



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
***CAMPUS* LIMOEIRO DO NORTE**
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

ANDERSON MACIEL DE VASCONCELOS

**ESTUDO DA MUTAMBA (*Guazuma ulmifolia* Lam.) COMO POTENCIAL
ALIMENTÍCIO**

LIMOEIRO DO NORTE - CE

2017

ANDERSON MACIEL DE VASCONCELOS

ESTUDO DA MUTAMBA (*Guazuma ulmifolia* Lam.) COMO POTENCIAL
ALIMENTÍCIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *Campus* Limoeiro do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Nunes Damaceno

Coorientadora: Profa. Dra. Virna Luiza de Farias

LIMOEIRO DO NORTE - CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D278e de Vasconcelos, Anderson Maciel.
ESTUDO DA MUTAMBA (*Guazuma ulmifolia* Lam.) COMO POTENCIAL ALIMENTÍCIO /
Anderson Maciel de Vasconcelos. - 2017.
71 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia de Alimentos,
Campus Limoeiro do Norte, 2017.
Orientação: Profª. Dra. Marlene Nunes Damaceno.
Coorientação: Profª. Dra. Virna Luiza de Farias.
1. antioxidantes. 2. compostos bioativos. 3. minerais. 4. vitamina C. 5. PANC. I. Título.
- CDD 664
-

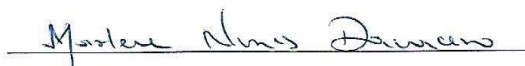
ANDERSON MACIEL DE VASCONCELOS

ESTUDO DA MUTAMBA (*Guazuma ulmifolia* Lam.) COMO POTENCIAL
ALIMENTÍCIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Tecnologia de Alimentos do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Ceará campus Limoeiro do Norte, como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovado em: 27/07/2017

Banca Examinadora



Profª. Dra. Marlene Nunes Damaceno (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Limoeiro do Norte



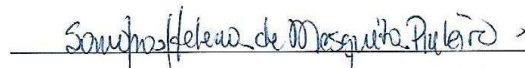
Profª. Dra. Virna Luiza de Farias (Coorientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará *campus* Limoeiro do Norte



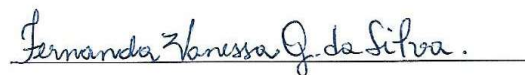
Profª. Dra. Renata Chastinet Braga

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, *campus* Limoeiro do Norte



Profª. Dra. Sandra Helena de Mesquita Pinheiro

Universidade Federal do Piauí



Profª. Dra. Fernanda Vanessa Gomes da Silva

Universidade Federal da Paraíba

À minha amada família: mãe, esposa e filha.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para que eu chegasse até aqui.

A minha mãezinha linda, Maria de Lourdes Maciel, por sempre acreditar que seria possível e por tudo o que representa em minha vida.

A minha amada esposa Sandra Maria Lopes dos Santos pelo companheirismo e dedicação que tem me agraciado todos esses anos. És força e inspiração em minha vida!

A minha filha amada, Agnes Santos de Vasconcelos, por existir em minha vida e por me mostrar que sempre podemos mais, quando exausto chegava do laboratório e com um sorriso revigorava minhas energias. Eu te amo!

A minha orientadora, professora Dra. Marlene Nunes Damaceno, por ser exemplo de profissionalismo e competência, por acreditar em mim, mesmo em momentos duvidosos. Obrigado de coração.

À professora Dra. Virna Luiza de Farias por me coorientar neste trabalho, principalmente pelo alicerce de conhecimentos que me proporcionou.

À Funcap e à Capes por fomentarem meus estudos através da bolsa que recebi pelo período em que cursei o mestrado. Teria sido bem mais difícil sem esse apoio.

A Leudo e Leuzinete (Nete) por terem me fornecido os frutos necessários à minha pesquisa. Obrigado também pela simpatia e pela presteza. Contem sempre comigo.

Agradeço imensamente a minha equipe de apoio emergencial: Paula Bruna, Felipe, Clauberto, Bruno, Paulo Henrique, Jorginho, Jujú, Priscila e Nayanne. Todos vocês estiveram comigo quando mais precisei, abdicaram muitas vezes de suas obrigações por mim, sou imensamente grato.

Por fim e não menos importantes, quero agradecer a Francisco Afrânio Cunha, Jorge Luis de Sousa Prado e a João Paulo de Sousa Prado por terem sido estopins em minha busca por conhecimento, por terem sido e por ainda serem inspiração para mim. Devo a minha mudança de vida a vocês, talvez nunca tenha como retribuir à altura. Muito obrigado.

“Se tudo que for real, for difícil suportar, mais uma vez é hora do recomeço, recomece a sonhar.

É preciso de um final para poder recomeçar, como é preciso cair para poder se levantar. Nem sempre engatar a RÉ significa voltar. Remarque aquele encontro, reconquiste um amor, reúna quem lhe quer bem, reconforte um sofredor, reanime quem está triste e reaprenda na dor.

Recomece, se Refaça, relembre o que foi bom Reconstrua cada sonho, redescubra algum dom, reaprenda quando errar, rebole quando dançar.

E se um dia, lá na frente a vida der uma ré, Recupere sua fé e Recomece novamente”

(Bráulio Bessa)

RESUMO

A mutambeira (*Guazuma ulmifolia* Lam.) é uma árvore facilmente encontrada em grande parte do continente sul americano devido à fácil adaptação a diferentes tipos de solos e climas. Atualmente, não se tem dados da utilização de seus frutos para fins alimentícios. O presente estudo investiga a composição de frutos da mutamba em dois estádios de maturação: maturação fisiológica incompleta (MFI), frutos com coloração totalmente verde e maturação fisiológica completa (MFC), frutos com coloração negra. Na primeira parte, os frutos foram avaliados quanto às características físicas, físico-químicas, composição centesimal e mineral, além dos compostos bioativos e antioxidantes. Na segunda parte, os frutos com maturação fisiológica incompleta foram submetidos ao processo de branqueamento para avaliar a preservação da cor, compostos bioativos e capacidade antioxidante. Aplicou-se o delineamento composto central rotacional, combinando tempo e temperatura de branqueamento, totalizando 11 tratamentos e os resultados foram avaliados pela metodologia de superfícies de resposta (MSR). Para as demais análises, foi calculada a estatística descritiva, análise de variância e teste de Tukey, além da correlação de Pearson. Os frutos de mutamba apresentaram acidez moderada com pH variando de 5,0 MFI a 4,7 MFC, tendo os últimos apresentado um teor de sólidos solúveis superior a 32 °Brix. O teor de vitamina C não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) após o processo de amadurecimento ($1500 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), com uma perda de água de 80% nesse período. Antocianinas e flavonoides amarelos apresentaram-se em maior concentração nos frutos com maturação fisiológica completa, o que reflete a maior atividade antioxidante FRAP. A quantificação de macro e microminerais revelou que estes frutos apresentam alto conteúdo de P, Ca, Mg, Fe e Mn. De modo geral, a metodologia de superfícies de resposta demonstrou que os tratamentos T4 (10 min./80 °C), T8 (6 min. 50 seg./84,14 °C) e T9 (6 min. 50 seg./70 °C) foram os mais adequados para evitar o escurecimento enzimático, além de promoverem a manutenção dos compostos bioativos das mutambas imaturas. Nesse estudo, conclui-se que o elevado conteúdo de sólidos solúveis e de vitamina C encontrados na mutamba, com maturação fisiológica completa, indica que este fruto é detentor de um enorme potencial de exploração na indústria alimentícia, no que se refere a produtos fermentados e para utilização no enriquecimento de produtos alimentícios. O branqueamento retardou o escurecimento das mutambas imaturas processadas e com isso preservou a cor, compostos bioativos e atividade antioxidante total dos frutos. Para escala industrial, o tratamento T9 seria o indicado na manutenção desses compostos por utilizar menor tempo e temperatura.

Palavras-chave: antioxidantes, composição centesimal, compostos bioativos, minerais, vitamina C, PANC.

ABSTRACT

The mutambeira (*Guazuma ulmifolia* Lam.) is a tree easily found in much of the South American continent due to its easy adaptation to different types of soils and climates. Currently, there are no data on the use of its fruits for food purposes. The present study investigates the fruit composition of the mutamba in two stages of maturation, incomplete physiological maturation (IPM) fruits with totally green coloration and complete physiological maturation (CPM) fruits with black coloration. In the first part the fruits were evaluated for the physical, physical-chemical characteristics, centesimal and mineral composition in addition to the bioactive compounds and antioxidants. In the second part, the IPM fruits were submitted to the bleaching process to evaluate color preservation, bioactive compounds and antioxidant capacity. The combined central rotational compound design time and bleaching temperature were applied totaling 11 treatments and the results were evaluated by response surfaces (RSM). For the other analyzes, descriptive statistics, analysis of variance and Tukey's test were calculated, as well as Pearson's correlation. The fruits of mutamba presented moderate acidity with pH varying from 5.0 IPM to 4.7 CPM, the latter presenting a soluble solids content higher than 32 °Brix. The vitamin C content did not show significant difference ($p < 0.05$) after the ripening process (1500 mg.100 g⁻¹), with a dehydration of 80% in that period. Anthocyanins and yellow flavonoids presented a higher concentration in the fruits with CPM, which reflects the higher FRAP activity. The quantification of macro and microminerals revealed that these fruits presented high content of P, Ca, Mg, Fe and Mn. In general, RSM demonstrated that the T4, T8 and T9 treatments were the most suitable to avoid enzymatic darkening in addition to promoting the maintenance of the bioactive compounds of the immature mutambas. In this study, it was concluded that the high content of soluble solids and vitamin C found in the mutamba with CPM indicates that this fruit has an enormous potential of exploitation in the food industry with regard to fermented products and for use in the enrichment of food products. The bleaching delayed the darkening of the processed immature mutambas and thus preserved the color, bioactive compounds and total antioxidant activity of the fruits. For industrial scale the T9 treatment (70 °C/6 min. 50 sec.) would be indicated in the maintenance of these compounds by using less time and temperature.

Key words: antioxidants, centesimal composition, bioactive compounds, minerals, vitamin C, PANC.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 - Nomenclatura popular da mutamba na América Latina.....	18
---	----

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 - Composição centesimal de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.....	38
Tabela 3.2 - Composição físico-química de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.....	39
Tabela 3.3 - Matriz de correlação entre açúcares redutores, açúcares totais, amido, sólidos solúveis e acidez titulável (média) durante a maturação dos frutos de mutamba coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.....	41
Tabela 3.4 - Compostos bioativos e atividade antioxidante total de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará	42
Tabela 3.5 - Matriz de correlação dos compostos bioativos (Vitamina C (VIT C), polifenóis extraíveis totais (PET), antocianinas (ANT), flavonoides amarelos (FL AM)) e atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) durante a maturação de frutos de mutamba coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.....	43
Tabela 3.6 - Composição mineral de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.....	44

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1- Valores e níveis das variáveis independentes usados no DCCR.....	52
Tabela 4.2 - DCCR com valores reais de tempo e temperatura para o branqueamento de frutos imaturos de mutamba.	52

Tabela 4.3 – Compostos bioativos e parâmetros de cor de polpa de mutamba imatura branqueada.....	56
Tabela 4.4 - Variação dos parâmetros de cor dos tratamentos T4, T8 e T9 frente ao controle.	58
Tabela 4.5 -Intensidade de mudança de cor com a variação de L*, a*, b*, C* e H°.....	58
Tabela 4.6 - Comparativo entre conteúdo de compostos bioativos, entre o controle e o melhor tratamento de branqueamento selecionado através de superfície de resposta.	60
Tabela 4.7 - Variação dos parâmetros de cor de frutos imaturos de mutamba ao longo de 30 minutos.	61

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 - Mutamba nos estádios de maturação fisiológica incompleta (imatura) (A) e completa (madura) (B); flores (C) e frutos em diferentes estádios de maturação no ramo (D).	19
--	----

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 - Estágios de maturação dos frutos de mutamba coletados em Limoeiro do Norte, Ceará. Frutos com maturação fisiológica incompleta: totalmente verdes (A) e frutos com maturação fisiológica completa: negros (B).	36
--	----

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Superfície de resposta e curva de contorno do efeito do tempo (x_1) e da temperatura (x_2) de branqueamento no conteúdo de polifenóis extraíveis totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) presentes em frutos de mutamba imatura branqueados.	57
Figura 4.2 - Escurecimento enzimático em frutos imaturos de mutamba após processamento.	58
Figura 4.3 - Superfície de resposta e curva de contorno do efeito do tempo (x_1) e a temperatura (x_2) de branqueamento na diferença total de luminosidade nos frutos de mutamba imatura branqueados.	59

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	13
APRESENTAÇÃO GERAL	13
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos.....	15
CAPÍTULO 2.....	18
REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
1 MUTAMBA - ASPECTOS GERAIS.....	18
2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL	20
3 COMPOSTOS BIOATIVOS	22
3.1 Ácido Ascórbico	22
3.2 Compostos Fenólicos	23
3.3 Radicais Livres e Atividade Antioxidante	24
4 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO.....	25
4.1 Inativação enzimática.....	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 3.....	34
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DA MUTAMBA (<i>GUAZUMA ULMIFOLIA</i> LAM.) EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO	34
1 INTRODUÇÃO	34
2 MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 Material vegetal	35
2.2 Análises físicas e físico-químicas	36
2.3 Composição centesimal	36
2.4 Macro e microminerais	37
2.5 Compostos Bioativos	37

2.6 Atividade antioxidante	37
2.7 Análise Estatística.....	37
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 4.....	50
EFEITO DO BRANQUEAMENTO SOBRE COMPOSTOS	
BIOATIVOS E AS PROPRIEDADES DE COR DE FRUTOS	
IMATUROS DE MUTAMBA (<i>GUAZUMA ULMIFOLIA</i> LAM.)	
.....	50
1 INTRODUÇÃO	50
2. MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1. Frutos imaturos de mutamba	51
2.2. Delineamento experimental (Efeito das variáveis do processo)	51
2.3 Métodos analíticos	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 Estudo do efeito do branqueamento	55
4 CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICES	64

Capítulo 1

APRESENTAÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO GERAL

Possuidor de inestimável patrimônio de matrizes vegetais, o Brasil não poderia deixar de ser um país essencialmente agrícola. Frutos, grãos, raízes, tubérculos e hortaliças compõem uma fração significativa da dieta de todo ser humano e, conseqüentemente, ditam o ritmo e o estilo de toda a produção vegetal nacional, seja ela destinada à exportação, ou para suprir as necessidades do mercado interno.

De acordo com Rapoport, Ladio e Sanz (1999), 150 espécies compõem o leque da oferta vegetal a toda população, espécies estas, notadamente mais rentáveis do que as demais que foram negligenciadas. A essas espécies favorecidas, observou-se que o homem se dedicou à otimização de sua produção, que é cada vez maior em quantidade e tamanho. Mesmo assim, calcula-se que anualmente são perdidas aproximadamente duas toneladas por hectare de recursos vegetais que poderiam ser empregados para alimentação. O desperdício, de fato, colabora com a fome do mundo (FAO, 2007), tendo em vista que as pessoas se habituaram a ter uma alimentação advinda deste pequeno nicho vegetal.

Variedades outrora consumidas com naturalidade por nossos ancestrais deixaram de ser ofertadas devido a mudanças no comportamento alimentar e sua reduzida expressão econômica e social, perdendo mercado para outras hortaliças e tubérculos (KINNUPP; LORENZI, 2014), ocasionando o desconhecimento destas por boa parte da população mundial, o que provoca também a diminuição da diversidade vegetal e o desequilíbrio ecológico.

Alimentos de origem indígena ou muito específicos de uma determinada região, costumam ser preteridos frente a outros mais populares, ocasionando a perda de muitos costumes alimentares com o tempo, devido às novas gerações não terem adquirido o hábito do consumo desses alimentos por serem culturas não comercialmente organizadas enquanto cadeia produtiva (FAO, 1992; BRASIL, 2010).

Existem dois grandes pilares na sociedade humana a serem preservados: a biodiversidade e as tradições culinárias regionais (ALTIERI, 1991; ENGELMANN; ENGELS, 2002). Espécies pouco utilizadas poderiam fazer parte de um rol alimentício de inúmeras comunidades brasileiras (LADIO; RAPOPORT, 2005), podendo, inclusive, essas espécies

beneficiarem a população, auxiliando no balanceamento de dietas e aumentando a rentabilidade (ENGELMANN; ENGELS, 2002).

A etnobotânica será imprescindível a essa nova filosofia cultural, alimentar e econômica, proporcionando também a diminuição do uso de agrotóxicos, que tanto causam danos à saúde humana e ao meio ambiente, já que, em geral, essas espécies são muito bem adaptáveis (AGUILAR; DOMÍNGUEZ; CABALLERO, 2001; KINUPP; BARROS, 2004).

Tendo em vista que o Brasil é um país que possui 38% de toda a produção agrícola advinda da agricultura familiar (FAO, 2007) e aproximadamente 800 mil hectares destinados à agricultura ecológica (BRANDENBURG, 2002), esses tipos de cultivos são economicamente promissores e facilitadores do acesso a refeições nutritivas (KINUPP, 2006). A inserção de novas opções de cultivo permitirá agregar valor a produtos manufaturados, favorecendo a agricultura familiar (CENCI, 2011).

