

SAMARA LOPES DE ALMEIDA

CULTIVARES DE BATATA DOCE COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS
PARA PROCESSAMENTO MÍNIMO

Serra Talhada-PE

2018

**A
L
M
E
I
D
A**

**S
L**

**B
A
T
T
A**

**D
O
C
E**

·

·

·

2

0

1

8

SAMARA LOPES DE ALMEIDA

CULTIVARES DE BATATA DOCE COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS
PARA PROCESSAMENTO MÍNIMO

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

Orientador: Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões

Coorientadora: Giuseppina Pace Pereira Lima

Coorientador: Aurélio Paes Barros Júnior

Serra Talhada-PE

2018

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

A447c Almeida, Samara Lopes de
Cultivares de batata doce colhidas em diferentes
épocas para processamento mínimo / Samara Lopes de
Almeida. - Serra Talhada, 2018.
76f.: il.

Orientador (a): Adriano do Nascimento Simões
Coorientador (a): Giuseppina Pace Pereira Lima
Coorientador (a): Aurélio Paes Barros Júnior

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade
Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2018.
Inclui referências e apêndices.

1. Batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). 2.
Cultivares Paraná, Mãe de família e ESAM 1. 3.Compostos
bioativos. I. Simões, Adriano do Nascimento, orient. II.
Lima, Giuseppina Pace Pereira, coorient. III. Barros Júnior,
Aurélio Paes, coorient. IV. Título.

CDD

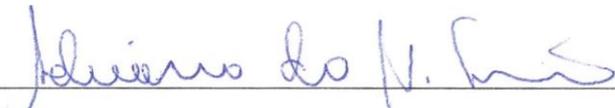
SAMARA LOPES DE ALMEIDA

CULTIVARES DE BATATA DOCE COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS PARA
PROCESSAMENTO MÍNIMO

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 21 /02/2018.

Banca Examinadora



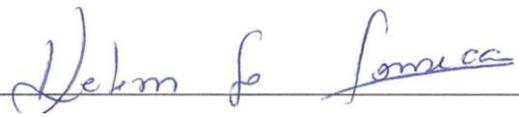
Prof. Dr..Adriano do Nascimento Simões – UAST/UFRPE

Orientador



Professora. Giuseppina Pace Pereira Lima -UNESP/BOTUCATU

Examinadora Externa



Dra. Kelem Silva Fonseca -UAST/UFRPE

Examinadora Externa



Profa. Dra. Ellen Karine Diniz Viégas - UAST/UFRPE
Examinadora Externa

Aos meus pais, Evaldo Marcelino de Almeida e Rosineide Lopes de Almeida, aos meus irmãos, Gustavo Lopes de Almeida e Sibeles Lopes de Almeida, ao meu sobrinho afilehado Erick Rafael Vieira de Almeida, ao meu esposo, Francisco Aldo Ferreira e a todos que acreditaram no meu potencial, me apoiando neste desafio.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Durante minha formação tive a oportunidade de receber orientações e apoio de muitas pessoas e instituições. Quero manifestar meus agradecimentos sinceros a todos, com a certeza de que cada pessoa e cada instituição fizeram possível alcançar este objetivo.

Meus agradecimentos sinceros:

A Deus, por tudo.

À Universidade Federal de Rural de Pernambuco (UFRPE).

À Pró-Reitoria de pesquisa e Pós-Graduação, pelo o apoio financeiro e incentivo à pesquisa.

À Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), pelo apoio durante o curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV), pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pela bolsa concedida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo uso dos equipamentos utilizados.

À Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) pela oportunidade de realizar parte do experimento.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), pela a oportunidade de realizar parte das análises do presente trabalho.

Ao professor orientador Adriano do Nascimento Simões, pela orientação, amizade e atenção, contribuindo para meu crescimento profissional. Seus conhecimentos e ensinamentos não são limitados apenas ao meio acadêmico, é

um crescimento pessoal e profissional que são fundamentais para a formação do mestre.

Ao Professor coorientador Aurélio Paes Barros Júnior, pela a parceria no desenvolvimento da presente pesquisa.

A todos os professores, funcionários e alunos do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFRPE.

Ao Grupo de Pesquisa, Núcleo de Estudos em Fisiologia Pós-colheita de frutos e hortaliças, aos alunos e ex-alunos, de graduação e pós-graduação, no qual tive o privilégio de conhecer pessoas que acompanharam e apoiaram na realização de atividades programadas nesta pesquisa. Obrigada pela sua honrosa e essencial parceria.

Meus agradecimentos também àqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Deus não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança.

(Albert Einstein)

RESUMO

O processamento mínimo pode induzir alterações importantes, indicativas de qualidade, como escurecimento e ou esbranquecimento e pode incrementar o conteúdo de fitoquímicos. O objetivo deste estudo foi identificar épocas de colheitas para as diferentes cultivares de batata doce, Paraná (polpa laranja), Mãe de família e ESAM 1 (polpa creme), que reúnam diferentes aspectos qualitativos para sua comercialização após o processamento mínimo. As raízes foram adquiridas da horta experimental da UFERSA e colhidas em diferentes épocas, 120, 150 e 180 dias. Após a colheita, as raízes foram transportadas para o Núcleo da Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFRPE/UAST e submetidas ao processamento mínimo (seleção, lavagem, descasque, corte, sanitização, enxague, drenagem, pesagem, embalagem) e mantidas a 5 ± 2 °C, por 12 dias. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial 3x5, três épocas de colheita, 120, 150 e 180 dias, e cinco dias de avaliação, 0, 3, 6, 9 e 12 dias, cada unidade experimental continha aproximadamente 150 g de abata doce, com três repetições, para cada cultivar. As análises realizadas foram: análise visual, rendimento agroindustrial, massa fresca, sólidos solúveis totais, tempo de cocção, atividade enzimáticas da polifenoloxiase e peroxidase, fenóis solúveis totais, carotenoides totais (espectrofotômetro) e individuais (HPLC), flavonoides totais, capacidade antioxidante (DPPH e FRAP). Os resultados foram submetidos ao teste Tukey a 5% de probabilidade. A melhor época de colheita para o processamento mínimo foi entre 150 e 180 dias para as três cultivares estudadas, pois as raízes mantiveram-se com a qualidade visual acima da nota limite (nota 3) para aceitação, consumo e comercialização ao longo do período de conservação refrigerada. Os sintomas que levaram a perda da qualidade visual para as batatas doces minimamente processadas foram o escurecimento e o esbranquecimento, intensificados nas batatas doces colhidas aos 120 dias. Nas cultivares Mãe de família e ESAM 1, aos 120 dias as atividades das enzimas PPO e POD são altas, o que leva ao escurecimento. Para a cultivar Paraná, é possível que, que por ser pigmentada, possua um potencial antioxidante não enzimático. Houve aumento nos conteúdos de compostos fenólicos totais e flavonoides com o avanço da época de colheita, para cultivar de cor polpa laranja, Paraná. Por outro lado, nas cultivares de cor de polpa creme, Mãe de família e

ESAM 1 os valores de compostos fenólicos totais e carotenoides totais regrediram, com o avanço da época de colheita. Verificou-se com o estudo realizado que a época de colheita de batata doce é um dos fatores pré-colheita importantes para modular alguns distúrbios na pós-colheita após serem minimamente processadas, como escurecimento evidenciado principalmente para a batata doce de polpa creme, cvs. Mãe de família e esbranquecimento para a de polpa laranja, cv. Paraná. As batatas doces colhidas entre as épocas 150 e 180 dias as tornaram mais pigmentadas, devido ao incremento de β e α -carotenos, luteína, e flavonoides, mais doce, em função de maiores tores de sólidos solúveis, e, conseqüentemente, com maiores compostos bioativos, quantificados pela capacidade antioxidante. Por outro lado, aquelas colhidas com 120 dias intensificaram o escurecimento e esbranquecimento. Embora o escurecimento ocorrido para as cultivares Mãe de família e ESAM 1, possa ter incrementado a capacidade antioxidante. Tornando-se a mais atrativa para o consumo e permitindo que nesse intervalo de tempo o produtor escolha a época de colheita de acordo com a demanda no mercado para a batata doce.

Palavras-chaves: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., pós-colheita, conservação, qualidade, compostos bioativos, cultivares Paraná, Mãe de Família e ESAM 1.

ABSTRACT

Minimal processing can induce important changes, indicative of quality, such as darkening and or whitening, and may increase the content of phytochemicals. The objective of this study was to identify harvesting times for the different cultivars of sweet potato, Paraná (orange pulp), Mother of the family and ESAM 1 (cream pulp), which meet different qualitative aspects for commercialization after minimal processing. The roots were obtained from the UFERSA experimental garden and harvested at different times, 120, 150 and 180 days. After the harvest, the roots were transported to the UFRPE / UAST Plant Production Post-Graduation Center and submitted to minimum processing (selection, washing, peeling, cutting, sanitizing, rinsing, draining, weighing, packaging) and kept at 5 ± 2 ° C for 12 days. The experimental design consisted of randomized blocks in a 3x5 factorial scheme, three harvest times, 120, 150 and 180 days, and five days of evaluation, 0, 3, 6, 9 and 12 days, each experimental unit containing approximately 150 g of sweet cut, with three replicates, for each cultivar. The analyzes were: visual analysis, agroindustrial yield, fresh mass, total soluble solids, cooking time, enzymatic activity of polyphenol and peroxidase, total soluble phenols, total carotenoids (spectrophotometer) and individual (HPLC), total flavonoids, antioxidant capacity DPPH and FRAP). The results were submitted to the Tukey test at 5% probability. The best harvesting time for the minimum processing was between 150 and 180 days for the three cultivars studied, since the roots remained with the visual quality above the threshold (note 3) for acceptance, consumption and commercialization throughout the growing period. refrigerated storage. The symptoms leading to loss of visual quality for minimally processed sweet potatoes were browning and whitening intensified in sweet potatoes harvested at 120 days. In the cultivars Mother and ESAM 1, at 120 days the activities of the PPO and POD enzymes are high, which leads to dimming. In order to cultivate Paraná, it is possible that, because it is pigmented, it possesses a non-enzymatic antioxidant potential. There was an increase in the contents of total phenolic compounds and flavonoids with the advancement of the harvest season, to grow orange pulp, Paraná. On the other hand, in the cultivars of cream pulp, mother of family and ESAM 1 the values of total phenolic compounds and total carotenoids regressed with the advancement of the harvest season. It was verified with the study that the sweet potato harvest season is one of the important pre-harvest factors to modulate some post-harvest disturbances after being minimally processed, such as darkening evidenced mainly for the sweet potato of

cream pulp, cvs. Family mother and whitening for the orange pulp, cv. Paraná. Sweet potatoes harvested between 150 and 180 days made them more pigmented, due to the increase of β and α -carotene, lutein, and flavonoids, as a result of higher solids solids, and consequently with larger compounds quantified by the antioxidant capacity. On the other hand, those harvested at 120 days intensified darkening and whitening. Although the browning occurred for the cultivars Mother of family and ESAM 1, may have increased the antioxidant capacity. It becomes more attractive for consumption and allowing the producer to choose the harvesting season according to the market demand for sweet potatoes.

Keywords: *Ipomoea batatas* (L.) Lam., Post-harvest, conservation, quality, bioactive compounds, cultivars Paraná, Mother of Family and ESAM 1.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** CULTIVAR MÃE DE FAMÍLIA, FORMATO DA RAIZ (A) , COLORAÇÃO DA CASCA E PELÍCULA, COR DA POLPA (B E C), APARÊNCIA E TEXTURA APÓS COCÇÃO (D). FONTE: ALMEIDA, 2016. 24
- FIGURA 2.** CULTIVAR ESAM 1, FORMATO DA RAIZ (A), COR DA POLPA (B), COLORAÇÃO DA CASCA E PELÍCULA (C), APARÊNCIA E TEXTURA APÓS COCÇÃO (D). FONTE: ALMEIDA, 2016. 25
- FIGURA 3.** CULTIVAR PARANÁ, FORMATO DA RAÍZ (A), COLORAÇÃO DA CASCA E PELÍCULA (B), COR DA POLPA (C), APARÊNCIA E TEXTURA APÓS COCÇÃO (D). FONTE: ALMEIDA, 2016. 26
- FIGURA 4.** ESTRUTURA QUÍMICA DE CAROTENOIDES ENCONTRADOS NOS ALIMENTOS (ADAPTADO DE RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, 2004) 28
- FIGURA 5.** FLUXOGRAMA UTILIZADO PARA RAÍZES DE BATATA DOCE, ADAPTADO DE BRITO ET AL. (2013). 34
- FIGURA 6.** NOTAS VISUAIS DAS RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. CV. PARANÁ (A). CV. MÃE DE FAMÍLIA (B). CV. ESAM 1 (C). AS LINHAS PONTILHADAS EM VERMELHO INDICAM O LIMITE DE ACEITAÇÃO COMERCIAL NOTA 3 E AS BARRAS O DESVIO PADRÃO DA MÉDIA. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 44
- FIGURA 7.** RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C. QUANDO SE ENCONTRAVAM NO LIMITE DE ACEITAÇÃO COMERCIAL NOTA 3. CV. PARANÁ (A) AOS 12 DIAS NA ÉPOCA DE COLHEITA DE 120 DIAS. CV. MÃE DE FAMÍLIA (B) AOS 12 DIAS NA ÉPOCA DE COLHEITA DE 120 DIAS. CV. ESAM 1 (C) A PARTIR DO TERCEIRO DIA DE CONSERVAÇÃO DA ÉPOCA 120 DIAS. AS SETAS EM VERMELHO INDICAM SINTOMAS QUE LEVARAM A DIMINUIÇÃO DA QUALIDADE VISUAL, PARA A CV. PARANÁ O ESBRANQUECIMENTO, PARA AS CVS. MÃE DE FAMÍLIA E ESAM 1 ESCURECIMENTO SUPERFICIAL DO TECIDO. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 44

- FIGURA 8.** ATIVIDADE DAS ENZIMAS POLIFENOLOXIDASE (A-C-E) ($\mu\text{MOL DE CATECOL.G MF}^{-1}.\text{MIN}^{-1}$) E DA PEROXIDASE (B-D-C) ($\mu\text{MOL DE GUAIACOL. G MF}^{-1}.\text{MIN}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS, 120, 150 E 180 DIAS, E MANTIDAS A 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE DA CV. PARANÁ (A-B). POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE DA CV. MÃE DE FAMÍLIA (C-D). POLIFENOLOXIDASE E PEROXIDASE DA CV. ESAM 1 (E-F). AS BARRAS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA MÉDIA. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 45
- FIGURA 9.** VALORES MÉDIOS DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (%) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADAS COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. A- CV. PARANÁ; B- CV. MÃE DE FAMÍLIA, C- CV. ESAM 1 (C). AS BARRAS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA MÉDIA. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 46
- FIGURA 10.** TEORES DE CAROTENOIDES TOTAIS ($\text{UG G}^{-1} \text{MS}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADAS COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. A, CV. MÃE DE FAMÍLIA. B, CV. ESAM 1. AS BARRAS REPRESENTAM O DESVIO PADRÃO DA MÉDIA. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 48
- FIGURA 11.** CROMATOGRAMA OBTIDO POR CLAE DOS CAROTENOIDES PRESENTES EM BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA, DA CV. PARANÁ, NO DIA 0,6 E 12 DE CONSERVAÇÃO A 5 ± 2 °C AOS 180 DIAS DE COLHEITA. (1) LUTEÍNA, (2) A-CAROTENO E (3) B-CAROTENO, NOS TEMPOS DE RETENÇÃO 4, 14 E 16 MINUTOS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018. 49
- FIGURA 12.** CROMATOGRAMA OBTIDO POR CLAE DOS CAROTENOIDES PRESENTES EM BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA, DA CV. MÃE DE FAMÍLIA, NO DIA 0,6 E 12 DE CONSERVAÇÃO A 5 ± 2 °C AOS 180 DIAS DE COLHEITA . (1) LUTEÍNA, (2) A-CAROTENO E (3) B-CAROTENO, NOS TEMPOS DE RETENÇÃO 4, 14 E 16 MINUTOS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 50
- FIGURA 13.** CROMATOGRAMA OBTIDO POR CLAE DOS CAROTENOIDES PRESENTES EM BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA, DA CV. ESAM 1, NO DIA 0,6 E 12 DE

CONSERVAÇÃO A 5 ± 2 °C AOS 180 DIAS DE COLHEITA . (1) LUTEÍNA, (2) A-CAROTENO E (3) B-CAROTENO, NOS TEMPOS DE RETENÇÃO 4, 14 E 16 MINUTOS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 51

FIGURA 14. TEORES DE A- CAROTENO (A), LUTEÍNA (B), B-CAROTENO (C) ($\text{UG G}^{-1} \text{MS}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120, 150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018..... 52

FIGURA 15. DIAGRAMA DEMONSTRANDO COLHEITA DE BATATA DOCE DAS CULTIVARES DE COR DE POLPA CREME (NÃO PIGMENTADAS), MÃE DE FAMÍLIA E ESAM 1 E DE POLPA LARANJA (PIGMENTADA), PARANÁ, AOS 120, 150 E 180 DIAS. A ÉPOCA DE COLHEITA DE BATATA DOCE É UM DOS FATORES PRÉ-COLHEITA IMPORTANTES PARA MODULAR ALGUNS DISTÚRBIOS NA PÓS-COLHEITA APÓS SEREM MINIMAMENTE PROCESSADAS, COMO ESCURECIMENTO EVIDENCIADO PRINCIPALMENTE PARA A BATATA CREME E ESBRANQUECIMENTO PARA CV. PARANÁ. POIS AS BATATAS COLHIDAS ENTRE 150 E 180 DIAS AS TORNA MAIS PIGMENTADA, DEVIDO AO INCREMENTO DOS PIGMENTOS (A- CAROTENO E B-CAROTENO, LUTEÍNA, FLAVONOIDES), MAIS DOCE, EM FUNÇÃO DE MAIORES TORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS, E, CONSEQUENTEMENTE, COM MAIORES COMPOSTOS BIOATIVOS, QUANTIFICADOS PELA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE. POR OUTRO LADO, AQUELAS COLHIDAS COM 120 DIAS INTENSIFICARAM O ESCURECIMENTO E ESBRANQUECIMENTO. AS SETAS VERTICAIS ESCURAS INDICAM INTENSIFICAÇÃO DO PROCESSO DESCRITO AO LADO. AS LETRAS SOBRESCRITAS SÃO REFERÊNCIAS QUE FORTALECEM OS RESULTADOS ENCONTRADOS: (A) (SAINI, KO, E KEUM, 2018; LU; XIAO, E ZHANG, 2013 (B) WIBERLEY-BRADFORD ET AL., 2014 (C) GIRARD ET AL.,2016; ESATBEYOGLU ET AL.,2017 (D) REYES ET AL., 2007; SIMÕES ET AL. 2016; FREIRE ET AL., 2015 (E); VALDUGA ET AL., 2009 (F). 63

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.** ESCALA TIPO LIKERT COM CINCO PONTOS PARA ANÁLISE VISUAL DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA NO FORMATO ‘RODELA’, CV. PARANÁ. SERRA TALHADA- PE. UFRPE/UAST. 2018..... 35
- TABELA 2.** ESCALA TIPO LIKERT COM CINCO PONTOS PARA ANÁLISE VISUAL DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA NO FORMATO RODELA, CV. MÃE DE FAMÍLIA. SERRA TALHADA- PE. UFRPE/UAST. 2018. 36
- TABELA 3.** ESCALA TIPO LIKERT COM CINCO PONTOS PARA ANÁLISE VISUAL DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA NO FORMATO RODELA, CV. ESAM 1. SERRA TALHADA- PE. UFRPE/UAST. 2018..... 37
- TABELA 4.** TEORES DE CAROTENOIDES TOTAIS ($\mu\text{G G}^{-1} \text{MS}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADAS, CV. PARANÁ, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS A 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 47
- TABELA 5.** TEORES DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS ($\text{MMOL KG}^{-1} \text{MF}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADAS, CVS. PARANÁ, MÃE DE FAMÍLIA E ESAM 1, COLHIDAS EM DIFERENTES COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS A 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA- PE, UFRPE/UAST, 2018..... 54
- TABELA 6.** TEORES DE FLAVONOIDES TOTAIS ($\text{MG G}^{-1} \text{MS}^{-1}$) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADAS CVS. PARANÁ, MÃE DE FAMÍLIA E ESAM 1, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS A 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 54
- TABELA 7.** CAPACIDADE DE REDUÇÃO DE FERRO FRAP ($\text{MMOL Fe}^{2+} \text{KG}^{-1}$) E DPPH (%) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA, CV. PARANÁ, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS A 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 55

