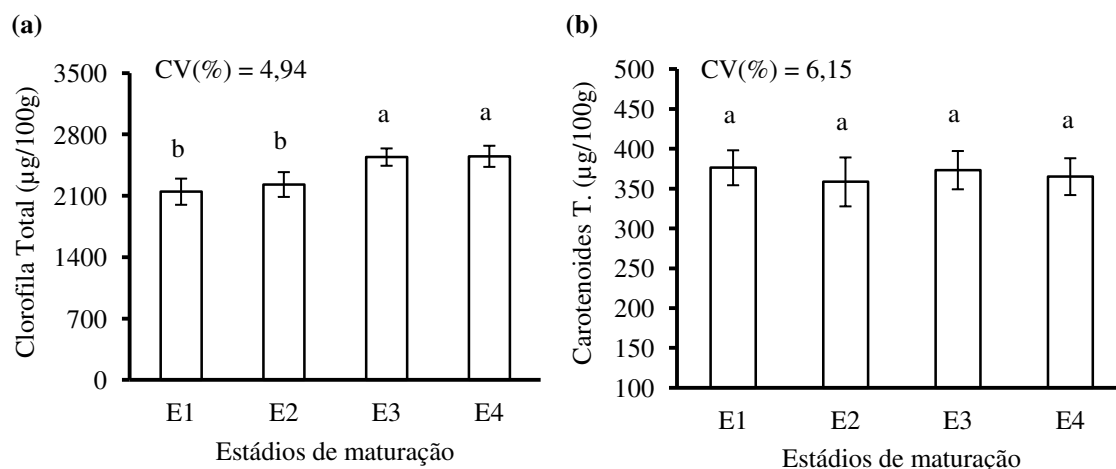
Em brotos de palma minimamente processado foi encontrado 15,3 e 22,5 mg/100g de flavonoides nos brotos de palma ‘Miúda’ e ‘Gigante’ (PEREIRA, 2016). Em alfaces (*Lactuca sativa* cv. Rubra) cultivadas no sistema convencional; Cruz et al. (2016) encontraram 0,92 mg/100g de flavonoides, concentração bem inferior ao encontrado nos brotos de palma do presente estudo.

Os Flavonoides são metabólitos secundários sintetizados pelas plantas e pertencem ao grupo dos compostos fenólicos (HUBER, 2007), sendo seus principais representantes. Os flavonoides têm um papel importante na cardioproteção, são capazes de inibir a xantina oxidase, inibindo a formação de radicais livres e combatendo o envelhecimento precoce (SILVA, 2013).

Durante o desenvolvimento dos brotos de palma, os teores de clorofilas aumentaram, variando de 2.148 a 2.551 $\mu\text{g}/100\text{g}$, os estádios E3 e E4 diferiram ($p \leq 0,05$) dos E1 e E2 (Figura 7a). Comportamento semelhante foi descrito por Farias (2013), ocorrendo crescimento nos teores de clorofila até o terceiro estágio de brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’.

Farias (2013) encontrou teores de clorofila variando entre 1.030 $\mu\text{g}/100\text{g}$ ‘Redonda’ e 2.440 $\mu\text{g}/100\text{g}$ ‘Gigante’, nos estádios E1 e E3, respectivamente. Em brotos de palma ‘IPA 20’ colhidos as 15 h foi estimado 1.120 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de clorofila (PEREIRA, 2014). Segundo este mesmo autor, em brotos de palma ‘Miúda’ minimamente processado foi estimado aproximadamente 1.760 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de clorofila. Entre os brotos de palma mencionados apenas o

broto da ‘Gigante’ (*Opuntia ficus-indica* Mill.) obtiveram concentrações semelhantes aos encontrados nos brotos da palma ‘Orelha de elefante mexicana’.



*CV = coeficiente de variação; Médias seguidas por letras distintas, na linha, diferem entre si, Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 7 - Teores de clorofilas (a) e carotenoides (b) dos brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal-PB, CCTA/UFCG, 2016.

O horário de colheita influencia na presença desses compostos, segundo Moreira (2008) o excesso de radiação pode causar degradação das moléculas de clorofila e promover redução do teor destes pigmentos, tal afirmação foi verificada por Pereira (2014), que encontrou no horário de colheita das 6 h as maiores concentrações desses compostos. O horário de colheita usado neste estudo foi de 14 às 15 h, o que pode ter influenciado nos resultados.