Mnzava et al. (1995) citaram que as plantas negligenciadas são boas fontes nutritivas e possuidoras de singulares princípios aromáticos. O desconhecimento destes atributos pode ser determinante na resistência ao consumo dessas culturas (LOVATEL; COSTANZI; CAPELLI, 2004).

Dessa forma, o conhecimento das características físico-químicas e nutricionais dessas plantas é um fator importante para estimular o consumo. Espécies pouco exploradas, quando chamam atenção de pesquisadores ou indústrias, passam a ser denominadas novas culturas. O fato é que essa “nova cultura” já recebeu outrora denominação de subutilizadas, menores, subexploradas, órfãs, subdesenvolvidas, perdidas, promissoras, locais ou nichos (ENGELMANN; ENGELS, 2002).

A expressão Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC's) ganhou força a partir de estudos publicados por Kinupp (2007). Até o ano de 2004 existiam 2000 espécies de PANC's registradas, porém desconhecidas do público consumidor em potencial (KINUPP; BARROS, 2004), quando muito, comunidades indígenas, quilombolas, ou comunidades de agricultores regionais as conheciam (BRASIL, 2010).

Pouco a pouco, essas espécies vêm ganhando espaço no mercado alimentício, observando-se atualmente frutas antes desconhecidas para a maioria da população, comumente conhecidas pelo sertanejo nordestino, sendo comercializadas com certo patamar de *finesse*, como é o caso do canapum (fisális) (*Physalis* spp.) e da pitaia ou fruto do dragão (*Hylocereus* spp.), que outrora alimentavam somente pássaros.

Nos últimos anos, alguns estudos sinalizaram a possibilidade de desenvolver tecnologias para a utilização de PANCs, como uma metodologia sustentável para a redução do

desperdício de alimentos, combate à fome e obtenção de produtos funcionais (KINNUPP; LORENZI, 2014; BRASIL, 2010).

Atualmente, o mundo tem fixado a atenção para as divulgações relacionadas aos aspectos sensoriais e benefícios nutricionais das PANC's já conhecidas e, principalmente, para aquelas quase ou totalmente desconhecidas do público em geral como é o caso da mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.), objeto de estudo deste trabalho.

A mutamba é um fruto seco, de coloração verde quando imaturo e negra quando maduro. Assim como muitas outras espécies de PANC's, esta também é classificada pelo agricultor como uma “praga” do campo. Tal classificação é dada pelo fato deste fruto ser muito apreciado por equinos e ruminantes devido a seu aroma peculiar e dulçor quando maduras, fazendo com que estes invadam plantações em busca do referido fruto.

Outrora consumida na forma natural ou beneficiada como doce, aluá; hoje completamente esquecida, seu hábito de consumo perdeu-se no tempo. Oriunda de uma árvore pouco exigente quanto ao solo ou ao clima e que tem tido suas folhas e casca bastante estudadas, quanto a diversas propriedades nos últimos anos, porém nada em relação ao seu fruto, no que se refere ao consumo humano.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a composição de frutos da mutamba em dois estádios de maturação: maturação fisiológica incompleta (MFI), frutos com coloração totalmente verde e maturação fisiológica completa (MFC), frutos com coloração negra, e o efeito do processo de branqueamento sobre a cor e os compostos bioativos dos frutos imaturos de mutamba.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar mutambas em dois estádios, MFI e MFC quanto suas propriedades biométricas e centesimais;
- Identificar os compostos bioativos e as propriedades antioxidantes de mutambas em dois estádios, MFI e MFC;
- Identificar a melhor condição do processo de branqueamento para inativar enzimas que interferem nas propriedades de cor, compostos bioativos e capacidade antioxidante dos frutos imaturos de mutamba.

Nos próximos capítulos será apresentada uma breve revisão da literatura, abordando aspectos gerais da mutamba, composição química e componentes nutricionais (Capítulo 2); avaliação das propriedades biométricas, centesimais, identificação de compostos bioativos com propriedades antioxidantes das mutambas em dois estádios de maturação (Capítulo 3) e a aplicação do branqueamento para reduzir o escurecimento enzimático, preservando os compostos bioativos dos frutos imaturos de mutamba (Capítulo 4).

REFERÊNCIAS

AGUILAR, B. R.; DOMÍNGUEZ, S. R.; CABALLERO, J. **Plantas, cultura y sociedad. estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI.** Universidad Autónoma Metropolitana/Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. 2001. 315p.

ALTIERI, M. A. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? **Agroecología y desarrollo**, v. 1, p. 16-24, 1991.

BRANDENBURG, A. Movimento agroecológico: trajetória, contradições e perspectivas. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 6, n. 6, p. 11-28, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não convencionais.** Brasília: MAPA. p. 92, 2010.

CENCI, S. A. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade, sistemas de embalagem.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2011. 144p.

ENGELMANN, F.; ENGELS, J. M. M. **Managing plant genetic diversity.** CAB International/IPGRI, 2002. 487p.

FAO. . Productos forestales no madereros: posibilidades. **Publicación.** n. 97, p. 35-42, 1992.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma: **Documento Colección FAO: Agricultura**, n. 38. 2007. 255p.

KINNUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil.** São Paulo: IPEF, 2014, p. 768.

KINUPP, V. F. Plantas alimentícias alternativas no Brasil, uma fonte complementar de alimento e renda. **Cadernos de Agroecologia**, v. 1, n. 1, p. 333-336, 2006.

KINUPP, V. F. **Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007. 590f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Levantamento de dados e divulgação do potencial das plantas alimentícias alternativas do Brasil. **Horticultura Brasileira**. v. 22, n. 2, p. 17-25, 2004.

LADIO, A.; RAPOPORT, E. H. La variación estacional de las plantas silvestres comestibles en baldíos suburbanos de Bariloche (Parque Nacional Nahuel Huapi, Patagonia, Argentina). **Vida Silvestre Neotropical**, v. 11, p. 33-41, 2005.

LOVATEL, J. L.; COSTANZI, A. R.; CAPELLI, R. **Processamento de frutas e hortaliças**. Caxias do Sul: Educz, 2004. 89p.

MNZAVA, N.A. **Vegetable crop diversification and the place of traditional species in the tropics**. In: GUARINO, L. Traditional African Vegetables. Promoting the conservation and use of under-utilized and neglected crops. Nairobi: IPGRI, 1995. p.1-23.

RAPOPORT, E. H.; LADIO, A. H.; SANZ, E. H. **Plantas nativas comestibles de la Patagonia andina argentino-chilena**. San Carlos de Bariloche: Imaginaria. 1999. 74p.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

1 MUTAMBA - ASPECTOS GERAIS

A mutambeira é muito recomendada como espécie pioneira para reflorestamento de matas ciliares em toda a América Latina tendo em vista o seu rápido desenvolvimento e fácil enraizamento em diversos tipos de solo (ARAÚJO NETO; AGUIAR, 1999).

É uma planta arbórea, perenifólia com altura variando de 7 a 30 metros que se difunde por toda a América Latina, apresentando nomenclatura popular variada, podendo ser conhecida nas diferentes localidades brasileiras como: algodão; amoreira; araticum-bravo, cabeça-de-negro, camacã, chico-magro, coração-de-negro, embireira, envireira, guaxima-macho, guaxima-torcida, maria-preta, marolinho, motambo, muçambê, mutamba, mutamba-preta; mutamba-verdadeira, mutambo; pau-de-bicho; pau-de-motamba; periquiteira; umbigo-de-caçador e umbigo-de-vaqueiro, recebendo outras denominações a depender do país de origem (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Nomenclatura popular da mutamba na América Latina.

País	Nome popular	País	Nome popular
Argentina	cambá acá	Jamaica	bastard cedar
Bolívia	coco e coquito	México	majagua de toro
Costa Rica	guácimo blanco	República Dominicana	guácima chimarrona
Cuba	Guácima e Guácima de caballo	Panamá	guácimo de ternero
Equador	guácimo	Paraguai	kamba aka guasu
Honduras	caulote	Peru	Papayillo
Ilhas Virgens	jacocalalu	Trinidad e Tobago	west indian elm

Fonte: Adaptado de CARVALHO et al., 2007.

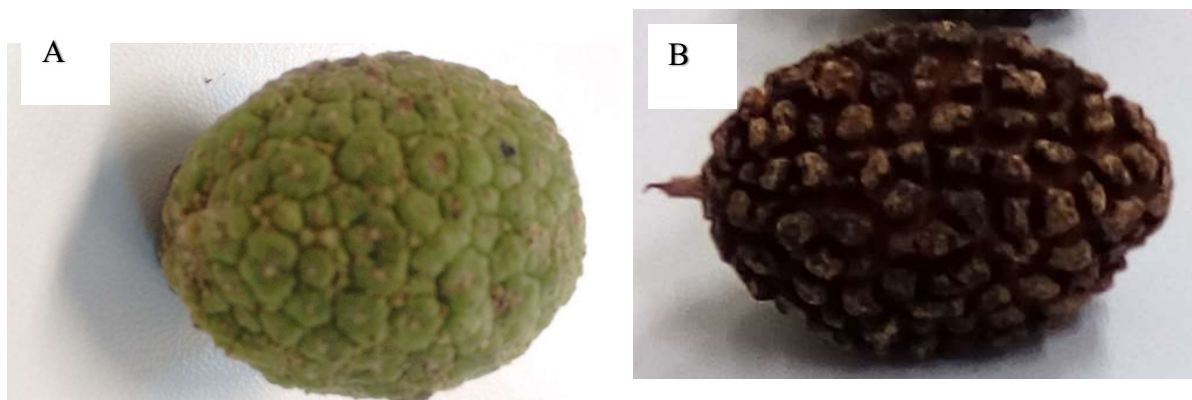
Esta planta (folhas e caule) é bastante estudada por ser uma excelente fonte de alcalóides, flavonóides, taninos, sesquiterpenos, triterpenos, diterpenos, β -sitosterol e glicosídeos cianogênicos. Pesquisas com mutambeiras comprovaram atividades biológicas como anti-hiperglicemiante, antifúngica, antibacteriana (SEIGLER et al., 2005; SILVA et al,

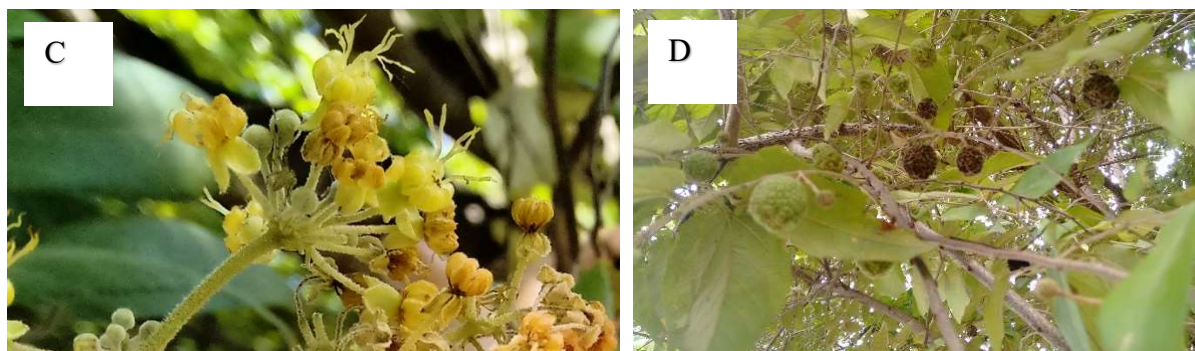
2007a; LOPES; BRUSCHI; MELLO, 2009; GALINA et al, 2005), além de conter proantocianidinas e taninos condensados que são os polifenóis mais abundantes depois das ligninas, podendo representar até 50% (ROESE, 2011).

Folhas e caule alavancam pesquisas relacionadas à ação antirretroviral e de combate a alopecia androgênica, mais conhecida como calvície, e de inúmeras outras enfermidades como diarreia, asma, bronquite, febre, elefantíase, sífilis, obesidade, hanseníase, disenteria, entre outras, por meio da sua utilização na forma de infusão ou do óleo essencial, porém a literatura acadêmica sobre o fruto é restrita a uma caracterização morfológica (SOBRINHO; SIQUEIRA, 2008), ou emprego como suplemento para ração de ruminantes (MIRANDA et al, 2008; ROJAS-HERNÁNDEZ et al, 2013; GURROLA; MORMITA; GARCÍA, 2014; ROJAS-HERNÁNDEZ et al, 2015).

A mutamba (Figura 2.1) é uma cápsula subglobosa, seca, verrucosa, de coloração verde quando imatura e negra quando madura com sementes pequenas e esbranquiçadas (BRANDÃO; LACA-BUENDÍA; MACEDO, 2002), fruto duro variando de 1,5 cm a 3,5 cm de comprimento, conteúdo de sementes variando em torno de 64 sementes (BARBOSA; MACEDO, 1993; LORENZI, 1992). A floração se dá através de panícula ramificada com até 40 flores, que são pequenas e de tonalidade amarela clara medindo de 5 a 10 mm de comprimento e ligeiramente perfumadas, sendo comum observar flores, frutos imaturos e frutos maduros na mesma árvore.

Figura 2.1 - Mutamba nos estádios de maturação fisiológica incompleta (imatura) (A) e completa (madura) (B); flores (C) e frutos em diferentes estádios de maturação no ramo (D).





Fonte: o autor.

2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NUTRICIONAL

A RDC nº 269 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária preconiza a existência de uma quantidade mínima de três substratos energéticos básicos, carboidratos, proteínas e lipídeos, além das vitaminas e minerais que o ser humano deve ingerir diariamente a fim de suprir as necessidades energéticas, estruturais e metabólicas de seu organismo ao longo do dia (BRASIL, 2005).

A composição química dos frutos varia de acordo com a espécie, cultivar, local de produção, fatores edafoclimáticos, tratos culturais, grau de maturação e época de colheita (DAMORADAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Utilizados como fonte primária de energia pelos seres humanos, os carboidratos abastecem de energia na forma de ATP, o cérebro, os eritrócitos, o sistema nervoso periférico e a medula. Este macronutriente está disponível na natureza na forma de amido ou celulose (carboidratos complexos) ou na forma de açúcares simples como a glicose, frutose e sacarose (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 1998).

A quantidade de carboidratos encontrada em diferentes alimentos vegetais varia bastante, em valores tão baixos quanto 2% da massa fresca em vegetais folhosos, 10 a 25% em algumas frutas, mais de 30% em hortaliças amilosas e superior a 60% em alguns cereais e vagens (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nos frutos, os açúcares complexos durante o processo de maturação são convertidos em açúcares solúveis, interferindo diretamente no sabor e textura dos vegetais. A acidez tende a baixar, comportamento acompanhado por ácidos e compostos fenólicos, provocando intensificação do aroma, devido à liberação de compostos voláteis (LIMA, 2008).

A recomendação nutricional para a ingestão diária de carboidratos é de 60% do valor calórico total da dieta de um indivíduo adulto, percentual que se justifica pelo fato de

também atuar como “protetor” durante o metabolismo das proteínas, o que os tornam um “economizador da proteína” para suas funções vitais (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 1998).

Os principais componentes da parede celular são celulose, hemicelulose, pectina e lignina. A proporção relativa e o conteúdo de constituintes da parede celular variam consideravelmente entre espécies, entre os tipos de células, com a maturidade na colheita e com o intervalo de tempo e condições de armazenamento após a colheita. A hidrólise desses componentes por carboidrases produzidas durante o armazenamento, junto à remoção de cálcio, leva ao amolecimento, enquanto que a lignificação e o influxo de cálcio levam ao enrijecimento (DAMORADAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A fibra bruta geralmente é composta por carboidratos complexos, constituintes da parede celular vegetal, celulose e hemicelulose (coleção heterogênea de polissacarídeos amorfos), além de fragmentos de lignina (McDOUGALL et al., 1993; VAN SOEST, 1994). Esta fibra não possui valor nutritivo, mas favorece os movimentos peristálticos do intestino por não sofrer hidrólise completa pelas enzimas digestivas presentes no trato digestório. Estudos indicam que entre 10 e 80% das fibras sofrem processo de fermentação no cólon, acarretando efeitos benéficos na fisiologia humana, dando origem a ácidos graxos de cadeia curta, gás, água e energia, os quais contribuem para o aumento do volume das fezes e diminuição do tempo de trânsito intestinal (CARRASCO; ALONSO, 1999).

As proteínas, assim como os lipídeos, apresentam-se em baixas concentrações na maioria dos alimentos vegetais (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 1998; DAMORADAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Teores de proteínas de aproximadamente 3% nas folhas e 1% na casca de beterraba foram encontrados por Costa et al. (2003), assim como 2,5% de proteína na polpa de banana nanica durante o amadurecimento (LIMA, 2000). Alterações nestes compostos podem influenciar na textura do vegetal e determinar suas características qualitativas após a colheita. A recomendação da ingestão diária de proteínas para um indivíduo adulto é de 50 g/dia (BRASIL, 2005), quantidade suficiente para promover o equilíbrio das perdas de nitrogênio pelo organismo durante o dia (FAO; OMS; UNU, 1985).