TABELA 8. CAPACIDADE DE REDUÇÃO DE FERRO FRAP (MMOL Fe^{2+} KG^{-1}) E DPPH (%) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA DA CV. MÃE DE FAMÍLIA, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 56

TABELA 9. CAPACIDADE DE REDUÇÃO DE FERRO FRAP (MMOL Fe^{2+} KG^{-1}) E DPPH (%) EM RAÍZES DE BATATA DOCE MINIMAMENTE PROCESSADA DA CV. ESAM 1, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS (120,150 E 180 DIAS) E MANTIDAS ARMAZENADAS EM 5 ± 2 °C POR DOZE DIAS. SERRA TALHADA-PE, UFRPE/UAST, 2018 56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 A ORIGEM, PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA DA BATATA DOCE	23
2.2 CULTIVARES DE BATATA DOCE	24
2.3 CAROTENOIDES E COMPOSTOS FENÓLICOS COMO COMPOSTOS BIOATIVOS E SUA OCORRÊNCIA EM BATATA DOCE.....	26
2.4 PROCESSAMENTO MÍNIMO.....	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 Localização e caracterização da área de cultivo	32
3.2 Delineamento experimental e Análise Estatística	32
3.3 Colheita e Processamento mínimo	33
3.4 AVALIAÇÃO FÍSICA	35
3.4.1 Avaliação visual	35
3.5 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS	37
3.5.1 Rendimento Agroindustrial (RA)	37
3.5.2 Massa Fresca (MF)	38
3.5.3 Sólidos Solúveis Totais (SST).....	38
3.5.4 Tempo de cocção	38
3.6 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS.....	39
3.6.1 Extração e ensaio da Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1; PPO) e Peroxidase (EC 1.11.1.7;POD)	39
3.6.2 Fenóis Solúveis Totais (FST).....	40
3.6.3 Carotenoides totais e individuais	40
3.6.4 Flavonoides totais	42
3.6.5 Determinação da Capacidade Antioxidante.....	42
4 RESULTADOS	43
5. DISCUSSÃO	57
6. CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A cultura da batata doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) está entre as cinco culturas mais consumidas na alimentação humana nos países em desenvolvimento após o arroz, o trigo, o milho e a mandioca (LIN et al., 2007). A batata doce é produzida em mais de 100 países, cuja produção mundial foi de 106,60 milhões de toneladas em 2014 (FAOSTAT, 2014), com 71,6% produzidos na Ásia. No Brasil, a cultura possui grande importância social, sendo considerada a quarta hortaliça mais consumida. Em 2016, o país atingiu a produção de 669,45 mil toneladas em 47,57 mil ha. O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, com produção de 167,85 mil toneladas e rendimento médio de 13,40 t ha⁻¹ (IBGE, 2016).

Em se tratando de perdas pós-colheita, a batata doce é cultivada como cultura marginal, com baixo investimento e produtividade, a qual sofre restrições na comercialização nos supermercados e na aceitação do consumidor (CHAKRABORTY et al., 2017). É uma cultura negligenciada pelo setor agrícola tanto na pesquisa pública quanto na iniciativa privada, embora esse cenário venha mudando nos últimos anos devido ao aumento do consumo e conseqüentemente o interesse em estudar essa cultura (VARGAS et al., 2017).

Existe uma grande variedade de cultivares (cvs.) de batata doce, que se diferenciam desde a coloração da casca, polpa e película até o formato e tamanho (EMBRAPA, 2008). Dentre as cultivares plantadas no Semiárido destacam-se, a cv. Coquinho possui raízes alongadas com periderme amarela e polpa creme (MOREIRA et al., 2011). A cv. Seu Antônio possui raízes cônicas com periderme branca e polpa creme (MOREIRA et al., 2011). A cv. ESAM 1 que possui a polpa branca e casca creme e cv. Mãe de família com película externa creme e polpa branca (ALBUQUERQUE et al., 2016). A cv. Paraná possui polpa laranja, com estudos iniciais no Semiárido Brasileiro (ALBUQUERQUE et al., 2016).

As cultivares de polpa pigmentadas possuem, altos teores de carotenoides (MITRA, 2012; AKHTAR et al., 2013) o que pode levar a um maior potencial antioxidante, uma alternativa viável para a suplementação alimentar, visando suprir a carência de vitamina A, sendo uma fonte de baixo custo e abundante de β -caroteno em relação as cultivares de polpa branca e creme (ISLAM et al., 2016). As raízes de batata doce são fontes de compostos fenólicos, os quais demonstram um grande potencial para uso como alimento funcional melhorando a saúde humana (TEOW et al., 2007). Estudos relatam que a batata

doce pode auxiliar na prevenção e redução de algumas doenças como cânceres, diabetes, auxiliando no sistema imune do corpo humano (FIEDOR; BURDA, 2014.). Portanto, o conteúdo fenólico total pode servir como um indicador útil para as atividades antioxidantes das batatas doces (TEOW et al., 2007).

Tem-se verificado no Semiárido do Brasil, que o atraso na colheita de batata doce de 90 para 150 dias aumentou os teores de açúcares, amido e vitamina C, e reduziram tempo de cozimento, para as cvs. Paraná, Mãe de família e ESAM 1 (ALBUQUERQUE et al., 2018), fitoquímicos que as tornam potenciais para uso de mesa ou indústria. Neste mesmo estudo a cv. ESAM 1, potencializou acúmulo amido, firmeza e tempo de cocção no atraso da colheita. Isso evidenciou que esta cultivar possui maior potencial para indústria e as cultivares Paraná e Mãe de Família para mercado de mesa (ALBUQUERQUE et al., 2018).

Assim, atrasos na colheita de batata doce no Sertão até 150 dias, pode ser uma alternativa para comercialização de batatas de polpa creme, cvs. Mãe de família e ESAM 1 e laranja, cv. Paraná para consumo de mesa. Porém, os estudos realizados foram com raízes inteiras (ALBUQUERQUE et al., 2018). A proposta do presente trabalho é verificar se a técnica de atraso de colheita para essas cultivares minimamente processadas pode ser um bom artifício tecnológico para manter qualidade, visto que, o manuseio causado pelo processamento mínimo resulta em estresses ao tecido no qual acelera reações indesejáveis (BRECHT, 1995), causando escurecimento (SALTVEIT et al., 1997, MORETTI et al., 2004), esbranquecimento (SIMÕES et al., 2009), dentre outras respostas físico-químicas e bioquímicas associadas (TRIBST et al., 2016).

O atraso na colheita em mandioca de mesa, aumentam a suscetibilidade da raiz ao escurecimento, se conservadas minimamente processadas, em parte, devido uma modulação diferencial nas atividades de enzimas do metabolismo antioxidante, como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POD) (COELHO et al., 2017). Em batata doce, parece ser é o inverso, raízes mais jovens são mais suscetíveis ao escurecimento. Estes distúrbios fisiológicos podem ter origem no metabolismo oxidativo causado pelos danos oxidativos (XU et al., 2013), associados com enzimas que oxidam compostos fenólicos como a PPO e POD (TRIBST et al., 2016).

A proposta do presente trabalho foi de estudar a qualidade de diferentes cultivares de batata doce, polpa laranja (Paraná) e polpa creme (Mãe de família e ESAM 1), após submetidas a atrasos na colheita. Acredita-se que o atraso na colheita, pode ser um modulador físico, de baixo custo e acessível a pequenos agricultores, para manter mais

altos os níveis de pigmentos, contribuindo com um maior valor nutricional e funcional da raiz, como também, torná-las mais tolerantes ao escurecimento, por meio de menor atuação de enzimas oxidativas envolvidas no escurecimento.

Assim, sugere-se que o atraso na colheita resulte em tecidos com menores alterações na atividade de enzimas que participam na oxidação de compostos fenólicos e maiores teores de compostos bioativos para batata doce minimamente processada, tornando-a mais atrativa para o consumo.

Logo o objetivo foi identificar épocas de colheitas para as diferentes cultivares de batata doce, Mãe de família e ESAM 1 (cor de polpa creme) e Paraná (cor de polpa laranja), para fins de processamento mínimo, que reúnam diferentes aspectos qualitativos para sua comercialização.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ORIGEM, PRODUÇÃO E IMPORTÂNCIA DA BATATA DOCE

A batata doce originária na América do Sul, pertence à família Convolvulaceae, (ROULLIER et al., 2013). Existe indícios que indicam que a batata doce foi introduzida há mais de 5000 anos é considerada uma cultura robusta, com grande adaptabilidade e alta capacidade de propagação (WOOLFE, 1992).

É uma cultura de porte herbáceo perene, possui habilidade para se adaptar a diferentes condições climáticas, permitindo seu cultivo em regiões tropicais e de temperaturas moderadas em todo mundo (SHETH et al., 2017).

Devido estas características, ocupa a terceira posição entre as raízes produzidas no mundo, cuja produção mundial foi de 106,60 milhões de toneladas em 2014 (FAOSTAT, 2014).

A batata doce é umas das culturas que se destacam por ser rica em antioxidantes, carboidratos, minerais, fibras, vitaminas. Essa cultura auxilia na nutrição, segurança alimentar e na redução da pobreza nos países em desenvolvimento, por ser rica em compostos bioativos como os compostos fenólicos e carotenoides (BOVELL-BENJAMIN, 2007).

Estes antioxidantes atuam na neutralização de radicais livres e conferem as cores das cultivares, parâmetro de qualidade importante nos alimentos, que pode ser

determinante para o consumidor no momento da compra (CARTIER et al., 2017; SILVA et al., 2017).

É considerada uma fonte importante de carboidratos, pois cerca de 80% da matéria seca de batata doce são os carboidratos, sendo o amido o principal, o qual é a matéria prima mais utilizada para a indústria (BOVELL- BENJAMIN, 2007). A quantidade de proteína e lipídios é baixa, variando de 5% e 1% da matéria seca (WANG et al.,2016).

2.2 CULTIVARES DE BATATA DOCE

Existe uma grande diversidade de cultivares de batata doce, diferindo-se na coloração de polpa e película, tamanho e formatos. Dentre as cultivares conhecidas destacam-se a cv. ESAM 1, ESAM 2, ESAM 3, Paraná, Mãe de Família, Coquinho, Seu Antônio (MOREIRA et al., 2011).

A cultivar Mãe de família apresenta raízes longas irregulares com película externa creme e polpa creme (ALBUQUERQUE, 2016), bastante aceita no mercado consumidor da região. Seu comprimento das raízes comerciáveis varia de acordo com a época de colheita, varia entre 15 a 19,20 cm, o diâmetro varia entre 3 a 4 cm. Pode ser colhida a partir dos 120 dias após o plantio (Figura 1).

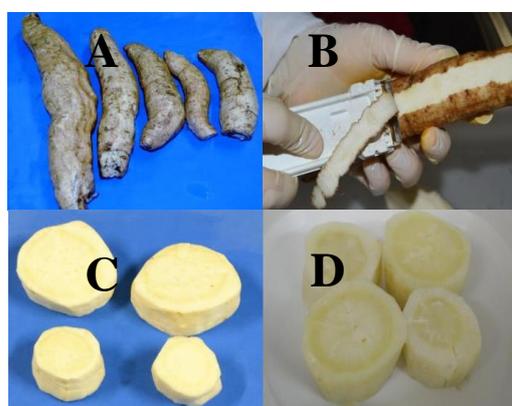


Figura 1. Cultivar Mãe de família, formato da raiz (A) , coloração da casca e película, cor da polpa (B e C), aparência e textura após cocção (D). Fonte: ALMEIDA, 2016.

A cultivar ESAM 1 apresenta raízes fusiformes com película externa rosada, córtex e polpa creme, que após o cozimento torna-se creme, macia e medianamente seca (Figura 2). O diâmetro das raízes comerciáveis varia entre 3,5 a 4,5 cm, comprimento 13 a 15 cm. Apresenta ciclo produtivo curto variando entre 110 e 130 dias após o plantio. O tempo de cocção varia entre 11:34 min e 12:06 min (ALBUQUERQUE et al., 2016).

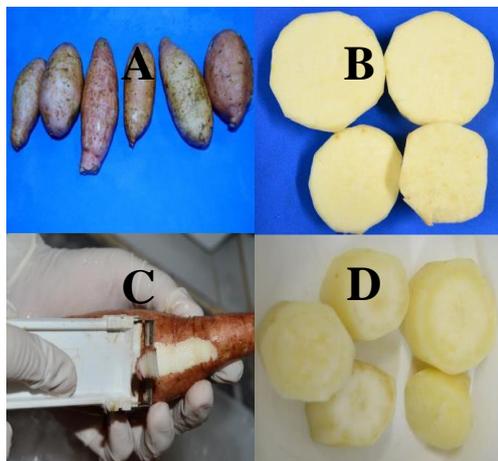


Figura 2. Cultivar ESAM 1, formato da raiz (A), cor da polpa (B), coloração da casca e película (C), aparência e textura após cocção (D). Fonte: ALMEIDA, 2016.

A cultivar Paraná (Figura 3) apresenta porte ramador, folhas com base hastada e ápice agudo, raízes arredondadas com periderme e polpa laranja (MOREIRA et al., 2011) (Figura 3), podem ser colhidas a partir dos 120 dias após o plantio, o diâmetro médio das raízes comerciáveis varia entre 3 e 6,38 cm. Comprimento das raízes entre 10 e 13 cm (ALBUQUERQUE et al., 2016).

Cultivares de batata doce de polpa laranja, são ricas em carotenoides e vitamina C e podem atuar como antioxidantes (PADMAJA, 2009). De acordo com Rodriguez-Amaya (2004), a batata doce de polpa laranja surge como mais uma alternativa para o enriquecimento da alimentação. A carência ocorre principalmente em crianças menores de cinco anos nos países em desenvolvimento.

A carência desta vitamina pode acarretar diversos problemas que vão desde a diarreia, cegueira e pode levar até a morte. Segundo Mayo- Wilson et al., 2011, com base em quinze estudos verificaram que a suplementação de vitamina A reduziu a incidência de diarreia em 15% e a incidência de sarampo em 50% (seis estudos), dados observados em

crianças com época entre seis meses e cinco anos. A redução da diarreia grave é provavelmente devido ao papel da vitamina A na restauração e manutenção da integridade mucosa intestinal (JONES et al., 2015).

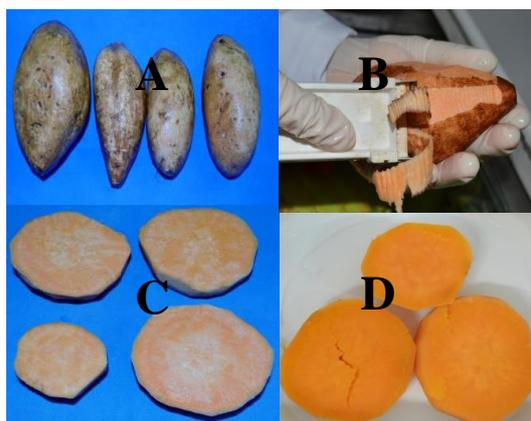


Figura 3. Cultivar Paraná, formato da raiz (A), coloração da casca e película (B), cor da polpa (C), aparência e textura após cocção (D). Fonte: ALMEIDA, 2016.

2.3 CAROTENOIDES E COMPOSTOS FENÓLICOS COMO COMPOSTOS BIOATIVOS E SUA OCORRÊNCIA EM BATATA DOCE

Carotenoides são considerados compostos bioativos, pigmentos naturais responsáveis pela a coloração amarela, laranja ou roxa da batata doce (HASHIMOTO et al., 2016). Desempenham funções importantes para a saúde, uma vez que estudos demonstram que promovem benefícios contra cânceres, doenças de coração e atuam no sistema imune (FIEDOR; BURDA, 2014.). Além disso, nos vegetais os carotenoides desempenham papéis importantes na fotossíntese e fotoproteção (DOMONKOS et al., 2013; NIYOGI e TRUONG, 2013; HASHIMOTO et al., 2016).

Nas plantas os carotenoides estão presentes principalmente em membranas lipídicas ou armazenados nos vacúolos do plasma (MAIANI et al., 2009), eles são sintetizados com o objetivo de exercer a função de absorção de luz durante o processo de fotossíntese, proteger contra organismos fotossintéticos nas plantas através de mecanismos secundários (BARUA et al., 2000).

Os carotenoides possuem em sua estrutura um tetraterpeno de 40 carbonos, simétrico e linear composto a partir de oito unidades isopropanóides de cinco carbonos (RODRIGUEZ- AMAYA; KIMURA, 2004). Os carotenoides mais comuns possuem

grupos hidroxí (OH), aldeídos (CHO), podem ser acíclicos ou ter diferentes sistemas cíclicos, com várias duplas ligações conjugadas e isoladas. Os carotenoides hidrogenados são os carotenos e os derivados oxigenados são as xantofilas (BALL, 2006).

Devido as duplas ligações, os carotenoides possuem características de absorção espectral ultravioleta e visível, a detecção de carotenoides após separação por métodos de cromatografia líquida ocorre em uma zona de absorção característica entre 400 a 550 nm de comprimento de onda (BARUA et al, 2000).

Na batata doce encontram-se altos teores de carotenoides, dentre esses diversos tipos já foram relatados e estes podem ser precursores de vitamina A, destacam-se o β -caroteno, α -caroteno, luteína (ISLAM et al., 2016). Além da batata doce outros vegetais são ricos em carotenoides, entre eles frutas tropicais vermelhas, cenoura, tomate, abóbora e entre outros (GIULIANO et al., 2017).

Os carotenoides atuam como antioxidantes, os quais desativam os radicais livres. Estudos demonstram que ao ser implementado na dieta alimentos ricos em carotenoides, é observado a redução da incidência de doenças como o câncer, doenças cardiovasculares, oculares. Portanto, conclui-se que os carotenoides podem contribuir na proteção contra estas doenças (LEE et al., 2009; LARSSON; BERGKVIST; WOLK, 2010; FARWELL et al., 2008).

Os teores de carotenoides na batata doce são muito estáveis, porém quando os produtos são processados, tornam-se muito instáveis pela ação do calor, luz e oxigênio (FONSECA et al., 2008). Eles podem ser parcialmente isomerizados ou totalmente degradados, depende das condições utilizadas durante o processamento do material vegetal (RODRIGUEZ AMAYA, 1999).

Estudo comparou os teores de carotenoides em cultivares de batata doce de polpa creme e laranja, avaliou a quantidade do produto fresco. Os resultados encontrados para os teores de carotenoides totais foram, para o produto fresco, de 437 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ para a cultivar de polpa creme e 10.120 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ para a laranja (FONSECA et al., 2008).

Foi observado que diferentes cultivares de batata doce quando plantadas no mesmo local apresentam variações dos conteúdos de carotenoides, isso se deve ao fato que o mecanismo para sintetizar carotenoides na batata doce é devido a um fator genético (WOOLFE, 1992).

Estudos verificaram que cultivares de polpa laranja e amarela coletadas na Quênia, apresentaram maiores conteúdos de β -caroteno em comparação aos cultivares de polpa creme, encontrando teores de 10,800 μg e 1,240 μg de β -caroteno por 100 g de tecido fresco, respectivamente (KIDMOSE et al. 2007). Estudos relatam que batata doce de polpa laranja possui maior teor de β -caroteno, o qual possui maior quantidade de açúcar em relação a outros tipos de carotenoides, tornando a mais doce quando comparada com cultivares de batata doce de polpa roxa, por exemplo. Segundo trabalho desenvolvido por Maiani et al., 2009, os principais carotenoides encontrados nos alimentos são β -caroteno, β -criptoxantina, α -caroteno, licopeno, luteína e zeaxantina (Figura 4).