As clorofilas disponíveis nos alimentos verdes possuem propriedades anticancerígenas, efeito desintoxicante das células e poder de inibição de radical livre (ROCHA; REED, 2014).

Os carotenoides se mantiveram estáveis durante o desenvolvimento dos brotos, não houve diferença ($p \geq 0,05$) significativa entre os estádios de desenvolvimento estudados (Figura 7b). Os teores de carotenoides variaram entre 358 e 376 µg/100g nos brotos de palma da ‘Orelha de Elefante mexicana’, nos brotos estudados por Farias (2013) evidenciou um aumento de 70 a 130 µg/100g na ‘Gigante’ e de 50 a 80 µg/100g na ‘Redonda’ dos teores de carotenoides, valores abaixo ao encontrado nesse trabalho. Ainda, segundo Farias (2013), nos brotos de palma ‘Gigante’ e ‘Redonda’ as concentrações de carotenoides aumentaram durante o desenvolvimento dos brotos.

A figura 8 representa a atividade enzimática cumulativa da polifenoloxidase, PFO (E.C. 1.10.3.1) expressa em $UE\ g^{-1}\ min^{-1}$, em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Nos estádios E1 e E2 não foi possível determinar a

atividade da PFO, possivelmente as condições ambientais não causaram estresse nesses brotos e como a atividade da PFO está relacionada às condições de estresse da planta, a atividade foi praticamente nula. Observou-se que durante o tempo avaliado o estágio E4 apresentou maior atividade enzimática em relação aos outros estádios de desenvolvimento estudados (Figura 8).

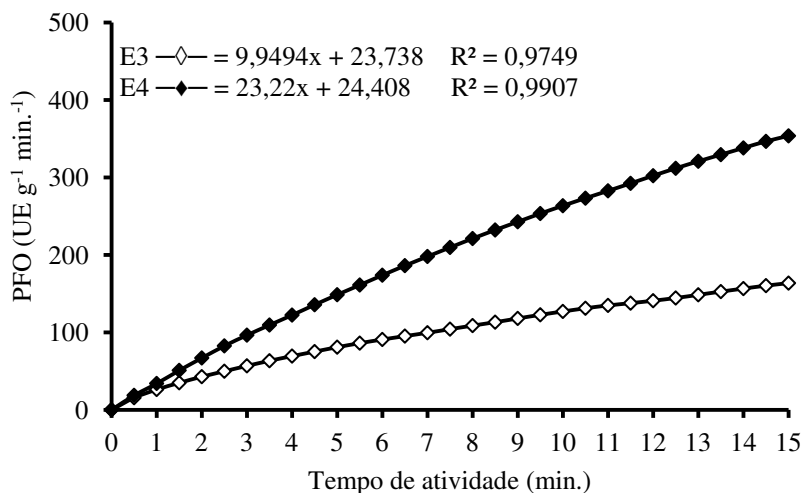


Figura 8 - Atividade da polifenoloxidase (PFO) em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.

A atividade da PFO no estágio E4 tendeu a comportamento linear, mantendo-se em crescimento constante em todo período avaliado, no E3 a atividade foi basicamente a metade da encontrada no E4, com crescimento reduzido durante o período estudado (Figura 8). Aos cinco minutos de reação, a atividade da enzima PFO teve um comportamento de crescimento linear em ambos os estádios de desenvolvimento, com isso, foi usado como referência para calcular a atividade enzimática. O estágio E4 apresentou 30 UE g⁻¹ min.⁻¹, enquanto o E3 tinha 16 UE g⁻¹ min.⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3 - Atividade da polifenoloxidase (PFO) em UE g⁻¹ min.⁻¹, em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.

Broto	E1	E2	E3	E4
	Polifenoloxidase (UE g ⁻¹ min. ⁻¹)			
‘Orelha de Elefante’	-	-	16	30

O aumento da atividade da PFO nos brotos de palma durante o seu desenvolvimento pode comprometer na qualidade dos brotos, podendo causar escurecimento se utilizado no processamento *in natura*. O escurecimento enzimático de frutas e hortaliças, além de

indesejável, é responsável por qualidades sensoriais desagradáveis e por perdas de valor nutricional e econômico dos alimentos *in natura* e processados (BELLUZZO, 2008).