Detentor de mais de duas vezes do poder calórico das macromoléculas anteriormente relatadas, os lipídios, geralmente, apresentam-se em baixas quantidades nos frutos e hortaliças. Os maiores teores são encontrados em sementes, principalmente nas oleaginosas (BUCHANAN; GRUISSEM; JONES, 2015). Uma de suas maiores características se refere à polaridade, apresentando-se como moléculas hidrofóbicas, e desta forma, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. Dentre suas funções metabólicas, atuam como

portadores de elétrons, transportadores de substâncias nas reações enzimáticas e auxiliam a absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Outra característica importante desta macromolécula de origem vegetal é a presença de ácidos graxos ômega em sua constituição, que se caracterizam como insaturados e, dessa forma, proporcionam efeitos benéficos ao bom funcionamento do organismo humano, ao atuarem principalmente na prevenção de doenças cardiovasculares (RIBEIRO; STAMFORD; CABRAL FILHO, 1995), estes mesmos com ações desejáveis devem ser consumidos com moderação por poderem ocasionar elevação nas taxas de colesterol no sangue (PEDERSOLI, et al., 2015).

Indispensáveis ao bom funcionamento dos sistemas biológicos humanos, os minerais, na forma de íons, regulam enzimas, equilíbrio ácido/base e a pressão osmótica. São subdivididos em macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, enxofre, sódio, cloro e potássio) com ingesta maior ou igual a 100 mg/dia e microminerais (ferro, zinco, cobre, iodo, manganês, flúor, molibdênio, cobalto, selênio, cromo, níquel, vanádio e silício), cuja ingesta necessária é menor ou igual a 100 mg/dia e são essenciais em sua maioria (MAHAN; ESCOTT-STUMP; RAYMOND, 2005). Possuem função regulatória, essencialmente para replicação celular, crescimento e desenvolvimento dos sistemas fisiológicos (SILVA et al., 2007b). Atuam decisivamente na modulação da resposta imune (BLACK, 2003; CUNNINGHAM-RUNDLES; McNEELEY; MOON, 2005), como é o caso do cobre, zinco e magnésio que regulam o sistema imunológico.

3 COMPOSTOS BIOATIVOS

3.1 Ácido Ascórbico

A vitamina C, presente nos cloroplastos, citosol, vacúolo, mitocôndrias, peroxissomos e espaço apoplástico das células vegetais (CAKMAK; STRBAC; MARSCHNER, 1993; MITTLER, 2002), é um antioxidante não-enzimático e sua base, o ascorbato, é provavelmente o antioxidante mais importante, com um papel fundamental na remoção do peróxido de hidrogênio, atuando como um catalisador redox (redução-oxidação) (SEBASTIAN et al., 2003). Pode atuar espontaneamente reagindo e neutralizando as Espécies Reativas de Oxigênio (ERO's) e/ou inibindo a peroxidação de lipídeos de membranas (HALLIWEL et al, 1995). O ácido ascórbico é considerado um dos antioxidantes naturais mais potentes e menos tóxicos, proporcionando proteção contra a oxidação descontrolada no meio aquoso celular, devido ao seu alto poder redutor (GONÇALVES, 2008).

Dentre as possíveis formas, o ácido L-ascórbico apresenta 100% de atividade vitamínica e durante sua ação sobre as ERO's, oxida-se em ácido mono e de hidroascórbico, que tem a mesma atividade biológica da vitamina C, porém com um menor poder redutor e menor estabilidade. A degradação definitiva e irreversível da vitamina C ocorre quando sua forma L-dehidroascorbato é convertida a ácido 2,3-diceto-L-gulônico, que é praticamente instantânea em pH alcalino, rápida em pH neutro e lenta em condições ácidas. Por esse fato, frutas cítricas possuem boa estabilidade da vitamina C (CHITARRA; CHITARRA, 2006; COULTATE, 2004; JACOMINO et al., 2008).

Apesar do ácido ascórbico ser comumente utilizado como um padrão de medição in vitro da atividade antioxidante dos compostos orgânicos ou inorgânicos (AMETA; SINGH, 2014; JACOMINO et al., 2008), este possui também propriedades pró-oxidantes, pois na presença dos íons Fe^{2+} e Cu^+ pode reagir com o peróxido de hidrogênio gerando o radical hidroxila (DUARTE; LUNEC, 2005). Porém, em função do ferro encontrar-se, a maior parte do tempo, ligado a proteínas de transporte ou armazenamento, as propriedades antioxidantes do ascorbato suplantam suas propriedades pró-oxidantes (DUZZIONI, 2009).

3.2 Compostos Fenólicos

Os polifenóis, juntamente com outros compostos redutores presentes na dieta humana, tais como vitamina C, vitamina E e carotenoides, protegem os tecidos do corpo contra o estresse oxidativo e de patologias associadas a cânceres, doenças coronarianas e inflamações (TAPIERO et al., 2002). Os compostos fenólicos podem ser categorizados como ácidos fenólicos (derivados de ácido benzoico e ácido cinâmico), fenóis simples, cumarinas, estilbenos, flavonoides, lignanas, ligninas, taninos hidrolisáveis ou taninos condensados, metabólitos secundários presentes em frutas e vegetais (NACZK; SHAHIDI, 2004; ANGELO; JORGE, 2007).

A capacidade de inibir a peroxidação lipídica e a enzima lipoxigenase têm atraído olhares para esses biocompostos de ocorrência natural (HASLAM, 1996). Essas propriedades antioxidantes devem-se principalmente ao seu potencial redutor e conformação estrutural, que propiciam a neutralização e sequestro de radicais livres, além de poderem inibir as etapas de inicialização do processo oxidativo, assim como em etapas intermediárias a partir da capacidade de atuarem como quelantes de metais de transição ou ressonância do anel aromático estrutural, respectivamente (SOARES, 2002). Assim como o ascorbato e os carotenoides, os compostos fenólicos também podem em algumas circunstâncias, se comportar como agentes oxidantes (VALKO et al., 2004).

Na indústria de alimentos, a oxidação lipídica é inibida por sequestradores de radicais livres geralmente, sintéticos. Em função dos possíveis problemas provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, as pesquisas têm-se voltado no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante para substituí-los ou fazer associação entre eles (SOARES, 2002).

As antocianinas são um exemplo de composto fenólico pertencente à classe dos flavonoides. São metabólitos secundários, responsáveis pela coloração avermelhada em frutos tendo como identidade de polaridade a hidrossolubilidade possuindo características de suprimir radicais livres (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997; DUAN et al., 2007; LIMA, 2009). Cerca de 400 tipos de antocianinas encontram-se presentes em plantas, destas, apenas seis adquiriram destaque na indústria de alimentos, são eles: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina. Os demais tipos são normalmente encontrados em flores e folhas (TERCI; ROSSI, 2002; MALLACRIDA; MOTTA, 2006). A propriedade antioxidante das antocianinas ocorre devido a sua alta reatividade como doadora de hidrogênio ou de elétrons e da habilidade da sua estrutura fenólica em estabilizar e realocar elétrons desemparelhados, através de estruturas de ressonância, além de serem capazes de neutralizar metais de transição e íons (GONG; LI; YANG, 2014).

3.3 Radicais Livres e Atividade Antioxidante

Os radicais livres são espécies altamente reativas que possuem um ou mais elétrons desemparelhados no seu orbital externo (KAPCZINSKI; QUEVEDO; IZQUIERDO, 2004). Tais espécies se formam a partir da excitação do oxigênio singleto ou transferência de elétrons para o oxigênio formando os radicais superóxido, peróxido de hidrogênio ou hidroxila (DAT et al., 2000; MITTLER, 2002). O estresse oxidativo acontece quando existe um desequilíbrio entre os processos antioxidantes e pró-oxidantes, que ocorre por consequência do aumento da formação de radicais livres ou pela ineficiência das defesas antioxidantes ou, ainda, pela combinação de ambas. O estresse oxidativo, independente da causa, pode levar a processos patofisiológicos que resultam em toxicidade celular (SIES, STAHL; SEVANI, 2005). Devido a esse desequilíbrio, os radicais livres reagem indiscriminadamente nos organismos com carboidratos, proteínas, lipídeos e DNA, causando o chamado dano oxidativo (GAMA; BELMONTE-DE-ABREU, 2004).

A capacidade antioxidante inerente a cada espécie de fruto está relacionada a compostos biológicos promotores de segurança aos sistemas biológicos contra os efeitos

deletérios das ERO's que agem doando ou sequestrando elétrons e desarmonizando estes sistemas (KARADAG; OZCELIK; SANER, 2009).

Soares e Machado (2007) afirmaram que neutralizar espécies reativas é indispensável para a manutenção da integridade celular. Os antioxidantes atuam mantendo em pequenas concentrações as ERO's no ambiente intracelular, impedindo assim que danos sejam causados a célula. Um antioxidante pode ser definido como uma substância que, em baixas concentrações, retarda ou previne a oxidação do substrato (HALLIWEL et al., 1995). Em condições normais, as ERO's e os radicais livres produzidos numa célula reagem com as defesas enzimáticas e/ou não enzimáticas (KAPCZINSKI; QUEVEDO; IZQUIERDO, 2004). Quando o mecanismo de ação do antioxidante for através de sua reação com o radical livre, o novo radical formado deve ser estável e incapaz de propagar a reação (SHAHIDI; JANITHA; WANASUNDARA, 1992).

4 ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO

O escurecimento enzimático em frutos tem início a partir de um dano sofrido por este que ocasione lise celular e consequente liberação de compostos fenólicos presentes em sua maioria no vacúolo, enzimas catalisadoras dessa reação (polifenoloxidase e peroxidase) que se encontram principalmente nos cloroplastos e matriz mitocondrial. Como resultado dessa injúria, os compostos fenólicos serão polimerizados e darão origem a pigmentos amarronzados (PORTE; MAIA, 2001; MELO; VILAS BOAS, 2006).

Essa reação pode causar mudanças indesejáveis, além do escurecimento da superfície da fruta, pode ocorrer a deterioração de aroma e outras propriedades sensoriais, a diminuição do valor nutricional e da vida útil de muitos alimentos.

O escurecimento, provocado pelas enzimas polifenoloxidase e peroxidase, traz consigo alterações sensoriais desagradáveis, nutricionalmente, também não é vantajoso, pois ocorre a indisponibilidade de alguns aminoácidos essenciais como: lisina, metionina, tiamina (ARAÚJO, 1999; FREITAS et al., 2008). Vitamina C e compostos fenólicos podem sofrer ação oxidativa destas enzimas, que atuam da mesma forma, despigmentando as antocianinas e consequentemente, provocando a perda do valor nutritivo, cor, sabor e odor dos vegetais (RICHARDSON; HYSLOP, 2000).

4.1 Inativação enzimática

O branqueamento é um tratamento térmico muito utilizado pela indústria de alimentos, principalmente na forma de pré-tratamento para prolongar a vida útil de

determinados alimentos ou melhorar características. Reduz a carga microbiana inicial do produto, amacia tecidos vegetais, facilita o envase, e no caso dos enlatados, auxilia na remoção do ar intercelular (CANO; MARIN; FOSTER, 1990). O branqueamento também é empregado no processo de apertização, ou esterilização comercial. Nesse caso, é realizado com os objetivos de remover gases dos tecidos de alimentos e pré-aquecer o produto, diminuindo o tempo de uso da autoclave durante a esterilização comercial (ORNELLAS et al., 2006).

Este método emprega as variáveis, calor e tempo que são inversamente proporcionais. O calor pode ser aplicado de diversas formas, sendo as mais comuns o vapor ou a imersão do fruto em água e este tratamento tem por finalidade a inativação de enzimas danosas aos vegetais, como a polifenoloxidase e as peroxidases que promovem alterações sensoriais e nutricionais (MELO; VILAS BOAS, 2006).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMETA, R. K.; SINGH, M. A thermodynamic in vitro antioxidant study of vitamins B (niacin and niacin amide) and C (ascorbic acid) with DPPH through UV spectrophotometric and physicochemical methods. **Journal of Molecular Liquids**, v. 195, s.n., p. 40-46, 2014.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1999. p. 319-329.

ARAÚJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae). **Revista de Biología Tropical**, v.47, n. 4, p. 785-790, 1999.

BARBOSA, J. M.; MACEDO, A. C. **Essências florestais nativas de ocorrência no estado de São Paulo**: informações técnicas sobre sementes, grupos ecológicos, fenologia e produção de mudas. São Paulo: Instituto de Botânica e Fundação Florestal, 1993.

BLACK, R. Micronutrient deficiency: an underlying cause of morbidity and mortality. **Bull World Health Organ**, v. 81, n. 79, p. 79-79, 2003.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG. Ed. 1, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada de Proteína, Vitaminas e Minerais.** *Diário Oficial da União*. Brasília, nº 184, Seção 1, pág. 372. 2005.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C. F. Antocyanins as natural food colours: selected aspects. **Food Chemistry**, v. 58, n. 1, p. 103-109, 1997.

BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists. 2015. 456-458p.

CARVALHO, P. E. R. **Mutamba (*Guazuma ulmifolia*)**. Pinhais: Embrapa Florestas. 2007. 13p. (Circular técnica, 141).

CAKMAK, I.; STRBAC, D.; MARSCHNER, H. Activities of hydrogen peroxide- scavenging enzymes in germination wheat seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 44, s.n., p. 127-132, 1993.

CANO, P.; MARIN, M. A.; FOSTER, C. Freezing of banana slices. Influence of maturity level and thermal treatment prior to freezing. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 4, p. 1070-1072, 1990.

CARRASCO, A. V.; ALONSO, I. J. Fibra dietética. **Prescripción de Fármacos**, v. 5, n. 4, p. 38-40, 1999.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 735p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: glossário**. Lavras: UFLA, 2006. 256p.

COSTA, S. M. D.; MONTENEGRO, M. A.; ARREGUI, T.; PINTO, M.; NAZARENO, M. A.; MISHIMA, B. L. D. Caracterización de acelga fresca de Santiago del Stero (Argentina). Comparación del contenido de nutrientes en hoja y tallo. Evaluación de los carotenoides presentes. **Ciencia e Tecnología de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 33-37, 2003.

COULTATE, T. T. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368 p.

CUNNINGHAM-RUNDLES, S.; McNEELEY, D. F.; MOON, A.; Mechanisms of nutriente modulation of the immune response. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 115, n. 111, p. 9-28. 2005.

DAMORADAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química dos alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 1158p.

DAT, J.; VANDENABEELE, S.; VAN MONTAQU, M.; INZÉ, D.; VAN BREUSEGEM; Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 57, s.n., p. 779-795, 2000.

DUAN, X.; JIANG, Y.; SU, X.; ZHANG, Z.; SHI, J. Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1365-1371, 2007.

DUARTE, T. L.; LUNEC, J. Review: When is an antioxidant not an antioxidant: A review of novel actions and reactions of vitamin C. **Free Radical Research**, v. 39, s.n., p. 671-86, 2005.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier. 1998. 403p.

DUZZIONI, A. G. **Avaliação da atividade antioxidante e quantificação dos principais constituintes bioativos de algumas variedades de frutas cítricas**. 2009. 115f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Araraquara, 2009.

FAO/OMS/UNU. **Reunión consultiva conjunta de expertos en necesidades de energía y de proteínas**. Organización Mundial de la Salud, Ginebra. v. 1, s.n., p.58-63, 1985.

FREITAS, A.A.; FRANCELIN, M.F.; HIRATA, G.F.; CLEMENTE, E.; SCHMIDT, F.L. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geleias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 172-177, 2008.

GALINA, K. J.; SAKURAGUI, C. M.; BORGUEZAM ROSA, J. C., LORENZATTI, E. R.; PALAZZO DE MELLO, J. C. Contribuição ao estudo farmacognóstico da mutamba (*Guazuma ulmifolia* - Sterculiaceae). **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 24, n. 2, p. 225-227, 2005.

GAMA, C. S.; BELMONTE-DE-ABREU, P. S. **Estresse oxidativo em esquizofrenia**. 2004. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Médicas) - Curso de Faculdade de Medicina. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C**. 2008. 88f. Dissertação (Mestrado em Bromatologia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GONG, H.; LI, Q.; YANG, Z. Optimization of enzyme-assisted extraction of anthocyanins from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) juice using response surface methodology. **African Journal of pharmacy and Pharmacology**. v. 8, n. 34, p. 841-848, 2014.

GURROLA, J. A. G.; MORMITA, M. G.; GARCÍA, L. S.; Effect of replacing maize with *Guazuma ulmifolia* fruits on pelibuey sheep performance and carcass yield. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. v. 17, s.n., p. 215-222, 2014.

HALLIWEL, B.; AESCHBACH, R.; LOLIGER, J.; AROUMA, O. A caracterização dos antioxidantes. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, s.n., p. 601-617, 1995.

HASLAM, E.; Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action. **Journal of Natural Products**, v. 59, n. 2, p. 205-215, 1996.

JACOMINO, A.; ARRUDA, M. C.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. **Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita**. In: Bioquímica de alimentos: teorias e aplicações práticas. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.153-189.

KAPCZINSKI, F.; QUEVEDO, J.; IZQUIERDO, I. **Bases Biológicas dos Transtornos Psiquiátricos**. 2ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 503p.