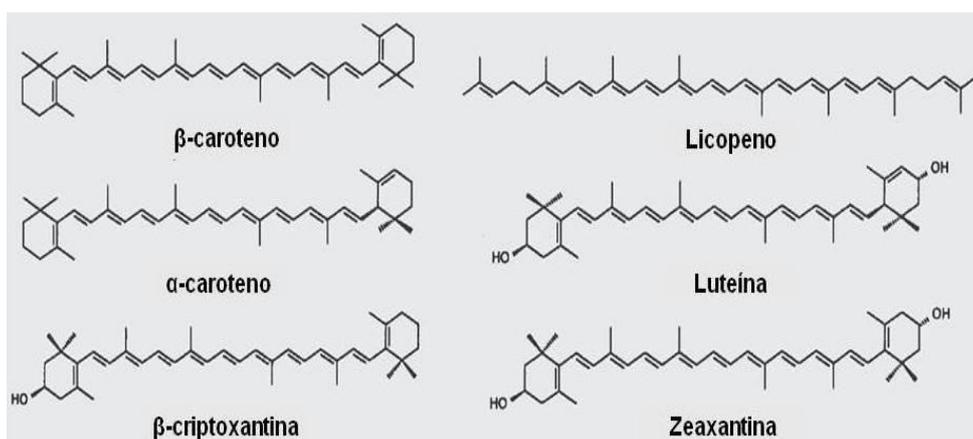


Figura 4. Estrutura química de carotenoides encontrados nos alimentos (Adaptado de RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, 2004)

Trabalho desenvolvido na identificação dos principais carotenoides de quatro cultivares de batata doce (CNPB 1007, CNPB 1202, CNPB 1205 e CNPB 11 94), os resultados obtidos demonstraram que todos apresentaram altos teores de carotenoides (entre 284,1 e 458,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de base fresca), onde o β -caroteno foi verificado em maior quantidade quando comparado com os outros carotenoides identificados com as xantofilas, luteína e zeaxantina.

A cultura da batata doce ocupa a oitava posição entre as 23 hortaliças que são mais consumidas em todo mundo, em relação a quantidade de conteúdo de fenólicos totais (VINSON et al., 1998). Os compostos fenólicos promovem a pigmentação natural junto com os carotenoides, as polpas das raízes da batata doce (amarelo, laranja ou roxo). Na

batata doce, o ácido clorogênico é o principal composto fenólico detectado nos diferentes cultivares (PADDA e PICHA, 2008).

As estruturas químicas dos compostos fenólicos possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, incluindo seus derivados funcionais. Os vegetais possuem derivados fenólicos, incluindo fenóis simples, fenilpropanóides, flavonóides, derivados do ácido benzóico, estilbenos, taninos, lignanas e ligninas (SHAHIDI; NACZK, 2004, AGATI et al., 2012).

Os compostos fenólicos atuam como antioxidantes, na proteção das células e tecidos do estresse oxidativo, na cura de doenças (RIMBACH; De PASCUAL-TERESA, 2005). Devido essas características estudos avaliam a composição e atividade antioxidante de fenólicos em diferentes frutas e vegetais, inclusive na batata doce. Estudos realizados indicam que raízes de batata doce possuem uma potente atividade antioxidante, antimutagênica, efeitos antidiabéticos e reduz os efeitos do Alzheimer (TRUONG et al., 2009; RABAH et al., 2004; KIM et al., 2011; ISLAM, 2016; NAGAI et al., 2011).

2.4 PROCESSAMENTO MÍNIMO

A técnica de processamento mínimo começou no Brasil com a chegada das redes dos “*fast food*”, na década de 70. No início o país necessitava de mais informações e tecnologia para a execução, despertou o interesse dos pesquisadores em buscar conhecimento e desenvolver tecnologias próprias. A partir daí o grande número de informações, possibilitou o avanço dessa técnica, embora muitos pontos ainda precisem ser estudados (MORETTI, 2004).

O rápido crescimento de frutas e hortaliças minimamente processadas foi devido principalmente, ao aumento do valor agregado aos produtos, a praticidade no modo de preparo, além de proporcionar mais uma forma de comercialização do produto. O objetivo do processamento mínimo é manter as características próximas aos dos produtos frescos, preservando as qualidades nutricionais e vida útil, permitindo a sua comercialização e consumo (SIMÕES et al., 2007).

Os produtos minimamente processados se resumem basicamente nas seguintes etapas: operações de limpeza, lavagem, seleção e a uma ou mais alterações físicas, tais

como, descascamento, fatiamento e corte, primeiro enxágue, sanitização, segundo enxágue, centrifugação, embalagem e transporte para o mercado consumidor. Essa técnica possui algumas adaptações de acordo com o material vegetal em estudo (OLIVEIRA; VALLE, 2000). Vários produtos são minimamente processados, como por exemplo maçãs, batatas, mandioca, inhame, cenouras, couve (MENOLLI et al., 2008, PUTNIK et al., 2017; IERNA et al., 2017; FREIRE et al., 2015, SIMÕES et al., 2015, SIMÕES et al., 2016).

A aplicação do processamento mínimo leva a aceleração do metabolismo do vegetal, aumento na respiração e a produção de etileno, e pode levar a a indução no processo de cicatrização de feridas (BRECHT, 1995). Como consequência dos ferimentos no tecido vegetal, ocorre o escurecimento enzimático, desidratação, oxidação dos lipídeos. Tais fatores influenciam diretamente na qualidade do produto minimamente processado, diminuindo assim a vida útil de prateleira e dificultando a comercialização do mesmo.

O escurecimento enzimático ocorre em vegetais minimamente processados como resultado da descompartimentação de substratos e enzimas oxidativas, juntamente com a maior exposição dos tecidos ao oxigênio, e do estresse sofrido pelos tecidos vegetais que pode induzir a síntese de enzimas envolvidas nas reações de escurecimento (YILDIZ et al., 2017). O escurecimento é o principal fator limitante na comercialização de alguns produtos minimamente processados (SIMÕES et al., 2015; SIMÕES et al., 2016; SOARES et al., 2015).

Em raízes minimamente processadas, como mandioca, inhame e cenoura os principais problemas são o escurecimento enzimático e o esbranquiçamento superficial os quais influenciam diretamente na qualidade do produto (COELHO et al., 2017; DONEGÁ et al., 2013; SIMÕES et al., 2009).

As enzimas têm grande participação no processo de escurecimento de alguns vegetais e frutas depois de minimamente processados. Estudos relatam que duas enzimas são importantes na degradação oxidativa dos compostos fenólicos por levarem a produção de polímeros de cor amarronzada, a polifenoloxidase (PPO), a peroxidase (POD). A atividade de POD pode ter uma ação sinérgica com PPO, quanto maior a oxidação de alguns compostos fenólicos solúveis por meio de PPO, maior a produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), um substrato para POD (TEREFE et al.,2014).

A polifenoloxidase enzima catalisa a oxidação de monofenóis e difenóis pelo oxigênio molecular, produzindo as quinonas que se polimerizam formando assim as

melaninas (OLIVEIRA CARVALHO et al., 2017). O mecanismo de ação da polifenoxidase, a enzima possui no centro ativo dois íons Cu^+ , possui dois resíduos de histidina. De acordo com o mecanismo a enzima liga primeiro o oxigênio e depois o monofenol. Ocorre à mudança de valência dos íons cobre e provoca a formação de complexo enzima-substrato, em seguida ocorre a hidroxilação, seguida da formação de um o-difenol. Por fim ocorre a oxidação o- difenol a o-quinona (HEMACHANDRAN et al., 2017; REDONDO et al., 2016; TEREFE et al., 2015)

As enzimas peroxidases (POD) (E.C. 1.11.1.7) atuam na reação de oxidação de compostos fenólicos na presença de peróxido de hidrogênio. As quinonas também são obtidas como produto, e após a oxidação na presença de O_2 ocorre à polimerização formando-se as melaninas (TELES et al., 2018).

Estudo com folhas de couve minimamente processadas observou a elevada atividade das enzimas PPO e POD, levou a perda da qualidade do produto, principalmente devido o surgimento do escurecimento e a perda de turgescência. A atividade enzimática foi aumentada durante a conservação, para a PPO e POD, indicando ao longo do período de conservação refrigerada ocorrem mudanças no metabolismo, que desempenha um papel importante na redução da qualidade de couve (SIMÕES et al., 2015).

Batatas-baroa armazenadas a 5 e 10 ° C apresentaram aumento da quantidade de fenóis solúveis totais e maior ocorrência de manchas escuras, mesmo com aumento da atividade da polifenoxidase e peroxidase (MENOLLI et al., 2008).

O escurecimento também é relatado para raízes tuberosas. Freire e colaboradores, (2015) estudou a mandioca minimamente processadas em diferentes formatos, "Minitolete" e "Rubiene", foi verificado que houve o escurecimento ao longo da conservação. O "Minitolete" escureceu mais, enquanto o "Rubiene" mostrou apenas manchas amareladas. E esse escurecimento foi relacionado a atividade das enzimas PPO e POD, a forma "Minitolete" mostrou uma maior atividade do que "Rubiene", tornando-se mais susceptível ao escurecimento dos tecidos. Portanto, é de fundamental importância o controle de alterações metabólicas causadas por enzimas é de para minimizar as perdas pós-colheita e manter qualidade do produto final (Freire et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de cultivo

O plantio e colheita da batata doce foram realizados na horta experimental da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada nas coordenadas a 5° 11' S 37° 20' W e 18 m de altitude. O clima da região é seco e quente, classificado de acordo com Köppen em BSw_h, com duas estações climáticas definidas, uma chuvosa (fevereiro a maio) e uma seca (junho a janeiro) (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1989).

O plantio foi realizado em dois de maio de dois mil e dezesseis no período seco, com espaçamento de 1,0 m entre linhas (leiras) e 0,30 m entre plantas contendo três linhas de 20 m para cada cultivar, cada uma dessas linhas representando uma idade de colheita.

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico Abrupto, textura areia franca (EMBRAPA, 2013). A adubação foi realizada de acordo com o Manual do Instituto Agrônomo de Pernambuco (2008). As irrigações foram efetuadas por meio de fitas de gotejo, com turno de rega diária em duas aplicações (manhã e tarde).

3.2 Delineamento experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), para cada cultivar estudada (Paraná, Mãe de Família e ESAM 1) utilizando o esquema fatorial 3x5, correspondendo a três épocas diferentes (120, 150 e 180 dias após o plantio) e cinco períodos de conservação (0, 3, 6, 9 e 12) com três repetições. Cada unidade experimental foi composta de 150 g de rodela de batata doce. Foi avaliada a normalidade dos dados através do Teste de Shapiro-Wilk, em seguida foi avaliada a homogeneidade dos dados por meio do teste de F-máximo, feita análise de variância, e quando houve diferença significativa foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para os dados qualitativos. Para os dados que não demonstraram diferença significativa foram apresentados média e desvio padrão. Os dados foram analisados no software R versão 3.2.0 (R Development Core Team, 2010). Os gráficos foram elaborados no Sigma Plot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011).

3.3 Colheita e Processamento mínimo

As colheitas das três cultivares de batata doce Paraná, Mãe de Família e ESAM 1 ocorreram aos 120, 150 e 180 dias. Após a colheita, as raízes foram transportadas para o Núcleo da Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/ UAST).

As raízes foram selecionadas, as fora dos padrões comerciais, foram descartadas e apenas as com boa qualidade foram utilizadas. Em seguida foram lavadas com água corrente, a periderme foi retirada, as raízes de batata doce foram cortadas em rodela, com tamanho uniforme médio de aproximadamente 2 cm de espessura e o diâmetro médio variando de acordo com cada cultivar. A cv. Paraná apresentou diâmetro médio de 4,5 cm, a cv. Mãe de família, 3,5 cm e a cv. ESAM 1, 4,0 cm. Em seguida, foi realizado o primeiro enxague em água a 5 °C, por 10 segundos, seguida pela sanitização por 10 minutos em água a 5 °C, concentração a 200 mg L⁻¹ a 5 °C, e enxágue em água gelada contendo 5 mg L⁻¹ de cloro por 10 minutos. As rodela foram drenadas em escurredores domésticos por 10 minutos. Logo após, foram acondicionadas em embalagens de polipropileno (150 x 200 x 0,0006 mm de espessura) e mantidas a 5 ± 2 °C, por 12 dias. O processamento mínimo descrito acima foi realizado segundo Brito et al. (2013), com adaptações (Figura 5).

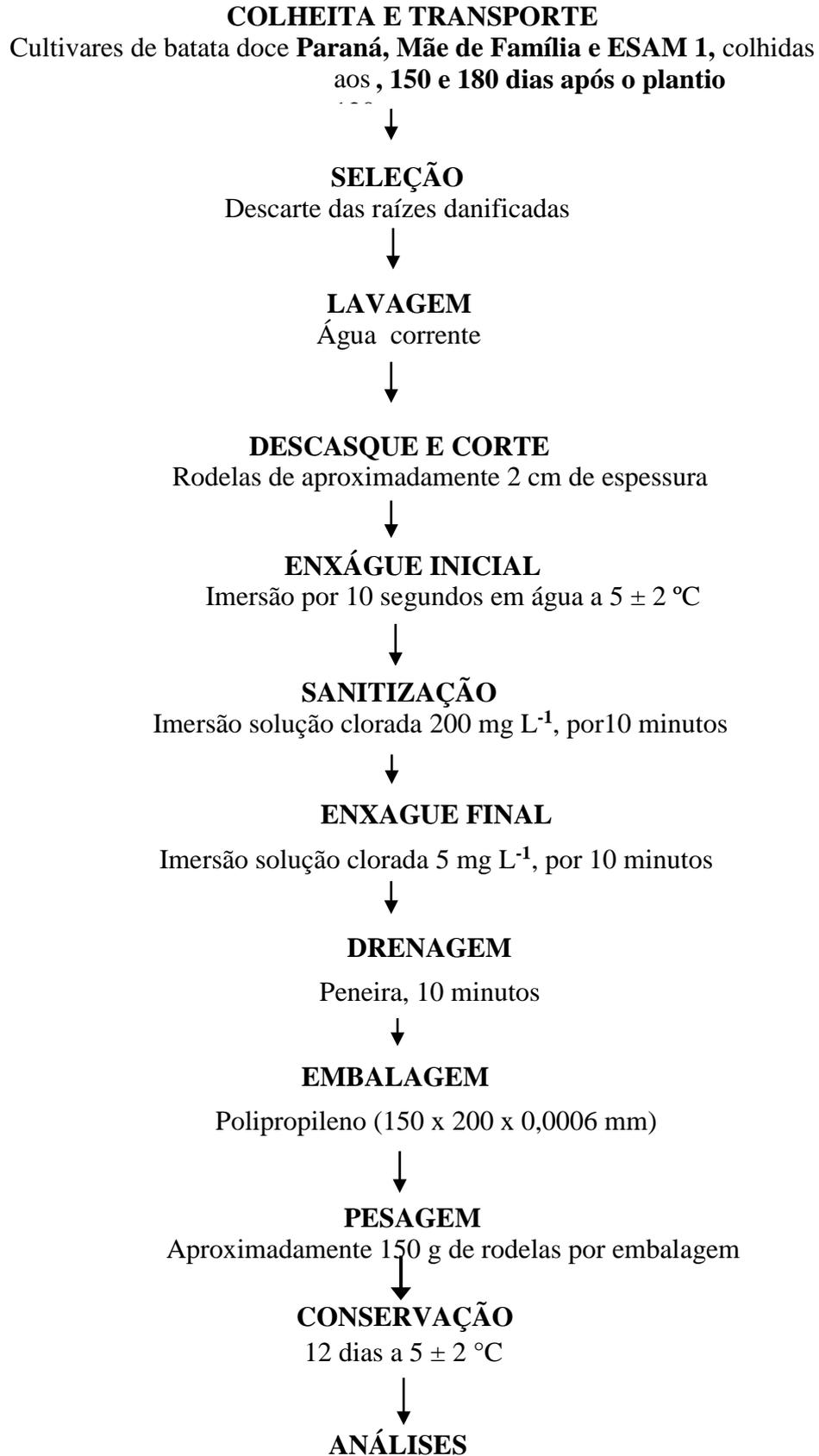


Figura 5. Fluxograma utilizado para raízes de batata doce, adaptado de Brito et al. (2013).

3.4 AVALIAÇÃO FÍSICA

Após o processamento mínimo, foram realizadas as seguintes análises:

3.4.1 Avaliação visual

Foi realizada a cada três dias durante doze dias de conservação refrigerada, com base em uma escala Likert elaborada para cada cultivar estudada (Tabelas 1, 2, e 3).

Foram atribuídas notas entre 5 e 1, onde 5 correspondeu às rodela com ótima qualidade de comercialização, 1 correspondeu as rodela de batata doce inadequadas ao consumo e comercialização. A nota 3 correspondeu ao limite de aceitação para consumo e comercialização.

Tabela 1. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de batata doce minimamente processada no formato ‘rodela’, cv. Paraná. Serra Talhada- PE. UFRPE/UAST. 2018.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Superfície laranja característica com região da seiva do floema secundário destacada, 0% de escurecimento ou esbranquecimento boa aparência para o consumo e comercialização.
	4	Coloração destacada na região da seiva do floema secundário, porém, própria para o consumo e comercialização, não chegando a 5% da área total.
	3	Superfície laranja moderadamente esbranquiçada, com até 10% da área, limite para consumo e comercialização.
	2	Superfície laranja moderadamente esbranquiçada e escurecimento acima de 10% da superfície nas extremidades, região do floema secundário e região interna.
	1	Esbranquecimento e escurecimento intenso em toda superfície, acima de 50%, sendo imprópria para o consumo.

Tabela 2. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de batata doce minimamente processada no formato rodela, cv. Mãe de Família. Serra Talhada- PE. UFRPE/UAST. 2018.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Superfície branca característica boa aparência para o consumo e comercialização, 0% de área escurecida.
	4	Coloração destacada na região da seiva do floema secundário, porém, própria para o consumo e com qualidade comercial.
	3	Início de um leve escurecimento na região do floema secundário, menos de 5% da superfície total, limite para consumo e comercialização.
	2	Escurecimento mais intenso, na região do floema secundário, estendendo para superfície, acima de 10% da superfície.
	1	Escurecimento intenso na região de floema secundário seguido de toda superfície, acima de 50%, sendo imprópria para o consumo.

Tabela 3. Escala tipo Likert com cinco pontos para análise visual de batata doce minimamente processada no formato rodela, cv. ESAM 1. Serra Talhada- PE. UFRPE/UAST. 2018.

IMAGENS	NOTAS	CRITÉRIOS
	5	Superfície branca, boa aparência para o consumo e comercialização, 0% de área escurecida.
	4	Superfície com leve escurecimento, não chegando a 5% da área, própria para o consumo e comercialização.
	3	Bordas iniciando escurecimento, porém, menos de 5% da área, limite para o consumo e comercialização.
	2	Escurecimento mais avançado nas bordas, penetrando nas regiões mais internas, chegando entre 10 e 20% da área.
	1	Coloração escura intensa, acima de 50% da área, atingindo regiões interna, imprópria para o consumo.

3.5 AVALIAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS

3.5.1 Rendimento Agroindustrial (RA)

O rendimento agroindustrial foi obtido em percentual, pela relação entre a massa do produto depois de processado e da matéria-prima inicial (FREIRE et al, 2014). De acordo com a seguinte fórmula:

$$RA = [(MF/MI) \times 100]$$

Onde: MF= Massa final e MI= Massa inicial

3.5.2 Massa Fresca (MF)

A massa fresca foi pesada a cada dois dias e a perda de massa fresca foi calculada pela diferença entre a massa inicial do produto minimamente processado contido nas embalagens e a obtida em cada intervalo de tempo, utilizando balança semi-analítica. O resultado foi expresso em porcentagem. A fórmula utilizada foi:

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

Sendo:

PMF = Perda de massa fresca, %

MFI = Massa fresca inicial, g

MFF = Massa fresca final, g

3.5.3 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Aproximadamente 30 g de rodela de batata doce de cada cultivar foram maceradas em almofariz e pistilo de porcelana. O extrato obtido foi colocado no prisma de um refratômetro de bancada modelo ABBE analógico. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.5.4 Tempo de cocção

Foi determinado segundo metodologia adaptada de Brito (2013). Em recipiente com capacidade para 2 litros, foram adicionados 1 litro de água e mantido em fogo brando. O tempo de cozimento foi avaliado usando-se 100 g de raízes em rodela imersos em água em ebulição. O recipiente foi aberto para penetração de garfo nas rodela, no momento em que foi penetrada com facilidade a cocção foi interrompida.