Em alfaces americanas (*Lactuca sativa* L. cv. Tainá) e acelga (*Beta vulgaris* L.) foi encontrado atividade da PFO de 640 UE g⁻¹ e 440 UE g⁻¹, respectivamente (SILVA, 2012), em brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. Italica) 7 UE g⁻¹ (LOPES; CLEMENTE, 2002), em couve (*Brassica oleracea* L. cv. acephala) 212 UE mg⁻¹ min⁻¹ (SIMÕES, 2004) e em escarola (*Cichorium endívia* cv. Latifólia L.) minimamente processada 2003 UE g⁻¹ min⁻¹ (SOARES, 2016). Os brotos de palma obtiveram atividade enzimática da PFO superior apenas ao encontrado no brócolis.

A figura 9 representa a atividade enzimática cumulativa da peroxidase, POD expressa em UE g⁻¹ min.⁻¹, em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. O comportamento da atividade da peroxidase encontrado foi similar ao da polifenoloxidase, ocorrendo um aumento da atividade de ambas as enzimas durante o desenvolvimento dos brotos. Os estádios E1 e E2 tiveram atividade semelhante entre si, os estádios E3 e E4 também, porém o E4 apresentou maior atividade após 1,5 min de reação.

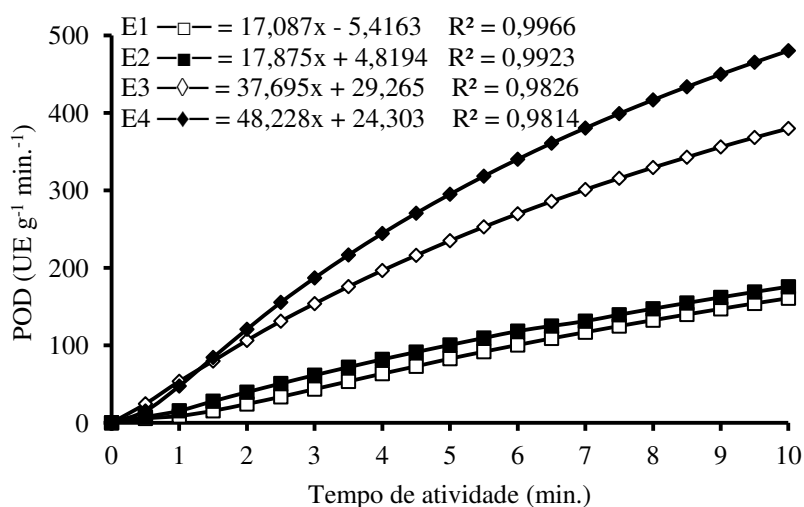


Figura 9 - Atividade da peroxidase (POD) em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFCG, 2016.

Aos três minutos de atividade todos os estádios de desenvolvimento avaliados apresentaram atividade com crescimento linear, devido a isso, este ponto foi usado para a determinação da atividade enzimática (Figura 9). A atividade da POD variou entre 14 e 62 UE g⁻¹ min.⁻¹ (Tabela 4).

As peroxidases estão envolvidas em alterações oxidativas do sabor, cor, aroma e qualidade nutricional de frutas e hortaliças (SANTOS, 2002), sendo associadas ao

aparecimento de sabores estranhos nos alimentos (ARAÚJO, 2008), os brotos nos estádios E3 e E4 são mais susceptíveis a esses efeitos e podem apresentar características sensoriais inferiores aos estádios E1 e E2.

Em alfaces crespas (*Lactuca sativa* L. cv. Verônica) foi encontrado 130 UE g⁻¹ min.⁻¹ de POD (MATTOS et al., 2007), em brócolis (*Brassica oleracea* L. cv. Itálica) 22 UE g⁻¹ (LOPES; CLEMENTE, 2002), em couve (*Brassica oleracea* L. cv. acephala) 3.154 UE mg⁻¹ min.⁻¹ e em escarola (*Cichorium endívia* cv. Latifolia L.) minimamente processada 3600 UE g⁻¹ min.⁻¹ (SOARES, 2016). Nesses estudos, os brotos de palma nos estádios avaliados obtiveram atividade de POD superior apenas em relação ao brócolis, devido a isso, a palma é menos propensa a problemas durante o armazenamento em relação à alface, couve e escarola.

Tabela 4 - Atividade da peroxidase (POD) em UE g⁻¹min.⁻¹, em brotos de palma ‘Orelha de elefante mexicana’ em diferentes estádios de desenvolvimento. Pombal - PB, CCTA/UFMG, 2016.