KARADAG, A.; OZCELIK, B.; SANER, S. Review of methods to determine antioxidant capacities. **Food Analytical Methods**, v. 2, n. 1, p. 41-60, 2009.

LIMA, G. P. P. **Marcadores bioquímicos de injúrias pelo frio e de maturação em bananas (*Musa acuminata* AAA Simm. & Shep. cv nanica)**. 2000. 103f. Tese (Doutorado em Bioquímica Vegetal) - Instituto de Biociências de Botucatu. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

LIMA, G. P. P. **Parâmetros bioquímicos em partes descartadas de vegetais**. Programa Alimente-se Bem: tabela de composição química das partes não convencionais dos alimentos. São Paulo: SESI. 2008.

LIMA, R. A. Z. **Lichia: qualidade e controle do escurecimento**. 2009. 69f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LOPES, G. C.; BRUSCHI M. L.; MELLO, J. C. P. Condensed Tannins from the Bark of *Guazuma ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 6, p. 1103-1109, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S.; RAYMOND, J. L. **Krause Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 11ed. São Paulo: Elsevier, 2005. 1256p.

MALLACRIDA, S. R.; MOTTA, S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. **B. CEPPA**, v.24, p.59-82, 2006.

MCDUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWART, D.; WEYERS, J. D. B.; HILLMAN, J. R. Plant fibres: botany, chemistry and processing for industrial use. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 62, n. 1, p. 1-20, 1993.

MELO, A. A. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maçã minimamente processada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 110-115, 2006.

MIRANDA, M. L. R.; PALMA, J. M.; ZORRILLA, J.; MORA, A.; GALLEGOS, A.; Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guacima, *Guazuma ulmifolia*, con dietas de frutos de especies arbóreas. **Zootecnia Tropical**. v. 26, n. 3, p. 227-230, 2008.

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

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

ORNELLAS, C. B. D.; GONÇALVES, M. P. J.; SILVA, P. R.; MARTINS, R. T. Atitude do consumidor frente à irradiação de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

PEDERSOLI, A. G. A.; GONÇALVES, R. C. C.; DE OLIVEIRA, L. M. L.; CORREIA, J. S. C. Ômega-3 e redução dos triglicerídeos no paciente com doença cardiovascular. **Revista Saber Científico**, v. 4, n. 1, p. 46-51, 2015.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **B. CEPPA**, v. 19, n. 1, p. 105-118, 2001.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia, 2007. 196p.

RIBEIRO, M. A.; STAMFORD, T. L. M.; CABRAL FILHO, J. E. Valor nutritivo de refeições coletivas: tabelas de composição de alimentos versus análises em laboratório. **Revista de Saúde Pública**, v. 29, n. 2, p. 120-126, 1995.

RICHARDSON, T.; HYSLOP, D. B. **Enzimas**. In: Fennema, (Org) Química de los alimentos. Acríbia, 2000. p.501-503.

ROESE, F. M. **Efeito da espécie *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) no peso corporal e no perfil sérico de ratos wistar induzidos à obesidade**. 2011. 82f. Dissertação (Mestrado em Saúde), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2011.

ROJAS-HERNÁNDEZ, S.; OLIVARES-PÉREZ, J.; AVILES-NOVA, F.; VILLA-MANCERA, A.; REYNOSO-PALOMAR, A.; CAMACHO-DÍAZ, L. M.; Productive response of lambs fed *Crescentia alata* and *Guazuma ulmifolia* fruits in a tropical region of Mexico. **Tropical Animal Health Production**. v. 47, s/n, p. 1431-1436, 2015.

ROJAS-HERNÁNDEZ, S.; OLIVARES-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-SEGURA, I.; JIMÉNEZ-GUILLÉN, R.; LEÓN-LÓPEZ, F.; CÓRDOVA-IZQUIERDO, A.; Uso del fruto de *Crescentia alata* y *Guazuma ulmifolia* en la alimentación de corderos en la región subtropical de Guerrero, México. **Revista Científica**, v. 23, n. 2, p. 157-162, 2013.

SEBASTIAN, J.; PADAYATTY, M. R. C. P.; ARIE, K. A. T. Z; YAOHUI, W. M. D; PETER E. C. K.; ORAN, K.; JE-HYUK, L.; SHENGLIN C.; CHRISTOPHER C.; ANAND D.; SUDHIR, K. D.; MARK, L. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. **Journal of the American College of Nutrition**. v. 22, s/n, p. 18-35, 2003.

SEIGLER, D. S.; PAULI, G. F.; FRÖHLICH, R.; WEGELIUS, E.; NAHRSTEDT, A.; GLANDER, K. E.; EBINGER, J. E. Cyanogenic glycosides and menisdaurin from *Guazuma ulmifolia*, *Ostrya virginiana*, *Tiquilia plicata*, and *Tiquilia canescens*. **Phytochemistry**, v. 66, n. 13, p. 1567-1580, 2005.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. v. 32, n. 1, p.67-103, 1992.

SIES, H.; STAHL, W.; SEVANIAN, A. Nutritional, dietary and postprandial oxidative stress. **Journal of Nutrition**, v.135, p. 969-972, 2005.

SILVA, C. J.; FERREIRA, H. D.; FERRI, P. H.; NUNES, W. B.; PEREIRA, D. G.; CARVALHO, S. Ausência de atividade mutagênica de *Guazuma ulmifolia* Lamb. (mutamba) em células somáticas de *Drosophila melanogaster*. **Revista Biologia Neotropical**. v. 3, n. 2, p. 163-168, 2007a.

SILVA, L. S.; THIAPÓ, A. P.; SOUZA, G. G.; SAUNDERS, C.; RAMALHO, A. Micronutrients in pregnancy and lactation. **Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil**, v. 7, s/n, p. 237-244, 2007b.

SOARES, A. M. S., MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica**, v. 1, s/n, p. 15, 2007.

SOARES, S. E.; Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOBRINHO, S. P.; SIQUEIRA, A. G.; Caracterização morfológica da mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. – Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p.114-120, 2008.

TAPIERO, H.; TEW, K. D.; BA, N.; MATHÉ, G. Polyphenols: Do they play a role in the prevention of human pathologies? **Biomedicine e Pharmacotherapy**, v. 56, s/n, p. 200-207, 2002.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? **Química Nova**, v. 25, n.4, p. 684-688, 2002.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C. J.; TELSER, J.; Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p

Capítulo 3

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE FRUTOS DA MUTAMBA (*GUAZUMA ULMIFOLIA* LAM.) EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo identificar substâncias de interesse alimentício advindas da mutamba, um fruto difundido em toda a América Latina e de pouco ou nenhum aproveitamento para alimentação humana na atualidade. Foram utilizados frutos em dois estádios de maturação: maturação fisiológica incompleta (MFI), frutos com coloração totalmente verde; e maturação fisiológica completa (MFC), frutos com coloração negra. Foram realizadas análises físicas, físico-químicas, composição centesimal e mineral, bem como a atividade antioxidante. O elevado conteúdo de sólidos solúveis e de vitamina C encontrados na mutamba com MFC indica que este fruto é detentor de um enorme potencial de exploração na indústria alimentícia no que se refere a produtos fermentados e para utilização no enriquecimento de produtos alimentícios.

Palavras-chave: vitamina C, minerais, composição centesimal, antioxidante

1 INTRODUÇÃO

Guazuma ulmifolia Lam., popularmente conhecida como mutamba, mutambo e mucungo, está disseminada por toda a América Latina. Ela é proveniente de uma planta arbórea, perenifólia, com altura variando de 7 a 30 metros. As folhas são ovaladas e pilosas, com flores pequenas com longos apêndices filiformes de tonalidade amarela clara medindo de 5 a 10 mm de comprimento, ligeiramente perfumadas. Seu fruto é uma cápsula subglobosa, seca, verrucosa, de coloração verde quando imatura e negra quando madura, com pequenas sementes esbranquiçadas (BRANDÃO; LACA-BUENDÍA; MACEDO, 2002; CARVALHO, 2010). O fruto é duro e varia de 1,5 a 3,5 cm de comprimento, contendo, em média 64 sementes (BARBOSA; MACEDO, 1993; LORENZI, 1992).

Existem relatos de que este fruto já foi muito consumido, mas atualmente é classificado pelo agricultor como uma “praga” do campo por ser muito apreciado por equinos, fazendo com que estes invadam as plantações.

A mutambeira é muito recomendada como espécie pioneira para reflorestamento de matas ciliares em toda a América Latina, tendo em vista o rápido desenvolvimento e fácil enraizamento em diversos tipos de solo (ARAÚJO NETO; AGUIAR, 1999). A planta (folhas e caule) é bastante estudada por ser uma excelente fonte de alcalóides, flavonóides, taninos, sesquiterpenos, triterpenos, diterpenos, β -sitosterol e glicosídeos cianogênicos. Pesquisas com mutambeiras comprovaram atividades biológicas como anti-hiperglicemiante, antifúngica e antibacteriana (SEIGLER et al., 2005; LOPES et al., 2009; GALINA et al., 2005). Além de conter proantocianidina, os polifenóis mais abundantes depois das ligninas, que representam até 50% destes (ROESE, 2011).

Folhas e caule alavancam pesquisas relacionadas à ação antirretroviral (HIV - vírus da imunodeficiência humana e herpesvírus) e de combate à alopecia androgênica sendo utilizados no tratamento de inúmeras outras enfermidades como diarreia, asma, bronquite, febre, elefantíase, sífilis, obesidade, hanseníase, disenteria, entre outras na forma de infusão ou de óleo essencial, porém, a literatura acadêmica sobre o fruto é restrita a uma caracterização morfológica (SOBRINHO; SIQUEIRA, 2008), e emprego como suplemento para ração de ruminantes (GURROLA et al., 2014; ROJAS-HERNÁNDEZ et al., 2015).

O objetivo deste trabalho é identificar substâncias de interesse alimentício advindas da mutamba, através da caracterização do fruto nos estádios de maturação fisiológica incompleta e completa, quanto às propriedades físicas, físico-químicas, centesimais, minerais, compostos bioativos e atividade antioxidante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Foram utilizados frutos em dois estádios de maturação fisiológica: incompleta e completa (Figura 3.1). Os frutos foram coletados manualmente de mutambeiras situadas em propriedades rurais do município de Limoeiro do Norte, Ceará, cidade de clima tropical com estação seca (Aw), localizado a 05° 08' 44" S de latitude, 38° 05' 53" W de longitude a 30 metros de altitude em relação ao nível do mar, com temperatura e pluviosidade médias anuais de 27,6 °C e 762 mm, respectivamente.

Figura 3.1 - Estágios de maturação dos frutos de mutamba coletados em Limoeiro do Norte, Ceará. Frutos com maturação fisiológica incompleta: totalmente verdes (A) e frutos com maturação fisiológica completa: negros (B).



Fonte: o autor.

2.2 Análises físicas e físico-químicas

Para cada estágio de maturação, foram utilizados 20 frutos para determinar a massa média em balança analítica e os diâmetros transversais (DT) e longitudinais (DL) com um paquímetro manual. O índice de formato (IF), foi calculado através da razão entre diâmetro transversal e longitudinal. As determinações físico-químicas e análises posteriores foram realizadas em quatro repetições em triplicata, contendo cada uma, 50 frutos para cada estágio de maturação. O material vegetal que foi analisado constituiu-se do triturado (fruto + semente). O pH foi medido em soluções aquosas a 10% (p/v) das amostras (medidor de pH Quimis Q799-02, Diadema, Brasil). Os sólidos solúveis foram medidos em refratômetro digital e os resultados, expressos em % Brix. A acidez titulável foi determinada por titulação com hidróxido de sódio 0,1 N (método 942.15; AOAC, 2005) e, devido ao desconhecimento do ácido orgânico majoritário, os resultados foram expressos em % ácido cítrico, málico, tartárico e acético, usando como fator de conversão 0,6404, 0,6704, 0,7564 e 0,6005 respectivamente. A atividade de água foi determinada, utilizando o medidor Aqualab Lite (Decagon dispositivos Inc., Pullman, EUA) a 25 °C.

2.3 Composição centesimal

Foram determinadas umidades (método 934.06; AOAC, 2005), cinzas (método 940.26; AOAC, 2005), lipídios (Soxhlet) (método 930.09; AOAC, 2005), proteínas (Kjeldahl, $N \times 6.25$) (método 920.152; AOAC, 2005). A fibra bruta foi analisada pela técnica do saco de

filtro da Ankom (método Ba 6a-05; AOCS, 2009), açúcares (reduzor e total) e amido (MALDONADE; CARVALHO; FERREIRA, 2013).

2.4 Macro e microminerais

As amostras foram calcinadas num forno a 550 °C durante 16 h. As cinzas foram então digeridas com solução de cloreto de nítrico (5:1) de acordo com o método descrito por Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). Os macrominerais (cálcio (Ca) e magnésio (Mg)) e microminerais (cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn)) foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (ICE 3300); O método colorimétrico azul de molibdênio foi utilizado para o macromineral fósforo (P) e a turbidimetria de cloreto de bário para o macromineral enxofre (S) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1989).

2.5 Compostos Bioativos

O teor de vitamina C foi determinado por titulometria (método 985.33; AOAC, 2005) e os resultados expressos em mg.100 g⁻¹. Antocianinas e flavonoides amarelos foram quantificados por técnica espectrofotométricas com comprimentos de onda de 535 e 374 nm respectivamente e os resultados expressos em mg.100 g⁻¹ (FRANCIS, 1982). Nos Polifenóis extraíveis totais, foi utilizado o reagente Folin Ciocalteau e os resultados expressos em mg.100 g⁻¹ de amostra com base na curva de calibração de ácido gálico e leituras a 700 nm (OBANDA; OWUOR; TAYLOR, 1997; LARRAURI; RUPÉREZ; SAURA-CALIXTO, 1997).

2.6 Atividade antioxidante

Foram realizadas as seguintes análises de poder antioxidantes: ensaio da captura do radical DPPH• (RUFINO et al., 2007a), com resultados calculados como EC₅₀. Ensaio do poder antioxidante férrico FRAP (RUFINO et al., 2006) com resultados expressos em µM FeSO₄.g⁻¹ de amostra. Captura do radical ABTS+ (RUFINO et al., 2007b) e os resultados expressos como µM trolox.g⁻¹ de amostra.

2.7 Análise Estatística

Todos os dados são apresentados como médias ± desvio padrão. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007) e a hipótese de nulidade entre os dados foi verificada a partir do teste t de Student em que considerou-se diferença significativa se $p < 0,05$. Aplicou-se matriz de correlação de Pearson para análises de alguns parâmetros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mutambas estudadas apresentaram massa média de $5,52 \pm 0,46$ g para frutos com MFI e $3,54 \pm 0,53$ g para frutos com MFC. Este evento pode ser justificado pela acentuada perda de água ocorrida durante o amadurecimento.

Valores médios dos diâmetros dos frutos com MFI foi de $2,32 \pm 0,14$ cm para diâmetro transversal e $2,08 \pm 0,18$ cm para o diâmetro longitudinal, enquanto que os frutos com MFC apresentaram diâmetro transversal de $2,07 \pm 0,23$ cm e diâmetro longitudinal de $2,74 \pm 0,28$ cm; resultando em índice de formato (IF) de $1,12 \pm 0,13$ para frutos com MFI e $0,76 \pm 0,10$ para frutos com MFC. Índice de formato diferente de 1 indica que os frutos possuem formato ovalado, apresentando-se ovóides equatorialmente se $IF > 1$ ou ovóides longitudinalmente se $IF < 1$. A mudança de orientação no formato dos frutos pode ser justificada pela perda de água que ocorre até final do estágio de maturação (Tabela 3.1). O conhecimento deste parâmetro é importante para frutos que passarão por seleções ou processamentos mecanizados (KILL et al., 2010).

Tabela 3.1 - Composição centesimal de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará

Parâmetros	Mutamba*	
	MFI	MFC
Umidade (%)	$71,14a \pm 0,10$	$14,11b \pm 0,00$
Cinzas (%)	$1,51b \pm 0,01$	$4,56a \pm 0,36$
Fibra bruta (%)	$13,49b \pm 1,77$	$48,86a \pm 1,92$
Lipídeos (%)	$0,08b \pm 0,00$	$0,82a \pm 0,02$
Proteínas (%)	$5,41b \pm 0,22$	$10,19a \pm 0,87$
Açúcares Totais (%)	$6,55a \pm 0,68$	$4,27a \pm 0,44$

* MFI: maturação fisiológica incompleta. MFC: maturação fisiológica completa. Resultados obtidos a partir da média de 4 repetições de 50 frutos. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente ($p \geq 0,05$) pela distribuição t de Student.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As mutambas apresentaram uma perda de água de 80% durante o processo de amadurecimento, passando de 71,14% (MFI) para 14,11% (MFC) de umidade, e atividade de água, acompanhando este comportamento, saindo de 0,77 nos frutos com MFI para 0,23 nos com MFC. O teor de cinzas foi de 1,51% e de 4,56% para frutos com MFI e MFC, respectivamente (Tabela 3.1). Isto demonstra que as mutambas em ambos os estádios de maturação são boas fontes de matérias minerais quando comparadas com outras culturas, como o noni (*Morinda citrifolia* L.) (PALIOTO et al., 2015) que apresenta apenas 0,75% de matéria mineral em sua composição.