3.6 AVALIAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS

Amostras das três cultivares de batata doce estudadas foram coletadas aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias e congeladas em nitrogênio líquido. Em seguida, as amostras foram armazenadas em ultrafreezer a temperatura de -80 °C, para análises posteriores as amostras foram liofilizadas e moídas.

3.6.1 Extração e ensaio da Polifenoloxidase (EC 1.14.18.1; PPO) e Peroxidase (EC 1.11.1.7; POD)

A determinação da atividade das enzimas PPO e POD foram realizadas de acordo com Simões et al., 2015. Amostras de 0,25 g de batata doce foram maceradas em 6 mL de tampão fosfato de sódio 0,2M (pH 6,0) gelado. O extrato foi centrifugado a 7.960 x g por 23 minutos a 4 °C.

O ensaio da PPO foi determinado de acordo com Simões et al., 2015, pela adição de 20 µL do sobrenadante ao meio de reação contendo 1,480 mL de tampão de fosfato 0,2 M, (pH 6,0) e 1,5 mL de catecol 0,2 M. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo libra S8, Biochrom) a 425 nm, a uma temperatura de 25 °C, por três minutos com intervalo entre leituras de 30 segundos. A atividade da PPO foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 3.400 mM⁻¹ cm⁻¹ para catecol, e expressa em mmol min⁻¹ g⁻¹ MF⁻¹.

O ensaio da POD foi determinado de acordo com Simões et al., 2015, pela adição de 20 µL do sobrenadante ao meio de reação contendo 1,780 mL de tampão fosfato 0,2 M (pH 6,0), 100 µL de guaiacol (0,5%) e 100 µL de peróxido de hidrogênio (0,08%). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo libra S8, Biochrom) a 470 nm, a uma temperatura de 30 °C, a cada 30 segundos. A atividade da peroxidase foi calculada com base no coeficiente de extinção molar de 26,6 mM⁻¹ cm⁻¹ para guaiacol, e expressa em nmol min⁻¹ g⁻¹ MF⁻¹.

3.6.2 Fenóis Solúveis Totais (FST)

Foi realizado de acordo com método Freire et al., 2015 com adaptações. Pesou-se 0,25 g de batata doce em almofariz contendo 1,5 mL de metanol puro. O extrato permaneceu em repouso por 20 horas no escuro a 4 °C. Foram centrifugadas a 10.000 x g a 2 °C por 21 minutos.

Misturou-se 150 µL do sobrenadante, 2.400 µL de água destilada, 150 µL de Folin Ciocalteu (0,25 N). A mistura foi homogeneizada, durante 3 minutos. Foram adicionados 300 µL de carbonato de sódio (1N), e mantidos no escuro em temperatura ambiente por 2 horas. O branco foi feito com 5 µL de metanol substituindo o sobrenadante. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (modelo libra S8; Biochrom) a 725 nm e os resultados expressos em mmol de ácido gálico. kg⁻¹ MF, quantificados com base em curva-padrão de Ácido Gálico ($y = 0,009x + 0,1246$ $R^2 = 0,9725$).

3.6.3 Carotenoides totais e individuais

Carotenoides totais foram determinados de acordo com Lichtenthaler, 1987. Cinquenta miligramas das amostras de batata doce foram pesados e adicionados em 5 ml de acetona (80%), homogeneizadas em vórtex, e incubadas por 20 minutos no banho ultrassônico (Lavadora ultrassônica, Eco-sonics). As amostras foram centrifugadas a 6000 g por 15 minutos a 4 °C. Coletou-se o sobrenadante e a absorbância foi medida a 663, 645 e 455 nm, usando um espectrofotômetro (modelo libra S8, Biochrom). Os teores de carotenoides totais (µg g⁻¹ MS⁻¹) foram calculados utilizando as seguintes equações (LICHTENTHALER, 1987):

$$\text{Equação 1: Clorofila a} = 12,25 \times A_{663} - 2,79 \times A_{645}$$

$$\text{Equação 2: Clorofila b} = 12,25 \times A_{645} - 2,79 \times A_{663}$$

$$\text{Equação 3: carotenoides} = (1000 \times A_{455} - 11,62 \times \text{Clorofila a} - 94,89 \times \text{Clorofila b}/198)$$

Para identificação dos carotenoides individuais por cromatografia líquida de ultra eficiência em fase reversa (CLUE) foi realizado a extração utilizando cem miligramas das amostras de batata doce, liofilizadas e moídas, foram colocadas em 5 ml de MeOH, homogeneizadas em vórtex por 30 s e incubadas por 1 h em agitador (25°C, 400 rpm). Os tubos foram então centrifugados a 3500 rpm por 10 min e a camada de MeOH transferida para um balão volumétrico de 25 mL. O pellet residual foi submetido a quatro processos similares de extração, utilizando THF (5 ml em cada processo) e os sobrenadantes destas extrações foram adicionados ao balão volumétrico para atingir o volume final de 25 ml. O extrato organosolvente seco foi ressolubilizado em hexano (p.a), centrifugado (5 min, 5000 rpm), recuperando-se o sobrenadante para posterior análise, onde foram injetados 20 µl no HPLC de fase reversa Thermo Scientific Ultimate 3000 (Thermo Scientific, USA).

Para análise das amostras, foi utilizado o método previamente descrito por Yeum et al., 1996. Brevemente, o sistema consistiu de um HPLC de fase reversa Thermo Scientific Ultimate 3000 (Thermo Scientific, USA), pré-coluna C18 (3µm, 33 x 4.6 mm, Perkin-Elmer, Norwalk, CT), coluna C30 para carotenoides (5 µm, 150 x 4,6 mm, YMC, Wilmington, NC) e um detector 'photodiode array detector'. Os solventes da fase móvel A foram MeOH/MBTE/água (85:12:3, v/v/v, com 1.5% de acetato de amônia em água), e da fase móvel B MeOH/MBTE/água (8:90:2, v/v/v, com 1% de acetato de amônia em água). O gradiente foi ajustado para 0,4 ml/min iniciando em 100% do solvente A, seguido por um gradiente linear do solvente A até atingir 45% após 21 min e espera em nesta concentração por mais 1 min. Então se inicia um gradiente linear de 5% do solvente A durante 11 min, esperada nesta concentração por 4 min e retorno do gradiente linear para 100% de solvente A.

Carotenoides foram quantificados em um comprimento de onda de 450 nm. Para determinar os picos de cada composto, foram avaliadas as áreas abaixo da curva, obtidas através da calibração do HPLC com os padrões para cada composto. Os resultados foram expressos em µg por grama de massa seca e corresponderão à média de três injeções consecutivas por amostra (n=3).

3.6.4 Flavonoides totais

Foi realizada de acordo com Ramos et al., 2017, com adaptações. Cem miligramas das amostras liofilizadas foram pesadas e homogeneizadas com 4 ml de metanol acidificado por 30 segundos e incubadas por 30 minutos no banho ultrassônico (Lavadora ultrassônica, Eco-sonics). As amostras foram centrifugadas a 6000 g por 20 minutos a 5 °C. Em seguida, foram adicionadas 1 mL de cloreto de alumínio (5%), homogeneizadas em vórtex por 30 segundos e mantidos em local escuro por 30 minutos.

A leitura foi feita em espectrofotômetro (modelo libra S8, Biochrom) a 455 nm. Utilizou-se a curva-padrão de quercetina e os resultados foram expressos em mg de equivalente de quercetina por 100 g de massa seca ($\text{mg g}^{-1} \text{MS}^{-1}$).

3.6.5 Determinação da Capacidade Antioxidante

3.6.5.1 Ensaio do sequestro do radical DPPH (radical 2,2- difenil-1-picril-hidrazil)

Utilizou-se método de Brand-Williams et al. (1995), com modificações. Cem miligramas das amostras liofilizadas foram pesadas e adicionados em tubos com 10 ml de etanol puro, homogeneizadas em vórtex por 1 minuto e incubadas por 15 minutos no banho ultrassônico (Lavadora ultrassônica, Eco-sonics). As amostras foram centrifugadas a 2000 g por 10 minutos a 5 °C. Utilizou-se 290 μL da solução de solução de DPPH com 10 μL do sobrenadante. Para controle, foi adicionado 290 μL da solução de DPPH e 10 μL de metanol (80%).

As leituras foram feitas após 30 minutos de reação em espectrofotômetro com incubação de 25 °C. O decaimento da absorbância das amostras (A_f) correlacionado ao decaimento da absorbância do controle (A_0) resultou na porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL), que pode ser expressa por meio da Equação:

$$\% \text{inibição} = (1 - A_f/A_0) \times 100$$

3.6.5.2 Capacidade de redução de ferro FRAP

Foi determinado segundo a metodologia proposta por Benzie & Strain (1996). Foi adicionado 900 µL da solução FRAP [25 mL de tampão acetato (16 mL – CH₃COOH/1,87 g – CH₃COONa), 2,5 mL de solução TPTZ (0,156 g - 2,46-tris (2-pyridyl)-5-triazine/ 0,8ml-HCL) e 2,5mL de solução de FeCl₃] em 30 µL da amostra do extrato obtido da batata doce.

A leitura da absorbância dos extratos (595 nm) foi realizada utilizando-se a espectrofotometria UV-visível (modelo libra S8, Biochrom).

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados mostraram interação entre os fatores estudados, idade de colheita e dias de conservação para a cultivar Paraná, nas análises de carotenoides totais, compostos fenólicos, flavonoides, capacidade antioxidante (FRAP e DPPH).

Para as cultivares Mãe de família e ESAM 1 os resultados obtidos para as análises, compostos fenólicos, flavonoides, capacidade antioxidante (FRAP e DPPH) houve interação entre os fatores estudados, dias de conservação e época de colheita (Figura 9).

As notas correspondentes a escala visual subjetiva caiu durante a conservação para todas as cultivares (Figura 6). A redução nas notas visuais foi maior para época de colheita mais precoce, 120 dias, para todas as cultivares, intensificando o escurecimento, para as cultivares creme, ESAM 1 e Mãe de Família e o esbranquecimento na laranja, Paraná (Figura 6 e 7).

Além disso, para as cvs. Paraná e Mãe de família colhidas aos 120 dias a redução foi-inferior ao limite de aceitação ocorreu aos 12 dias (Figura 6 A-B) e para a cv. ESAM 1 essa redução aconteceu aos 6 dias (Figura 6, C).

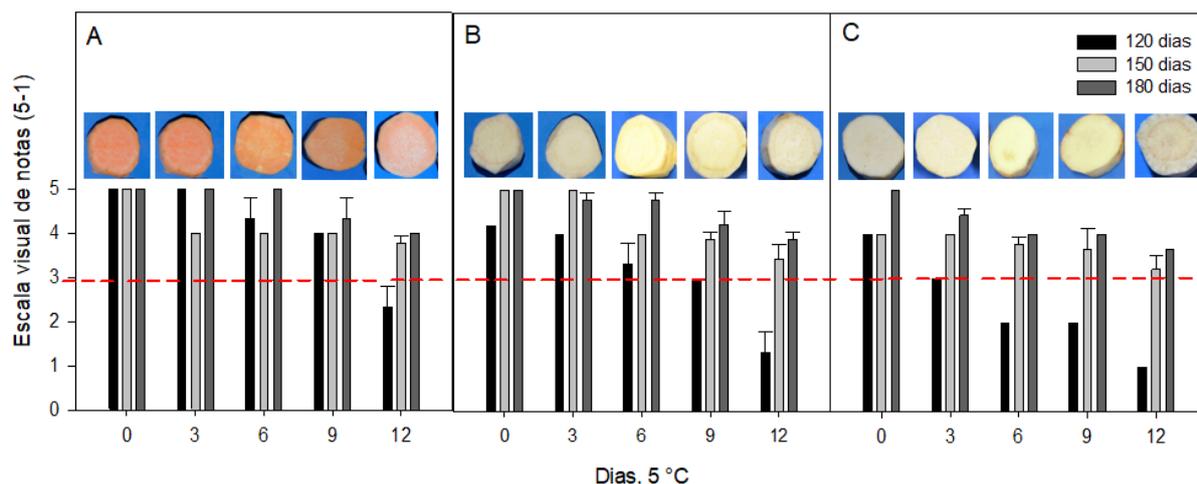


Figura 6. Notas visuais das raízes de batata doce minimamente processada colhidas em diferentes épocas e mantidas armazenadas em 5 ± 2 °C por doze dias. cv. Paraná (A). cv. Mãe de família (B). cv. ESAM 1 (C). As linhas pontilhadas em vermelho indicam o limite de aceitação comercial nota 3 e as barras o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

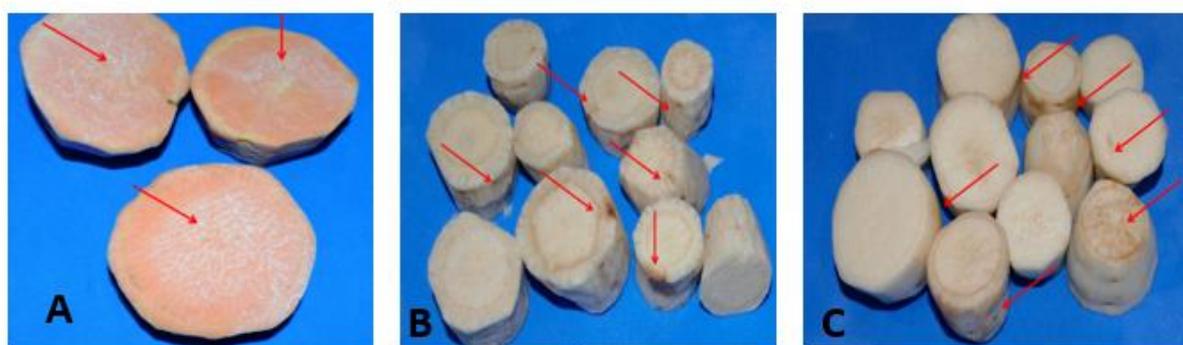


Figura 7. Raízes de batata doce minimamente processada e mantidas armazenadas em 5 ± 2 °C. Quando se encontravam no limite de aceitação comercial nota 3. cv. Paraná (A) aos 12 dias na época de colheita de 120 dias. cv. Mãe de família (B) aos 12 dias na época de colheita de 120 dias. cv. ESAM 1 (C) a partir do terceiro dia de conservação da época 120 dias. As setas em vermelho indicam sintomas que levaram a diminuição da qualidade visual, para a cv. Paraná o esbranquecimento, para as cvs. Mãe de família e ESAM 1 escurecimento superficial do tecido. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase nas raízes de batata doce minimamente processadas para cultivar Paraná (laranja), mantiveram-se mais baixa, principalmente nas raízes colhidas aos 120 dias, em relação àquelas colhidas aos 150 e 180 dias (Figura 8, A-B). No caso das raízes de polpa creme, Mãe de família e ESAM 1, a atividade dessas enzimas foram sempre maiores, em relação às outras colheitas, durante a conservação (Figura 8).

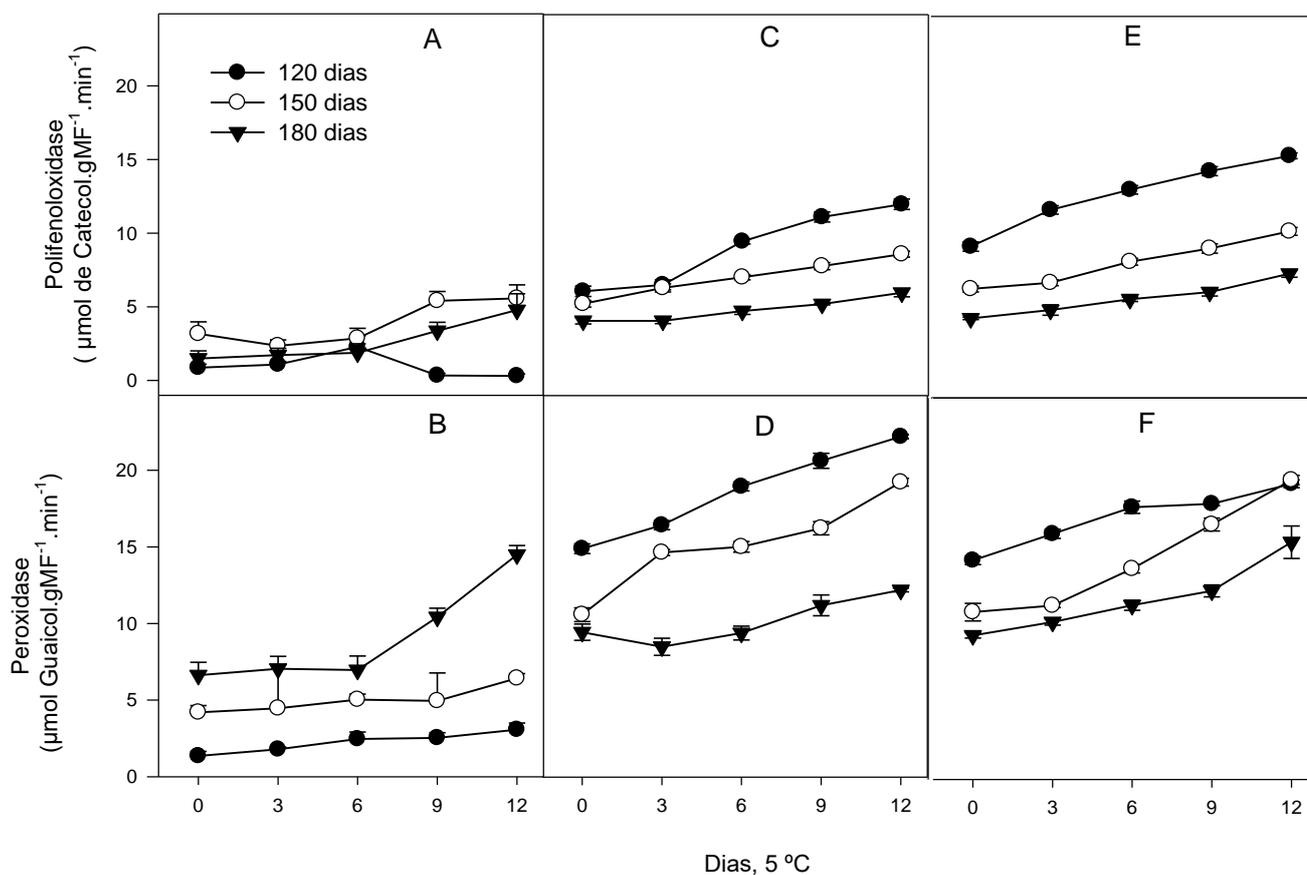


Figura 8. Atividade das enzimas polifenoloxidase (A-C-E) ($\mu\text{mol de Catecol.g MF}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e da peroxidase (B-D-F) ($\mu\text{mol de Guaiacol.g MF}^{-1}.\text{min}^{-1}$) em raízes de batata doce minimamente processada, colhidas em diferentes épocas, 120, 150 e 180 dias, e mantidas a 5 ± 2 °C por doze dias. Polifenoloxidase e Peroxidase da cv. Paraná (A-B). Polifenoloxidase e Peroxidase da cv. Mãe de família (C-D). Polifenoloxidase e Peroxidase da cv. ESAM 1 (E-F). As barras representam o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

Observou-se que nas colheitas das batatas de cor creme, Mãe de Família e ESAM 1, realizadas mais cedo, aos 120 dias, os teores de sólidos solúveis (SS) foram significativamente mais baixos, em relação as batatas colhidas aos 150 e 180 dias, entre os dias 0 e 9 de conservação (Figura 9). Ao final da conservação, os SS foram semelhantes, independente da época de colheita (Figura 9).