Brito	E1	E2	E3	E4
	Peroxidase (UE g ⁻¹ min. ⁻¹)			
‘Orelha de Elefante’	14	20	51	62

CONCLUSÕES

As alterações na coloração verde dos brotos de palma durante o seu desenvolvimento estão relacionadas com as concentrações de clorofilas, flavonoides e da espessura da cutícula; Os estádios E1 e E2 são indicados para o consumo e os estádios E3 e E4 são indicados para nutrição; As atividades das enzimas PFO e POD aumentaram durante o desenvolvimento dos brotos de palma, sendo, no entanto, menos propícios a problemas de escurecimento durante o armazenamento em relação às hortaliças de maior valor comercial como alface e a couve.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, E. M. **Caracterização física, química e microbiológica de morango, alface e cenoura orgânicos**. 2009. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.
- ARAÚJO, J. M. A. Enzimas: Catalase e Peroxidase. In: ARAÚJO, J. M. A. (Ed. 4). **Química de alimentos: Teoria e prática**. Viçosa: Editora UFV, 2008, cap. 12, p.435-442.
- AYDIN, N.; KADIOGLU, A. Changes in the chemical composition, polyphenol oxidase and peroxidase activities during development and ripening of medlar fruits (*Mespilus germanica* L.). **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, v. 27, p. 85-92, 2001.

BARBERA, G. História e importância econômica e agroecológica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/SEBRAE, PB. 2001, cap. 1, p. 1-9.

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

BOITEUX L. S.; NASCIMENTO, W. M.; FONSECA, M. E. N.; LANA, M. M.; REIS, A.; MENDONÇA, J. L.; LOPES, J. F.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Brasileirinha: cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolors com valor ornamental e aptidão para consumo verde. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 103-106, 2007.

BRECHT, J. K.; RITENOUR, M. A.; HAARD, N. F.; CHISM, G. W. Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. (Ed. 4) **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 17, p 760-817.

CAMPOS, B.; OLIVEIRA, V. S.; OSHIRO, A. M. Avaliação química de rúcula de diferentes procedências. **Revista Interbio**, v.7, n.1, p. 54-60, 2013.

CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verdura de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE, PB. 2001, cap. 14, p. 123-139.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (Ed. 2) **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. Cap. 8, p. 679-685.

COSTA, F. B. **Fisiologia e conservação de cultivares de morangos inteiros e minimamente processados**. 2009. 115 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2009.

CRUZ, J.L.; OLIVEIRA, K. B.; MARTINS, L. M.; SILVA, E. C.; FERRAZ, L. C. L.; CARLOS, L. A. Influência do sistema de cultivo sobre o teor de flavonoides e antocianinas em alface rubra. In: XXV Congresso Brasileiro e Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2016, Gramado-RS: FAURGS, **Anais**, 2016. 5 p.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, Nina. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DONATO, P. E. R. **Características morfológicas, de rendimento e nutricionais da palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco**. 2011. 135 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA. 2011.

- FARIAS, V. F. S. **Avaliação do desenvolvimento, qualidade e capacidade antioxidante em brotos de palma (*Opuntia* sp.) para o consumo humano**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 2013.
- FAVARO-TRINDADE, C. S.; MARTELLO, L. S.; MARCATTI, B.; MORETTI, T. S.; PETRUS, R. R.; ALMEIDA, E.; FERRAZ, J. B. S. Efeito dos Sistemas de Cultivo Orgânico, Hidropônico e Convencional na Qualidade de Alface Lisa. **Revista Brazilian Journal of Food Technology**, v. 10, n. 2, p. 111-115. 2007.
- FLORES VALDEZ, C. A. Produção, industrialização e comercialização de verdura de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; BARRIOS, E. P. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. SEBRAE, PB. 2001, cap. 11, p. 123-139.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press. p. 181-207. 1982.
- FREIRE, J. L. **Avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) sob irrigação e salinidade**. 2012. 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. 85f.
- GOYENECHÉ, R.; AGUERO, M. V.; ROURA, S.; DI SCALA, K. Application of citric acid and mild heat shock to minimally processed sliced radish: Color evaluation. **Revista Postharvest Biology and Technology**, v. 93, p. 106-113, 2014.
- HUBER, L. S. **Flavonóides: Identificação de fontes brasileiras e investigação dos fatores responsáveis pelas variações na composição**. 2007. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2007.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, ed. 4, p. 1020, 2008.
- KWIATKOWSKI, A.; OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E. Atividade enzimática e parâmetros físico-químicos de água de cocos colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento e estação climática. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 551-559, 2012.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L.; DOUCE, R. **Methods in Enzymology**. London: Academic Press, p. 350-382, 1987.
- LIMA, U. C. **Histórico e evolução da palma forrageira como recurso alimentar no nordeste brasileiro: Uma revisão**. 2014. 37 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias), Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2014.