Para o teor de fibra bruta, observamos que os frutos continham índices 13,49% quando em MFI e 48,86% quando em MFC. Esta característica mostra-se de grande interesse principalmente para a indústria de produtos dietéticos que exploram alimentos ricos em fibra.

A fração lipídica encontrada foi de 0,08% para frutos com MFI e 0,82% para frutos com MFC, bem inferiores aos valores encontrados por Gurrola et al. (2014), que variaram entre 3,50 e 6,11% em mutambas.

Valores de proteínas, de 5,41% para MFI e 10,19% para MFC foram semelhantes aos reportados na literatura, encontrando-se teores variando entre 7,95 e 14,91% em mutambas (MIRANDA et al., 2008; ROJAS-HERNÁNDEZ et al., 2013; GURROLA et al., 2014; ROJAS-HERNÁNDEZ et al., 2015). Essa elevação do teor proteico nos frutos com MFC, quando comparados aos que possuíam MFI, pode ser explicada pela lignificação da parede celular durante a maturação do fruto, tendo em vista que a lignina é uma proteína estrutural e desta forma podem ocorrer extensinas que são ricas em hidroxiprolinas acarretando liberação de unidades peptídicas (DAMORADAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O pH dos frutos mostrou-se ácido nas mutambas MFI e MFC com valores de 4,98 e 4,70, respectivamente (Tabela 3.2). A acidez titulável foi expressa em função de diferentes ácidos, visto não existir registro do ácido orgânico predominante no fruto. De um modo geral, pode-se observar que as mutambas MFC apresentaram o triplo da acidez das MFI.

Tabela 3.2 - Composição físico-química de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará

Parâmetros	Mutamba*	
	MFI	MFC
pH	4,98a ± 0,06	4,70b ± 0,07

Atividade de água	0,77a ± 0,01	0,23b ± 0,00
Acidez titulável (% ác. cítrico)	5,42b ± 0,68	16,99a ± 1,08
Acidez titulável (% ác.málico)	5,62b ± 0,70	17,62a ± 1,12
Acidez titulável (% ác. tartárico)	6,28b ± 0,78	20,37a ± 1,35
Acidez titulável (% ác. acético)	5,15b ± 0,89	15,78a ± 1,00
Sólidos solúveis (% Brix)	4,70b ± 0,20	32,90a ± 0,30
Açúcares Redutores (%)	1,77b ± 0,24	10,11a ± 0,29
Amido (%)	5,20a ± 0,49	4,54b ± 0,18

* MFI: maturação fisiológica incompleta. MFC: maturação fisiológica completa. Resultados obtidos a partir da média de 4 repetições de 50 frutos. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente ($p \geq 0,05$) pela distribuição t de Student.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito aos valores de sólidos solúveis (Tabela 3.2) observou-se, como esperado, aumento durante a maturação, variando de 4,70% Brix nos frutos com MFI a 32,90% Brix nos frutos com MFC, valor este muito superior aos reportados nas principais matérias-primas de alto teor, a saber, abacaxi (*Ananas comosus* L.) (14% Brix), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (16% Brix), uva (*Vitis vinifera* L.) (18 a 26% Brix), porém menor que tamarindo (*Tamarindus indica* L.) (39 a 42% Brix) (DELLACASSA et al., 2017; AMORIM; SCHWAN; DUARTE, 2016; URCAN et al., 2017; TAHA; NOUR; OSMAN, 2016). Frutos com essa característica costumam ser explorados para a produção de bebidas fermentadas, uma vez que os sólidos solúveis são um dos fatores que interferem na fermentação alcoólica (CASIMIRO et al., 2000).

Os sólidos solúveis durante a fermentação do mosto costumam apresentar um acentuado decréscimo, estabilizando-se em torno de 5% Brix, frutas como ata (*Annona squamosa* L.) e ciriguela (*Spondias purpurea* L.) apresentam elevados teores de açúcares redutores 15,9% e 6,7%, assim como a mutamba com MFC, que apresentou teor de 10% de açúcares redutores. Quanto maior for a quantidade de açúcares fermentescíveis mais rápida será seu consumo durante a produção do mosto. Frutas com alto teor de amido, como é o caso da ciriguela (1%), quando utilizadas para a produção de bebidas fermentadas, sofrem hidrólise enzimática parcial do amido durante o processo, elevando seu percentual de sólidos solúveis e consequentemente aumento do Brix (MUNIZ et al., 2002). Frutos com MFI apresentaram teor de amido de 5,20% e as com MFC, de 4,54%.

Os açúcares redutores, açúcares totais, sólidos solúveis e acidez titulável apresentaram correlação fortíssima ($p < 0,01$) de comportamento positivo durante a maturação dos frutos de mutamba (Tabela 3.3), enquanto o amido, diferente dos demais, apresentou correlação fortíssima de comportamento negativo com açúcar redutor ($r = -0,6886$; $p = 0,0002$), açúcar total ($r = -0,6886$; $p = 0,0002$), sólidos solúveis ($r = -0,6790$; $p = 0,0003$) e acidez titulável ($r = -0,6130$; $p = 0,0014$), demonstrando que o aumento dos açúcares, sólidos solúveis e acidez titulável ocorre a partir da degradação do amido durante o processo de maturação dos frutos de mutamba.

Tabela 3.3 - Matriz de correlação entre açúcares redutores, açúcares totais, amido, sólidos solúveis e acidez titulável (média) durante a maturação dos frutos de mutamba coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará

	Açúcares redutores	Açúcares totais	Amido	Sólidos solúveis	Acidez titulável
Açúcares redutores	1				
Açúcares totais	0,9945*	1			
Amido	-0,6886*	-0,6886*	1		
Sólidos solúveis	0,9982*	0,9937*	-0,6790*	1	
Acidez titulável	0,9668*	0,9534*	-0,6130*	0,9724*	1

* Indica correlação significativa (fortíssima) $p < 0,01$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Foram encontrados teores de vitamina C de 1521,09 mg.100 g⁻¹ nos frutos com MFI e 1563,06 mg.100 g⁻¹ nos frutos com MFC (Tabela 3.4). Estes valores são superiores aos encontrados nos vegetais conhecidos como boas fontes desta vitamina: espinafre (*Spinacia oleracea* L.) (30,65 mg.100 g⁻¹), laranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) (62,00 mg.100 g⁻¹), morango (*Fragaria vesca* L.) (67,25 mg.100 g⁻¹) e brócolis (*Brassica oleracea* var. itálica) (118,00 mg.100 g⁻¹); ficando atrás apenas da acerola (*Malpighia emarginata* DC.) (2844,55 mg.100 g⁻¹) e do camu-camu (*Myrciaria dúbia* HBK Mc Vaugh) (4752,23 mg.100 g⁻¹) (PHILLIPS et al., 2016; NEVES et al., 2015; MALEGORI et al., 2017).

Tabela 3.4 - Compostos bioativos e atividade antioxidante total de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará

Parâmetros	Mutamba*	
	MFI	MFC
Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)**	1521,09a ± 250,75	1563,06a ± 74,34
Polifenóis extraíveis totais (mg.100 g ⁻¹)	0,26a ± 0,04	0,27a ± 0,00
**		
Antocianinas (mg.100 g ⁻¹)**	5,51b ± 0,16	5,84a ± 0,27
Flavonoides Amarelos (mg.100 g ⁻¹)**	28,65b ± 1,01	54,76a ± 0,63
FRAP (μM FeSO ₄ . g ⁻¹)	216114,46b ± 2654,58	446535,02a ± 4265,87
ABTS+ (μM trolox. g ⁻¹)	17409,25a ± 1278,82	5414,62b ± 98,58
DPPH• (EC ₅₀ (mg.L ⁻¹))	0,17a ± 0,01	0,41b ± 0,09

* MFI: maturação fisiológica incompleta. MFC: maturação fisiológica completa. Resultados obtidos a partir da média de 4 repetições de 50 frutos. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente (p ≥ 0,05) pela distribuição t de Student. ** Resultados expressos em base seca.

Elaborada pelo autor.

Os valores dos polifenóis extraíveis totais encontrados em mutambas (0,26 mg.100 g⁻¹ MFI e 0,27 mg.100 g⁻¹ MFC) foram menores do que aqueles encontrados em pêras (*Pyrus communis* L.), 107,85 mg.100 g⁻¹; maçãs (*Malus pumila* Mill.), 101,3 mg.100 g⁻¹; ameixas (*Prunus domestica* L.), 303,6 mg.100 g⁻¹; feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.), 35,5 mg.100 g⁻¹; alho (*Allium porrum* L.), 27,7 mg.100 g⁻¹, rabanete (*Raphanus sativus* L., var. *Radicula*), 160,0 mg.100 g⁻¹; pitaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose), 2,38 mg.100 g⁻¹; e cajá (*Spondias mombin* L.), 29-102 mg.100 g⁻¹ (MARINOVA; RIBAROVA; ATANASSOVA, 2005, LIMA et al., 2013, SILVA et al, 2012).

Nas mutambas, as antocianinas e os flavonóides amarelos apresentaram maior concentração em frutas com MFC (5.84 mg.100 g⁻¹ e 54.76 mg.100 g⁻¹), o que reflete o poder antioxidante de redução de ferro (FRAP) mais alto nestes frutos, uma vez que os flavonóides amarelos doam hidrogênios e elétrons para radicais livres devido a seus grupos hidroxila e ao fato de que as antocianinas podem capturar elétrons não emparelhados em sistemas biológicos, já mutambas com MFI, por sua vez, apresentaram sua atividade antioxidante também relacionada com ABTS e DPPH.

O conteúdo desses compostos varia muito, dependendo da planta, como é o caso das antocianinas em blackberry (*Rubus fruticosus* L.), 89.0 mg.100 g⁻¹; groselha branca (*Ribes sativum* (Rchb.) Syme), 1.4 mg.100 g⁻¹; e mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L.), 84.0 mg.100 g⁻¹; e como os flavonoides amarelos em pitaya (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose), 12.16 mg.100 g⁻¹; e cajá (*Spondias mombin* L.), 2-5 mg.100 g⁻¹ (MARINOVA; RIBAROVA; ATANASSOVA, 2005; LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2012; PANTELIDIS et al., 2007).

A matriz de correlação (Tabela 3.5) demonstra que tanto antocianinas quanto flavonoides amarelos apresentaram correlação fortíssima ($p < 0,01$) com a atividade antioxidante nos frutos de mutamba, com exceção da relação entre antocianinas e DPPH• ($r = 0,3913$; $p = 0,0586$) que se caracterizou como correlação forte ($0,01 < p \leq 0,05$), demonstrando a efetividade desses compostos na atividade antioxidante do fruto em sequestrar elétrons, hidrogênios e neutralizar radicais livres. Não ocorreu correlação significativa ($p < 0,05$) entre vitamina C e fenólicos totais com a atividade antioxidante dos frutos de mutamba.

Tabela 3.5 - Matriz de correlação dos compostos bioativos (Vitamina C (VIT C), polifenóis extraíveis totais (PET), antocianinas (ANT), flavonoides amarelos (FL AM)) e atividade antioxidante (DPPH, ABTS e FRAP) durante a maturação de frutos de mutamba coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará

	Vitamina C	FN	ANT	FL AM	DPPH•	ABTS+	FRAP
Vitamina C	1						
FN	0,2000	1					
ANT	-0,0740	0,1541	1				
FL AM	0,0897	0,3494	0,6225**	1			
DPPH•	0,0398	0,2993	0,3913*	0,8849**	1		
ABTS+	-0,1289	-0,3247	-0,6152**	-0,9914**	-0,8688**	1	
FRAP	0,1145	0,3609	0,5764**	0,9843**	0,8836**	-0,9741**	1

* Indica correlação significativa forte ($0,01 < p \leq 0,05$); ** Indica correlação significativa fortíssima ($p < 0,01$).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os frutos de Mutamba com MFC, por sua vez, apresentaram atividade antioxidante relacionada principalmente à capacidade de capturar o radical ABTS e o radical DPPH, reflexo do alto teor de vitamina C e suas propriedades de quelação de radicais livres.

Os teores de vitamina C e de polifenóis extraíveis totais apresentaram comportamento semelhante, não diferindo significativamente ($p \geq 0,05$) entre os estádios de maturação.

No que se refere à quantificação dos macro e microminerais foi observado que em 100 gramas de mutamba, em ambos estádios de maturação, fósforo (P) e cálcio (Ca), conseguem suprir em 1/3 da ingestão diária recomendada (IDR) para adultos, assim como o magnésio (Mg) supre a metade. Fósforo e magnésio atuam regulando sistemas enzimáticos, fósforo, cálcio e magnésio possuem função sinérgica na formação de ossos e dentes, também como no processo de contração muscular. Sendo o fósforo sozinho, responsável pela absorção da glicose, metabolismo de proteínas, gorduras e carboidratos. Nos frutos com MFI a quantidade de manganês (Mn) presente é maior que a IDR enquanto o ferro (Fe) apresenta a metade, já nos frutos com MFC observa-se uma relação inversa (Tabela 3.6) (BRASIL, 2005).

Tabela 3.6 - Composição mineral de mutambas com Maturação Fisiológica Incompleta (totalmente verdes) e Maturação Fisiológica Completa (negras), coletadas em Limoeiro do Norte, Ceará.

Mutamba	Macrominerais (g.100 g ⁻¹)						Microminerais (mg.100 g ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Cu	Mn	B	Na
MFI	16,9	2,5	18,0	3,8	1,6	1,2	6,9	1,4	1,0	2,5	1,1	20,0
MFC	14,0	2,3	20,6	3,4	1,3	1,1	14,1	0,9	0,5	1,6	1,0	20,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tanto o ferro quanto o manganês possuem importantes participações no que tange ao bom funcionamento de enzimas, principalmente as que atuam como antioxidantes, retardando a oxidação celular. O ferro sozinho atua formando a hemoglobina e o manganês em processos de produção energética.

De acordo com o que regulamenta a informação nutricional complementar, as mutambas com MFI e com MFC podem ser classificadas como frutos com alto conteúdo de fósforo, cálcio, magnésio, ferro e manganês (BRASIL, 2012).

4 CONCLUSÕES

O elevado conteúdo de sólidos solúveis na mutamba com MFC indica que este fruto é detentor de um enorme potencial de exploração na indústria alimentícia no que se refere a produtos fermentados.

A mutamba, independente do estágio de maturação, é uma excelente fonte de vitamina C, sendo um fruto promissor para utilização no enriquecimento de produtos alimentícios, assim como pode servir de suplementação mineral pela indústria de alimentos, tendo em vista a considerável concentração de fósforo, cálcio, magnésio, ferro e manganês presentes.

REFERÊNCIAS

AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the AOCS**. AOCS, Champaign, IL, USA, ed. 6, 2009.

AMORIM, J. C., SCHWAN, R. F., DUARTE, W. F. Sugar Cane spirit (cachaça): effects of mixed inoculum of yeasts on the sensory and chemical characteristics. **Food Research International**, v. 85, p. 76-83, 2016.

ARAÚJO NETO, J. C., AGUIAR, I. B. Desarrollo ontogénico de plántulas de *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae)., v. 47, n. 4, p. 785-790, 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, ed. 18, 2005.

BARBOSA, J. M.; MACEDO, A. C. **Essências florestais nativas de ocorrência no estado de São Paulo**: informações técnicas sobre sementes, grupos ecológicos, fenologia e produção de mudas. ed. 1. São Paulo: Instituto de Botânica e Fundação Florestal. 1993.

BRANDÃO, M.; LACA-BUENDÍA, J. P.; MACEDO, J. F. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG. Ed. 1, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada de Proteína, Vitaminas e Minerais**. *Diário Oficial da União*. Brasília, nº 184, Seção 1, pág. 372. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar.** *Diário Oficial da União*. Brasília, nº 219, Seção 1, pág. 122. 2012.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Ed. 1, 2010.

CASIMIRO, A. R. S.; FEITOSA, T.; BORGES, M. F.; GARRUTTI, D. S.; CAMPOS, J. O. S.; BRINGEL, M. H. F. **Avaliação de leveduras industriais na fermentação de suco de caju.** Fortaleza: EMBRAPA, 2000. (Circular Técnica, n. 4).

DELLACASSA, E.; TRENCHS, O.; FARIÑA, L.; DEBERNARDIS, F.; PEREZ, G.; BOIDO, E.; CARRAU, F. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) wine production in Angola: characterisation of volatile aroma compounds and yeast native flora. **International Journal of Food Microbiology**, v. 241, n. 16, p. 161-167, 2017.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins.** In: Markakis P (ed) Anthocyanins as food colors, Academic Press, New York, p. 181-207, 1982.

GALINA, K. J.; SAKURAGUI, C. M.; BORGUEZAM ROCHA, J. C.; LORENZETTI, E. R.; PALAZZO DE MELLO, J. C. Contribuição ao estudo farmacognóstico da mutamba (*Guazuma ulmifolia* - Sterculiaceae). **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v. 24, n. 2, p. 225-233, 2005.