Nas batatas de cor laranja, cv Paraná, as diferenças nos teores de sólidos solúveis entre as raízes colhidas aos 120 dias e 150 ou 180 dias, foram mais evidentes a partir de 6 dias de conservação (Figura 14).

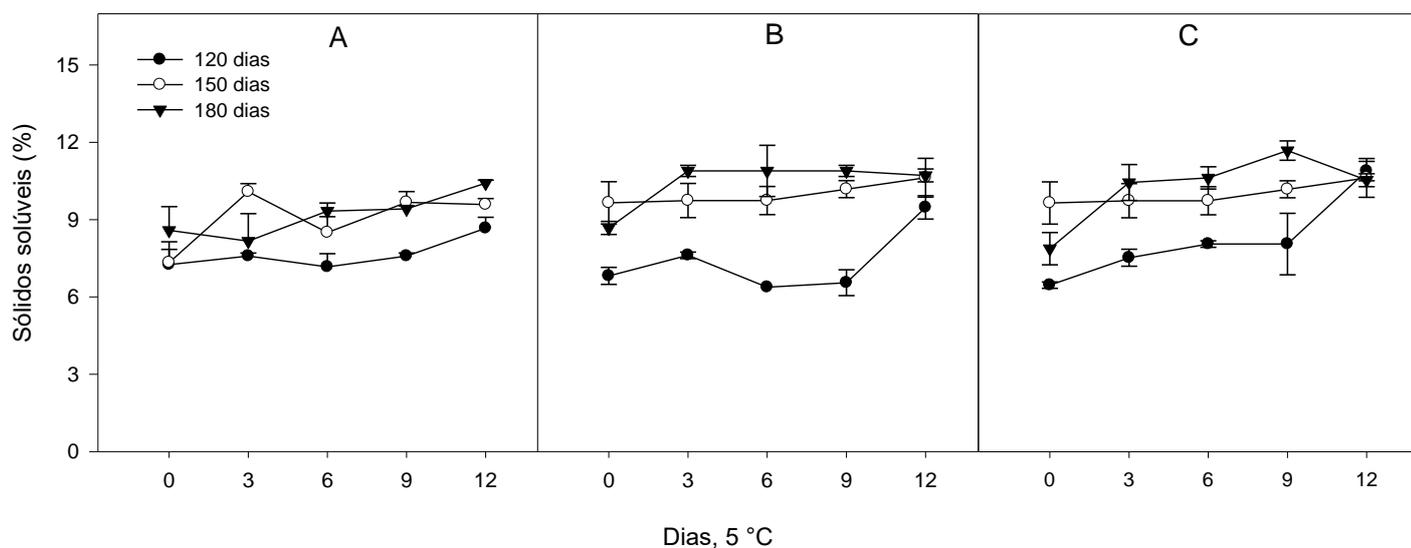


Figura 9. Valores médios dos teores de sólidos solúveis (%) em raízes de batata doce minimamente processadas colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 °C por doze dias. A- cv. Paraná; B- cv. Mãe de família, C- cv. ESAM 1 (C). As barras representam o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

Os teores de carotenoides totais aumentaram com o avanço da época de colheita de 120 para 180 dias, no dia zero, para as cvs. Mãe de família e ESAM 1 (Figura 10 A e B). Para cv. Paraná as diferenças no conteúdo de pigmento entre as colheitas de 120; 150 e 180 dias foram mais evidente durante a conservação (Tabela 4).

Durante a conservação refrigerada, verificou-se ainda instabilidade nos níveis deste pigmento, observado na redução em seus valores (Tabela 4, Figura 9 A e B). As reduções foram maiores nas batatas colhidas com 120 dias, para as cvs. Paraná, Mãe de família e ESAM 1 (Tabela 4 e Figura 9 A e B). Para a cv. Paraná, de polpa alaranjada, obteve altos teores de carotenoides totais em torno de 70 $\mu\text{g/g}$ em todas as épocas de colheita, no início do período de conservação. As cvs. Mãe de família e ESAM 1, as de polpa creme, apresentaram baixos teores de carotenoides, variou entre 3 e 10 $\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$ no início da conservação refrigerada para as épocas de colheitas 120, 150 e 180 dias.

Tabela 4. Teores de carotenoides totais ($\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$) em raízes de batata doce minimamente processadas, cv. Paraná, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas a 5 ± 2 °C por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas de Colheita (Dias)	Dias, 5 °C				
	0	3	6	9	12
120	74,40 Aa	63,29 Bb	61,80 Bc	61,04 Bb	60,51 Bb
150	77,39 Aa	74,09 Aa	69,36 Bb	68,67 Ba	66,52 Ba
180	76,32 Aa	72,81 ABa	72,53 BCa	70,71 BCa	68,46 Ca

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

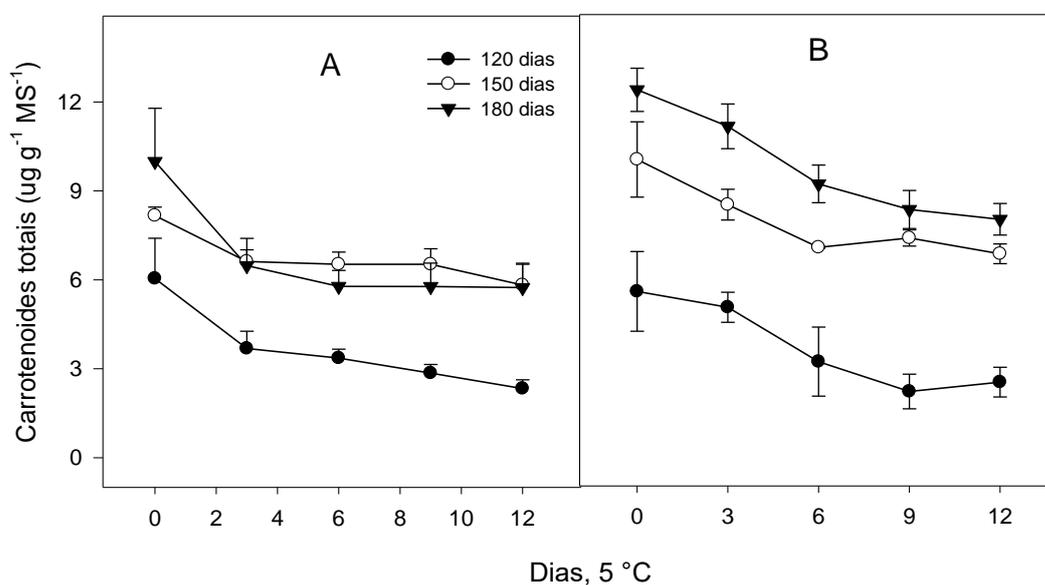


Figura 10. Teores de carotenoides totais ($\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$) em raízes de batata doce minimamente processadas colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 °C por doze dias. A, cv. Mãe de família. B, cv. ESAM 1. As barras representam o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

Nas Figuras 11,12 e 13 são observados cromatogramas das raízes de batata doce, cultivar Paraná, Mãe de Família, ESAM 1, colhidas aos 180 dias, apresentando os principais carotenoides identificados, em diferentes tempos de retenção (4;14 e 16 minutos, aproximadamente), no dia zero; seis e 12 dias. Foi identificado β e α carotenos, luteína, como os carotenoides mais abundantes dessas variedades (Figura 11,12 e 13). De modo que o β -carotenos sempre apresentou maiores teores nas três variedades, seguido de α caroteno e luteína (Figuras 11, 12 e 13).

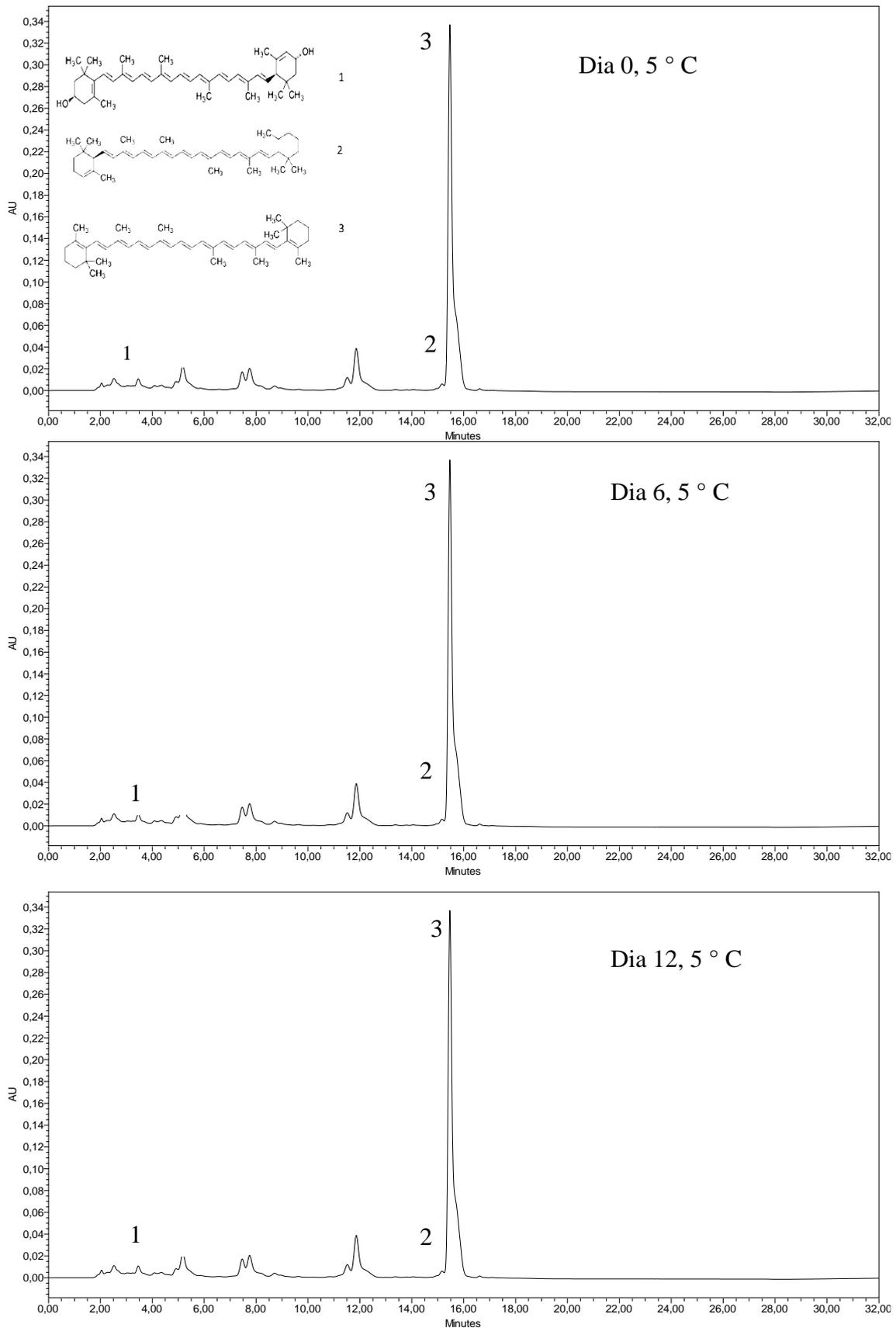


Figura 11. Cromatograma obtido por CLAE dos carotenoides presentes em batata doce minimamente processada, da cv. Paraná, no dia 0,6 e 12 de conservação a 5 ± 2 ° C aos 180 dias de colheita. (1) Luteína, (2) α -caroteno e (3) β -caroteno, nos tempos de retenção 4, 14 e 16 minutos. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

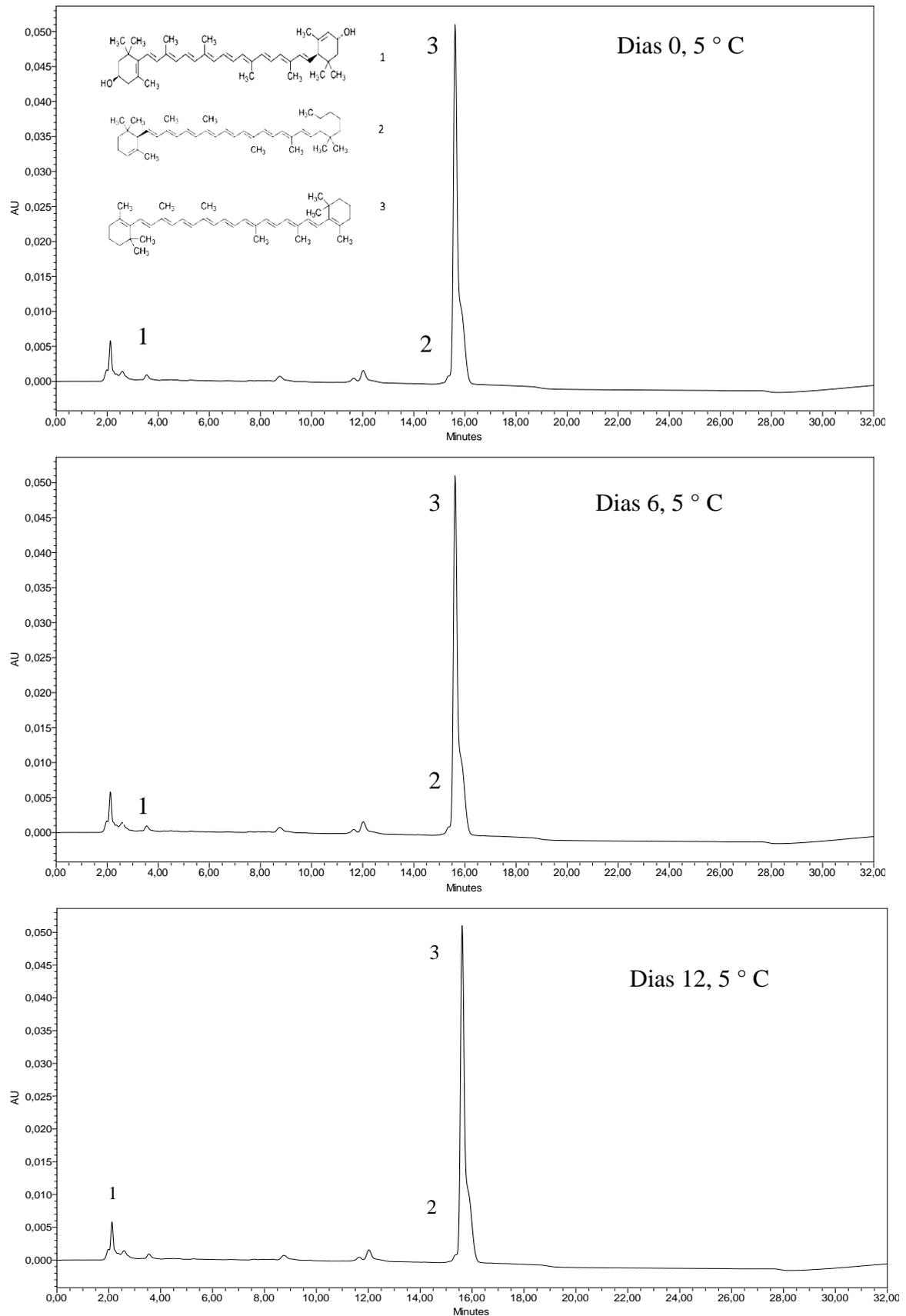


Figura 12. Cromatograma obtido por CLAE dos carotenoides presentes em batata doce minimamente processada, da cv. Mãe de família, no dia 0,6 e 12 de conservação a 5 ± 2 °C aos 180 dias de colheita . (1) Luteína, (2) α -caroteno e (3) β -caroteno, nos tempos de retenção 4, 14 e 16 minutos. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

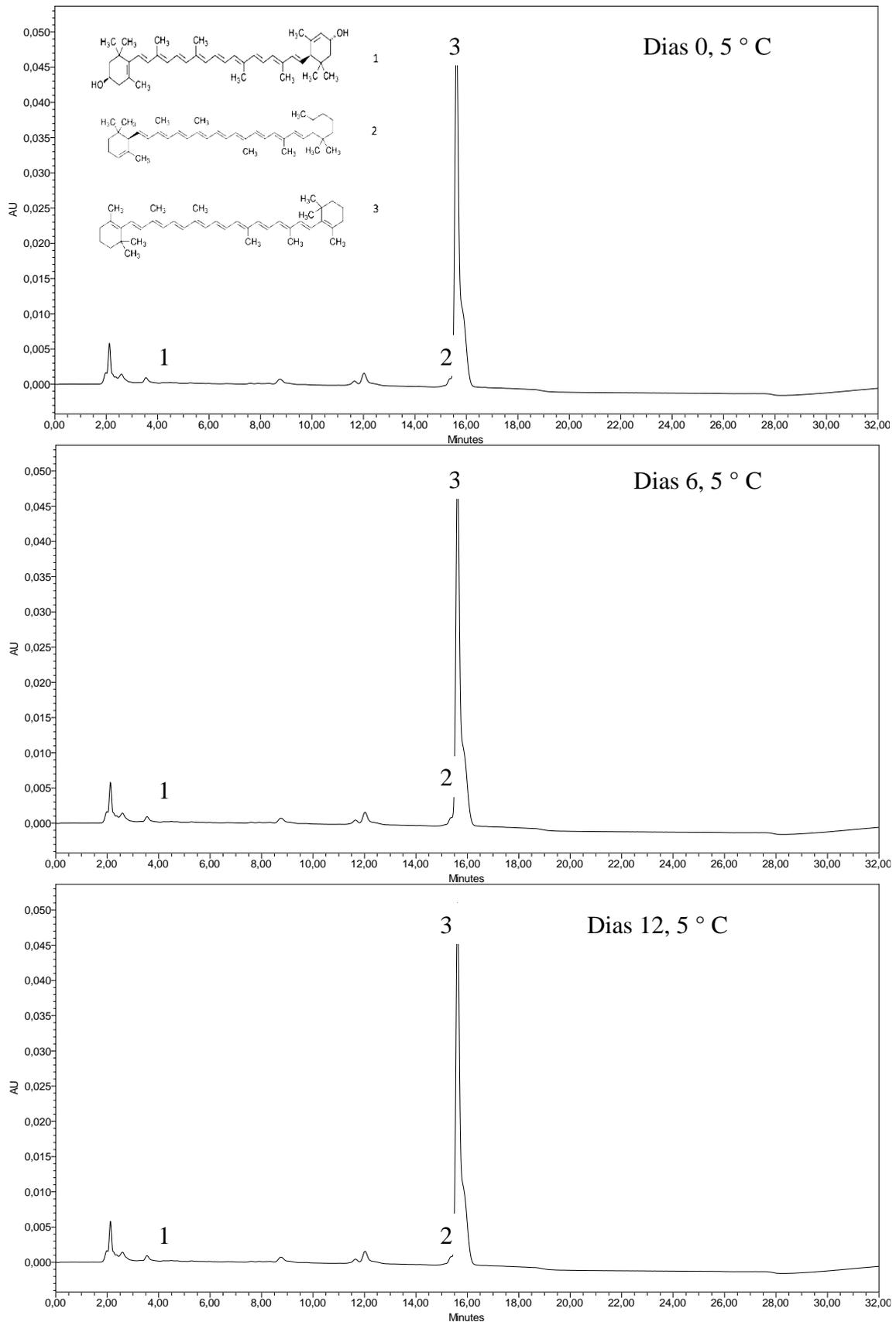


Figura 13. Cromatograma obtido por CLAE dos carotenoides presentes em batata doce minimamente processada, da cv. ESAM 1, no dia 0,6 e 12 de conservação a 5 ± 2 °C aos 180 dias de colheita . (1) Luteína, (2) α -caroteno e (3) β -caroteno, nos tempos de retenção 4, 14 e 16 minutos. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Verificou-se também, que a cultivar Paraná apresentou sempre os maiores teores desses pigmentos (Figura 14). Em média, α -caroteno entre 115 a 175 $\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$, Luteína entre 163 a 204 $\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$ e para β -caroteno, os valores ficaram entre 8463 $\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$ a 17305 $\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$; (Figura 14). Assim, o β -caroteno representando em torno de 90% dos carotenoides totais da cv Paraná.