- LOPES, A. S.; CLEMENTE, E. Minerais e enzimas oxidativas em brócolos (*Brassica oleracea* L. Cv. Italica) minimamente processado. **Revista Acta Scientiarum**, v. 24, n. 6, p. 1615-1618, 2002.
- MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. Qualidade de alface crespa minimamente processada armazenada sob refrigeração em dois sistemas de embalagem. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 504-508, 2007.
- MORAES, F. A.; COTA, A. M.; CAMPOS, F. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 51-62, 2010.
- MOREIRA, V. F. **Desempenho agrônômico e alterações morfofisiológicas de hortaliças submetidas a sombreamento para o cultivo orgânico com faixas intercalares**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.
- PEREIRA, E. M. **Produção de farinha obtida de brotos de palma**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2016.
- PEREIRA, E. M.; COSTA, F. B.; ALBUQUERQUE, J. R. T.; ROCHA, T. C.; COSTA, R. T. R. V. Qualidade pós-colheita e processamento mínimo de brotos de palma *Opuntia ficus-indica* Mill. **Revista Verde**, Pombal-PB, v.8, n.3, p. 229-234, 2013.
- PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; PORTO, R. M.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHAES, W. B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Revista AGROTEC**, v. 37, n. 1, p. 19-22, 2016.
- PEREIRA, E. M. **Fisiologia e qualidade pós-colheita de brotos de palma colhido em diferentes horários**. 2014. 37 f. Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2014.
- ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos naturais em alimentos e sua importância para a saúde. **Revista Estudos**, v. 41, n. 1, p. 76-85, 2014.
- RYAN, J. J.; DUPONT, J. A. Identification and analysis of the major acids from fruit juices and wines. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.21, p.45-49, 1973.
- SANTOS, C. M. G.; BRAGA, C. L.; VIEIRA, M. R. S.; CERQUEIRA, R. C.; BRAUER, R. L.; LIMA, G. P. P. Qualidade da alface comercializada no município de Botucatu - SP. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 67-74, 2010.
- SANTOS, D. C.; SILVA, M. C.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SILVA, R. M. Estratégias para Uso de Cactáceas em Zonas Semiáridas: Novas Cultivares e Uso Sustentável das Espécies Nativas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.15, p.111-121, 2013.

SANTOS, E. R. **Caracterização Bioquímica da Peroxidase e da Polifenoloxidase de Açaí (*Euterpe oleracea*)**. 2002. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2002.

SHIMIZU, M. M. **Polifenoloxidase como fator de resistência da soja a nematóides e na oxidação do palmito**. 2004. 108 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2004.

SIGRIST, J. M. M. **Estudos fisiológicos e tecnológicos de couve-flor e rúcula minimamente processadas**. 2002. 112 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

SILVA, D. A. **Respostas fisiológicas de salada mista minimamente processada constituída por alface roxa (*Lactuca sativa* L. var. pira roxa), acelga (*Beta vulgaris* L.) e alface americana (*L. sativa* L. var. 'Tainá')**. 2012. 57 f. Monografia (Graduação em Agronomia), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2012.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO C. A. V. ASSISTAT versão 7.7 beta (2016). Assistência Estatística, Departamento de Engenharia Agrícola do CTRN, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Campina, Campina Grande, PB. Disponível em: <<http://www.assistat.com/index.html>>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

SILVA, M. L. C.; COSTA; R. S.; SANTANA; A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, P. B. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Physalis* sp.** 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SIMÕES, A. N. **Alterações químicas e atividades de enzimas em folhas de couve inteiras e minimamente processadas**. 2004. 86 f. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal), Universidade Federal de Viçosa, Viços-MG. 2004.

SOARES, C. D. F. **Qualidade de escarola minimamente processada em função de métodos de conservação**. 2016. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP. 2016.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteau micro method for total phenol in wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, p. 3-5, 2006.

WISSEMANN, K.W.; LEE, C.Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 31, p. 206-211, 1980.