GURROLA, A. G.; HERNÁNDEZ, M. P.; DURAN, R. R.; RAMÍREZ, J. C. R.; GURROLA, J. A. G.; MORMITA, M. G.; GARCÍA, L. S. Efecto de la inclusión del fruto de *Guazuma ulmifolia* como sustituto de maíz en la dieta sobre el comportamiento productivo y rendimiento en canal de ovinos pelibuey. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**. v. 17, n. 2, p. 215-222, 2014.

KILL, L. H. P.; SIQUEIRA, K. M. M.; ARAÚJO, F. P.; TRIGO, S. P. M.; FEITOZA, E. A.; LEMOS, I. B. Biologia reprodutiva de *Passiflora cincinnata* Mast. (Passifloraceae) na região de Petrolina (Pernambuco, Brasil), **Oecologia Australis**. v. 14, n. 1, p. 115-127, 2010.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, n. 4, p. 1390-1393, 1997.

LIMA, C. A.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; COHEN, K. O.; GUIMARÃES, T. G. Características físico-químicas, polifenóis e flavonoides amarelos em frutos de espécies de

pitaia comerciais e nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 565-570, 2013.

LOPES, G. C.; ROCHA, J. C. B.; ALMEIDA, G. C.; MELLO, J. C. P. Condensed Tannins from the Bark of *Guazuma ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 20, n. 6, p. 1103-1109, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Ed. 2, 1989.

MALDONADE, I. R.; CARVALHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. **Protocolo para determinação de açúcares totais em hortaliças pelo método de DNS**. Embrapa Hortaliças: Comunicado Técnico v. 85, p. 1-4, 2013.

MALEGORI, C.; MARQUES, E. J. N.; FREITAS, S. T.; PIMENTEL, M. F.; PASQUINI, C.; CASIRAGHI, E. Comparing the analytical performances of Micro-NIR and FT-NIR spectrometers in the evaluation of acerola fruit quality, using PLS and SVM regression algorithms. **Talanta**, v. 165, s/n, p.112-116, 2017.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F.; ATANASSOVA, M. Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. **Journal of Chemical Technology and Metallurgy**, v. 40, n. 3, p.255-260, 2005.

MIRANDA, M. L. R.; PALMA, J. M.; ZORRILLA, J.; MORA, A.; GALLEGOS, A. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guacima, *Guazuma ulmifolia*, con dietas de frutos de especies arbóreas. **Zootecnia Tropical**. v. 26, n. 3, p. 227-230, 2008.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **B. CEPPA**, v. 20, n. 2, p. 309-322, 2002.

NEVES, L. C.; SILVA, V. X.; PONTIS, J. A.; FLACH, A.; ROBERTO, S. R. Bioactive compounds and antioxidant activity in pre-harvest camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 186, s/n. p. 223-229, 2015.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O.; TAYLOR, S. J. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, n. 2, p. 209-215, 1997.

PALIOTO, G. F.; SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V.; ROCHA, C. L. M. S. C.; TONIN, L. T. D. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 59-66, 2015.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANTIDIS, G. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 102, s/n, p. 777-783, 2007.

PHILLIPS, K. M.; COUNCIL-TROCHE, M.; MCGINTY, R. C.; RASOR, A. S.; TARRAGO-TRANI, M. T. Stability of vitamin C in fruit and vegetable homogenates stored at different temperatures. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 45, s/n., p. 147-162, 2016.

ROESE, F. M. Efeito da espécie *Guazuma ulmifolia* (Sterculiaceae) no peso corporal e no perfil sérico de ratos wistar induzidos à obesidade. 2011. 82f. Dissertação (Mestrado em Saúde), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2011.

ROJAS-HERNÁNDEZ, S.; OLIVARES-PÉREZ, J.; AVILES-NOVA, F.; VILLA-MANCERA, A.; REYNOSO-PALOMAR, A.; CAMACHO-DÍAZ, L. M. Productive response of lambs fed *Crescentia alata* and *Guazuma ulmifolia* fruits in a tropical region of Mexico. **Tropical Animal Health Production**, v. 47, n. 7, p. 1431-1436, 2015.

ROJAS-HERNÁNDEZ, S.; OLIVARES-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-SEGURA, I.; JIMÉNEZ-GUILLÉN, R.; LEÓN-LÓPEZ, F.; CÓRDOVA-IZQUIERDO, A. Uso del fruto de *Crescentia alata* y *Guazuma ulmifolia* en la alimentación de corderos en la región subtropical de Guerrero, México. **Revista Científica**, v. 23, n. 2, p. 157-162, 2013.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS^{•+}**, Fortaleza: EMBRAPA, 2007b. (Comunicado Técnico 128).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**, Fortaleza: EMBRAPA, 2007a. (Comunicado Técnico 127).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**, Fortaleza: EMBRAPA, 2006. (Comunicado Técnico 125).

SEIGLER, D. S.; PAULI, G. F.; FRÖHLICH, R.; WEGELIUS, E.; NAHRSTEDT, A.; GLANDER, K. E.; EBINGER, J. E. Cyanogenic glycosides and menisdaurin from *Guazuma ulmifolia*, *Ostrya virginiana*, *Tiquilia plicata*, and *Tiquilia canescens*. **Phytochemistry**, v. 66, n. 13, p. 1567-1580, 2005.

SILVA, F. V. G.; SILVA, S. M.; SILVA, G. C.; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E.; DANTAS, A. L. Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Food Science Technology**, v. 32, n. 4, p. 685-691, 2012.

SOBRINHO, S. P.; SIQUEIRA, A. G. Caracterização morfológica de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam. – Sterculiaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 114-120, 2008.

STATSOFT (2007). **Statistica for Window** - Computer programa manual, Versão 7.0. Tulsa: Statsoft Inc.

TAHA, S. A. B.; NOUR, A. E. A. M.; OSMAN, A. E. The value of tamarind (*Tamarindus indica* L.) pulp and its potential use in vinegar production. **Nova Journal of Medical and Biological Science**, v. 5, n. 3, p. 1-8, 2016.

URCAN, D. E.; GIACOSA, S.; TORCHIO, F.; RIO SEGADE, S.; RAIMONDI, S.; BERTOLINO, M.; GERBI, V.; POP, N.; ROLLE, L. “Fortified” wines volatile composition: effect of different postharvest dehydration conditions of wine grapes cv. Malvasia moscata (*Vitis vinifera* L.). **Food Chemistry**, v. 219, s/n., p. 346-356, 2017.

Capítulo 4

EFEITO DO BRANQUEAMENTO SOBRE COMPOSTOS BIOATIVOS E AS PROPRIEDADES DE COR DE FRUTOS IMATUROS DE MUTAMBA (*Guazuma ulmifolia* Lam.)

RESUMO: Frutos imaturos de mutamba apresentam como característica o rápido escurecimento após o processamento. Todavia, não se sabe se este escurecimento pode interferir nos parâmetros de qualidades deste fruto. Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) foi utilizado para investigar os efeitos do processo de branqueamento sobre os compostos bioativos e as propriedades de cor dos frutos imaturos de mutamba. Além destas análises, foram analisadas vitamina C e capacidade antioxidante dos tratamentos selecionados e dos frutos sem branqueamento para efeito de comparação. Os resultados indicaram que as melhores condições de branqueamento foram obtidas a 70 °C por 6 minutos e 50 segundos (T9). O branqueamento foi eficaz na manutenção da cor, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante total dos frutos imaturos de mutamba. Para escala industrial, o tratamento T9 poderia ser eficiente na manutenção desses compostos por utilizar menor tempo e temperatura.

Palavras-chave: antioxidantes, escurecimento enzimático, vitamina C.

1 INTRODUÇÃO

A mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) é uma árvore disseminada pelas três Américas, de fácil adaptação a climas e solos diversos, bastante utilizada como árvore pioneira na recuperação de áreas degradadas.

Os frutos, de uma forma geral, possuem em sua composição biocompostos como as antocianinas, flavonóides amarelos, polifenóis e vitamina C, que são capazes de evitar danos oxidativos aos sistemas biológicos através da captura de elétrons desemparelhados e do balanceamento de radicais livres.

Um dos maiores problemas relacionados a frutos é a ocorrência de escurecimento após o seu processamento, que pode estar relacionado à ação das enzimas como a polifenoloxidase (PPO) e as peroxidases (POD), que possuem temperatura de ativação na faixa dos 20 a 30 °C (VALDERRAMA; MARANGONI; CLEMENTE, 2001). A destruição do tecido

celular pela ação do processamento dos frutos provoca o contato dessas enzimas com o oxigênio, fazendo com que as antocianinas sofram oxidação direta dando origem a quinonas que se polimerizam entre si, ou com outros compostos fenólicos resultando em compostos castanhos que provocam alterações indesejáveis na cor, sabor e aroma, além de perdas nutricionais (CHEYNIER; SILVA, 1991; SARNI-MANCHADO; CHEYNIER; MOUTOUNET, 1997).

Demeaux e Bidan (1967) afirmaram que a 60 °C a inativação da PPO não é completa, sendo quase que imediata aos 80 °C. A aplicação de calor através de técnicas de conservação, como o branqueamento, combinadas com o tempo de exposição, promovem a inativação dessas enzimas promotoras de escurecimento. O calor pode ser aplicado por diversas formas, vapor direto ou indireto, micro-ondas, imersão em água, etc., durante um intervalo de tempo que varia de acordo com o tamanho das amostras, tipo de matéria-prima e com a temperatura do processo (SHARMA; MULVANEY; RIZVI, 2000).

Frutos imaturos de mutamba, ao serem processados, apresentam rápida mudança de coloração devido provavelmente ao escurecimento enzimático. Uma forma de minimizar o impacto negativo deste escurecimento sobre a cor dos frutos e compostos fenólicos é inativação das enzimas (YOKOTSUKA; SINGLETON, 2001).

Este trabalho objetivou estudar os efeitos do processo de branqueamento sobre os compostos bioativos e as propriedades de cor dos frutos imaturos de mutamba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Frutos imaturos de mutamba

Foram classificados como frutos imaturos de mutamba os que se apresentavam com coloração totalmente verde. Os frutos utilizados neste estudo foram coletados manualmente de mutambeiras localizadas na cidade de Limoeiro do Norte - CE, cidade de clima tropical com estação seca (Aw), localizado a 05° 08' 44" S de latitude, 38° 05' 53" W de longitude a 30 metros de altitude em relação ao nível do mar com temperatura e pluviosidade médias anuais de 27,6 °C e 762 mm, respectivamente.

2.2. Delineamento experimental (Efeito das variáveis do processo)

O delineamento composto central rotacional (DCCR) com três repetições no ponto central e quatro pontos axiais (totalizando 11 tratamentos) foi utilizado para avaliar os efeitos das variáveis no processo. As duas variáveis utilizadas neste estudo foram tempo (min) (X_1) e

temperatura de branqueamento ($^{\circ}\text{C}$) (X_2), enquanto as variáveis dependentes foram os compostos bioativos (antocianinas, flavonóides amarelos e polifenóis extraíveis totais), além dos parâmetros de cor (ΔL^* , ΔE , ΔC^* e ΔH°) (Tabelas 4.1 e 4.2).

Tabela 4.1 - Valores e níveis das variáveis independentes usados no DCCR.

Variáveis independentes	Níveis das variáveis codificadas				
	-1,41*	-1,0	0	+1,0	+1,41
Tempo (min) - (X_1)	1:55	3:00	6:50	10:00	11:45
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) - (X_2)	55,86	60,00	70,00	80,00	84,14

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 4.2 - DCCR com valores reais de tempo e temperatura para o branqueamento de frutos imaturos de mutamba.

Tratamento	Valores codificados		Valores reais	
	Tempo (min)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Tempo (min)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
1	-1,0	-1,0	3:00	60,00
2	-1,0	1,0	3:00	80,00
3	1,0	-1,0	10:00	60,00
4	1,0	1,0	10:00	80,00
5	- 1,41	0	1:55	70,00
6	1,41	0	11:45	70,00
7	0	- 1,41	6:50	55,86
8	0	1,41	6:50	84,14
9	0	0	6:50	70,00
10	0	0	6:50	70,00
11	0	0	6:50	70,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados foram analisados usando o *software Statistica 7.0*, os efeitos das variáveis independentes sobre as respostas obtidas foram avaliados em um nível de confiança de 90% ($p < 0,10$). A metodologia de superfície de resposta foi aplicada à análise de variância quando os resultados se mostraram significativos com o $R^2 \geq 0,70$. Os coeficientes de regressão para termos lineares, quadráticos e interação foram determinados por regressão linear múltipla e a significância de cada coeficiente de regressão foi avaliada estatisticamente pelo teste F a

partir do erro puro obtido das repetições do ponto central. A ANOVA foi aplicada para validar o modelo e os coeficientes de regressão foram utilizados para gerar as superfícies de resposta (RODRIGUES; IEMMA, 2009). Os dados do modelo foram ajustados de acordo com a Equação 1.

$$y_{ijr} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_1 x_1^2 + \beta_2 x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad (1)$$

onde: y_{ij} representa a observação que corresponde ao tratamento (i) e ao bloco (j) da variável resposta (compostos bioativos e parâmetros de cor); X_1 e X_2 são as variáveis independentes; β_0 , β_1 , β_2 e β_{12} são parâmetros do modelo de regressão que serão estimados através do método dos mínimos quadrados.

Cada tratamento foi composto de 100 gramas de frutos (frutos + sementes) que, após o branqueamento por imersão, foram resfriados em banho de gelo e em seguida processados em moinho de facas para a realização das análises. O tratamento que apresentou a manutenção dos compostos bioativos no menor tempo e temperatura possível foi selecionado para avaliação posterior da vitamina C e da capacidade antioxidante frente aos frutos sem branqueamento (tratamento controle - TC) para fins de comparação.

2.3 Métodos analíticos

2.3.1 Determinação de compostos bioativos e atividade antioxidante

Dentre os compostos bioativos, foram determinados polifenóis extraíveis totais, antocianinas, flavonóides amarelos e vitamina C. Os polifenóis extraíveis totais foram determinados utilizando um extrato acetometanólico preparado com 34 gramas de mutamba, e o reagente Folin Ciocalteau (LARRAURI; RUPÉREZ; SAURA-CALIXTO, 1997; OBANDA; OWUOR, 1997). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 700 nm e os resultados expressos em mg GAE.100 g⁻¹ de amostra estimados com base na curva de calibração de ácido gálico (APÊNCIDE A). Antocianinas e flavonóides amarelos foram quantificados por espectrofotometria com comprimentos de onda de 535 e 374 nm respectivamente (FRANCIS, 1982) e os resultados foram expressos em mg.100.g⁻¹ de amostra. O teor de vitamina C foi determinado por titulometria com solução de Tillmans, com resultado expresso em mg.100 g⁻¹ (método 985.33; AOAC, 2005).

A capacidade antioxidante foi determinada pelos métodos: captura do radical livre ABTS $\cdot^+$ (leitura a 734 nm), com resultados expressos como $\mu\text{M trolox.g}^{-1}$ de amostra (RUFINO et al., 2007a), redução do ferro - FRAP (leitura a 595 nm), com resultados expressos em $\mu\text{M FeSO}_4.\text{g}^{-1}$ de amostra, segundo Rufino et al. (2006) e pelo método de captura do radical DPPH $\bullet$, calculando quanto de amostra será necessária para reduzir em 50% o conteúdo do radical DPPH $\bullet$ (EC50) (RUFINO et al., 2007b).

2.3.2 Cor instrumental

O escurecimento dos frutos imaturos de mutambas foi acompanhado durante 30 minutos após o processamento com aferições a cada cinco minutos. A medida foi realizada utilizando o colorímetro portátil miniScan EZ (HunterLab), sendo determinadas as coordenadas L^* ou luminosidade (100% corresponde ao branco e 0% ao negro), a^* ou intensidade da cor vermelha/verde (quando positivo contribui com a cor vermelha, quando negativo com a cor verde) e b^* ou intensidade da cor amarela/azul (quando positivo contribui com a cor amarela, quando negativo com a cor azul), sendo estes parâmetros utilizados para o cálculo da cromaticidade (C^*), do ângulo de tonalidade (H°) e da diferença total de cor (ΔE) (Equações 2 a 4) (McGUIRE, 1992). O ΔL^* , Δa^* e Δb^* foram calculados pela diferença entre as leituras de L^* , a^* e b^* respectivamente, dos tratamentos e do controle (sem tratamento térmico) 30 minutos após o processamento. A cromaticidade (C^*) indica a saturação ou pureza cromática (100% indica alto grau de pureza e 0% baixa pureza) e o ângulo de tonalidade (H°) corresponde às cores perceptíveis em valores de 0 a 360°. A diferença total de cor (ΔE) representa a diferença cromática entre os estímulos.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

$$H^* = \arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3)$$

$$\Delta E = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

onde: C^* corresponde a cromaticidade; H^* corresponde a tonalidade; ΔE corresponde a diferença total de cor; ΔL^* a diferença medida na coordenada L^* entre o tratamento e o controle;

Δa^* a diferença medida na coordenada a^* entre o tratamento e o controle; Δb^* a diferença medida na coordenada b^* entre o tratamento e o controle.