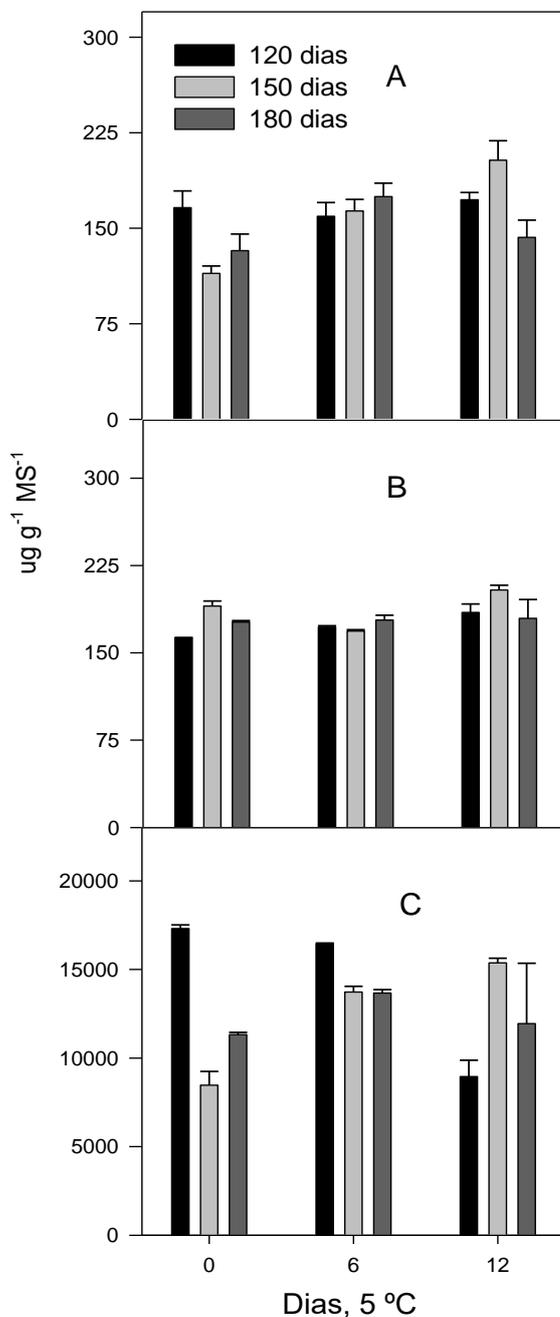


Figura 14. Teores de α - caroteno (A), luteína (B), β -caroteno (C) ($\mu\text{g g}^{-1} \text{MS}^{-1}$) em raízes de batata doce minimamente processada colhidas em diferentes épocas (120,

150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 °C por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.

Os teores de Fenóis solúveis totais e de Flavonoides aumentaram com o avanço da época de colheita para a cultivar Paraná de cor laranja (Tabelas 5 e 6). Por outro lado, as cultivares Mãe de família e ESAM 1 (cor creme) o avanço da época de colheita regrediu os valores, quando se comparou no dia da colheita (dia zero) (Tabelas 5 e 6).

A cultivar Paraná, a conservação incrementou os teores de flavonoides nas colheitas de 120 a 150 dias, a conservação tendeu a aumentar o conteúdo médio de flavonoides e para a época de 180 dias os teores diminuíram (Tabela 6), e o teores de compostos fenólicos totais aumentaram na conservação em todas as colheitas (Tabela 6).

Nas cultivares de cor creme (Mãe de Família e ESAM 1) a conservação incrementou os teores de compostos fenólicos, independente da época de colheita da raiz (Tabela 5). Por outro lado, os flavonoides caíram ao final da conservação, em todas as épocas de colheita (Tabela 6).

Tabela 5. Teores de compostos fenólicos totais (mmol kg⁻¹ MF⁻¹) em raízes de batata doce minimamente processadas, cvs. Paraná, Mãe de família e ESAM 1, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas a 5± 2 ° C por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas De Colheitas (Dias)	Dias, 5 ° C														
	0			3			6			9			12		
	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1
120	2,21 Cc	2,60 Ca	2,93 Ca	2,33 Cc	2,66 Ca	3,10 Ba	2,52 Bc	3,01 Ba	3,20 Aba	2,76 Ac	3,29 Aa	3,22 Aba	2,81 Ac	3,18 Aa	3,33 Aa
150	2,57 Cb	2,57 Ca	2,41 Cb	2,82 Bb	2,74Ca	2,79 Bb	2,86 Bb	2,91Ba	2,92 Bb	3,10 Ab	3,00 ABb	2,93 Bb	3,20 Ab	3,11 Aa	3,11 Ab
180	3,13 Da	2,33 Cb	2,36 Cb	3,31 Ca	2,63 Ba	2,65 Bb	3,56 Ba	2,89 Aa	2,85 Ab	4,14 Aa	3,06 Ab	2,95 Ab	4,29 Aa	2,95 Ab	3,00 Ac

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, para cada cultivar (Paraná, Mãe de família e ESAM 1) não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Teores de flavonoides totais (mg g⁻¹ MS⁻¹) em raízes de batata doce minimamente processadas cvs. Paraná, Mãe de família e ESAM 1, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas a 5 ± 2 ° C por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas De Colheitas (Dias)	Dias, 5 ° C														
	0			3			6			9			12		
	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1	cv. Paraná	cv. Mãe de família	cv. ESAM 1
120	3,83 Bc	3,46 Aa	3,68 Aa	4,61 Ab	2,94 Ba	3,52 Aa	4,41 Ac	2,27 Ca	2,91 Ba	4,75 Ab	1,89 CDa	2,36 Ca	4,61 Ab	1,86 Da	2,02 Cb
150	4,57 ABb	2,37 Ab	3,43 Aa	4,88 Ab	2,38 Ab	3,30 Aa	4,92 Ab	2,18 Aa	2,53 Bb	4,27 Bc	1,75 Ba	2,00 Cb	4,80 Aa	1,69 Ba	1,98 Cb
180	8,14 Aa	2,60 Ab	3,09 Ab	8,26 Ba	2,24 ABb	2,44 Bb	7,08 Ba	2,12 Ba	2,55 Bb	6,90 Ba	2,08 Ba	2,51 Ba	6,85 Ba	2,03 Ba	2,57 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, para cada cultivar (Paraná, Mãe de família e ESAM 1), não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Na determinação da Capacidade Antioxidante pelos métodos FRAP e DPPH, a cultivar Paraná sempre apresentou maiores valores médios, quando retardou a colheita de 120 para 180 dias, em todos os dias de conservação estudados (Tabela 7). Além disso, a conservação das batatas minimamente processadas a 5 ° C, não manteve estável esses valores (Tabela 7).

Nas cvs de cor creme, Mãe de família e ESAM 1, o atraso na colheita, reduziu os valores médios da capacidade antioxidante, em ambos os métodos, FRAP e DPPH, principalmente nos dias iniciais da conservação, 0; 3 e 6 dias (Tabelas 8 e 9). Nos dias subsequentes de análises, 9 e/ou 12 dias, o atraso na colheita manteve estável ou aumentou os valores médios de capacidade antioxidante medidos pelos métodos FRAP e/ou DPPH (Tabela 8 e 9).

Tabela 7. Capacidade de redução de ferro FRAP ($\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$) e DPPH (%) em raízes de batata doce minimamente processada, cv. Paraná, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas a 5 ± 2 °C por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas De Colheitas (Dias)	Dias, 5 ° C									
	0		3		6		9		12	
	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH
120	11,45 Ab	59,27 Ac	9,06 Bb	49,77 Bc	8,74 Bc	49,77 Cb	8,56 Bb	48,58 Cb	6,43 Cb	42,19 Dc
150	10,06 Ac	62,1 Ab	9,75 Abb	57,44 Bb	9,36 BCb	57,44 Ba	9,00 Cb	55,62 Bca	8,28 Da	53,61 Ca
180	12,8 Aa	66,3 Aa	11,97 Ba	59,63 Ba	10,45 Ca	59,63 Ca	10,38 Ca	48,86 Dd	8,80 Da	47,49 Db

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, para cada avaliação (DPPH ou FRAP) não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8. Capacidade de redução de ferro FRAP ($\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$) e DPPH (%) em raízes de batata doce minimamente processada da cv. Mãe de família, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em $5 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas De Colheitas (Dias)	Dias, $5 \text{ }^\circ\text{C}$									
	0		3		6		9		12	
	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH
120	7,25 Aa	73,05 Aa	6,23 Ba	55,91 Bb	5,91 Ba	56,42 Bb	5,16 Ca	46,09 Cc	4,27 Da	39,5 Dc
150	6,52 Ab	64,09 Ab	5,91 Ba	66,59 Ba	5,22 Cb	62,44 Ba	4,76 CDb	62,08 Ba	4,5 Da	56,34 Ca
180	5,36 Ac	52,04 Bc	5,26 Ab	51,47 Bc	4,69 Bc	55,91 Ab	4,45 Bd	53,33 Bb	4,21 Ba	47,89 Cb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 9. Capacidade de redução de ferro FRAP ($\text{mmol Fe}^{2+} \text{ kg}^{-1}$) e DPPH (%) em raízes de batata doce minimamente processada da cv. ESAM 1, colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em $5 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ por doze dias. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018

Épocas De Colheitas (Dias)	Dias, $5 \text{ }^\circ\text{C}$									
	0		3		6		9		12	
	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH	FRAP	DPPH
120	8,23 Aa	66,21 Aa	6,54 Ba	64,50 Aa	6,33 Ba	66,43 Aa	5,83 Cb	55,47 Ba	5,50 Cb	51,06 Ca
150	5,62 Ac	53,12 Ab	4,53 Bb	46,27 Bc	4,49 Bb	44,44 BCb	4,47 Bc	42,08 Cc	4,35 Bc	38,50 Dc
180	6,32 Ab	55,32 Ab	6,67 Aba	54,87 Ab	6,39 Aba	46,27 Ab	6,31 Aba	45,89 Bb	5,96 Ba	41,47 Cb

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

5. DISCUSSÃO

As cultivares estudadas no presente trabalho foram de polpa de cor alaranjada (Paraná) e de cor creme (Mãe de família e ESAM 1) (Tabelas 1, 2 e 3). Os principais sintomas que conferiram a perda da qualidade visual para as raízes de batata doce minimamente processadas foram o escurecimento e o esbranquecimento (Figura 7). Esses sintomas foram antecipados na colheita de 120 dias (Figura 6). Para as cultivares de cor creme, ESAM 1, após serem minimamente processadas e refrigeradas, perderam a qualidade comercial (nota abaixo de 3), aos 6 dias e aos 12 dias, a cultivar creme denominada Mãe de família, devido principalmente ao escurecimento (Figura 6, B-C). Para a cv. Paraná, a perda da qualidade comercial ocorreu aos 12 dias, devido principalmente ao esbranquecimento (Figura 6 e 7).

Esbranquecimento e escurecimento ocorrem em algumas raízes minimamente processadas, mandioca (SIMÕES et al., 2015; SOARES et al., 2015), inhame (SIMÕES et al., 2016). Acredita-se que o, esbranquecimento superficial das raízes minimamente processadas, pode estar relacionado, isomerização dos carotenoides trans, que é a forma mais estável na natureza, para a forma cis, promovendo ligeira perda de cor e atividade pró-vitáminica, oxidações enzimáticas ou não enzimáticas (VALDUGA et al., 2009); e acúmulo de debris celulares em função do colapso e desidratação de células superficiais (SIMÕES et al., 2009). O escurecimento, por sua vez, envolve a participação de enzimas-chave, como PPO e POD, pertencentes ao grupo das enzimas oxidorrredutoras, as quais induzem o escurecimento dos vegetais (GAO, 2017).

O processamento mínimo provocam lesões nos tecidos devido ao ferimento das células causados pelo manuseio, descasque e corte (BRECHT, 1995). A ferida gerada no tecido vegetal desencadeia a síntese de compostos fenólicos, induzido pelo corte através de PPO e oxigênio. Por fim, esse mesmo sinal desconhecido leva a síntese de suberina e cicatrização de feridas no tecido (SALTVEIT e MIKAL, 1996). De maneira geral, esses danos causam respostas físicoquímicas, bioquímicas e fisiológicas, imediatas e subsequentes, relacionadas a desestabilização de membranas biológicas, incrementos na difusão de gases produção de moléculas indutores de sinalização celular; aumento na atividade de enzimas envolvidas na oxidação de compostos fenólicos, dentre outros (BARTZ e BRECHT, 2002).

A atividade da PPO, para cv. Paraná, no dia zero de conservação, pouco variou entre as Épocas de colheitas estudadas (Figura 8-A). Por outro lado, a atividade da POD nas raízes

colhidas aos 180 dias (colheita mais tardia) aumentou sua atividade ao longo da conservação, em relação às raízes colhidas em outras épocas (Figura 8, B). Esses compostos podem atuar como antioxidantes para proteger o vegetal pelos danos causados através dos estresses, uma vez que quando ocorre o corte há a produção de espécies radicalares, radicais livres e a enzima POD vai eliminar (MOREIRA-RODRÍGUEZ et al., 2017).

Para as cultivares de cor creme, Mãe de família e ESAM 1, as atividades da PPO e POD, mantiveram-se maiores quando colhidas aos 120 dias e menor aos 180 dias (Figura 8, C, D, E e F). Isso pode explicar, em parte, o rápido escurecimento observados nessas raízes durante a conservação (Figura 6).

Verificou-se uma nítida diferença entre as cultivares Mãe de família, ESAM 1 e a Paraná, evidenciando dois comportamentos enzimáticos distintos e conseqüentemente evoluções do escurecimento também distintas. As cultivares de cor de polpa creme, Mãe de família e ESAM 1 que escureceram, apresentando maiores atividades da PPO e POD na colheita de 120 dias (Figura 8) e as cultivares de cor laranja que esbranqueceram, em que aos 120 apresentaram as menores atividades (Figura 8). O fato da cultivar Paraná não escurecer pode estar associado ao conteúdo fenólico e a capacidade antioxidante, que aumentam com a intensidade dos estresses abióticos ao vegetal, isso foi evidenciado em estudos com cenouras (HEREDIA e CISNEROS-ZEVALLOS, 2009; SURJADINATA e CISNEROS-ZEVALLOS, 2012; JACOBO-VELÁZQUEZ et al., 2012; SURJADINATA, JACOBO-VELÁZQUEZ e CISNEROS-ZEVALLOS, 2017).

Além do exposto, dentre as cultivares de cor creme, a ESAM 1, o escurecimento avançou mais rápido, atingindo em 6 dias perda de qualidade comercial (Figura 6), seguido da cv. Mãe de Família, no qual essa característica aconteceu aos 12 dias (Figura 6). Isso sugere também, que estas cultivares, apresentam mudanças no metabolismo fenólico ainda não conhecidas, que resultaram nessas diferentes quanto a velocidade de escurecimento. Pois notou-se ainda que as rodela de ESAM 1 escurecem de fora para dentro, enquanto que as Mãe de Família, de dentro para fora (Tabelas 2 e 3). Além disso, de acordo com Albuquerque et al., 2018, a cv ESAM 1, é mais adequada para uso na indústria, por ter alto teor de amido. Confirma-se no presente trabalho que esta cultivar também tem sérios problemas de escurecimento após ser cortada. Isso sugere que a ESAM 1 não é adequada ao consumo de mesa na forma minimamente processada.

Esses resultados indicam que as colheitas tardias, 150 e 180 dias, foram mais tolerantes ao escurecimento, reduziram atividade enzimática e retardou o avanço do

escurecimento das batatas doces minimamente processadas, mantendo por mais tempo a qualidade do produto. Como também observado por Albuquerque, et al., 2016 e Albuquerque et al., 2018, no qual os parâmetros agrônômicos juntamente com os fitoquímicos relacionados aos carboidratos, indicaram colheitas entre 150 e 180 dias. Neste trabalho foi determinado apenas os sólidos solúveis, no qual, também demonstrou que as colheitas mais tardias, tornaram as raízes com maiores sólidos solúveis (Figura 9). Provavelmente, pela hidrólise do amido em açúcares (WIBERLEY BRADFORD et al., 2014). Visto que, a contribuição da desidratação foi muito pouca, variando entre 0 a 0,008% de perda de massa (Figura 2 Apêndice). No presente trabalho o metabolismo dos carboidratos não foi o foco principal, e sim o potencial antioxidante associado ao escurecimento. Portanto, para todas as cultivares em estudo, os teores de sólidos solúveis aumentaram com o avanço da época de colheita e aumento dos dias de conservação.

O acúmulo de açúcares nos vegetais durante a conservação refrigerada, pode está relacionado, com aumentos nos teores de hexoses (HILL et al., 1996) e de hexoses fosfato (TREVANION e KRUGER, 1991), e com aumentos na atividade de algumas enzimas degradadoras do amido (ZHANG et al., 2014), na atividade de enzimas envolvidas na síntese da sacarose, bem como com o aumento na atividade da invertase (ZOMMICK; KNOWLES e KNOWLES et al., 2014). Pode também está relacionado a hidrólise do amido. Em batata, é encontrada também uma forma de amilase que induz o acúmulo de açúcares, durante período de degradação do amido, conhecida como a b-amilase (Hill et al., 1996; Nielsen et al., 1997).

No presente trabalho os resultados obtidos demonstraram que houve aumento nos conteúdos de compostos fenólicos totais e flavonoides com o avanço da época de colheita, para cultivar de cor de polpa laranja, Paraná (Tabela 5 e 6). Por outro lado, nas cultivares de cor de polpa creme, Mãe de família e ESAM 1, os valores de compostos fenólicos totais e flavonoides totais regrediram, com o avanço da época de colheita (Tabelas 5 e 6). Isso mostra que o atraso na colheita é um bom manejo agrônômico apenas para cultivar Paraná no qual o objetivo for incrementar os compostos fenólicos e flavonoides, visto que, foram essenciais para neste caso, aumentar o potencial antioxidante. Isso não aconteceu nas cultivares creme, no qual a redução nos fenóis e flavonoides resultaram em redução da Capacidade Antioxidante (Figura 8 e 9). Portanto, o conteúdo fenólico total e flavonoides pode servir como um indicador útil para as atividades antioxidantes das batatas doces.

Observou-se aumento no conteúdo de flavonoides e de fenóis na conservação, em todas as colheitas (Tabela 5 e 6), podendo ser devido ao estímulo do estresse pelo processamento

mínimo e manuseio (ALVAREZ; MOREIRA e PONCE, 2015). No caso da cultivar Paraná, possivelmente os fenóis produzidos não desencadearam o escurecimento, o que sugere que os compostos produzidos não participam da rota que resulta no escurecimento (BARTZ e BRECHT, 2002.) evidenciados pela baixa ação das enzimas oxidativas (Figura 8) ou também, pelo potencial antioxidante presente no tecido, devido aos pigmentos carotenoides e flavonoides. Os quais atuaram como antioxidantes, não somente por meio da doação de hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários compostos presentes nos alimentos (BELLUMORI et al., 2017).

Por outro lado, nas cultivares que escureceram, Mãe de família e ESAM 1 (Figura 6), também houve aumento do conteúdo de compostos fenólicos na conservação (Tabela 5). É possível que esses fenóis produzidos sejam substratos para as enzimas PPO e POD estimulando o escurecimento visto na Figura 6. Logo, neste caso, os fenóis foram moduladores do escurecimento (REYES et al., 2007) e influenciaram diretamente a aparência das rodela de batata doce minimamente.

As cultivar laranja apresentou os maiores teores de flavonoides e carotenoides com atraso na colheita para 180 dias, relacionando-se com os resultados da capacidade antioxidante, em que também as batatas colhidas aos 180 dias, nos dois métodos estudados, FRAP e DPPH, apresentaram os maiores valores médios (Tabelas 7; 8 e 9). Diferentemente das cultivares Mãe de família e ESAM 1, no qual o atraso na colheita reduziu os valores médios de compostos fenólicos, flavonoides e conseqüentemente a capacidade antioxidante (Tabelas 5-9).