2.4.3 Análise estatística

Os resultados obtidos no DCCR para os compostos bioativos e parâmetros de cor foram avaliados pela ANOVA sendo as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,10$). Já os resultados obtidos para o melhor tratamento e o TC foram comparados pelo teste t de Student. Todas as análises e gráficos foram realizados com o auxílio do *software Statistica* versão 7.0 (STATSOFT, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estudo do efeito do branqueamento

Os frutos imaturos de mutamba branqueados apresentaram concentrações de polifenóis extraíveis totais variando entre 111,96 mg EAG.100 g⁻¹ (T5 - 70 °C/1 min. e 55 seg.) e 212,20 mg EAG.100 g⁻¹ (T4 - 80 °C/10 min.). Independentemente do tempo e da temperatura empregados no branqueamento, todos os tratamentos apresentaram concentrações maiores que as do tratamento TC (90,27 mg EAG.100 g⁻¹) (Tabela 4.3), indicando que o processo de branqueamento foi eficiente na manutenção destes compostos. Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008), ao estudarem o conteúdo de polifenóis totais em 17 frutos, os distribuíram em três grupos: baixo conteúdo, frutos que apresentaram concentração inferior a 100 mg EAG.100 g⁻¹; médio conteúdo, frutos com concentração variando entre 100 e 500 mg EAG.100 g⁻¹ e alto conteúdo, frutos com concentração de polifenóis superior a 500 mg EAG.100 g⁻¹. Deste modo, os frutos imaturos de mutamba que passaram pelo branqueamento podem ser classificados como frutos com teor médio de polifenóis. O baixo teor de polifenóis, obtido nos frutos do tratamento controle, pode ser resultante da oxidação enzimática ocorrida logo após o processamento. Também foi observado que, dentre todos os tratamentos, apenas o T6 (70 °C/11 min. e 45 seg.) apresentou valores de antocianina significativamente maiores que o tratamento controle (Tabela 4.3), T2, T7 e T9 não diferiram significativamente e os demais tratamentos foram inferiores. Para flavonoides amarelos, os tratamentos T1 e T11 não diferiram significativamente do controle, enquanto os demais apresentaram valores superiores.

Tabela 4.3 - Compostos bioativos e parâmetros de cor de polpa de mutamba imatura branqueada.

Tratamento	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Compostos bioativos			Parâmetros de cor					
			PET	ANT	Fl Am	ΔL*	Δa*	Δb*	ΔE*	ΔC*	ΔH°
1	3,00	60,00	170,66 c	3,17 hi	17,28 ef	-4,84	-0,29	-1,50	5,08	-1,52	-0,51
2	3,00	80,00	126,36 f	4,13 ab	22,22 a	6,48	-1,06	9,83	11,82	9,57	9,71
3	10,00	60,00	155,41 d	3,51 fg	17,57 de	5,55	-2,09	8,86	10,66	8,56	12,58
4	10,00	80,00	212,20 a	3,60 ef	19,92 bc	12,62	-0,19	13,72	18,64	13,53	8,33
5	1,55	70,00	111,96 g	2,88 ij	20,19 b	-2,05	-0,52	-0,20	2,12	-0,31	2,57
6	11,45	70,00	165,89 c	4,24 a	18,80 cd	8,67	0,38	10,95	13,97	10,84	6,08
7	6,50	55,86	140,35 e	3,79 cd	19,26 bc	-2,71	0,01	-0,72	2,80	-0,70	-1,08
8	6,50	84,14	192,10 b	2,59 j	18,74 cd	19,03	-1,82	15,37	24,53	15,07	12,33
9	6,50	70,00	135,56 ef	3,68 cde	17,48 de	11,02	-0,96	12,14	16,43	11,89	9,91
10	6,50	70,00	140,25 e	3,24 gh	17,40 de	8,46	-0,06	11,91	14,61	11,74	7,56
11	6,50	70,00	165,72 f	2,69 j	15,53 f	7,90	0,46	11,47	13,94	11,36	6,08
Controle			90,27 h	3,94 bc	15,86 f	-	-	-	-	-	-

PET – polifenóis extraíveis totais (mg.100 g⁻¹); ANT – antocianinas (mg.100 g⁻¹); Fl Am – flavonóides amarelos (mg.100 g⁻¹). $\Delta L^*>0$ = tratamento mais claro que o padrão, ΔL^* = diferença de luminosidade, Δa^* = variação do verde ao vermelho, Δb^* = variação do azul para o amarelo, ΔC^* = variação de cromaticidade, ΔH^* = variação de tonalidade.

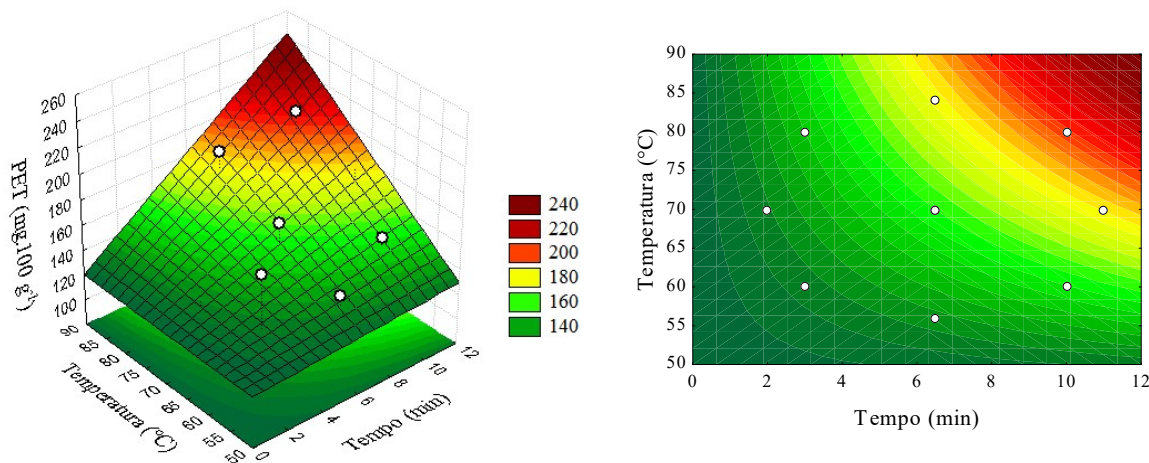
Elaborado pelo autor.

Dentre os compostos bioativos, apenas os polifenóis extraíveis totais apresentaram coeficiente de regressão maior que 75% (APÊNCIDE B), porém, ao parametrizar o modelo, foi observado que a Equação 5 poderia explicar apenas 61,06% de toda a variância nos dados para este parâmetro (APÊNCIDE C). Ainda assim foram construídos os gráficos de superfície de resposta e curva de contorno para este parâmetro, os quais sugerem que quanto maior o tempo e a temperatura de branqueamento, maior foi a preservação dos polifenóis extraíveis totais (Figura 4.1).

$$y = 147,1239 + 18,3813 x_1 + 25,2730 x_1 x_2 \quad (5)$$

onde y corresponde a concentração de polifenóis ($\text{mg EAG} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), x_1 é o tempo (min) e $x_1 x_2$ a interação entre o tempo e a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizados no branqueamento.

Figura 4.1 - Superfície de resposta e curva de contorno do efeito do tempo (x_1) e da temperatura (x_2) de branqueamento no conteúdo de polifenóis extraíveis totais ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) presentes em frutos de mutamba imatura branqueados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito aos parâmetros de cor, foi possível observar que os frutos imaturos de mutamba, quando processados, apresentam rápido escurecimento (Figura 4.2) apresentando um L^* inicial de 39,31 alcançando 35,28 trinta minutos depois. O branqueamento por imersão em água com temperaturas variando entre 55,86 e 84,14 $^{\circ}\text{C}$ por um intervalo de tempo que variou entre 1,55 e 11,45 minutos foi utilizado para minimizar o escurecimento enzimático. Os tratamentos T1 (60 $^{\circ}\text{C}$ /3 min.), T5 (70 $^{\circ}\text{C}$ /1 min. e 55 seg.) e T7 (55,86 $^{\circ}\text{C}$ /6

min. e 50 seg.) não foram eficientes na preservação da cor, apresentando-se mais escuras do que o TC (Tabela 4.4 e APÊNDICE D). Os demais tratamentos foram eficientes na manutenção da cor, com destaque para os tratamentos T4, T8 e T9 cujos valores de L*, C* e H° foram superiores aos do TC (Tabela 4.4). Correlacionando os dados das Tabelas 4.3 e 4.5, pode-se inferir que estas amostras são mais claras, mais verde-amarelas e de coloração mais intensas que o padrão (TC - amostra não branqueada).

Figura 4.2 - Escurecimento enzimático em frutos imaturos de mutamba após processamento.



Fonte: Autor.

Tabela 4.4 - Variação dos parâmetros de cor dos tratamentos T4, T8 e T9 frente ao controle.

Tratamento	L*		C*		H°	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
TC	39,31	35,28	13,52	10,56	81,53	76,04
T1	35,75	30,43	10,70	9,04	83,32	75,53
T2	47,95	41,76	22,10	20,13	92,37	85,75
T3	42,51	40,82	20,29	19,12	91,43	88,62
T4	52,27	47,90	25,83	24,08	87,85	84,38
T5	38,88	33,23	13,35	10,25	86,49	78,62
T6	49,69	43,94	22,83	21,39	85,73	82,13
T7	38,23	32,57	12,55	9,86	82,65	74,97
T8	59,99	54,31	26,13	25,62	91,78	88,37
T9	51,00	46,30	23,56	22,44	88,74	85,95
T10	48,59	43,74	23,83	22,30	86,89	83,60
T11	47,06	43,18	22,41	21,92	85,33	82,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.5 - Intensidade de mudança de cor com a variação de L*, a*, b*, C* e H°.

Parâmetro de cor	Classificação
$\Delta L^* < 0$	Amostra mais escura que o padrão

$\Delta a^* > 0$	Amostra mais avermelhada que o padrão
$\Delta a^* < 0$	Amostra mais esverdeada que o padrão
$\Delta b^* > 0$	Amostra mais amarelada que o padrão
$\Delta b^* < 0$	Amostra mais azulada que o padrão
$\Delta C^* > 0$	Pureza de cor mais intensa que o padrão
$\Delta C^* < 0$	Pureza de cor menos intensa que o padrão
$\Delta H^\circ > 10$	Cor da amostra muito diferente do padrão

Fonte: Elaborado pelo autor.

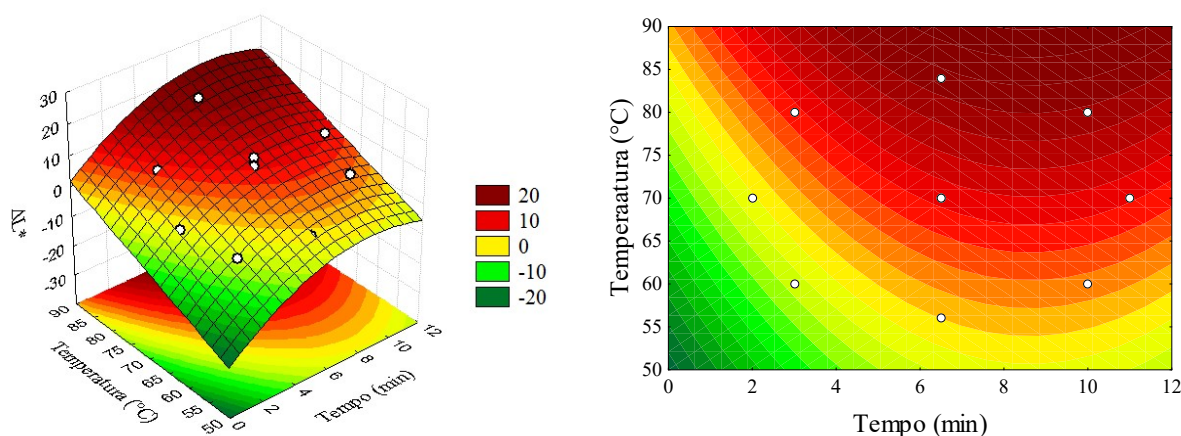
Dentre os tratamentos avaliados, com exceção dos tratamentos T1, T5 e T7, todos os demais conseguiram manter-se mais claros do que o tratamento não submetido ao branqueamento (TC), principalmente os tratamentos T4, T8 e T9 que apresentaram os maiores valores de ΔL^* . Estes três tratamentos também apresentaram melhores resultados para ΔE e para ΔC (valores superiores a TC e demais tratamentos), o que sugere que eles apresentaram maiores variações de cores em relação ao padrão, além de cores mais intensas 30 minutos após o processamento dos frutos.

Os valores do ΔL diminuíram em função do tempo e da temperatura (Figura 4.3) apresentando um coeficiente de regressão significativo (APÊNDICE E), tendo os dados se ajustado bem ao modelo (Equação 6; $R^2 = 93,51\%$) com um valor p significativo ($p < 0,10$).

$$y = 9,1319 + 3,9669x_1 - 3,1213x_1^2 + 6,1490x_2 \quad (6)$$

onde y corresponde a diferença total de luminosidade, x_1 é o tempo (min) linear e quadrático e x_2 a temperatura ($^\circ\text{C}$) linear.

Figura 4.3 - Superfície de resposta e curva de contorno do efeito do tempo (x_1) e a temperatura (x_2) de branqueamento na diferença total de luminosidade nos frutos de mutamba imatura branqueados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De um modo geral, a superfície de resposta e a curva de contorno obtidas a partir dos dados da ANOVA (APÊNCIDE F) demonstraram que os tratamentos T4, T8 e T9 foram os mais adequados para evitar o escurecimento enzimático além de promoverem a manutenção dos compostos bioativos dos frutos imaturos de mutamba (Tabela 4.3), no entanto T9 (6'50''/70 °C) foi o tratamento selecionado por manter os compostos bioativos em quantidade similar ao controle e retardar o escurecimento em tempo e temperatura inferiores a T4 e T8, o que em escala industrial resulta em redução de custos durante o processo de branqueamento.

O tratamento selecionado T9 foi submetido à quantificação de compostos bioativos e a atividade antioxidante total e os resultados comparados com os do tratamento controle (Tabela 4.6). O tratamento TC apresentou menor conteúdo de compostos bioativos, isso pode ter sido ocasionado pelo rápido escurecimento que ocorreu durante o processamento (Tabela 4.7). A manutenção dos compostos bioativos nos frutos branqueados se refletiu diretamente na atividade antioxidante total dos frutos, sendo então maiores que o controle tanto na estabilização de radicais livres (DPPH e ABTS), quanto na captura de elétrons desemparelhados (FRAP). O elevado teor de sulfato ferroso no T9 frente ao controle demonstra a boa manutenção dos grupos fenólicos e do ácido ascórbico já que estes apresentam elevada correlação com a técnica de redução do ferro (RUFINO, 2006). Deste modo, acredita-se que o branqueamento foi eficiente na preservação destes compostos.

Tabela 4.6 - Comparativo entre conteúdo de compostos bioativos, entre o controle e o melhor tratamento de branqueamento selecionado através de superfície de resposta.

Compostos bioativos	TC	T9
VIT C(mg.100g ⁻¹)	391,54a ± 84,39	388,54a ± 84,70

PET (mg.100g ⁻¹)	251,51b ± 6,96	303,40a ± 2,25
ANT (mg.100mg ⁻¹)	1,53b ± 0,09	1,98a ± 0,27
Fl Am (mg.100mg ⁻¹)	13,28a ± 0,28	13,91a ± 0,52
FRAP(μM sulfato ferroso.g ⁻¹)	16665950,61 ^b ± 20989,96	19967846,39 ^a ± 30929,46
ABTS (μM de trolox.g ⁻¹)	5655928,72b ± 3429,9	7286809,82a ± 3639,8
DPPH (EC50)	0,0118b ± 0,0002	0,0091a ± 0,0005

PET – polifenóis extraíveis totais (mg.100 g⁻¹); ANT – antocianinas (mg.100 g⁻¹); Fl Am – flavonoides amarelos (mg.100 g⁻¹). Letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste t de Student (p<0,05).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.7 - Variação dos parâmetros de cor de frutos imaturos de mutamba ao longo de 30 minutos.

Tempo (min)	TC					T9 (6'30"/70°C)				
	L*	a*	b*	Chroma	Hue	L*	a*	b*	Chroma	Hue
0	39,93	0,45	14,75	14,76	88,26	45,36	-0,79	22,86	22,88	91,96
5	36,04	1,46	11,83	11,92	82,97	43,14	0,07	21,69	21,69	89,80
10	35,21	1,7	11,4	11,53	81,53	42,29	0,36	21,51	21,52	89,04
15	34,74	1,84	11,24	11,39	80,72	42,71	0,58	21,76	21,77	88,47
20	34,68	1,9	11,2	11,36	80,37	42,31	0,72	21,89	21,90	88,12
25	34,61	1,97	11,14	11,31	79,97	42,47	0,79	21,86	21,87	87,94
30	34,29	1,97	11,04	11,21	79,86	41,91	0,85	21,76	21,77	87,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONCLUSÃO

O branqueamento foi eficaz na manutenção da cor, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante total dos frutos imaturos de mutamba. Para escala industrial, o tratamento T9 seria o indicado na manutenção desses compostos por utilizar menor tempo e temperatura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, ed. 18, 2005.

CHEYNIER, V.; RICARDO DA SILVA, J. M.; Oxidation of grape procyanidins in model solutions containing trans-caffeoyltartaric acid and polyphenol oxidase. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 6, p. 1047-1049, 1991.

DEMEAUX, M.; BIDAN, P. Study of inactivation of grape juice polyphenoloxidase by heat. In: **Annales de Technologie Agricole**. 147 RUE DE L UNIVERSITE, 75338 PARIS CEDEX 07, FRANCE: INST NATL RECHERCHE AGRONOMIQUE, v. 16, n. 2, p. 75-82, 1967.

FRANCIS, F. J. (1982). **Analysis of anthocyanins**. In: Markakis P (ed) Anthocyanins as food colors, Academic Press, New York, pp 181-207.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, s.n., p.1390-1393, 1997.

OBANDA, M.; OWUOR, P. O. Flavonol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 74, s. n., p. 209-215, 1997.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. Campinas: Editora Casa do Pão, 2ª. edição, 2009.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.D. (2006). **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP)**, Fortaleza: EMBRAPA. Comunicado Técnico 125.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS●+**, Fortaleza: EMBRAPA. (2007a). Comunicado Técnico 128.

RUFINO, M. S. M., ALVES, R. E., BRITO, E. S., MORAIS, S. M., SAMPAIO, C. G., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F. D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**, Fortaleza: EMBRAPA. (2007b). Comunicado Técnico 127.

SARNI-MANCHADO, P.; CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M. Reactions of polyphenoloxidase generated caftaric acid o-quinone with malvidin 3-O-glucoside. **Phytochemistry**, v. 45, n. 7, p. 1365-1369, 1997.

SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food process engineering: theory and laboratory experiments**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2000.

STATSOFT (2007). **Statistica for Window** - Computer programa manual, Versão 7.0. Tulsa: Statsoft Inc.

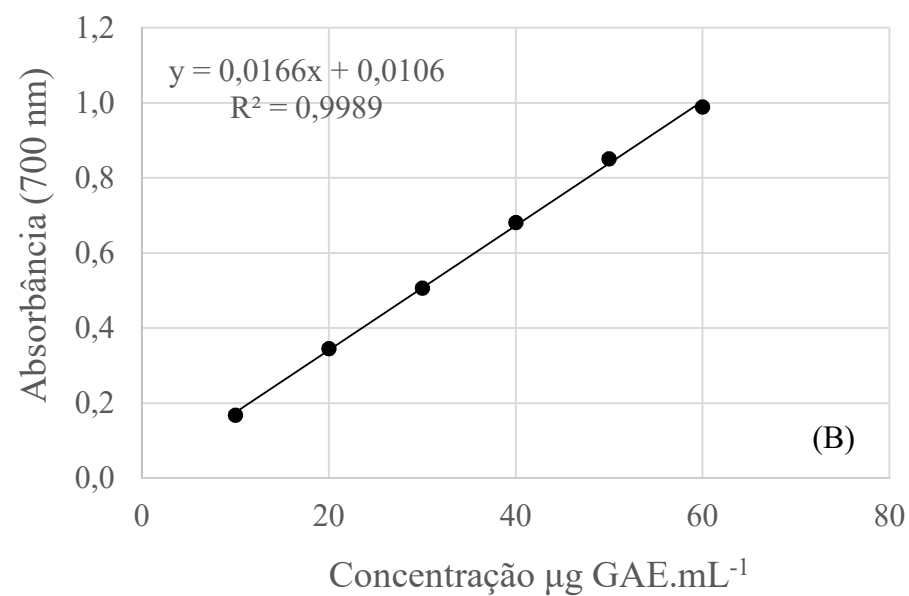
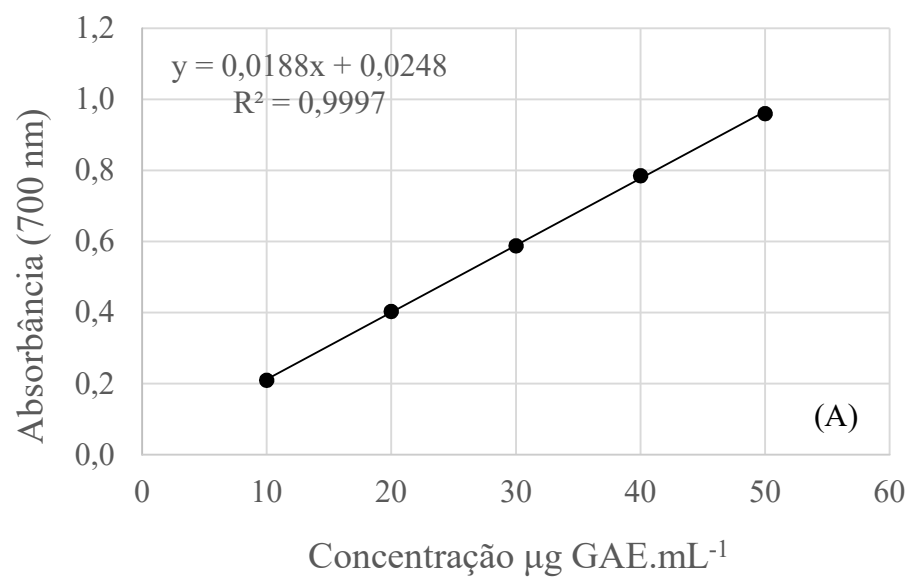
VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do tratamento térmico sobre a atividade de peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) em maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.21, n. 3, p. 321-325, 2001.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v. 111, n. 4, p. 816-823, 2008.

YOKOTSUKA, K.; SINGLETON, V. L. Effects of seed tannins on enzymatic decolorization of wine pigments in the presence of oxidizable phenols. **American journal of enology and viticulture**, v. 52, n. 2, p. 93-100, 2001.

APÊNDICES

APÊNCIDE A – Curva de calibração para determinação de compostos fenólicos totais.



APÊNCIDE B – Coeficiente de regressão e significância estatística das variáveis tempo e temperatura de branqueamento e suas combinações sobre os compostos bioativos.

Variáveis		Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t (5)	p-value	R ²
PET	Média	147,1239	9,5170	15,4591	0,0000	0,8420
	Tempo codificado (L)	18,3813	5,8367	3,14927	0,0254	
	Tempo codificado (Q)	-0,7156	6,9647	-0,1028	0,9222	
	Temperatura codificada (L)	10,7151	5,8367	1,8358	0,1258	
	Temperatura codificada (Q)	13,0153	6,9647	1,8688	0,1206	
	(1L) x (2L)	25,2730	8,2421	3,0664	0,0279	
ANT	Média	3,2036	0,3730	8,5881	0,0004	0,3094
	Tempo codificado (L)	0,2180	0,2288	0,9531	0,3843	
	Tempo codificado (Q)	0,2363	0,2730	0,8657	0,4262	
	Temperatura codificada (L)	-0,0808	0,2288	-0,3534	0,7382	
	Temperatura codificada (Q)	0,0500	0,2730	0,1832	0,8618	
	(1L) x (2L)	-0,2172	0,3230	-0,6724	0,5311	
FL AM	Média	16,79932	0,8350	20,1199	0,0000	0,6815
	Tempo codificado (L)	-0,50026	0,5121	-0,9769	0,3735	
	Tempo codificado (Q)	1,35111	0,6110	2,2112	0,0780	
	Temperatura codificada (L)	0,8224	0,5121	1,6060	0,1692	
	Temperatura codificada (Q)	1,10259	0,6110	1,8044	0,1310	
	(1L) x (2L)	-0,64799	0,7231	-0,8961	0,4112	

PET – polifenóis extraíveis totais (mg.100 g-1); ANT – antocianinas (mg.100 g-1); FL AM – flavonóides amarelos (mg.100 g-1). (L) = Termos lineares; (Q) = Termos quadráticos; t = test t de Student; R² = coeficiente de determinação; p = significância. Valores em negrito = diferença significativa (p-valor <0,10).

APÊNDICE C - Análise de variância para o parâmetro polifenóis extraíveis totais (pet) utilizando as variáveis tempo (minutos) e temperatura (°C) em mutambas imaturas processadas submetidas ao tratamento térmico de branqueamento.

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F _{cal}	p-valor
(1)Tempo_codificado(L)	1	2694,947	2694,947	10,23459	0,085380
(1L) x (2L)	1	2554,908	2554,908	9,70277	0,089451
Falta de ajuste	6	2821,105	470,184	1,78562	0,401585
Erro puro	2	526,635	263,317		
Total	10	8597,595			

R² = 0, 61062; (L) Termos lineares; (Q) Termo quadrático; Valores em negrito = a diferença significativa de 10% (p-valor < 0,10).

APÊNCIDE D – Variação dos parâmetros de cor de frutos imaturos de mutamba ao longo de 30 minutos.

Tempo (min.)	Tratamento 1 (3'/60 °C)					Tratamento 2 (3'/80 °C)					Tratamento 3 (10'/60 °C)					Tratamento 4 (10'/80 °C)				
	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue
0	35,75	1,24	10,62	10,70	83,32	47,95	-0,92	22,08	22,10	92,37	42,51	-0,51	20,28	20,29	91,43	52,27	0,97	25,81	25,83	87,85
5	33,47	1,51	8,48	8,62	79,93	44,73	0,46	20,49	20,50	88,72	41,15	-0,04	19,69	19,69	90,11	50,14	1,59	25,27	25,32	86,40
10	32,21	1,88	9,21	9,40	78,44	43,31	0,78	20,28	20,30	87,80	40,88	0,42	19,89	19,89	88,80	49,26	1,78	24,93	25,00	85,92
15	31,23	2,01	8,87	9,09	77,43	42,85	1,07	19,97	20,00	86,92	42,08	0,53	19,63	19,63	88,46	48,74	2,00	24,84	24,92	85,39
20	30,63	2,06	8,49	8,74	76,34	42,36	1,19	19,78	19,82	86,56	42,29	0,46	20,02	20,02	88,67	47,97	2,23	24,65	24,75	84,84
25	30,57	2,21	8,71	8,98	75,73	41,53	1,26	20,13	20,17	86,42	41,85	0,43	19,76	19,76	88,75	47,12	2,28	24,14	24,24	84,60
30	30,43	2,25	8,75	9,04	75,53	41,76	1,49	20,08	20,13	85,75	40,82	0,46	19,11	19,12	88,62	47,90	2,36	23,97	24,09	84,38

APÊNCIDE D – (continuação) Parâmetros de cor de frutos imaturos de mutamba ao longo de 30 minutos.

Tempo (min.)	Tratamento 5 (1'55"/70 °C)					Tratamento 6 (11'45"/70 °C)					Tratamento 7 (6'30"/56 °C)					Tratamento 8 (6'30"/84 °C)				
	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue
0	38,88	0,81	13,32	13,35	86,49	49,69	1,70	22,77	22,83	85,73	38,23	1,60	12,44	12,55	82,65	59,99	-0,81	26,11	26,13	91,78
5	35,67	1,67	11,23	11,36	81,53	45,89	2,50	21,33	21,47	83,31	34,85	2,31	10,46	10,72	77,55	56,25	-0,47	26,15	26,15	91,03
10	34,39	1,74	10,35	10,50	80,46	44,99	2,60	21,39	21,55	83,08	33,59	2,45	9,81	10,11	75,98	56,72	-0,22	25,92	25,92	90,48
15	34,08	1,87	10,22	10,39	79,65	44,93	2,70	21,24	21,41	82,76	33,41	2,42	9,90	10,19	76,28	55,44	0,07	25,57	25,57	89,85
20	33,82	1,91	10,12	10,29	79,32	44,23	2,77	20,97	21,16	82,47	33,01	2,44	9,66	9,97	75,81	55,11	0,33	25,67	25,68	89,26
25	33,59	1,96	9,98	10,17	78,91	44,04	2,93	21,22	21,42	82,15	32,84	2,50	9,53	9,85	75,32	54,71	0,55	25,61	25,61	88,64
30	33,23	2,02	10,05	10,25	78,62	43,94	2,93	21,19	21,39	82,13	32,57	2,56	9,52	9,86	74,97	54,31	0,73	25,61	25,62	88,37

Tempo	Tratamento 9 (C) (6'30"/70 °C)					Tratamento 10 (C) (6'30"/70 °C)					Tratamento 11 (C) (6'30"/70 °C)					Tratamento controle				
	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue	L*	a*	b*	Chroma	°Hue
0	51,00	0,52	23,55	23,56	88,74	48,59	1,29	23,79	23,83	86,89	47,06	1,83	22,33	22,41	85,33	39,31	0,87	13,50	13,52	81,53
5	48,39	1,15	22,98	23,01	87,14	46,38	1,95	22,49	22,57	85,04	44,97	2,47	21,48	21,62	83,45	36,67	1,64	11,80	11,91	81,02
10	47,62	1,43	22,80	22,85	86,40	44,61	2,24	22,24	22,36	84,23	44,14	2,65	21,51	21,67	82,98	35,63	1,85	7,75	11,24	80,51
15	47,11	1,45	22,47	22,52	86,31	44,59	2,24	22,20	22,31	84,23	43,95	2,78	21,56	21,74	82,65	35,20	2,02	10,92	11,11	79,51
20	46,75	1,60	22,78	22,84	85,97	44,49	2,30	22,17	22,29	84,09	43,47	2,86	21,64	21,83	82,49	34,67	2,11	10,72	10,93	78,87
25	46,54	1,67	22,26	22,33	85,70	44,18	2,39	22,21	22,34	83,86	43,46	2,94	21,63	21,83	82,25	36,66	2,15	10,51	10,73	78,44
30	46,30	1,58	22,39	22,45	85,95	43,74	2,48	22,16	22,30	83,60	43,18	3,00	21,72	21,92	82,12	35,28	2,55	10,25	10,56	76,04

APÊNCIDE E – Coeficiente de regressão e significância estatística das variáveis tempo e temperatura de branqueamento e suas combinações sobre os parâmetros de cor.

	Variáveis	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t (5)	p-value	R ²
L*	Média	44,4086	1,3209	33,6190	0,0000	0,9490
	Tempo codificado (L)	3,9669	0,8101	4,8966	0,0045	
	Tempo codificado (Q)	-3,1213	0,9667	-3,2289	0,0232	
	Temperatura codificada (L)	6,1490	0,8101	7,5902	0,0006	
	Temperatura codificada (Q)	-0,6801	0,9667	-0,7036	0,5131	
	(1L) x (2L)	-1,0625	1,1440	-0,9288	0,3956	
Chroma*	Média	22,21734	0,776805	28,60091	0,000001	0,9753
	Tempo codificado (L)	3,72934	0,476409	7,82802	0,000546	
	Tempo codificado (Q)	-2,87865	0,568480	-5,06377	0,003888	
	Temperatura codificada (L)	4,80090	0,476409	10,07726	0,000165	
	Temperatura codificada (Q)	-1,91348	0,568480	-3,36596	0,019978	
	(1L) x (2L)	-1,53153	0,672741	-2,27655	0,071848	
hue	Média	83,88315	1,777506	47,19148	0,000000	0,3094
	Tempo codificado (L)	2,08860	1,090131	1,91592	0,113522	
	Tempo codificado (Q)	-1,12043	1,300811	-0,86133	0,428421	
	Temperatura codificada (L)	3,11870	1,090131	2,86085	0,035371	
	Temperatura codificada (Q)	-0,46821	1,300811	-0,35994	0,733597	
	(1L) x (2L)	-3,61583	1,539384	-2,34888	0,065651	
ΔE	Média	16,79932	0,8350	20,1199	0,0000	0,6815
	Tempo codificado (L)	-0,50026	0,5121	-0,9769	0,3735	
	Tempo codificado (Q)	1,35111	0,6110	2,2112	0,0780	
	Temperatura codificada (L)	0,8224	0,5121	1,6060	0,1692	
	Temperatura codificada (Q)	1,10259	0,6110	1,8044	0,1310	
	(1L) x (2L)	-0,64799	0,7231	-0,8961	0,4112	

PET – polifenóis extraíveis totais (mg.100 g-1); ANT – antocianinas (mg.100 g-1); FL AM – flavonóides amarelos (mg.100 g-1). (L) = Termos lineares; (Q) = Termos quadráticos; t = test t de Student; R² = coeficiente de determinação; p = significância. Valores em negrito = diferença significativa (p-valor <0,10).

APÊNDICE F – Análise de Variância (ANOVA) para o parâmetro luminosidade (L*) utilizando as variáveis Tempo (minutos) e Temperatura (°C) em mutambas imaturas processadas submetidas ao tratamento térmico de branqueamento.

	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F _{cal}	p-valor
(1)Tempo_codificado(L)	1	125,5136	125,5136	45,4656	0,021295
Tempo_codificado(Q)	1	52,3068	52,3068	18,9474	0,048936
(2)Temperatura_codificada(L)	1	301,5782	301,5782	109,2427	0,009030
Falta de ajuste	5	27,7594	5,5519	2,0111	0,364602
Erro puro	2	5,5213 ^{NS}	2,7606 ^{NS}		
Total	10	512,6792			

R² = 0,9351; (L) Termos lineares; (Q) Termo quadrático; Valores em negrito = a diferença significativa de 10% (p-valor < 0,10); ^{NS} = não significativo. F = test F (Fisher-Snedecor); p = significância