Os resultados ainda demonstram que os teores de carotenoides totais relacionam diretamente com a coloração da polpa das raízes de batata doce. Indicaram que cultivar de polpa alaranjada apresentou maiores conteúdos em comparação as cultivares de polpa creme (KIDMOSE et al., 2007). Para as cultivares de cor de polpa creme, Mãe de família e ESAM1, foi obtido apenas o perfil cromatográfico, para a época de 180 dias (Figura 11 e 12), devido aos baixos teores encontrados dos carotenoides totais. Diferentemente para a cv. Paraná, no qual esses pigmentos foram identificados em todas as épocas de colheita (dados não mostrados).

Os carotenoides identificados e quantificados na ordem decrescente nas cultivares estudadas foram β e α -carotenos e luteína. O β -caroteno, é o carotenoide que possui maior atividade de provitamina A e que está presente na maioria dos vegetais e frutas (SAINI, KO,

e KEUM, 2018; GIRARD et al., 2017). Os carotenoides encontrados são de extrema importância para a saúde, devido sua estrutura química, possuem nove ou até mais duplas ligações, trazendo melhores propriedades antioxidantes. Possuem propriedades de diminuir o risco de doenças, entre elas, cânceres, cardiovasculares, problemas degenerativos da visão (LARSSON et al., 2010; FARWELL et al., 2008). Portanto as batatas doces do presente estudo, principalmente a de cor laranja, demonstraram um grande potencial para ser utilizado na dieta alimentar como fonte de antioxidante, pois permitem retardar ou diminuir danos devidos à oxidação, por meio da eliminação dos radicais livres (ESATBEYOGLU, et al., 2017).

Portanto, os conteúdos dos pigmentos carotenoides e flavonoides foram dependentes da época de colheita e da conservação refrigerada em todas as cultivares. De modo que a cv. Paraná, o atraso na colheita, incrementou seus teores e as cvs. Mãe de família e ESAM 1, reduziu. A conservação instabilizou os pigmentos, reduzindo seus valores médios, em todas as cultivares, com exceção da cv Paraná colhida aos 120 e 150 dias.

Dessa maneira, a melhor faixa de colheita para o processamento mínimo é entre 150 a 180 dias para as cvs. Paraná, Mãe de família e ESAM 1, pois as raízes mantiveram-se com a qualidade visual acima da nota limite (nota 3) para aceitação, consumo e comercialização, ao longo do período de conservação refrigerada. Diante dos resultados do trabalho a cv. Paraná, de cor laranja, quando colhidas tardiamente, entre 150 e 180 dias, a qualidade visual da raízes foi mantida ao longo da conservação e apresentaram maiores teores dos fitoquímicos (sólidos solúveis totais, carotenoides totais e individuais como β e α -carotenos, luteína, compostos fenólicos e, flavonoides totais). Isso resultou em maiores valores na Capacidade Antioxidante nos dois métodos, FRAP e DDPH.

As cultivares de cor de polpa creme, Mãe de família e ESAM 1 colhidas entre 150 e 180 dias a qualidade visual durante os dias de conservação, os teores de compostos fenólicos foram menores, a atividade enzimática das polifenoloxidase e peroxidase foram reduzidas. Por outro lado, essas cultivares colhidas aos 120 dias, apresentaram problemas de escurecimento antecipados durante a conservação refrigerada, com incrementos nas atividades das enzimas PPO e POD que oxidam os compostos fenólicos, no qual também aumentaram. Nessa condição, mesmo a capacidade antioxidante, ter sido incrementada, as raízes escureceram e perderam qualidade. Isso sugere que a qualidade visual é um atributo de qualidade decisiva para escolha da raiz em detrimento do seu potencial antioxidante.

Isso indica que o retardo na colheita foi mais um fator que incrementou a capacidade antioxidante, apenas nas raízes de cor de polpa laranja, cv. Paraná devido ao acúmulo de carotenoides e flavonoides, pois não aconteceu nas raízes de cor de polpa creme, cvs. Mãe de família e ESAM 1 (Tabela 7). Possivelmente pelo acúmulo dos pigmentos durante o período de campo.

Verificou-se, portanto, com o estudo realizado que a época de colheita de batata doce é um dos fatores pré-colheita importantes para modular alguns distúrbios na pós-colheita após serem minimamente processadas, como o escurecimento evidenciado principalmente para as raízes de batata doce das cvs. Mãe de família e ESAM 1 e esbranquecimento para a cv. Parana (Figura 15). Pois as batatas colhidas entre 150 e 180 dias as tornaram mais pigmentadas, devido ao incremento de (β e α -carotenos, luteína, e flavonoides), mais doce, em função de maiores tores de sólidos solúveis, e, conseqüentemente, com compostos bioativos, quantificados pelas capacidade antioxidante. Por outro lado, aquelas colhidas com 120 dias intensificaram o escurecimento e esbranquecimento. Embora o escurecimento ocorrido para as cultivares Mãe de família e ESAM 1, possa ter incrementado a capacidade antioxidante (Tabelas 8 e 9).

Portanto, o atraso na colheita das raízes de batata doce realizado no presente trabalho, 150 e 180 dias, resultou em tecidos com maior estabilidade durante a conservação, na atividade de enzimas que oxidam compostos fenólicos; o acúmulo de compostos fenólicos foi mais evidente para as cultivares Mãe de família e ESAM 1, o que pode estar associado ao escurecimento como quantificado pelas notas registradas na escala visual. Porém, a de polpa laranja, cv. Paraná o esbranquecimento foi o principal fator de perda de qualidade. Além disso, a maior composição de pigmentos, β e α carotenos, luteína, e flavonoides, coferiram a cultivar Paraná, maior capacidade antioxidante em seus tecidos. Por outro lado, os maiores níveis de compostos fenólicos, para as cultivares Mãe de família e ESAM 1, foram os principais fitoquímicos que determinaram a capacidade antioxidante.



Figura 15. Diagrama demonstrando colheita de batata doce das cultivares de cor de polpa creme (não pigmentadas), Mãe de família e ESAM 1 e de polpa laranja (pigmentada), Paraná, aos 120, 150 e 180 dias. A época de colheita de batata doce é um dos fatores pré-colheita importantes para modular alguns distúrbios na pós-colheita após serem minimamente processadas, como escurecimento evidenciado principalmente para a batata creme e esbranquecimento para cv. Paraná. Pois as batatas colhidas entre 150 e 180 dias as torna mais pigmentada, devido ao incremento dos pigmentos (α - caroteno e β -caroteno, luteína, flavonoides), mais doce, em função de maiores tores de sólidos solúveis, e, conseqüentemente, com maiores compostos bioativos, quantificados pela capacidade antioxidante. Por outro lado, aquelas colhidas com 120 dias intensificaram o escurecimento e esbranquecimento. As setas verticais escuras indicam intensificação do processo descrito ao lado. As letras sobrescritas são referências que fortalecem os resultados encontrados: (a) (Saini, Ko, E Keum, 2018; Lu; Xiao, e Zhang, 2013) (b) Wiberley-bradford et al., 2014 (c) Girard et al.,2016; Esatbeyoglu et al.,2017 (d) Reyes et al., 2007; Simões et al. 2016; Freire et al., 2015 (e); Valduga et al., 2009 (f).

6. CONCLUSÕES

A cv. Paraná, quando colhidas tardiamente, entre 150 e 180 dias, a qualidade visual das raízes foi mantida ao longo da conservação, além disso, os teores dos compostos bioquímicos (sólidos solúveis, carotenoides totais, α -caroteno, luteína, flavonoides, capacidade antioxidante determinada pelos ensaios das atividades sequestrante dos radicais DPPH e FRAP) mantiveram-se durante os dias avaliados.

Para a cultivar Mãe de família, quando as raízes foram colhidas entre 150 e 180 dias a qualidade visual se manteve durante os dias de conservação, os teores de compostos fenólicos foram menores, a atividade enzimática das polifenoloxidase e peroxidase foram reduzidas.

A cv. ESAM 1, a qualidade visual foi mantida ao longo da conservação refrigerada, e ainda, as raízes obtiveram os maiores teores de sólidos solúveis, de carotenoides totais, flavonoides e menor atividade enzimática da PPO e POD.

Portanto, os resultados obtidos permitem inferir que as épocas de 150 a 180 dias o período mais recomendado para colheita dessas cultivares de batata doce de cor de polpa creme, representada pela ESAM 1 e Mãe de Família, e de cor de polpa laranja pela Paraná, cultivadas em regiões Semiáridas, para fins de processamento mínimo. Isso favorece uma flexibilidade de 30 dias aos produtores, para uma melhor programação de acordo com a demanda do mercado. Porém, a cv. ESAM 1, é mais adequada para uso na indústria, pois para o processamento mínimo foi a cultivar que a escureceu mais rápido.

O atraso na colheita das raízes de batata doce resultou em tecidos com maior proteção oxidativa; com menores alterações no metabolismo dos compostos fenólicos e maior composição de fitoquímicos com propriedades funcionais para batata minimamente processada, tornando-a mais atrativa para o consumo.

REFERÊNCIAS

- AGATI, G., Azzarello, E., Pollastri, S., & Tattini, M. Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. **Plant Science**, v. 196, p. 67-76, 2012.
- AKHTAR, S., Ahmed, A., Randhawa, M. A., Atukorala, S., Arlappa, N., Ismail, T., & Ali, Z. . Prevalence of vitamin A deficiency in South Asia: causes, outcomes, and possible remedies. **Journal of health, population, and nutrition**, v. 31, n. 4, p. 413, 2013.
- ALBUQUERQUE, J. R. T., Ribeiro, R. M. P., Pereira, L. A. F., Junior, A. P. B., da Silveira, L. M., dos Santos, M. G., ... & Neto, F. B. Sweet potato cultivars grown and harvested at different times in semiarid Brazil. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 46, p. 4810-4818, 2016.
- ALBUQUERQUE, J. R., Júnior, L. F., Neto, D. F. D. M., de Andrade, M. T., Matias, J. R., Simões, A. D. N., & Júnior, A. P. Adequacy of the extract aliquot for determining the activity of polyphenoloxidase in sweet potato varieties.2017.
- ALBUQUERQUE, J. R. T.; RIBEIRO, R. M. P.; SOUSA, L. V.; OLIVEIRA, G. B. S.; LINS, H. A.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SANTOS, E. C.; MORAIS, P. L. D.; SIMÕES, A. N. Quality of sweet potato cultivars planted in two seasons and harvested at different times. **Australian Journal of Crop Science**, 2018 (no prelo).
- ALVAREZ, María Victoria; MOREIRA, María del Rosario; PONCE, Alejandra. Peroxidase activity and sensory quality of ready to cook mixed vegetables for soup: combined effect of biopreservatives and refrigerated storage. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 35, n. 1, p. 86-94, 2015.
- BALL, G.F.M. **Vitamins in foods: analysis, bioavailability, and stability**. Boca Raton: CRC Press, 2006. 785 p.
- BARTZ, Jerry A.; BRECHT, Jeffrey K. (Ed.). Fresh-Cut Vegetables. In: **Postharvest physiology and pathology of vegetables**. CRC Press, 2002.p.691-712
- BARUA, A.B.; OLSON, J.A.; FURR, H.C.; van BREEMEN R.B. Vitamin A and Carotenoids. In: De LEENHEER, A.P.; LAMBERT W.E.; Van BOCXLAER, J.F. (Ed.). **Modern chromatographic analysis of vitamins**. New York: Marcel Dekker, chap. 1, p. 1-74, 2000.
- BELLUMORI, M., Innocenti, M., Michelozzi, M., Cerretani, L., & Mulinacci, N. Coloured-fleshed potatoes after boiling: Promising sources of known antioxidant compounds. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 59, p. 17, 2017.
- BENZIE, Iris FF; STRAIN, John J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BOVELL-BENJAMIN, A.C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in Food and Nutrition Research**, San Diego, v. 52, p. 1- 59, 2007.

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

BRECHT, Jeffrey K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BRITO, F. A. L.; ARAÚJO, M. L. P. ; ANDRADE, D. P. ; PUSCHMAN, R. ; SIMOES, A. N. Influence of Minimum Processing Procedures on the Quality of Sweet Cassava. **International Journal of Agriculture Innovations and Research**, v. 2, p. 189-196, 2013.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA, O. F. Mossoró: um município do semi-árido nordestino “Características climáticas e aspectos florísticos”. Mossoró: ESAM, p 62. 1989.

Cartier, A., Woods, J., Sismour, E., Allen, J., Ford, E., Githinji, L., & Xu, Y. . **Journal of Food Measurement and Characterization**, p. 1-9, 2017.

Chakraborty, C., Roychowdhury, R., Chakraborty, S., Chakravorty, P., & Ghosh, D. A Review on Post-Harvest Profile of Sweet Potato. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci**, v. 6, n. 5, p. 1894-1903, 2017.

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

DONEGÁ, M. A.; TESSMER, M. A.; MOOZ, E. D.; DALL“ORTO, L. T. C.; SASAKI, F. F. C.; KLUGE, R. A. Fresh cut yam stored under different temperatures. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 248-254. 2013.

Domonkos, I., Kis, M., Gombos, Z., & Ughy, B. Carotenoids, versatile components of oxygenic photosynthesis. **Progress in lipid research**, v. 52, n. 4, p. 539-561, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Cultivo da batata doce (*Ipomoea batatas*). **Sistemas de Produção**, 6. 2008. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batatadoce/Batata doce_Ipomoea_batatas/referencias.html. Acesso em 07/05/2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

Esatbeyoglu, T., Rodríguez-Werner, M., Schlösser, A., Winterhalter, P., & Rimbach, G. Fractionation, enzyme inhibitory and cellular antioxidant activity of bioactives from purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Food chemistry**, v. 221, p. 447-456, 2017.

FAOSTAT, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: < <http://www.faostat.fao.org/site/340/default.aspx>>. Acesso em: 10 agosto, 2017.

FARWELL, W.R; GAZIANO, J.M.; NORKUS, E.P.; SESSO, H.D. The relationship between total plasma carotenoids and risk factors for chronic disease among middle- aged and older men. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 100, p. 883-889, Mar. 2008.

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal of Biological Chemistry*, v.73, 627– 650, 1927.

FONSECA, M. J. D. O., Soares, A. G., Freire Junior, M., de Almeida, D. L., & Ascheri, J. L. R. . *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 1, p. 112115, 2008.

FIEDOR, Joanna; BURDA, Květoslava. Potential role of carotenoids as antioxidants in human health and disease. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 466-488, 2014.

FREIRE, C. S. et al. Qualidade de raízes de mandioca de mesa minimamente processada nos formatos Minitolete e Rubiene. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 95 – 102, 2014.

GAO, H., Chai, H., Cheng, N., & Cao, W. Effects of 24-epibrassinolide on enzymatic browning and antioxidant activity of fresh-cut lotus root slices. **Food chemistry**, v. 217, p. 45-51, 2017.

GIRARD, A. W., Grant, F., Watkinson, M., Okuku, H. S., Wanjala, R., Cole, D., ... & Low, J. Promotion of Orange-Fleshed Sweet Potato Increased Vitamin A Intakes and Reduced the Odds of Low Retinol-Binding Protein among Postpartum Kenyan Women. **The Journal of Nutrition**, v. 147, n. 5, p. 955-963, 2017.

GIULIANO, Giovanni. Provitamin A biofortification of crop plants: a gold rush with many miners. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 44, p. 169-180, 2017.

HASHIMOTO, Hideki; URAGAMI, Chiasa; COGDELL, Richard J. Carotenoids and Photosynthesis. In: **Carotenoids in Nature**. Springer International Publishing, 2016. p. 111-139.

HEMACHANDRAN, Hridya et al. Unraveling the inhibition mechanism of cyanidin-3-sophoroside on polyphenol oxidase and its effect on enzymatic browning of apples. **Food Chemistry**, v. 227, p. 102-110, 2017.

HEREDIA, J. Basilio; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. The effect of exogenous ethylene and methyl jasmonate on pal activity, phenolic profiles and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*) under different wounding intensities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 242-249, 2009.

HILL, L.M.; REIMHOLZ, R.; SCHRÖDER, R.; NIELSEN, T.H.; STITT, M. The onset of sucrose accumulation in cold-stored potato tubers is caused by an increased rate of sucrose synthesis and coincides with low levels of hexose phosphates, an activation of sucrose

phosphate synthase and the appearance of a new form of amylase. *Plant, Cell and Environment*, v.19, p.1223–1237, 1996.

IERNA, Anita; PELLEGRINO, Alessandra; MALVUCCIO, Angelo. Effects of micronutrient fertilization on the overall quality of raw and minimally processed potatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 134, p. 38-44, 2017.

Instituto Agronômico de Pernambuco IPA .Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2a aproximação. 3 ed. revisada. Recife.212 p. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em 19/09/2017.

ISLAM, S. N., Nusrat, T., Begum, P., & Ahsan, M. Carotenoids and β -carotene in orange fleshed sweet potato: A possible solution to vitamin A deficiency. **Food chemistry**, v. 199, p. 628-631, 2016.

JONES, Kelly M.; DE BRAUW, Alan. Using agriculture to improve child health: Promoting orange sweet potatoes reduces diarrhea. *World Development*, v. 74, p. 15-24, 2015.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A., Martínez-Hernández, G. B., del C. Rodríguez, S., Cao, C. M., & Cisneros-Zevallos, L. Plants as biofactories: physiological role of reactive oxygen species on the accumulation of phenolic antioxidants in carrot tissue under wounding and hyperoxia stress. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 12, p. 6583-6593, 2011.

JACOBO-VELÁZQUEZ, Daniel A.; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. An alternative use of horticultural crops: stressed plants as biofactories of bioactive phenolic compounds. **Agriculture**, v. 2, n. 3, p. 259-271, 2012.

KIDMOSE, Ulla et al. Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 8, n. 3, p. 399-406, 2007.

KIM, J.K.; CHOI, S.J.; CHO, H.Y.; KIM, Y.J.; LIM, S.T.; KIM, C.J.; KIM, E.K.; KIM, H.K.; PETERSON, S.; SHIN, D.H. *Ipomoea batatas* attenuates amyloid β peptide-induced neurotoxicity in ICR mice. **Journal of Medicinal Food**, New Rochelle, v. 14, p. 304-309, Mar. 2011.

LARSSON, S.C.; BERGKVIST, L.; WOLK, A. Dietary carotenoids and risk of hormone receptor-defined breast cancer in a prospective cohort of Swedish women. **European Journal of Cancer**, Oxford, v. 46, p. 1079-1085, Apr. 2010.

LEE, Jung Eun et al. Intakes of fruit, vegetables, and carotenoids and renal cell cancer risk: a pooled analysis of 13 prospective studies. **Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers**, v. 18, n. 6, p. 1730-1739, 2009.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York, v. 148, p. 350-382, 1987.

LIN, K. H., LAI, Y. C.; CHANG, K. Y.; CHEN, Y. F.; HWANG, S. Y.; LO, H. F. Improving breeding efficiency for quality and yield of sweet potato. *Botanical Studies*. v.48, p. 283-292, 2007.

LIU, S.; TIN, J.; YANG, D. Determination of *cis*- and *trans*- α - and β -carotenoids in Taiwanese sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) harvested at various times. **Food Chemistry**, Barking, v. 116, p. 605-610. Oct. 2009.

LU, Ming-Feng; XIAO, Zheng-Tao; ZHANG, Hong-Yu. Where do health benefits of flavonoids come from? Insights from flavonoid targets and their evolutionary history. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 434, n. 4, p. 701-704, 2013.

MAIANI, G, et al. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular Nutrition and Food Research**, Weinheim, v. 53, suppl. 2, p. S194-S218, Sept. 2009.

MAYO-WILSON, E., IMDAD, A., HERZER, K., YAKOUB, M. Y., & BHUTTA, Z. A.. Vitamin A supplements for preventing mortality, illness, and blindness in children aged under 5: Systematic review and meta analysis. *British Medical Journal*, 343. 2011.

MENOLLI, L. N. et al. Atuação das enzimas oxidativas no escurecimento causado pela injúria por frio em raízes de batata-baroa. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 1, p. 57-63, 2008.

MITRA, Surajit. Nutritional status of orange-fleshed sweet potatoes in alleviating vitamin A malnutrition through a food-based approach. **J. Nutr. Food Sci**, v. 2, n. 8, p. 160, 2012.

MOREIRA, J. N.; QUEIROGA, R. C. F.; SOUSA JÚNIOR, A. J. L.; SANTOS, M. A. Caracteres morfofisiológicos e produtivos de cultivares de batata doce, em Mossoró, RN. *Revista Verde*, v. 6, p. 161-167, 2011.

MOREIRA-RODRÍGUEZ, M., Nair, V., Benavides, J., Cisneros-Zevallos, L., & Jacobo-Velázquez, D. A. UVA, UVB light doses and harvesting time differentially tailor glucosinolate and phenolic profiles in broccoli sprouts. **Molecules**, v. 22, n. 7, p. 1065, 2017.

MORETTI, C. L. Processamento mínimo: uma alternativa de agregação de valor para a bataticultura brasileira. *Batata Show*, n. 9, p. 31-32, 2004.

NIELSEN, T.H.; DEITING, U.; STITT, M. A bamyase in potato tubers is induced by storage at low temperature. *Plant Physiology*. v.113, p.503– 510, 1997.

NIYOGI, Krishna K.; TRUONG, Thuy B. Evolution of flexible non-photochemical quenching mechanisms that regulate light harvesting in oxygenic photosynthesis. **Current opinion in plant biology**, v. 16, n. 3, p. 307-314, 2013.

OLIVEIRA, Emília Cristina Möes; VALLE, Roberta Hilsdorf Piccoli do. Aspectos microbiológicos dos produtos hortícolas minimamente processados. *Hig. aliment*, v. 14, n. 78/79, p. 50-4, 2000.

OLIVEIRA CARVALHO, Jhonatam; ORLANDA, José Fábio França. Heat stability and effect of pH on enzyme activity of polyphenol oxidase in buriti (*Mauritia flexuosa* Linnaeus f.) fruit extract. **Food Chemistry**, v. 233, p. 159-163, 2017.

PADDA, M.S.; PICHA, D.H. Phenolic composition and antioxidant capacity of different heat-processed forms of sweet potato cv. 'Beauregard'. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, p. 1404-1409, Aug. 2008.

PADMAJA, G. Uses and nutritional data of sweetpotato. In: **The sweetpotato**. Springer Netherlands, 2009. p. 189-234.

PUTNIK, Predrag et al. Prediction and modeling of microbial growth in minimally processed fresh-cut apples packaged in a modified atmosphere: A review. **Food Control**, v. 80, p. 411-419, 2017.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing: reference index version 3.2.0. Vienna foundation for statistical computing, 2010.

RAMOS, Juliana Arruda et al. Stability of bioactive compounds in minimally processed beet according to the cooking methods. **Food Science and Technology**, n. AHEAD, p. 00, 2017.

REDONDO, Diego et al. Inhibitory effect of microwaved thinned nectarine extracts on polyphenol oxidase activity. **Food chemistry**, v. 197, p. 603-610, 2016.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 49, p. 38S-47S, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington, DC: HarvestPlus, 2004. 58 p.

ROULLIER, Caroline et al. On the origin of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) genetic diversity in New Guinea, a secondary centre of diversity. **Heredity**, v. 110, n. 6, p. 594-604, 2013.

SAINI, Ramesh Kumar; KEUM, Young-Soo. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. **Food Chemistry**, v. 240, p. 90-103, 2018.

SALTVEIT, MIKAL E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: **Proceedings-Phytochemical Society of Europe**. OXFORD UNIVERSITY PRESS INC., 1996. p. 205-220.

SALTVEIT, M. E. Physical and physiological changes in minimally processed fruits and vegetables. In: TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ROBINS, R. J. (Ed.). *Phytochemistry of fruit and vegetables*. London: Oxford University Press, p. 205-220, 1997.

SEBASTIAN, Rhonda S. et al. New, publicly available flavonoid data products: Valuable resources for emerging science. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2017.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in food and nutraceuticals**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 576 p.

SHETH, S. G. et al. Effect of integrated nutrient management on growth, yield and quality of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam]. **International Journal of Chemical Studies**, v. 5, n. 4, p. 346-349, 2017.

SURJADINATA, Bernadeth B.; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. Biosynthesis of phenolic antioxidants in carrot tissue increases with wounding intensity. **Food chemistry**, v. 134, n. 2, p. 615-624, 2012.

SURJADINATA, Bernadeth B.; JACOBO-VELÁZQUEZ, Daniel A.; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. UVA, UVB and UVC light enhances the biosynthesis of phenolic antioxidants in fresh-cut carrot through a synergistic effect with wounding. **Molecules**, v. 22, n. 4, p. 668, 2017.

SILVA, Everton Vieira et al. Sweet potato flour as substitute for wheat flour and sugar in cookies production. **International Journal of Development Research**, v. 7, n. 11, p. 17031-17036, 2017.

SIMÕES, Adriano DN et al. Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, n. 3, p. 364-370, 2009.

SIMÕES, Adriano do Nascimento et al. The effects of storage temperature on the quality and phenolic metabolism of whole and minimally processed kale leaves. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 37, n. 1, p. 101-107, 2015.

SIMÕES, ADRIANO et al. Quality of minimally processed yam (*Dioscorea* sp.) stored at two different temperatures. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 25-36, 2016.

SOARES FREIRE, C. do Nascimento Simões, A., Paes Barros, A., da Silva Vieira, M. R., Luiz Ferreira da Silva, S., & Fabio da Silva, E. Activity of oxidative enzymes involved in the browning of minimally processed sweet cassava ('*Manihot esculenta*'Crantz). **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 4, p. 296, 2015.

RABAH, I.O.; HOU, D.X.; KOMINE, S.; FUJII, M. Potential chemopreventive properties of extract from baked sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam. Cv. Koganesengan). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, p. 7152-7157, Nov. 2004.

RIMBACH, Gerald; DE PASCUAL-TERESA, Sonia. Application of nutrigenomics tools to analyze the role of oxidants and antioxidants in gene expression. **OXIDATIVE STRESS AND DISEASE**, v. 17, p. 1, 2005.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

TEREFE, Netsanet Shiferaw; BUCKOW, Roman; VERSTEEG, Cornelis. Quality-related enzymes in fruit and vegetable products: effects of novel food processing technologies, part 1: high-pressure processing. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 54, n. 1, p. 24-63, 2014.

TEREFE, N. S., Delon, A., Buckow, R., & Versteeg, C. Blueberry polyphenol oxidase: Characterization and the kinetics of thermal and high pressure activation and inactivation. **Food chemistry**, v. 188, p. 193-200, 2015.

Teow, C.C., Truong, V.-D., McFeeters, R.F., Thompson, R.L., Pecota, K.V., Yencho, G.C. Antioxidant activities, phenolic and b-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chemistry* 103, 829–838, 2007.

TREVANION, Stephen J.; KRUGER, Nicholas J. Effect of temperature on the kinetic properties of pyrophosphate: fructose 6-phosphate phosphotransferase from potato tuber. **Journal of Plant Physiology**, v. 137, n. 6, p. 753-759, 1991.

TRIBST, A. A. L., Júnior, B. R. D. C. L., de Oliveira, M. M., & Cristianini, M. High pressure processing of cocoyam, Peruvian carrot and sweet potato: Effect on oxidative enzymes and impact in the tuber color. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 34, p. 302-309, 2016.

TRUONG, V. D., Deighton, N., Thompson, R. T., McFeeters, R. F., Dean, L. O., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purplefleshed sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 1, p. 404-410, 2009.

VALDUGA, Valduga, E., Tatsch, P. O., Tiggemann, L., Treichel, H., Toniazzo, G., Zeni, J., ... & Júnior, A. F. Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Química Nova**, v. 32, n. 9, p. 2429-2436, 2009.

VARGAS, P. F., Godoy, D. R. Z., de Almeida, L. C. F., & Castoldi, R. Agronomic characterization of sweet potato accessions. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 1, p. 116-125, 2017.

VINSON, J.A.; HAO, Y.; SU, X.; ZUBIK, L. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 3630-3634, Aug. 1998.

XU, J., Duan, X., Yang, J., Beeching, J. R., & Zhang, P. Enhanced reactive oxygen species scavenging by overproduction of superoxide dismutase and catalase delays postharvest physiological deterioration of cassava storage roots. **Plant physiology**, v. 161, n. 3, p. 1517-1528, 2013.

WANG, Sunan; NIE, Shaoping; ZHU, Fan. Chemical constituents and health effects of sweet potato. **Food Research International**, v. 89, p. 90-116, 2016.

WIBERLEY-BRADFORD, Amy E. A. E., Busse, J. S., Jiang, J., & Bethke, P. C. I. Sugar metabolism, chip color, invertase activity, and gene expression during long-term cold storage of potato (*Solanum tuberosum*) tubers from wild-type and vacuolar invertase silencing lines of Katahdin. **BMC research notes**, v. 7, n. 1, p. 801, 2014.

WOOLFE J. A. **Sweet potato: an untapped food resource**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 643 p.

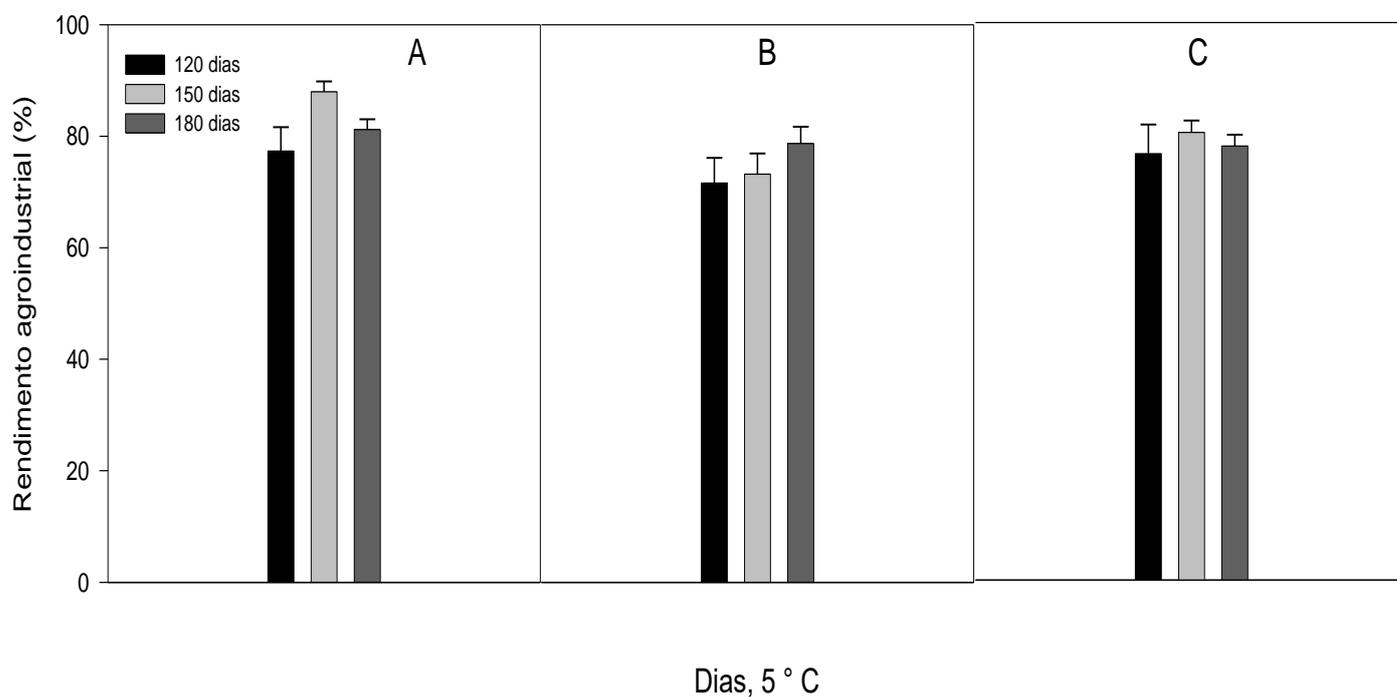
YEUM, Kyung-Jin., Booth, S. L., Sadowski, J. A., Liu, C., Tang, G., Krinsky, N. I., & Russell, R. M. Human plasma carotenoid response to the ingestion of controlled diets high in fruits and vegetables. **The American journal of clinical nutrition**, v. 64, n. 4, p. 594-602, 1996.

YILDIZ, Fatih. Initial preparation, handling, and distribution of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. In: **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. Springer US, 2017. p. 53-92.

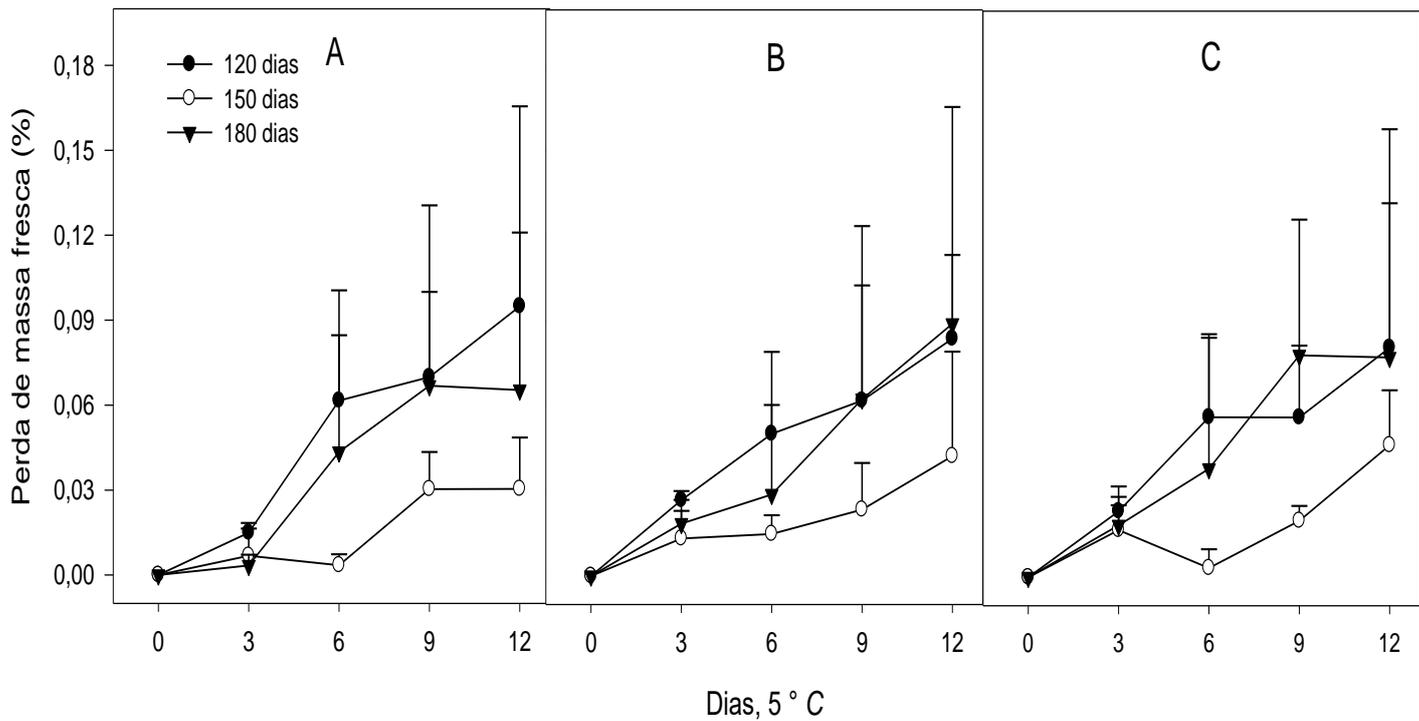
ZOMMICK, Daniel H.; KNOWLES, L. O.; KNOWLES, N. R. Tuber respiratory profiles during low temperature sweetening (LTS) and reconditioning of LTS-resistant and susceptible potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. **Postharvest biology and technology**, v. 92, p. 128-138, 2014.

ZHANG, H., Hou, J., Liu, J., Xie, C., & Song, B. Amylase analysis in potato starch degradation during cold storage and sprouting. **Potato research**, v. 57, n. 1, p. 47-58, 2014.

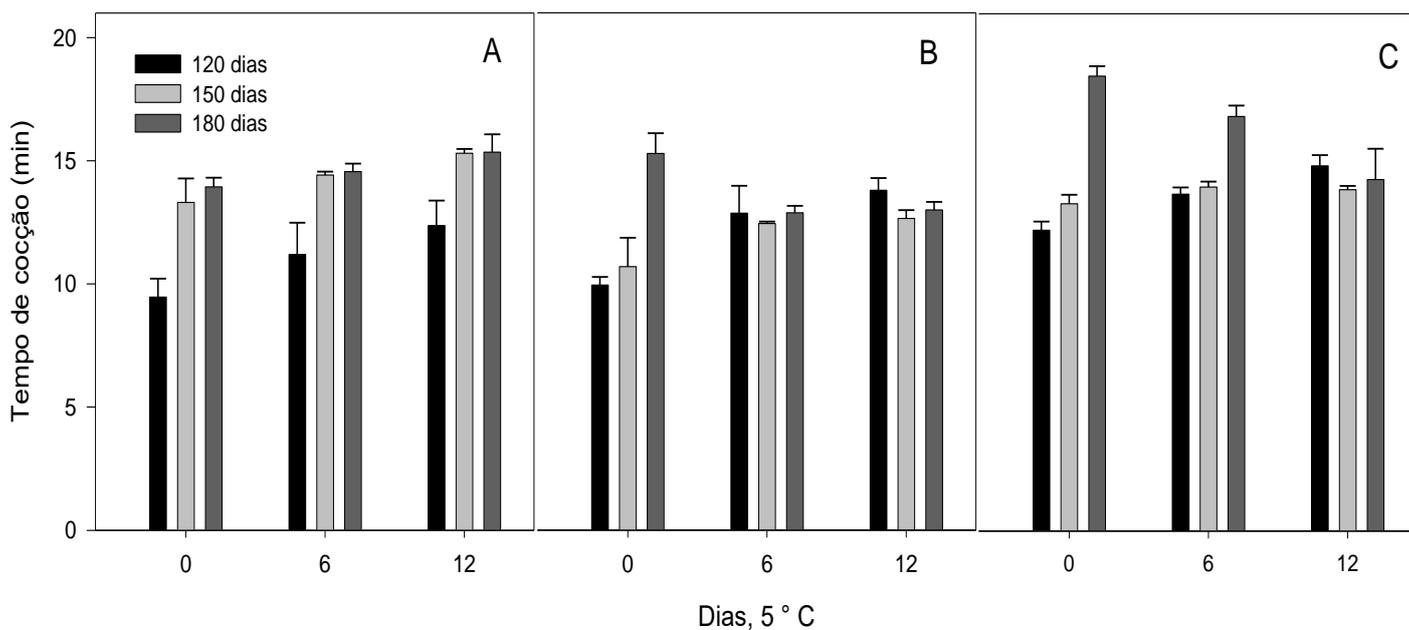
APÊNDICE



Apêndice 1. Valores médios do rendimento agroindustrial (%) em raízes de batata doce minimamente processadas colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 ° C por doze dias. cv. Paraná (A), cv. Mãe de família (B), cv. ESAM 1 (C). As barras representam o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.



Apêndice 2. Valores médios de perda de massa fresca (%) em raízes de batata doce minimamente processadas colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 ° C por doze dias. cv. Paraná (A), cv. Mãe de família (B), cv. ESAM 1 (C). As barras representam o desvio padrão da média. Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.



Apêndice 3. Valores médios do tempo de cocção (minutos) em raízes de batata doce minimamente processadas colhidas em diferentes épocas (120,150 e 180 dias) e mantidas armazenadas em 5 ± 2 ° C por doze dias. cv. Paraná (A), cv. Mãe de família (B), cv. ESAM 1 (C). As barras representam o desvio padrão da média (localizadas acima das colunas). Serra Talhada-PE, UFRPE/UAST, 2018.